

INNOVACIÓ EN PAVIMENTS

Mescles bituminoses per capes ultrafines
MICROPAR 6 i 8

AIRNÓ

SUMARI

- **INTRODUCCIÓ** p. 2
- **COMPONENTS** p. 3
 - ÀRIDS
 - BETUM
 - POLS MINERAL D'APORTACIÓ
- **VOLUMETRIES DE LES MESCLES MICROPAR**..... p. 5
 - GRANULOMETRIES
 - BUI TS EN MESCLA
- **ADHERÈNCIA DE CAPES DE MESCLES BITUMINOSES AUTL**..... p. 8
 - SISTEMA D'ADHERÈNCIA PER MESCLES BITUMINOSES MICROPAR
- **CONDICIONS DEL SUPORT, FABRICACIÓ I POSSADA EN OBRA**..... p. 10
- **MARCAT CE I ASSEGURAMENT DE LA QUALITAT**..... p. 11

INTRODUCCIÓ

ARNÓ té en el seu catàleg de productes dues mescles bituminoses en calent tipus AUTL, pel seu ús en capes de trànsit ultrafines. Van ser desenvolupades en el marc del seu Projecte de Recerca MICROPAR (2015-2016) que va comprendre estudis de materials i assaigs de laboratori, així com proves en central i sobre trams experimentals, per verificar la seva formulació i establir les condicions idònies de posada en obra. En 2017 ARNÓ ha aplicat amb èxit les seves mescles tipus AUTL, entre altres llocs, en vies de la xarxa de carreteres de l'Estat.

MICROPAR 8 (AUTL 8): és una mescla bituminosa de tamany màxim 8 mm, amb una discontinuïtat granulomètrica en l'interval 3/5 mm, dissenyada per ser aplicada en capes de 10 a 20 mm de gruix en ferms de carreteres. La capa acabada presenta una macro-textura, mesurada amb cercle de sorra (UNE-EN 13.036-1), superior a 1,5 mm i un coeficient de fregament longitudinal inicial, mesurat amb pèndol TRRL (UNE-EN 13036) superior 0,75.

MICROPAR 6 (AUTL 6): és una mescla bituminosa de tamany màxim 6 mm, amb una discontinuïtat granulomètrica en l'interval 2/4 mm, dissenyada per ser aplicada en capes de 8 a 16 mm de gruix en paviments urbans. La capa acabada presenta una macro-textura, mesurada amb cercle de sorra (UNE-EN 13.036-1), superior a 1,2 mm i un coeficient de fregament longitudinal inicial, mesurat amb pèndol TRRL (UNE-EN 13036), superior 0,70.

ARNÓ ha dissenyat les seves mescles bituminoses MICROPAR introduint exigències específiques en relació amb els seus components (àrids, betum, pols mineral d'aportació), volumetries (granulometria, contingut de betum, buits), sistema d'unió al suport, condicions de posada en obra i control de qualitat, per obtenir paviments més segurs, confortables i duradors, amb mínims consums de matèries primeres i fent innecessari modificar cotes de senyals, barreres de seguretat o altres elements de la via.

COMPONENTS

Les mescles bituminoses MICROPAR d'ARNÓ s'elaboren amb components específicament seleccionats per satisfer els requisits de rugositat, cohesió i resistència mecànica de paviments segurs i confortables que, malgrat un gruix tan reduït, es dissenyen per superar la durabilitat dels paviments convencionals. La qualitat dels àrids, del betum i de la pols mineral d'aportació és essencial per aconseguir aquest objectiu. A més, s'utilitzen fibres de cel·lulosa per estabilitzar elevades proporcions de lligant bituminós i evitar qualsevol escorriment durant el transport o la posada en obra.

ÀRIDS

Els àrids utilitzats per ARNÓ a les mescles bituminoses MICROPAR són de màxima qualitat. S'utilitzen en mescles bituminoses on el fregament intern constitueix el principal mecanisme resistent davant les accions del trànsit i que han de proporcionar una elevada adherència pneumàtic-paviment durant tota la seva vida útil.

Són àrids de procedència pròpia perquè entre les seves explotacions, ARNÓ compta amb pedreres de gabre a Osca, andesites a Guadalajara i milonites a Toledo. En elles s'obtenen àrids que superen els màxims requisits de resistència a la fragmentació (LA UNE-EN 1097-2 <15) i el poliment (PSV, UNE-

EN 1097-8 > 56). En concret l'àrid utilitzat com a Patró espanyol en l'assaig de resistència al poliment, procedeix de la pedrera de Alpedroches (Guadalajara).

