

Titulo Trabajo:

“Especificaciones Particulares y Primeras Experiencias de Laboratorio en la Obtención de Concreto Asfáltico y Micro Aglomerado Discontinuo en Caliente, con Incorporación de Cemento Asfáltico Ecuatoriano Modificado”

1º Autor: **Ing. Gustavo Carlos Bacchetta (44)**

Dirección: Portela 501 (1407) Ciudad de Buenos Aires Argentina

Telfs.: +5411-4612-7248 Mail: info@e-asfalto.com

Entidad u Organismo al que pertenece: www.e-asfalto.com, Gerente

El ingeniero Químico Gustavo C. Bacchetta ha trabajado en funciones relacionadas a derivados del petróleo de la siguiente manera:

* Técnico Laboratorio Lubricantes Shell Argentina: 1.984 - 1.986

* Asesor Técnico Asfaltos Shell Argentina: 1.986 -1.989

* Representante de Ventas Shell Argentina: 1.992 - 1.994

* Gerente de Asfaltos Shell Argentina: 1.992 -1.994

* Estudio Mercado de Asfaltos Argentina PECOM: 1.995

* Jefe del Departamento de Asfaltos DAPSA Argentina: 1.995 -1996

* Estudio Mercado de Asfaltos Argentina para Koch Materials Company: 1.997

* Proyecto de Instalación "Planta de Destilación de Crudos Pesados para la Obtención de Asfaltos" en Llanquanelo, Provincia de Mendoza:(Argentina, 1.997)

* Obtención de Asfaltos Multigrados Aplicaciones Viales para Lwart Química: (Brasil, 1.997)

* Estudio Mercado de Asfaltos Argentina para Petrobras Argentina (1.997)

* Estudio Mercado de Asfaltos para DAPSA Argentina: 1.997

* Gerente de Aditivos para Lubricantes Chevron Argentina (1.998 - 2.000)

* Estudio Mercado de Asfaltos para Exxon Argentina: (Argentina, 2.001)

* Estudio Mercado de Lubricantes para Factor de Solucao (Argentina, 2.002)

* Proyecto de Instalación de Planta de Oxidación de Asfaltos y Fabricación de Membranas Asfálticas (México, 2.002)

Miembro de:

* Comisión Permanente del Asfalto Republica Argentina desde 1.986

* IRAM (Instituto Argentino de Racionalizacion de Materiales) Subcomité de Asfaltos

2º Autor: **Ing. Hugo Gerardo Botasso (39)**

Director LEMaC – Centro de Investigaciones Viales Universidad Tecnológica Nacional, Fac.

Reg. La Plata. Calle 60 y 124 1900 – La Plata. Buenos Aires Argentina

Teléfono +54-221-4890413 Fax +54-221-4890413 e-mail: lemac@frlp.utn.edu.ar

RESUMEN:

Los asfaltos modificados con polímeros elevan la vida útil de un pavimento de dos a tres veces (según el caso a aplicar) con un costo adicional de hasta un 25% sobre la mezcla asfáltica. Esta plenamente comprobado que los asfaltos convencionales poseen propiedades satisfactorias tanto mecánicas como de adhesión en una amplia gama de aplicaciones y bajo distintas condiciones climáticas y de tránsito. Sin embargo, el creciente incremento de volumen del tránsito y la magnitud de las cargas, y la necesidad de optimizar las inversiones, provoca que, en algunos casos, las propiedades de los asfaltos convencionales resulten insuficientes.

1. INTRODUCCION:

Del análisis de las diversas reglamentaciones y normativas vigentes, se recomienda utilizar una combinación de los diversos documentos, ante la aparente ausencia de uno que contenga de manera integral todos los parámetros recomendables. Se destacan entre la bibliografía consultada a tal efecto las “Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes” (MOP-001-F-2002) que se constituyen en la Reglamentación recomendable a seguir en el Ecuador. A esta se le adicionan algunos parámetros complementarios de las reglamentaciones argentinas y españolas que se consideran de interés. A continuación se establecen a manera de compendio las Especificaciones a requerirse en un concreto asfáltico y un micro aglomerado discontinuo en caliente, con incorporación de cemento asfáltico modificado. Como paso siguiente se vuelcan los resultados de los ensayos y determinaciones de laboratorio realizadas en busca que cumplir con dichos parámetros con los materiales existentes en la región y disponibles por la empresa comitente.

2. PARAMETROS REQUERIDOS

2.1. CONCRETO ASFALTICO EN CALIENTE

Se considera un concreto asfáltico a ser utilizado como carpeta de rodamiento en una vía de tránsito pesado, es decir con un tránsito diario de entre 200 y 1.000 vehículos pesados, según la definición del MOP (IV-403). Esta carpeta tiene como función principal el dar aporte estructural al pavimento. En la misma se utilizará cemento asfáltico modificado con la finalidad de aumentar la durabilidad de la mezcla y disminuir su susceptibilidad térmica y no como un medio para elevar las propiedades mecánicas de la misma. Dicha carpeta tendrá un espesor mínimo de 5 cm., determinado puntualmente por el cálculo estructural, por lo cual es conveniente en función de la relación entre el tamaño máximo del agregado y el espesor de la capa, utilizar la curva granulométrica $\frac{3}{4}$ ” de la reglamentación MOP (IV-389).

TAMIZ	% PASA TAMIZ	
	Mínimo	Máximo
1”	100	
$\frac{3}{4}$ ”	90	100
$\frac{3}{8}$ ”	56	80
Nº 4	35	65
Nº 8	23	49
Nº 50	5	19
Nº 200	2	8

La carpeta deberá cumplir con los parámetros Marshall exigidos por el MOP para tránsito muy pesado (IV-402) como presumiblemente hace uso, por ejemplo, de la sección de Ruta Panamericana de la región.

PARAMETRO	EXIGENCIA
Golpes por cara	75
Estabilidad mínima	1.000 Kg.
Fluencia	2 a 3,6 mm
Vacíos	3 a 5 %
Relación filler/betún	0,8 a 1,2
Estabilidad remanente Mínima (7 días, agua a Temperatura ambiente)	70 %

A estos requisitos se recomienda adicionar otros de las normativas argentinas que permitirán la obtención de una mezcla más ajustada con prestaciones aseguradas.

