

INNOVACIÓN EN PAVIMENTOS

Mezclas bituminosas para capas ultrafinas  
MICROPAR 6 y 8

**AIRNÓ**

# ÍNDICE

- **INTRODUCCIÓN..... p. 2**
- **COMPONENTES..... p. 3**
  - ÁRIDOS
  - BETÚN
  - POLVO MINERAL DE APORTACIÓN
- **VOLUMETRÍAS DE LAS MEZCLAS MICROPAR..... p. 5**
  - GRANULOMETRÍAS
  - HUECOS EN MEZCLA
- **ADHERENCIA DE CAPAS DE MEZCLAS BITUMINOSAS AUTL..... p. 8**
  - SISTEMA DE ADHERENCIA PARA MEZCLAS BITUMINOSAS MICROPAR
- **FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA..... p. 10**
- **MARCADO CE Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD..... p. 11**

## INTRODUCCIÓN

ARNÓ ha puesto a punto dos mezclas bituminosas en caliente tipo AUTL, para su empleo en capas de rodadura ultrafinas, desarrolladas en el marco de su Proyecto de Investigación MICROPAR (2015-2016). El proyecto comprendió los estudios de laboratorio y las pruebas sobre tramos experimentales necesarios para completar su formulación y establecer las condiciones de puesta en obra. En 2017 ARNÓ ha aplicado exitosamente sus mezclas tipo AUTL, entre otros lugares, en vías de la red de carreteras del Estado.

**MICROPAR 8 (AUTL 8):** es una mezcla bituminosa de tamaño máximo 8 mm, con una discontinuidad granulométrica en el intervalo 3/5 mm, diseñada para ser aplicada en capas de 10 a 20 mm de espesor en firmes de carreteras. La capa terminada presenta una macrotextura, medida con círculo de arena (UNE-EN 13036-1), superior a 1,5 mm y un coeficiente de rozamiento longitudinal inicial, medido con péndulo TRRL (UNE-EN 13036) superior 0,75.

**MICROPAR 6 (AUTL 6):** es una mezcla bituminosa de tamaño máximo 6 mm, con una discontinuidad granulométrica en el intervalo 2/4 mm, diseñada para ser aplicada en capas de 8 a 12 mm de espesor en pavimentos urbanos. La capa terminada presenta una macro-textura, medida con círculo de arena (UNE-EN 13036-1), superior a 1,2 mm y un coeficiente de rozamiento longitudinal inicial, medido con péndulo TRRL (UNE-EN 13036), superior 0,70.

**ARNÓ ha diseñado sus mezclas bituminosas MICROPAR introduciendo exigencias específicas en relación con sus componentes (áridos, betún, polvo mineral de aportación) volumetrías (granulometría, contenido de betún, huecos), sistema de unión al soporte y condiciones de puesta en obra, para obtener pavimentos seguros, confortables y duraderos, con mínimos consumos de materias primas y evitando la necesidad de modificar cotas de señales, barreras de seguridad u otros elementos de la vía.**

## COMPONENTES

Las mezclas bituminosas MICROPAR de ARNÓ se elaboran con componentes específicamente seleccionados para satisfacer los requisitos de rugosidad, cohesión y resistencia mecánica de pavimentos seguros y confortables diseñados para superar la durabilidad de los pavimentos convencionales. La calidad de los áridos, del betún y del polvo mineral de aportación es esencial para conseguir este objetivo. Además, se usan fibras de celulosa para estabilizar elevadas proporciones de ligante bituminoso y evitar cualquier corrimiento durante el transporte o la puesta en obra

