

IAG368-08-2013
EVALUACIÓN DE PROPIEDADES DE
MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO PARA BACHEO
PROPRIEDADE AVALIAÇÃO ASFALTO MIX FRIA PARA PATCHING.

Ing. Denisse G. Andrade Alvarez
Asistente de Docencia. Departamento de Ingeniería Civil
Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey
Monterrey, México
degan_al@hotmail.com

Dr. Carlos Humberto Fonseca Rodríguez
Director del Centro de Diseño y Construcción
Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey
Monterrey, México
carlos.fonseca@itesm.mx

Ing. Rodolfo Villalobos Dávila
Director General
PETROTEKNO, S.A. de C.V.
Monterrey, México
rvillalobosdavila@yahoo.com.mx

Resumen

Las metodologías para el diseño de mezclas asfálticas en frío que se emplean en la dosificación de mezclas para bacheo no son muy comunes en el ámbito nacional e internacional. Al tratarse de una mezcla asfáltica abierta en frío manufacturada con un cemento asfáltico especial, hace que el diseño de la mezcla para bacheo sea un proceso no muy recurrente. En el Laboratorio de Materiales Asfálticos del Tecnológico de Monterrey, se trabajó en el diseño de una mezcla abierta para bacheo, caracterizando el producto asfáltico con el cual se proporciona cohesión a la mezcla asfáltica, empleando el Método Universal de Caracterización de Ligantes, UCL, desarrollado por la Universidad Politécnica de Cataluña.

Se evaluó la viabilidad de que este tipo de mezclas asfálticas puedan ser diseñadas midiendo la trabajabilidad en estado fresco y la cohesión una vez que han alcanzado su estado sólido o madurez de la mezcla de bacheo. La madurez de la mezcla se fue midiendo a diferentes tiempos de curado, sometiendo la mezcla compactada a la acción de aire forzado en un horno a 60°C durante períodos de 24, 48 y 72 horas.

Lo anterior se realizó en tres tipos de granulometrías con la finalidad de definir cuál de ellas presenta un mejor comportamiento posterior al definir el contenido óptimo de material asfáltico. Por último, las mezclas asfálticas con mejor comportamiento serán colocadas en zonas de baches y se les dará el seguimiento que en este escrito técnico se describe.

Resumo

As metodologias para o desenvolvimento de misturas asfálticas a frio utilizadas na dosificação de misturas para pavimentação/recapeamento não são muito comuns no âmbito nacional e internacional. Ao tratar de uma mistura asfáltica aberta a frio fabricada com um cimento asfáltico

especial, faz com que o desenvolvimento da mistura para pavimentação/recapeamento seja um processo não muito recorrente. No Laboratório de Materiais Asfálticos do Centro Tecnológico de Monterrey, trabalhou-se no desenvolvimento de uma mistura aberta para recapeamento, caracterizando o produto asfáltico com o qual se proporciona coesão à mistura asfáltica, empregando o Método Universal de Caracterização de Ligantes, UCL, desenvolvido pela Universidade Técnica da Catalunha.

Avaliou-se a viabilidade de que estes tipos de misturas asfálticas possam ser desenvolvidos medindo a trabalhabilidade em estado fresco e a coesão uma vez que têm atingido seu estado sólido ou maturidade da mistura de recapeamento. A maturidade da mistura foi medida em diferentes tempos de curado, submetendo a mistura compactada à ação de ar forçado em um forno a 60°C durante períodos de 24, 48 e 72 horas.

O anterior realizou-se em três tipos de granulometrias com a finalidade de definir qual delas apresenta um melhor comportamento posterior ao definir o conteúdo ótimo de material asfáltico. Por último, as misturas asfálticas com melhor comportamento serão colocadas em zonas de pavimentação e lhes dará o rastreamento que neste escrito técnico se descreve.

INTRODUCCIÓN

El diseño de la mezcla asfáltica requiere de una rigurosa planeación y extensas pruebas para obtener una eficiencia óptima. Con las lluvias y envejecimiento se presentan de una forma frecuente baches, ocasionados por el ligero agrietamiento existente sobre el cual penetra el agua y debilita la adherencia existente entre el material pétreo y el cemento asfáltico. Se le llama bache a un tipo de ruptura creada en la superficie de los caminos en la cual una parte del material se fractura, principalmente por la fatiga de la superficie de rodamiento, y se desprende dejando una oquedad. Otra de las principales razones por las cuales se generan baches es por los cambios bruscos de temperatura, sobre todo en las zonas muy frías o muy calientes, ya que se generan cavidades dentro de los materiales siendo fracturadas por el paso del tránsito pesado.