PARAMETRO	EXIGENCIA
Estabilidad máxima	1.400 Kg.
Relación E/F	3.000 a 5.000 Kg./cm.
VAM	13 a 16 %
Relación B/V	75 a 85 %

La reglamentación MOP permite la utilización de cementos asfálticos modificados en vías de tránsito pesado (IV-388), como sería el caso supuesto. Por tal razón se decide la utilización de un asfalto ecuatoriano 85-100 modificado con SBS. Para los cuales el MOP establece (IV-517).

PARAMETRO	EXIGENCIA
Penetración a 25°C, 100 g	50-70 de 0,1 mm
Punto de ablandamiento	> 60 °C

Para complementar este cuadro de exigencias se agregan las establecidas por la normativa argentina a través de la Norma IRAM 6596 para un cemento asfáltico de esta prestación (AM-3). Nótese que ambas reglamentaciones se complementan adecuadamente.

PARAMETRO	EXIGENCIA
Penetración a 25°C, 100 g	50-80 de 0,1 mm
Punto de ablandamiento	> 65 °C
Fragilidad Fraass	< -12 °C
Estabilidad al Almacenamiento	
Diferencia Punto Ablandamiento	< 5 °C
Diferencia Penetración	< 10 de 0,1 mm
Recuperación Elástica Torsional	> 70 %
Agua en volumen	< 0,2 %
Punto de inflamación	> 230 °C
Densidad relativa	> 0,99 g/cm ³
Sobre TFOT	
Variación de masa	< 1 %
Penetración	> 65 de 0,1 mm
Variación Punto de Ablandamiento	-5/+10

En cuanto a los agregados el MOP establece tres categorías en función de la combinación entre partículas de trituración y de árido natural existentes en los agregados. Para el caso de árido de trituración con bajo contenido de árido natural en la fracción fina se ha establecido la categoría A (VIII-374). En forma genérica se establece para los áridos en concretos asfálticos utilizados como carpeta de rodamiento:

PARAMETRO	EXIGENCIA
Desintegración y pérdida total	< 12 %
Adhesividad	> 95 %
Desgaste Los Ángeles	< 40 %
Equivalente Arena	> 50 %

Como complemento se incluyen además parámetros establecidos por las reglamentaciones argentinas.

PARAMETRO	EXIGENCIA
Factor de Cubicidad	> 0,5
Índice de Lajas	< 25 %
Materia orgánica por ensayo colorimétrico	<500ppm

2.2. MICROAGLOMERADO DISCONTINUO EN CALIENTE

Se considera un micro aglomerado discontinuo a ser utilizado como capa de terminación o capa de rodamiento en una vía de tránsito pesado. La función principal de esta capa es la de reconstituir las características superficiales de la vía, otorgando mayor adherencia neumático-calzada. Por estas razones se utiliza una mezcla bien abierta en donde la durabilidad se pone en juego de forma relevante (razón para la utilización de asfalto modificado y árido de trituración) no considerándose su aporte estructural. Dicha capa tendrá un espesor de 3 cm. que asegura la correcta formación del esqueleto mineral al ser aplicada en obra, por lo cual es conveniente en función de la relación entre el tamaño máximo del agregado y el espesor de la capa, utilizar la curva granulométrica 10 mm de la reglamentación MOP (IV-516).

TAMIZ	% PASA TAMIZ	
	Mínimo	Máximo
1/2"	100	
3/8"	75	97
Nº 4	25	40
Nº 8	20	35
Nº 30	12	25
Nº 200	7	10

Se establece además, según las reglamentaciones españolas y argentinas, una discontinuidad entre los tamices Nº 4 y Nº 8 dada por una fracción menor al 8 % entre los mismos. La capa deberá cumplir con los parámetros Marshall exigidos por el MOP (IV-517).

PARAMETRO	EXIGENCIA
Golpes por cara	50
Estabilidad mínima	750 Kg.
Vacíos mínimos	4 %
Porcentaje de ligante	5 a 5,8 %
Estabilidad remanente Mínima (7 días, agua a Temperatura ambiente)	75 %

Se recomienda complementar estos parámetros estableciendo:

PARAMETRO	EXIGENCIA
Fluencia	2 a 3,6 mm
Estabilidad remanente Mínima (24 horas en agua a 60 °C)	80 %

La reglamentación MOP permite la utilización de cementos asfálticos modificados, para los cuales establece (IV-517):

PARAMETRO	EXIGENCIA
Penetración a 25°C, 100 g	50-70 de 0,1 mm
Punto de ablandamiento	> 60 °C

Para complementar este cuadro de exigencias se agregan las establecidas por la normativa argentina a través de la Norma IRAM 6596 para un cemento asfáltico de esta prestación (AM-3). Nótese que ambas reglamentaciones se complementan adecuadamente.

PARAMETRO	EXIGENCIA
Penetración a 25°C, 100 g	50-80 de 0,1 mm
Punto de ablandamiento	> 65 °C
Fragilidad Fraass	< -12 °C
Estabilidad al Almacenamiento	
Diferencia Punto Ablandamiento	< 5 °C
Diferencia Penetración	< 10 de 0,1 mm
Recuperación Elástica Torsional	> 70 %
Agua en volumen	< 0,2 %
Punto de inflamación	> 230 °C
Densidad relativa	> 0,99 g/cm ³
Sobre TFOT	
Variación de masa	< 1 %
Penetración	> 65 de 0,1 mm
Variación Punto de Ablandamiento	-5/+10

En cuanto a los agregados el MOP permite una combinación entre partículas de trituración y de árido natural en un contenido máximo del 10 %. Se extiende a estas mezclas lo que en forma genérica se establece para los áridos en concretos asfálticos utilizados en carpetas de rodamiento.

PARAMETRO	EXIGENCIA
Desintegración y pérdida total	< 12 %
Adhesividad	> 95 %
Desgaste Los Ángeles	< 40 %
Equivalente Arena	> 50 %

Como complemento se incluyen además parámetros establecidos por las reglamentaciones argentinas.

