

MICROBÉTON BITUMINEUX DANS LA VIALITÉ HIVERNAL

Julio del Pozo

Sorigué SA, España

juliodelpozo@telefonica.net

Nuria Querol, Xavier Agulló

Sorigué SA, España

nuria.querol@sorigue.com, xavier.agullo@sorigue.com

RESUMÉ

Développé initialement aux débuts des années 80 en France, les microbétons bitumineux se sont rapidement propagés sur le reste du continent, principalement utilisés pour:

- ✓ Augmenter la résistance au glissement sous la pluie.
- ✓ Diminuer le bruit du frottement pneumatique sur la chaussée.
- ✓ La réhabilitation de la surface des anciennes chaussées.
- ✓ Les pavements urbains.
- ✓ La réduction budgétaire de l'entretien de la surface des chaussées.
- ✓ Améliorer la perception des signaux horizontaux en conditions climatiques difficiles.

Parmi les différents types de couches minces existantes, celles qui ont rencontré le plus de succès sont les microbétons bitumineux discontinus, formés par des couches entre 1,5 et 3,5 cm d'épaisseur.

Ces dernières années, l'Andorre a mené des essais sur route situés à différentes altitudes (950m, 1500m), avec des résultats satisfaisants, grâce à la macro texture sur ce type de surfaces. Les résultats permettent de conclure que les microbétons bitumineux à chaud présentent une haute résistance à la déformation permanente, une amélioration significative des conditions de circulation des usagers, et de la durabilité, qui, dans son ensemble, dépassent celles obtenues avec d'autres mélanges conventionnels.

1.- INTRODUCTION

Les microbétons bitumineux, d'abord à froid puis à chaud, ont été largement utilisés dans les couches de roulement avec l'intention de lui donner des caractéristiques particulières par rapport aux couches conventionnelles, denses ou semi-dense, utilisées traditionnellement.

Les caractéristiques de chacun d'eux, froids et chauds, sont entre autres les suivantes:

Microbéton bitumineux froid:

- ✓ Économie dans le mélange et sur l'épaisseur.
- ✓ Frottement à basse vitesse en raison de sa texture positive et mégatexture.
- ✓ Un certain pouvoir d'étanchéité pour des fissures top-down fines et dispersées.
- ✓ Réduction des coûts énergétiques pour sa fabrication.
- ✓ Moins bonne durabilité que les enrobés à chaud.

- ✓ Un faible pouvoir d'étanchéité des fissures les plus développés en raison de sa rigidité excessive.
- ✓ Bruit de la circulation excessive.
- ✓ La vulnérabilité à l'action des pales des déneigeuses.
- ✓ Perte de granulats dans les premiers moments de sa mise en service.

Microbéton bitumineux à chaud:

- ✓ Économie dû à sa faible épaisseur.
- ✓ Friction à des vitesses moyennes et élevées en raison de sa texture négative.
- ✓ Meilleur pouvoir d'étanchéité.
- ✓ Une durabilité accrue, équivalent aux enrobés à chaud.
- ✓ Amortissement du bruit de la circulation.
- ✓ Confort et sécurité pour l'utilisateur.
- ✓ Ouverture à la circulation immédiate.
- ✓ Une meilleure visibilité des marquages routiers dans les climats défavorables.
- ✓ Moins vulnérables à l'action des pales des déneigeuses, en raison de sa texture.

Ces caractéristiques l'une par rapport à l'autre, parfois opposées, proviennent d'une utilisation accrue des microbétons bitumineux à chaud ces dernières années, et c'est à eux, dans le cas de conditions routières hivernales, que se réfère le présent exposé.

2. RESUMÉ DES NORMES

Les microbétons bitumineux à chaud, ou des enrobés discontinues sont codifiés comme BBTM (Béton Bitumineux Très Mince) avec une taille de granulat maximale de 11 mm et 8 mm, avec plus ou moins de discontinuité, type A, moins discontinue, ou type B, plus discontinue. La granulométrie de chacun d'entre elles sont celles des Figures 1 et 2.

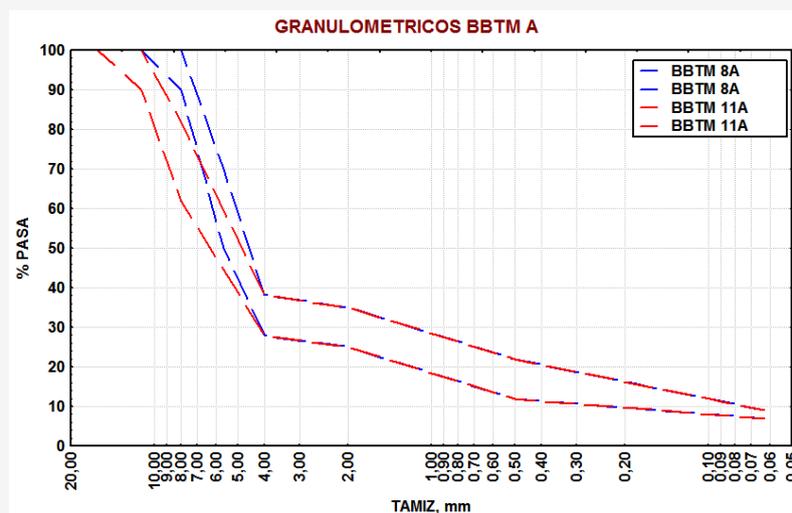


Figure 1

Le gros granulat doit être écrasé complètement, avec un coefficient de Los Angeles inférieur à 15, et un CPA de 44 à 56, selon le type de trafic.

Le type de bitume varie de BM-3c pour la pénétration, également selon le type de trafic.

