

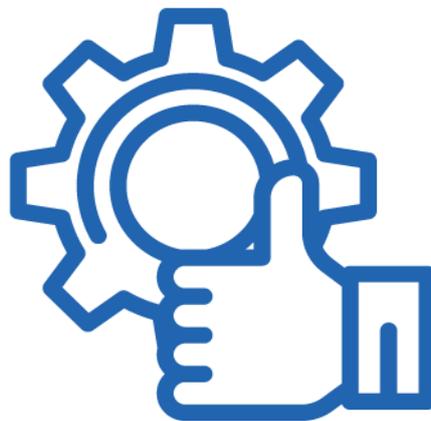
MEZCLAS BITUMINOSAS SEMICALIENTES. TRAMO EXPERIMENTAL. BIOROAD Warm Mix AUTOVÍA DE ERESMA

CLIENTE: SACYR UNICO S.L.

EXPEDIENTE: O/2305883-101

INFORME

INGENIERIA | CONTROL DE CALIDAD | GEOTECNIA | EDIFICACION | CERTIFICACION | I+D+i | SEGURIDAD Y SALUD



Pol. Ind. San Cristobal. C/Hidrógeno 37
47012 Valladolid
Delegación de Valladolid
www.cemosa.es

cemosa
Ingeniería y Control

INDICE DE CONTENIDO

MEMORIA

1	Introducción.....	3
1.1	Mezclas bituminosas semicalientes. Definición.....	3
1.2	Mezclas bituminosas semicalientes. Ventajas sobre las calientes.....	4
1.3	Mezclas bituminosas semicalientes. Empleo en las obras.....	4
2	Antecedentes.....	4
3	Objetivos del trabajo.....	5
4	Tramos pavimentados.....	5
4.1	Fechas de ejecución.....	5
4.2	Ubicación.....	5
5	Mezclas bituminosas empleadas.....	7
6	Aditivo para rebajar temperatura. BIOROAD Warm Mix.....	7
7	Fórmula de trabajo.....	8
7.1	Composición.....	8
7.2	Características de la mezcla.....	8
7.3	Prestaciones de la mezcla.....	9
7.4	Análisis de los parámetros de la fórmula de trabajo.....	9
8	Control de calidad de los tramos experimentales.....	9
8.1	Control previo a la ejecución.....	10
8.1.1	Verificación de la fórmula de trabajo.....	10
8.1.2	Compatibilidad de la mezcla semicaliente.....	11
8.1.3	Verificación de la fabricación de la planta asfáltica.....	11
8.2	Control de calidad de la ejecución.....	12
8.2.1	Toma de muestras de mezclas bituminosas.....	12
8.2.2	Fabricación de probetas Marshall in situ.....	12
8.3	Control de calidad de la unidad terminada.....	13
8.3.1	Extracción de probetas testigo.....	13
8.3.2	Ensayo de las probetas testigo.....	16
9	Resultados obtenidos.....	16
9.1	Control previo a la ejecución.....	16
9.1.1	Verificación de la fórmula de trabajo y de fabricación de la planta.....	16
9.1.1.1	Granulometría.....	16
9.1.1.2	Densidad y huecos.....	18

9.1.1.3	Sensibilidad, deformación en pista y módulo de rigidez	19
9.1.2	Compatibilidad de la mezcla semicaliente	20
9.2	Control durante la ejecución	21
9.2.1	Muestras de mezclas bituminosas.....	21
9.2.1.1	Granulometría	21
9.2.1.2	Densidad y huecos.....	22
9.2.1.3	Sensibilidad y deformación en pista	24
9.2.2	Probetas Marshall fabricadas in situ	25
9.2.2.1	Resultados obtenidos.....	25
9.2.2.2	Análisis de los resultados obtenidos.....	26
9.3	Control de la unidad terminada. Ensayo de probetas testigo	27
9.3.1	Resultados obtenidos.....	27
9.3.2	Análisis de los resultados obtenidos	28
10	Conclusiones.....	29
11	Fecha y firmas	30

ANEXOS

ANEXO N°1

Ficha Técnica. Aditivo BIOROAD Warm Mix.

ANEXO N°2

Fórmula de trabajo AC 22 SURF 35/50 S.

Verificaciones de la fórmula de trabajo y de fabricación de la planta

ANEXO N°3

Actas de ensayo CEMOSA.

ANEXO N°4

Actas de ensayo CIESM INTEVÍA

INFORME. MEZCLAS SEMICALIENTES TRAMO EXPERIMENTAL EN ALBATERA (MURCIA)

1 Introducción.

1.1 Mezclas bituminosas semicalientes. Definición

En base a las temperaturas de fabricación de las mezclas bituminosas, la clasificación más aceptada es:

- **Mezclas bituminosas frías**, las fabricadas entre 0 y 50 °C.
- **Mezclas bituminosas templadas**, las fabricadas entre 50 y 100 °C.
- **Mezclas bituminosas semicalientes**, las fabricadas entre 100 y 140 °C.
- **Mezclas bituminosas calientes**, las fabricadas a temperaturas superiores a los 140 °C.

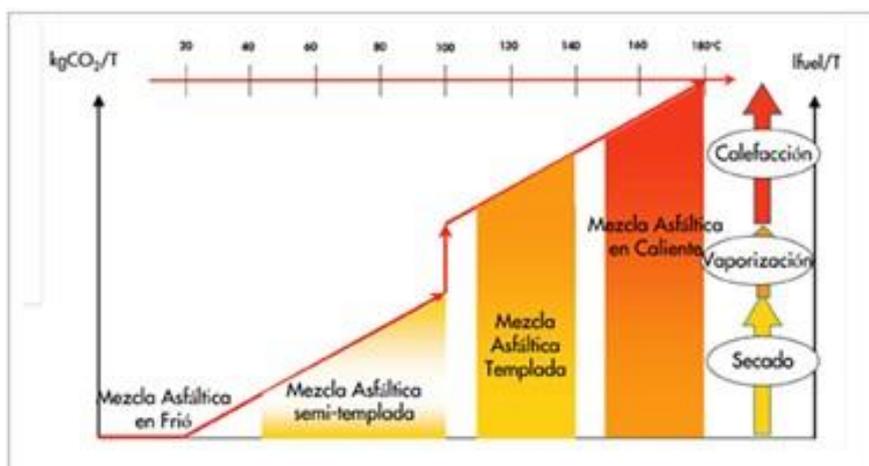


Imagen n°1.

Tipos de mezclas bituminosas en función de la temperatura de fabricación

En la reciente revisión de la OC 6.1 IC: la ORDEN CIRCULAR OC 1/2023 SOBRE ACTUALIZACIÓN DE ESPESORES DE LAS CAPAS Y TIPOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE Y SEMICALIENTE EN LA NORMA 6.1 IC "SECCIONES DE FIRME", se definen las mezclas semicalientes:

"A los efectos de los artículos 542 y 543 del PG-3, del 544 de la OC 3/2019 y del 545 de la OC 3/2022, se denominan mezclas bituminosas semicalientes a aquellas en las que, mediante el empleo de betunes especiales, aditivos u otros procedimientos, se reduce la temperatura de mezclado en, al menos, veinte grados Celsius (20 °C) respecto a la mezcla en caliente equivalente, pudiendo emplearse en las mismas condiciones que estas en las categorías de tráfico pesado T1 a T4."

1.2 Mezclas bituminosas semicalientes. Ventajas sobre las calientes

Con las mezclas bituminosas semicalientes se mejoran prestaciones medioambientales, de seguridad y salud, técnicas y económicas con respecto a las mezclas bituminosas convencionales calientes, entre otras las indicadas a continuación:

- **Ventajas medioambientales:**
 - Reducción del consumo energético.
 - Menor emisión de gases efecto invernadero. Reducción exponencial.
 - En el caso de la pavimentación en zonas urbanas, menos molestias de calor, humos y gases para los vecinos.
- **Ventajas de mejora de seguridad y salud**
 - Mejora en las condiciones de trabajo por menores emisiones de humos y olores en la puesta en obra.
 - Existe un menor riesgo de accidente por quemaduras de los trabajadores.
- **Ventajas técnicas**
 - Menor pérdida de temperatura en las fases de transporte y puesta en obra.
 - Menor envejecimiento inicial del ligante por la oxidación inicial del betún por calentamiento (se estima, en las MBC convencionales, que es alrededor del 70% del proceso de oxidación total).
- **Ventajas económicas**
 - Al reducir el consumo energético se reduce los costes de fabricación de la mezcla.

1.3 Mezclas bituminosas semicalientes. Empleo en las obras

Pero aceptando todas estas ventajas, aún no es habitual que en los proyectos de obra de pavimentación se soliciten que las mezclas bituminosas se fabriquen a menor temperatura que las de caliente, posiblemente por la falta de experiencias los agentes técnicos del sector de la pavimentación que entiendan que las mezclas semicalientes presenten prestaciones de inferior calidad que las de caliente.

Es por lo que se ha realizado el trabajo que se expone en este informe, en el que se han determinado las características de una mezcla semicaliente frente a su homóloga en caliente en su fabricación y puesta en obra.

2 Antecedentes.

Tal y como se mencionado en el punto de Introducción. SACYR ha decidido la ejecución de un tramo experimental en la Autovía de ERESMA con mezclas caliente y semicaliente, para analizar el comportamiento comparativo de ambas mezclas.

El Control de calidad del tramo experimental fue decidido por SACYR y ejecutado por CEMOSA.

Como se cita en la OC 1/2023, para rebajar las temperaturas de trabajo de las mezclas bituminosas en caliente se puede optar por diferentes técnicas, como son el espumado del betún, el empleo de betunes especiales o de aditivos entre otros.

En este tramo experimental, la rebaja de la temperatura de fabricación se ha realizado empleando un aditivo denominado **BioRoad Warm Mix**, que en los apartados de caracterización de los materiales componentes se detallará sus características y ficha técnica.

3 Objetivos del trabajo

De acuerdo con todo lo indicado, los objetivos del trabajo son:

- Estudio comparativo del comportamiento de una mezcla bituminosa semicaliente frente a la misma fabricada en caliente, y
- Determinar si la calidad de una mezcla semicaliente fabricada con el aditivo BioRoad Warm Mix es similar a la de la misma mezcla fabricada en caliente sin el aditivo.

4 Tramos pavimentados

4.1 Fechas de ejecución

La pavimentación de los tramos experimentales se realizó los días:

- 10 de julio de 2023 se colocó la mezcla semicaliente.
- 11 de julio de 2023 se colocó la mezcla caliente.

4.2 Ubicación

En el siguiente plano se puede observar que tramos se asfaltó con la mezcla en caliente y cuales con semicalientes. En verde la mezcla semicaliente y en rojo la caliente.

En el Ramal de salida 85 toda la pavimentación fue con mezcla semicaliente.

En la Vía de servicio Florida la primera parte fue con mezcla semicaliente y la terminación con mezcla en caliente.

Expediente: O/2305883-101

Albarán:

N °Informe:

Anula a:



Imagen nº2. Ubicación de los tramos con los dos tipos de mezcla bituminosa. En este vial 85 toda la mezcla bituminosa colocada fue semicaliente.



Imagen nº3. Ubicación de los tramos con los dos tipos de mezcla bituminosa. En este Ramal en verde la ubicación de la mezcla semicaliente y en rojo, hasta el final del Ramal, la caliente.

5 Mezclas bituminosas empleadas

Los dos tipos de mezcla bituminosa que se analizan han sido:

- Mezclas tipo: AC 16 SURF 50/70 S y la AC 16 SURF 50/70 S SEMICALIENTE
- FABRICANTE: ÁRIDOS LAVADOS SL.
- PLANTA: CTRA. DE CEBREROS 4. TORNADIZOS DE ÁVILA (ÁVILA)

6 Aditivo para rebajar temperatura. BIOROAD Warm Mix

Para la fabricación de la mezcla semicaliente, para conseguir la rebaja de las temperaturas de trabajo, se ha empleado un aditivo específico para ello:

- ADITIVO PARA REBAJAR LA TEMPERATURA:
 - Nombre comercial: BioRoad Warm Mix
 - Fabricante: UNICO ASFALTO.



Imagen nº4. Aditivo BIOROAD Warm Mix.

Este aditivo se ha añadido a la mezcla en una proporción de 0,7% sobre el betún.

En el Anexo 1 se adjunta la Ficha Técnica del aditivo.

De acuerdo con lo indicado en la ficha técnica, el aditivo aporta dos beneficiosos efectos prestacionales:

- **Permite rebajar las temperaturas de trabajo:**
 - La de fabricación hasta 100 °C.
 - La de compactación hasta 80 °C.
- **Aditivo promotor de la adhesividad árido ligante.**

7 Fórmula de trabajo

La fórmula de trabajo de la mezcla bituminosa en caliente fue confeccionada por L.C.M., S.L.L.

En el Anexo 2 se adjunta dicha fórmula de trabajo.

A continuación, en las siguientes tablas se resume los parámetros de dicha fórmula:

7.1 Composición

Los componentes de la mezcla son los indicados en la siguiente tabla:

MATERIAL	PROPORCIÓN (%) (*)	TIPO/PROCEDENCIA
Árido 12/20	23,0	CANTERAS AVILA S. L
Árido 6/12	23,0	
Árido 0/6	49,0	
Polvo mineral de aportación	5,0	
B 50/70	4,85	50/70

Imagen nº5.

Constituyentes de la mezcla bituminosa

(*) Las proporciones de los componentes son:

- Los áridos sobre el total de los áridos.
- El Betún sobre el total de la mezcla.

7.2 Características de la mezcla

Los características de la mezcla para el porcentaje óptimo de betún obtenido en la fórmula son:

PARÁMETROS	VALORES DECLARADOS
% Betún/Áridos	5,10
% Betún/Mezcla	4,85
Densidad máxima (g/cm ³)	2,521
Densidad aparente (g/cm ³)	2,389
% Huecos mezcla	5,2
% Huecos Áridos	-
%Huecos rellenos	68,8
Relación filler/betún	1,12

Imagen nº6.

Características de la mezcla bituminosa

7.3 Prestaciones de la mezcla

Los valores indicados en la fórmula de trabajo de sensibilidad al agua y deformación en pista son:

PRESTACIÓN	PARAMETRO	RESULTADO OBTENIDO
Sensibilidad al agua	ITSR (%)	89,3
Deformación en pista de laboratorio (*)	WTS (mm/10 ³ ciclos)	0,05
	RD (mm)	2,1
	PRD (%)	3,4

Imagen nº7.

Sensibilidad y deformación de la mezcla bituminosa

(*) El ensayo de rodadura ha sido realizado por el laboratorio CIESM-INTEVÍA.

7.4 Análisis de los parámetros de la fórmula de trabajo

Los valores indicados en la fórmula de trabajo cumplen lo solicitado en el PG.3 para una mezcla bituminosa tipo AC 16 SURF 50/70 S.

8 Control de calidad de los tramos experimentales

El control de calidad realizado fue el establecido por SACYR.

El control de calidad ha consistido en:

- **Control previo a la ejecución:**
 - Verificación de la fórmula de trabajo en caliente. Fabricando la mezcla en el laboratorio a partir de los componentes.
 - Verificación de la fórmula de trabajo semicaliente. Fabricando la mezcla en el laboratorio a partir de los componentes y el aditivo BioRoad.
 - Toma de muestra de la mezcla bituminosa fabricada en la planta.
- **Control de la ejecución:**
 - Toma de muestras en caliente y semicaliente para su ensayo en el laboratorio.
 - Fabricación in situ de probetas Marshall.
- **Control de la unidad terminada.**
 - Extracción y ensayo de probetas testigo.

8.1 Control previo a la ejecución

8.1.1 Verificación de la fórmula de trabajo

Los fabricantes de aditivos empleados para rebajar las temperaturas de trabajo (fabricación, extensión y compactación) de las mezclas bituminosas informan que sus productos están diseñados para la fabricación y puesta en obra de la mezcla bituminosa, y que ya una vez colocada deja de actuar o por lo menos no actúan tan eficazmente para rebajar la viscosidad del ligante como en el momento de la fabricación.

Para los controles de calidad de las mezclas bituminosas fabricadas en la planta, las muestras tomadas en obra se llevan al laboratorio, por lo que a la hora de realizar los ensayos estas se han enfriado y hay que recalentarlas.

Queda la duda para las mezclas fabricadas semicalientes a que temperatura hay que recalentar la muestra en el laboratorio para los ensayos.

Como se ha indicado, los fabricantes de los aditivos informan que el aditivo tras la fabricación de la mezcla bituminosa no son lo suficientemente efectivo para que la muestra siga siendo trabajable a la temperatura de fabricación de semicaliente, por lo que los ensayos si se realizasen a esa temperatura los resultados obtenidos no serían totalmente correctos.

Es por lo que se ha decidido que las temperaturas de recalentamiento en el laboratorio, para la realización de los ensayos, de las muestras de las mezclas fabricadas en la planta, tanto si esta fabricación fue en caliente o semicaliente, sea la solicitada para el betún sin aditivar.

Es por lo que para conocer las posibles diferencias que hubiera entre la mezcla en caliente y semicaliente con ensayos de laboratorio, hay que fabricar la mezcla en el laboratorio a partir de los componentes, lo que se ha hecho para la verificación de la fórmula de trabajo con mezcla en caliente y semicaliente.

Sobre las muestras fabricadas en el laboratorio para la verificación de la fórmula de trabajo:

- **Muestra AC 16 SURF 50/70 en caliente fabricada en el laboratorio a partir de los componentes.**
 - Esta mezcla se ha fabricado con la dotación de áridos y betún indicadas en la fórmula de trabajo.
 - La temperatura de compactación de las probetas ha sido de 155 °C.
- **Muestra AC 16 SURF 50/70 en semicaliente fabricada en el laboratorio a partir de los componentes.**
 - Esta mezcla se ha fabricado con la dotación de áridos y betún indicadas en la fórmula de trabajo y con una dotación del aditivo BioRoad del 0,7 % sobre el peso de betún.
 - La temperatura de compactación de las probetas ha sido de 135 °C.

Sobre cada una de estas dos mezclas fabricadas en el laboratorio se han realizados los siguientes ensayos:

- **UNE-EN 12697-5:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.

- **UNE-EN 12697-6:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- **UNE-EN 12697-8:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.
- **NLT 159/00** Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.
- **UNE-EN 12697-12:2019.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de probetas de mezcla bituminosa.
- **UNE-EN 12697-22:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista.
- **(*) UNE-EN 12697-26:2019.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 26: Rigidez.

(*) El ensayo de rigidez:

- Las probetas fueron fabricadas por CEMOSA
- El ensayo de rigidez ha sido realizado por CIEM INTEVÍA.

8.1.2 Compactibilidad de la mezcla semicaliente

Se ha determinado en el laboratorio la trabajabilidad de la mezcla AC 16 SURF 50/70 S aditivada con BioRoad Warm Mix.

El ensayo ha consistido en determinar la variación de la densidad aparente obtenida según la norma:

- **UNE-EN 12697-6:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.

Compactando las probetas A diferentes temperaturas: 110, 120 130 y 140 °C.

8.1.3 Verificación de la fabricación de la planta asfáltica

Para verificar la calidad de fabricación de la planta de ÁRIDOS LAVADOS S.L., SACYR UNICO S.L. con fecha 3 de julio de 2023 entregó en el laboratorio de CEMOSA en Getafe una muestra de la mezcla:

- Muestra AC 16 SURF 50/70 en caliente fabricada en la planta de ÁRIDOS LAVADOS S.L.

Para su ensayo en el laboratorio.

Los ensayos realizados sobre esta muestra han sido:

- **UNE-EN 12697-1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble.
- **UNE-EN 12697-2:2015+A1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la distribución granulométrica
- **UNE-EN 12697-5:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.

- **UNE-EN 12697-6:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- **UNE-EN 12697-8:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.
- **NLT 159/00** Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.
- **UNE-EN 12697-12:2019.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de probetas de mezcla bituminosa.
- **UNE-EN 12697-22:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista.

8.2 Control de calidad de la ejecución

8.2.1 Toma de muestras de mezclas bituminosas

En las fechas de ejecución de los tramos experimentales se han tomado:

- El día 10 de julio de 2023 se tomó en obra cinco (5) muestras de la mezcla:
 - Muestra AC 16 SURF 50/70 en semicaliente
- El día 11 de julio de 2023 se tomó en obra tres (3) muestras de la mezcla:
 - Muestra AC 16 SURF 50/70 en caliente

Para su ensayo en el laboratorio.

Sobre estas ocho (8) muestras se han realizado los siguientes ensayos de laboratorio:

- **UNE-EN 12697-1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble.
- **UNE-EN 12697-2:2015+A1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la distribución granulométrica
- **UNE-EN 12697-5:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.
- **UNE-EN 12697-6:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- **UNE-EN 12697-8:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.
- **UNE-EN 12697-12:2019.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de probetas de mezcla bituminosa.
- **UNE-EN 12697-22:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista.

8.2.2 Fabricación de probetas Marshall in situ

Como se ha indicado, para los ensayos de laboratorio las muestras tomadas en obra se van a recalentar a 155 °C, interesa conocer la densidad aparente de las mezclas, tanto semicalientes como calientes que se obtiene con las temperaturas reales de puesta en obra.

Es por ello, que uno de los ensayos establecidos en el control de la puesta en obra fue el de fabricar probetas Marshall in situ.

Estas probetas se han fabricado con una compactadora manual Marshall, de acuerdo con lo indicado en la norma:

- **NLT 159/00** Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.

8.3 Control de calidad de la unidad terminada

8.3.1 Extracción de probetas testigo

El control de la unidad terminada ha consistido en la extracción y ensayo de probetas testigo.

Los trabajos realizados han sido:

Extracción de 15 probetas testigo:

- 10 en la zona pavimentada con mezcla semicaliente y
- 5 en la zona pavimentada con mezcla en caliente.

Las referencias de estas probetas testigos son las indicadas en la siguiente tabla:

REFERENCIAS PROBETAS TESTIGO. TIPO DE MEZCLA MUESTRADA	
AC 16 SURF 50/70 S CALIENTE	AC 16 SURF 50/70 S SEMICALIENTE
-	Probetas testigo con referencias del 1 al 10
Probetas testigo con referencias del 10 al 15	-

Imagen nº8.

Referencias probetas testigo

Las extracciones se han ajustado a lo indicado en la norma:

- **UNE-EN 12697-27:2018.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 27: Toma de muestras.

En los siguientes planos se indican la ubicación de las probetas testigo



Imagen nº9. Ubicación de las probetas testigo números 1 al 5

Expediente: O/2305883-101

Albarán:

N °Informe:

Anula a:



Imagen nº10.

Ubicación de las probetas testigo números 10 al 15

8.3.2 **Ensayo de las probetas testigo**

Los ensayos realizados en cada una de estas probetas han sido:

- **UNE-EN 12697-29:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 29: Determinación de las dimensiones de las probetas bituminosas.
- **UNE-EN 12697-6:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- También se ha determinado la compactación de las probetas testigo. Para ello se ha tomado como referencia de densidad:
 - En los casos que la ubicación de la probeta testigo coincide con un camión que se ha tomado muestra para ensayo la densidad aparente de esa muestra.
 - En los casos que la probeta testigo no ha coincidido con un camión al que se la haya tomado muestra, entonces:
 - Para los testigo extraídos en zonas pavimentadas con mezcla semicaliente la media de la densidad aparente obtenida en los ensayos de las 5 mezclas semicalientes,
 - Para los testigo extraídos en zonas pavimentadas con mezcla caliente la media de la densidad aparente obtenida en los ensayos de las 3 mezclas calientes,

9 **Resultados obtenidos**

9.1 **Control previo a la ejecución**

9.1.1 **Verificación de la fórmula de trabajo y de fabricación de la planta**

En el Anexo número 2 se adjuntan las actas de las verificaciones realizadas de la fórmula de trabajo y de la planta. Estas han sido:

- A partir de los componentes se ha fabricado y ensayado en el laboratorio las mezclas
 - AC 16 SURF 50/70 CALIENTE.
 - AC 16 SURF 50/70 SEMICALIENTE. (con el aditivo BioRoad).
- Muestra entregada en CEMOSA por SACYR UNICO S.L. el 3 de julio de 2023
 - AC 16 SURF 50/70 CALIENTE.

Los resultados obtenidos en los ensayo de estas tres mezclas bituminosas, y las referencias de la fórmula de trabajo, han sido:

9.1.1.1 *Granulometría*

- **RESULTADOS OBTENIDOS**

Los resultados obtenidos han sido:

TAMIZ (% PASA)	VALORES OBTENIDOS. TIPO DE MEZCLA BITUMINOSA.AC 16 SURF 50/70 S			
	CALIENTE FÓRMULA DE TRABAJO LCM. S.L.L.	CALIENTE. VERIFICACIÓN CEMOSA	SEMICALIENTE. VERIFICACIÓN CEMOSA	CALIENTE. MUESTRA TOMADA EN PLANTA
22,4	100	100	100	100
16	95	96	95	98
8	71	64	61	63
4	44	42	39	35
2	27	27	26	23
0,5	13	13	14	14
0,25	9	10	10	12
0,063	5,7	4,9	5,5	6,6

Imagen nº11. Granulometría mezclas bituminosas.

En la siguiente gráfica se exponen las curvas granulométricas y huso AC 16 S

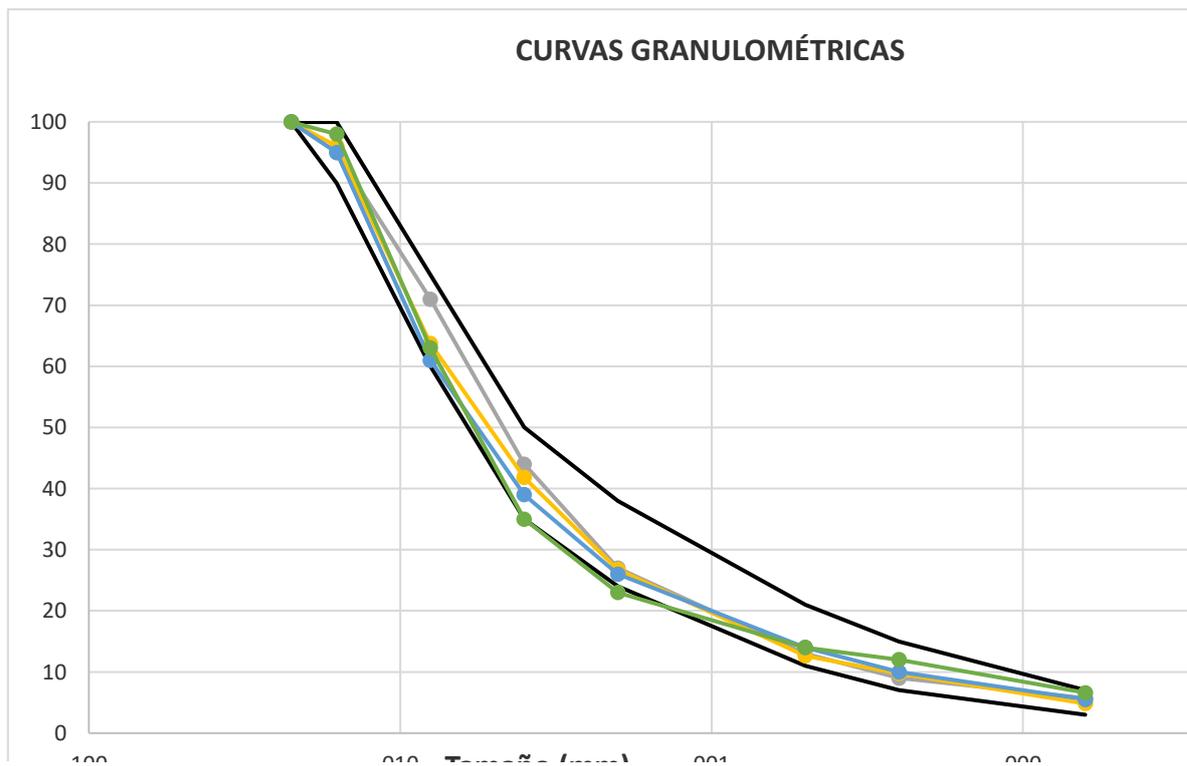


Imagen nº12. Granulometría mezclas bituminosas.