PARAMETRO	EXIGENCIA
Factor de Cubicidad	> 0,5
Índice de Lajas	< 25 %
Materia orgánica por ensayo colorimétrico	<500ppm

3. ANALISIS DE MUESTRAS

A los materiales enviados por la empresa comitente se los ha sometido a diversos ensayos, de los cuales se transcriben sus resultados:

3.1. CEMENTO ASFALTICO 60-70

PARAMETRO	RESULTADO
Penetración a 25°C, 100 g	63 de 0,1 mm
Punto de Ablandamiento	53 °C.
Índice de Penetración	0,1
Punto de Inflamación	274 °C
Oliensis	negativa
Pérdida de masa por TFOT	0,3 g/100g

3.2. CEMENTO ASFALTICO 85-100

PARAMETRO	RESULTADO
Penetración a 25°C, 100 g	85 de 0,1 mm
Punto de Ablandamiento	48 °C
Índice de Penetración	-0,4
Punto de Inflamación	276 °C
Oliensis	Negativa
Pérdida de masa por TFOT	0,5 g/100g
Contenido de asfaltenos	22,2 %
Componentes parafínicos	16,0 %

3.3. CEMENTO ASFALTICO 85-100 MODIFICADO CON 3 % DE SBS

PARAMETRO	RESULTADO
Penetración a 25°C, 100 g	56 de 0,1 mm.
Punto de Ablandamiento	61 °C.
Recuperación elástica Torsional	61 %
Recuperación lineal	25 cm.
Parámetros Superpave	
A 58 °C	G* = 8,76 kPa
	$\phi = 63,8^\circ$
A 64 °C	G* = 4,65 kPa
	$\phi = 67,7^\circ$

Nota: Si bien los parámetros obtenidos en la modificación del cemento asfáltico base no permiten encuadrarlo exactamente como un AM-3, se utilizará el mismo para la dosificación del concreto asfáltico y del micro aglomerado discontinuo por considerarse que no se afectarán los parámetros mecánicos a obtenerse mediante la metodología Marshall.

3.4 Preparación de muestras generales realizadas en Laboratorio Ecuador:

3.4.1) Se verifico sobre asfalto base a utilizar, tanto sea 85-100 ó 60-70 penetración a 25°C a 100 y a 150 gramos de carga y a 5 segundos de tiempo y el punto de ablandamiento.

3.4.2) Preparación de muestras con SBS tipo lineal sin contenido de aceites. Se utiliza asfalto 85-100 y este se mezcla con el polímero a concentraciones de 3, 4, 6 y 8%. Los contenidos del 3 y 4% se utilizarán para aplicaciones en mezclas asfálticas en caliente, ya sea para concreto asfáltico, micro aglomerados, SMA y emulsiones asfálticas para micros en frío.

A estas mezclas se le deben realizar los siguientes ensayos de caracterización:

- * Penetración a 25°C a 100 gramos
- * Punto de Ablandamiento
- * Recuperación Elástica Torsional a 25°C. (Total y Residual)

Los contenidos del 6 y 8% se utilizan para la fabricación de Selladores Asfálticos para grietas y fisuras.

A estas mezclas se le deben realizar los siguientes ensayos de caracterización:

- * Penetración a 25°C a 150 gramos
- * Punto de Ablandamiento
- * Recuperación Elástica Torsional a 25°C. (Total y Residual)



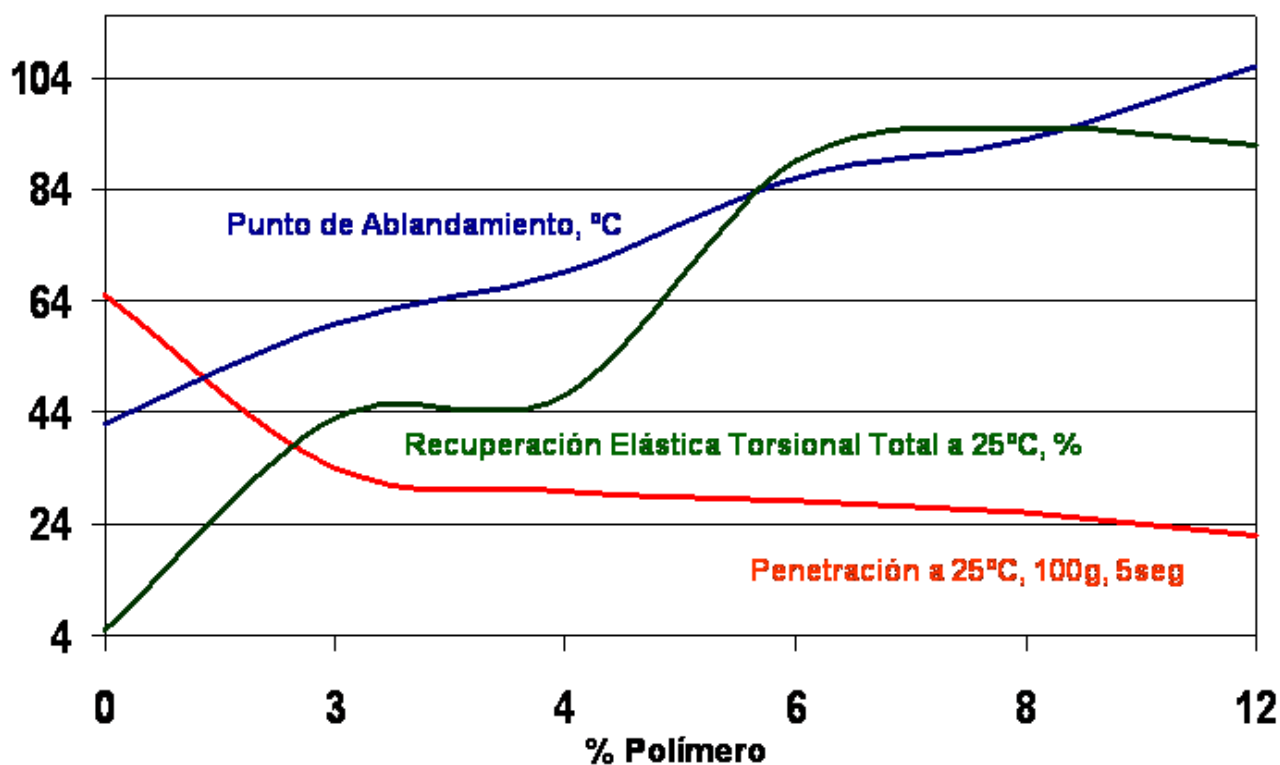
Dispensador de Laboratorio para Polímeros en Ligantes Asfálticos