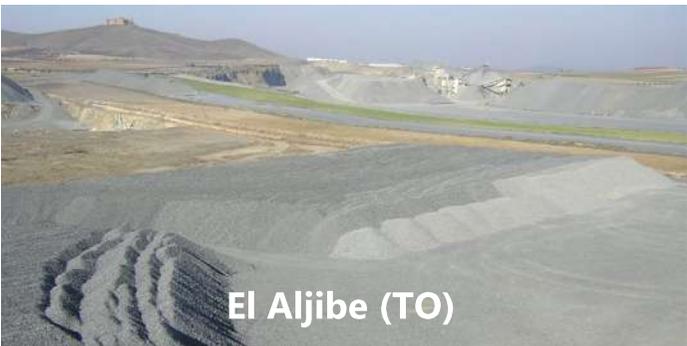
### ÁRIDOS

Los áridos utilizados por ARNÓ en sus mezclas bituminosas MICROPAR son de máxima calidad. Se utilizan en mezclas bituminosas cuyo rozamiento interno constituye el principal mecanismo resistente frente a las acciones del tráfico y deben proporcionar elevados coeficientes de rozamiento durante toda la vida útil del pavimento.

Son áridos de procedencia propia porque entre sus explotaciones, ARNÓ cuenta con canteras de gabra en Huesca, andesitas en Guadalajara y milonitas en Toledo. En ellas se obtienen áridos que superan los máximos requisitos de resistencia a la fragmentación (LA UNE-EN 1097-2 <15) y al

pulimento (PSV, UNE-EN 1097-8 >56). En concreto el árido utilizado como patrón español en el ensayo de Resistencia al Pulimento, procede de la cantera de Alpedroches (Guadalajara).

Angulosidad, forma y granulometría del árido grueso son también propiedades de interés, puesto que para dosificar con la precisión exigida por las mezclas MICROPAR es importante emplear partículas cúbicas y fracciones homogéneas. Estas propiedades dependen, básicamente, de las condiciones de producción en la cantera. ARNÓ se ha impuesto criterios especialmente restrictivos en cuanto a los valores de Índice de Lajas (FI, UNE-EN933-3<8) y homogeneidad ( $D/d < 1,6$ ), en consonancia con las exigencias de sus mezclas MICROPAR.



El Aljibe (TO)



La Soriana (HU)



Alpedroches (GU)

## COMPONENTES

### BETÓN

En las experiencias realizadas hasta el momento se ha utilizado betón PMB 45/80-65. Se considera que emplear betón modificado contribuye a incrementar la durabilidad de la mezcla bituminosa, mejorando su cohesión y retrasando su envejecimiento.

La elección del tipo de betón se efectúa, en todo caso, en función de las condiciones de cada proyecto concreto.

### POLVO MINERAL DE APORTACIÓN

La fabricación de mezclas bituminosas para capas ultra-finas requiere contar con elevadas proporciones de polvo mineral de aportación puesto que el introducido con el árido fino es insuficiente para completar la demanda total de la mezcla. La selección del polvo mineral idóneo es importante desde el punto de vista de su contribución a las propiedades de la mezcla bituminosa pero también en relación con el coste de fabricación.

ARNÓ confió el estudio de diversos polvos minerales de aportación al Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad Politécnica de Cataluña. En él se prestó especial atención a cenizas volantes y de fondo de horno de una planta de valorización energética de la papelera SAICA en El Burgo de Ebro (Zaragoza), además de analizarse polvos minerales más habituales como cemento y carbonato cálcico. El trabajo de la UPC ha servido para que ARNÓ cuente con criterios técnicos rigurosos para optimizar la dosificación de diferentes polvos minerales de aportación no convencionales en todo tipo de mezclas bituminosas y, en particular, en sus mezclas tipo MICROPAR.

# VOLUMETRÍAS DE LAS MEZCLAS MICROPAR

ARNÓ diseña sus mezclas bituminosas MICROPAR tratando de tomar en consideración todas las propiedades que guardan relación con su comportamiento en servicio y con su durabilidad.

Entre ellas debe mencionarse la volumetría de la mezcla puesta en obra: granulometría de la mezcla de áridos, contenido de betún y huecos en mezcla.