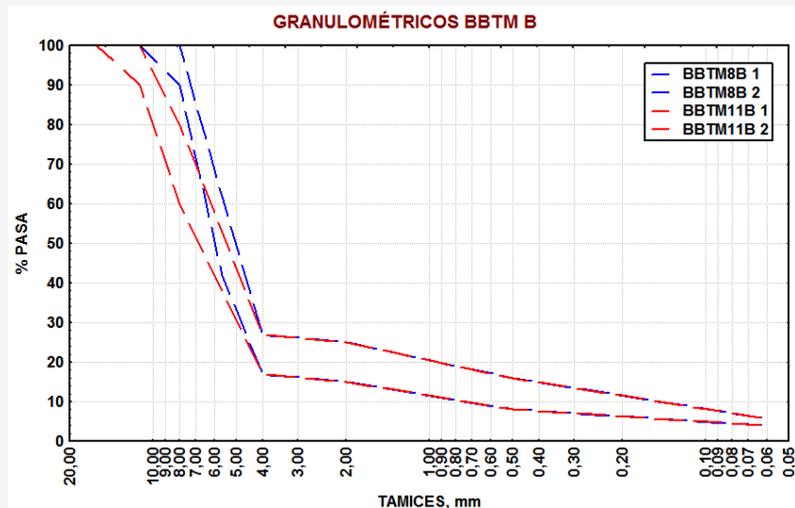


Figure 2

Ceux de dimensions inférieurs à 4 mm sont égaux pour les types A et B, et seulement le gravillon est plus ou moins épais dans les deux cas. Les cavité minimums dans le cas A sont de 4%, et dans le cas B, de 12%. La texture est supérieure (minimum 1,5 mm) dans le B, et plus petit (1,1 mm) dans le A, comme cela correspond aux dimensions maximales d'épaisseur. Le coefficient de frottement CRT minimum est de 65 ans pour le A, plus continu, et 60 pour le B, avec une texture similaire à les enrobés drainants.

La déformation permanente mesurée selon la procédure B, dans l'air, selon la norme UNE-EN 12697-22, à 60 ° C, et une fois compacté l'échantillon selon la norme UNE-EN 12697-30, devrait être de 0.07 À 0,10, selon le type de trafic. La sensibilité à l'eau selon la norme UNE-EN 13697-12 doit être supérieure à 90%.

3.- LES CARACTERISTIQUES DE BASE ET L'EVOLUTION DES MICROBÉTON BITUMINEUX

Les microbétons bitumineux, composées essentiellement d'une proportion importante de gravillon et d'une minorité de sable qui sert de mortier cohésif de l'ensemble, possèdent initialement des propriétés qui varient en fonction de la proportion de chacun des deux groupes granulométriques.

Ainsi, par exemple, le coefficient de frottement CRT varie avec la vitesse du véhicule de manière différente selon les mélanges denses ou semi-denses. Les microbétons bitumineux à chaud avec plus de textures et moins de surface de contacts à faible vitesse, amortissant moins les chutes de CRT en raison de sa drainabilité superficielle à grandes vitesses, coefficient d'amortissement de 0,0076 contre 0,0161 avec un mélange semi-dense.

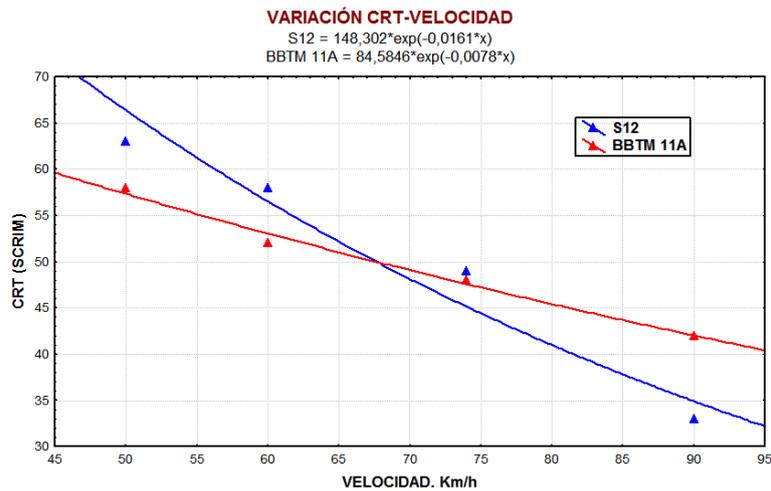


Figure 3

La texture, facteur qui va influencer sur la drainabilité superficielle, l'amortissement du bruit et la visibilité dans des conditions météorologiques défavorables, est liée à la proportion de gravillon, de taille maximale, sa continuité, de forme plus ou moins cubique, et la vitesse de propagation. A titre d'exemple la variation de la texture avec la proportion de sable représenté sur la Figure 4.

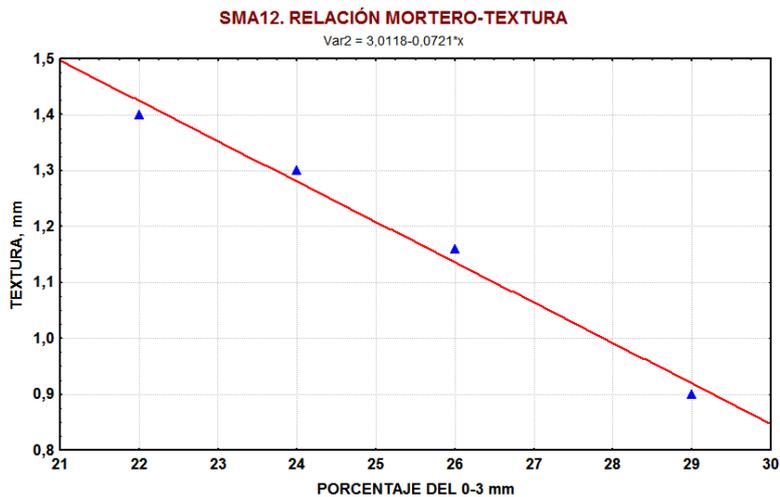


Figure 4

Quant à son comportement futur sur les tronçons à fort trafic, de type T00, les figures 5, 6 et 7 donnent un aperçu de l'amortissement de leurs caractéristiques fonctionnelles. Cette variation est également soumise à la nature des granulats, la forme et surtout le trafic routier en question, qui représente dans ce cas les conditions les plus difficiles de circulation, aussi bien de l'intensité des véhicules que du pourcentage de poids lourds.