Equipo para Recuperación Elástica Torsional

% Polímero	PEN, 25°C, 100 g	PEN, 25°C, 150 g	Punto Ablandamiento, °C	Rec. Elástica Torsional Residual, %	Rec. Elástica Torsional Total, %
0	65	-	42	2	5
3	34	-	60	21	43
4	30	-	69	12	47
6	28	38	86	27	89
8	26	29	93	14	95
12	22	24	106	18	92

Ensayos de Modificación de Asfalto 60 - 70 Ecuador con polímeros SBS SOLPRENE 411



SBS-Poggi Mayo'04

3.4.3) Preparación de muestras con caucho reciclado de neumáticos al 10, 15 y al 20% con AP 60 – 70. Granulometría: Pasante 16.

A estas mezclas se le deben realizar los siguientes ensayos de caracterización:

- Penetración a 25°C a 150 gramos
- Punto de Ablandamiento
- Recuperación Elástica Torsional a 25°C. (Total y Residual)

Se utilizarán para aplicaciones en mezclas asfálticas en caliente, ya sea para concreto asfáltico, micro aglomerados y SMA. Observar que estas dispersiones no se mantienen homogéneas completamente y deben mantenerse en agitación para utilizadas como ligantes asfálticos.

Método de Preparación:

Calentar asfalto a 180 - 200 °C e incorporar el polímero suavemente hasta que toda la temperatura de la masa (asfalto mas polímero / caucho molido) llegue a la temperatura de 180 – 200 °C.

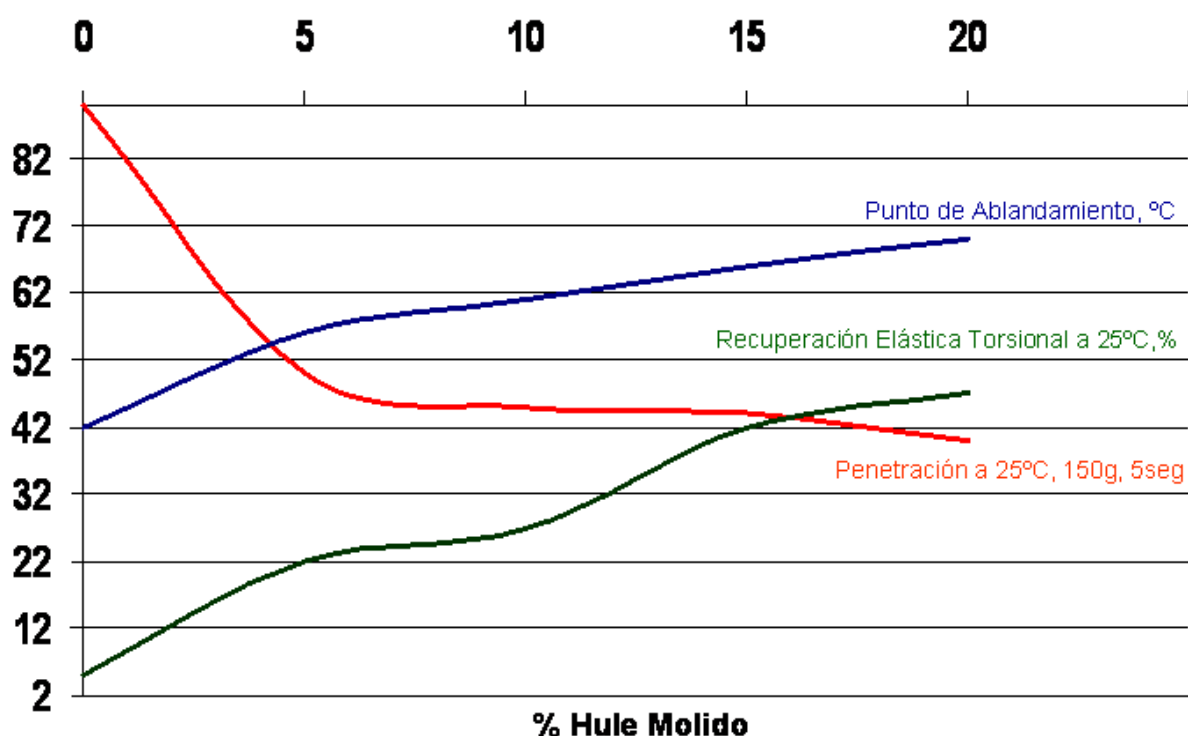
No sobrepasar la temperatura de mezcla de 220 °C (máximo).

Cuando el porcentaje de polímero que se incorpora al asfalto sobre pase el 5%, incorporar el mismo en dosis sucesivas para no provocar que el motor rotor / estator del molino / dispersor se pare por alto amperaje de la corriente eléctrica.



% Hule Molido	PEN, 25°C, 100 g	PEN, 25°C, 150 g	Punto Ablandamiento, °C	Rec. Elástica Torsional Residual, %	Rec. Elástica Torsional Total, %
0	65	90	42	2	5
5	38	50	56	10	22
10	32	45	61	9	27
15	-	44	66	19	42
20	-	40	70	19	47

Ensayos de Modificación de Asfalto 60 - 70 Ecuador con Hule Molido, pasante 16



SBS-Poggi Mayo'04

3.4.4) Preparación de Concentrados a diluir con asfalto AP:

Con el objetivo de disminuir potencias instaladas en la planta industrial de fabricación, se decide la obtención de polímeros SBS en vehículos adecuados que no interfieran sus propiedades físicas iniciales.

Para esto se pueden utilizar varias alternativas, tales como:

a) Aceite térmico de caldera sin uso

Se mezcló polímero lineal SBS en aceite térmico en concentraciones del 25% en peso logrando perfecta dispersión.

b) Aceites aromáticos provenientes de refinerías de petróleo

Se mezcló polímero lineal SBS en aceite térmico en concentraciones del 40% en peso logrando perfecta dispersión.