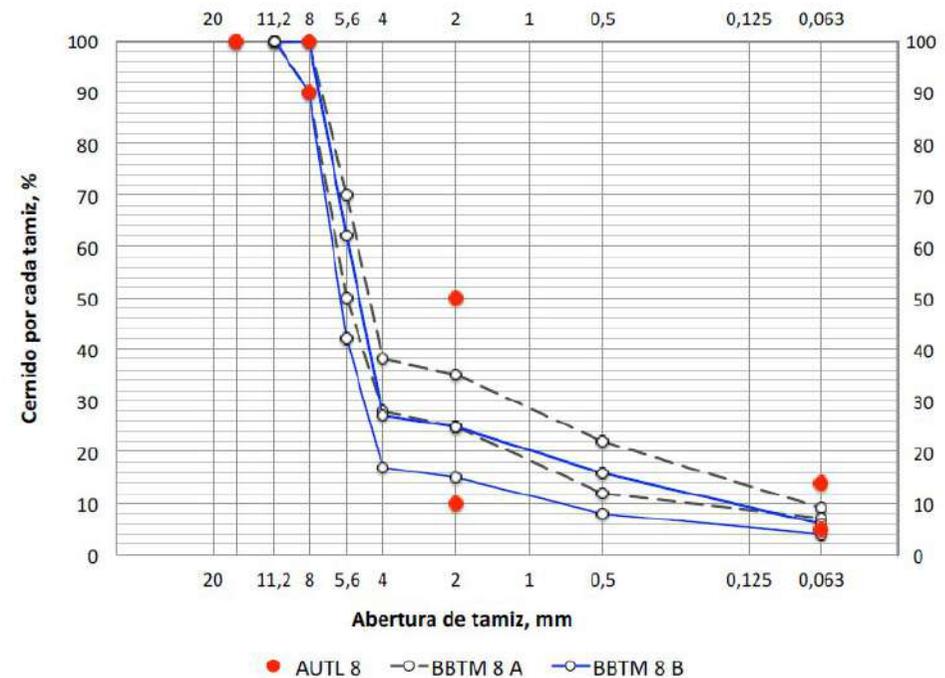
## GRANULOMETRÍAS

Las granulometrías de las mezclas de áridos utilizadas por ARNÓ en sus mezclas MICROPAR se ajustan a los husos granulométricos previstos en la pre-norma europea pr-EN13108-9, en particular, a los correspondientes a las mezclas denominadas AUTL 8 y AUTL 6. En tanto no se redacte un anejo nacional, los husos de la pre-norma europea admiten una amplia variedad de curvas granulométricas (en la figura 1 puede verse cómo el huso AUTL8 incluye los husos BBTM 8 A y B del PG-3, por ejemplo).

Las mezclas AUTL siguen siendo, predominantemente, productos patentados y por ello cada fabricante emplea sus propias fórmulas de trabajo, utilizándose mezclas de áridos de granulometrías muy distintas.

ARNÓ ha limitado los husos de la pre-norma estableciendo valores para los tamices intermedios 4 y 0,5 mm y optado por mezclas de áridos fuertemente discontinuas a la vez que ricas en mortero y con proporciones de polvo mineral próximas al límite superior establecido en el PG-3 para las mezclas tipo BBTM B. Naturalmente, en el control de producción de estas

mezclas se adopta como referencia el huso restringido definido a partir de la curva granulométrica seleccionada con la fórmula de trabajo.