• **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

Como puede observarse el esqueleto mineral de las mezclas bituminosas encajan en el huso solicitado.

9.1.1.2 Densidad y huecos

• **RESULTADOS OBTENIDOS**

Los resultados obtenidos han sido:

PARÁMETROS	VALORES OBTENIDOS. TIPO DE MEZCLA BITUMINOSA AC SURF 50/70 S			
	CALIENTE FÓRMULA DE TRABAJO LCM. S.L.L.	CALIENTE. VERIFICACIÓN CEMOSA	SEMICALIENTE. VERIFICACIÓN CEMOSA	CALIENTE. MUESTRA TOMADA EN PLANTA
% Betún/Áridos	5,10	5,07	5,02	4,61
% Betún / Mezcla	4,85	4,83	4,78	4,40
Densidad máxima (g/cm ³)	2,521	2,500	2,506	2,495
Densidad aparente (g/cm ³)	2,389	2,389	2,360	2,348
% Huecos mezcla	5,2	4,4	5,8	5,9
% Huecos Áridos	-	15,6	16,7	15,9
%Huecos rellenos	68,8	71,7	65,4	63,0
Relación filler/betún	1,12	1,01	1,10	1,44

Imagen nº13.

Características de las mezclas de verificación, fabricadas en laboratorio y planta

• **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

Los huecos cumplen lo solicitado en el PG-3.

El contenido de betún de la mezcla fabricada en planta supera el valor mínimo exigido por el PG-3 para una mezcla AC de rodadura (4,5% Betún sobre mezcla) pero es un 0,6% inferior al indicado en la fórmula de trabajo.

Como consecuencia la relación filler/betún de la mezcla tomada en planta supera el valor recomendado de 1,1 indicado en el PG-3.

9.1.1.3 Sensibilidad, deformación en pista y módulo de rigidez

• **RESULTADOS OBTENIDOS**

Los resultados obtenidos han sido:

PARÁMETROS		VALORES OBTENIDOS. TIPO DE MEZCLA BITUMINOSA. AC 16 SURF 50/70 S			
		CALIENTE FÓRMULA DE TRABAJO LCM. S.L.L.	CALIENTE. VERIFICACIÓN CEMOSA	SEMICALIENTE VERIFICACIÓN CEMOSA	CALIENTE. MUESTRA TOMADA EN PLANTA
SENSIBILIDAD AL AGUA	Tracción probetas húmedas (KPa)	-	930	645	860
	Tracción probetas secas (KPa)	-	1089	735	1005
	ITSR (%)	89,3	85,3	87,7	85,6
DEFORMACIÓN EN PISTA	WTS aire (mm/10 ³)	0,05	0,056	0,064	0,059
	PRD (%)	3,4	3,533	3,828	3,208
	RD (mm)	2,1	2,120	2,297	1,925
ENSAYO DE RIGIDEZ	Edad de las probetas	-	21	21	-
	Temperatura ensayo (°C)	-	20	20	-
	Densidad aparente (SSD) (Mg/m ³)	-	2,406	2,355	-
	Módulo rigidez (MPa)	-	3101	2238	-

Imagen nº14. Sensibilidad, deformación y módulo de rigidez de las mezclas de verificación, fabricadas en laboratorio y planta

• **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

Con respecto a los ensayos de sensibilidad y deformación en pista los resultados obtenidos en las verificaciones de las mezclas en el laboratorio y la muestra tomada en planta son muy similares entre sí y a los de la fórmula de trabajo, y en todos los casos se cumple con lo exigido en el PG-3.

En cuanto a los módulos de rigidez han resultado bajos para los dos tipos de mezcla, más bajo para la semicaliente, aunque en el entorno de la de caliente. Estos módulos de rigidez tan bajos se deben, muy posiblemente, al tratarse de ensayo de probetas fabricadas en el laboratorio a partir de los componentes, condiciones que rigidizan menos al betún que una fabricación en planta y además, al no fabricarse en la planta, no se ha tenido que recalentar la muestra para su ensayo.

De acuerdo con ello:

- **La fórmula de trabajo es correcta.**
- **La planta funciona correctamente.**
- **Los valores obtenidos con la mezcla semicaliente son muy similares a los de la mezcla en caliente.**

Se solicitó que la planta se ajustase al contenido de ligante indicado en la fórmula de trabajo para la ejecución de los tramos experimentales

9.1.2 Compactibilidad de la mezcla semicaliente

Los valores de densidad de la mezcla bituminosa aditivada con BioRoad compactada de acuerdo con UNE EN 12697-6, a diferentes temperaturas han sido:

DENSIDAD	MEZCLA SEMICALIENTE AC 16 SURF 50/70 S			
TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN °C	110	120	130	140
Densidad aparente (g/cm ³)	2,357	2,358	2,360	2,404

Imagen nº15.

Trabajabilidad de la mezcla bituminosa aditivada con BioRoad

La densidad de la mezcla en caliente fue de 2,389 g/cm³.

En la siguiente gráfica se exponen estos resultados

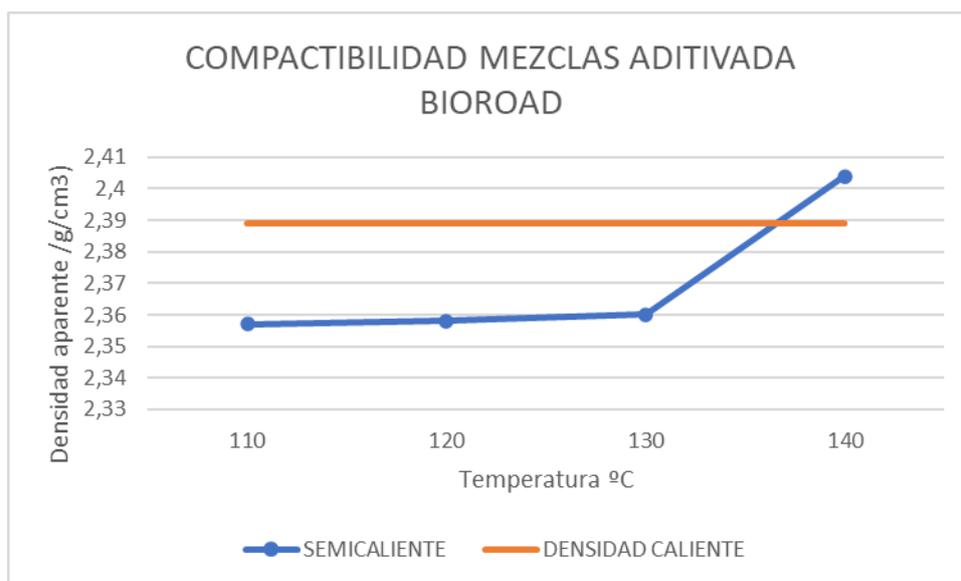


Imagen nº16.

Trabajabilidad de la mezcla bituminosa aditivada con BioRoad

Con la mezcla aditivada se puede conseguir la misma densidad que la mezcla en caliente con 135 °C.

Con temperaturas más bajas, la densidad de la mezcla aditivada es muy similar a la de caliente, así a partir de 110 °C la densidad de la mezcla aditivada es superior al 98% de la densidad de la mezcla en caliente.

9.2 Control durante la ejecución

9.2.1 Muestras de mezclas bituminosas

Como se ha indicado se han tomado ocho (8) muestras de la mezcla AC 16 SUR 50/70 S, las cinco (5) primeras, tomadas el día 10 de julio de 2023 fueron mezclas semicalientes, las tres restantes se tomaron el día 11 de julio de 2023 y fueron en caliente.

En el Anexo número 3 se adjuntan los resultados obtenidos.

En las siguientes tablas se resumen los resultados obtenidos

9.2.1.1 Granulometría

- RESULTADOS OBTENIDOS**

Los resultados obtenidos han sido:

(%) PASA TAMIZ	MUESTRAS TOMADAS EN OBRA. AC 16 SURF 50/70 S							
	MEZCLAS SEMICALIENTE (10/07/2023)					MEZCLAS CALIENTE (11/07/2023)		
	1	2	3	4	5	6	7	8
22,4	100	100	100	100	100	100	100	100
16	94	92	95	92	97	89	93	95
8	65	63	60	62	64	60	62	65
4	41	41	40	47	48	46	43	46
2	28	27	29	34	34	33	31	34
0,5	14	16	18	17	18	19	16	16
0,25	11	12	12	12	13	13	12	12
0,063	7,1	6,7	6,3	6,3	6,6	5,6	7,5	7,6

Imagen nº17.

Granulometría mezclas bituminosas tomadas en la ejecución.

En la siguiente gráfica se exponen las curvas granulométricas y huso AC 16 S

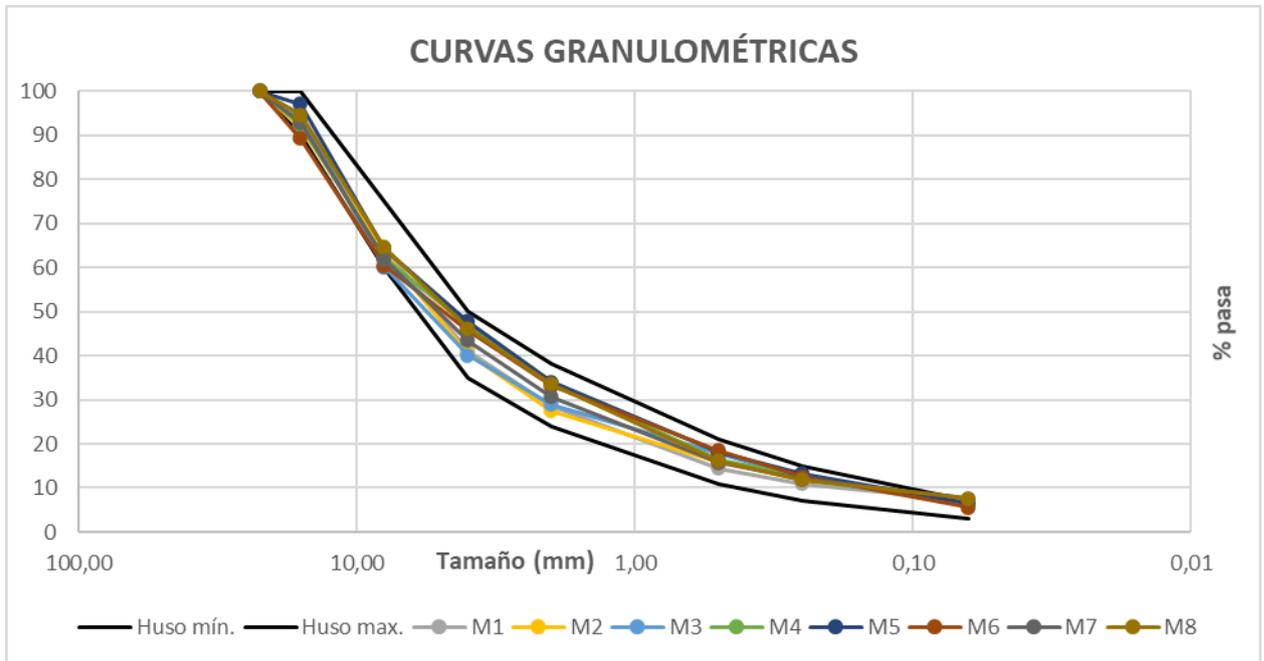


Imagen nº18.

Granulometría mezclas bituminosas.

• **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

Como puede observarse el esqueleto mineral de las mezclas bituminosas encajan en el huso solicitado.

9.2.1.2 Densidad y huecos

• **RESULTADOS OBTENIDOS**

Los resultados obtenidos han sido:

PARÁMETROS	MUESTRAS TOMADAS EN OBRA. AC 16 SURF 50/70 S							
	MEZCLAS SEMICALIENTE (10/07/2023)					MEZCLAS CALIENTE (11/07/2023)		
	1	2	3	4	5	6	7	8
% Betún/Áridos	5,66	5,84	5,42	5,87	5,32	5,34	5,19	5,51
% Betún/Mezcla	5,36	5,52	5,14	5,55	5,05	5,07	4,93	5,22
Densidad máxima (g/cm3)	2,524	2,518	2,532	2,517	2,536	2,535	2,541	2,530
Densidad aparente (g/cm3)	2,422	2,408	2,382	2,380	2,394	2,396	2,422	2,397
% Huecos mezcla	4,1	4,4	5,9	5,4	5,6	5,5	4,7	5,2
% Huecos Áridos	16,7	17,3	17,8	18,2	17,3	17,3	16,3	17,4
%Huecos rellenos	75,6	74,7	66,8	70,2	67,7	68,3	71,2	69,9
Relación filler/betún	1,24	1,14	1,16	1,08	1,25	1,05	1,46	1,38

Imagen nº19.

Características de las mezclas bituminosas tomadas en la ejecución

• **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

En la siguiente tabla se indican los valores medios de los dos tipos de mezcla analizadas

PARÁMETROS	MUESTRAS TOMADAS EN OBRA. AC 16 SURF 50/70 S	
	MEZCLAS SEMICALIENTE (10/07/2023)	MEZCLAS CALIENTE (11/07/2023)
	VALORES MEDIOS	VALORES MEDIOS
% Betún / Mezcla	5,32	5,07
Densidad máxima (g/cm3)	2,525	2,535
Densidad aparente (g/cm3)	2,397	2,405
% Huecos mezcla	5,1	5,1
% Huecos Áridos	17,5	17,0
%Huecos rellenos	71,0	69,8
Relación filler/betún	1,17	1,30

Imagen nº20. Valores medios de las características de las mezclas bituminosas tomadas en la ejecución

Los huecos cumplen lo solicitado en el PG-3.

Los contenido de betún superan el mínimo exigido por el PG-3 (4,5%) y el de la fórmula de trabajo (4,85%).

También los contenidos de filler son superiores a los de la fórmula de trabajo, la relación filler/betún de las mezclas en caliente es algo superior a la recomendada por el PG-3 (1,1)

Por lo tanto:

- El aditivo empleado no ha afectado a la calidad de la mezcla en caliente.
- Si la densidad y contenido de huecos obtenidos en obra con la mezcla semicaliente es similar a los de la mezcla en caliente, las características de la mezcla semicaliente serán, como mínimo, la misma que las de caliente.

9.2.1.3 Sensibilidad y deformación en pista

• **RESULTADOS OBTENIDOS**

Los resultados obtenidos han sido:

PARÁMETROS		MUESTRAS TOMADAS EN OBRA. AC 16 SURF 50/70 S							
		MEZCLAS SEMICALIENTE (10/07/2023)					MEZCLAS CALIENTE (11/07/2023)		
		1	2	3	4	5	6	7	8
SENSIBILIDAD AL AGUA	Tracción probetas húmedas (KPa)	926	941	957	839	883	952	978	893
	Tracción probetas secas (KPa)	1038	1089	1067	955	1027	1105	1117	1041
	ITSR (%)	89,2	86,4	89,7	87,9	86,0	86,2	87,5	85,8
DEFORMACIÓN EN PISTA	WTS aire (mm/10 ³)	0,062	0,067	0,057	0,060	0,051	0,039	0,044	0,049
	PRD (%)	3,322	3,103	3,490	3,803	3,190	3,126	3,038	3,390
	RD (mm)	1,893	1,862	2,094	2,282	1,914	1,876	1,823	2,034

Imagen nº21. Sensibilidad y deformación en pista de las mezclas bituminosas tomadas en la ejecución

• **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

En la siguiente tabla se exponen los valores medios de sensibilidad y deformación

PARÁMETROS		VALORES MEDIOS CONTROL EJECUCIÓN MEZCLA AC 16 SURF 50/70 S	
		MEZCLAS SEMICALIENTES	MEZCLAS CALIENTES
SENSIBILIDAD AL AGUA	Tracción probetas húmedas (KPa)	909	941
	Tracción probetas húmedas (KPa)	1035	1088
	ITSR (%)	87,8	86,5
DEFORMACIÓN EN PISTA	WTS aire (mm/10 ³)	0,059	0,044
	PRD (%)	3,382	3,185
	RD (mm)	2,009	1,911

Imagen nº22. Valores medios de sensibilidad y deformación de las mezclas de verificación, fabricadas en laboratorio y planta

Como puede observarse los valores obtenidos en las mezclas semicalientes y calientes son muy similares.

En todos los casos se cumple con los requisitos del PG-3.

Por lo tanto:

- **El aditivo empleado no ha afectado a la calidad de la mezcla en caliente.**

9.2.2 Probetas Marshall fabricadas in situ

9.2.2.1 Resultados obtenidos

Como se indicó los ensayos de control de ejecución de las mezclas semicalientes en el laboratorio se deben realizar recalentando las muestras a las temperaturas de la mezcla solicitadas por el tipo de betún sin aditar, es decir, las mezclas fabricadas tanto semicalientes como calientes se van a ensayar en el laboratorio a la misma temperatura: la de caliente.

Es por lo que interesaba conocer características de las mezclas a la temperatura de fabricación en obra.

Las únicas probetas que se pueden preparar in situ son las Marshall con una compactadora manual.

Las condiciones de trabajo debida a la calidad del equipo y a los medios de obra (las probetas se fabrican en el exterior y no en un laboratorio), hay que tenerlas en cuenta a la hora de interpretar los resultados.

De cada muestra ensayada se han fabricado tres (3) probetas Marshall.

Las densidades aparentes medias de cada una de las mezclas ensayadas a las temperaturas de llegada a obra han sido las indicadas en la siguiente tabla:

PARÁMETROS	MUESTRAS FABRICADAS EN OBRA. AC 16 SURF 50/70 S							
	MEZCLAS SEMICALIENTE (10/07/2023)					MEZCLAS CALIENTE (11/07/2023)		
	1	2	3	4	5	6	7	8
Fecha de toma	10/07/2023					11/07/2023		
Matrícula camión	0623HZR	3167JDV	6745GYZ	0731HJG	3167JDV	9547HKC	3828DZR	6133FKC
Temperatura llegada a obra (°C)	118	112	95	116	125	152	156	175
Temperatura de compactación de las probetas (°C)	110	104	84	114	124	150	153	173
Densidad media aparente (g/cm ³)	2,379	2,382	2,371	2,473	2,423	2,439	2,458	2,486

Imagen nº23.

Densidad probetas fabricadas in situ

9.2.2.2 *Análisis de los resultados obtenidos*

En la siguiente gráfica se exponen estos resultados:

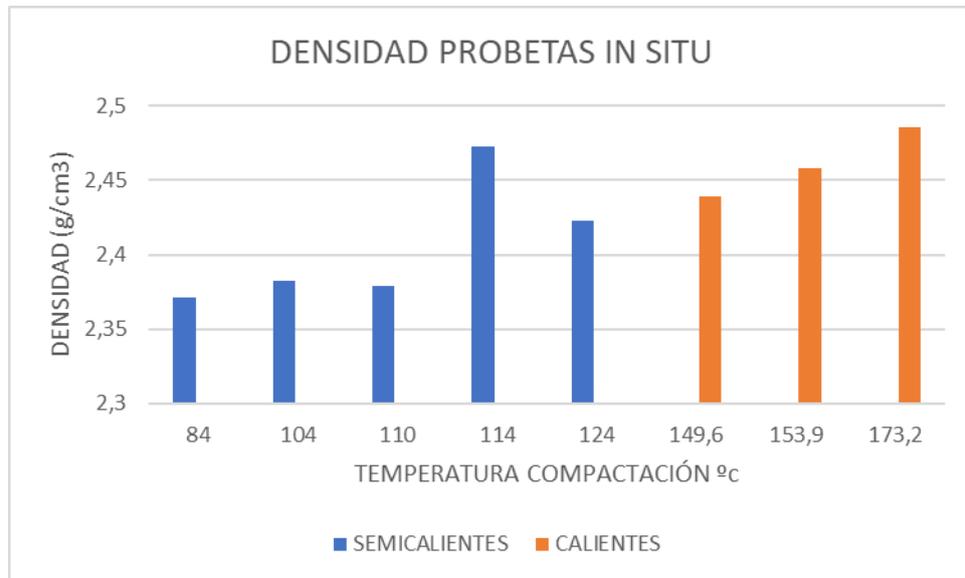


Imagen nº24. Densidad probetas fabricadas in situ

Los valores medios de las densidades de las mezclas en caliente y semicaliente son las indicadas en la siguiente tabla:

PARÁMETROS	PROBETAS FABRICADAS EN OBRA. AC 16 SURF 50/70 S	
	VALORES MEDIOS MEZCLAS SEMICALIENTE	VALORES MEDIOS MEZCLAS CALIENTE
	(10/07/2023)	(11/07/2023)
Temperatura llegada a obra (°C)	113	161
Temperatura de compactación de las probetas (°C)	107	159
Densidad media aparente (g/cm³)	2,406	2,461

Imagen nº25. Características de las mezclas bituminosas tomadas en la ejecución

Teniendo en cuenta lo anteriormente indicado de la calidad de fabricación de las probetas in situ, tanto por las condiciones de obra como del equipo compactador empleado, se puede indicar:

- Las temperaturas de llegada de los camiones para la mezcla en caliente fue la solicitada en función del betún empleado.
- Las temperaturas de llegada de las mezclas semicalientes fueron inferiores a las solicitadas, principalmente por problemas de la planta en ese día. Se tenía previsto que la temperatura de llegada a obra fuese en el entorno de 135 °C, sin embargo, la temperatura media de llegada fue de 113 °C con un camión de temperatura de llegada a obra de solo 95 °C.

- Los porcentajes de densidad de las mezclas semicalientes respecto a la media de las de caliente han sido:
 - La densidad media de las mezclas semicalientes ha sido del 98% respecto a las de caliente.
 - La densidad mínima obtenida en las mezclas semicalientes fue la del camión que llegó con solo 95°C, la densidad de esta muestra ha sido de 2,371 g/cm³ lo que supone un 96% de la densidad media de las mezclas en caliente.

En resumen

Con las mezclas aditivadas con BioRoad Warm Mix se debe trabajar a las temperaturas previstas en las fórmulas de trabajo.

Pero al estar aditivado se garantiza mejor la calidad de puesta en obra de mezclas transportadas a temperaturas inferiores a las solicitadas.

9.3 Control de la unidad terminada. Ensayo de probetas testigo

9.3.1 Resultados obtenidos

En el laboratorio se han determinado, de acuerdo con lo indicado en el apartado 8.3.2 el espesor y densidad de las probetas testigo, y teniendo como referencia la densidades aparentes de las muestras tomadas en obra, se han calculado los porcentajes de compactación de cada una de ellas.

Los resultados obtenidos son los indicados en la siguiente tabla:

PROBETAS TESTIGO EXTRAÍDAS EN ZONAS PAVIMENTADAS CON MEZCLA SEMICALIENTE					
REFERENCIA PROBETA TESTIGO	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (g/cm ³)		PORCENTAJE COMPACTACIÓN (%)	UBICACIÓN
		Testigo	Referencia		
T1	55	2,275	2,397	94,9	Ramal salida 85 Carbonero centro camión 1
T2	93	2,355	2,397	98,2	Ramal salida 85 Carbonero rodada izqda. camión 2
T3	70,5	2,363	2,422	97,6	Ramal salida 85 Carbonero rodada drcha. camión 3
T4	57,2	2,285	2,397	95,3	Ramal salida 85 Carbonero centro camión 4
T5	47,9	2,276	2,408	94,5	Ramal salida 85 Carbonero rodada izqda. camión 5
T6	63	2,301	2,382	96,6	Vía servicio Florida carril izqdo. rodada izqda. c-6
T7	42,5	2,132	2,394	89,1	Vía servicio Florida carril drcho. centro c-10
T8	44,1	2,306	2,397	96,2	Vía servicio Florida carril drcho. rodada drcha. c-11
T9	55,2	2,349	2,38	98,7	Vía de Servicio Florida carril izqdo. rodada drcha. c-7
T10	44,5	2,301	2,397	96,0	Vía servicio Florida carril izqdo. rodada izqda. c-8

Imagen nº26.

Compactación probetas testigo de mezclas semicalientes referidas a las densidades de las mezclas compactadas en el laboratorio a 155°C

PROBETAS TESTIGO EXTRAÍDAS EN ZONAS PAVIMENTADAS CON MEZCLA CALIENTE					
FECHA EXTRACCIÓN TESTIGOS	ESPESOR	DENSIDAD (kg/m3)		PORCENTAJE COMPACTACIÓN (%)	UBICACIÓN
		Testigo	Probeta referencia		
T11	62,5	2,263	2,405	94,1	Vía servicio Florida carril izqdo. eje
T12	62	2,378	2,405	98,9	Vía servicio Florida carril drcho. rodada izqda.
T13	46,5	2,354	2,405	97,9	Vía servicio Florida carril drcho. eje
T14	42	2,382	2,405	99,0	Vía servicio carril izqda. rodada izqda.
T15	43,5	2,348	2,405	97,6	Vía servicio Florida carril drcho. rodada izqda.

Imagen nº27. Compactación probetas testigo de mezclas calientes referidas a las densidades de las mezclas compactadas en el laboratorio a 155°C

9.3.2 Análisis de los resultados obtenidos

Hay que recordar que las densidades de referencia se han obtenido en el laboratorio recalentando las muestras a 155 °C, por lo tanto, se están determinando los porcentajes de compactación de mezclas colocadas semicalientes referidas a estas mismas mezclas compactadas en caliente.

En la siguiente tabla se exponen los valores medios obtenidos en los ensayos de las probetas testigo:

VALORES MEDIOS PROBETAS TESTIGO EXTRAÍDAS EN ZONAS PAVIMENTADAS CON MEZCLA SEMICALIENTE Y CALIENTECALIENTE					
TIPO DE MEZCLA	ESPESOR (mm)	DENSIDAD (kg/m3)		PORCENTAJE COMPACTACIÓN (%)	UBICACIÓN
		Testigo	Probeta referencia		
SEMICALIENTE	57,3	2,294	2,397	95,7	Ramal salida 85 y vía de servicio Florida
CALIENTE	51,3	2,345	2,405	97,5	Vía de servicio Florida

Imagen nº28. Valores medios de compactación probetas testigo de mezclas semicalientes y semicalientes referidas a las densidades de las mezclas compactadas en el laboratorio a 155°C

Las densidades medias de referencia son muy similares para las dos tipos de mezcla bituminosa.

Claramente es mayor el porcentaje de compactación medio de las mezclas extendidas en caliente, este porcentaje supera el mínimo exigido por el PG-3 para este espesor de capa del 97%.

Pero si eliminamos el testigo de la mezcla semicaliente con un porcentaje de compactación anómalo al resto de los testigos (89,1%) entonces el porcentaje medio de compactación de las mezclas semicalientes sería del 96,5% muy cerca del exigido por el PG-3.

