

180-04-2013

**UTILIZACIÓN DE MEZCLAS DENSAS EN FRÍO CON EMULSIÓN EN LA
PAVIMENTACIÓN DE CALLES EMPEDRADAS EN LA CIUDAD DE
POSADAS, PROVINCIA DE MISIONES, ARGENTINA.**

Dr. Ing. Rodolfo Adrián Nosetti
Consultoría Integral de Obras Civiles S.A.
Buenos Aires, Argentina
a.nosetti@coninoc.com.ar

Lic. Carlos Del Pozo - Ing. Gonzalo Deza
PROBIAR S.A.
Cañuelas, Argentina
probiarsa@probiar.com.ar

Ing. Néstor Siviero – Ing. José Escobar
Dirección Provincial Vialidad Misiones
Posadas, Argentina
nrsiviero@gmail.com

Ing. Luis Collazo – Ing. S.Benjamín Heinrich
Borcom S.A.
Posadas, Argentina
info@borcom.com.ar

Resumen

Para la pavimentación de arterias urbanas se pueden plantear diferentes estrategias, como el empedrado, es decir, colocar piedra partida para formar una superficie de rodadura resistente, estable y económica. Si a esta técnica le sumamos una base apropiada y la ejecución de badenes y el cordón cuneta integrado, nos queda una vía urbana que es transitable en cualquier condición climática. El empedrado es una solución aceptable, pero presenta algunos inconvenientes como la permeabilidad y la mala regularidad superficial como así también la generación de polvo con el tránsito. La Dirección Provincial de Vialidad de Misiones planteó la necesidad de pavimentar, a modo de tramo experimental, un empedrado con mezcla asfáltica en frío. A tal fin se aplicó una carpeta bituminosa en frío con emulsión modificada con polímero en calles de la Ciudad de Posadas, Misiones. Con la colocación de dicha capa se buscó como objetivos principales: lograr impermeabilizar la base existente, aumentar el confort de los usuarios y reducir el ruido de rodadura y el polvo provocado por el tráfico, además de proporcionarle una mayor vida útil. Los materiales pétreos de la mezcla utilizada corresponden a una cantera de la zona. Las fracciones utilizadas fueron arena silícea natural y agregados pétreos 0/6 y 6/20, además se remitió al Laboratorio de PROBIAR S.A una muestra de suelo. A los agregados se le realizaron los ensayos de granulometría, equivalente en arena e índice de agujas. Tanto a los agregados como al suelo se les analizó la compatibilidad con las emulsiones a utilizar. La emulsión utilizada corresponde al tipo CLm norma IRAM 6698:2008, es decir, modificada con polímeros de corte lento. Se presentan aquí las características del empedrado existente y la dosificación de las mezclas en frío, como así también el proceso constructivo llevado adelante.

Resumo

Para a pavimentação de artérias urbanas podem-se apresentar diferentes estratégias, como o empedrado, isto é, brita colocada para formar uma superfície de rodadura resistente, estável

e económica. Se a esta técnica somamos-lhe uma base e a execução de badenes e cordão cuneta integrado, fica-nos uma via urbana que é transitable em qualquer condição climática. O empedrado é uma solução aceitável, mas tem alguns inconvenientes como a permeabilidade e má regularidade superficial como assim também a geração de pó com o trânsito. A Dirección Provincial de Vialidad de Misiones propôs a necessidade de pavimentar, a modo de trecho experimental, um empedrado com mistura asfáltica em frio. A tal fim aplicou-se uma coberta bituminosa em frio com emulsión modificada com polímero em ruas da Cidade de Posadas, Misiones. Com a colocação de dita capa procurou-se como objetivos principais: conseguir impermeabilizar a base existente, aumentar o confort dos usuários e reduzir o ruído de rodadura o pó provocado pelo tráfico, além de proporcionar-lhe uma maior vida útil. Os materiais pétreos da mistura utilizada correspondem a uma cantera da zona. As frações utilizadas foram areia silícea natural e agregados pétreos 0/6 e 6/20, e foi enviada para o Laboratório de PROBIAR SA uma amostra de solo. Aos agregados realizaram-se-lhe os ensaios de granulometría, equivalente em areia e índice de agulhas. Tanto aos agregados como ao solo se lhes analisou a compatibilidade com as emulsiones a utilizar. A emulsión utilizada corresponde ao tipo CLm norma IRAM 6698:2008, isto é, modificada com polímeros de corte lento. Apresentam-se aqui as características do empedrado existente, a dosagem das misturas em frio e o processo construtivo levado adiante.

