

IAG104-04-2013
EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE MEZCLAS DE ALTO MÓDULO EN
LA AUTOPISTA DE OESTE.
AVALIAÇÃO DE MISTURAS DE ALTO MÓDULO EM ESTRADA DO
OESTE

Ing. Mario Roberto Jair
Shell CAPSA
CABA, Argentina
mario.jair@shell.com

Ing. Ricardo Torchioi
Grupo Concesionario del Oeste
Ituzaingo, Buenos Aires
rtorchioi@gco.com.ar

Ing. Germán Bavdaz
Grupo Concesionario del Oeste
Ituzaingo, Buenos Aires
gbavdaz@gco.com.ar

Resumen

Las mezclas de alto módulo de rigidez (EME, "Enrobés à Module Elevé", en adelante MAM) fueron desarrolladas en Francia a mediados de los años 80, para la construcción de capas de base, permitiendo la optimización de las estructuras de pavimento con reducción de espesores ó extensión de su vida útil. La combinación de este tipo de material en capas de base con carpetas de rodamiento delgadas de altas prestaciones, fue presentada en la XIV Reunión del Asfalto de Mar del Plata en Noviembre de 2006. El Grupo Concesionario del Oeste (GCO) adoptó esta solución de pavimentación en el tramo IV de la Autopista del Oeste, ubicado en la ciudad de Lujan. Tanto el diseño como el control y la descripción de las tareas realizada en dicho tramo, fue objeto de un trabajo técnico presentado en la XV Reunión del Asfalto de Rosario en Noviembre de 2008. El objeto del presente trabajo es compartir el seguimiento del comportamiento de dicha sección, teniendo en cuenta que la tecnología de las MAM está siendo evaluada como alternativa para obras futuras de nueva construcción en el ámbito de la concesión.

Resumo

Misturas de alto módulo de rigidez (EME, "Enrobés um módulo Elevé") foram desenvolvidas em França em meados da década de 1980, para a construção de camadas de base, permitindo a otimização de estruturas de redução de espessura do pavimento ou a extensão de sua vida útil. A combinação deste tipo de material em camadas de base tendo carteiras de base de alto desempenho, foi apresentada na 14ª Reunião do asfalto de Mar del Plata, em novembro de 2006. O negociante West Group (LTS) adotou esta solução para o revestimento na seção IV da auto-estrada do oeste, localizado na cidade de Lujan. O design e o controle e a descrição das tarefas realizadas nesta seção, foi objecto de um estudo técnico apresentado na XV reunião do asfalto de Rosário em novembro de 2008. O objeto deste trabalho é compartilhar o controle o

comportamento desta seção, tendo em conta que mistura tecnologia MAM está sendo avaliado como uma alternativa para a futura construção nova na área da concessão.

INTRODUCCION y OBJETIVOS

Con el propósito de contribuir a la búsqueda de soluciones en materia de comportamiento de pavimentos de alta sollicitación mediante la aplicación de nuevas tecnologías, y como continuidad a otras innovaciones realizadas por la concesionaria GCO en el ámbito del Acceso Oeste a la Ciudad de Buenos Aires, el presente trabajo comparte las evaluaciones realizadas como parte del seguimiento de la experiencia llevada a cabo en el tramo IV de dicha autopista, con la utilización de mezclas asfálticas de alto módulo de rigidez.

El tramo IV de la Autopista del Oeste se encuentra ubicado en la ciudad de Lujan, y constituye la vinculación entre el Acceso Oeste (R.N. n°7) y la futura Autopista Lujan-Mercedes (R.N. n°5), brindando a los usuarios, una conexión directa de ambas autopistas y una solución a la problemática del tránsito actual.

Se presentará un resumen de los resultados obtenidos durante la construcción del proyecto como así también aquellos que permiten evaluar el comportamiento del mismo bajo tránsito, hasta el presente.

ANTECEDENTES

El tramo objeto de evaluación en el presente trabajo, fue construido en el año 2008. Se trata del denominado tramo IV, sentido descendente, compuesto de dos carriles de circulación y de 2km de extensión, cuya sección se muestra en la Figura 1.