Método disolución de concentrados de polímeros en Asfalto AP 60-70

En los casos de disolución de concentrados de polímeros SBS, ya sea en aceite térmico o en extracto aromático, se procede a mezclar a una temperatura en el orden de 140-150 °C con agitación lenta en el orden de 50 a 100 rpm en un término de tiempo del orden de 20 minutos en el laboratorio. Cuando se proceda a disolución en etapa industrial, se debe verificar que por caudal de bomba, el volumen del tanque sea recirculado al menos una vez en forma completa.

Resultados de experimentación

Asfalto Base Ecuatoriano:

PEN 25°C, 100 g, 5 seg. 1/10 mm	43
Punto de Ablandamiento, °C	49
Ductilidad a 25°C, 5 cm. /seg. , cm.	98
Ductilidad a 10°C, 5 cm. /seg. , cm.	se quiebra

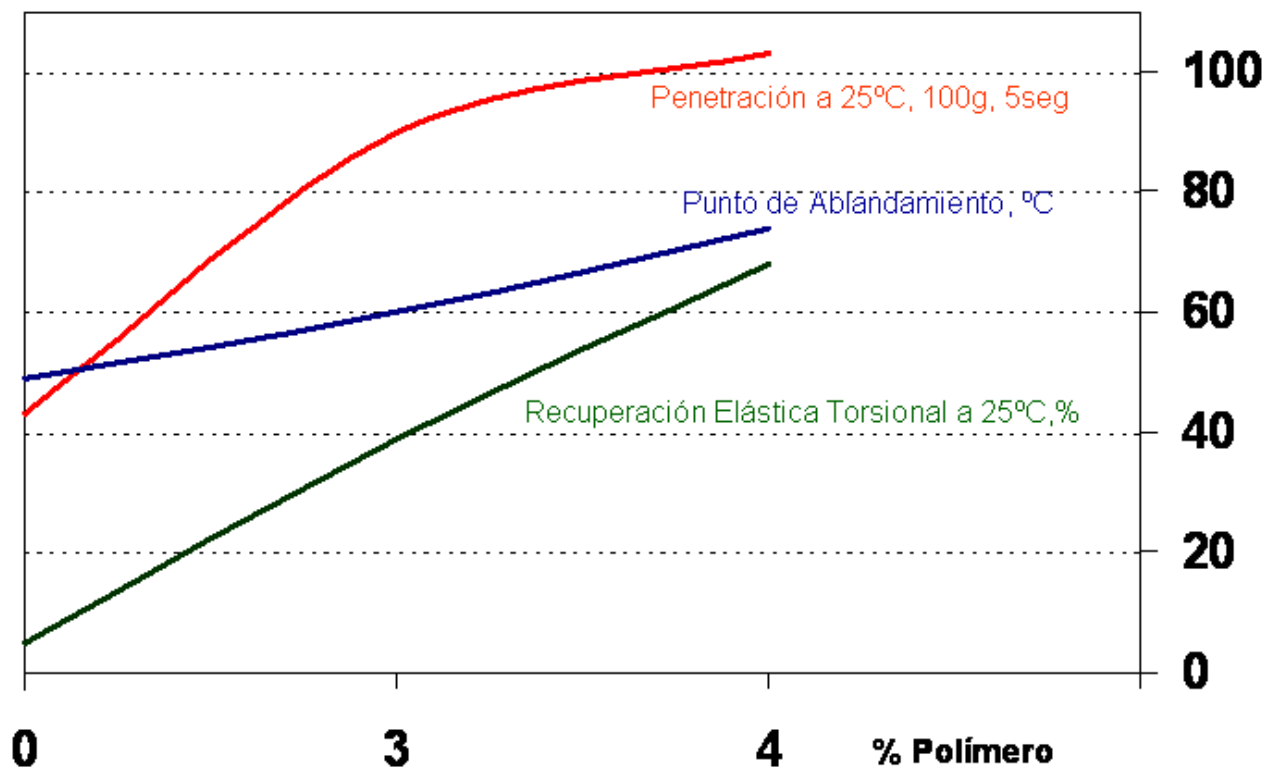


Concentrado, en peso: 23% Polímero lineal, 77% Aceite Térmico

Se disolvió el polímero SBS lineal en aceite térmico a una temperatura de 180 – 200 °C y en un tiempo de 30 – 45 minutos en dispersor. Luego se disolvió en el asfalto base a una temperatura de 140 – 150 °C y en tiempo de 30 minutos con agitación manual a 70 rpm.

Ensayos	Mezcla al 3% SBS teórico en asfalto base correspondiente al 13% de concentrado	Mezcla al 4% SBS teórico en asfalto base correspondiente al 17,4% de concentrado
PEN 25°C, 100 g, 5 seg. 1/10 mm	90	103
Punto de Ablandamiento, °C	60	74
Ductilidad a 5°C, 5 cm. /seg. , cm.	42	No realizado
Ductilidad a 9°C, 5 cm. /seg. , cm.	44	100
Recuperación elástica lineal a 9°C, %	73	83
Recuperación elástica Torsional residual	7	24
Recuperación elástica Torsional total	39	68

Ensayos de Modificación de Asfalto PEN 43 Ecuador con polímeros SBS SOLPRENE 411 Diluidos



SBS-Poggi Mayo'04

3.5. PIEDRA PARTIDA 6:20

Curva Granulométrica:

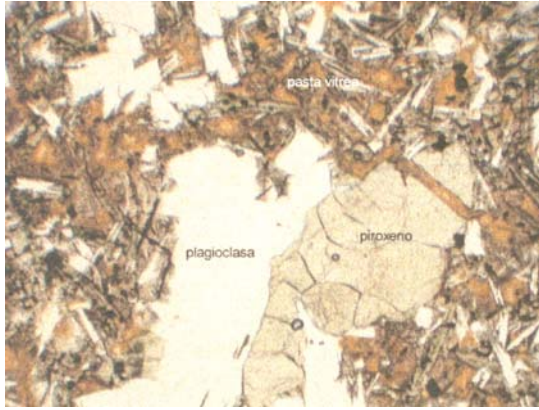
TAMIZ	% PASA TAMIZ
1"	100
3/4"	93,9
1/2"	66,2
3/8"	41,6
Nº 4	1,4
Nº 8	0,3

Otros Resultados:

PARAMETRO	RESULTADO
Peso Específico	2,640 g/cm ³ .
Absorción	3,3 %.
Factor de Cubicidad	0,85.
Índice de Lajas	15 %.
Adhesividad	> 95 %

Denominación geológica Basalto andesítico, establecido por corte delgado.