Actualmente la reparación de estos baches se lleva a cabo mediante la colocación de mezclas asfálticas convencionales que presentan un patrón de comportamiento diferente que el de la mezcla asfáltica sustituida y en la mayoría de los casos inferior. Por lo tanto, se busca llegar a proporcionar una mezcla asfáltica de buena trabajabilidad y durabilidad para reparar los baches de una forma rápida y económica.

Con la idea de definir una metodología para diseñar una mezcla asfáltica para bacheo, con aplicación en frío, que sea rápida, económica y con un buen comportamiento, en este trabajo de investigación se conjuntaron ensayos de laboratorio, con los cuales se definen propiedades de la mezcla asfáltica que le permiten cumplir con la finalidad. Tanto para el material pétreo, como para el cemento asfáltico (suero) y la mezcla en general, se evaluaron sus propiedades mecánicas-reológicas, mediante normas para la infraestructura del transporte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México (SCT) y la American Society for Testing and Materials (ASTM).

OBJETIVO

Definir valores de propiedades de las cuales depende el buen comportamiento de una mezcla asfáltica en frío para bacheo, empleando métodos de ensayos de laboratorio, con el fin de obtener un producto que sea una solución a los deterioros de baches y de alta durabilidad.

ANTECEDENTES

En mezclas frías el ligante es precalentado a una temperatura no mayor a 60°C. Los agregados pétreos no tienen que cumplir con un secado ni calentamiento previo, por lo que pueden contar con su humedad natural. Se trabaja con mezclas abiertas, donde el porcentaje de vacíos no es mayor al 12% (E-Asphalt, 2005). La viscosidad que se puede encontrar en las emulsiones asfálticas en frío se encuentra en el rango de 0.5 a 10 poises a una temperatura de 60° C, la emulsión contará con una menor viscosidad que la obtenida en un cemento asfáltico que esta entre 100 a 400 poises (Buard, 2012).

Las granulometrias típicas empleadas en algunos lugares como lo es Canadá, su material petreo va de la malla de ¼” a la malla No. 20, siendo el porcentaje grueso un 65 a 70% y de material fino de un 30 a 35 %. En Tabasco, México, se desarrolló un estudio para mezclas de reparacion permanentes y se constato que una buena granulometria para bacheo el tamaño maximo del petreo sería 9.5 mm, equivalente a una malla de 3/8”, coincidiendo en que el pocentaje grueso es mayor al porcentaje fino (Mezclas Asfálticas, 2012). La composición de los agregados pétreos en una mezcla asfáltica constituye entre un 85 y un 95 % de su peso, por lo que la calidad y durabilidad de la mezcla asfáltica dependerá directamente de las propiedades físicas, mecánicas y químicas que pueda tener el pétreo (Fonseca, 2011).

El cemento asfáltico es obtenido de un proceso de destilación del petróleo con la finalidad de eliminar los solventes volátiles y una parte de los aceites que están presentes en el petróleo. La viscosidad de un cemento asfaltico varía con la temperatura, las resinas hacen que se produzca cierta adherencia entre los materiales pétreos, los cuales tienen un comportamiento de ligantes favorable pues al ser calentados se licúan, lo que les permite cubrir totalmente las partículas del material pétreo. El cemento asfáltico juega un importante papel en la cohesión, la cual determinará el comportamiento de la mezcla asfáltica.

Mezcla asfáltica bacheo (abierto)

La mezcla de bacheo debe de cumplir con un diseño apropiada, logrando tener cohesión y trabajabilidad; La cohesión es la propiedad que tiene la mezcla asfáltica de absorber la energía antes de que se produzca la falla de la película de asfalto y pétreo a las que está expuesto, es una propiedad mecánica que depende de la temperatura. La trabajabilidad de una mezcla asfáltica depende directamente de la composición y de la temperatura a la que se encuentra, y también de forma directa a la eficiencia del proceso de compactación. Una mezcla será más trabajable si se requiere menos fuerza en el proceso de compactación, logrando una densificación adecuada con menores temperaturas o con menos peso (Fonseca, 2011).