Angulositat, forma i granulometria dels àrids gruixuts són també propietats d'interès, ja que per dosificar amb la precisió exigida per les mescles MICROPAR és important emprar partícules cúbiques i fraccions homogènies. Aquestes propietats depenen, bàsicament, de les condicions de producció en la pedrera. ARNÓ s'ha imposat criteris especialment restrictius pel que fa als valors d'índex de forma (FI, UNE-EN933-3 <8) i homogeneïtat ($D / d < 1,6$), d'acord amb les exigències de les seves mescles MICROPAR.



El Aljibe (TO)



La Soriana (HU)



Alpedroches (GU)

COMPONENTS

BETUM

En les experiències realitzades fins ara s'ha utilitzat betum PMB 45/80-65. Es considera que emprar betum modificat contribueix a incrementar la durabilitat de la mescla bituminosa, millorant la seva cohesió i retardant el seu envelliment. L'elecció del tipus de betum s'efectua, en tot cas, en funció de les condicions de cada projecte en concret.

POLS MINERAL D'APORTACIÓ

La fabricació de mescles bituminoses per a capes ultra-fines requereix comptar amb elevades proporcions de pols mineral d'aportació ja que l'introduït amb l'àrid fi és insuficient per completar la demanda total de la mescla. La selecció de la pols mineral idònia és important des del punt de vista de la seva contribució a les propietats funcionals de la mescla bituminosa, però també en relació amb el cost de fabricació.

ARNÓ va confiar l'estudi de diverses pols minerals d'aportació al Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental de la Universitat Politècnica de Catalunya. Es va tenir especial cura en residus d'interès, com cendres volants i de fons de forn d'una planta de valorització energètica de la paperera SAICA a El Burgo d'Ebre (Saragossa). A més es van analitzar altres pols minerals comercials més habituals, com ciment i carbonat càlcic. El treball de la UPC ha servit perquè ARNÓ compti amb criteris tècnics rigorosos per optimitzar la dosificació de diferents pols minerals d'aportació, convencionals o no, en tot tipus de mescles bituminoses i, en particular, en les seves mescles tipus MICROPAR 6 i 8.

VOLUMETRIES DE LES MESCLES MICROPAR

ARNÓ dissenya les seves mescles bituminoses MICROPAR tractant de prendre en consideració totes les propietats que tenen relació amb el seu comportament en servei i amb la seva durabilitat.

Entre aquestes propietats cal esmentar la volumetria de la mescla posada en obra: granulometria de la mescla d'àrids, contingut de betum i buits en mescla.

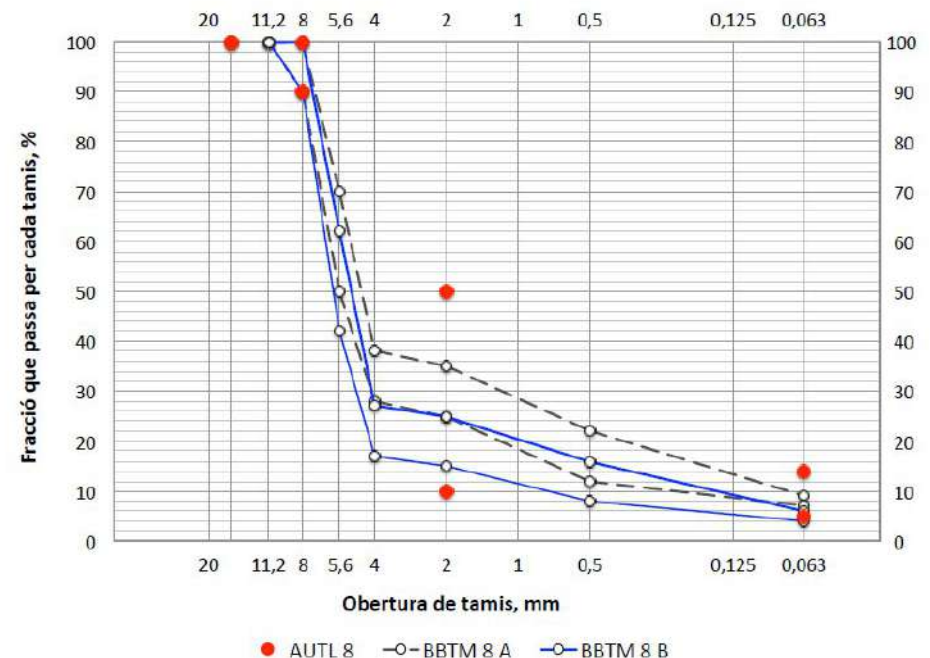
GRANULOMETRIES

Les granulometries de les combinacions d'àrids utilitzades en les mescles bituminoses MICROPAR s'ajusten als fusos granulomètrics que preveu la pre-norma europea pr-EN131089, en particular, els corresponents a les mescles denominades AUTL 8 i AUTL 6. En tant no es redacti un annex nacional, els fusos de la pre-norma europea admeten una àmplia varietat de corbes granulomètriques (a la figura 1 es pot veure com el fus AUTL 8 inclou els fusos BBTM 8 A i B del PG-3, per exemple).