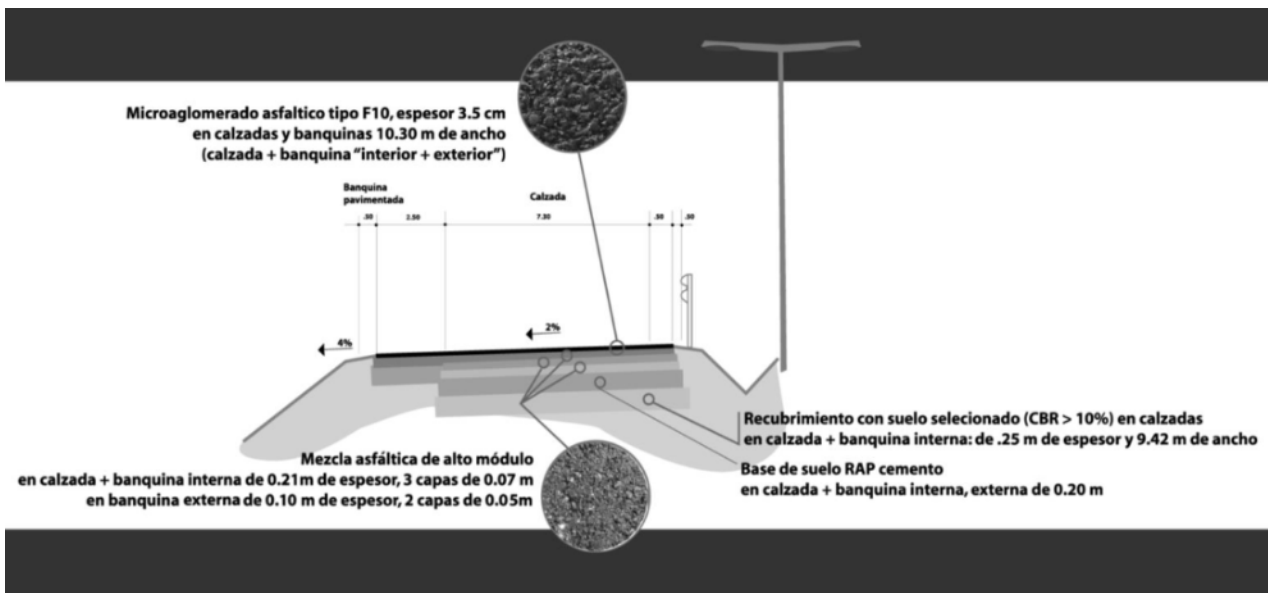


Figura 1: Sección transversal Tramo IV descendente, Autopista del Oeste

El proyecto contempló el reemplazo de 21 cm de espesor en tres capas de 7cm, de mezcla asfáltica semidensa de tamaño máximo 19mm con ligante convencional CA 30, por 3 capas de mezcla de alto módulo de rigidez (MAM) del mismo espesor. Por otra parte, la carpeta del rodamiento del tramo evaluado es del tipo micro concreto en caliente F10, de 3cm de espesor que asegura una adecuada macrotextura para las altas exigencias del tránsito de la autopista y que ha sido desde el año 2000, la superficie de rodamiento adoptada por la concesionaria.

La MAM se dosificó en base a las especificaciones francesas de diseño, siguiente el tipo EME 2 (Enrobés à Module Elevé 2), con la utilización de un ligante convencional “duro”, de penetración 20/30. Si bien las características y resultados completos de la mezcla diseñada, puede verse en trabajos técnicos previamente presentados (Aplicación de Mezclas de Alto Módulo de Rigidez en la Autopista del Oeste, Bavdaz y otros, 2008), a continuación se muestran características salientes del diseño citado.

Comparación estructural

A continuación se muestra el requerimiento estructural y los paquetes original y modificado. Se puede observar el incremento de coeficiente de aporte debido a la adopción de las MAM. Esto hubiese permitido la disminución del espesor total de 21cm a 17cm aproximadamente. Sin embargo y debido a que se trataba de la primera experiencia a gran escala, se decidió mantener el espesor inicial, considerando que el mayor aporte estructural conllevaría a una mayor vida de servicio.

Requerimiento

El diseño propuesto por el proyecto original para el paquete estructural, obtenido por el Método AASHTO 1993 [1], era el siguiente:

Vida útil 15 años
 $N_{8,2} = 1.95 \cdot 10^7$
 $M_r = 6000 \text{ PSI (CBR} = 4\%)$
 $R = 85\%$
 $S_o = 0,44$
 $\Delta \text{PSI} = 1.7$

Con los datos mostrados y resolviendo la ecuación del método, se obtuvo un número estructural necesario sobre la subrasante $SN = 5,63$.