Método UCL

La metodología UCL o método Universal de Caracterización de Ligantes, es un método desarrollado en la Universidad Politécnica de Cataluña en España. Este método evalúa los ligantes bituminosos que existen en la mezcla y su propósito es que la cohesión se dé por el ligante y no por la unión que pudiera existir entre el pétreo y el asfalto (Miro Recasens, 1994). El método es fundamentado con el ensayo Cántabro de perdida por desgaste. Se ha decidido emplear el método debido a que ha sido probado en diferentes países y se han obtenido resultados favorables. Con el método se determinará la cohesión que el cemento asfáltico proporciona bajo diferentes condiciones de trabajo: temperatura, acción del agua y envejecimiento.

Ensayo Cántabro

El ensayo Cántabro es la simulación de la acción abrasiva del tránsito y la influencia del agua, permitiendo que se realice una dosificación de mezclas. Cuanto mayor es la calidad y el porcentaje de los componentes que proporcionan la cohesión a la mezcla, menores son las pérdidas. Este resultado permite ver la cohesión y la disgregación de la mezcla ante los efectos abrasivos y de succión originados por el tránsito. Se emplea la máquina de los Ángeles sin agentes abrasivos más que la propia probeta. La prueba consiste en determinar la pérdida de mezcla que ha permanecido a diferentes temperaturas, por diferentes periodos en un ambiente, seco o húmedo (Miro Recasens, 1994).

METODOLOGÍA Y PLANEACIÓN

Para la realización de la investigación del comportamiento de la mezcla asfáltica, se ha determinado que se trabajará con material pétreo basáltico, al cual se le realizarán una serie de pruebas para determinar su calidad como lo son: peso volumétrico seco suelto, granulometría, equivalente de arena, azul de metileno, pérdida en la máquina de los ángeles, densidad relativa y microdeval. Posterior a esto, se ejecutaran pruebas al cemento asfáltico para realizar la mezcla asfáltica en frío para bacheo revisando: pérdida de masa, viscosidad y densidad. Por último se realizarán pruebas a la mezcla asfáltica, manufacturadas con tres granulometrías, empleando los métodos de UCL y al Cántabro. Con el método UCL se definirá el tiempo de curado óptimo y con el método Cántabro, se definirá el contenido de cemento asfáltico óptimo en la mezcla asfáltica.

Mezcla Asfáltica

Método UCL

A través del método Universal de la Caracterización de Ligantes, se realizaran tres pruebas con la granulometría correspondiente al método y cada probetas contenían un 4.5% de cemento asfáltico. El tiempo de curado fue en un horno con aire forzado a 60°C, durante 24, 48 y 72 horas. Las probetas curadas a diferentes temperaturas se ensayaron en la máquina de Los Ángeles a temperaturas de 25°C, 60-25°C, 60°C y -20°C. La finalidad en los tiempos de curado es el poder obtener la madurez de la mezcla asfáltica óptima, quitando los solventes presentes en el cemento asfáltico y así poder determinar cuál es el tiempo adecuado para realizar las pruebas a seguir. A continuación se presenta en la Tabla 1 las pruebas realizadas y la elaboración de 36 probetas.

Tabla 1. Pruebas UCL

Parámetros	Primera Prueba	Segunda Prueba	Tercera Prueba
Cantidad de suero	45 g	45 g	45 g
Tiempo de curado	24 hrs	48 hrs	72 hrs
Temperatura	60 °C	60 °C	60 °C
Cantidad de probetas	12	12	12

Ensayo cántabro

Con el ensayo Cántabro, se analizaran las tres granulometrías estudiadas bajo las condiciones de temperatura de 60°C. Estas probetas serán realizadas con los porcentajes de 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5 y 6.0 % de cemento asfáltico con la granulometría indicada para cada una de las propuestas y

con un tiempo de curado determinado por el método de UCL. El cambio de los porcentajes de la emulsión asfáltica es con el objetivo de determinar el porcentaje de cemento asfáltico adecuado para la mezcla asfáltica. En la Tabla 2 se presenta las pruebas a realizar y la elaboración de las 18 probetas por propuesta. Es importante recordar que el procedimiento se repetirá para cada una de las propuestas granulométricas, dando un total de 54 probetas a ser analizadas.