Les mescles AUTL segueixen sent, predominantment, productes patentats i per això cada fabricant fa servir les seves pròpies fórmules de treball, utilitzant mescles d'àrids de granulometries molt diferents.

ARNÓ ha limitat els fusos de la pre-norma establint valors per als tamisos intermedis 4 i 0,5 mm optant per mescles d'àrids fortament discontinües alhora que riques en morter i amb proporcions de pols mineral pròximes al límit superior que estableix el PG-3 per a les mescles tipus BBTM B. Com és natural, en el control de producció d'aquestes mescles s'adopta

com a referència el fus restringit definit a partir de la corba granulomètrica seleccionada amb la fórmula de treball.



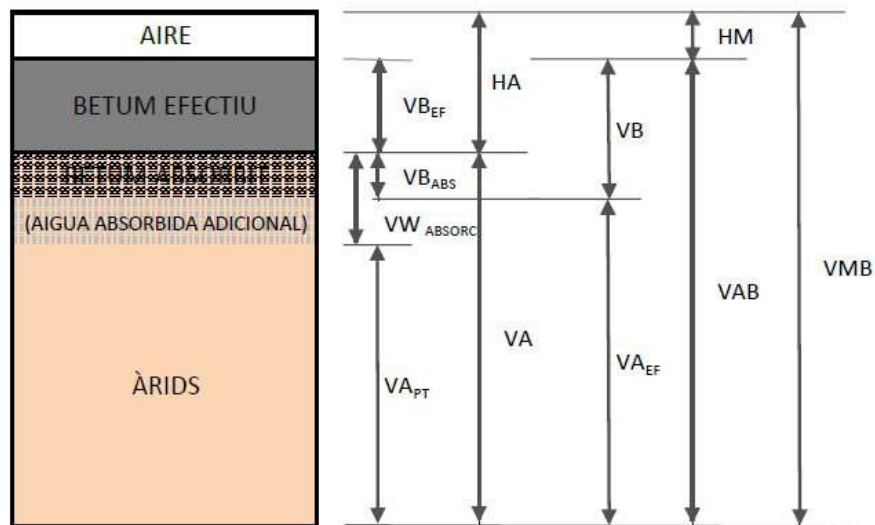
VOLUMETRIES DE LES MESCLES MICROPAR

CONTINGUT DE BETUM

El contingut de betum de les mescles MICROPAR es determina seguint la clàssica regla d'or del disseny de mescles: una mescla bituminosa ha de portar tant betum com sigui possible, sense que sigui massa betum, el que no deixa de ser una forma de dir que mentre s'obtinguin mescles amb suficient resistència a les deformacions plàstiques, elevar el contingut de betum equival a millorar totes les propietats relacionades amb el seu comportament en servei i a incrementar la vida útil del paviment construït.

En el cas de les mescles bituminoses per a capes ultrafines, és especialment necessari maximitzar la seva cohesió ja que solen elaborar-se utilitzant granulometries molt discontinües. A causa del seu reduït espessor, qualsevol mínim despreniment superficial pot comprometre la integritat d'un paviment. D'altra banda, la durabilitat es relaciona també molt directament amb el gruix de la pel·lícula de lligant que envolta els àrids.

Les mescles MICROPAR es dosifiquen prenent com a paràmetre de disseny el betum efectiu (betum total-betum absorbit per la porositat dels àrids) per tal d'avaluar correctament la quantitat de lligant que contribueix a la durabilitat de la mescla. A més, en la compactació de provetes en laboratori s'utilitzen energies de compactació que tracten de simular amb la millor aproximació la densificació que té lloc en obra (en els projectes executats fins ara, de 20 a 35 cops per cara quan s'utilitza la compactadora Marshall).