INTRODUCCIÓN

El trabajo se realizó en la Ciudad de Posadas, a instancia de la Dirección Provincial de Vialidad de la Provincia de Misiones. Dicha repartición requirió el estudio de distintos tipos de mezclas asfálticas en frío entre ellas densas, para bacheo y lechadas.

En esta instancia se presenta la pavimentación de un empedrado existente de la Ciudad de Posadas, Misiones. El tramo donde se ejecutó la obra corresponde a la Avenida R.A. Domínguez comprendido entre la Avenida Cocomarola y la colectora oeste de uno de los principales accesos al centro de la ciudad de Posadas: La Avenida Brig. Juan Manuel de Rosas. A través de esta obra los habitantes del barrio “El Progreso”, logran obtener una salida pavimentada a una de las principales arterias de la ciudad. Así pueden comunicarse de manera más rápida y efectiva con el centro y las salidas más importantes al interior de la provincia. Es necesario remarcar que los vecinos del barrio aledaño “Villa Dolores”, también se ven beneficiados con la ejecución de dicha obra, ya sea por tener una nueva opción de salida a la avenida Juan Manuel de Rosas o por tener mayor conectividad entre los barrios ya mencionados.

El empedrado consiste en la colocación de agregados en el suelo natural, logrando el saneamiento y transitabilidad aún con días de lluvia. En primera instancia, se puede ejecutar el cordón cuneta integral para luego colocar de forma artesanal agregado basáltico con al menos una de sus caras planas, la cual queda expuesta como superficie de rodamiento. En la Figura 1 se observa el empedrado de la Calle Domínguez, previo a la ejecución de la carpeta de rodamiento en frío.

Las características del tramo son iguales para todas las progresivas. El mismo está conformado en sus laterales por un cordón cuneta que actúa como apoyo de una sub-base de suelo y sobre esta una base de empedrado dispuesto en forma de arco, conocido en la zona como empedrado tipo brasilero.



Figura 1. Calle Domínguez previo a la ejecución de la carpeta de rodamiento en frío

El tramo ejecutado tiene una longitud de 690 m y un ancho de calzada entre bordes de cunetas de 11.50 m. con importantes pendientes transversales, superiores al 10%. En la Figura 2 se observa un esquema del perfil transversal.

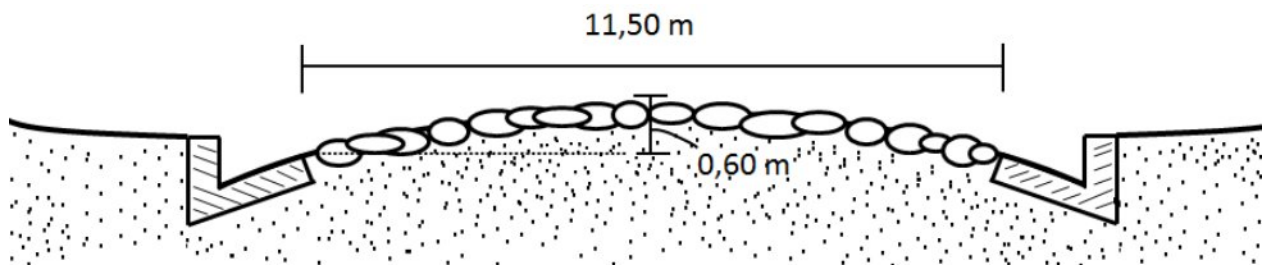


Figura 2. Esquema del perfil transversal de la Av. Domínguez

Cabe destacar que la calzada presenta deformaciones e importantes irregularidades superficiales. Sobre dicho empedrado se colocó una carpeta en frío de un espesor promedio de 4 cm. Los objetivos principales fueron lograr impermeabilizar la base existente y aumentar el confort de los automovilistas y vecinos reduciendo el ruido de rodadura y el polvo provocado por el tráfico sobre el empedrado.