Tabla 2. Prueba cántabro a granulometrías

Parámetros	Primera Prueba	Segunda Prueba	Tercera Prueba	Cuarta Prueba	Quinta Prueba	Sexta Prueba
Cantidad de suero	35 g	40 g	45 g	50 g	55 g	60 g
Tiempo curado	X hrs	X hrs	X hrs	X hrs	X hrs	X hrs
Temperatura	60 °C	60 °C	60 °C	60 °C	60 °C	60 °C
Cantidad probetas	3	3	3	3	3	3

Prueba de vacíos

La prueba de vacíos se realizara para cada una de las probetas empleadas en el ensayo cántabro, las cuales no serán compactadas por el sistema Marshall, por lo que al realizar la mezcla asfáltica serán llevadas al picnómetro de vacíos obteniendo el porcentaje de vacíos con respecto a cada una de las mezclas asfálticas. Se presenta la Tabla 1 de las pruebas a realizar y su elaboración:

Tabla 3. Prueba de vacíos a granulometrías

Parámetros	Primera Prueba	Segunda Prueba	Tercera Prueba	Cuarta Prueba	Quinta Prueba	Sexta Prueba
Cantidad de suero	35 g	40 g	45 g	50 g	55 g	60 g
Tiempo curado	X hrs	X hrs	X hrs	X hrs	X hrs	X hrs
Temperatura	60 °C	60 °C	60 °C	60 °C	60 °C	60 °C
Cantidad pruebas	2	2	2	2	2	2

Por lo que se realizaran seis probetas de cada una de las propuestas. Cada probeta se dividirá en dos piezas para obtener dos pruebas de vacíos de aproximadamente 500 g. En total de las tres propuestas se realizaran 18 probetas con un total de 36 pruebas de vacíos.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Agregado Pétreo

A continuación se presenta la caracterización realizada al material pétreo con las pruebas referentes al material grueso o fino considerando la norma N- CMT-4-04/08 de la SCT.

Tabla 4. Caracterización de material pétreo fracción grueso

Material pétreo	Peso volumétrico Seco Suelto (g/cm ³)	Pérdida de los ángeles (%)	Densidad Relativa (g/cm ³)	Microdeval (%)
Basalto	1.36	17.95	2.91	19.70

Tabla 5. Caracterización de material pétreo fracción fina

Material pétreo	Peso volumétrico Seco Suelto (g/cm ³)	Equivalente de arena (%)	Azul de metileno (mg/g)
Basalto	1.48	63.50	7.00

Cemento asfáltico

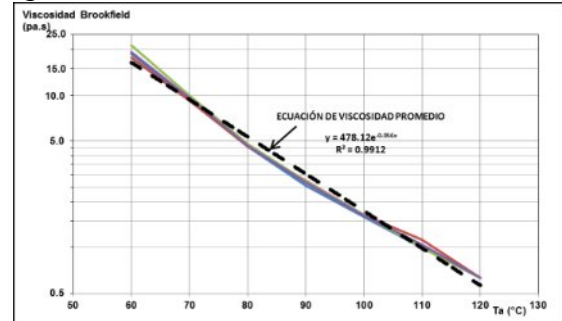
La caracterización del cemento asfáltico proporcionado se presenta a continuación:

La Densidad obtenida de la emulsión a emplear como cemento asfáltico tiene un valor de:

$$G_{CA} = 1.003 \text{ g}$$

Tabla 6. Caracterización del cemento asfáltico

Prueba	5hrs	10 hrs	15 hrs
Penetración (mm)	6.5	3.5	2
Pérdida por calentamiento (%)	17.93	17.91	18.43



Gráfica 1. Gráfica de viscosidad rotacional

Mezcla Asfáltica

Granulometría

Para la realización de la mezcla asfáltica en la Tabla 7 se muestran los rangos aproximados que pasan las mallas y los tamaños máximos de dichas propuestas a emplear:

Tabla 7. Granulometrías propuestas

Propuesta	Tamaño máximo	% que pasa		
		No. 4	No. 20	No. 200
Propuesta 1	1/4 "	90	5	0
Propuesta 2	3/8 "	90	0	0
Propuesta 3	3/8"	78	13	8

Método UCL

Siguiendo la metodología descrita y planeación de la mezcla asfáltica, se procedió a realizar pruebas con el método de UCL.