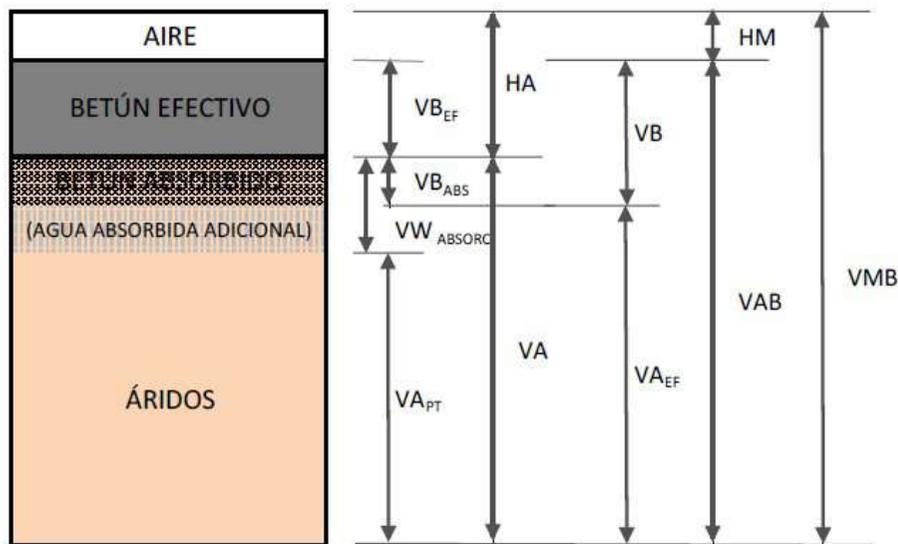
## VOLUMETRÍAS DE LAS MEZCLAS MICROPAR

El contenido de betún de las mezclas MICROPAR se determina tratado de seguir la clásica regla de oro del diseño de mezclas: una mezcla bituminosa debe llevar tanto betún como sea posible, sin que sea demasiado betún, lo que no deja de ser una forma de decir que mientras se obtengan mezclas con suficiente resistencia a las deformaciones plásticas, elevar el contenido de betún equivale a mejorar todas las propiedades relacionadas con su comportamiento en servicio y a incrementar la vida útil del pavimento construido.

En el caso de las mezclas bituminosas para capas ultrafinas, es especialmente necesario maximizar su cohesión ya que suelen elaborarse utilizando granulometrías muy discontinuas. Debido a su reducido espesor, cualquier mínimo desprendimiento superficial puede comprometer la integridad de un pavimento cuya durabilidad, por otra parte, se relaciona también muy directamente con el espesor de la película de ligante que envuelve los áridos.

Dosificamos el ligante bituminoso tomando como parámetro de diseño el betún efectivo (betún total - betún absorbido por la porosidad de los áridos) con el fin de evaluar correctamente la cantidad de ligante que contribuye a la durabilidad de la mezcla. Además, en la compactación de probetas en laboratorio se utilizan energías de compactación que tratan de simular con la mejor aproximación la densificación que tiene lugar en obra (en los proyectos ejecutados, de 20 a 35 golpes por cara cuando se utiliza la compactadora Marshall).

En concreto, el método de diseño de las mezclas MICROPAR de ARNÓ persigue el objetivo de dosificar contenidos de betún efectivo próximos al 11% del volumen de la mezcla compactada. Esta proporción volumétrica se traduce en proporciones ponderales de betún total del 6,0 % al 7,0 % sobre mezcla, en función la densidad y absorción de los áridos utilizados (el contenido del 7% s/m correspondería a áridos con



**Abreviaturas:** **VBEF** Volumen de betún efectivo; **VBABS** Volumen de betún absorbido; **HA** Huecos en áridos; **VA** Volumen de áridos; **VB** Volumen de betún; **VAEF** Volumen de áridos efectivos; **VAPT** Volumen de áridos partículas; **HM** Huecos en mezcla; **VAB** Volumen de áridos y betún; **VMB** Volumen de la mezcla; **VW** Absorción de agua

## VOLUMETRÍAS DE LAS MEZCLAS MICROPAR

los valores de densidad y absorción más habituales). Estas elevadas proporciones de betún exigen el uso de algún agente estabilizador que fije correctamente el ligante bituminoso y prevenga cualquier escurrimiento durante el transporte y puesta en obra de la mezcla bituminosa. ARNÓ utiliza fibras de celulosa en proporciones acordes con las necesidades de estabilización.