Abreviatures: **VB_{EF}** Volum de betum efectiu; **VB_{ABS}** Volum de betum absorbit; **HA** Buits en àrids; **VA** Volum d'àrids; **VB** Volum de betum; **VA_{EF}** Volum d'àrids efectiu; **VA_{PT}** Volum d'àrids partícules; **HM** Buits en mescla; **VAB** Volum d'àrids i betum; **VMB** Volum de la mescla; **VW** Absorció d'aigua

VOLUMETRIES DE LES MESCLES MICROPAR

exigeixen l'ús d'algun agent estabilitzador que fixi correctament el lligant bituminós i previngui de qualsevol escorriment durant el transport i posada en obra de la mescla bituminosa.

BUI TS EN MESCLA

La definició dels paràmetres volumètrics de la mescla bituminosa posada en obra es completa amb la determinació dels seus buits en mescla (buits en àrids i buits reblerts de betum poden deduir-se a partir de buits en mescla i contingut de betum).

D'acord amb els resultats dels estudis efectuats, ARNÓ dissenya les seves mescles bituminoses MICROPAR amb buits en mescla compresos en l'interval 12-18%, el que proporciona una bona solució de compromís entre la necessitat de garantir la cohesió i la resistència de la mescla bituminosa a l'acció de l'aigua, i els requisits d'un paviment amb la macrotextura adequada per presentar una bona adherència pneumàtic-paviment, reduïda sonoritat i suficient drenabilitat superficial.



ADHERÈNCIA DE CAPES DE MESCLES BITUMINOSES AUTL

Tal com especifica la prenorma europea pr-EN13108-9 Bituminous mixtures – Material specifications - Part 9: Asphalt for Ultra-Thin Layer (AUTL), (pr-EN13108-9), tot i estar fora del seu abast, el mètode d'unió (entre el suport i la mescla AUTL) és una part essencial del procés. El producte final és una combinació del sistema d'unió i la mescla bituminosa.

És obvi que com més petit és el gruix del paviment més greus són les conseqüències de eventuais desprendiments del suport. En conseqüència, és important comptar amb un reg d'adherència que proporcioni una unió satisfactòria i preveure que això pot requerir millorar les propietats dels regs convencionals utilitzats en capes de gruixos més grans.

ARNÓ ha optat per desenvolupar un sistema propi per a la unió entre el suport i els paviments construïts amb mescles MICROPAR després de valorar les diverses opcions ofertes per les tecnologies actuals: referides al tipus de lligant (emulsions termo-adherents o regs amb betum pur), als mitjans de posada en obra (cisternes convencionals, cisternes amb doble o triple rampa de reg, estenedores amb cisterna i rampa de reg incorporades) i als sistemes de protecció del lligant residual (distribució controlada d'aigua, àrid, beurada de calç o altres materials).

Per diverses raons (facilitat de control, garanties de absències de contaminacions, menors interferències amb la resta de les operacions d'estesa o possibles afeccions a la qualitat de la capa de transit), s'ha considerat preferible la utilització d'una beurada de calç com a sistema de protecció i millora de la unió entre un paviment ultra-fi i el seu suport a les dues opcions alternatives actualment emprades a Espanya, les quals confien la qualitat de la unió exclusivament a l'aplicació d'emulsions del tipus anomenat termo-adherents o bé a l'execució simultània de les operacions de aplicació del reg d'adherència i de estesa de la nova capa de mescla bituminosa amb una màquina pavimentadora adaptada amb aquesta finalitat.



ADHERÈNCIA DE CAPES DE MESCLES BITUMINOSES AUTL

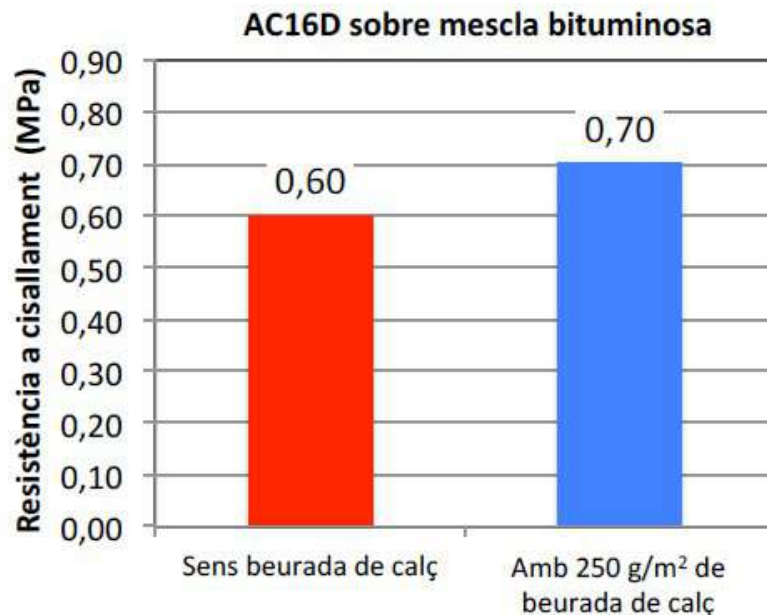
SISTEMA D'ADHERÈNCIA PER MESCLES BITUMINOSES MICROPAR