Fabricar una mezcla semicaliente no significa que se deje de controlar las temperaturas de fabricación y puesta en obra, estas deben ser las solicitadas, aunque es cierto que ante casos de bajadas importantes de temperatura se va a comportar mejor una mezcla aditivada que si no lo estuviese,

En estos tramos experimentales la mezcla en caliente cumplía las temperaturas previstas de llegada a obra, sin embargo, para las semicalientes las temperaturas de llegada a obra de los camiones (por problemas en la planta de fabricación) fueron menores de las previstas y con todo los porcentajes de compactación medio ha superado el 95%.

10 Conclusiones

Las características de la mezcla semicaliente coinciden con las de la fórmula de trabajo de la de caliente.

Hubo problemas de fabricación en la planta el día que se fabricaron las mezclas semicalientes, por lo que las temperaturas de llegada a obra fueron muy inferiores a la solicitada de 135 °C.

Problemas que se subsanaron para la fabricación de las mezclas en caliente, que llegaron a obra con la temperatura solicitada.

Muy posiblemente por ello la densidad media de las probetas testigo de las mezclas semicalientes han resultado algo inferior a la densidad media de las probetas testigo de la mezcla bituminosa caliente.

Con todo, siendo inferior al 97% solicitado por el PG-3, el porcentaje medio de compactación de las mezclas semicalientes fue superior al 95% (95,7%) y si se anulase una densidad anómala del 89,1%, la densidad media hubiera sido del 96,5% muy próxima al 97%.

Se puede afirmar que si las mezclas semicalientes hubiesen llegado a obra en el entorno de los 135°C el valor medio de la compactación hubiese superado el 97%.

El valor medio de la compactación de las mezclas en caliente superó el 97%

Por lo que:

Con el aditivo BioRoad Warm Mix se puede fabricar mezclas semicalientes sin rebajar la calidad de la mezcla fabricada mejorando su trabajabilidad.

Las temperaturas de la mezcla semicaliente han de ser determinadas en la fórmula de trabajo y respetadas en obra. En este trabajo, con una dotación del aditivo del 0,7% sobre el total de betún, la temperatura de la mezcla semicaliente solicitada ha sido de 135 °C, pero incrementando esta dotación de aditivo se puede rebajar más las temperaturas de fabricación y puesta en obra.

En el caso de llegar a obra mezclas bituminosas con temperaturas inferiores a las solicitadas, ya sean mezclas calientes o semicalientes, la mezcla colocada presentará mejor calidad en el caso de estar aditivadas con BioRoad Warm Mix que si no estuviesen aditivadas.

Por lo que el empleo del aditivo BioRoad Warm Mix no solo tiene como objetivo fabricar mezclas semicalientes, sino que también es una garantía para las de caliente, y también para las semicalientes, en el caso de llegar a obra con una temperatura inferior a las solicitadas.

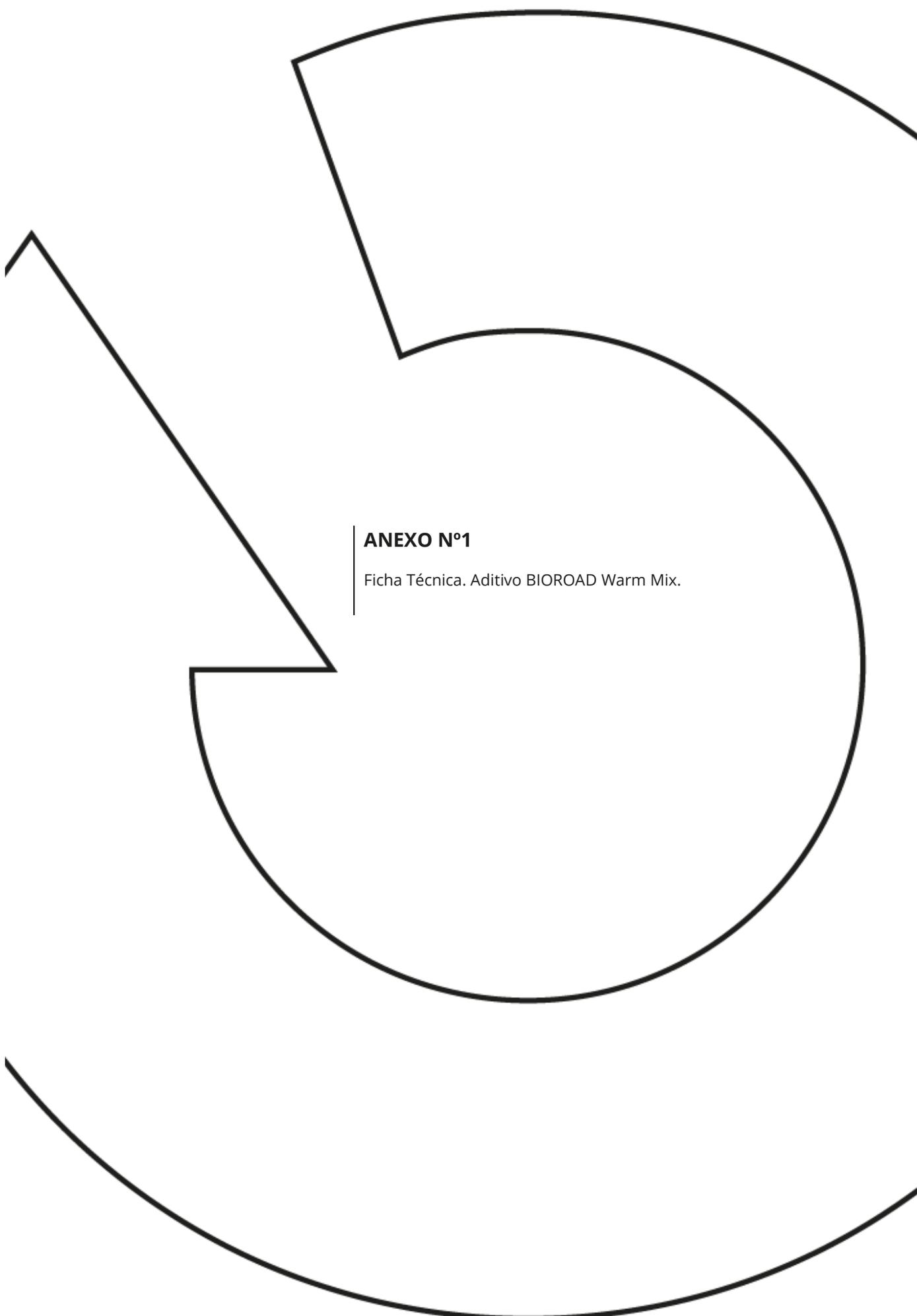
11 Fecha y firmas

El presente informe consta de portada, índice, treinta páginas y cuatro Anexos.

Valladolid a 17 de agosto de 2023



Fdo. MANUEL SALAS CASANOVA
Dtor. Área Control de Calidad y Materiales
Lcdo. Ciencias Químicas



ANEXO N°1

Ficha Técnica. Aditivo BIOROAD Warm Mix.

FICHA TECNICA BIOROAD Warm Mix



DESCRIPCIÓN

BioRoad es un aditivo para asfalto de última generación, a base de tensoactivo anfifílico con base en ester de ácido graso vegetal residual ecológico enriquecido con grafeno que proporciona una mayor duración del concreto asfáltico al tiempo que mejora los procesos de fabricación, extendido y compactado.

Aditivo ecológico para mezclas asfálticas semicalientes (fabricadas entre 100°C hasta 140°C), enriquecido con grafeno que proporciona mejoras relevantes en el proceso de producción de la mezclas asfálticas.

Su comportamiento tras ser incorporado a la mezcla bituminosa puede ser interpretado como un aditivo promotor de adhesividad y/o un aditivo para fabricar y extender semicaliente.

BioRoad puede añadirse a la mezcladora, a la báscula de betún o al tanque de betún. El que sea más fácil para la operación.

VENTAJAS PRESTACIONALES

- ◊ Permite reducir las temperaturas de fabricación hasta 100°C y las de compactación hasta 80°C.
- ◊ Su efecto modificador reológico de la mezcla, proporciona mejor envuelta y dispersión del ligante con los áridos, favoreciendo mayor trabajabilidad en extendido y compactación.
- ◊ Mejora la adhesividad entre árido-ligante, mejorando por lo tanto también la afinidad y sensibilidad al agua.
- ◊ Solubiliza de una manera íntegra y rápida en betún caliente, pudiendo ser combinado con cualquier grado, incluidos betunes modificados con polímero (PMB), betunes modificados con caucho (CRMB) y Betunes con aditivo caucho (**RARx**).
- ◊ Se trata de un producto sin olores, termo-resistente y estable a temperaturas de almacenamiento. A dosis elevadas tiene un efecto rejuvenecedor y **permite ser combinado con tasas elevadas de RAP/RAS (hasta 60%)**.
- ◊ La reducción de temperaturas conlleva una **menor oxidación del ligante** y por lo tanto aumenta la durabilidad de la mezcla asfáltica.
- ◊ La reducción de las temperaturas habilita una **apertura al tráfico más rápida**.
- ◊ Aumenta la resistencia a fatiga hasta en un 50%, extendiendo la vida útil de las carreteras, al comprobarse una mejora en la tenacidad de las mezclas asfálticas producidas.
- ◊ Aumenta la resistencia al agua medida con el ensayo de tracción indirecta y ensayo del cántabro.
- ◊ Incorpora tensioactivos anfóteros garantizando el carácter neutro de la base compuesta y su estabilidad.
- ◊ **Mejora la resistencia** al envejecimiento, medido por el ensayo del cántabro.
- ◊ Contiene el grafeno, que conduce el calor y la electricidad fácilmente, es casi transparente y confiere muchas propiedades útiles a sustancias con las que está junto. El grafeno posee estructura tipo red es responsable de las características mecánicas propias del material que derivan de la fuerte interacción covalente entre los átomos de carbono mejorando la trabajabilidad.



VENTAJAS MEDIOAMBIENTALES

- ◊ **BioRoad** no contiene COVs, ni sustancias volátiles. Esta formulado con compuestos naturales reciclados que eximen de cualquier clasificación de peligrosidad.
- ◊ Reducción de humos y emisiones durante el proceso de fabricación, extendido y compactación del aglomerado, incluso a temperaturas cercanas a 120°C se constata la **desaparición de humos**, vapores y olores de los ligantes.
- ◊ Reducción de emisión de gases derivadas por el ahorro de combustible (hasta 50% de reducción de combustible).
- ◊ Salubridad, confort y manipulación segura de los operarios debido a la **disminución de las temperaturas de trabajo** y el empleo de un aditivo vegetal no peligroso.
- ◊ Facilita el proceso de compactación debido a la mayor trabajabilidad de la mezcla.
- ◊ Las emisiones de CO₂ para la fabricación del BioRoad son mínimas, ya que utilizamos casi todos los ingredientes reciclados.

VENTAJAS ECONOMICAS

- ◊ Posibilidad de consumir áridos "locales" con una peor adhesividad frente al betún.
- ◊ Hasta **50% menos consumo de combustible** en el proceso de fabricación.
- ◊ En comparación con la mezcla convencional, la mezcla semicaliente con **BioRoad** puede ser hasta **2€ más económica** por tonelada fabricada.
- ◊ Menor desgaste de las piezas de la planta debido a las menores temperaturas de fabricación, lo que supone un ahorro de piezas de repuesto y de horas de trabajo en el mantenimiento correctivo.
- ◊ Permite fabricar mezclas en caliente a temperaturas ambientales frías, obras de difícil acceso-trasvase y/o largas distancias desde la planta asfáltica hasta el extendido.



APLICACIÓN Y DOSIFICACIÓN

- ◊ **BioRoad** puede ser incorporado al tanque de betún con una ligera agitación o recirculación, o dosificado a bascula de ligante, o directamente en la mezcladora después de añadir y mezclar el betún con los áridos.
- ◊ La dosificación final depender de las prestaciones requeridas y será determinado o verificado mediante ensayos previos de laboratorio, utilizando la formulación y materiales disponibles en cada caso.
- ◊ Recomendamos las siguientes dosis en función de las temperaturas de fabricación y compactación:

BioRoad % s/ Betún*	Temperatura de fabricación (°C)	Temperatura de Compactación (°C)
0,07	140 ±5	120 ±5
0,7	135 ±5	110 ±5
1,0	130 ±5	100 ±5
1,5	120 ±5	90 ±5
2,0	115 ±5	80 ±5

* Recomendaciones validas para betunes 35/50, 50/70 y 70/100.

COMPOSICIÓN Y PROPIEDADES

Aditivo anfotérico tensoactivo anfílico con base en Ester de ácido graso vegetal residual ecológico para mezclas asfálticas semicalientes enriquecido con grafeno.



Aspecto:	Líquido Negro
Olor:	Característico
Densidad:	0,92 g/cm ³ (± 0,03)
Viscosidad:	48,00 cSt a 40°
Ponto de Inflamación	>170

ENVASE, ALMACENAJE Y SEGURIDAD

- ◊ Disponible en IBC's de aproximadamente 900Kg / 1000L.
- ◊ Se recomienda conservar el producto en su envase original cerrado, en un lugar seco y protegido de la intemperie.
- ◊ **BioRoad** es un producto **no peligroso** para su manipulación y transporte.

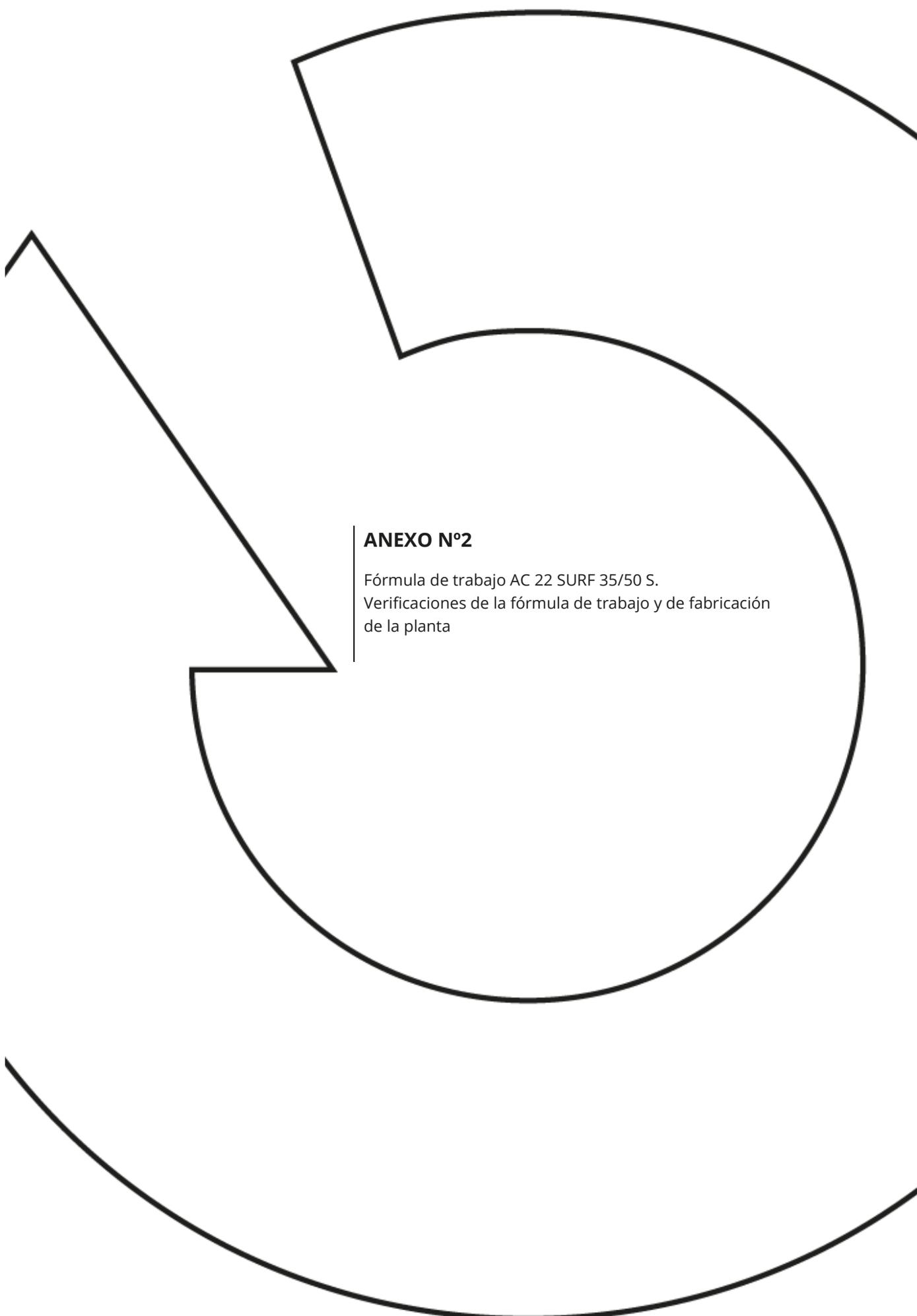
NOTAS

Por cada 1.000L de aditivo utilizado en la fabricación estarás colaborando con el medio ambiente destinando hasta 300L de residuo de aceite de oliva (alpechín) y hasta 400L de aceite vegetal reciclado.

¡Colaboren eficazmente con el medio ambiente!

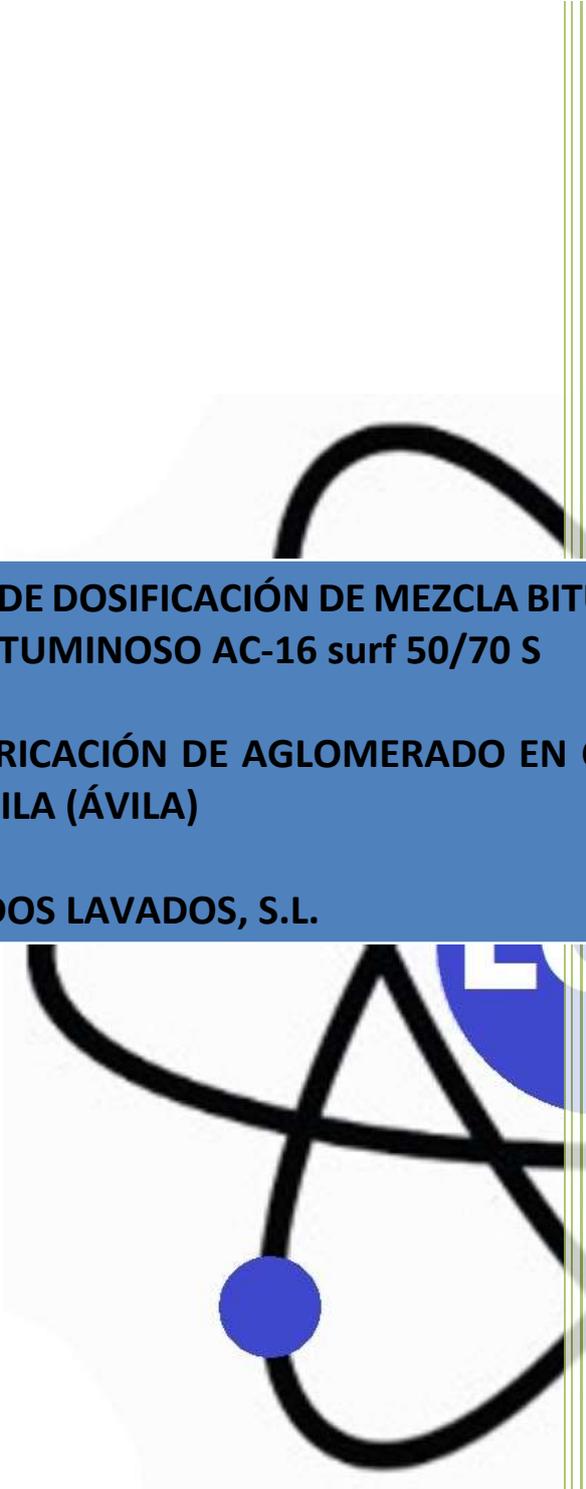


Aunque la información contenida en este documento es verdadera, precisa y representa nuestro mejor conocimiento y experiencia, no se ofrece ni se implica ninguna garantía con ninguna recomendaciones hechas por nosotros, nuestros representantes o distribuidores, ya que las condiciones de uso y la competencia de cualquier mano de obra involucrada en la aplicación están fuera de nuestro control.



ANEXO N°2

Fórmula de trabajo AC 22 SURF 35/50 S.
Verificaciones de la fórmula de trabajo y de fabricación
de la planta



2020

INFORME: ESTUDIO DE DOSIFICACIÓN DE MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE DE TIPO HORMIGÓN BITUMINOSO AC-16 surf 50/70 S

OBRA: PLANTA FABRICACIÓN DE AGLOMERADO EN CTRA. DE CEBREROS, 4 EN TORNADIZOS DE ÁVILA (ÁVILA)

PETICIONARIO: ÁRIDOS LAVADOS, S.L.

PT20-220/2020

L.C.M., S.L.L.

03/06/2020



**INFORME DE DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN BITUMINOSO
AC-16 surf 50/70 S PARA LA PLANTA DE ÁRIDOS LAVADOS
EN TORNADIZOS DE ÁVILA (ÁVILA)**

Fecha: 03-06-2020

PAGINA: 1 de 9

ANTECEDENTES.

PLAN DE TRABAJO.

INFORMES DE RESULTADOS.

- Áridos
- Dosificación teórica
- Dosificación práctica

ESTUDIO DE DATOS DE DOSIFICACIÓN PRÁCTICA, OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES.



**INFORME DE DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN BITUMINOSO
AC-16 surf 50/70 S PARA LA PLANTA DE ÁRIDOS LAVADOS
EN TORNADIZOS DE ÁVILA (ÁVILA)**

Fecha: 03-06-2020

PAGINA: 2 de 9

ANTECEDENTES.

En fecha mayo de 2020, **ÁRIDOS LAVADOS, S.L.**, decidió adjudicar a Laboratorio de Calidad de Materiales, S.L.L., los trabajos de dosificación para aglomerado en caliente de tipo AC-16 surf 50/70 S para una categoría de tráfico pesado **T00** con zona térmica estival **MEDIA** para la obra: **“CONTROL DE PLANTA DE FABRICACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CTRA. DE CEBREROS, 4 EN TORNADIZOS DE ÁVILA (ÁVILA)”**.

PLAN DE TRABAJO.

El plan de trabajo constó de los siguientes apartados:

- Análisis granulométrico de los áridos a emplear
- Dosificación teórica
- Determinación de la densidad en aceite de parafina de la mezcla teórica de áridos
- Determinación de la densidad relativa del betún
- Estudio de los resultados obtenidos en las dosificaciones:
 - Mezcla con 4,00 % de betún sobre áridos.
 - Mezcla con 4,50 % de betún sobre áridos.
 - Mezcla con 5,00 % de betún sobre áridos.
 - Mezcla con 5,50 % de betún sobre áridos.

GRANULOMETRÍA DE LOS ÁRIDOS:

En la siguiente tabla se presentan las diferentes granulometrías de los áridos utilizados en la dosificación:

Granulometría de los áridos. UNE-EN 933-1										
Árido 0/6 mm	Tamiz UNE (mm)	31,5	22,4	16	8	4	2	0,5	0,25	0,063
	% Cernido			100	99.0	77.1	43.7	13.2	7.4	0.9
Árido 6/12 mm	Tamiz UNE (mm)	31,5	22,4	16	8	4	2	0,5	0,25	0,063
	% Cernido			100	71.7	4.2	1.7	1.2	1.0	0.6
Árido 12/20 mm	Tamiz UNE (mm)	31,5	22,4	16	8	4	2	0,5	0,25	0,063
	% Cernido		100	79.5	3.2	1.0	0.9	0.7	0.7	0.5
Árido 16/32 mm	Tamiz UNE (mm)	31,5	22,4	16	8	4	2	0,5	0,25	0,063
	% Cernido	100	96.3	51.5	0.6	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
Polvo de aportación	Tamiz UNE (mm)	31,5	22,4	16	8	4	2	0,5	0,25	0,063
	% Cernido								100	97.7



**INFORME DE DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN BITUMINOSO
AC-16 surf 50/70 S PARA LA PLANTA DE ÁRIDOS LAVADOS
EN TORNADIZOS DE ÁVILA (ÁVILA)**

Fecha: 03-06-2020

PAGINA: 3 de 9

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES (de las dosificaciones prácticas realizadas).

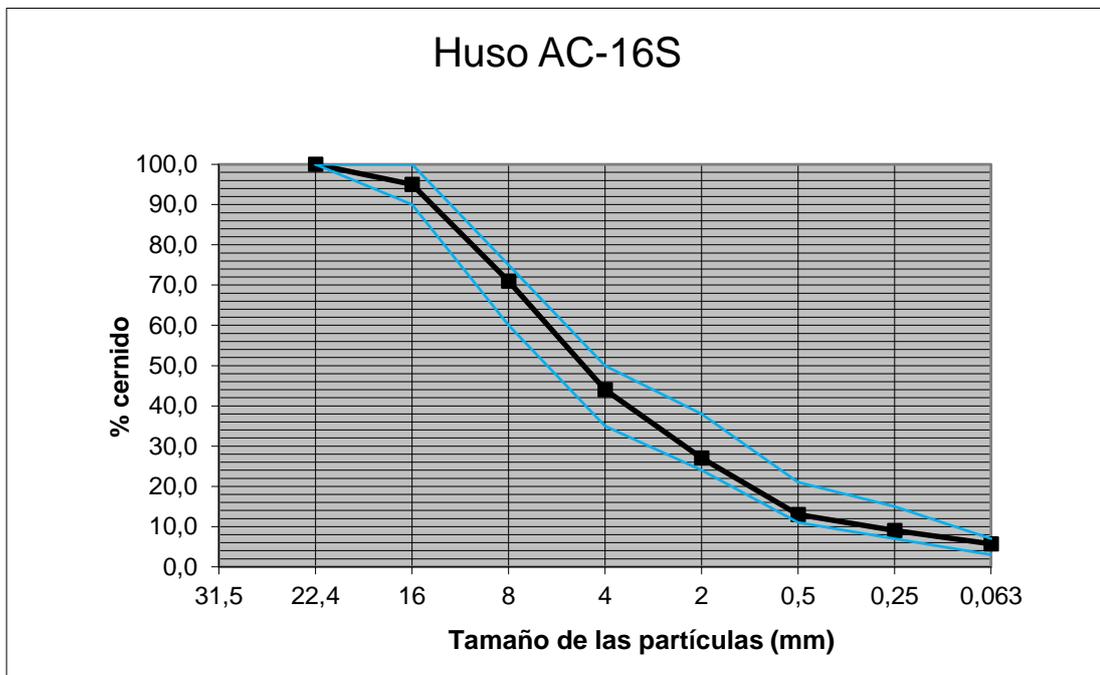
- **Dosificación teórica**

Conocidos los granulométricos preparados de los áridos, se procedió a utilizar una hoja Excel para estudiar la curva más centrada en el huso indicado AC-16 S. Se estudió la composición teórica a partir de las diferentes mezclas de áridos al 100 % intentando acercarlo lo más posible al centro del huso calculando los cuadrados de las desviaciones y haciendo un sumatorio de ellos y consiguiendo, con la curva obtenida, el menor valor.