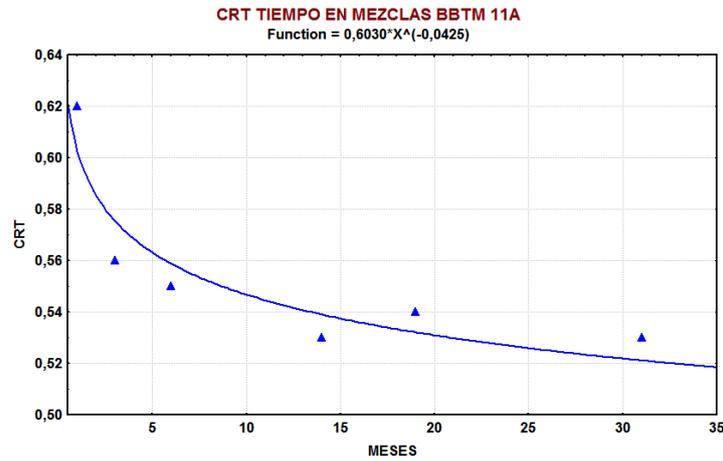


Figure 5

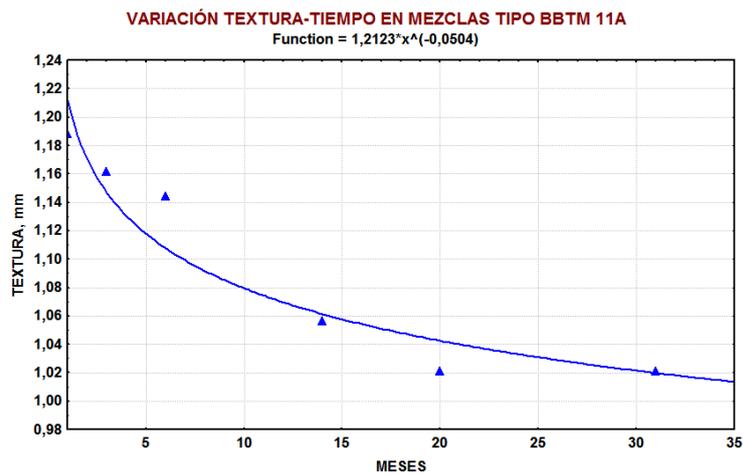


Figure 6

La Figure 7 montre que, dès le début, le mélange est étanche et qu'ensuite se referme asymptotiquement vers des valeurs très élevées. La proportion élevée de filler et de bitume fait que cela peut également imperméabilisé les fissures singulières et plus importantes comme les joints de construction, tassement de la fondation, retrait de gravier de ciment, etc.

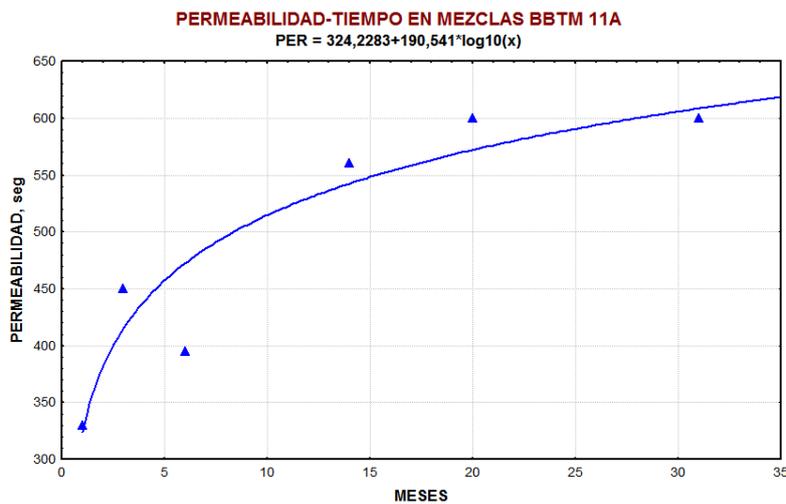


Figure 7

4.- LES MICRO-BÉTON BITUMINEUX PAR TEMPS FROID

Les mélanges discontinus devraient être conçus en particulier si elles étaient étendues aux climats froids, car ils ont des caractéristiques qui peuvent le rendre plus vulnérable à certains aspects déterminés que des mélanges conventionnels. Ainsi, sa texture, qui donne les bonnes qualités mentionnées, comporte également une plus grande surface en contact avec l'air ce qui peut provoquer que son refroidissement soit plus rapide, même si d'autres facteurs entrent en jeu comme la nature des granulats. Cet effet rend préférable les mélanges de type BBTM A, qui ont moins de texture et plus de mastic.

D'autre part, la plus faible teneur en cavités du type A, permet de créer une structure de mortier avec des cavités interconnectés qui servent à diminuer le coefficient de conductivité thermique de l'ensemble. Le type B en dépit d'avoir plus de cavités, ceci seront proportionnellement plus communiquées, de sorte que l'effet isolant de l'air n'aura pas lieu, permettant au mélange d'avoir une plus grande surface en contact avec l'air froid.

En outre, les mélanges de type A, pour avoir plus de mastic, seront plus imperméable, améliorant de ce fait la structure de la chaussée et les conditions routières hivernales, particulièrement lors des gelées qui surviennent après la pluie.

En ce qui concerne le comportement de ces mélanges pour résister au passage des pales des déneigeuses, il faut souligner l'importance qu'a l'utilisation d'éléments en caoutchouc ou en polyuréthane pour protéger le sol, mais en tout état de cause la texture négative de ce type de mélanges rend plus résistant à l'érosion potentielle produite par ce type de machines.

Sur la base de ces considérations, les mélanges de type BBTM 11A ou BBTM 8A sont les Microbéton bitumineux les plus adaptés pour les climats froids où l'entretien hivernal est un facteur important à considérer.