Materiales empleados

Los materiales empleados para la mezcla asfáltica densa fueron agregados pétreos de la zona donde se ejecutó la obra y dos emulsiones: una de imprimación y la otra para la ejecución propia de la mezcla asfáltica. Los agregados utilizados tanto las fracciones trituradas de arena fina 0-6 y agregado pétreo tipo 6-20 procedentes de la cantera CMC ubicada a unos 15 Km. de la Ciudad de Posadas como la arena silícea del Río Paraná, fueron previamente remitidas a la empresa PROBIAR S.A, a los efectos de evaluar parte de sus características y de esta manera diseñar una emulsión que sea específica para los áridos precedentemente mencionados. Para observar la

compatibilidad con el sustrato de apoyo también se remitió suelo de la obra, de esta manera se garantiza que la emulsión de imprimación tenga buena adherencia con el empedrado y el suelo.

Agregados

A las muestras de los agregados se le realizaron los ensayos de granulometría, equivalente en arena e índice de agujas y desgaste Los Ángeles. Los agregados cumplen con las características exigidas para este tipo de mezcla, salvo en lo que se refiere a su forma, presentando una gran cantidad de lascas y agujas, aunque a pesar de ello se dio prioridad a la utilización de materiales locales.

Filler

Para brindarle a la mezcla asfáltica una adecuada resistencia en los primeros días de uso se utiliza Cemento Portland de tipo CPC40 como filler. La utilización de filler fue en la etapa de diseño en el laboratorio. Luego en la etapa de colocación, debido a las altas temperaturas y alta reactividad del árido y la falta de experiencia del personal con este tipo de mezclas, la utilización del mismo debió suspenderse para lograr una mejor trabajabilidad en la extensión de la mezcla.

Emulsiones

La mezcla asfáltica densa se ejecutó con una emulsión modificada de corte lento correspondiente al tipo CLm de la norma IRAM 6698:2008; elaborada en la planta de Cañuelas, Provincia de Buenos Aires, distante a unos 1.050 Km de la obra. Para el riego de imprimación se utilizó una emulsión catiónica de imprimación correspondiente al tipo CI de la norma IRAM 6691:2011.

Suelo

El suelo del empedrado donde se apoya la mezcla asfáltica corresponde a un A6 (11) un Índice de Plasticidad 15,4 y un pasa tamiz 75 μm (#200) de 80 %.

DISEÑO DE LA CARPETA ASFÁLTICA Densa EN FRÍO

Para obtener la fórmula se utilizó el diagrama de proceso de la Figura 3. Para el diseño de la mezcla asfáltica en frío se utilizó la curva granulométrica definida en el pliego general de normas capítulo D X, de la Dirección Nacional de Vialidad de la República Argentina, indicada como TM 1/2". Esta curva permite elaborar carpetas en frío de hasta 4 cm de espesor. Las proporciones de los materiales inertes intervinientes se presenta en la Tabla N° 1.

Con las proporciones indicadas se obtiene la composición granulométrica que se indica en la Tabla N° 1, la misma cumple con los límites indicados por la Dirección Nacional de Vialidad de la República Argentina. En la Figura 4 se observa la gráfica granulométrica de las mezclas de inertes y los límites superiores e inferiores.

MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO

Diagrama de proceso para determinar la formula de obra

Descripción del procedimiento utilizada en el laboratorio de PROBIAR S.A. para determinar la formula de obra para una mezcla en frío

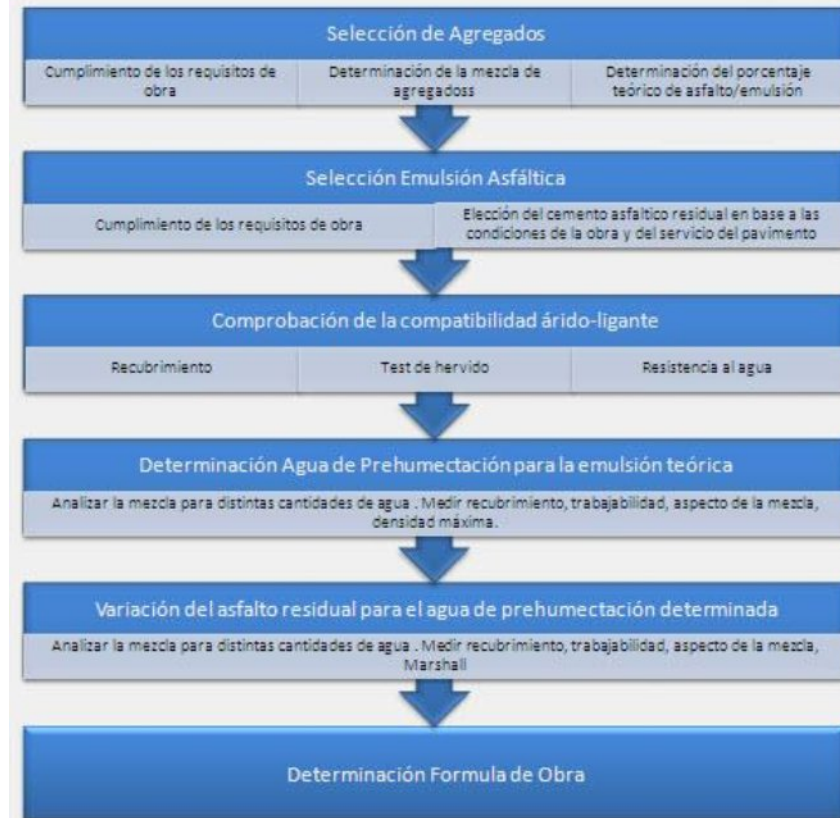


Figura 3. Diagrama de Proceso para el Diseño de un MAF.

Tabla N° 1. Fórmula de laboratorio y de obra.

Materiales	Composición Formula de Laboratorio [%]	Composición Formula de obra [%]
Agregado 6-20	24,5	25
Agregado 0 -6	60	60
Arena silícea	14,5	15
Filler	1	0
Total Agregados Seco	100	100
Agua Prehumectación	3	3
Asfalto Residual	6	5,7

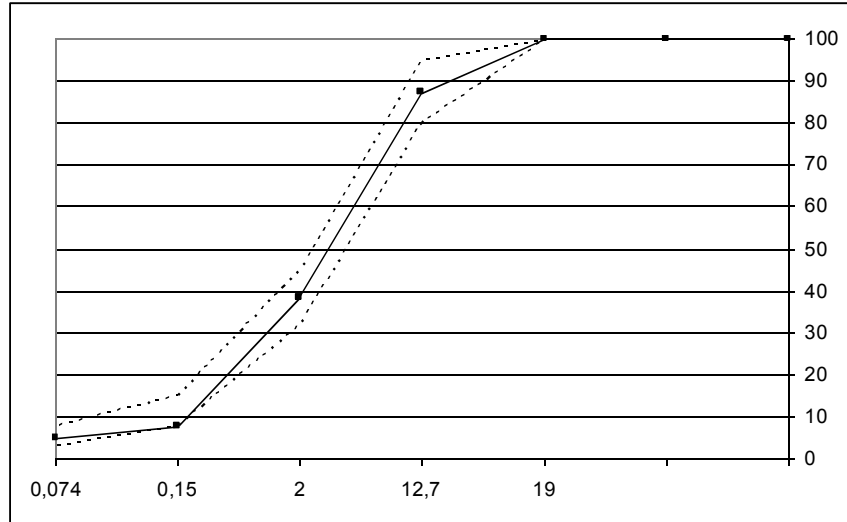


Figura 4. Gráfica granulométrica de las mezclas de inertes.