La curva se incorpora y su resumen es:

MEZCLA DE ÁRIDOS	
Árido fino 0/6 mm	49,0 %
Árido grueso 6/12 mm	23,0 %
Árido grueso 12/20 mm	23,0 %
Árido grueso 20/25 mm	0,0 %
Polvo mineral aportación	5,0 %

(Todos los áridos indicados son de Planta en caliente (tolvas))



Granulometría de los áridos (curva teórica)										
CURVA RESULTANTE	Tamiz UNE (mm)	31,5	22,4	16	8	4	2	0,5	0,25	0,063
		% Cernido		100	95	71	44	27	13	9



**INFORME DE DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN BITUMINOSO
AC-16 surf 50/70 S PARA LA PLANTA DE ÁRIDOS LAVADOS
EN TORNADIZOS DE ÁVILA (ÁVILA)**

Fecha: 03-06-2020

PAGINA: 4 de 9

- **Determinación de la densidad en aceite de parafina de la mezcla teórica de áridos**

La mezcla de áridos obtenida teóricamente en la hoja Excel se pasó a laboratorio para realizar dicha mezcla de áridos y comprobar la densidad de la mezcla en aceite de parafina de acuerdo a la normativa vigente.

El valor obtenido de densidad en aceite de parafina se indica en el informe de la mezcla teórica y su valor es de **2,710 Mg/m³**

- **Determinación de la densidad relativa del betún**

Al betún enviado por el peticionario (betún procedente de CEPSA y de nombre: CEPASAFALT 50/70 (código: 70254) se le realizó el ensayo de densidad relativa con obtención de un valor de **1,029 (s/u)**.

Dosificación y estudio de mezcla en laboratorio (dosificación práctica).

Para la dosificación y estudio de mezcla en laboratorio se procedió del siguiente modo:

1. Se prepararon varias mezclas de áridos en blanco y masa determinada total de acuerdo a la dosificación teórica obtenida.
2. Se realizó la mezcla del betún sobre los áridos en caliente a diferentes porcentajes del mismo (entre 4,00% y 5,50% de betún sobre áridos).
3. Se realizó una serie de probetas de aglomerado de acuerdo a la normativa UNE-EN 12697-30 de preparación de probetas por el método del impacto.
4. Una serie de probetas fue preparada de acuerdo a la norma indicada para calcular densidades y huecos en mezcla según UNE-EN 12697-6 y ss.
5. Finalmente, y para comprobar la dosificación de betún más adecuada, se preparó una mezcla en blanco con el betún óptimo obtenido de los ensayos anteriores para la realización del ensayo de sensibilidad según UNE-EN 12697-12.



**INFORME DE DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN BITUMINOSO
AC-16 surf 50/70 S PARA LA PLANTA DE ÁRIDOS LAVADOS
EN TORNADIZOS DE ÁVILA (ÁVILA)**

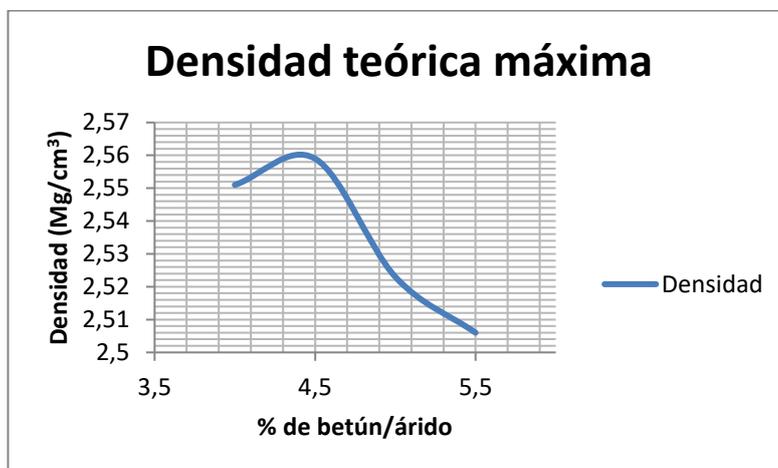
Fecha: 03-06-2020

PAGINA: 5 de 9

Se indican a continuación los gráficos de los diferentes datos/valores a obtener para la comprobación de dicha dosificación:

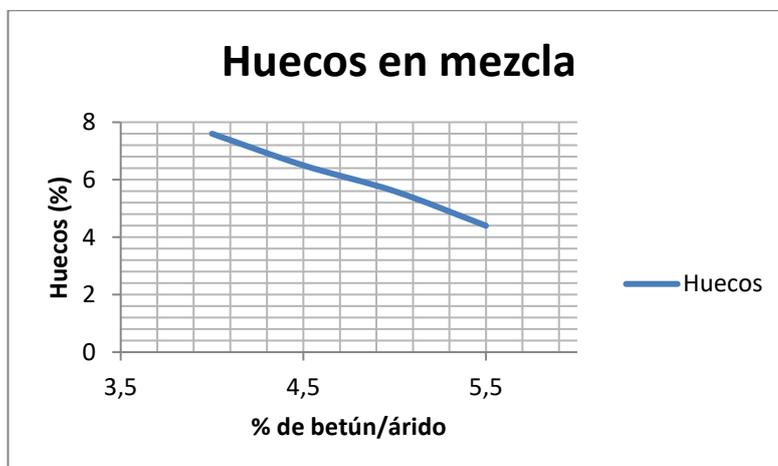
Densidad teórica máxima:

Calculada a partir de los pesos específicos del árido y el betún utilizados así como a partir del porcentaje de betún sobre mezcla utilizado (en gráfico indicamos el dato de betún sobre árido):



Huecos en mezcla:

Calculada a partir de la densidad de la probeta y de la densidad teórica máxima (en gráfico indicamos el dato de betún sobre árido):





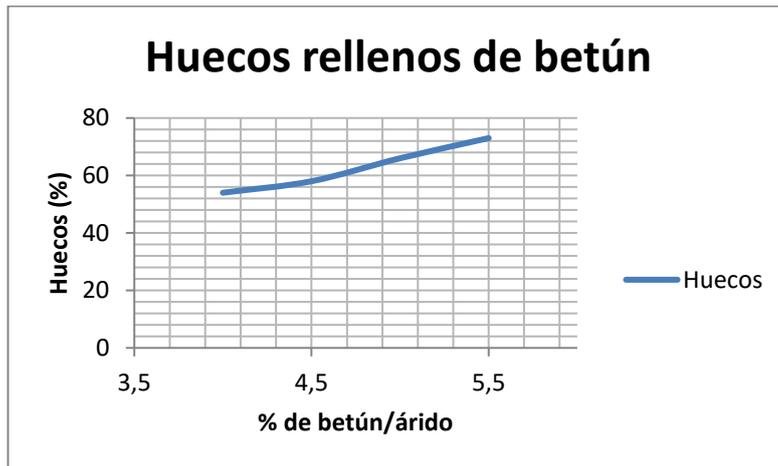
**INFORME DE DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN BITUMINOSO
AC-16 surf 50/70 S PARA LA PLANTA DE ÁRIDOS LAVADOS
EN TORNADIZOS DE ÁVILA (ÁVILA)**

Fecha: 03-06-2020

PAGINA: 6 de 9

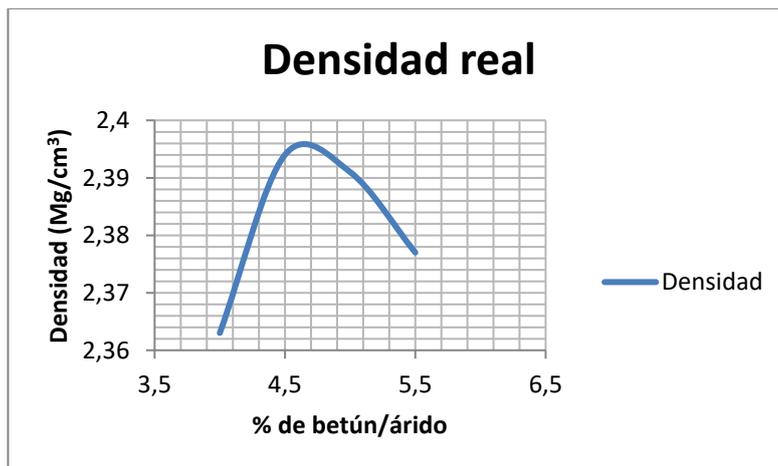
Huecos rellenos de betún:

Calculada a partir de los huecos en mezcla y de los huecos en árido (en gráfico indicamos el dato de betún sobre árido):



Densidad real:

Calculada a partir de la densidad de la probeta (en gráfico indicamos el dato de betún sobre árido):





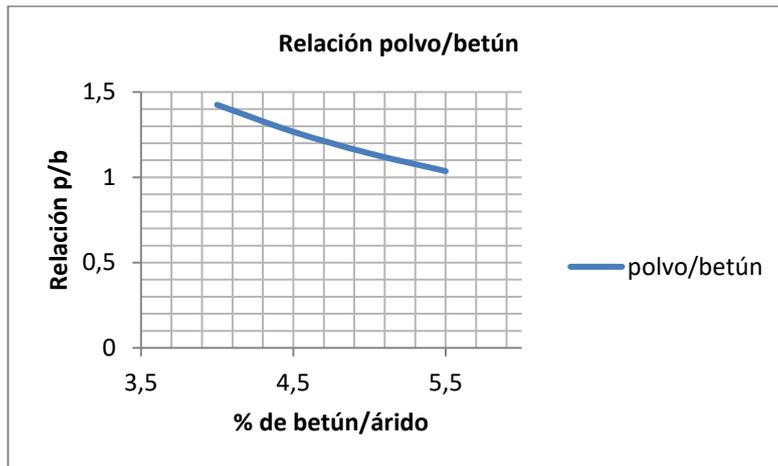
**INFORME DE DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN BITUMINOSO
AC-16 surf 50/70 S PARA LA PLANTA DE ÁRIDOS LAVADOS
EN TORNADIZOS DE ÁVILA (ÁVILA)**

Fecha: 03-06-2020

PAGINA: 7 de 9

Relación polvo mineral/betún:

Calculada a partir de la granulometría y del dato de % de betún sobre árido (en gráfico indicamos el dato de betún sobre árido):



Conclusiones:

Con los datos obtenidos podemos indicar que la mejor y más ajustada cantidad de betún respecto a los áridos se ajusta a 5,10 % (betún sobre árido):

4,85 % de betún sobre mezcla total.

Con este dato, se procede a realizar una mezcla de áridos como la obtenida para la dosificación inicial pero con un porcentaje óptimo de betún, es decir, con el 5,10 % de betún/árido para realizar:

- 6 probetas de ensayo según UNE-EN 12697-30 por el método del impacto y con 50 golpes por cara.
- Determinación, de acuerdo a la normativa de ensayo UNE-EN 12697-12 de la resistencia conservada a tracción en el ensayo de sensibilidad al agua de las probetas.

El resultado obtenido es muy válido, dado que la resistencia conservada está en el **89,3 %** con rotura de áridos en ambos ensayos (con inmersión a 49 ° y a 25 °)

Con estos datos obtenemos valores tanto de densidad teórica máxima, como de huecos/mezcla, densidad real y valor de resistencia conservada a tracción en el ensayo de sensibilidad válido para ese dato de porcentaje de betún.



**INFORME DE DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN BITUMINOSO
AC-16 surf 50/70 S PARA LA PLANTA DE ÁRIDOS LAVADOS
EN TORNADIZOS DE ÁVILA (ÁVILA)**

Fecha: 03-06-2020

PAGINA: 8 de 9

Para acabar, podemos indicar los datos que obtenemos en laboratorio con ese porcentaje de betún sobre árido:

AC-16 surf 50/70 S (categoría de tráfico pesado T00)		
DATO	OBTENIDO	Teórico PG-3
% de betún óptimo sobre árido	5,10 %	
% de betún óptimo sobre mezcla	4,85 %	>4,50 %
Densidad teórica máxima	2,521 Mg/m ³	
Huecos/mezcla	5,2 %	4-6 %
Huecos rellenos de betún	68,8 %	
Densidad real	2,389 Mg/m ³	
% de resistencia conservada a tracción	89,3 %	>80%
Relación polvo mineral/betún	1,12	1,2



**INFORME DE DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN BITUMINOSO
AC-16 surf 50/70 S PARA LA PLANTA DE ÁRIDOS LAVADOS
EN TORNADIZOS DE ÁVILA (ÁVILA)**

Fecha: 03-06-2020

PAGINA: 9 de 9

EL PRESENTE INFORME CONSTA DE **NUEVE (9) PÁGINAS** NUMERADAS Y SELLADAS TODAS
ELLAS

En Salamanca, a 03 de junio de 2020.

Director Técnico

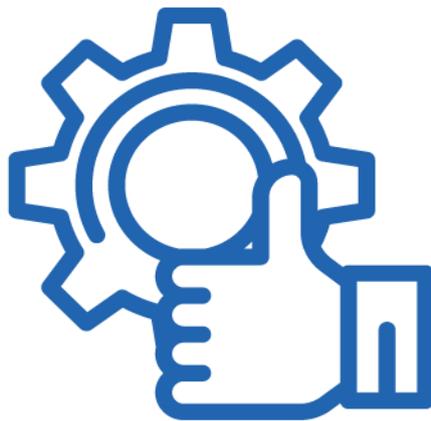
Fdo: Norberto Domínguez Salvador

ENSAYOS INICIALES DE TIPO DE MEZCLAS BITUMINOSAS
Mezcla tipo hormigón asfáltico
VERIFICACIÓN FÓRMULA DE TRABAJO. CALIENTE. AC16 SURF 50/70 S

SACYR UNICO S. L.
ALBARAN: 1559112.2
EXPEDIENTE: O/2305883/1/03

INFORME

INGENIERIA | CONTROL DE CALIDAD | GEOTECNIA | EDIFICACION | CERTIFICACION | SEGURIDAD Y SALUD



C/ Innovación, 11. Getafe.
T. + 34 916 828 727
www.cemosa.es
Delegación de Madrid

cemosa
Ingeniería y Control

Expediente: O/2305883/1/03
Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC
SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
Cliente: SACYR UNICO S.L
Albarán : 1559112.2

INDICE

1	ANTECEDENTES.....	3
1.1	Granulometría.....	4
1.2	Composición teórica.....	4
2	MATERIALES.....	5
2.1	Áridos	5
2.2	Ligante	5
3	ENSAYOS REALIZADOS	5
4	RESULTADOS	6
4.1	Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.....	6
4.2	Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.....	6
4.3	Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.....	6
4.4	Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.....	7
4.5	Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.....	8

ENSAYOS INICIALES DE TIPO

Mezcla tipo hormigón bituminoso AC16SURF50/70S CALIENTE.

VERIFICACIÓN FÓRMULA DE TRABAJO. FABRICADA EN EL LABORATORIO

1 ANTECEDENTES

Para la investigación de la actuación del aditivo BioRoad empleado para fabricar mezclas bituminosas semicalientes, SACYR UNICO S.L. ha ejecutado tramos experimentales en la autovía de Eresma.

Entre los trabajos programados en el plan de control de la ejecución de dichos tramos experimentales, está la:

- Verificación de la fórmula de trabajo de la mezcla AC 16 SURF 50/70 S.

La planta que ha fabricado la mezcla bituminosa ha sido la de ÁRIDOS LAVADOS situada en la Carretera de Cebreros, 4 en Tornadizos de Ávila (Ávila).

La mezcla bituminosa empleada ha sido una AC 16 SURF 50/70 S.

SACYR UNICO S.L. facilita a CEMOSA la fórmula de trabajo de esta mezcla que fue realizada por el laboratorio LCM S.L.L.

Esta verificación se ha realizado en el laboratorio de CEMOSA en Madrid a partir de los componentes, áridos, betún y el aditivo, fabricando y ensayando la mezcla bituminosa diseñada en la fórmula de trabajo en caliente (a 155 °C) y en semicaliente (a 135 °C),

En el presente informe se expone el trabajo realizado y los resultados obtenidos para la mezcla en caliente, todo ello de acuerdo con lo indicado en la norma UNE EN 13108-1:2008 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso.

Tipo de mezcla	AC16SURF50/70S CALIENTE
Planta	ÁRIDOS LAVADOS S. L.
Validación	MEZCLA FABRICADA EN EL LABORATORIO

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

1.1 Granulometría.

TAMIZ (mm)	PASA (%)
22,4	100
16	96
8	64
4	42
2	27
0,5	13
0,25	10
0,063	4,9

1.2 Composición fórmula de trabajo.

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA	PROPORCION (%) (*)
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	49,0
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN	5,0
BETÚN	50/70		4,85

(*) Las proporciones de los componentes se refieren a:

- Los áridos sobre el total de los áridos.
- El betún sobre el total de la mezcla.

2 MATERIALES

Con fecha 3 de JULIO de 2023 se recepciona en el laboratorio de CEMOSA en Madrid las muestras de los componentes que se describen a continuación y con los que se diseña la fórmula de trabajo de la mezcla que se analiza.

2.1 Áridos

Los áridos empleados, su naturaleza y procedencia, se resumen en la siguiente tabla:

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN

2.2 Ligante

El betún de penetración empleado es de tipo 50/70.

3 ENSAYOS REALIZADOS

De acuerdo con lo solicitado por el peticionario, se han realizado los siguientes ensayos:

- **UNE-EN 12697-5:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.
- **UNE-EN 12697-6:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- **UNE-EN 12697-8:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.
- **NLT 159/00** Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.
- **UNE-EN 12697-12:2019.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de probetas de mezcla bituminosa.
- **UNE-EN 12697-22:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista.

Las probetas de ensayo se han fabricado compactando la mezcla a 155 °C.

4 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se muestran a continuación.

4.1 Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.

El resultado obtenido se indica en la siguiente tabla:

METODO DE ENSAYO	Tº DE ENSAYO	DENSIDAD MÁXIMA (Mg/m ³)
VOLUMETRICO	25 °C	2500

4.2 Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.

El resultado obtenido y el procedimiento de ensayo se indica a continuación:

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:	MEDIANTE COMPACTADOR DE IMPACTO
DENSIDAD DE REFERENCIA:	75 GOLPES POR CARA
TIPO DE COMPACTADOR:	CON PEDESTAL DE MADERA
COMPACTACIÓN U ORIGEN:	MEZCLA EN LABORATORIO
NUMERO DE PROBETAS:	3 PROBETAS
CONTENIDO DE LIGANTE (%):	4,85% BETÚN MEZCLA
DENSIDAD DEL LIGANTE (g/cm ³):	1.030

METODO DE ENSAYO	DENSIDAD APARENTE (Mg/m ³)
SATURADO EN SUPERFICIE SECA	2389

4.3 Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se muestran a continuación

% HUECOS DE AIRE (V _m)	% HUECOS ARIDOS MINERAL (VMA)	% HUECOS RELLENOS DE LIGANTE (VFB)
4,4	15,6	71,7

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

4.4 Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se muestran a continuación

MÉTODO UTILIZADO	METODO A POR RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA SEGÚN UNE EN 12697-23:2018
TIPO DE PROBETAS	FABRICADAS EN LABORATORIO
METODO DE COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-30 (50 golpes)
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C)	15
RELACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (%)	85,3

SUBCONJUNTO	HÚMEDO			SECO		
	1	2	3	4	5	6
PROBETA						
LONGITUD (mm)	62,1	62,4	62,5	63,0	63,3	63,5
DIÁMETRO (mm)	101,4	101,5	101,5	101,5	101,6	101,6
DENSIDAD APARENTE (kg/m ³)	2355	2355	2352	2363	2369	2357
DENSIDAD MEDIA (kg/m ³)	2354			2363		
DIFERENCIA DE ALTURA (< 5 mm)	0			0		
Diferencia densidad (< 15 kg/m ³)	3			12		
	ITSw			ITSD		
Resistencia (kPa)	957	950	882	1032	1098	1137
ROTURA EN LINEA	X	X	X	X	X	X
ROTURA POR DEFORMACIÓN						
RESISTENCIA A TRACCIÓN MEDIA (kPa)	930			1089		

Expediente: O/2305883/1/03
Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
Cliente: SACYR UNICO S.L
Albarán : 1559112.2

4.5 Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

DISPOSITIVO DE ENSAYO:	TAMAÑO PEQUEÑO
PROCEDIMIENTO:	METODO B EN AIRE
FABRICACIÓN MEZCLA:	FABRICADA EN PLANTA
MÉTODO ENSAYO COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-33:2006
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C):	60
ESPESOR DE LA PROBETA (mm):	60
DENSIDAD A 98% DENSIDAD APARENTE (kg/m ³):	2,341

RESULTADOS DE ENSAYO:

	WTS (aire)	PRD (%)	RD (mm)
PROBETA 1	0,053	3,440	2,064
PROBETA 2	0,068	3,625	2,175
VALORES MEDIOS	0,056	3,533	2,120

El presente informe consta de ocho (8) páginas.

Fdo. JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Licenciado en Geología
Madrid, 27/07/2023

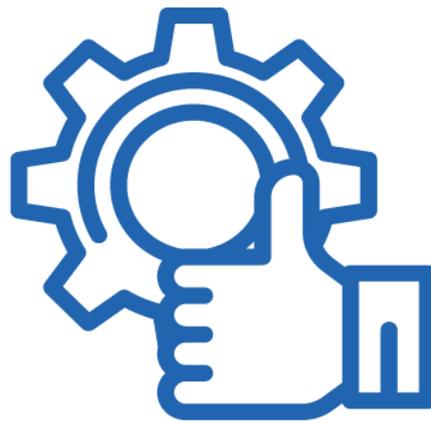
Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Licenciada en Geología
Madrid, 27/07/2023

ENSAYOS INICIALES DE TIPO DE MEZCLAS BITUMINOSAS
Mezcla tipo hormigón asfáltico
VERIFICACIÓN FÓRMULA DE TRABAJO. AC16 SURF 50/70 S SEMICALIENTE

SACYR UNICO S. L.
ALBARAN: 1559112.2
EXPEDIENTE: O/2305883/1/03

INFORME

INGENIERIA | CONTROL DE CALIDAD | GEOTECNIA | EDIFICACION | CERTIFICACION | SEGURIDAD Y SALUD



C/ Innovación, 11. Getafe.
T. + 34 916 828 727
www.cemosa.es
Delegación de Madrid

cemosa
Ingeniería y Control

Expediente: O/2305883/1/03
Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC
SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
Cliente: SACYR UNICO S.L
Albarán : 1559112.2

INDICE

1	ANTECEDENTES.....	3
1.1	Granulometría.....	4
1.2	Composición fórmula de trabajo.....	4
2	MATERIALES.....	5
2.1	Áridos.....	5
2.2	Ligante.....	5
3	ENSAYOS REALIZADOS.....	5
4	RESULTADOS.....	6
4.1	Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.....	6
4.2	Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.....	6
4.3	Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.....	6
4.4	Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.....	7
4.5	Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.....	8

ENSAYOS INICIALES DE TIPO

Mezcla tipo hormigón bituminoso AC16SURF50/70S SEMICALIENTE. VERIFICACIÓN FÓRMULA DE TRABAJO. FABRICADA EN EL LABORATORIO

1 ANTECEDENTES

Para la investigación de la actuación del aditivo BioRoad empleado para fabricar mezclas bituminosas semicalientes, SACYR UNICO S.L. ha ejecutado tramos experimentales en la autovía de Eresma.

Entre los trabajos programados en el plan de control de la ejecución de dichos tramos experimentales, está la:

- Verificación de la fórmula de trabajo de la mezcla AC 16 SURF 50/70 S.

La planta que ha fabricado la mezcla bituminosa ha sido la de ÁRIDOS LAVADOS situada en la Carretera de Cebreros, 4 en Tornadizos de Ávila (Ávila).

La mezcla bituminosa empleada ha sido una AC 16 SURF 50/70 S.

SACYR UNICO S.L. facilita a CEMOSA la fórmula de trabajo de esta mezcla que fue realizada por el laboratorio LCM S.L.L.

Esta verificación se ha realizado en el laboratorio de CEMOSA en Madrid a partir de los componentes, áridos, betún y el aditivo, fabricando y ensayando la mezcla bituminosa diseñada en la fórmula de trabajo en caliente (a 155 °C) y en semicaliente (a 135 °C),

En el presente informe se expone el trabajo realizado y los resultados obtenidos para la mezcla semicaliente, todo ello de acuerdo con lo indicado en la norma UNE EN 13108-1:2008 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso.

Tipo de mezcla	AC16SURF50/70S SEMICALIENTE
Planta	ÁRIDOS LAVADOS S.L.
Validación	MEZCLA FABRICADA EN EL LABORATORIO

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

1.1 Granulometría.

TAMIZ (mm)	PASA (%)
22,4	100
16	95
8	61
4	39
2	26
0,5	14
0,25	10
0,063	5,5

1.2 Composición fórmula de trabajo.

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA	PROPORCION (%) (*)
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	49,0
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN	5,0
WARM MIX	ADITIVO	ADITIVO	0,7
BETÚN	50/70		4,85

(*) Las proporciones de los componentes se refieren a:

- Los áridos sobre el total de los áridos.
- El aditivo sobre el total del betún.
- El betún sobre el total de la mezcla.

2 MATERIALES

Con fecha 3 de JULIO de 2023 se recepciona en el laboratorio de CEMOSA en Madrid las muestras de los componentes que se describen a continuación y con los que se diseña la fórmula de trabajo de la mezcla que se analiza.

2.1 Áridos

Los áridos empleados, su naturaleza y procedencia, se resumen en la siguiente tabla:

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN

2.2 Ligante

El betún de penetración empleado es de tipo 50/70.

3 ENSAYOS REALIZADOS

De acuerdo con lo solicitado por el peticionario, se han realizado los siguientes ensayos:

- **UNE-EN 12697-5:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.
- **UNE-EN 12697-6:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- **UNE-EN 12697-8:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.
- **NLT 159/00** Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.
- **UNE-EN 12697-12:2019.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de probetas de mezcla bituminosa.
- **UNE-EN 12697-22:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista.

Las probetas de ensayo se han fabricado compactando la mezcla a 135 °C.

4 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se muestran a continuación.

4.1 Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.

El resultado obtenido se indica en la siguiente tabla:

METODO DE ENSAYO	Tº DE ENSAYO	DENSIDAD MÁXIMA (Mg/m ³)
VOLUMETRICO	25 °C	2506

4.2 Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.

El resultado obtenido y el procedimiento de ensayo se indica a continuación:

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:	MEDIANTE COMPACTADOR DE IMPACTO
DENSIDAD DE REFERENCIA:	75 GOLPES POR CARA
TIPO DE COMPACTADOR:	CON PEDESTAL DE MADERA
COMPACTACIÓN U ORIGEN:	MEZCLA EN LABORATORIO
NUMERO DE PROBETAS:	3 PROBETAS
CONTENIDO DE LIGANTE (%):	4,85% BETÚN MEZCLA
DENSIDAD DEL LIGANTE (g/cm ³):	1.030

METODO DE ENSAYO	DENSIDAD APARENTE (Mg/m ³)
SATURADO EN SUPERFICIE SECA	2360

4.3 Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se muestran a continuación

% HUECOS DE AIRE (V _m)	% HUECOS ARIDOS MINERAL (VMA)	% HUECOS RELLENOS DE LIGANTE (VFB)
5,8	16,7	65,4

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

4.4 Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se muestran a continuación

MÉTODO UTILIZADO	METODO A POR RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA SEGÚN UNE EN 12697-23:2018
TIPO DE PROBETAS	FABRICADAS EN LABORATORIO
METODO DE COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-30 (50 golpes)
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C)	15
RELACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (%)	87,7

SUBCONJUNTO	HÚMEDO			SECO		
	1	2	3	4	5	6
PROBETA						
LONGITUD (mm)	63,5	63,6	63,6	63,5	63,6	63,9
DIÁMETRO (mm)	101,6	101,5	101,6	101,5	101,4	101,5
DENSIDAD APARENTE (kg/m ³)	2321	2314	2325	2317	2324	2313
DENSIDAD MEDIA (kg/m ³)	2320			2318		
DIFERENCIA DE ALTURA (< 5 mm)	0			0		
Diferencia densidad (< 15 kg/m ³)	11			11		
	ITSw			ITSD		
Resistencia (kPa)	655	652	628	715	735	756
ROTURA EN LINEA	X	X	X	X	X	X
ROTURA POR DEFORMACIÓN						
RESISTENCIA A TRACCIÓN MEDIA (kPa)	645			735		

Expediente: O/2305883/1/03
Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
Cliente: SACYR UNICO S.L
Albarán : 1559112.2

4.5 Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

DISPOSITIVO DE ENSAYO:	TAMAÑO PEQUEÑO
PROCEDIMIENTO:	METODO B EN AIRE
FABRICACIÓN MEZCLA:	FABRICADA EN PLANTA
MÉTODO ENSAYO COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-33:2006
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C):	60
ESPESOR DE LA PROBETA (mm):	60
DENSIDAD A 98% DENSIDAD APARENTE (kg/m ³):	2,313

RESULTADOS DE ENSAYO:

	WTS (aire)	PRD (%)	RD (mm)
PROBETA 1	0,061	3,747	2,248
PROBETA 2	0,066	3,908	2,345
VALORES MEDIOS	0,064	3,828	2,297

El presente informe consta de ocho (8) páginas.