Estructura original

Microaglomerado de C.A.	2,5 cm * 0,17 = 0,43
Base superior de C.A.	7,0 cm * 0,17 = 1,19
Base intermedia de C.A.	7,0 cm * 0,17 = 1,19
Base inferior de C.A.	7,0 cm * 0,17 = 1,19
Subbase de S.Cemento	20,0 cm * 0,05 = 1,00
Suelo seleccionado	25,0 cm * 0,03 = 0,75
	$SN = 5,75 > 5,63$

Estructura propuesta

	2,5 cm * 0,17 = 0,43
B Sup. MAM	7,0 cm * 0,21 = 1,47
B Int. MAM	7,0 cm * 0,21 = 1,47
B Inf. MAM	7,0 cm * 0,21 = 1,47
	20,0 cm * 0,05 = 1,00
	25,0 cm * 0,03 = 0,75
	$SN = 6,59$

El incremento porcentual del número estructural entre una mezcla y la otra fue del 15%. Este incremento en el numero estructural permitía antes de la falla, un tránsito de $64,55 \times 10^7$ ejes equivalentes o, desde el punto de vista de la vida de diseño pasaría de 15 años a 35 años, un 233 % mayor. Por otro lado si se hubiese buscado mantener el numero estructural se habría podido realizar una reducción del espesor de la capa asfáltica de aproximadamente 4 cm (aproximadamente 15 %). Lo antedicho, justificó la decisión del proyecto en cuestión.

Características de la MAM utilizada

Composición, Granulometría y ligante utilizado:

Tanto la composición de agregados como las granulometrías comparadas obtenidas en los laboratorios de GCO y del LEMIT (que fuese el laboratorio externo de control), se muestran en la Tabla 1 y en la Figura 2 (para mayores detalles ver Aplicación de Mezclas de Alto Módulo de Rigidez en la Autopista del Oeste, Bavdaz y otros, 2008).

Tabla 1: Composición de agregados

Agregado	%
6/20	52
0/6	44,5
Filler de aporte	3,5

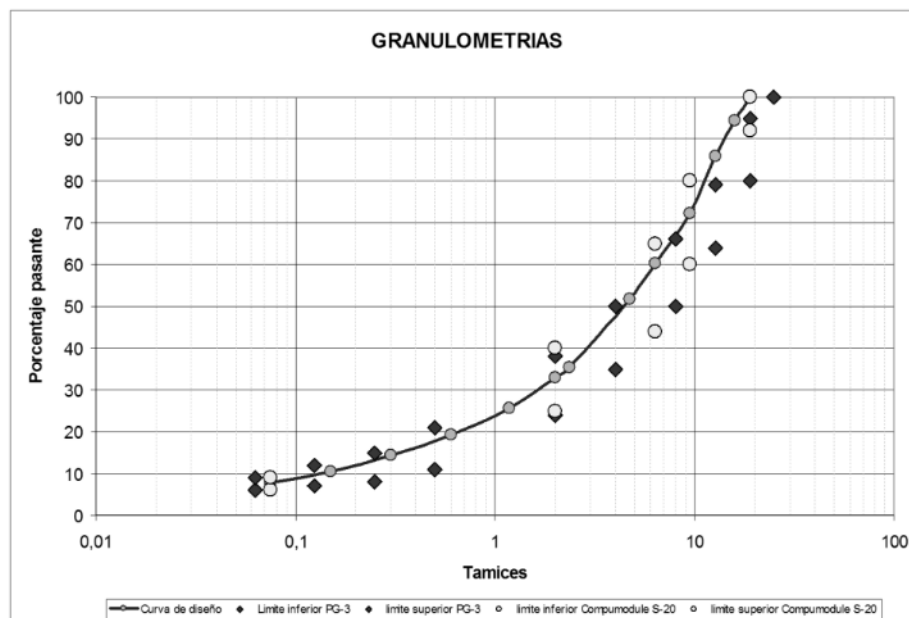


Figura 2: Granulometrías comparadas

Las características típicas de asfalto utilizado, se muestran a continuación.