Para el caso en estudio los agregados analizados provenientes de la cantera CMC presentaron una excelente compatibilidad con la emulsión PROBIMUL CL-60m estableciendo la formula de obra informada para iniciar el trabajo.

EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

La ejecución de la mezcla se realizó con un equipo para distribución de Slurry / Microsurfacing como el que se indica en las fotos de la Figura 5. En la obra, en primera instancia, se puso a punto el equipo y se realizaron algunas pruebas previas observándose una baja trabajabilidad de la mezcla. Por tal motivo fue en esta etapa donde se decidió quitar el aporte de filler observándose buena trabajabilidad y reactividad de los áridos.



Figura 5. Equipo de colocación utilizado en el tramo experimental

Previo a la ejecución de la mezcla se realizó en algunos sectores un bacheo fundamentalmente donde el empedrado se encontraba deteriorado y con hundimientos pronunciados. Posteriormente

se realizó una limpieza de la calzada con la utilización de un cepillo mecánico. Realizada esta operación se procedió a colocar el riego imprimación, y luego del curado del riego se colocó la mezcla asfáltica en frío en 5 fajas de aproximadamente 2,30 metros cada una, lo que permitió cubrir el ancho de calzada en su totalidad con un pequeño solape sobre la cuneta. Posteriormente se compactó con rodillo neumático. La apertura al tránsito se realizó en función de la evolución de la mezcla siempre durante la misma jornada de trabajo. Por último, luego, librado al tránsito y pasadas 24 hs a 48 hs, para mejorar la terminación del tramo experimental se colocó una lechada asfáltica como acabado superficial.

CONTROLES POST- EJECUCIÓN

Posteriormente a la ejecución se realizaron varias inspecciones visuales y una campaña de extracción de testigos. En la Figura 6 puede observarse el aspecto de la mezcla terminada luego de varios meses de su ejecución.

De las inspecciones visuales se comprobó que la mezcla se comportó adecuadamente. Se observa que la misma copió los grandes hundimientos y deformaciones que poseía el empedrado. No se observaron desprendimientos ni ninguna otra anomalía que pueda relacionarse con la mezcla. En un sector se observó fisuras causadas por problemas de base y no de la mezcla.

Para la extracción de testigo se utilizó un caladora con una broca de 4 pulgadas de igual característica que la que se utiliza para mezclas en caliente. Los testigos se extrajeron en tresbolillo en cada una de las fajas. En la progresiva 600 m se extrajeron cuatro testigos abarcando todo el perfil trasversal. Lo indicado se muestra en el esquema de la Figura 7.

Los testigos se calaron hasta el suelo debido a la buena adherencia entre el empedrado y mezcla asfáltica.