Fdo. JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Licenciado en Geología
Madrid, 27/07/2023

Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Licenciada en Geología
Madrid, 27/07/2023

ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

Mezcla tipo hormigón asfáltico

VERIFICACIÓN FABRICACIÓN PLANTA. AC16 SURF 50/70 S

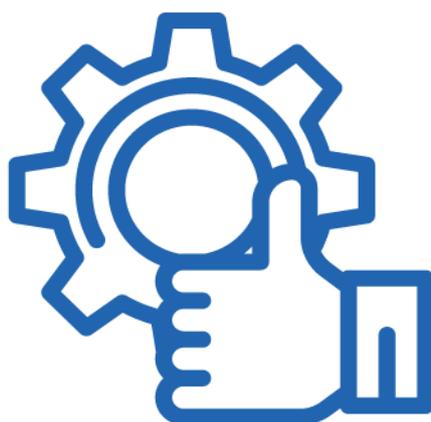
SACYR UNICO S.L

ALBARAN: 1559112.2

EXPEDIENTE: O/2305883/1/03

INFORME

INGENIERIA | CONTROL DE CALIDAD | GEOTECNIA | EDIFICACION | CERTIFICACION | SEGURIDAD Y SALUD



C/ Innovación, 11. Getafe.
T. + 34 916 828 727
www.cemosa.es
Delegación de Madrid

cemosa
Ingeniería y Control

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

INDICE

1	ANTECEDENTES.....	3
1.1	Composición fórmula de trabajo.	4
2	MATERIALES.....	4
2.1	Áridos	4
2.2	Ligante	4
3	ENSAYOS REALIZADOS	5
4	RESULTADOS	5
4.1	Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022	5
4.2	Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022	5
4.3	Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.	6
4.4	Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.	6
4.5	Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.	7
4.6	Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.	7
4.7	Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.	8

ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

Mezcla tipo hormigón bituminoso AC16SURF50/70S CALIENTE.
VERIFICACIÓN FABRICACIÓN PLANTA

1 ANTECEDENTES

Para la investigación de la actuación del aditivo BioRoad empleado para fabricar mezclas bituminosas semicalientes, SACYR UNICO S.L. ha ejecutado tramos experimentales en la autovía de Eresma.

Entre los trabajos programados en el plan de control de la ejecución de dichos tramos experimentales, está la:

- Verificación del funcionamiento de la planta asfáltica para la fabricación de la mezcla AC 16 SURF 50/70 S.

La planta que ha fabricado la mezcla bituminosa ha sido la de ÁRIDOS LAVADOS situada en la Carretera de Cebreros, 4 en Tornadizos de Ávila (Ávila).

La mezcla bituminosa empleada ha sido una AC 16 SURF 50/70 S.

La verificación de la planta ha consistido en el ensayo en el laboratorio de CEMOSA en Madrid de una muestra de la mezcla tomada en la planta.

En el presente informe se expone el trabajo realizado y los resultados obtenidos de los ensayos de la muestra en caliente tomada en la planta, todo ello de acuerdo con lo indicado en la norma UNE EN 13108-1:2008 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso.

Tipo de mezcla	AC16SURF50/70S
Planta	ÁRIDOS LAVADOS S. L.
Validación	MUESTRA FABRICADA EN LA PLANTA

1.1 Composición fórmula de trabajo.

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA	PROPORCION (%) (*)
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	49,0
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN	5,0
BETÚN	50/70		4,85

(*) Las proporciones de los componentes se refieren a:

- Los áridos sobre el total de los áridos.
- El betún sobre el total de la mezcla.

2 MATERIALES

Con fecha 3 de JULIO de 2023 se receptiona en el laboratorio de CEMOSA en Madrid una muestra ya fabricada con los componentes que se describen a continuación.

2.1 Áridos

Los áridos empleados, su naturaleza y procedencia, se resumen en la siguiente tabla:

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN

2.2 Ligante

El betún de penetración empleado es de tipo 50/70.

3 ENSAYOS REALIZADOS

De acuerdo con lo solicitado por el peticionario, se han realizado los siguientes ensayos:

- **UNE-EN 12697-1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble.
- **UNE-EN 12697-2:2015+A1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la distribución granulométrica
- **UNE-EN 12697-5:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.
- **UNE-EN 12697-6:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- **UNE-EN 12697-8:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.
- **NLT 159/00** Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.
- **UNE-EN 12697-12:2019.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de probetas de mezcla bituminosa.
- **UNE-EN 12697-22:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista.

Las probetas de ensayo se han fabricado compactando la mezcla a 155 °C.

4 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se muestran a continuación.

4.1 Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022

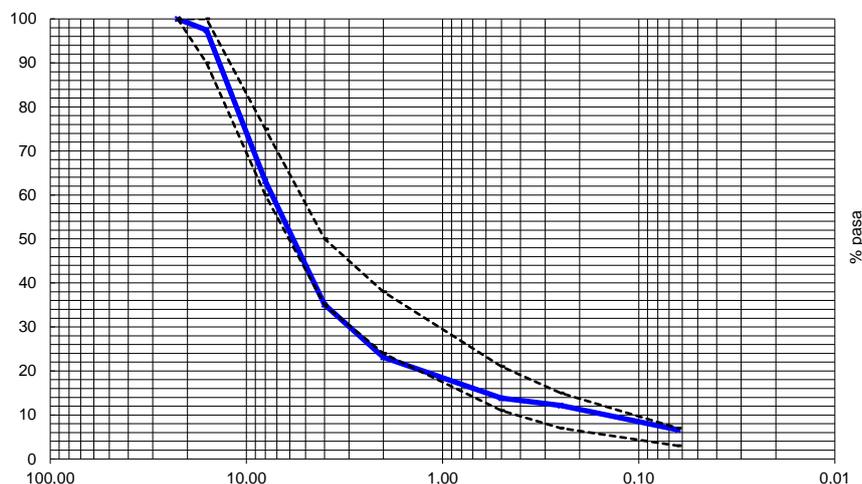
El contenido de betún de la mezcla ensayada ha sido de 4,4% Betún sobre el total de la mezcla.

4.2 Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022

Los resultados obtenidos son los indicados en la siguiente tabla y gráfica:

Expediente: O/2305883/1/03
Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
Cliente: SACYR UNICO S.L
Albarán : 1559112.2

Tamiz	% Pasa
22,4	100
16	98
8	63
4	35
2	23
0,5	14
0,25	12
0,063	6,6



4.3 Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.

El resultado obtenido se indica en la siguiente tabla:

METODO DE ENSAYO	Tª DE ENSAYO	DENSIDAD MÁXIMA (Mg/m ³)
VOLUMETRICO	25 °C	2495

4.4 Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.

El resultado obtenido y el procedimiento de ensayo se indica a continuación:

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:	MEDIANTE COMPACTADOR DE IMPACTO
DENSIDAD DE REFERENCIA:	75 GOLPES POR CARA
TIPO DE COMPACTADOR:	CON PEDESTAL DE MADERA
COMPACTACIÓN U ORIGEN:	MEZCLA EN LABORATORIO
NUMERO DE PROBETAS:	3 PROBETAS
CONTENIDO DE LIGANTE (%):	4,4% BETÓN MEZCLA
DENSIDAD DEL LIGANTE (g/cm ³):	1.030

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

METODO DE ENSAYO	DENSIDAD APARENTE (Mg/m ³)
SATURADO EN SUPERFICIE SECA	2348

4.5 Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se muestran a continuación

% HUECOS DE AIRE (V _m)	% HUECOS ARIDOS MINERAL (VMA)	% HUECOS RELLENOS DE LIGANTE (VFB)
5,9	15,9	63,0

4.6 Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se muestran a continuación

MÉTODO UTILIZADO	METODO A	POR RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA SEGÚN UNE EN 12697-23:2018
TIPO DE PROBETAS	FABRICADAS EN LABORATORIO	
METODO DE COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-30 (50 golpes)	
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C)	15	
RELACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (%)	85,6	

SUBCONJUNTO	HÚMEDO			SECO		
	1	2	3	4	5	6
PROBETA						
LONGITUD (mm)	62,6	62,8	62,9	63,2	63,4	63,9
DIÁMETRO (mm)	101,5	101,5	101,6	101,7	101,7	101,7
DENSIDAD APARENTE (kg/m ³)	2310	2309	2317	2316	2325	2321
DENSIDAD MEDIA (kg/m ³)	2312			2321		
DIFERENCIA DE ALTURA (< 5 mm)	0			1		
Diferencia densidad (< 15 kg/m ³)	7			8		
	ITSw			ITSd		
Resistencia (kPa)	821	871	889	1033	1003	979
ROTURA EN LINEA	X	X	X	X	X	X
ROTURA POR DEFORMACIÓN						
RESISTENCIA A TRACCIÓN MEDIA (kPa)	860			1005		

Expediente: O/2305883/1/03
Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
Cliente: SACYR UNICO S.L
Albarán : 1559112.2

4.7 Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

DISPOSITIVO DE ENSAYO:	TAMAÑO PEQUEÑO
PROCEDIMIENTO:	METODO B EN AIRE
FABRICACIÓN MEZCLA:	FABRICADA EN PLANTA
MÉTODO ENSAYO COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-33:2006
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C):	60
ESPESOR DE LA PROBETA (mm):	60
DENSIDAD A 98% DENSIDAD APARENTE (kg/m ³):	2,301

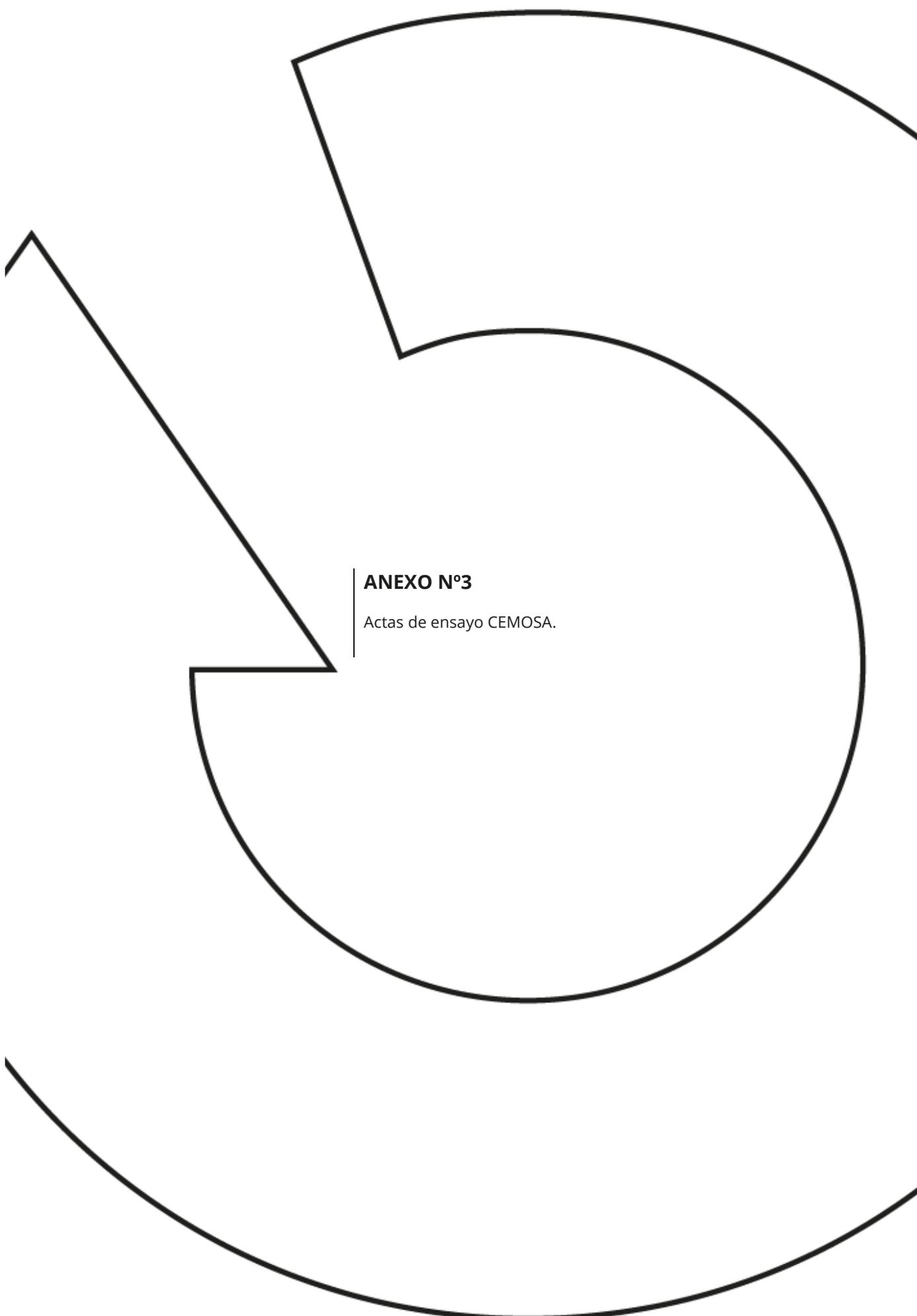
RESULTADOS DE ENSAYO:

	WTS (aire)	PRD (%)	RD (mm)
PROBETA 1	0,055	3,155	1,893
PROBETA 2	0,062	3,262	1,957
VALORES MEDIOS	0,059	3,208	1,925

El presente informe consta de ocho (8) páginas.

Fdo. JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Licenciado en Geología
Madrid, 27/07/2023

Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Licenciada en Geología
Madrid, 27/07/2023



ANEXO N°3

Actas de ensayo CEMOSA.

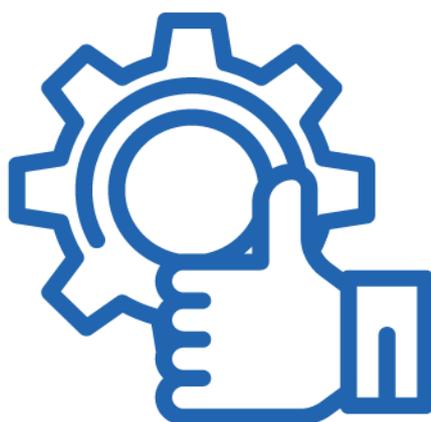
ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

Mezcla tipo hormigón asfáltico
MUESTRA 1. SEMICALIENTE. AC16 SURF 50/70 S

SACYR UNICO S. L.
ALBARAN: 1559112.2
EXPEDIENTE: O/2305883/1/03

INFORME

INGENIERIA | CONTROL DE CALIDAD | GEOTECNIA | EDIFICACION | CERTIFICACION | SEGURIDAD Y SALUD



C/ Innovación, 11. Getafe.
T. + 34 916 828 727
www.cemosa.es
Delegación de Madrid

cemosa
Ingeniería y Control

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC
 SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

INDICE

1	ANTECEDENTES.....	3
1.1	Composición fórmula de trabajo.	4
2	MATERIALES.....	4
2.1	Áridos	4
2.2	Ligante	4
3	ENSAYOS REALIZADOS	5
4	RESULTADOS	5
4.1	Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022	5
4.2	Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022	6
4.3	Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.	6
4.4	Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.	7
4.5	Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.	7
4.6	Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.	7
4.7	Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.	8

ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

Mezcla tipo hormigón bituminoso AC16SURF50/70S.

MUESTRA 1. SEMICALIENTE. CONTROL EJECUCIÓN

1 ANTECEDENTES

Para la investigación de la actuación del aditivo BioRoad empleado para fabricar mezclas bituminosas semicalientes, SACYR UNICO S.L. ha ejecutado tramos experimentales en la autovía de Eresma.

Entre los trabajos programados en el plan de control de la ejecución de dichos tramos experimentales, está la:

- El control de la ejecución de los tramos experimentales.

La planta que ha fabricado la mezcla bituminosa ha sido la de ÁRIDOS LAVADOS situada en la Carretera de Cebreros, 4 en Tornadizos de Ávila (Ávila).

La mezcla bituminosa empleada ha sido una AC 16 SURF 50/70 S.

El control de la ejecución consistió en la toma y ensayo de ocho (8) muestras de la mezcla bituminosa, las cinco (5) primeras se fabricaron semicalientes y fueron numeradas del 1 al 5, las tres (3) restantes se fabricaron en caliente y se numeraron del 6 al 8.

Las mezclas semicalientes se fabricaron el día 7 de julio de 2023

Las mezclas en caliente se fabricaron el día 11 de julio de 2023.

En el presente informe se expone el trabajo realizado y los resultados obtenidos para la mezcla semicaliente número 1, todo ello de acuerdo con lo indicado en la norma UNE EN 13108-1:2008 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso.

Tipo de mezcla	AC16SURF50/70S. SEMICALIENTE
Planta	ÁRIDOIS LAVADOS S. L.
Validación	MEZCLA FABRICADA EN PLANTA. SEMICALIENTE NÚMERO 1

1.1 Composición fórmula de trabajo.

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA	PROPORCION (%) (*)
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	49,0
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN	5,0
WARM MIX	ADITIVO	ADITIVO	0,7
BETÚN	50/70		4,85

(*) Las proporciones de los componentes se refieren a:

- Los áridos sobre el total de los áridos.
- El aditivo sobre el total del betún.
- El betún sobre el total de la mezcla.

2 MATERIALES

Con fecha 10 de julio se tomó en obra esta **MUESTRA NÚMERO 1 SEMICALIENTE**, de referencias:

- Camión: 0623HZR (Camión 3)
- Ubicación: Ramal de salida 85. Carbonero el Mayor.

2.1 Áridos

Los áridos empleados, su naturaleza y procedencia, se resumen en la siguiente tabla:

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN

2.2 Ligante

El betún de penetración empleado es de tipo 50/70.

3 ENSAYOS REALIZADOS

De acuerdo con lo solicitado por el peticionario, se han realizado los siguientes ensayos:

- **UNE-EN 12697-1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble.
- **UNE-EN 12697-2:2015+A1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la distribución granulométrica
- **UNE-EN 12697-5:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.
- **UNE-EN 12697-6:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- **UNE-EN 12697-8:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.
- **NLT 159/00** Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.
- **UNE-EN 12697-12:2019.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de probetas de mezcla bituminosa.
- **UNE-EN 12697-22:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista.

Las probetas de ensayo se han fabricado compactando la mezcla a 155 °C.

4 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se muestran a continuación.

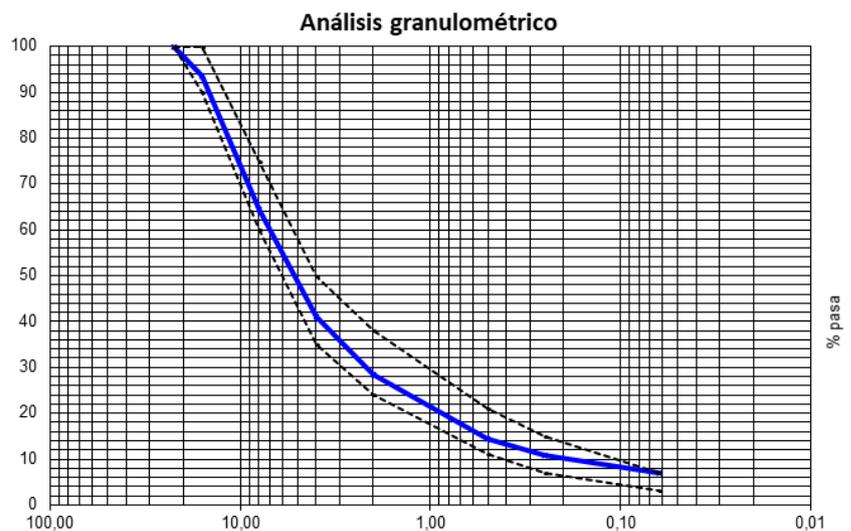
4.1 Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022

El contenido de betún de la mezcla ensayada ha sido de 5,4% Betún sobre el total de la mezcla.

4.2 Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022

Los resultados obtenidos son los indicados en la siguiente tabla y gráfica:

TAMIZ (mm)	PASA (%)	Huso PG3	
22,4	100	100	100
16	94	90	100
8	65	60	75
4	41	35	50
2	28	24	38
0,5	14	11	21
0,25	11	7	15
0,063	7,1	3	7



4.3 Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.

El resultado obtenido se indica en la siguiente tabla:

METODO DE ENSAYO	Tº DE ENSAYO	DENSIDAD MÁXIMA (Mg/m³)
VOLUMETRICO	25 °C	2524

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

4.4 Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.

El resultado obtenido y el procedimiento de ensayo se indica a continuación:

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:	MEDIANTE COMPACTADOR DE IMPACTO
DENSIDAD DE REFERENCIA:	75 GOLPES POR CARA
TIPO DE COMPACTADOR:	CON PEDESTAL DE MADERA
COMPACTACIÓN U ORIGEN:	MEZCLA EN LABORATORIO
NUMERO DE PROBETAS:	3 PROBETAS
CONTENIDO DE LIGANTE (%):	5,4% BETÚN MEZCLA
DENSIDAD DEL LIGANTE (g/cm ³):	1.030

METODO DE ENSAYO	DENSIDAD APARENTE (Mg/m ³)
SATURADO EN SUPERFICIE SECA	2422

4.5 Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se muestran a continuación

% HUECOS DE AIRE (V _m)	% HUECOS ARIDOS MINERAL (VMA)	% HUECOS RELLENOS DE LIGANTE (VFB)
4,1	16,7	75,6

4.6 Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se muestran a continuación

MÉTODO UTILIZADO	METODO A	POR RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA SEGÚN UNE EN 12697-23:2018
TIPO DE PROBETAS	FABRICADAS EN LABORATORIO	
METODO DE COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-30 (50 golpes)	
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C)	15	
RELACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (%)	89,2	

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

SUBCONJUNTO	HÚMEDO			SECO		
	1	2	3	4	5	6
PROBETA						
LONGITUD (mm)	62,5	62,6	62,8	62,9	63,2	63,3
DIÁMETRO (mm)	101,6	101,6	101,6	101,6	101,7	101,6
DENSIDAD APARENTE (kg/m ³)	2377	2389	2389	2385	2396	2390
DENSIDAD MEDIA (kg/m ³)	2385			2390		
DIFERENCIA DE ALTURA (< 5 mm)	0			0		
Diferencia densidad (< 15 kg/m ³)	13			11		
	ITSw			ITSd		
Resistencia (kPa)	949	926	903	1062	1014	1038
ROTURA EN LINEA	X	X	X	X	X	X
ROTURA POR DEFORMACIÓN						
RESISTENCIA A TRACCIÓN MEDIA (kPa)	926			1038		

4.7 Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

DISPOSITIVO DE ENSAYO:	TAMAÑO PEQUEÑO
PROCEDIMIENTO:	METODO B EN AIRE
FABRICACIÓN MEZCLA:	FABRICADA EN PLANTA
MÉTODO ENSAYO COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-33:2006
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C):	60
ESPESOR DE LA PROBETA (mm):	60
DENSIDAD A 98% DENSIDAD APARENTE (kg/m ³):	2,374

RESULTADOS DE ENSAYO:

	WTS (aire)	PRD (%)	RD (mm)
PROBETA 1	0,058	3,248	1,949
PROBETA 2	0,065	3,395	2,037
VALORES MEDIOS	0,062	3,322	1,993

Expediente: O/2305883/1/03
Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC
SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
Cliente: SACYR UNICO S.L
Albarán : 1559112.2

El presente informe consta de nueve (9) páginas.



Fdo. JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Licenciado en Geología
Madrid, 11/08/2023



Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Licenciada en Geología
Madrid, 11/08/2023

ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

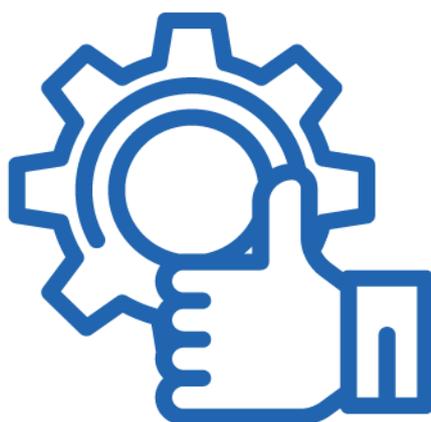
Mezcla tipo hormigón asfáltico

MUESTRA 2. SEMICALIENTE. AC16 SURF 50/70 S

SACYR UNICO S.L
ALBARAN: 1559112.2
EXPEDIENTE: O/2305883/1/03

INFORME

INGENIERIA | CONTROL DE CALIDAD | GEOTECNIA | EDIFICACION | CERTIFICACION | SEGURIDAD Y SALUD



C/ Innovación, 11. Getafe.
T. + 34 916 828 727
www.cemosa.es
Delegación de Madrid

cemosa
Ingeniería y Control

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

INDICE

1	ANTECEDENTES.....	3
1.1	Composición fórmula de trabajo.	4
2	MATERIALES.....	4
2.1	Áridos	4
2.2	Ligante	4
3	ENSAYOS REALIZADOS	5
4	RESULTADOS	5
4.1	Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022	5
4.2	Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022	6
4.3	Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.	6
4.4	Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.	7
4.5	Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.	7
4.6	Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.	7
4.7	Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.	8

ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

Mezcla tipo hormigón bituminoso AC16SURF50/70S. MUESTRA 2. SEMICALIENTE. CONTROL DE EJECUCIÓN

1 ANTECEDENTES

Para la investigación de la actuación del aditivo BioRoad empleado para fabricar mezclas bituminosas semicalientes, SACYR UNICO S.L. ha ejecutado tramos experimentales en la autovía de Eresma.

Entre los trabajos programados en el plan de control de la ejecución de dichos tramos experimentales, está la:

- El control de la ejecución de los tramos experimentales.

La planta que ha fabricado la mezcla bituminosa ha sido la de ÁRIDOS LAVADOS situada en la Carretera de Cebreros, 4 en Tornadizos de Ávila (Ávila).

La mezcla bituminosa empleada ha sido una AC 16 SURF 50/70 S.

El control de la ejecución consistió en la toma y ensayo de ocho (8) muestras de la mezcla bituminosa, las cinco (5) primeras se fabricaron semicalientes y fueron numeradas del 1 al 5, las tres (3) restantes se fabricaron en caliente y se numeraron del 6 al 8.

Las mezclas semicalientes se fabricaron el día 7 de julio de 2023

Las mezclas en caliente se fabricaron el día 11 de julio de 2023.

En el presente informe se expone el trabajo realizado y los resultados obtenidos para la mezcla semicaliente número 2, todo ello de acuerdo con lo indicado en la norma UNE EN 13108-1:2008 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso.