### HUECOS EN MEZCLA

La definición de los parámetros volumétricos de la mezcla bituminosa puesta en obra se completa con la determinación de sus huecos en mezcla (huecos en áridos y huecos rellenos pueden deducirse a partir de huecos en mezcla y contenido de betún).

De acuerdo con los estudios efectuados, ARNÓ diseña sus mezclas bituminosas MICROPAR con huecos en mezcla comprendidos en el intervalo 12-18%, que proporciona una solución de compromiso entre la necesidad de garantizar la cohesión y resistencia a la acción del agua de la mezcla y la obtención de un pavimento con una macrotextura adecuada para presentar un elevado coeficiente de rozamiento, reducida sonoridad y drenabilidad superficial.



## ADHERENCIA DE CAPAS DE MEZCLAS BITUMINOSAS AUTL

Tal como especifica la prenorma europea pr-EN13108-9 Bituminous mixtures - Material specifications - Part 9: Asphalt for Ultra-Thin Layer (AUTL), (pr-EN13108-9), aún estando fuera de su alcance, el método de unión (entre el soporte y la mezcla AUTL) es una parte esencial del proceso. El producto final es una combinación del sistema de unión y la mezcla bituminosa.

Es obvio que cuanto menor es el espesor del pavimento más graves son las consecuencias de su eventual despegue del soporte. En consecuencia, es importante contar con un riego de adherencia que proporcione una unión satisfactoria y que ello puede requerir mejorar las propiedades de los riegos convencionales utilizados con capas de mayores espesores.

ARNÓ ha optado por desarrollar un sistema propio para la unión entre el soporte y los pavimentos construidos con mezclas MICROPAR después de valorar las diversas opciones ofrecidas por las tecnologías actuales: referidas al tipo de ligante (emulsión termo-adherente, betún puro), a los medios de puesta en obra (cisterna convencional, cisterna con doble o triple rampa de riego, extendedora con riego incorporado) y a los sistemas de protección del ligante residual (distribución de agua, árido, lechada de cal).

La utilización de una lechada de cal como sistema de protección y mejora de la unión entre un pavimento ultra-delgado y el soporte se ha considerado preferible a las dos opciones alternativas actualmente empleadas en España: confiar la calidad de la unión a la aplicación de emulsiones termo-adherentes o ejecutar simultáneamente las operaciones de riego de adherencia y extendido de la capa de mezcla bituminosa con la máquina pavimentadora.