Figura 6. Estado del trabajo a 6 meses de su aplicación

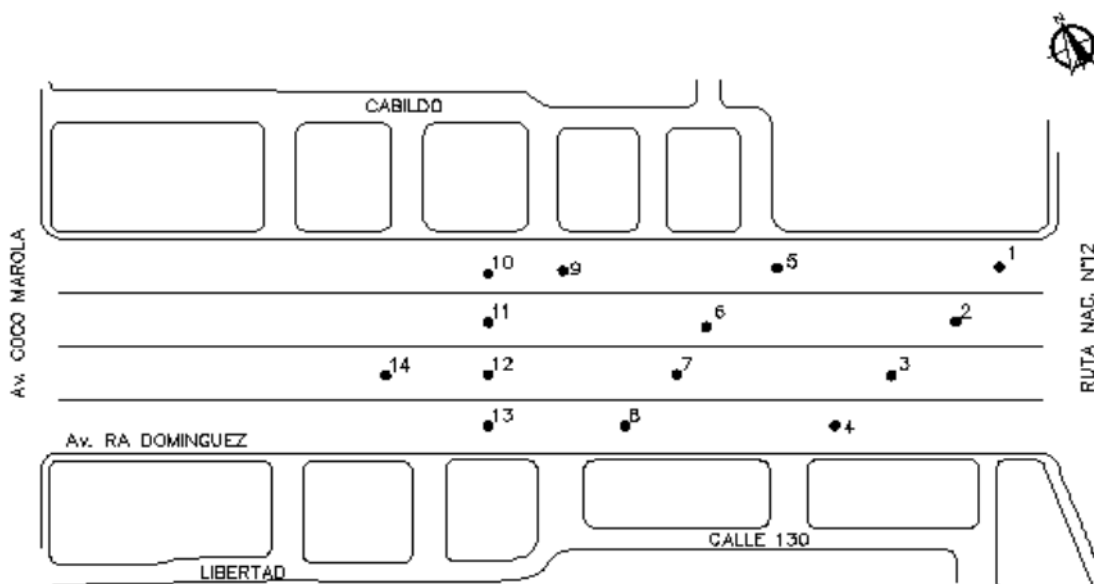


Figura 7. Esquema de extracción de testigos.

Los testigos se remitieron al La.P.I.V., Laboratorio de Pavimentos e Ingeniería Vial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, dónde se le realizaron los siguientes ensayos: espesores, densidades, y alguno de ellos Rice y contenido de vacíos. Los resultados se transcriben en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultado de Ensayo de los Testigos extraídos.

Nº de testigo	Prog.	Ubicación	Espesor [cm]	Da [g/cm ³]	D _{Rice} [g/cm ³]	Vacios %
1	20	A	4,0	2,415	2,618	7,7
2	61	B	2,1	2,432	2,618	7,1
3	134	C	2,7	2,377	2,618	9,2
4	183	D	2,2	2,372	2,618	9,4
5	290	A	2,0	2,373	2,618	9,3
6	361	B	1,6	2,511	2,618	4,1
7	415	C	2,7	2,485	2,618	5,1
8	474	D	2,7	2,307	2,618	11,9
9	537	A	3,3	2,296	2,618	12,3
10	600	A	4,0	2,348	2,618	10,3
11	600	B	3,9	2,424	2,618	7,4
12	600	C	4,4	2,408	2,618	8,0
13	600	D	4,5	2,293	2,618	12,4
14	663	C	3,1	2,412	2,618	7,9

Como consecuencia de que el sustrato de apoyo es muy irregular, los resultados reflejan este hecho teniendo una variabilidad de espesores comprendida entre 1,6 y 4,5 cm de espesor promedio.

Las densidades logradas no son homogéneas, esto puede deberse a las condiciones del sustrato de apoyo de la mezcla, como consecuencia de ello, los vacíos varían también con valores entre 4,1 y 12,4%, quizás con sustratos de apoyo más homogéneos se puede lograr tener valores con menor dispersión, el tener una pendiente superiores al 10% también es desfavorable para la compactación.

CONCLUSIONES

Cuando la mezcla asfáltica en frío se diseña y ejecuta con emulsiones fabricadas especialmente para la obra el mezclado, la extensión, la compactación, el curado y la posterior habilitación al tránsito son adecuados. Las emulsiones diseñadas especialmente para esta obra presentan buena compatibilidad y recubrimiento proporcionando un curado de la mezcla satisfactorio.

La trabajabilidad de la mezcla en campo cumplió con las expectativas previstas permitiendo que la compactación de la misma y su habilitación al tránsito puedan realizarse en el mismo día de la ejecución.

La colocación de una carpeta en frío de 4 cm sobre el pavimento existente alcanzó los objetivos pretendidos: lograr impermeabilizar la base existente, aumentar el confort de los automovilistas y vecinos, reducir el ruido y el polvo provocado por el tráfico sobre el empedrado.

La mezcla pudo ser colocada con un equipo de lechadas asfálticas sin inconvenientes a pesar de tener una pendiente transversal superior al 10%.

Los vacíos de los testigos fueron, en general, mayores a lo previsto. Esto puede deberse a la falta de rigidez del sustrato de apoyo, a las fuertes pendientes transversales y el haber utilizado un agregado que presenta un índice de lajas del 33,3 % y un índice de agujas del 42,8 %.