Tipo de mezcla	AC16SURF50/70S. SEMICALIENTE
Planta	ÁRIDOS LAVADOS S. L.
Validación	MEZCLA FABRICADA EN PLANTA. SEMICALIENTE NÚMERO 2

1.1 Composición fórmula de trabajo.

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA	PROPORCION (%) (*)
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	49,0
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN	5,0
WARM MIX	ADITIVO	ADITIVO	0,7
BETÚN	50/70		4,85

(*) Las proporciones de los componentes se refieren a:

- Los áridos sobre el total de los áridos.
- El aditivo sobre el total del betún.
- El betún sobre el total de la mezcla.

2 MATERIALES

Con fecha 10 de julio se tomó en obra esta **MUESTRA NÚMERO 2 SEMICALIENTE**, de referencias:

- Camión: 3167JDV (Camión 5).
- Ubicación: Ramal de salida 85. Carbonero el Mayor.

2.1 Áridos

Los áridos empleados, su naturaleza y procedencia, se resumen en la siguiente tabla:

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN

2.2 Ligante

El betún de penetración empleado es de tipo 50/70.

3 ENSAYOS REALIZADOS

De acuerdo con lo solicitado por el peticionario, se han realizado los siguientes ensayos:

- **UNE-EN 12697-1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble.
- **UNE-EN 12697-2:2015+A1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la distribución granulométrica
- **UNE-EN 12697-5:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.
- **UNE-EN 12697-6:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- **UNE-EN 12697-8:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.
- **NLT 159/00** Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.
- **UNE-EN 12697-12:2019.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de probetas de mezcla bituminosa.
- **UNE-EN 12697-22:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista.

Las probetas de ensayo se han fabricado compactando la mezcla a 155 °C.

4 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se muestran a continuación.

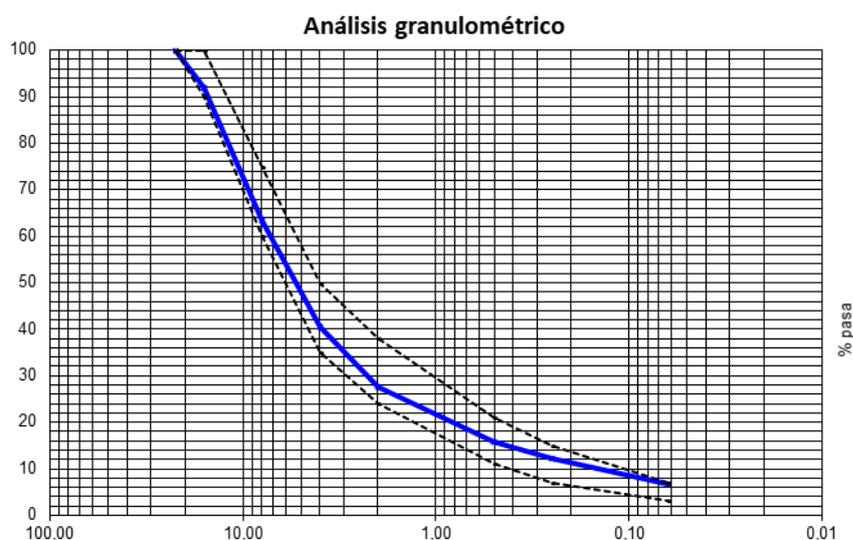
4.1 Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022

El contenido de betún de la mezcla ensayada ha sido de 5,5% Betún sobre el total de la mezcla.

4.2 Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022

Los resultados obtenidos son los indicados en la siguiente tabla y gráfica:

TAMIZ (mm)	PASA (%)	Huso PG3	
22,4	100	100	100
16	92	90	100
8	64	60	75
4	41	35	50
2	28	24	38
0,5	16	11	21
0,25	12	7	15
0,063	6,7	3	7



4.3 Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.

El resultado obtenido se indica en la siguiente tabla:

METODO DE ENSAYO	Tº DE ENSAYO	DENSIDAD MÁXIMA (Mg/m³)
VOLUMETRICO	25 °C	2518

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

4.4 Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.

El resultado obtenido y el procedimiento de ensayo se indica a continuación:

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:	MEDIANTE COMPACTADOR DE IMPACTO
DENSIDAD DE REFERENCIA:	75 GOLPES POR CARA
TIPO DE COMPACTADOR:	CON PEDESTAL DE MADERA
COMPACTACIÓN U ORIGEN:	MEZCLA EN LABORATORIO
NUMERO DE PROBETAS:	3 PROBETAS
CONTENIDO DE LIGANTE (%):	5,5% BETÚN MEZCLA
DENSIDAD DEL LIGANTE (g/cm ³):	1.030

METODO DE ENSAYO	DENSIDAD APARENTE (Mg/m ³)
SATURADO EN SUPERFICIE SECA	2408

4.5 Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se muestran a continuación

% HUECOS DE AIRE (V _m)	% HUECOS ARIDOS MINERAL (VMA)	% HUECOS RELLENOS DE LIGANTE (VFB)
4,4	17,3	74,7

4.6 Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se muestran a continuación

MÉTODO UTILIZADO	METODO A	POR RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA SEGÚN UNE EN 12697-23:2018
TIPO DE PROBETAS	FABRICADAS EN LABORATORIO	
METODO DE COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-30 (50 golpes)	
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C)	15	
RELACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (%)	86,4	

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

SUBCONJUNTO	HÚMEDO			SECO		
	1	2	3	4	5	6
PROBETA						
LONGITUD (mm)	62,69	62,20	62,70	62,36	62,45	62,55
DIÁMETRO (mm)	101,27	101,34	101,38	101,57	101,58	101,61
DENSIDAD APARENTE (kg/m ³)	2373	2369	2379	2384	2382	2370
DENSIDAD MEDIA (kg/m ³)	2373			2379		
DIFERENCIA DE ALTURA (< 5 mm)	1			0		
Diferencia densidad (< 15 kg/m ³)	9			14		
	ITSw			ITSd		
Resistencia (kPa)	960	950	913	1108	1112	1047
ROTURA EN LINEA	X	X	X	X	X	X
ROTURA POR DEFORMACIÓN						
RESISTENCIA A TRACCIÓN MEDIA (kPa)	941			1089		

4.7 Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

DISPOSITIVO DE ENSAYO:	TAMAÑO PEQUEÑO
PROCEDIMIENTO:	METODO B EN AIRE
FABRICACIÓN MEZCLA:	FABRICADA EN PLANTA
MÉTODO ENSAYO COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-33:2006
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C):	60
ESPESOR DE LA PROBETA (mm):	60
DENSIDAD A 98% DENSIDAD APARENTE (kg/m ³):	2,360

RESULTADOS DE ENSAYO:

	WTS (aire)	PRD (%)	RD (mm)
PROBETA 1	0,064	3,045	1,827
PROBETA 2	0,069	3,160	1,986
VALORES MEDIOS	0,067	3,103	1,862

Expediente: O/2305883/1/03
Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC
SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
Cliente: SACYR UNICO S.L
Albarán : 1559112.2

El presente informe consta de nueve (9) páginas.



Fdo. JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Licenciado en Geología
Madrid, 11/08/2023



Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Licenciada en Geología
Madrid, 11/08/2023

ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

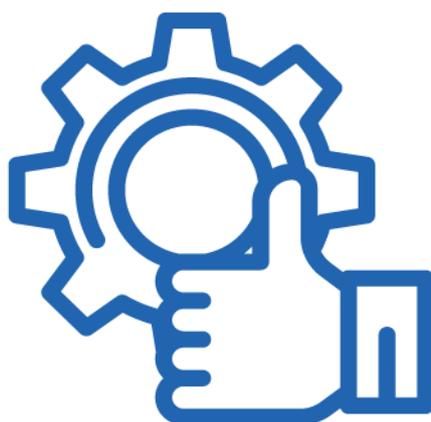
Mezcla tipo hormigón asfáltico

MUESTRA 3. SEMICALIENTE. AC16 SURF 50/70 S

SACYR UNICO S.L.
ALBARAN: 1559112.2
EXPEDIENTE: O/2305883/1/03

INFORME

INGENIERIA | CONTROL DE CALIDAD | GEOTECNIA | EDIFICACION | CERTIFICACION | SEGURIDAD Y SALUD



C/ Innovación, 11. Getafe.
T. + 34 916 828 727
www.cemosa.es
Delegación de Madrid

cemosa
Ingeniería y Control

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

INDICE

1	ANTECEDENTES.....	3
1.1	Composición fórmula de trabajo.	4
2	MATERIALES.....	4
2.1	Áridos	4
2.2	Ligante	4
3	ENSAYOS REALIZADOS	5
4	RESULTADOS	5
4.1	Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022	5
4.2	Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022	6
4.3	Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.	6
4.4	Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.	7
4.5	Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.	7
4.6	Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.	7
4.7	Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.	8

ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

Mezcla tipo hormigón bituminoso AC16SURF50/70S.

MUESTRA 3. SEMICALIENTE. CONTROL DE EJECUCIÓN.

1 ANTECEDENTES

Para la investigación de la actuación del aditivo BioRoad empleado para fabricar mezclas bituminosas semicalientes, SACYR UNICO S.L. ha ejecutado tramos experimentales en la autovía de Eresma.

Entre los trabajos programados en el plan de control de la ejecución de dichos tramos experimentales, está la:

- El control de la ejecución de los tramos experimentales.

La planta que ha fabricado la mezcla bituminosa ha sido la de ÁRIDOS LAVADOS situada en la Carretera de Cebreros, 4 en Tornadizos de Ávila (Ávila).

La mezcla bituminosa empleada ha sido una AC 16 SURF 50/70 S.

El control de la ejecución consistió en la toma y ensayo de ocho (8) muestras de la mezcla bituminosa, las cinco (5) primeras se fabricaron semicalientes y fueron numeradas del 1 al 5, las tres (3) restantes se fabricaron en caliente y se numeraron del 6 al 8.

Las mezclas semicalientes se fabricaron el día 7 de julio de 2023

Las mezclas en caliente se fabricaron el día 11 de julio de 2023.

En el presente informe se expone el trabajo realizado y los resultados obtenidos para la mezcla semicaliente número 3, todo ello de acuerdo con lo indicado en la norma UNE EN 13108-1:2008 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso.

Tipo de mezcla	AC16SURF50/70S. SEMICALIENTE
Planta	ÁRIDOIS LAVADOS S. L.
Validación	MEZCLA FABRICADA EN PLANTA. SEMICALIENTE NÚMERO 3.

1.1 Composición fórmula de trabajo.

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA	PROPORCION (%) (*)
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	49,0
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN	5,0
WARM MIX	ADITIVO	ADITIVO	0,7
BETÚN	50/70		4,85

(*) Las proporciones de los componentes se refieren a:

- Los áridos sobre el total de los áridos.
- El aditivo sobre el total del betún.
- El betún sobre el total de la mezcla.

2 MATERIALES

Con fecha 10 de julio se tomó en obra esta **MUESTRA NÚMERO 3 SEMICALIENTE**, de referencias:

- Camión: 6745GYZ. (Camión 6)
- Vía de servicio Florida

2.1 Áridos

Los áridos empleados, su naturaleza y procedencia, se resumen en la siguiente tabla:

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN

2.2 Ligante

El betún de penetración empleado es de tipo 50/70.

3 ENSAYOS REALIZADOS

De acuerdo con lo solicitado por el peticionario, se han realizado los siguientes ensayos:

- **UNE-EN 12697-1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble.
- **UNE-EN 12697-2:2015+A1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la distribución granulométrica
- **UNE-EN 12697-5:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.
- **UNE-EN 12697-6:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- **UNE-EN 12697-8:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.
- **NLT 159/00** Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.
- **UNE-EN 12697-12:2019.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de probetas de mezcla bituminosa.
- **UNE-EN 12697-22:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista.

Las probetas de ensayo se han fabricado compactando la mezcla a 155 °C.

4 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se muestran a continuación.

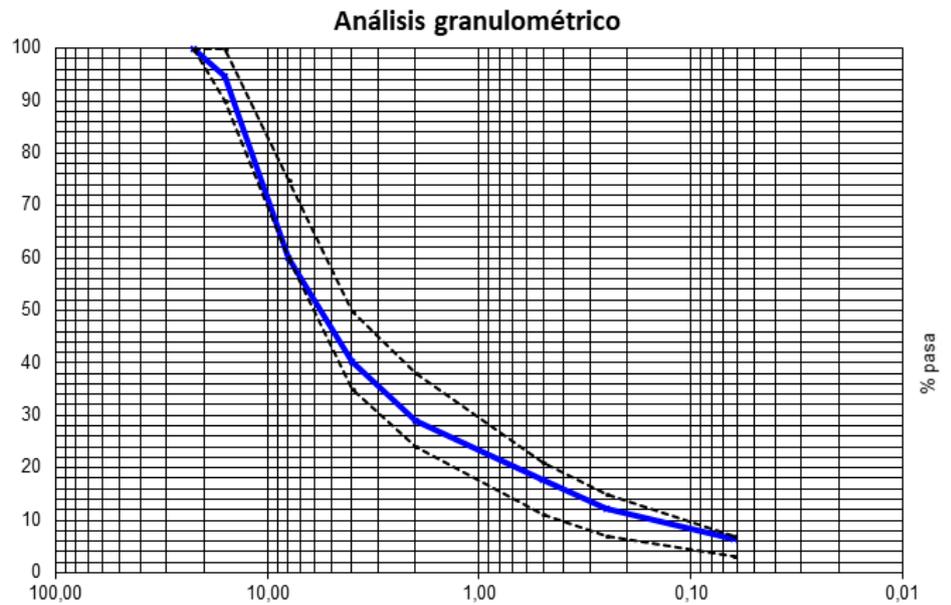
4.1 Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022

El contenido de betún de la mezcla ensayada ha sido de 5,1% Betún sobre el total de la mezcla.

4.2 Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022

Los resultados obtenidos son los indicados en la siguiente tabla y gráfica:

TAMIZ (mm)	PASA (%)	Huso PG3	
22,4	100	100	100
16	95	90	100
8	60	60	75
4	40	35	50
2	29	24	38
0,5	18	11	21
0,25	12	7	15
0,063	6,3	3	7



4.3 Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.

El resultado obtenido se indica en la siguiente tabla:

METODO DE ENSAYO	Tº DE ENSAYO	DENSIDAD MÁXIMA (Mg/m ³)
VOLUMETRICO	25 °C	2532

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

4.4 Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.

El resultado obtenido y el procedimiento de ensayo se indica a continuación:

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:	MEDIANTE COMPACTADOR DE IMPACTO
DENSIDAD DE REFERENCIA:	75 GOLPES POR CARA
TIPO DE COMPACTADOR:	CON PEDESTAL DE MADERA
COMPACTACIÓN U ORIGEN:	MEZCLA EN LABORATORIO
NUMERO DE PROBETAS:	3 PROBETAS
CONTENIDO DE LIGANTE (%):	5,1% BETÚN MEZCLA
DENSIDAD DEL LIGANTE (g/cm ³):	1.030

METODO DE ENSAYO	DENSIDAD APARENTE (Mg/m ³)
SATURADO EN SUPERFICIE SECA	2382

4.5 Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se muestran a continuación

% HUECOS DE AIRE (V _m)	% HUECOS ARIDOS MINERAL (VMA)	% HUECOS RELLENOS DE LIGANTE (VFB)
5,9	17,8	66,8

4.6 Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados se muestran a continuación

MÉTODO UTILIZADO	METODO A	POR RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA SEGÚN UNE EN 12697-23:2018
TIPO DE PROBETAS	FABRICADAS EN LABORATORIO	
METODO DE COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-30 (50 golpes)	
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C)	15	
RELACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (%)	89,7	

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

SUBCONJUNTO	HÚMEDO			SECO		
	1	2	3	4	5	6
PROBETA						
LONGITUD (mm)	62,80	62,31	62,18	62,86	62,90	63,11
DIÁMETRO (mm)	101,59	101,52	101,68	101,58	101,64	101,65
DENSIDAD APARENTE (kg/m ³)	2351	2346	2359	2343	2347	2339
DENSIDAD MEDIA (kg/m ³)	2352			2343		
DIFERENCIA DE ALTURA (< 5 mm)	1			0		
Diferencia densidad (< 15 kg/m ³)	12			8		
	ITSw			ITSd		
Resistencia (kPa)	1019	940	911	1067	1051	1083
ROTURA EN LINEA	X	X	X	X	X	X
ROTURA POR DEFORMACIÓN						
RESISTENCIA A TRACCIÓN MEDIA (kPa)	957			1067		

4.7 Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

DISPOSITIVO DE ENSAYO:	TAMAÑO PEQUEÑO
PROCEDIMIENTO:	METODO B EN AIRE
FABRICACIÓN MEZCLA:	FABRICADA EN PLANTA
MÉTODO ENSAYO COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-33:2006
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C):	60
ESPESOR DE LA PROBETA (mm):	60
DENSIDAD A 98% DENSIDAD APARENTE (kg/m ³):	2,334

RESULTADOS DE ENSAYO:

	WTS (aire)	PRD (%)	RD (mm)
PROBETA 1	0,053	3,448	2,069
PROBETA 2	0,060	3,532	2,119
VALORES MEDIOS	0,057	3,490	2,094

Expediente: O/2305883/1/03
Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC
SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
Cliente: SACYR UNICO S.L
Albarán : 1559112.2

El presente informe consta de nueve (9) páginas.



Fdo. JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Licenciado en Geología
Madrid, 11/08/2023



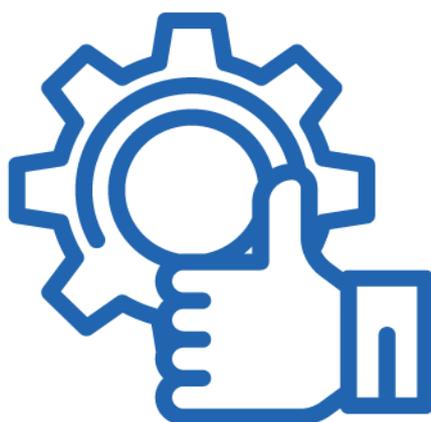
Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Licenciada en Geología
Madrid, 11/08/2023

ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS
Mezcla tipo hormigón asfáltico
MUESTRA 4. SEMICALIENTE. AC16 SURF 50/70 S

SACYR UNICO S.L.
ALBARAN: 1559112.2
EXPEDIENTE: O/2305883/1/03

INFORME

INGENIERIA | CONTROL DE CALIDAD | GEOTECNIA | EDIFICACION | CERTIFICACION | SEGURIDAD Y SALUD



C/ Innovación, 11. Getafe.
T. + 34 916 828 727
www.cemosa.es
Delegación de Madrid

cemosa
Ingeniería y Control

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

INDICE

1	ANTECEDENTES.....	3
1.1	Composición fórmula de trabajo.	4
2	MATERIALES.....	4
2.1	Áridos	4
2.2	Ligante	4
3	ENSAYOS REALIZADOS	5
4	RESULTADOS	5
4.1	Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022	5
4.2	Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022	6
4.3	Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.	6
4.4	Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.	7
4.5	Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.	7
4.6	Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.	7
4.7	Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.	8

ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

Mezcla tipo hormigón bituminoso AC16SURF50/70S.

MUESTRA 4. SEMICALIENTE. CONTROL EJECUCIÓN

1 ANTECEDENTES

Para la investigación de la actuación del aditivo BioRoad empleado para fabricar mezclas bituminosas semicalientes, SACYR UNICO S.L. ha ejecutado tramos experimentales en la autovía de Eresma.

Entre los trabajos programados en el plan de control de la ejecución de dichos tramos experimentales, está la:

- El control de la ejecución de los tramos experimentales.

La planta que ha fabricado la mezcla bituminosa ha sido la de ÁRIDOS LAVADOS situada en la Carretera de Cebreros, 4 en Tornadizos de Ávila (Ávila).

La mezcla bituminosa empleada ha sido una AC 16 SURF 50/70 S.

El control de la ejecución consistió en la toma y ensayo de ocho (8) muestras de la mezcla bituminosa, las cinco (5) primeras se fabricaron semicalientes y fueron numeradas del 1 al 5, las tres (3) restantes se fabricaron en caliente y se numeraron del 6 al 8.

Las mezclas semicalientes se fabricaron el día 7 de julio de 2023

Las mezclas en caliente se fabricaron el día 11 de julio de 2023.

En el presente informe se expone el trabajo realizado y los resultados obtenidos para la mezcla semicaliente número 4, todo ello de acuerdo con lo indicado en la norma UNE EN 13108-1:2008 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso.

Tipo de mezcla	AC16SURF50/70S. SEMICALIENTE
Planta	ÁRIDOIS LAVADOS S. L.
Validación	MEZCLA FABRICADA EN PLANTA. SEMICALIENTE NÚMERO 4

1.1 Composición fórmula de trabajo.

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA	PROPORCION (%) (*)
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	49,0
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN	5,0
WARM MIX	ADITIVO	ADITIVO	0,7
BETÚN	50/70		4,85

(*) Las proporciones de los componentes se refieren a:

- Los áridos sobre el total de los áridos.
- El aditivo sobre el total del betún.
- El betún sobre el total de la mezcla.

2 MATERIALES

Con fecha 10 de julio se tomó en obra esta **MUESTRA NÚMERO 4 SEMICALIENTE**, de referencias:

- Camión: 0731HJG (Camión 2 de la tarde)
- Ubicación: Vía de servicio Florida.

2.1 Áridos

Los áridos empleados, su naturaleza y procedencia, se resumen en la siguiente tabla:

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN

2.2 Ligante

El betún de penetración empleado es de tipo 50/70.

3 ENSAYOS REALIZADOS

De acuerdo con lo solicitado por el peticionario, se han realizado los siguientes ensayos:

- **UNE-EN 12697-1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble.
- **UNE-EN 12697-2:2015+A1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la distribución granulométrica
- **UNE-EN 12697-5:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.
- **UNE-EN 12697-6:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- **UNE-EN 12697-8:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.
- **NLT 159/00** Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.
- **UNE-EN 12697-12:2019.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de probetas de mezcla bituminosa.
- **UNE-EN 12697-22:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista.

Las probetas de ensayo se han fabricado compactando la mezcla a 155 °C.

4 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se muestran a continuación.

4.1 Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022

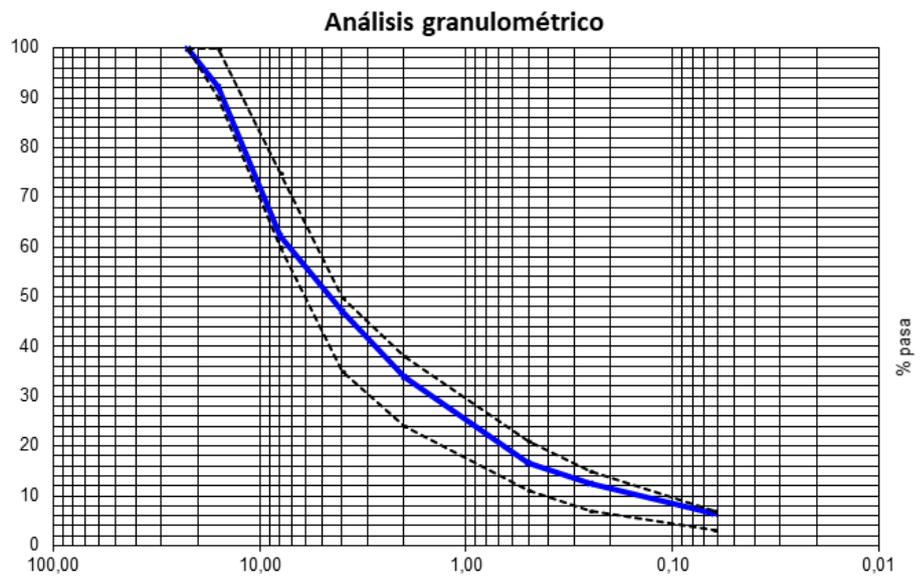
El contenido de betún de la mezcla ensayada ha sido de 5,6% Betún sobre el total de la mezcla.

Expediente: O/2305883/1/03
Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
Cliente: SACYR UNICO S.L
Albarán : 1559112.2

4.2 Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022

Los resultados obtenidos son los indicados en la siguiente tabla y gráfica:

TAMIZ (mm)	PASA (%)	Huso PG3	
22,4	100	100	100
16	92	90	100
8	62	60	75
4	47	35	50
2	34	24	38
0,5	17	11	21
0,25	13	7	15
0,063	6,3	3	7



4.3 Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.

El resultado obtenido se indica en la siguiente tabla:

METODO DE ENSAYO	Tº DE ENSAYO	DENSIDAD MÁXIMA (Mg/m³)
VOLUMETRICO	25 °C	2517

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

4.4 Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.

El resultado obtenido y el procedimiento de ensayo se indica a continuación:

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:	MEDIANTE COMPACTADOR DE IMPACTO
DENSIDAD DE REFERENCIA:	75 GOLPES POR CARA
TIPO DE COMPACTADOR:	CON PEDESTAL DE MADERA
COMPACTACIÓN U ORIGEN:	MEZCLA EN LABORATORIO
NUMERO DE PROBETAS:	3 PROBETAS
CONTENIDO DE LIGANTE (%):	5,6% BETÚN MEZCLA
DENSIDAD DEL LIGANTE (g/cm ³):	1.030

METODO DE ENSAYO	DENSIDAD APARENTE (Mg/m ³)
SATURADO EN SUPERFICIE SECA	2380

4.5 Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se muestran a continuación

% HUECOS DE AIRE (V _m)	% HUECOS ARIDOS MINERAL (VMA)	% HUECOS RELLENOS DE LIGANTE (VFB)
5,4	18,2	70,2

4.6 Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se muestran a continuación

MÉTODO UTILIZADO	METODO A	POR RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA SEGÚN UNE EN 12697-23:2018
TIPO DE PROBETAS	FABRICADAS EN LABORATORIO	
METODO DE COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-30 (50 golpes)	
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C)	15	
RELACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (%)	87,9	

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

SUBCONJUNTO	HÚMEDO			SECO		
	1	2	3	4	5	6
PROBETA						
LONGITUD (mm)	62,49	64,14	63,70	62,92	62,97	63,15
DIÁMETRO (mm)	101,42	101,60	101,44	101,47	101,53	101,54
DENSIDAD APARENTE (kg/m ³)	2349	2351	2341	2354	2353	2350
DENSIDAD MEDIA (kg/m ³)	2347			2352		
DIFERENCIA DE ALTURA (< 5 mm)	2			0		
Diferencia densidad (< 15 kg/m ³)	10			4		
	ITSw			ITSd		
Resistencia (kPa)	817	804	898	1013	911	942
ROTURA EN LINEA	X	X	X	X	X	X
ROTURA POR DEFORMACIÓN						
RESISTENCIA A TRACCIÓN MEDIA (kPa)	839			955		

4.7 Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

DISPOSITIVO DE ENSAYO:	TAMAÑO PEQUEÑO
PROCEDIMIENTO:	METODO B EN AIRE
FABRICACIÓN MEZCLA:	FABRICADA EN PLANTA
MÉTODO ENSAYO COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-33:2006
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C):	60
ESPESOR DE LA PROBETA (mm):	60
DENSIDAD A 98% DENSIDAD APARENTE (kg/m ³):	2,332

RESULTADOS DE ENSAYO:

	WTS (aire)	PRD (%)	RD (mm)
PROBETA 1	0,057	3,748	2,249
PROBETA 2	0,062	3,858	2,315
VALORES MEDIOS	0,060	3,803	2,282

Expediente: O/2305883/1/03
Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC
SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
Cliente: SACYR UNICO S.L
Albarán : 1559112.2

El presente informe consta de nueve (9) páginas.