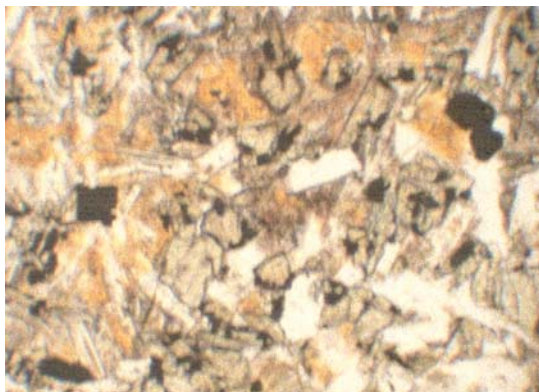
MATERIAL	COMPOSICION
Plagioclasa	61 %
Piroxeno	17 %
Matriz	22 %



Microfotografía con nicols cruzados. Se observan cristales de plagioclasa bastante límpida y de piroxeno con su hábito y coloración característica marrón; en forma diseminada aparecen numerosas tablillas de plagioclasas y pequeños cristales de piroxeno de iguales características composicionales que los mayores, todos ellos dispuestos en la matriz de la pasta vítrea.



Microfotografía con nicols cruzados. Se observa además los cristales de plagioclasas grisáceos prácticamente no alterados, los de piroxeno con su alta birrefringencia y coloración rojiza.



Microfotografía sin nicols cruzados, donde se puede observar la pasta vítrea compuesta de vidrio volcánico (trizas vítreas recristalizadas), tablillas de plagioclasa distribuidas en la matriz y opacos dispersos (óxidos de hierro).

3.5. PIEDRA PARTIDA 6:12

Curva Granulométrica:

TAMIZ	% PASA TAMIZ
1/2"	100
3/8"	99,9
Nº 4	1,8
Nº 8	0,6
Nº 16	0,6
Nº 30	0,4

Otros resultados:

PARAMETRO	RESULTADO
Peso Específico	2,620 g/cm ³ .
Absorción	3,7 %.
Adhesividad	> 95 %

Origen Basalto Andesítico.

3.6. ARENA DE TRITURACION 0:4

Curva Granulométrica:

TAMIZ	% PASA TAMIZ
3/8"	100
Nº 4	99,8
Nº 8	94,3
Nº 16	58,4
Nº 30	40,3
Nº 50	31,0
Nº 100	17,7
Nº 200	11,8

Otros Resultados:

PARAMETRO	RESULTADO
Peso Específico	2,577 g/cm ³ .
Absorción	4,2 %.
Equivalente Arena	54 %.
Adhesividad Rieder Weber	8.
Contenido de materia orgánica por ensayo colorimétrico	100 ppm.

Origen Basalto andesítico.

4. MEZCLAS OBTENIDAS EN LABORATORIO

4.1. CONCRETO ASFALTICO

4.1.1 Asfalto 60 –70, la penetración esta en 45 1/10 mm a 100g y 25°C

MATERIAL	CONTENIDO
Agg. (0-5)mm	70%
Agg. (9-19)mm	18%
Agg (5-9)mm	12%

Curva Granulométrica

Malla (mm)	Mezcla Combinada	Especificación		
19.05	100	100	-	100
12.7	96	90	-	100
4.75	65	44	-	74
2.36	36	28	-	58
0.3	10	7	-	21
0.074	5	2	-	10

Realización de Ensayo Marshall para concreto asfáltico:

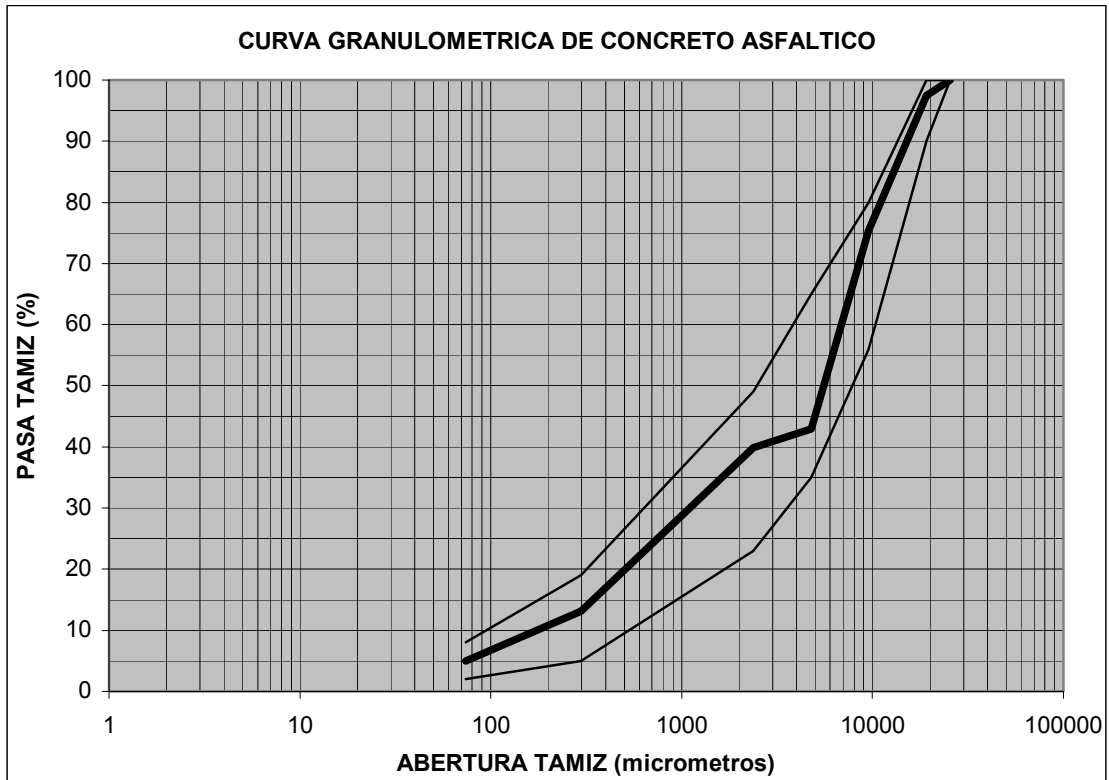
Parámetros	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Golpes por cara	75	75	75	75
Estabilidad, Kg.	544	665	965	1270
Fluencia, mm	6	7	7.4	7.4
Vacios, %	17.4	15.8	13.8	10.2
Relación filler/betún	2.2	1.6	1.3	1.1
VAM, %	22.2	22.1	21.6	19.8
Densidad (Kg./m3)	2027	2039	2060	2117