## ADHERENCIA DE CAPAS DE MEZCLAS BITUMINOSAS AUTL

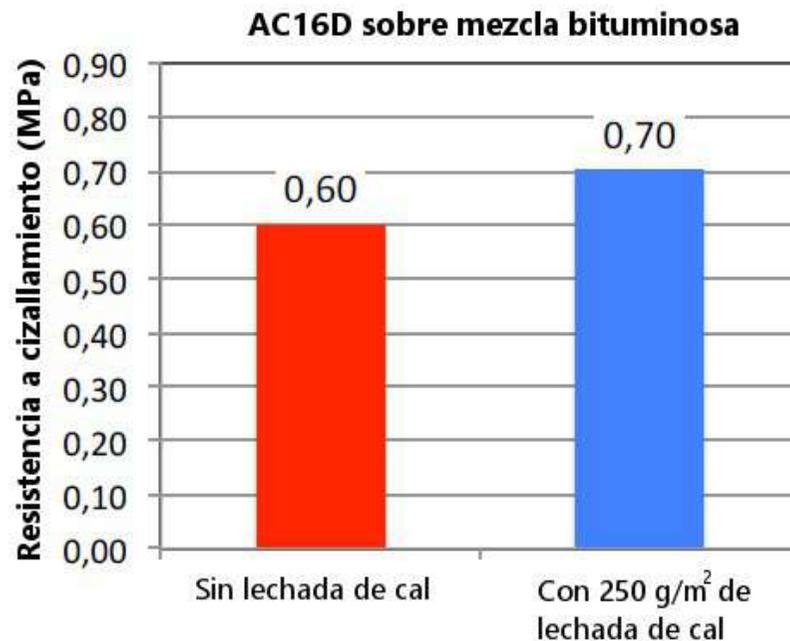
### SISTEMA DE ADHERENCIA PARA MEZCLAS BITUMINOSAS MICROPAR

La aplicación de una lechada de cal diluida y estabilizada se ha mostrado como una protección efectiva de los riegos de adherencia, en cualquier circunstancia. De acuerdo con los estudios realizados por ARNÓ, la lechada de cal es el tratamiento idóneo para satisfacer las exigencias de los riegos de adherencia necesarios para la puesta en obra de sus mezclas MICROPAR. La lechada de cal es efectiva sobre cualquier ligante bituminoso y con cualquier dotación, proporcionando la

protección necesaria para asegurar la completa integridad del riego de adherencia proyectado.

El sistema de unión empleado por ARNÓ está constituido, pues, por la aplicación sucesiva de la dotación óptima de emulsión termo-adherente (habitualmente en el rango 300-400 g/m<sup>2</sup> de ligante residual, en función del estado del soporte) y la distribución de 250 g/m<sup>2</sup> de una lechada de hidróxido cálcico diluida y estabilizada. Las partículas de hidróxido cálcico, además de preservar la integridad de la película de ligante del riego de adherencia y, gracias a su efecto rigidizador, mejoran la resistencia a cortante del conjunto de la interfase soporte-pavimento en una medida que depende de la concentración de la lechada utilizada.

Según los resultados de nuestro proyecto de investigación SUPERBIT, además de la resistencia de corte, este sistema de unión mejora el módulo transversal de la interfase, su vida en fatiga de corte y la durabilidad de la capa bituminosa sobrepuesta.



## FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA

Las mezclas bituminosas en caliente MICROPAR se producen en centrales de fabricación convencionales a temperaturas comprendidas entre 150 y 170 ° C. El extendido se efectúa también con maquinaria convencional, una vez completada la ejecución del sistema de unión con el soporte que comprende dos fases: riego con emulsión termo-adherente y distribución de la lechada de cal. El tratamiento con cal puede aplicarse tan pronto se ha producido la rotura de la emulsión. La mezcla MICROPAR se extiende después de que se haya evaporado completamente el agua que forma parte de la lechada de cal.

La compactación se confía a un compactador de llanta metálica tándem, operado sin vibración, un número reducido de pasadas, pues su función consiste en acomodar convenientemente los áridos de mayor tamaño.

La ejecución de juntas longitudinales y transversales no presenta problemas particulares.

La superficie pavimentada puede abrirse a la circulación del tráfico inmediatamente.



## MARCADO CE Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

La mezcla bituminosa en caliente MICROPAR 8 cuenta con certificado de conformidad con el Mercado CE, según la Norma UNE Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA UNE EN 13108-5.

La calidad de los componentes de las mezclas MICROPAR, así como su fabricación y puesta obra, se controlan de acuerdo con lo dispuesto en el Plan de Aseguramiento de la Calidad certificado de ARNÓ y con las exigencias del Mercado CE de productos.



**INNOVACIÓN EN PAVIMENTOS**

**Mezclas bituminosas para capas ultrafinas  
MICROPAR 6 y 8**

**ARNÓ**

**[www.arno.es](http://www.arno.es)  
Tel. (+34) 973 243 262**

**SEDE CENTRAL  
Pl. de l'Ensenyança, 1  
25002-LLEIDA**

**SEDE SOCIAL, PARQUE DE MAQUINARIA Y TALLERES  
Carretera de Tamarite, 3-13  
25120-ALFARRÁS (Lleida)**