Fdo. JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Licenciado en Geología
Madrid, 11/08/2023



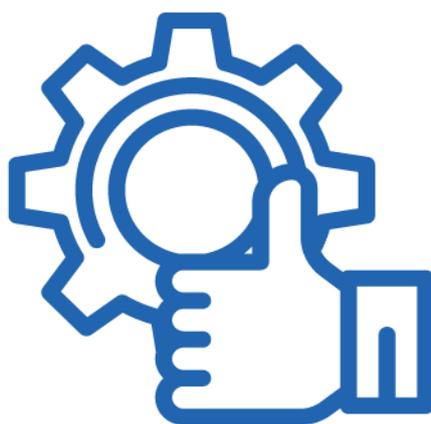
Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Licenciada en Geología
Madrid, 11/08/2023

ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS
Mezcla tipo hormigón asfáltico
MUESTRA 5. SEMICALIENTE. AC16 SURF 50/70 S

SACYR UNICO S.L
ALBARAN: 1559112.2
EXPEDIENTE: O/2305883/1/03

INFORME

INGENIERIA | CONTROL DE CALIDAD | GEOTECNIA | EDIFICACION | CERTIFICACION | SEGURIDAD Y SALUD



C/ Innovación, 11. Getafe.
T. + 34 916 828 727
www.cemosa.es
Delegación de Madrid

cemosa
Ingeniería y Control

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

INDICE

1	ANTECEDENTES.....	3
1.1	Composición fórmula de trabajo.	4
2	MATERIALES.....	4
2.1	Áridos	4
2.2	Ligante	4
3	ENSAYOS REALIZADOS	5
4	RESULTADOS	5
4.1	Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022	5
4.2	Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022	6
4.3	Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.	6
4.4	Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.	7
4.5	Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.	7
4.6	Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.	7
4.7	Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.	8

ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

Mezcla tipo hormigón bituminoso AC16SURF50/70S.

MUESTRA 5. SEMICALIENTE. CONTROL EJECUCIÓN

1 ANTECEDENTES

Para la investigación de la actuación del aditivo BioRoad empleado para fabricar mezclas bituminosas semicalientes, SACYR UNICO S.L. ha ejecutado tramos experimentales en la autovía de Eresma.

Entre los trabajos programados en el plan de control de la ejecución de dichos tramos experimentales, está la:

- El control de la ejecución de los tramos experimentales.

La planta que ha fabricado la mezcla bituminosa ha sido la de ÁRIDOS LAVADOS situada en la Carretera de Cebreros, 4 en Tornadizos de Ávila (Ávila).

La mezcla bituminosa empleada ha sido una AC 16 SURF 50/70 S.

El control de la ejecución consistió en la toma y ensayo de ocho (8) muestras de la mezcla bituminosa, las cinco (5) primeras se fabricaron semicalientes y fueron numeradas del 1 al 5, las tres (3) restantes se fabricaron en caliente y se numeraron del 6 al 8.

Las mezclas semicalientes se fabricaron el día 7 de julio de 2023

Las mezclas en caliente se fabricaron el día 11 de julio de 2023.

En el presente informe se expone el trabajo realizado y los resultados obtenidos para la mezcla semicaliente número 5, todo ello de acuerdo con lo indicado en la norma UNE EN 13108-1:2008 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso.

Tipo de mezcla	AC16SURF50/70S. SEMICALIENTE
Planta	ÁRIDOIS LAVADOS S. L.
Validación	MEZCLA FABRICADA EN PLANTA. SEMICALIENTE NÚMERO 5

1.1 Composición fórmula de trabajo.

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA	PROPORCION (%) (*)
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	49,0
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN	5,0
WARM MIX	ADITIVO	ADITIVO	0,7
BETÚN	50/70		4,85

(*) Las proporciones de los componentes se refieren a:

- Los áridos sobre el total de los áridos.
- El aditivo sobre el total del betún.
- El betún sobre el total de la mezcla.

2 MATERIALES

Con fecha 10 de julio se tomó en obra esta **MUESTRA NÚMERO 5 SEMICALIENTE**, de referencias:

- Camión: 3167JDV(Camión 7 tarde)
- Ubicación: Vía de servicio Florida.

2.1 Áridos

Los áridos empleados, su naturaleza y procedencia, se resumen en la siguiente tabla:

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN

2.2 Ligante

El betún de penetración empleado es de tipo 50/70.

3 ENSAYOS REALIZADOS

De acuerdo con lo solicitado por el peticionario, se han realizado los siguientes ensayos:

- **UNE-EN 12697-1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble.
- **UNE-EN 12697-2:2015+A1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la distribución granulométrica
- **UNE-EN 12697-5:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.
- **UNE-EN 12697-6:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- **UNE-EN 12697-8:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.
- **NLT 159/00** Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.
- **UNE-EN 12697-12:2019.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de probetas de mezcla bituminosa.
- **UNE-EN 12697-22:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista.

Las probetas de ensayo se han fabricado compactando la mezcla a 155 °C.

4 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se muestran a continuación.

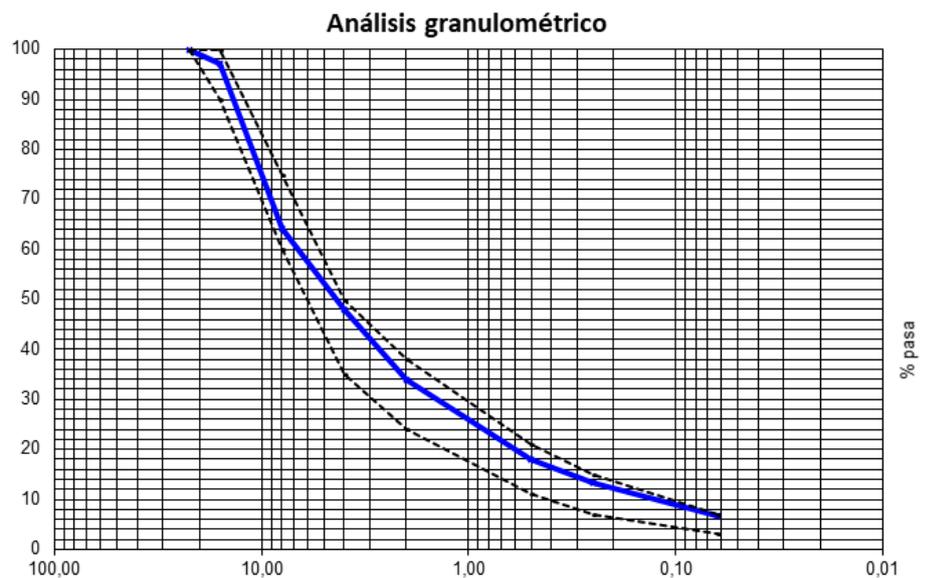
4.1 Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022

El contenido de betún de la mezcla ensayada ha sido de 5,1% Betún sobre el total de la mezcla.

4.2 Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022

Los resultados obtenidos son los indicados en la siguiente tabla y gráfica:

TAMIZ (mm)	PASA (%)	Huso PG3	
22,4	100	100	100
16	97	90	100
8	64	60	75
4	48	35	50
2	34	24	38
0,5	18	11	21
0,25	13	7	15
0,063	6,6	3	7



4.3 Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.

El resultado obtenido se indica en la siguiente tabla:

METODO DE ENSAYO	Tº DE ENSAYO	DENSIDAD MÁXIMA (Mg/m ³)
VOLUMETRICO	25 °C	2536

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

4.4 Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.

El resultado obtenido y el procedimiento de ensayo se indica a continuación:

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:	MEDIANTE COMPACTADOR DE IMPACTO
DENSIDAD DE REFERENCIA:	75 GOLPES POR CARA
TIPO DE COMPACTADOR:	CON PEDESTAL DE MADERA
COMPACTACIÓN U ORIGEN:	MEZCLA EN LABORATORIO
NUMERO DE PROBETAS:	3 PROBETAS
CONTENIDO DE LIGANTE (%):	5,1% BETÚN MEZCLA
DENSIDAD DEL LIGANTE (g/cm ³):	1.030

METODO DE ENSAYO	DENSIDAD APARENTE (Mg/m ³)
SATURADO EN SUPERFICIE SECA	2394

4.5 Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se muestran a continuación

% HUECOS DE AIRE (V _m)	% HUECOS ARIDOS MINERAL (VMA)	% HUECOS RELLENOS DE LIGANTE (VFB)
5,6	17,3	67,7

4.6 Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se muestran a continuación

MÉTODO UTILIZADO	METODO A	POR RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA SEGÚN UNE EN 12697-23:2018
TIPO DE PROBETAS	FABRICADAS EN LABORATORIO	
METODO DE COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-30 (50 golpes)	
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C)	15	
RELACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (%)	86,0	

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

SUBCONJUNTO	HÚMEDO			SECO		
	1	2	3	4	5	6
PROBETA						
LONGITUD (mm)	62,79	63,11	63,42	63,52	63,61	63,70
DIÁMETRO (mm)	101,51	101,56	101,57	101,60	101,62	101,67
DENSIDAD APARENTE (kg/m ³)	2346	2351	2355	2360	2363	2356
DENSIDAD MEDIA (kg/m ³)	2351			2360		
DIFERENCIA DE ALTURA (< 5 mm)	1			0		
Diferencia densidad (< 15 kg/m ³)	9			7		
	ITSw			ITSd		
Resistencia (kPa)	931	839	879	1032	1043	1007
ROTURA EN LINEA	X	X	X	X	X	X
ROTURA POR DEFORMACIÓN						
RESISTENCIA A TRACCIÓN MEDIA (kPa)	883			1027		

4.7 Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

DISPOSITIVO DE ENSAYO:	TAMAÑO PEQUEÑO
PROCEDIMIENTO:	METODO B EN AIRE
FABRICACIÓN MEZCLA:	FABRICADA EN PLANTA
MÉTODO ENSAYO COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-33:2006
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C):	60
ESPESOR DE LA PROBETA (mm):	60
DENSIDAD A 98% DENSIDAD APARENTE (kg/m ³):	2,346

RESULTADOS DE ENSAYO:

	WTS (aire)	PRD (%)	RD (mm)
PROBETA 1	0,048	3,137	1,882
PROBETA 2	0,053	3,243	1,946
VALORES MEDIOS	0,051	3,190	1,914

Expediente: O/2305883/1/03
Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC
SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
Cliente: SACYR UNICO S.L
Albarán : 1559112.2

El presente informe consta de nueve (9) páginas.



Fdo. JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Licenciado en Geología
Madrid, 11/08/2023



Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Licenciada en Geología
Madrid, 11/08/2023

ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

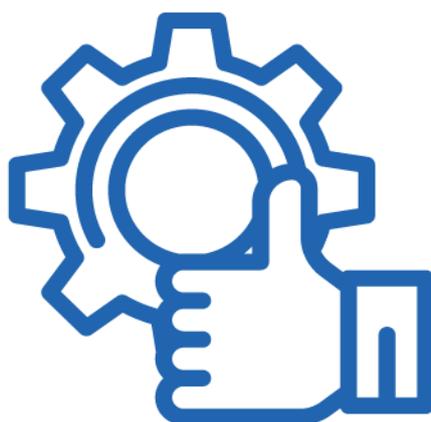
Mezcla tipo hormigón asfáltico

MUESTRA 6. CALIENTE. AC16 SURF 50/70 S

SACYR UNICO S.L.
ALBARAN: 1559112.2
EXPEDIENTE: O/2305883/1/03

INFORME

INGENIERIA | CONTROL DE CALIDAD | GEOTECNIA | EDIFICACION | CERTIFICACION | SEGURIDAD Y SALUD



C/ Innovación, 11. Getafe.
T. + 34 916 828 727
www.cemosa.es
Delegación de Madrid

cemosa
Ingeniería y Control

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

INDICE

1	ANTECEDENTES.....	3
1.1	Composición fórmula de trabajo.....	4
2	MATERIALES.....	4
2.1	Áridos	4
2.2	Ligante	4
3	ENSAYOS REALIZADOS	5
4	RESULTADOS	5
4.1	Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022	5
4.2	Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022.....	6
4.3	Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.....	6
4.4	Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.....	7
4.5	Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.....	7
4.6	Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.....	7
4.7	Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.....	8

ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

Mezcla tipo hormigón bituminoso AC16SURF50/70S.

MUESTRA 6. CALIENTE. CONTROL EJECUCIÓN

1 ANTECEDENTES

Para la investigación de la actuación del aditivo BioRoad empleado para fabricar mezclas bituminosas semicalientes, SACYR UNICO S.L. ha ejecutado tramos experimentales en la autovía de Eresma.

Entre los trabajos programados en el plan de control de la ejecución de dichos tramos experimentales, está la:

- El control de la ejecución de los tramos experimentales.

La planta que ha fabricado la mezcla bituminosa ha sido la de ÁRIDOS LAVADOS situada en la Carretera de Cebreros, 4 en Tornadizos de Ávila (Ávila).

La mezcla bituminosa empleada ha sido una AC 16 SURF 50/70 S.

El control de la ejecución consistió en la toma y ensayo de ocho (8) muestras de la mezcla bituminosa, las cinco (5) primeras se fabricaron semicalientes y fueron numeradas del 1 al 5, las tres (3) restantes se fabricaron en caliente y se numeraron del 6 al 8.

Las mezclas semicalientes se fabricaron el día 7 de julio de 2023

Las mezclas en caliente se fabricaron el día 11 de julio de 2023.

En el presente informe se expone el trabajo realizado y los resultados obtenidos para la mezcla caliente número 6, todo ello de acuerdo con lo indicado en la norma UNE EN 13108-1:2008 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso.

Tipo de mezcla	AC16SURF50/70S. CALIENTE
Planta	ÁRIDOIS LAVADOS S. L.
Validación	MEZCLA FABRICADA EN PLANTA. CALIENTE NÚMERO 6

1.1 Composición fórmula de trabajo

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA	PROPORCION (%) (*)
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	49,0
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN	5,0
BETÚN	50/70		4,85

(*) Las proporciones de los componentes se refieren a:

- Los áridos sobre el total de los áridos.
- El betún sobre el total de la mezcla.

2 MATERIALES

Con fecha 11 de julio se tomó en obra esta **MUESTRA NÚMERO 6 CALIENTE**, de referencias:

- Camión: 9547HKC
- Ubicación: Vía de servicio Florida

2.1 Áridos

Los áridos empleados, su naturaleza y procedencia, se resumen en la siguiente tabla:

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN

2.2 Ligante

El betún de penetración empleado es de tipo 50/70.

3 ENSAYOS REALIZADOS

De acuerdo con lo solicitado por el peticionario, se han realizado los siguientes ensayos:

- **UNE-EN 12697-1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble.
- **UNE-EN 12697-2:2015+A1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la distribución granulométrica
- **UNE-EN 12697-5:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.
- **UNE-EN 12697-6:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- **UNE-EN 12697-8:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.
- **NLT 159/00** Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.
- **UNE-EN 12697-12:2019.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de probetas de mezcla bituminosa.
- **UNE-EN 12697-22:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista.

Las probetas de ensayo se han fabricado compactando la mezcla a 155 °C.

4 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se muestran a continuación.

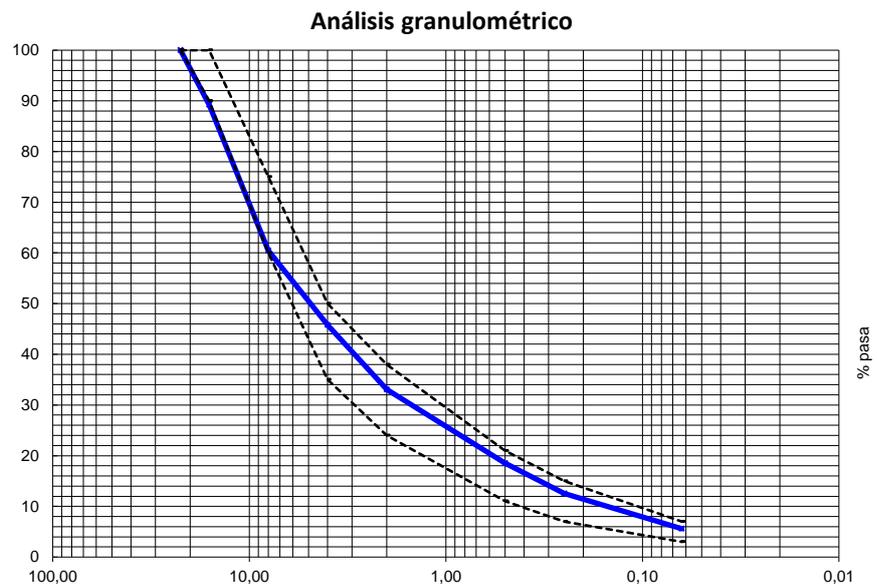
4.1 Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022

El contenido de betún de la mezcla ensayada ha sido de 5,1% Betún sobre el total de la mezcla.

4.2 Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022

Los resultados obtenidos son los indicados en la siguiente tabla y gráfica:

TAMIZ (mm)	PASA (%)	Huso PG3	
22,4	100	100	100
16	89	90	100
8	61	60	75
4	46	35	50
2	33	24	38
0,5	19	11	21
0,25	13	7	15
0,063	5,6	3	7



4.3 Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.

El resultado obtenido se indica en la siguiente tabla:

METODO DE ENSAYO	Tº DE ENSAYO	DENSIDAD MÁXIMA (Mg/m³)
VOLUMETRICO	25 °C	2535

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

4.4 Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.

El resultado obtenido y el procedimiento de ensayo se indica a continuación:

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:	MEDIANTE COMPACTADOR DE IMPACTO
DENSIDAD DE REFERENCIA:	75 GOLPES POR CARA
TIPO DE COMPACTADOR:	CON PEDESTAL DE MADERA
COMPACTACIÓN U ORIGEN:	MEZCLA EN LABORATORIO
NUMERO DE PROBETAS:	3 PROBETAS
CONTENIDO DE LIGANTE (%):	5,1% BETÚN MEZCLA
DENSIDAD DEL LIGANTE (g/cm ³):	1.030

METODO DE ENSAYO	DENSIDAD APARENTE (Mg/m ³)
SATURADO EN SUPERFICIE SECA	2396

4.5 Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se muestran a continuación

% HUECOS DE AIRE (V _m)	% HUECOS ARIDOS MINERAL (VMA)	% HUECOS RELLENOS DE LIGANTE (VFB)
5,5	17,3	68,3

4.6 Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se muestran a continuación

MÉTODO UTILIZADO	METODO A	POR RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA SEGÚN UNE EN 12697-23:2018
TIPO DE PROBETAS	FABRICADAS EN LABORATORIO	
METODO DE COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-30 (50 golpes)	
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C)	15	
RELACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (%)	86,2	

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

SUBCONJUNTO	HÚMEDO			SECO		
	1	2	3	4	5	6
PROBETA						
LONGITUD (mm)	62,11	62,24	62,75	62,89	62,97	63,12
DIÁMETRO (mm)	101,47	101,45	101,53	101,54	101,59	101,62
DENSIDAD APARENTE (kg/m ³)	2344	2347	2352	2358	2347	2359
DENSIDAD MEDIA (kg/m ³)	2348			2355		
DIFERENCIA DE ALTURA (< 5 mm)	1			0		
Diferencia densidad (< 15 kg/m ³)	9			12		
	ITSw			ITSd		
Resistencia (kPa)	940	974	941	1131	1124	1060
ROTURA EN LINEA	X	X	X	X	X	X
ROTURA POR DEFORMACIÓN						
RESISTENCIA A TRACCIÓN MEDIA (kPa)	952			1105		

4.7 Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

DISPOSITIVO DE ENSAYO:	TAMAÑO PEQUEÑO
PROCEDIMIENTO:	METODO B EN AIRE
FABRICACIÓN MEZCLA:	FABRICADA EN PLANTA
MÉTODO ENSAYO COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-33:2006
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C):	60
ESPESOR DE LA PROBETA (mm):	60
DENSIDAD A 98% DENSIDAD APARENTE (kg/m ³):	2,348

RESULTADOS DE ENSAYO:

	WTS (aire)	PRD (%)	RD (mm)
PROBETA 1	0,037	3,092	1,855
PROBETA 2	0,041	3,160	1,896
VALORES MEDIOS	0,039	3,126	1,876

Expediente: O/2305883/1/03
Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC
SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
Cliente: SACYR UNICO S.L
Albarán : 1559112.2

El presente informe consta de nueve (9) páginas.



Fdo. JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Licenciado en Geología
Madrid, 11/08/2023



Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Licenciada en Geología
Madrid, 11/08/2023

ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

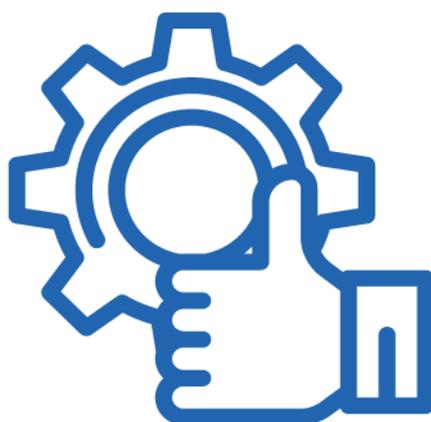
Mezcla tipo hormigón asfáltico

MUESTRA 7. CALIENTE. AC16 SURF 50/70 S

SACYR UNICO S.L.
ALBARAN: 1559112.2
EXPEDIENTE: O/2305883/1/03

INFORME

INGENIERIA | CONTROL DE CALIDAD | GEOTECNIA | EDIFICACION | CERTIFICACION | SEGURIDAD Y SALUD



C/ Innovación, 11. Getafe.
T. + 34 916 828 727
www.cemosa.es
Delegación de Madrid

cemosa
Ingeniería y Control

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

INDICE

1	ANTECEDENTES.....	3
1.1	Composición fórmula de trabajo.....	4
2	MATERIALES.....	4
2.1	Áridos	4
2.2	Ligante	4
3	ENSAYOS REALIZADOS	5
4	RESULTADOS	5
4.1	Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022	5
4.2	Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022.....	6
4.3	Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.....	6
4.4	Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.....	7
4.5	Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.....	7
4.6	Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.....	7
4.7	Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.....	8

ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

Mezcla tipo hormigón bituminoso AC16SURF50/70S.

MUESTRA 7. CALIENTE. CONTROL EJECUCIÓN

1 ANTECEDENTES

Para la investigación de la actuación del aditivo BioRoad empleado para fabricar mezclas bituminosas semicalientes, SACYR UNICO S.L. ha ejecutado tramos experimentales en la autovía de Eresma.

Entre los trabajos programados en el plan de control de la ejecución de dichos tramos experimentales, está la:

- El control de la ejecución de los tramos experimentales.

La planta que ha fabricado la mezcla bituminosa ha sido la de ÁRIDOS LAVADOS situada en la Carretera de Cebreros, 4 en Tornadizos de Ávila (Ávila).

La mezcla bituminosa empleada ha sido una AC 16 SURF 50/70 S.

El control de la ejecución consistió en la toma y ensayo de ocho (8) muestras de la mezcla bituminosa, las cinco (5) primeras se fabricaron semicalientes y fueron numeradas del 1 al 5, las tres (3) restantes se fabricaron en caliente y se numeraron del 6 al 8.

Las mezclas semicalientes se fabricaron el día 7 de julio de 2023

Las mezclas en caliente se fabricaron el día 11 de julio de 2023.

En el presente informe se expone el trabajo realizado y los resultados obtenidos para la mezcla caliente número 7, todo ello de acuerdo con lo indicado en la norma UNE EN 13108-1:2008 *Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso.*

Tipo de mezcla	AC16SURF50/70S. CALIENTE
Planta	ÁRIDOIS LAVADOS S. L.
Validación	MEZCLA FABRICADA EN PLANTA. CALIENTE NÚMERO 7

1.1 Composición fórmula de trabajo

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA	PROPORCION (%) (*)
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	49,0
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN	5,0
BETÚN	50/70		4,85

(*) Las proporciones de los componentes se refieren a:

- Los áridos sobre el total de los áridos.
- El betún sobre el total de la mezcla.

2 MATERIALES

Con fecha 11 de julio se tomó en obra esta **MUESTRA NÚMERO 7 CALIENTE**, de referencias:

- Camión: 3828DZR
- Ubicación: Vía de servicio Florida

2.1 Áridos

Los áridos empleados, su naturaleza y procedencia, se resumen en la siguiente tabla:

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN

2.2 Ligante

El betún de penetración empleado es de tipo 50/70.

3 ENSAYOS REALIZADOS

De acuerdo con lo solicitado por el peticionario, se han realizado los siguientes ensayos:

- **UNE-EN 12697-1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble.
- **UNE-EN 12697-2:2015+A1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la distribución granulométrica
- **UNE-EN 12697-5:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.
- **UNE-EN 12697-6:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- **UNE-EN 12697-8:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.
- **NLT 159/00** Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.
- **UNE-EN 12697-12:2019.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de probetas de mezcla bituminosa.
- **UNE-EN 12697-22:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista.

Las probetas de ensayo se han fabricado compactando la mezcla a 155 °C.

4 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se muestran a continuación.

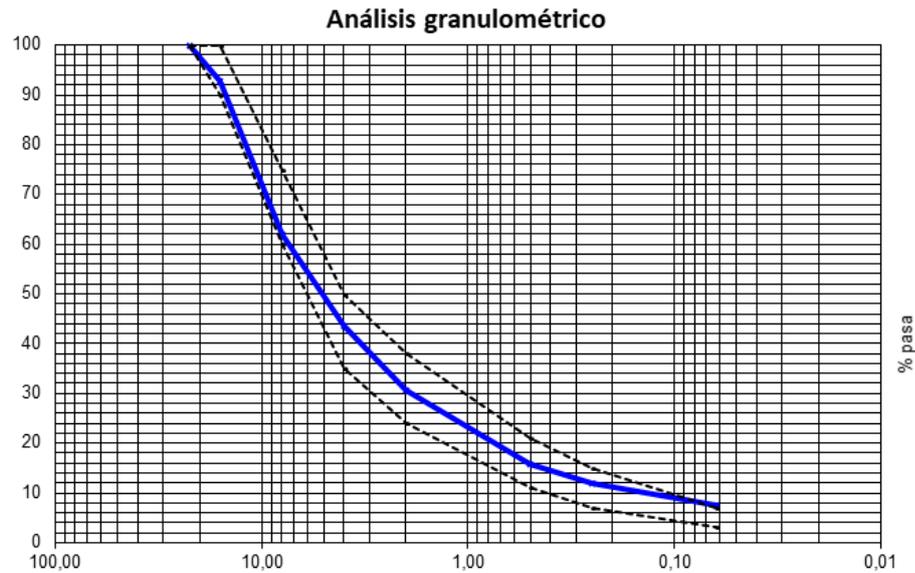
4.1 Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022

El contenido de betún de la mezcla ensayada ha sido de 4,9% Betún sobre el total de la mezcla.

4.2 Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022

Los resultados obtenidos son los indicados en la siguiente tabla y gráfica:

TAMIZ (mm)	PASA (%)	Huso PG3	
22,4	100	100	100
16	93	90	100
8	62	60	75
4	44	35	50
2	31	24	38
0,5	16	11	21
0,25	12	7	15
0,063	7,5	3	7



4.3 Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.

El resultado obtenido se indica en la siguiente tabla:

METODO DE ENSAYO	Tº DE ENSAYO	DENSIDAD MÁXIMA (Mg/m ³)
VOLUMETRICO	25 °C	2541

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

4.4 Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.