4.1.2 Cemento Asfáltico 3 % SBS Dosificación:

MATERIAL	CONTENIDO
Piedra Partida 6:20	40 %
Piedra Partida 6:12	15 %
Arena de Trituración 0:4	40 %
Cemento Asfáltico 3 % SBS	5 %

Curva granulométrica:

TAMIZ	% PASA TAMIZ
1"	100,0
3/4"	97,4
3/8"	75,4
Nº 4	42,9
Nº 8	39,9
Nº 50	13,1
Nº 200	5,0



Nota: Si bien la curva granulométrica encuadra perfectamente entre las curvas límites establecidas, se hace notar la discontinuidad existente entre los tamices N° 4 y N° 8.

Ensayo Marshall:

PARAMETRO	RESULTADO
Densidad Marshall	2,263 g/cm ³
Estabilidad	1.348 Kg.
Fluencia	5,2 mm
Relación E/F	2.592 Kg./cm.
% de Vacíos	7,7 %
VAM	19 %
Relación B/V	59 %

4.1.3 Asfalto 60 -70, al 13% de concentrado, SBS al 3% teórico

MATERIAL	CONTENIDO
Agg. (0-5)mm	70%
Agg. (9-19)mm	18%
Agg (5-9)mm	12%

Curva Granulométrica

Malla (mm)	Mezcla Combinada	Especificación		
19.05	100	100	-	100
12.7	96	90	-	100
4.75	65	44	-	74
2.36	36	28	-	58
0.3	10	7	-	21
0.074	5	2	-	10

Realización de Ensayo Marshall para concreto asfáltico:

Parámetros	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Golpes por cara	75	75	75	75
Estabilidad, Kg.	836	1157	1149	1114
Fluencia, mm	5.8	6.7	6.2	6.8
Vacios, %	13.6	11.3	9.3	9.2
Relación filler/betún	1.3	1.2	1	0.9
VAM, %	21.2	20.4	19.6	20.7
Densidad (Kg./m3)	2056	2090	2120	2102

4.1.4 Asfalto 60 -70, al 17.3% de concentrado, SBS al 4% teórico

Realización de Ensayo Marshall para concreto asfáltico:

Parámetros	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Golpes por cara	75	75	75	75
Estabilidad, Kg.	929	885	934	787
Fluencia, mm	5.4	5.5	5.6	6
Vacios, %	15.8	14.5	13.8	13.7
Relación filler/betún	1.9	1.6	1.4	1.2
VAM, %	21.1	20.9	21.2	22
Densidad (Kg./m3)	2058	2076	2068	2068

4.2. MICROAGLOMERADO DISCONTINUO

4.2.1 Asfalto 60 -70, al 13% de concentrado, SBS al 3% teórico

MATERIAL	CONTENIDO
Agg. (0-5)mm	29%
Agg. (5-19)mm cortado en ½	64%
Filler de roca triturada	7%

Curva Granulométrica

Malla (mm)	Mezcla Combinada	Especificación		
12.7	100.0	100	-	100
9.53	78.2	75	-	97
4.75	37.5	25	-	40
2.36	23.5	20	-	35
0.6	13.5	12	-	25
0.074	8.4	7	-	10

Realización de Ensayo Marshall para micro aglomerado:

Parámetros	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
Golpes por cara	50	50	50	50
Estabilidad, Kg.	1045	715	935	766
Fluencia, mm	5.4	4.7	4.7	5.2
Vacíos, %	14.3	13.3	9.6	6.4
Relación filler/betún	7.8	3.8	2.3	1.7
VAM, %	16.7	18	17.4	17.5
Densidad (Kg./m3)	2164	2141	2168	2176

4.2.2 Asfalto 60 -70, al 17% de concentrado, SBS al 4% teórico

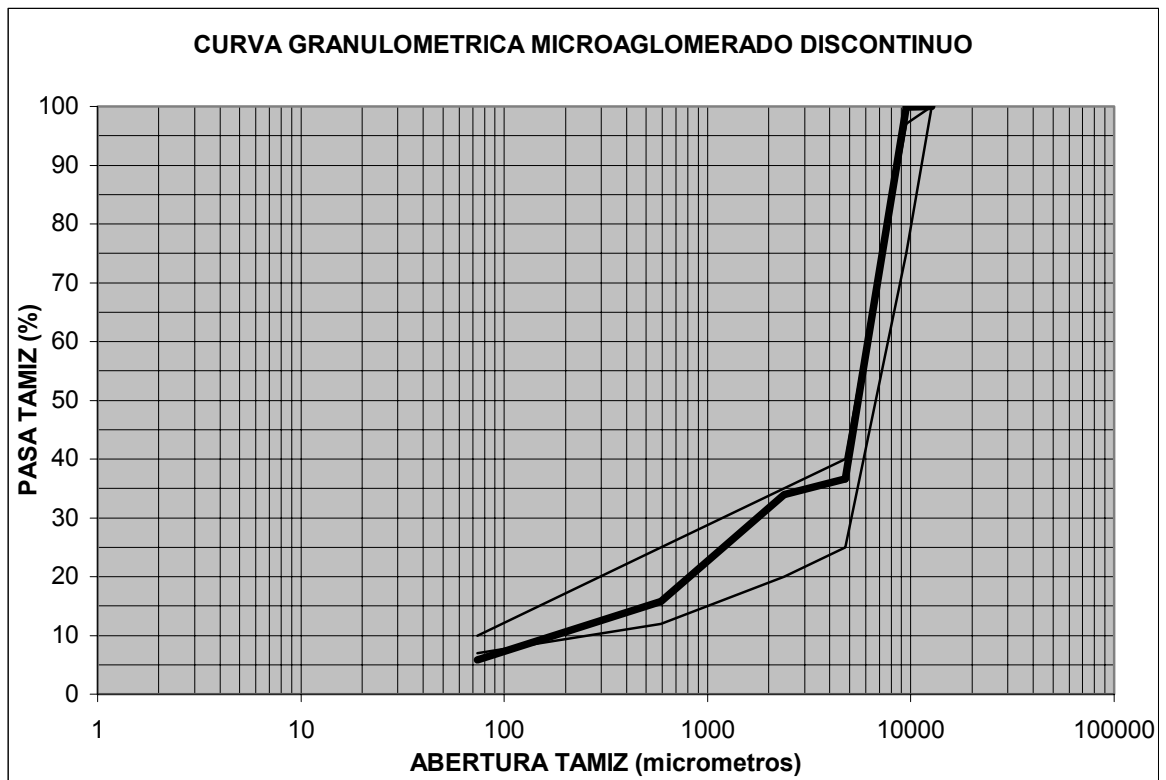
Parámetros	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%
Golpes por cara	50	50	50	50
Estabilidad, Kg.	861	772	790	762
Fluencia, mm	6.0	5.0	5.8	5.1
Vacíos, %	15.8	13.6	10.6	7.4
Relación filler/betún	11.4	4.3	2.5	1.8
VAM, %	17.4	17.8	17.9	17.5
Densidad (Kg./m3)	2144	2147	2155	2178