Tabla 2:

Ensayos	Método	Unidad	Bitumen HM
Penetración, 25°C, 100g, 5s	IRAM 6576	0.1 mm	20-30
Índice de penetración	IRAM 6576	---	-1,2/+0,2
Ductilidad, 25°C 5 cm/min	IRAM 6579	cm	>100
Densidad relativa a 25/25°C	IRAM 6586		>0,98
Pto de inflamación, COC	IRAM 6555	° C	>230
Viscosidad a 60°C (típica)	IRAM 6837	%	6000-8000
Residuo RTFOT			
Pérdida por cal. a 163°C	IRAM 6582 y 6.2	%	<0,8
Penetración retenida , 25°C	IRAM 6576 y 6.2	%	>40
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min	IRAM 6579	cm	>100
Índice durabilidad			<3

Características del asfalto HM

Parámetros Marshall

A continuación se muestran parámetros Marshall obtenidos durante la construcción en ambos laboratorios, obra y control externo

Tabla 3: Valores Marshall sobre probetas moldeadas en laboratorio con mezcla de obra

Parámetro	D Rice (g/cm ²)	Da (g/cm ²)	Vacíos (%)	Estab. (N)	Fluencia (mm)	E/F
Promedio LEMIT	2,496	2,440	2,25	15388	3,9	3964

Promedio GCO	2,486	2,439	1,89	12695	3,7	3437
--------------	-------	-------	------	-------	-----	------

Tabla 4: Valores MarshallI promedio sobre testigos

Altura (cm)	% de compactación	Vacíos (%)	Temp. Promedio fabricación (°C)	Temp. Promedio compactación (°C)
6,8	98,6	3,6	159	147

Módulos de rigidez

Este tipo de mezclas se caracterizan por presentar valores de módulos de rigidez entre 8000 a 16000 Mpa a 20°C, mientras que en las mezclas convencionales estos valores se encuentran entre 4000 a 6000 (Caracterización de las mezclas de alto modulo, Aurelio Ruiz, 1994). A continuación se muestran los valores obtenidos en la etapa de diseño y luego en obra, con mezcla producida en planta y re moldeada en laboratorio, como así también sobre testigos,.

Módulos de diseño

La determinación de módulo según norma EN 12696 Anexo C dio como resultado:

Módulo (t = 124ms, T = 3000 ms, 15 °C) = 17100

Módulo (t = 124ms, T = 3000 ms, 20 °C) = 13400

Módulo (t = 100ms, T = 1000 ms, 15 °C) = 18650

Módulo (t = 100ms, T = 1000 ms, 20 °C) = 15500

Módulos con mezcla re moldeada en obra:

Tabla 5: Valores promedio de módulos sobre probetas

Resistencia a Tracción indirecta (Mpa)	Módulo de rigidez promedio	
	t=0,1s, T=1s, 20°C (Mpa)	Rise time=0,124s, T=3s, 20°C (Mpa)
2090	13837	10952

Módulos sobre testigos del tramo:

Se realizaron extracciones de testigos en el tramo proyectado cuyo resumen se observa en la Figura 3:

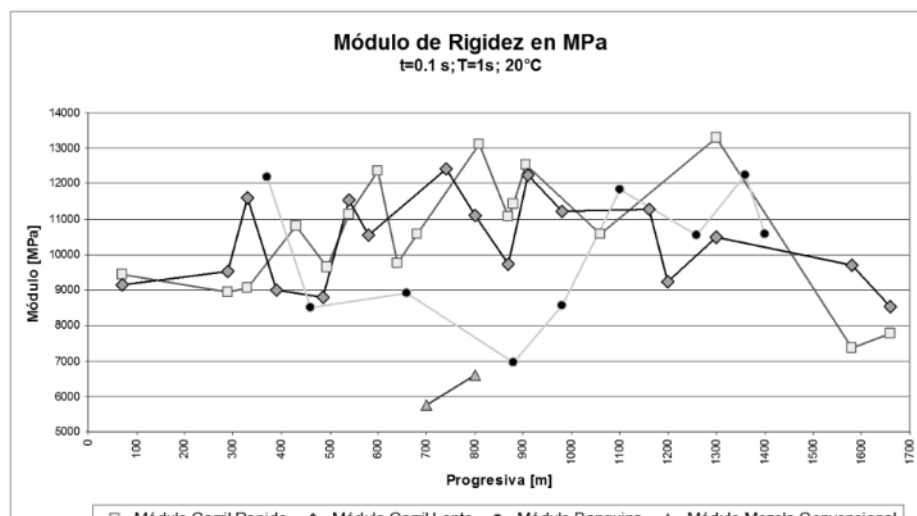


Figura 3: Módulos sobre testigos

EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

A los efectos de la evaluación del tramo ejecutado en 2008, se decidió dividir al mismo en 4 secciones de 500m aproximadamente, procediéndose a tomar testigos de la estructura en ambos carriles (liviano y pesado) y realizándose sobre los mismos ensayos de volumetría, caracterización granulométrica y del asfalto recuperado, como así también ensayos de RTI, ahuellamiento y módulo. Además se presentan la evaluación de parámetros funcionales actuales (luego de 5 años en servicio) como la macrotextura superficial.