El resultado obtenido y el procedimiento de ensayo se indica a continuación:

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:	MEDIANTE COMPACTADOR DE IMPACTO
DENSIDAD DE REFERENCIA:	75 GOLPES POR CARA
TIPO DE COMPACTADOR:	CON PEDESTAL DE MADERA
COMPACTACIÓN U ORIGEN:	MEZCLA EN LABORATORIO
NUMERO DE PROBETAS:	3 PROBETAS
CONTENIDO DE LIGANTE (%):	4,9% BETÚN MEZCLA
DENSIDAD DEL LIGANTE (g/cm ³):	1.030

METODO DE ENSAYO	DENSIDAD APARENTE (Mg/m ³)
SATURADO EN SUPERFICIE SECA	2422

4.5 Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se muestran a continuación

% HUECOS DE AIRE (V _m)	% HUECOS ARIDOS MINERAL (VMA)	% HUECOS RELLENOS DE LIGANTE (VFB)
4,7	16,3	71,20

4.6 Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se muestran a continuación

MÉTODO UTILIZADO	METODO A	POR RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA SEGÚN UNE EN 12697-23:2018
TIPO DE PROBETAS	FABRICADAS EN LABORATORIO	
METODO DE COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-30 (50 golpes)	
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C)	15	
RELACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (%)	87,5	

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

SUBCONJUNTO	HÚMEDO			SECO		
	1	2	3	4	5	6
PROBETA						
LONGITUD (mm)	62,42	62,56	62,50	62,70	62,75	62,77
DIÁMETRO (mm)	101,40	101,55	101,62	101,57	101,61	101,60
DENSIDAD APARENTE (kg/m ³)	2385	2379	2377	2395	2388	2388
DENSIDAD MEDIA (kg/m ³)	2380			2390		
DIFERENCIA DE ALTURA (< 5 mm)	0			0		
Diferencia densidad (< 15 kg/m ³)	8			7		
	ITSw			ITSd		
Resistencia (kPa)	1015	975	943	1100	1108	1143
ROTURA EN LINEA	X	X	X	X	X	X
ROTURA POR DEFORMACIÓN						
RESISTENCIA A TRACCIÓN MEDIA (kPa)	978			1117		

4.7 Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

DISPOSITIVO DE ENSAYO:	TAMAÑO PEQUEÑO
PROCEDIMIENTO:	METODO B EN AIRE
FABRICACIÓN MEZCLA:	FABRICADA EN PLANTA
MÉTODO ENSAYO COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-33:2006
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C):	60
ESPESOR DE LA PROBETA (mm):	60
DENSIDAD A 98% DENSIDAD APARENTE (kg/m ³):	2,374

RESULTADOS DE ENSAYO:

	WTS (aire)	PRD (%)	RD (mm)
PROBETA 1	0,041	2,970	1,782
PROBETA 2	0,046	3,105	1,863
VALORES MEDIOS	0,044	3,038	1,823

Expediente: O/2305883/1/03
Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC
SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
Cliente: SACYR UNICO S.L
Albarán : 1559112.2

El presente informe consta de nueve (9) páginas.



Fdo. JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Licenciado en Geología
Madrid, 11/08/2023



Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Licenciada en Geología
Madrid, 11/08/2023

ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

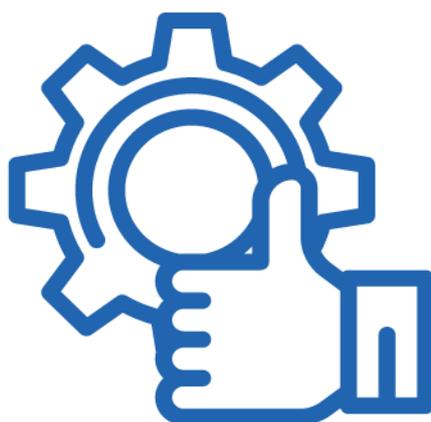
Mezcla tipo hormigón asfáltico

MUESTRA 8. CALIENTE. AC16 SURF 50/70 S

SACYR UNICO S.L.
ALBARAN: 1559112.2
EXPEDIENTE: O/2305883/1/03

INFORME

INGENIERIA | CONTROL DE CALIDAD | GEOTECNIA | EDIFICACION | CERTIFICACION | SEGURIDAD Y SALUD



C/ Innovación, 11. Getafe.
T. + 34 916 828 727
www.cemosa.es
Delegación de Madrid

cemosa
Ingeniería y Control

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

INDICE

1	ANTECEDENTES.....	3
1.1	Composición fórmula de trabajo.	4
2	MATERIALES.....	4
2.1	Áridos	4
2.2	Ligante	4
3	ENSAYOS REALIZADOS	5
4	RESULTADOS	5
4.1	Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022	5
4.2	Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022	6
4.3	Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.	6
4.4	Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.	7
4.5	Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.	7
4.6	Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.	7
4.7	Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.	8

ENSAYOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS

Mezcla tipo hormigón bituminoso AC16SURF50/70S.

MUESTRA 8. CALIENTE. CONTROL EJECUCIÓN

1 ANTECEDENTES

Para la investigación de la actuación del aditivo BioRoad empleado para fabricar mezclas bituminosas semicalientes, SACYR UNICO S.L. ha ejecutado tramos experimentales en la autovía de Eresma.

Entre los trabajos programados en el plan de control de la ejecución de dichos tramos experimentales, está la:

- El control de la ejecución de los tramos experimentales.

La planta que ha fabricado la mezcla bituminosa ha sido la de ÁRIDOS LAVADOS situada en la Carretera de Cebreros, 4 en Tornadizos de Ávila (Ávila).

La mezcla bituminosa empleada ha sido una AC 16 SURF 50/70 S.

El control de la ejecución consistió en la toma y ensayo de ocho (8) muestras de la mezcla bituminosa, las cinco (5) primeras se fabricaron semicalientes y fueron numeradas del 1 al 5, las tres (3) restantes se fabricaron en caliente y se numeraron del 6 al 8.

Las mezclas semicalientes se fabricaron el día 7 de julio de 2023

Las mezclas en caliente se fabricaron el día 11 de julio de 2023.

En el presente informe se expone el trabajo realizado y los resultados obtenidos para la mezcla caliente número 8, todo ello de acuerdo con lo indicado en la norma UNE EN 13108-1:2008 Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 1: Hormigón bituminoso.

Tipo de mezcla	AC16SURF50/70S. CALIENTE
Planta	ÁRIDOIS LAVADOS S. L.
Validación	MEZCLA FABRICADA EN PLANTA. CALIENTE NÚMERO 8

1.1 Composición fórmula de trabajo.

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA	PROPORCION (%) (*)
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	23,0
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA	49,0
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN	5,0
WARM MIX	ADITIVO	ADITIVO	0,7
BETÚN	50/70		4,85

(*) Las proporciones de los componentes se refieren a:

- Los áridos sobre el total de los áridos.
- El betún sobre el total de la mezcla.

2 MATERIALES

Con fecha 11 de julio se tomó en obra esta **MUESTRA NÚMERO 8 CALIENTE**, de referencias:

- Camión: 6133FKC
- Ubicación: Vía de servicio Florida

2.1 Áridos

Los áridos empleados, su naturaleza y procedencia, se resumen en la siguiente tabla:

FRACCION	NATURALEZA	PROCEDENCIA
12/20	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
6/12	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
0/6	CALIZO	TORNADIZOS DE ÁVILA
FILLER	APORTACIÓN	APORTACIÓN

2.2 Ligante

El betún de penetración empleado es de tipo 50/70.

3 ENSAYOS REALIZADOS

De acuerdo con lo solicitado por el peticionario, se han realizado los siguientes ensayos:

- **UNE-EN 12697-1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 1: Contenido de ligante soluble.
- **UNE-EN 12697-2:2015+A1:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación de la distribución granulométrica
- **UNE-EN 12697-5:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la densidad máxima.
- **UNE-EN 12697-6:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- **UNE-EN 12697-8:2020.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.
- **NLT 159/00** Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall.
- **UNE-EN 12697-12:2019.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 12: Determinación de la sensibilidad al agua de probetas de mezcla bituminosa.
- **UNE-EN 12697-22:2022.** Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo. Parte 22: Deformación en pista.

Las probetas de ensayo se han fabricado compactando la mezcla a 155 °C.

4 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se muestran a continuación.

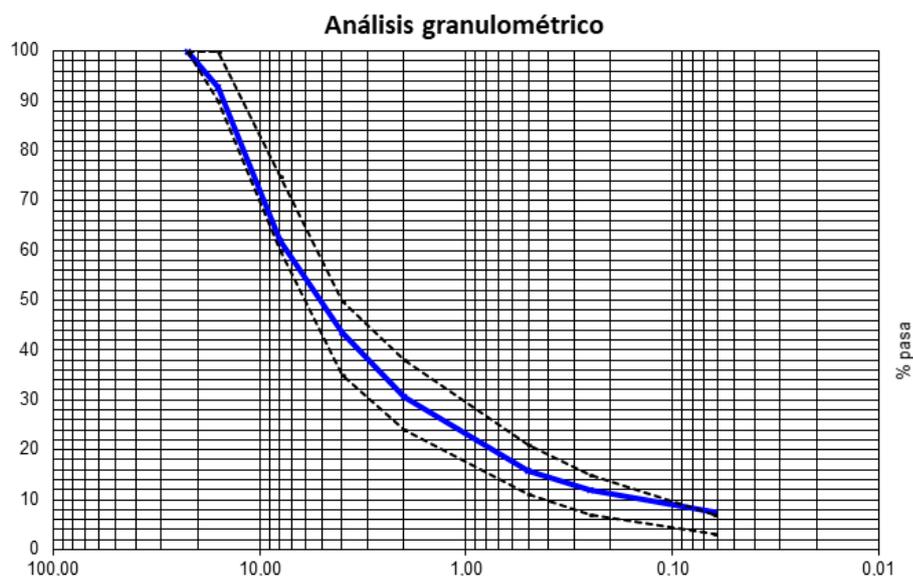
4.1 Contenido de ligante UNE EN 12697-1:2022

El contenido de betún de la mezcla ensayada ha sido de 5,2% Betún sobre el total de la mezcla.

4.2 Curva granulométrica de los áridos extraídos UNE EN 12697-2: 2015+A1:2022

Los resultados obtenidos son los indicados en la siguiente tabla y gráfica:

TAMIZ (mm)	PASA (%)	Huso PG3	
22,4	100	100	100
16	93	90	100
8	62	60	75
4	44	35	50
2	31	24	38
0,5	16	11	21
0,25	12	7	15
0,063	7,5	3	7



4.3 Determinación de la densidad máxima UNE-EN 12697-5:2010+AC:2012.

El resultado obtenido se indica en la siguiente tabla:

METODO DE ENSAYO	Tº DE ENSAYO	DENSIDAD MÁXIMA (Mg/m ³)
VOLUMETRICO	25 °C	2530

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

4.4 Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas por el método hidrostático UNE EN 12697-6:2012.

El resultado obtenido y el procedimiento de ensayo se indica a continuación:

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:	MEDIANTE COMPACTADOR DE IMPACTO
DENSIDAD DE REFERENCIA:	75 GOLPES POR CARA
TIPO DE COMPACTADOR:	CON PEDESTAL DE MADERA
COMPACTACIÓN U ORIGEN:	MEZCLA EN LABORATORIO
NUMERO DE PROBETAS:	3 PROBETAS
CONTENIDO DE LIGANTE (%):	5,2% BETÚN MEZCLA
DENSIDAD DEL LIGANTE (g/cm ³):	1.030

METODO DE ENSAYO	DENSIDAD APARENTE (Mg/m ³)
SATURADO EN SUPERFICIE SECA	2397

4.5 Contenido de huecos UNE-EN 12697-8:2003.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se muestran a continuación

% HUECOS DE AIRE (V _m)	% HUECOS ARIDOS MINERAL (VMA)	% HUECOS RELLENOS DE LIGANTE (VFB)
5,2	17,4	69,9

4.6 Sensibilidad al agua UNE EN 12697-12:2009.

Los resultados obtenidos en los ensayos realizados, se muestran a continuación

MÉTODO UTILIZADO	METODO A	POR RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA SEGÚN UNE EN 12697-23:2018
TIPO DE PROBETAS	FABRICADAS EN LABORATORIO	
METODO DE COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-30 (50 golpes)	
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C)	15	
RELACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA (%)	85,8	

SUBCONJUNTO	HÚMEDO	SECO
-------------	--------	------

Expediente: O/2305883/1/03
 Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
 Cliente: SACYR UNICO S.L
 Albarán : 1559112.2

PROBETA	1	2	3	4	5	6
LONGITUD (mm)	61,87	62,19	62,42	62,55	62,76	63,19
DIÁMETRO (mm)	101,57	101,58	101,61	101,65	101,70	101,71
DENSIDAD APARENTE (kg/m ³)	2356	2353	2353	2347	2346	2353
DENSIDAD MEDIA (kg/m ³)	2354			2348		
DIFERENCIA DE ALTURA (< 5 mm)	1			1		
Diferencia densidad (< 15 kg/m ³)	4			7		
	ITSw			ITSD		
Resistencia (kPa)	889	868	922	1013	1043	1068
ROTURA EN LINEA	X	X	X	X	X	X
ROTURA POR DEFORMACIÓN						
RESISTENCIA A TRACCIÓN MEDIA (kPa)	893			1041		

4.7 Resistencia a la deformación permanente UNE EN 12697-22:2008+A1:2008.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

DISPOSITIVO DE ENSAYO:	TAMAÑO PEQUEÑO
PROCEDIMIENTO:	METODO B EN AIRE
FABRICACIÓN MEZCLA:	FABRICADA EN PLANTA
MÉTODO ENSAYO COMPACTACIÓN:	UNE EN 12697-33:2006
TEMPERATURA DE ENSAYO (°C):	60
ESPEOR DE LA PROBETA (mm):	60
DENSIDAD A 98% DENSIDAD APARENTE (kg/m ³):	2,349

RESULTADOS DE ENSAYO:

	WTS (aire)	PRD (%)	RD (mm)
PROBETA 1	0,045	3,320	1,992
PROBETA 2	0,052	3,460	2,076
VALORES MEDIOS	0,049	3,390	2,034

El presente informe consta de nueve (9) páginas.

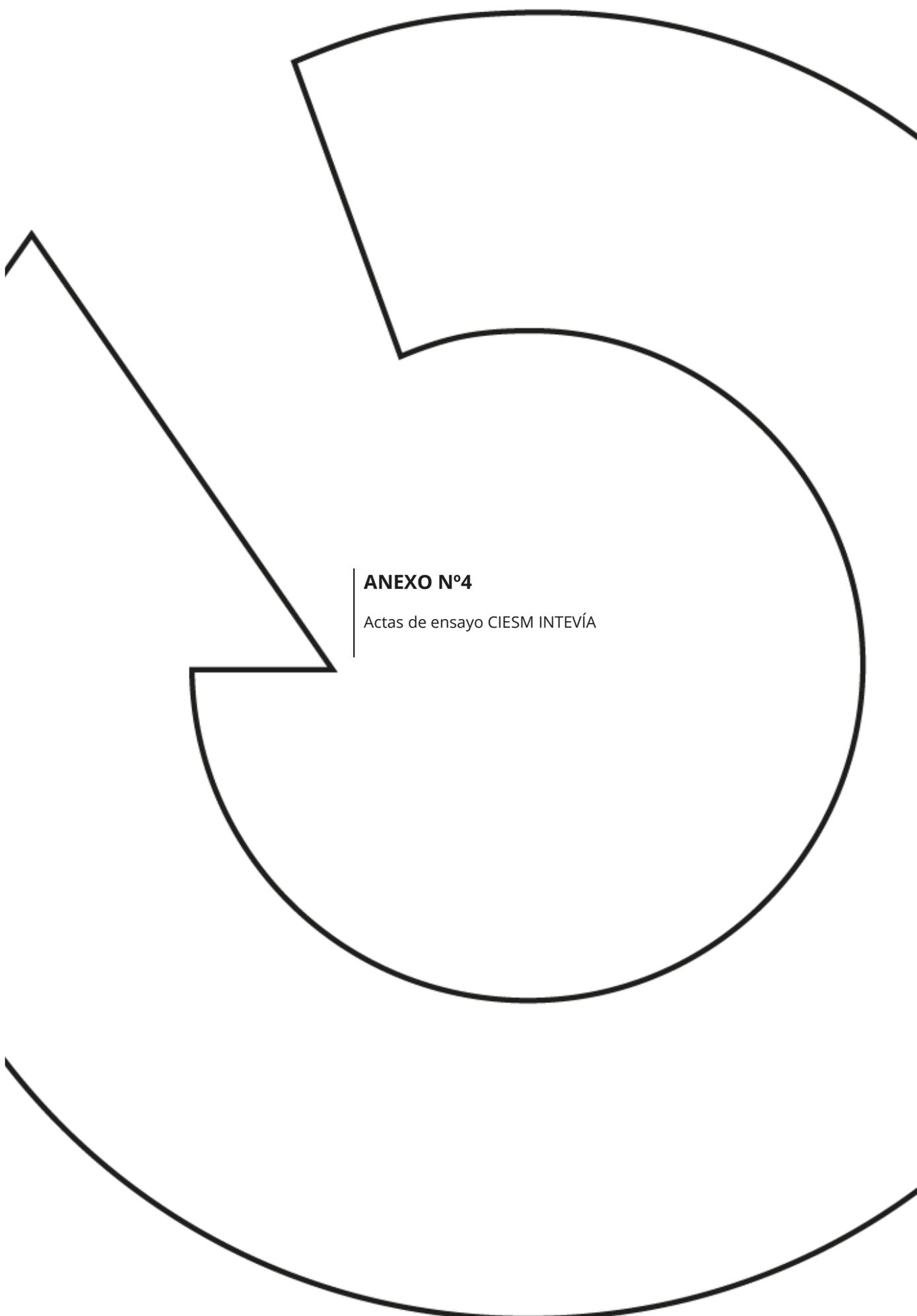
Expediente: O/2305883/1/03
Obra: ENSAYOS DE TRAMO DE PRUEBA EN ERESMA DE MBC
SEMICALIENTE Y CONVENCIONAL
Cliente: SACYR UNICO S.L
Albarán : 1559112.2



Fdo. JOSÉ SERRANO CÓRDOBA
Director Técnico de Laboratorio
Licenciado en Geología
Madrid, 11/08/2023



Fdo. LIDIA FOLGADO FERNANDEZ
Responsable de Ensayos Físicos
Licenciada en Geología
Madrid, 11/08/2023



ANEXO N°4

Actas de ensayo CIESM INTEVÍA



Ingeniería y Auscultación
Parque Empresarial Barajas Park .
C/ San Severo, 20 - 28042 Madrid
Teléfono: 91 329 17 37

Laboratorio y Centro de Investigación
C/ Mario Roso de Luna nº 29, Nave 4
28022 - Madrid
Teléfono: 91 329 17 37

**ENSAYO SOBRE MEZCLA BITUMINOSA SEMICALIENTE
ERESMA**

DESTINATARIO:

CEMOSA MADRID

FECHA:

Madrid, 16 de Agosto de 2023

INFORME DE ENSAYO Nº 0723/093



Peticionario:	CEMOSA MADRID
Dirección:	<i>C/ Innovación 11 Pol Ind Los Olivos 28906 Getafe Madrid</i>
Tlfno/Fax:	<i>916828727</i>
Persona de contacto:	<i>Vanessa Pérez González(vanessa.perez@cemosa.es)</i>
Obra:	<i>Tramo de prueba en ERESMA</i>
Fecha de recepción:	<i>31/7/2023</i>

MATERIAL A ENSAYAR

N/Ref	S/Ref (Información suministrada por el cliente)
23/01020	Obra: Tramo de prueba en ERESMA Mezcla bituminosa semicaliente tipo AC 16 SURF 50/70 S O/2305883/1/01

Los resultados de este informe afectan únicamente a las muestras referenciadas.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente (S/Ref)

Este informe no podrá ser reproducido de forma parcial sin la aprobación por escrito del CIESM-INTEVIA, SAU

Para cualquier observación referente al presente informe diríjase a la Dirección de Calidad del CIESM-INTEVIA, SAU

Las incertidumbres relacionadas con los ensayos acreditados se encuentran a disposición del peticionario y en la página Web:

www.ciesm-intevia.es



ENSAYOS SOLICITADOS	
NORMA	TITULO
UNE-EN 12697-6 :2022	Método de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 6. Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
UNE-EN 12697-29:2022	Método de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 29. Determinación de las dimensiones de las probetas.
UNE-EN 12697-26 Anexo C:2019	Ensayo de rigidez

Avance de resultados
Únicamente tiene carácter informativo



ESTADO DE LA MUESTRA A SU RECEPCIÓN

Tipo de muestra		Mezcla
	x	Testigo
		Probeta

Embalaje		Caja de cartón
	x	Bolsa de plástico
		Espuerta
		Otros

Etiquetado	x	Tipo
		Referencia
	x	Origen
		Fecha

Aspecto de la superficie		Contaminada
	x	No contaminada

Áridos superficiales		Pelados
	x	No pelados

Conclusiones

Si la mezcla, testigo, probeta viene en un embalaje óptimo, etiquetada y no contaminada, la muestra será:	x	Apto
Si la mezcla, testigo, probeta no viene en las condiciones anteriores, la muestra será:		No apto

Observaciones



ENSAYOS SOBRE MEZCLAS BITUMINOSAS SEMICALIENTE

Avance de resultados
Únicamente tiene carácter informativo

RIGIDEZ, (UNE-EN 12697-26 - ANEXO C).
Información sobre el ensayo:

Equipo utilizado para ensayo de Rigidez	Actuador hidráulico de carga
Temperatura de ensayo, ° C:	20° C
Fecha de compactación, Densidad aparente (SSD), según el procedimiento B, (P_{bssd})	24/7/2023
Edad de las probetas:	21 días

Características de las probetas y resultados del ensayo:

Referencia	S/R-	AC 16 SURF 50/70 S SEMICALIENTE				
	N/R-	23/01020				
Descripción	Norma UNE-EN	Ud.	1	2	3	
Fecha de ensayo, dd/mm/aa			14/08/2023			
Masa de las probetas secas		g	1177,5	1151,4	1147,3	
Densidad aparente (SSD), según el procedimiento B, (P_{bssd}) :	12697-6	Mg/m ³	2,353	2,360	2,352	
Diámetro medio de la probeta:	12697-29	mm.	101,6	101,8	101,4	
Altura media de la probeta:		mm.	64,6	61,7	61,8	
Tiempo de carga :	12697-26 Anexo C	ms.	125	123	128	
Deformación:		mm.	0,0050	0,0050	0,0050	
Módulo de Rigidez :		MPa	2447	2171	2096	
Módulo de rigidez medio			2238			

- Se asume como coeficiente de Poisson 0,35.
- El módulo de rigidez medido se ha ajustado a un factor de superficie de carga de 0,60.



TÉCNICO ANALISTA

JEFE DE LABORATORIO

Fdo.: Agustín Masero Granja

Fdo.: Aída Pereira García

Vº Bº DIRECTOR GENERAL

Fdo.: Aurelio Ruiz Rubio

Avance de resultados
Únicamente tiene carácter informativo



Ingeniería y Auscultación
Parque Empresarial Barajas Park .
C/ San Severo, 20 - 28042 Madrid
Teléfono: 91 329 17 37

Laboratorio y Centro de Investigación
C/ Mario Roso de Luna nº 29, Nave 4
28022 - Madrid
Teléfono: 91 329 17 37

**ENSAYO SOBRE MEZCLA BITUMINOSA EN CALIENTE
ERESMA**

DESTINATARIO:

CEMOSA MADRID

FECHA:

Madrid, 16 de Agosto de 2023

INFORME DE ENSAYO Nº 0723/094



Peticionario:	CEMOSA MADRID
Dirección:	<i>C/ Innovación 11 Pol Ind Los Olivos 28906 Getafe Madrid</i>
Tlfno/Fax:	<i>916828727</i>
Persona de contacto:	<i>Vanessa Pérez González(vanessa.perez@cemosa.es)</i>
Obra:	<i>Tramo de prueba en ERESMA</i>
Fecha de recepción:	<i>31/7/2023</i>

MATERIAL A ENSAYAR

N/Ref	S/Ref (Información suministrada por el cliente)
23/01021	Obra: Tramo de prueba en ERESMA Mezcla bituminosa en caliente tipo AC 16 SURF 50/70 S O/2305883/1/01

Los resultados de este informe afectan únicamente a las muestras referenciadas.

El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente (S/Ref)

Este informe no podrá ser reproducido de forma parcial sin la aprobación por escrito del CIESM-INTEVIA, SAU

Para cualquier observación referente al presente informe diríjase a la Dirección de Calidad del CIESM-INTEVIA, SAU

Las incertidumbres relacionadas con los ensayos acreditados se encuentran a disposición del peticionario y en la página Web:

www.ciesm-intevia.es



ENSAYOS SOLICITADOS	
NORMA	TITULO
UNE-EN 12697-6 :2022	Método de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 6. Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
UNE-EN 12697-29:2022	Método de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 29. Determinación de las dimensiones de las probetas.
UNE-EN 12697-26 Anexo C:2019	Ensayo de rigidez

Avance de resultados
Únicamente tiene carácter informativo



ESTADO DE LA MUESTRA A SU RECEPCIÓN

Tipo de muestra		Mezcla
	x	Testigo
		Probeta

Embalaje		Caja de cartón
	x	Bolsa de plástico
		Espuerta
		Otros

Etiquetado	x	Tipo
		Referencia
	x	Origen
		Fecha

Aspecto de la superficie		Contaminada
	x	No contaminada

Áridos superficiales		Pelados
	x	No pelados

Conclusiones

Si la mezcla, testigo, probeta viene en un embalaje óptimo, etiquetada y no contaminada, la muestra será:	x	Apto
Si la mezcla, testigo, probeta no viene en las condiciones anteriores, la muestra será:		No apto

Observaciones



ENSAYOS SOBRE MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE

Avance de resultados
Únicamente tiene carácter informativo

RIGIDEZ, (UNE-EN 12697-26 - ANEXO C).
Información sobre el ensayo:

Equipo utilizado para ensayo de Rigidez	Actuador hidráulico de carga
Temperatura de ensayo, ° C:	20° C
Fecha de compactación, Densidad aparente (SSD), según el procedimiento B, (P_{bssd})	24/7/2023
Edad de las probetas:	21 días

Características de las probetas y resultados del ensayo:

Referencia	S/R-	AC 16 SURF 50/70 S CALIENTE				
	N/R-	23/01021				
Descripción	Norma UNE-EN	Ud.	1	2	3	
Fecha de ensayo, dd/mm/aa			14/08/2023			
Masa de las probetas secas		g	1168,5	1172,5	1161,7	
Densidad aparente (SSD), según el procedimiento B, (P_{bssd}) :	12697-6	Mg/m ³	2,417	2,405	2,395	
Diámetro medio de la probeta:	12697-29	mm.	101,4	101,7	101,5	
Altura media de la probeta:		mm.	61,3	62,3	61,8	
Tiempo de carga :	12697-26 Anexo C	ms.	123	126	124	
Deformación:		mm.	0,0050	0,0050	0,0050	
Módulo de Rigidez :		MPa	3295	3182	2827	
Módulo de rigidez medio			3101			

- Se asume como coeficiente de Poisson 0,35.
- El módulo de rigidez medido se ha ajustado a un factor de superficie de carga de 0,60.



TÉCNICO ANALISTA

JEFE DE LABORATORIO

Fdo.: Agustín Masero Granja

Fdo.: Aída Pereira García

Vº Bº DIRECTOR GENERAL

Fdo.: Aurelio Ruiz Rubio

Avance de resultados
Únicamente tiene carácter informativo