Dosificación:

MATERIAL	CONTENIDO
Piedra Partida 6:12	61,0 %
Arena de Trituración 0:4	31,6 %
Cal hidráulica	2,0 %
Cemento Asfáltico 3 % SBS	5,4 %

Curva granulométrica:

TAMIZ	% PASA TAMIZ
1/2 "	100,0
3/8"	99,9
Nº 4	36,6
Nº 8	34,0
Nº 30	15,8
Nº 200	5,8



Ensayo Marshall:

PARAMETRO	RESULTADO
Densidad Marshall	2,150 g/cm ³
Estabilidad	974 Kg.
Fluencia	5,7 mm
% de Vacíos	10,5 %
Estabilidad Remanente	84 %

Nota: Puede observarse de los resultados obtenidos el alto contenido de Vacíos de la mezcla, no obstante lo cual la Estabilidad Remanente que podría verse comprometida por esto se ubica por encima del límite establecido. Por otro lado resulta notoria la alta Fluencia detectada, razón por la que deberá retocarse la fórmula empleada en la realización de las experiencias en la Empresa.

4.3) SMA:

4.3.2 Asfalto 60 -70, al 13% de concentrado, SBS al 3% teórico, +1% de hule molido como filler en el agregado

MATERIAL	CONTENIDO
Agg. (0-5)mm	40%
Agg. (9-19)mm	40%
Agg (3-5)mm	20%

Curva Granulométrica

Malla (mm)	Mezcla Combinada	Especificación
19.05	100	100 - 100
12.7	90	96 - 96
9.53	82	80 - 80
4.75	49	32 - 32
2.36	25	23 - 23
0.6	8	13 - 13
0.074	4	5 - 5

Realización de Ensayo Marshall para concreto asfáltico:

Parámetros	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Golpes por cara	50	50	50	50
Estabilidad, Kg.	478	395	588	689
Fluencia, mm	7	9	6.6	7
Vacíos, %	14.7	16.6	14	13
Relación filler/betún	1.4	1.2	1.1	1
VAM, %	22	24.8	23.5	23.5
Densidad (Kg./m3)	2036	1972	2017	2029

4.3.3 Asfalto 60 -70, al 17% de concentrado, SBS al 4% teórico, +1% de hule molido como filler en el agregado

Parámetros	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Golpes por cara	50	50	50	50
Estabilidad, Kg.	543	691	602	505
Fluencia, mm	6.3	7.4	8.7	8.2
Vacíos, %	17.9	15.3	15.3	14.6
Relación filler/betún	1.9	1.5	1.2	1
VAM, %	23.1	23.8	23.8	24.9
Densidad (Kg./m3)	2007	2040	2010	1992

5. CONSIDERACIONES FINALES

- * El árido presenta valores adecuados de cubicidad e índice de lajas.
- * La granulometría debería corregirse a efectos de lograr curvas más homogéneas, tanto del tipo continuo o discontinuo. Por lo que se recomienda ajustar el control de recepción de áridos entre entornos esperables para cada tamiz y para cada árido.
- * La presencia de piroxenos de coloración marrón, a pesar de combinarse con plagioclasa límpida, puede inducir a una disminución de la adherencia superficial en el par árido ligante. Se aconseja trabajar con un mejorador de adherencia para áridos con adecuado control de calidad, en una dotación que puede variar entre 0,5 % y 1,3 % sobre el porcentaje de ligante asfáltico. Esta adición también se ve conveniente realizarla dada la composición del asfalto que presenta alto contenido de asfaltenos y componentes parafínicos.
- * Esto último hace suponer además una mayor sensibilidad al envejecimiento. Si bien los valores de TFOT son aceptables, se observa un ligante con tendencia a fragilizarse por lo cual se recomienda la presencia del mejorador de adherencia por ambas razones.
- * Al modificar el ligante se observa un buen rango de trabajo para la zona de emplazamiento de la obra.
- * Es posible que se necesite incorporar alguna fracción aromática para mejorar la digestión del SBS, de ser así se recomienda utilizar entre 0,3 y 0,5 % de aromáticos a efectos de aumentar la penetración.
- * Realizadas estas correcciones los criterios valorados de dosificación de los dos tipos de mezclas son válidos y aseguran el comportamiento aceptable ya alcanzado.

Por último se recomienda:

- Realizar controles mecánicos de áridos cada vez que ingresen a planta, manteniéndolos sin contaminar ni segregarse.
- El ligante se recomienda no someterlo a ciclos de enfriamiento y calentamiento continuos dado las características del mismo.
- Mandar a verificar en laboratorios centrales durante la producción muestras de árido y ligante como los volcados en este informe.