5.- PRODUITS ANTI-GEL

Il existe des produits ajoutés au mélange d'asphalte qui permette de réduire le point de congélation à -6°C . Ces produits peuvent être ajoutés aux microbétons bitumineux chauds et froids. L'un d'eux est un filler composé de sels tels que CLNa, Cl₂Ca et silicones, ce dernier agissant en tant que produit hydrofuge protégeant de la dissolution éventuelle des sels.

Pour tester son efficacité en tant que filler et de produit antigel, il y a eu des tests de laboratoire caractérisant le produit et son action sur les enrobés. Pour cela ont été faits les essais suivants :

- ✓ La granulométrie du filler antigel et la récupération de l'usine
- ✓ Essais rhéologiques sur le mastic avec diverses proportions de filler et sa comparaison avec un enrobé conventionnel de référence. Ces essais sont les suivants : DSR à différentes températures, résistance au fluage et ductilité à 5°C .
- ✓ Sur les enrobés ont été fait des tests de compactage à l'aide de machine rotative, vides, la sensibilité à l'eau et des essais sur piste.
- ✓ Différents échantillons ont été testés à des températures basses puis en observant son évolution.

La granulométrie du produit antigel a été réalisée à l'aide de laser Mastersizer afin de connaître la gamme complète de dimensions comparant avec le filler d'usine.

Les résultats sont les suivants :

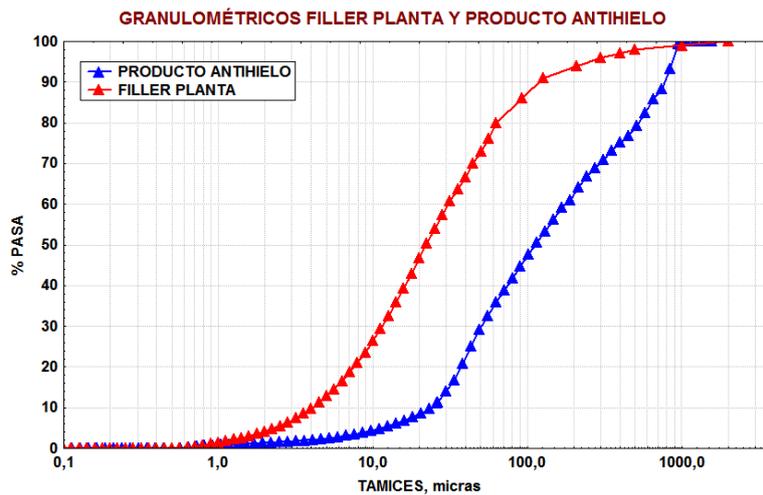


Figure 8

La surface spécifique du filler d'usine est de 307 m²/kg, et le produit antigél est de 105 m²/kg. Par conséquent, plus la proportion du filler d'usine soit dans l'enrobé, à proportion égale de bitume, plus rigide, plus résistant à la déformation plastique à des températures élevées, et moins de fissure à basse température.

Les essais de rhéologie du mastic ont été réalisés avec une composition de filler/bitume, de 1,5:1. Le bitume était de type B de 50/70 et BM-3c, et le filler a été tamisé de 0,063 mm avec trois compositions: toute la poudre minérale filler d'usine, 82% de la poudre minérale d'usine et 18% du produit antigél ; et 74 % de la poudre minérale d'usine, et 26% de produit antigél.

Le désignation des échantillons est comme suit : Le premier est constitué par le mastic de référence (**MR-B**) avec le bitume B 50/70, et (**MR-BM**) avec le bitume BM-3c ; le second, avec 18% de produit antigél passé le tamis de 0,063 mm (**M1-B**), avec le bitume B 50/70, et (**M1-BM**) avec le bitume BM-3c ; et le troisième, avec 26% de produit antigél passé par le tamis de 0,063 mm, (**M2-B**) avec le bitume B 50/70, et (**M2-BM**) avec le bitume BM3c.

Tous les échantillons ont été testés avec le Rhéomètre de cisaillement DSR, à 58 ° C et 25 ° C. Les résultats sont présentés dans les figures 9 et 10.

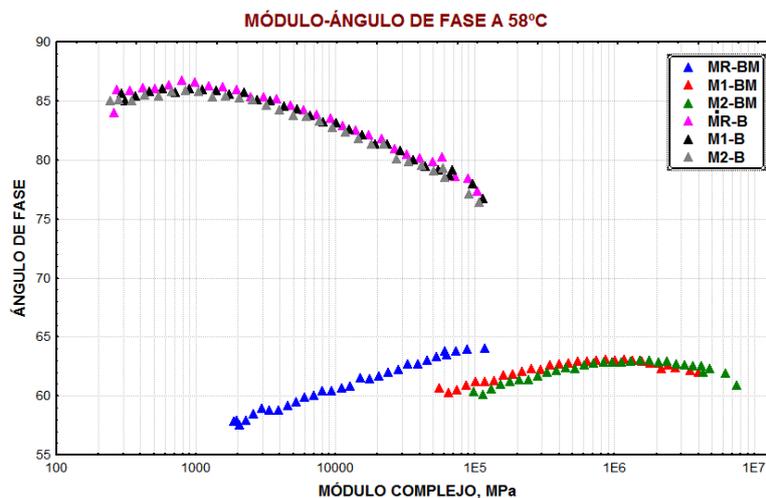


Figure 9

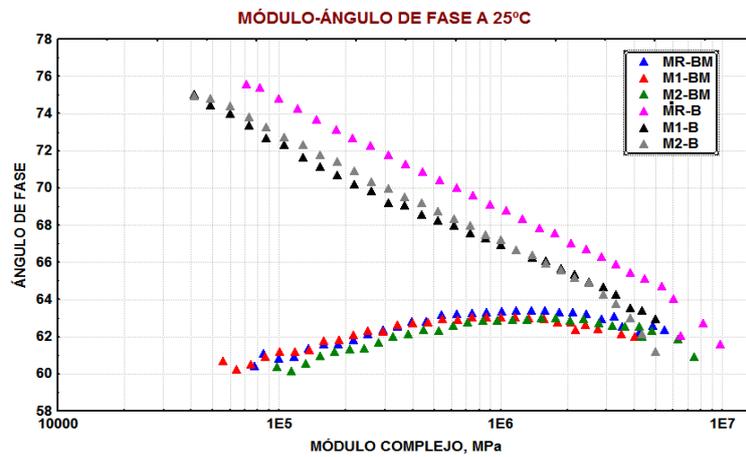


Figure 10

Les fréquences ont varié de 0,01 Hz à 10 Hz

Le diagramme de Black à 58 ° C montre le meilleur comportement du bitume modifié, avec une gamme d'angles de phase nettement inférieures et indépendantes de la fréquence. Les modules sont également supérieurs à l'échantillon de bitume normal, indiquant un comportement plus élastique et bon pour les déformations plastiques, en particulier le M2-BM.