Al contrari que altres alternatives, l'aplicació d'una beurada de calç diluïda i estabilitzada s'ha mostrat com un bon sistema de protecció i millora dels regs d'adherència, en qualsevol circumstància. D'acord amb els estudis realitzats per ARNÓ, la beurada de calç és el tractament idoni per satisfer les exigències dels regs d'adherència necessaris per a la posada en obra de les mescles MICROPAR. La beurada de calç és efectiva sobre tot tipus de suports i amb diferents lligants i dotacions, assegurant

la unió i proporcionant la protecció necessària per mantenir la integritat del reg d'adherència projectat.

El sistema d'unió emprat per ARNÓ està constituït per l'aplicació successiva de la dotació òptima d'emulsió termo-adherent (habitualment en el rang 300-400 g/m² de lligant residual, en funció de l'estat del suport) i la distribució de 250 g/m² d'una beurada d'hidròxid càlcic diluïda i estabilitzada. Les partícules d'hidròxid càlcic, a més de preservar la integritat de la pel·lícula de lligant del reg d'adherència i, gràcies al seu efecte rigiditzador, milloren la resistència a tallant del conjunt de la interfase suport paviment en una mesura que depèn de la concentració de la beurada utilitzada.

Segons els resultats del nostre projecte de recerca SUPERBIT, a més de la resistència a tallant, aquest sistema d'unió millora el mòdul transversal de la interfase, la seva vida a fatiga a tallant i la durabilitat de la capa bituminosa sobreposada.



CONDICIONS DEL SUPORT, FABRICACIÓ I POSSADA EN OBRA

En general, les capes ultrafines requereixen suports estables, regulars, poc fissurats i resistents a les deformacions. Encara que MICROPAR 6 i 8 admeten gruixos variables i permeten rehabilitar paviments molt envellits, és convenient corregir prèviament, mitjançant fresat o l'estesa d'una capa de regularització, les irregularitats que superin els 5 mm, en sentit longitudinal o transversal, sobre una longitud de referència de 3 m. A més, el suport s'ha de trobar net, s'han de reparar les zones excessivament permeables o que presentin exsudacions de lligant i s'han d'eliminar les marques vials que puguin impedir la correcta unió de la nova capa bituminosa.

Les mescles bituminoses en calent MICROPAR es produeixen en centrals de fabricació convencionals a temperatures compreses entre 150 i 170°C. L'estesa s'efectua també amb maquinària convencional, un cop completada l'execució del sistema d'unió

amb el suport que comprèn dues fases: reg amb emulsió termo-adherent de betum modificat amb polímers i aplicació del sistema de protecció i millora d'adherència basat en la distribució d'una beurada de calç. El tractament amb calç es pot aplicar després del trencament de l'emulsió. La mescla MICROPAR s'estén quan que s'ha evaporat completament l'aigua que forma part de la beurada de calç.

La compactació es confia a compactadors de llanta metàl·lica tipus tàndem, operat sense vibració, durant un nombre reduït de passades. La seva funció consisteix a acomodar convenientment els àrids de major tamany immediatament després de estesa la mescla bituminosa. L'execució de juntes longitudinals i transversals no presenta problemes particulars. La superfície pavimentada pot obrir-se a la circulació del trànsit una vegada s'acabin les operacions de compactació.



MARCAT CE I ASSEGURAMENT DE LA QUALITAT

La mescla bituminosa en calent MICROPAR 8 compta amb certificat de conformitat amb el Marcat CE, segons la Norma UNE Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA UNE EN 13.108-5. La qualitat dels components de les mescles MICROPAR, així com la seva fabricació i posada obra, i el sistema d'unió amb el suport es controlen d'acord amb el que disposa el Pla d'Assegurament de la Qualitat certificat de ARNÓ i amb les exigències del Marcat CE de productes.



INNOVACIÓ EN PAVIMENTS

**Mescles bituminoses per capes ultrafines
MICROPAR 6 i 8**

ARNÓ

**www.arno.es
Tel. (+34) 973 243 262**

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

**SEU SOCIAL, PARC DE MAQUINÀRIA I TALLERS
Carretera de Tamarite, 3-13
25120-ALFARRÀS (Lleida)**