Las irregularidades longitudinales fueron copiadas por la mezcla asfáltica en frío. Para mejorar esta característica se debería tener un sustrato de apoyo más regular y ejecutar el trabajo con terminadora.

Con este tipo de mezcla se pueden ejecutar obras con un producto de buena calidad en lugares alejados de usinas asfálticas en caliente a un costo razonable y competitivo.

Es de destacar la importancia de lograr que la forma y la curva granulométrica de los agregados cumplan con las especificaciones. Además verificar la compatibilidad entre estos y la emulsión asfáltica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ebels, Lucas-Jan (Marzo 2008) Characterisation of material properties and behaviour of cold bituminous mixtures for road pavements. Doctoral Thesis. Stellenbosch University, South Africa.

Rubio Baltasar (1996) “Emulsiones asfálticas. Emulsiones modificadas”. XII Curso Internacional de Carreteras, Madrid.

Manual Básico de EmulsionesAsfálticas Manual Series No. 19.AsphaltInstitute. ISBN-10: 1934154245. Enero, 2001.

Fernández del Campo, Juan Antonio (1983) Pavimentos bituminosos en frío. Editores Técnicos Asociados S.A. Barcelona.

Fong, G.K. (Octubre 1978) Mix design methods for base and surface courses using emulsified asphalt. Report No. FHWA RD-78-113, Federal Highway Administration.

National Cooperative Highway Research Program Report NCHRP Report 259, Design of Emulsified Asphalt Paving Mixtures, 1983.

Michael Mamlouk and Leonard Wood (1993) .Use and Properties of Emulsified Asphalt Mixtures in Low-Volume Roads, , TRB Record 898, 277-283.

J.Dybalski (1984) Proposed Mix Design Methods for Asphalt Emulsion Cold Mixes, 11th AEMA Annual Meeting, Orlando, Florida.

AsphaltColdMix Manual MS-14 Manual de Mezclas Asfálticas en Frío del Instituto del Asfalto, Estados Unidos, tercera edición, 2005.

Norma IRAM 6691:2011 “Asfaltos. Emulsiones asfálticas catiónicas convencionales. Clasificación y requisitos.”

Norma IRAM 6698:2008 “Asfaltos. Emulsiones asfálticas catiónicas modificadas. Clasificación y requisitos.”

APENDICE

Control de calidad de materiales no marcas comerciales

Control de calidad de suministros Planta Cañuelas

Obra/empresa destino:	Probiar S.A. Posadas
Producto:	Emulsión Catiónica de Corte Lento Modificada
Denominación comercial:	Probimul CL-60m
Corresponde a Remitos N°:	06605 – 06606 – 06629 -06617 - 06633
Fecha de despacho del producto:	Diciembre 2012 – Enero 2013

Tabla de valores de ensayo y rangos recomendados:

Ensayos	06605	06606	06629	06617	06633	Mín.	Máx.	Norma
Sobre la emulsión asfáltica								
Viscosidad Saybolt-Furol (25°C.s)	21	20	21	22	20		50	IRAM 6721
Betún asfáltico residual, %	60.5	60.5	60.4	60.5	60.4	60	--	IRAM 6719
Sedimentación en 5 días, %	1	1	1	2	1	--	5	IRAM 6718
Residuo sobre tamiz IRAM 850 µm, %	0	0	0	0	0	--	0,1	IRAM 6717
Ensayo Clima Cálido	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple			
Sobre el residuo asfáltico								
Penetración (25°C, 100g, 5s.), ddm	77	79	79	79	70	70	100	IRAM 6576
Recuperación Torsional, %	14	14	14	13	12	12		
Punto de ablandamiento, °C	48	48	49	49	48	45	--	NLT 125/84

INFORME TÉCNICO

AGREGADO 6-20 Origen MISIONES

- Ensayo desgaste Los Angeles NORMA IRAM 1532: 13,4%
- Índice de Lajas NORMA IRAM 1687-1: 33,3%
- Índice de Elongación NORMA IRAM 1687-2: 42,8%



Ing. Elisa Frigoli Albert
Responsable de la Calidad



Ing. Diego Larsen
Coordinador