Tramificación

El detalle de ubicación para la extracción de testigos se muestra a continuación en Figura 4:

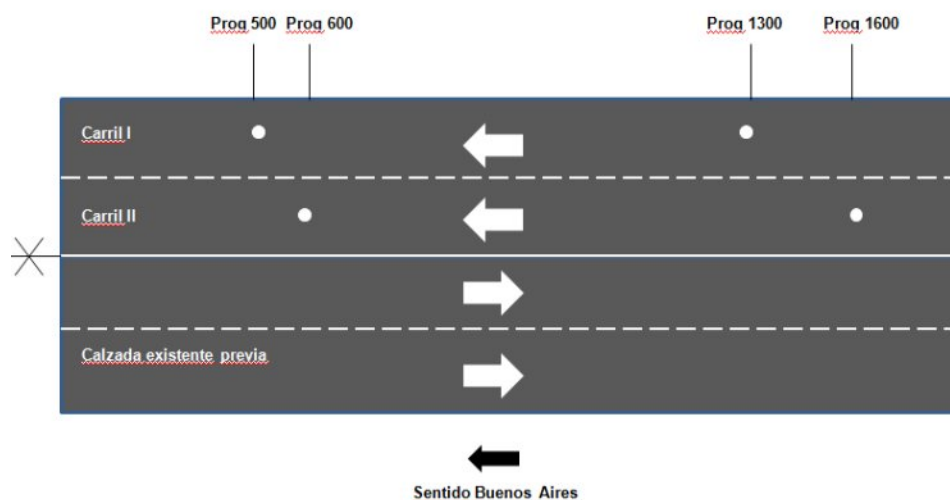


Figura 4: Ubicación testigos extraídos

Parámetros volumétricos, granulometría y caracterización de asfalto recuperado

Parámetros volumétricos y RTI (sobre testigos 10mm)

Tabla 6: Volumetría y RTT, Prog. 1600-1300

	Prog.1600, Carril II, H. interna				Prog.1300, Carril I, H. externa			
Densidad Rice		2,499	2,481	2,524		2,486	2,510	2,490
Testigos (N°-capa)	2-Micro	2-3	2-2	2-1	12-Micro	12-3	12-2	12-1

Espesor	3,0	7,0	7,0	3,5	4,0	7,0	7,0	6,0
Da	2,349	2,468	2,442	2,442	2,375	2,455	2,422	2,413
%V con Rices medidos		1,2	1,6	3,2		1,2	3,5	3,1
RTI, kPa	1190	1793	1553	1487		2024	1634	1966
Contenido de asfalto, %		5,0	5,1	5,1		5,0	5,1	4,8

Tabla 7: Volumetría y RTT, Prog. 600-500

	Prog.600, Carril II, H. interna				Prog.500, Carril I, H. externa			
Densidad Rice		2,495	2,487	2,487		2,499	2,490	2,499
Testigos (N°-capa)	18-Micro	18-3	18-2	18-1	16-Micro	16-3	16-2	16-1
Espesor	4,0	7,0	7,0	7,0				
Da	2,356	2,417	2,347	2,421	2,314	2,456	2,418	2,441
%V con Rices medidos		3,1	5,6	2,7		1,7	2,9	2,3
RTI,kPa	843	1198	1375	1394	1151	1677	940	940
Contenido de asfalto, %		5,0	4,8	4,9		4,9	4,9	5,1

Granulometría recuperada de Prog 1600, 1300, 600 y 500 (en las 3 capas de MAM)