Ce point devra être vérifié au moment de l'essai sur piste avec l'épaisseur de la conception, qui est de 3 cm. Cette épaisseur peut compenser la sensibilité du mastic, car l'enrobé discontinu travaille essentiellement par frottement des granulats

A 25 ° C, le rendement avec et sans bitume modifié converge vers les hautes fréquences, au fur et à mesure que les charges sont plus lentes le comportement diverge montrant la supériorité du BM-3c, avec un écart de l'angle inférieur, pratiquement aussi constant que le niveau des fréquences mesurée, et donc avec un comportement élastique plus prononcé.

Afin de compléter notre connaissance du mastic avec et sans produit antigél, ont été également effectué des tests de creep avec le DSR à 58 ° C et 25 ° C, avec une charge de 1000 N, temps de charge de 5 sec., et un temps de récupération de 120 sec. Les résultats sont les suivants:

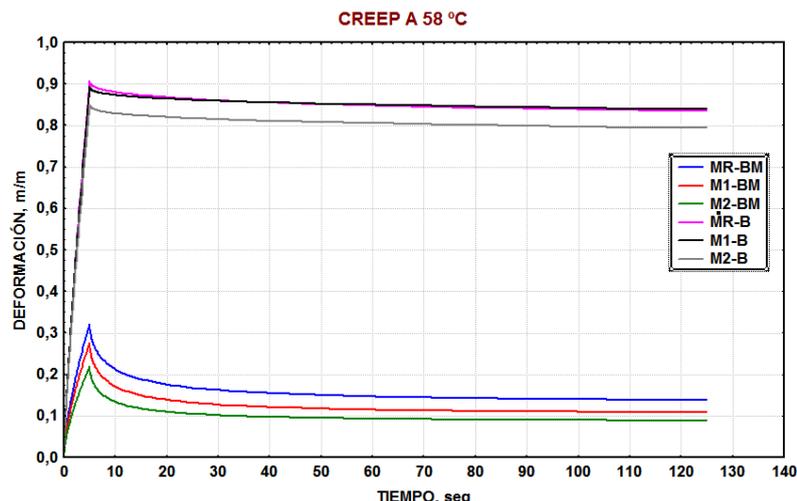


Figure 11

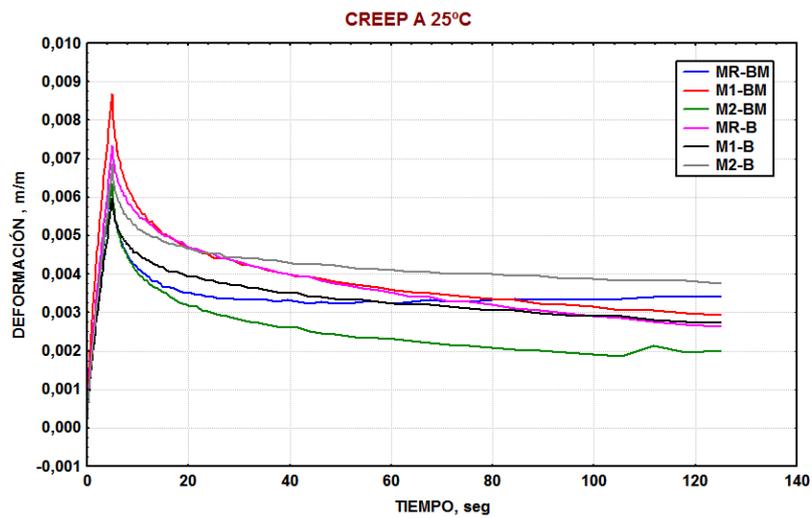


Figure 12

La tension maximum et le taux de récupération de l'ensemble des essais sont résumés dans le tableau 1 ci-dessous. Il est évident que le comportement est très différent du BM-3c à des températures élevées, qui en revanche, tant à s'uniformiser à 25 ° C.

MASTIC	TEMPÉRATURE	PIC, N	% RECUPERATION
MR-BM	58°C	0,322	0,57
M1-BM		0,276	0,61
M2-BM		0,219	0,59
MR-B		0,907	0,08
M1-B		0,894	0,06
M2-B		0,851	0,07
MR-BM	25°C	0,006	0,46
M1-BM		0,009	0,66
M2-BM		0,006	0,68
MR-B		0,007	0,64
M1-B		0,006	0,54
M2-B		0,007	0,45

Tableau 1

Par rapport au comportement à la fissuration à basses températures, a été pris en compte la ductilité est prise à 5 ° C comme paramètre qualitatif du comportement des mastics (figures 13 et 14). Le pic des trois échantillons de bitume de pénétration est similaire, mais si vous définissez un coefficient égal à la zone délimitée divisée par la déformation maximale, c'est une caractéristique du comportement à basse température. A plus faible coefficient, plus grande est la capacité de déformation avec à une absorption d'énergie plus faible. Alors que le M2-B serait le mieux qualifié, presque égalé par le MR-B et enfin le M1-B.

	SURFACE, N*mm	ALINEAMIENTO mm	COEFICIENT, N
MR-BM	5457	34,43	141
M1-BM	5054	38,69	134
M2-BM	6848	41,3	169
MR-B	4919	28,41	173
M1-B	3778	21,53	175
M2-B	5083	30,13	169

Tableau 2

Par rapport aux échantillons de bitume modifiés, le pic le plus bas se produit avec l'échantillon M1-BM, avec l'énergie-déformation plus faible et plus favorable pour le M1-BM, suivi par MR-BM et enfin le M2-BM.