Figura 1. Probetas 24 hrs. curado

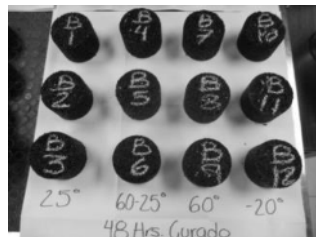


Figura 2. Probetas 48 hrs. curado

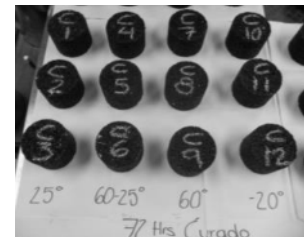


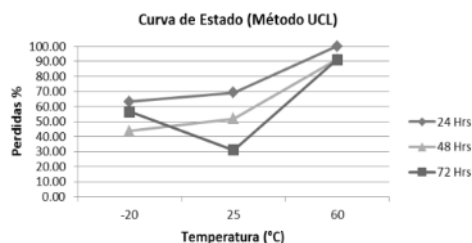
Figura 3. Probetas 72 hrs. curado

Al ser sometidas a la prueba de desgaste en la máquina de Los Ángeles sin carga abrasiva, se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 8. Porcentaje de pérdida, método UCL

Temperatura °C	% Perdida		
	24 Hrs	48 Hrs.	72 Hrs
-20	63.30	43.69	56.62

25	69.24	51.85	31.20
60	100.00	91.20	91.10

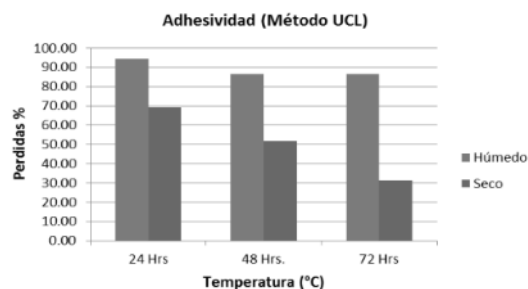


Gráfica 2. Porcentaje de pérdida método UCL

En condiciones de humedad:

Tabla 9. Porcentaje de pérdida, método UCL húmedo

Temperatura °C	% Perdida		
	24 Hrs	48 Hrs.	72 Hrs
60-25	94.40	86.38	86.43
25	69.24	51.85	31.20



Gráfica 3. Porcentaje de pérdida, método UCL húmedo

Analizando las gráficas del método UCL, en los diferentes tiempos de curado y observando su comportamiento a los diferentes ciclos de madurez que se han obtenido, se estableció que el estudio se trabajará con un tiempo de curado de 72 horas, debido a que presenta un menor porcentaje de pérdidas al Cántabro.

Ensayo Cántabro

Según lo indicado en la metodología se realizaron 54 pastillas, 18 para cada una de las granulometrías propuestas. Los porcentajes de pérdida en la propuesta No. 1 son los siguientes:

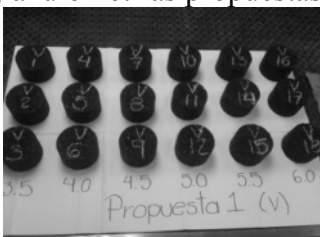
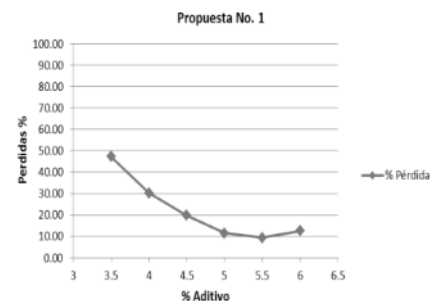


Figura 4. Probetas propuesta No. 1



Figura 5. Pruebas probetas propuesta No. 1

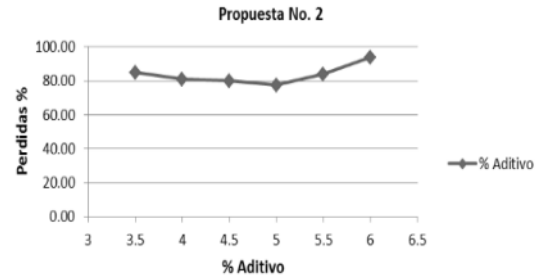


Gráfica 4. % Pérdidas Propuesta No. 1

Como se puede observar en la gráfica, el porcentaje de pérdidas va disminuyendo conforme el porcentaje de emulsion va aumnetando.