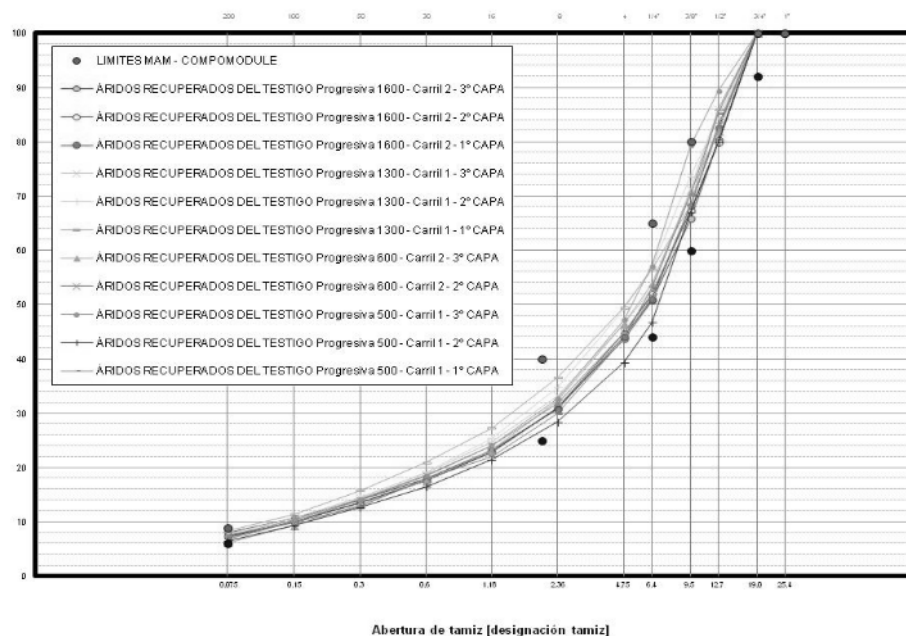


Figura 5: Comparación granulométrica sobre testigos

Caracterización asfalto recuperado

Tabla 8: Asfalto recuperado x Prog. y capas

	Prog 1600			Prog 1300			Prog 600			Prog 500		
Testigo (N°-capa)	2-3	2-2	2-1	12-3	12-2	12-1	18-3	18-2	18-1	16-3	16-2	16-1

Pen°25°C	21	26	24	17	23	19	18	13	14	25	19	23
P.Ablan	60.4	57	59	61,2	59,4	61,8	61,6	66,0	64,8	58,4	61,0	59,4
Visco a 60°C	21160	11200	11520	19520	13360	20760	18160	37080	25500	12840	18160	14200

Módulos

Tabla 9: Módulos en testigos x Prog. y capas

	Prog 1600			Prog 1300			Prog 600			Prog 500		
Testigo (N°-capa)	2-3	2-2	2-1	12-3	12-2	12-1	18-3	18-2	18-1	16-3	16-2	16-1
E (t=0.1s; T=1s; 20 °C) [MPa]	11448	10023	12895	11045	7931	14665	12818	11409	11120	13417	8042	8496
E (rise time=0.124s; T=3s; 20°C) [MPa]	9980	7676	10077	9212	6499	10840	9685	10574	9520	10376	6770	6592

Ahuellamiento

Tabla 10: WTT sobre testigos 200mm

Capa	Micro MAC F10+ 1ra Capa de MAM			
Progresiva	1600	1300	600	500
Profundidad de huella [mm]	0,91	0,85	0,73	0,83
Veloc. de Deformación [mm/min]	0,002	0,003	0,002	0,002
Estabilidad Dinamica [pasadas/mm]	21232	16591	22500	17027

Macrotextura superficial medida por parche de arena

Tabla 11: Macrotextura actual (luego de 5 años en servicio)

Progresiva	Carril	Huella	Textura (promedio)
1600	I	Izq	0,8
	II	Der	1,0
1300	I	Izq	1,0
	II	Der	0,9
600	I	Izq	0,8
	II	Der	1,1
500	I	Izq	0,8
	II	Der	0,8

ARCHIVO FOTOGRÁFICO



Figura 6: Extendido MAM (2008)



Figura 7: Aspecto MAM y MAC F10



Figura 8: Extracción testigos (2013)



Figura 9: Aspecto actual Tramo IV

CONCLUSIONES

El tramo IV del Acceso Oeste fue construido en 2008 con la sustitución de 3 capas de mezcla convencional por MAM en el mismo espesor, manteniéndose la capa de rodamiento con un microconcreto MAC F 10.

Luego de 5 en servicio los parámetros superficiales se mantienen en condiciones aceptables, sin presentar deformaciones y con adecuada macrotextura superficial.

Del análisis de los testigos extraídos, se observa regularidad en la granulometría de las capas de MAM, como así también en las características del asfalto recuperado.

La respuesta en cuanto a la contribución estructural de la solución propuesta está cumpliendo con lo esperado, por la cual GCO está evaluando su utilización futura en caso de plantearse las exigencias de carga y tránsito en áreas de nueva construcción de la autopista.

REFERENCIAS

Bavdaz G., Torchioi, R., Cuchi O., Jair, M., Aplicación de Mezclas de Alto Módulo de Rigidez en la Autopista del Oeste, XXXV Reunión del Asfalto, Rosario, Argentina, 2008.

Ruiz A., Caracterización de las Mezclas de Alto Modulo, CEDEX, Madrid, 1994.