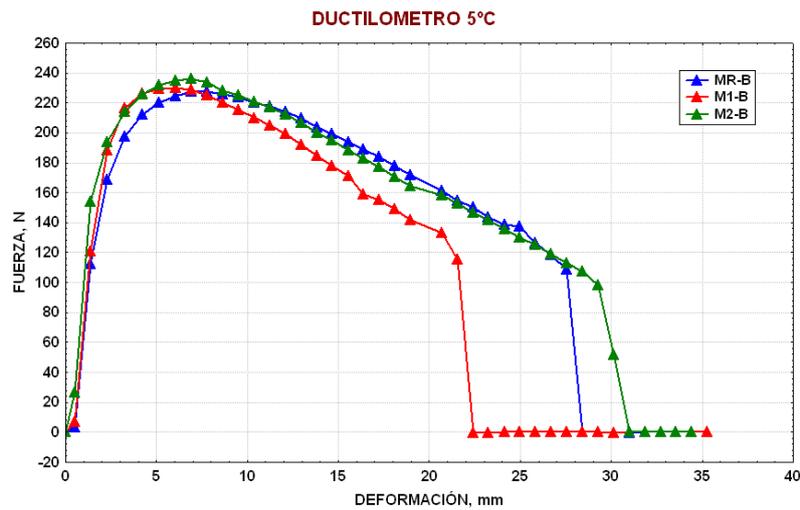


Figure 13

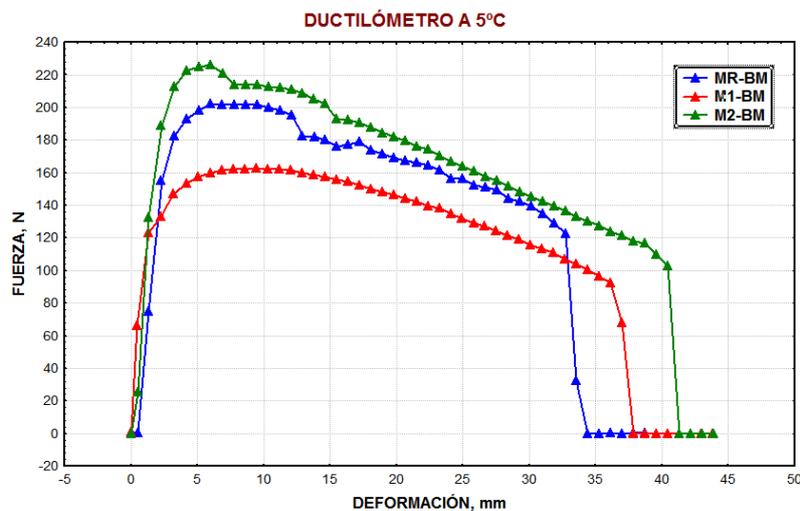


Figure 14

L'étude des mélanges a été faite avec différentes options en fonction du produit antigél, les bitumes de pénétration et les bitumes modifiés. Étant donné le tamisage du filler antigél dans plusieurs échantillons, ils ont des pourcentages différents à travers du tamis

de 0,063 mm, a été choisie la moyenne de 36% comme référence pour doser les échantillons. Le bon dosage du produit antigél est de 4% pour les agrégats, trois hypothèses sont formulées:

- ✓ **Enrobé BBTM 11A (MIX R)** de référence avec 100% de filler d'usine et avec le bitume B 50/70 et BM-3c
- ✓ **Enrobé BBTM 11A (MIX 1)** avec 4% de filler antigél, mais considérant que seulement une partie est constituée de poudres minérales (36%), et en complétant le reste par de la poudre minérale d'usine (7%). Bitume B 50/70.
- ✓ **Enrobé BBTM 11A (MIX 2)** 4% de filler antigél comme si 80% était constitué de poudre minérale, et en complétant le reste par de la poudre minérale d'usine (5%). Bitume B 50/70.

Ces enrobés, **MIX R**, **MIX 1** et **MIX 2**, ont une composition de poudre minérale semblables aux mastic analysés MR, M1 et M2.

La poudre minérale d'usine dans le premier cas est de 8% des agrégats. Dans les deuxième et troisième cas, le pourcentage de produit antigél a été de 4% des agrégats, et la poudres minérale d'usine dans le second cas a été de 5,2% des agrégats, et le troisième à 4% des agrégats. La granulométrie de chacun des mélanges est la suivante:

BBTM 11A	16	11,2	8	4	2	0,5	0,063
MIX R	100	100	70	34	31	18	8,1
MIX 1	100	100	70	34	31	19	8,0
MIX 2	100	100	70	34	31	17	6,8

Tableau 3

Pour utiliser les connaissances de l'effet du bitume B 50/70 ou BM-3c, les deux s'utilisent dans le mélange de référence (mélange 1). Les courbes de compactage en machine tournante sont indiqués dans la figure 9, et ils montrent que le mélange R, avec le B 50/70, est le plus compactable, suivi par les mélanges 1 et 2, pratiquement identiques, terminant avec le mélange R avec du bitume BM-3c, le moins compactable, comme cela était prévu.