Figura 6. Pruebas probetas propuesta No. 2



Gráfica 5. % Pérdidas Propuesta No. 2

Los porcentajes de pérdida en la propuesta No. 2 son muy elevados ya que se encuentran en los rangos del 80% de pérdidas.

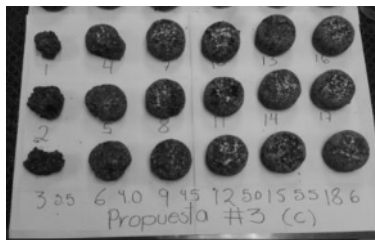
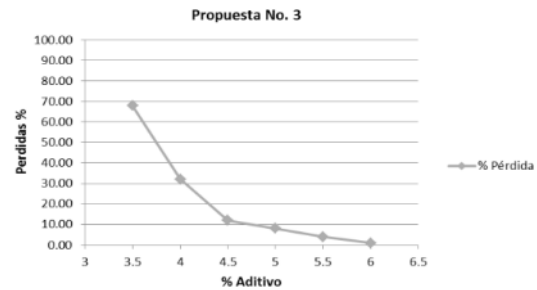


Figura 7. Pruebas probetas propuesta No. 3



Gráfica 6. % Pérdidas Propuesta No. 3

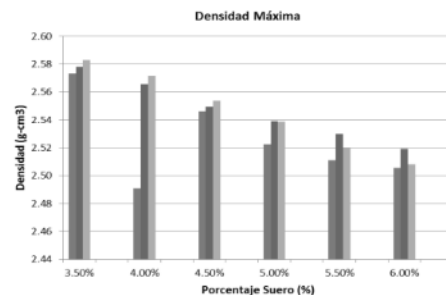
La granulometría empleada en la propuesta No. 3 tiene una tendencia igual a la propuesta No. 1. Por lo que analizando las gráficas obtenidas del ensayo cántabro, para el tiempo de curado de 72 horas, se puede determinar qué porcentaje utilizar para la mezcla asfáltica en frío para bacheo. Es importante observar el porcentaje de vacío presente en la. Por lo cual se realizara una prueba de vacío y así poder determinar cuál es el porcentaje óptimo de cemento asfáltico con respecto a las pérdidas.

Prueba de vacíos

Como lo indica la metodología, la prueba de vacíos será realizada para cada una de las propuestas en sus diversos porcentajes de forma duplicada. Por lo que se realizaran 36 pruebas de vacíos para cada uno de los puntos de la gráfica.

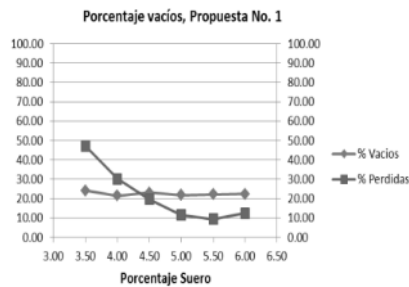


Figura 8. Prueba Picnómetro de vacíos

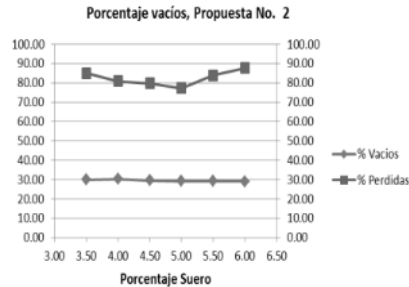


Gráfica 7. Densidad Máxima

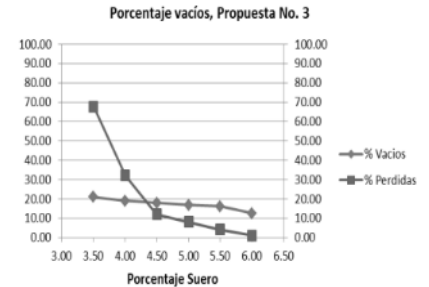
Una vez que se tiene la gravedad específica teórica máxima (G_{mm}) se procederá a obtener la gravedad específica neta de la mezcla (G_{mb}), para así poder obtener el porcentaje de vacíos y con el comparar con la gráfica de porcentaje de pérdidas.