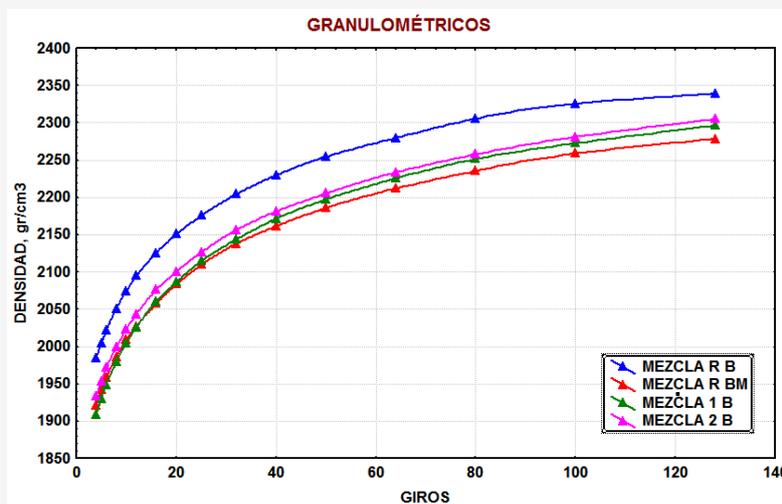


Figure 15

Les essais mécaniques réalisés sont résumés dans le tableau 4. Les cavités en surface sèche saturé sont au-dessus de 3% avec un maximum de 3,6% et le géométrique

supérieur à 4%, avec un maximum de 5,7% du mélange de référence avec le bitume BM-3c.

La sensibilité à l'eau répond dans tous les cas avec des valeurs supérieures à 90%, tandis que les valeurs de traction sèches et humides du mélange 2 sont légèrement plus faibles que le reste. L'essai sur piste donne aussi des valeurs inférieures à 0,07 mm/1000 cycles, comme le minimum du mélange 1 avec un le bitume modifié BM-3c. On peut voir, comme cela a été indiqué lors des essais sur les mastics, que l'épaisseur de couche de 3 cm, fait que le mortier pour tenir le gravier, mais que le mélange travail par friction amortissant la sensibilité du mastic.

MEZCLAR		Según superficie seca saturada				Según sistema geométrico				Marshall		Sensibilidad al agua			Ensayo de pista		
		Densidad	H. Mezcla	H. Arido	H. Rellenos	Densidad	H. Mezcla	H. Arido	H. Rellenos	Estabilidad	Def	TI seco	TI húmedo	RSTI	WTS	RD	PRD
B 50/70	Promedio	2437	3,1	15,5	80,2	2408	4,2	16,5	74,4	9,1	3,35	2,121	2,164	102,0	0,065	2,26	7,88
	Desviación estandar	3,9	0,2	0,1	0,8	10,3	0,4	0,4	1,9	0,6	0,09	0,067	0,087				
	Maximo	2443	3,3	15,7	81,5	2423	5,0	17,1	77,4	10,0	3,44	2,199	2,304				
	Mnimo	2430	2,8	15,3	78,7	2389	3,6	16,0	71,0	8,5	3,24	2,016	2,099				
BM-3c	Promedio	2434	3,2	15,6	79,7	2371	5,7	17,8	68,1	10,8	3,29	2,122	2,089	98,4	0,056	2,19	7,20
	Desviación estandar	14,5	0,6	0,5	3,1	21,7	0,9	0,8	3,6	1,5	0,11	0,082	0,119				
	Maximo	2457	4,0	16,3	84,7	2413	6,9	18,8	75,4	12,9	3,43	2,256	2,270				
	Mnimo	2414	2,3	14,8	75,6	2342	4,0	16,3	63,5	9,4	3,17	2,050	1,988				
MEZCLA 1	Promedio	2437	3,1	15,5	80,2	2408	4,2	16,5	74,4	9,1	3,35	2,121	2,164	102,0	0,065	2,26	7,88
	Desviación estandar	3,9	0,2	0,1	0,8	10,3	0,4	0,4	1,9	0,6	0,09	0,067	0,087				
	Maximo	2443	3,3	15,7	81,5	2423	5,0	17,1	77,4	10,0	3,44	2,199	2,304				
	Mnimo	2430	2,8	15,3	78,7	2389	3,6	16,0	71,0	8,5	3,24	2,016	2,099				
MEZCLA 2	Promedio	2423	3,6	16,0	77,3	2377	5,4	17,5	69,1	9,0	3,22	2,036	1,878	98,3	0,061	2,20	7,43
	Desviación estandar	8,8	0,4	0,3	1,8	12,5	0,5	0,4	2,1	0,7	0,27	0,128	0,089				
	Maximo	2436	4,3	16,6	79,9	2395	6,2	18,2	72,0	9,6	3,50	2,236	2,005				
	Mnimo	2406	3,1	15,5	74,0	2358	4,7	17,0	65,9	7,9	2,78	1,902	1,750				

Tableau 4

Afin de vérifier l'effet du produit antigel il faut refroidir divers échantillons du mélange AC16S à -15 ° C, puis en observant son évolution à la température ambiante. On peut observer que dans l'échantillon de droite, de mélange classique, est recouverte d'une mince couche d'eau condensée et congelée, tandis que celui de gauche a un aspect différent tout en conservant une apparence normale (Photo 1).



Photo 1.- Les échantillons présentant le produit antigel (à gauche) et le mélange de référence (à droite)



Photo 2. Frost (droite) du mélange de produit de référence (à gauche)

Sur les deux échantillons cylindriques, avec ou sans produit antigel, ont été versé de l'eau sur environ 5 mm puis refroidi à -15°C . Par la suite, on a observé leur évolution au cours de laquelle les deux plaques sortis immédiatement du congélateur étaient transparentes, après quelques minutes la plaque de l'échantillon de droite, avec un produit antigel, s'est détaché du enrobé avant celui de référence, faisant circuler l'eau à travers l'interface et prenant une couleur blanchâtre comme montré dans Photo 2.

6.- SECTION D'ESSAI

Basé sur les résultats obtenus en laboratoire et puisque la circulation sur route possède un trafic T 4.2, le choix du mélange 1 pour faire la section d'essai, à savoir une BBTM 11A avec un bitume B 50/70, un 4% des produit antigel et ajouter un filler d'usine jusqu'à 8%.

Il s'agit de la CS-240 dont l'état est de la fissuration en surface en raison du joint étendu et le vieillissement du bitume, avec peu d'implication de la fonction structurale. Le traitement implique un fraisage sur toute la largeur de 6 cm de profondeur, le remblayage de 3 cm d'épaisseur avec un mélange de type 16S AC, et d'autres de 3 cm de roulement type BBTM11a, mélange 1.

Ils se sont répandus 100 m de Mélange 1, 200 m de Mélange R, et 100 m de mélange type Alta Altitud, utilisé par Services de Conservation du Gouvernement d'Andorre.

Les mélanges de types BBTM 11A et PORTS ont la granulométrie suivante :

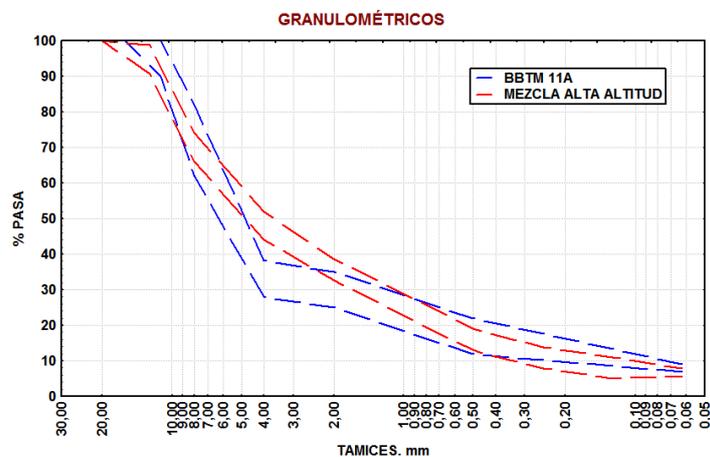


Figure 16

Les deux mélanges ont 5,3% de bitume sur le mélange. Le mélange de type Alta Altitud est plus continu, avec une bonne durabilité et une valeur structurale supérieure à la BBTM 11A, mais avec des qualités de roulement plus pauvres, comme macrotexture inférieure avec résultat d'amortissement au bruit inférieur, avec une drainabilité en surface inférieure, avec un frottement à grande vitesse inférieur, etc

Sur les photos ci-jointes, vous pouvez voir la texture du mélange BBTM 11A avec le produit l'antigel, et l'aspect global de la chaussée immédiatement après du répandage de l'un et de l'autre mélange. La fourniture du mélange BBTM 11 était de 65 kg/m², et l'émulsion de type thermo adhésif à 500 g/m².

Le plan de surveillance de l'évolution de roulement s'établit comme suit:

- ✓ Mesure de la texture tous les 3 mois pendant 1 an.
- ✓ Mesure du coefficient de frottement tous les 3 mois pendant 1 an.
- ✓ Mesure de l'état de fissuration tous les 2 mois.

Après une année les conclusions appropriées seront tirées

7.- AUTRES UTILISATIONS

La famille de microbèton bitumineux à chaud a différentes possibilités, ainsi le type BBTM 8A également adapté pour les grandes routes peut être étendu avec des dosages de moins de 40 kg/m², avec une texture un peu plus faible et une bonne absorption au bruit.

En fonction de la classification des agrégats disponibles on peut aller avec des dosages allant jusqu'à 20 kg/m² avec du sable de 0-6 mm silico-calcaire, le classant dans une taille de 0-2 mm et 4-6 mm, ou bien en le coupant en 2 mm en changeant les proportions à 0-2

(30%) et 4-6 mm (70%). C'est un bon choix pour les routes urbaines, les rues, etc, où le trafic lourd est important.

8.- CONCLUSIONS

En principe et en l'absence de conclusions définitives nous pouvons tirer les conclusions suivantes:

- ✓ Les microbétons bitumineux à chaud avec la proportion suffisante de mortier et de mastic sont une couche de roulement de qualité, ce qui permet différentes combinaisons d'agrégat pour obtenir les dosages minimales nécessaires à la route.
- ✓ Les deux options de mastic M1 et M2, ne sont pas trop différentes de la référence MR, et témoigne seulement le meilleur comportement des échantillons avec le bitume modifié.
- ✓ L'usage de bitumes modifiés améliore la qualité du mastic, mais non les propriétés mécaniques du mélange, en raison de sa structure discontinue et de sa faible épaisseur. Il semble plus approprié d'utiliser les bitumes de pénétration, du moins en cas de circulation moyenne et faible, ce qui facilite également l'obtention épaisseur minimum de par sa viscosité plus faible.
- ✓ Les mélanges dans les quatre cas analysés respectent la réglementation, bien que le Mélange 2 sur le test de sensibilité à l'eau a donné des valeurs de traction inférieurs au reste des échantillons, ce qui conduit à une surveillance particulière de ce paramètre, intégrant des activateurs le cas échéant.
- ✓ Le produit antigel, si on abaisse la température de congélation de la surface, serait utile dans des domaines particuliers, tels que les tabliers de pont, où le gel se produit plus tôt que dans les zones adjacentes avec le brusque changement des conditions de circulation et le risque d'accidents. Il peut également être utile dans les zones d'ombrage en déblai, des rampes ou des zones spécialement accidentés dus à d'autres causes.
- ✓ Le produit antigel a des proportions variables de poudre minérale, ce qui oblige à tamiser le produit avant son utilisation afin d'ajouter le filler appropriée.

RÉFÉRENCES

1. Experiencias de empleo de un aditivo antihielo en mezclas bituminosas en caliente, S Miranda, N. Molina y otros.
2. A. Valiente. Curso de comportamiento mecánico de materiales: Elasticidad y viscoelasticidad. E.T.S.I.C.C.P.-U.P.M. Madrid, 2000.
3. -A.S. Wieman, K.R. Rajagopal. Mechanical response of polymers: an introduction. Cambridge University Press. Cambridge, 2000.
4. - E. Riande, R. Díaz-Calleja, M.G. Prolongo, R.M. Masegosa, C. Salom. Polymer viscoelasticity: stress and strain in practice. Marcel Dekker. New York, 2000.
5. I.M. Ward, D.W. Hadley. An introduction to the mechanical properties of solid polymers. John Wiley & Sons. Chichester, 1993.



Photo 3. Image du chassé avant la mise en obre du nouveau enrobé



Photo 4. Image de texture de l'enrobé BBTTM 11A avec producte antigel



Photo 5. Texture enrobé ALTA ALTITUD