Gráfica 8. Porcentaje Vacíos propuesta No. 1



Gráfica 9. Porcentaje Vacíos, propuesta No. 2



Gráfica 10. Porcentaje Vacíos, propuesta No. 3

En la propuesta No. 1 al tomar el cruce de las gráficas de vacíos con respecto a la gráfica de pérdidas se determina que el porcentaje óptimo a utilizar es de 4.38%. Para la propuesta No. 2 se puede observar que el porcentaje de pérdidas que tiene esta granulometría son mayores al 70% y se encuentra lejano de los porcentajes de vacíos y las características que se buscan para la mezcla asfáltica. La propuesta No 3, el cruce de las gráficas de vacíos con respecto a la gráfica de pérdidas se determina que el porcentaje óptimo a utilizar es del 4.37%. Estos valores son considerando un porcentaje de pérdidas en el rango del 20%.

Propuesta

Determinado el porcentaje de cemento asfáltico a utilizar en cada una de las propuestas, se realizara nuevamente una prueba del tipo UCL en donde se tomara el porcentaje de emulsión óptima obtenida en el ensayo cántabro y la granulometría de las propuestas. La metodología tomará los mismos valores de temperaturas de 25°C, 60°C, 25-60°C y -20°C. La propuesta No. 2 será descartada y se enfocara en realizar las pruebas en las dos granulometrías restantes. Se realizaron 36 pastillas, 18 para cada una de las propuestas granulométricas y las últimas tres probetas serán colocadas a en la prueba de rodada de Hamburgo para obtener sus deformaciones.



Figura 9. Pastillas propuesta No. 1

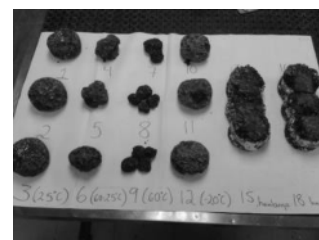
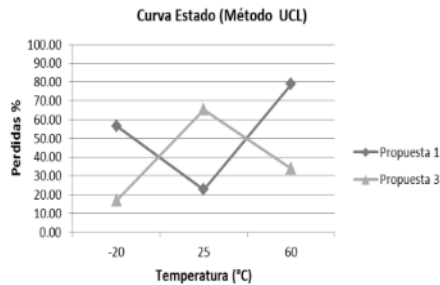


Figura 10. Pastillas ensayadas propuesta No. 1

Pruebas a temperaturas de -20, 25 y 60°C

Tabla 10. Porcentaje pérdida UCL, Propuesta No. 1 y No. 3 seco

Temperatura °C	% Perdida	
	Propuesta 1	Propuesta 3
-20	56.73	16.99
25	22.66	65.30
60	79.01	33.94

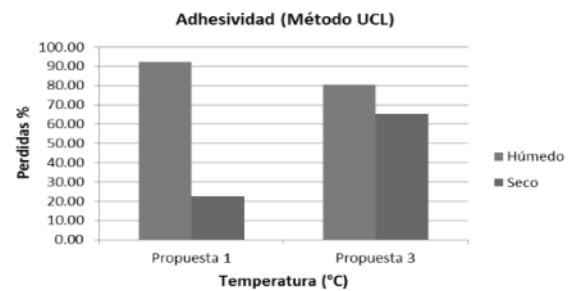


Gráfica 11. Porcentaje pérdida UCL, propuesta No. 1 y No. 3 seco

Pruebas a 25°C con humedad presente.

Tabla 11. Porcentaje pérdida UCL, propuesta No. 1 y No. 3 húmedo

Temperatura °C	% Perdida	
	Propuesta 1	Propuesta 3
60-25	92.38	80.55
25	22.66	65.30



Gráfica 12. Porcentaje pérdida UCL, propuesta No. 1 y No. 3 húmedo

Prueba de rodamiento de Hamburgo



Figura 11. Probetas, propuesta No. 1

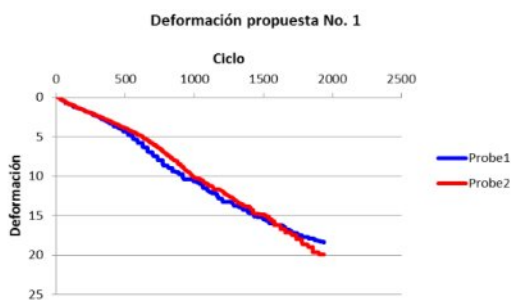


Figura 12. Prueba a probetas, propuesta No. 1

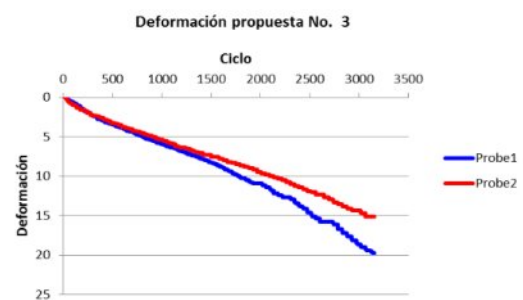


Figura 12. Prueba a probeta, propuesta No. 3

Gráficas de deformaciones



Gráfica 13. Deformación propuesta No. 1



Gráfica 14. Deformación propuesta No. 3

CONCLUSIONES

El método Universal de Caracterización de Ligantes, UC ha demostrado ser una excelente metodología para la obtención del tiempo de curado apropiado a emplear en la mezcla asfáltica para bacheo en frío. Con este ensayo se observó cómo los ciclos del tiempo de curado logran una madurez en la mezcla y con ello el poder determinar un tiempo apropiado de curado.

Mediante las pérdidas al Cántabro y las propiedades volumétricas de la mezcla asfáltica como son: densidad aparente, densidad específica teórica máxima, y vacíos en la mezcla asfáltica, se puede determinar el contenido óptimo de cemento asfáltico. Con estas propiedades de la mezcla asfáltica, se evalúa cohesión y trabajabilidad de la misma.

Dentro de la metodología de diseño de mezclas asfálticas en frío para bacheo, es importante incluir la evaluación de la resistencia a deformaciones plásticas permanentes empleando un método de ensayo de simulación tipo rueda cargada.

Es importante lograr la madurez de la mezcla asfáltica en frío, en otras palabras definir el tiempo de curado en el laboratorio.

REFERENCIAS

Mezclas Asfálticas. (25 de Agosto de 2012). Recuperado el 25 de Mayo de 2013, de Universidad de las Américas Puebla: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/de_l_a/capitulo_3.pdf

Buard, T. R. (Agosto de 2012). *Transportation Research Board*. Recuperado el 25 de Mayo de 2013, de Bituminous Patching Mixtures: <http://apps.trb.org/cmsfeed/TRBNetProjectDisplay.asp?ProjectID=1753>

David González, E. C. (s.f.). *Jornadas Asfalto*. Recuperado el 25 de Mayo de 2013, de Aplicación del Méto Universal de Caracterización de Ligantes: http://artemisa.unicauca.edu.co/~jornadasfalto/RESUMENES%20EN%20PDF/Aplicacion_Metodo_Universal_Caracterizacion_Ligantes_Evaluacion_Asfaltos_Colombianos.pdf

E-Asphalt. (2005). *E-Asphalt*. Recuperado el 25 de Mayo de 2013, de Mezclas en frío: <http://www.e-asphalt.com/emulsiones/mezclafrio.htm>

Fonseca, C. H. (2011). Materiales para pavimentos asfálticos, caracterización. En C. H. Rodríguez, *Proyecto estructural de pavimentos asfálticos* (págs. 111-141). México, D.F., Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres, A.C.

Jorge Páramo, R. C. (Diciembre de 2007). *Mezclas asfálticas elaboradas en frío*. Recuperado el 25 de Mayo de 2013, de Facultad de ciencias exactas ingeniería y agrimensura: http://www.fceia.unr.edu.ar/secyt/rt/2008/rtid08_03.pdf

Miro Recasens, J. (1994). *Metodología para la caracterización de ligantes asfálticos mediante el empleo del ensayo cántabro*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

Fonseca Rodríguez, C., Serment Guerrero, V. y Villalobos Dávila, R., (1999), *Dosificación de Mezclas Asfálticas Abiertas y Drenantes Empleando el Método de Ensayo Cántabro de Pérdidas por Desgaste*, Memorias del Primer Congreso Nacional del Asfalto. México. pp. 145-154.