

ANÁLISIS DE MÉTODOS PARA LA OBTENCIÓN DEL RESIDUO DE EMULSIONES ASFÁLTICAS

Edgar Alonso Ruiz Zárate
LASFALTO S. DE R.L. DE C.V.
Zapopan, México.
edgar.ruiz@lasfalto.com.mx

Claudia Estefhane Flores Casas

Daniela Montserrat Alcántara Carreón

Israel Sandoval Navarro

Ignacio Cremades Ibáñez

LASFALTO S. DE R.L. DE C.V.
Zapopan, México.

La necesidad de evaluar el desempeño del ligante asfáltico proveniente de una emulsión ha obligado a los investigadores a revisar y estudiar métodos alternativos para la obtención del residuo.

Históricamente se han empleado métodos para la obtención del residuo de emulsiones asfálticas en los cuales se utilizan altas temperaturas. En campo, los riegos de emulsión no alcanzan temperaturas tan altas lo que ocasiona que el residuo asfáltico obtenido por métodos comunes no sea representativo del ligante obtenido en campo.

En el presente trabajo se estudian diferentes métodos de obtención de residuo asfáltico los cuales tienen como objetivo principal obtener un residuo similar a condiciones de campo.

El residuo asfáltico se evalúa mediante un Reómetro de Corte Dinámico (DSR) empleando parámetros como Módulo Complejo (G^*) y Ángulo de Fase (δ); dado que los métodos empíricos no describen el desempeño del residuo, además de que la variabilidad de estos ensayos es más amplia.

Palabras clave: Emulsión Asfáltica, Residuo Asfáltico, Módulo Complejo, Ángulo de fase.

1. Introducción.

Las emulsiones asfálticas se aplican en trabajos como riegos de sello, riegos de liga, mezclas en frío, micropavimentos y slurry seal, los cuales después de la aplicación requieren un tiempo de curado para alcanzar sus propiedades ligantes, situación en la cual pueden alcanzar temperaturas alrededor de los 65°C; esta temperatura define su estado final o desempeño.



Figura 1. Aplicación de riego con emulsión asfáltica.

Sin embargo, los métodos más usados de obtención de residuo asfáltico de emulsiones como Destilación en Alambique y el de Evaporación en sartén emplean temperaturas mucho más altas (alrededor de 220°C o más), temperaturas que son imposibles de alcanzar en el campo.



Figura 2. Izquierda, Obtención del residuo asfáltico por el método del sartén, aunque no es un método normalizado es bien sabido que es el más común para obtener residuo asfáltico. Derecha, Destilación de emulsiones por el método de alambique.

Cuando el residuo asfáltico se obtiene con temperaturas tan altas es probable que durante la etapa de evaporación no se cause ningún efecto negativo en el asfalto pero cuando el agua se ha evaporado en su totalidad esta temperatura puede causar en el asfalto endurecimiento, oxidación y en las emulsiones modificadas dañar el polímero o en algunos casos provocar la vulcanización del mismo; esto puede causar que en el análisis de laboratorio se obtengan resultados erróneos y por ende poco confiables.

En este trabajo se evalúan diferentes métodos en los cuales se busca obtener el residuo asfáltico de emulsiones a temperaturas más parecidas a lo que ocurre en campo y con esto garantizar que las mediciones en laboratorio sean más confiables y sirvan para determinar el desempeño que tendrá el ligante asfáltico en este tipo de aplicaciones.

2. Parte experimental.

Materiales

Se emplean 11 diferentes emulsiones, 4 convencionales, 3 de rompimiento rápido y 1 de rompimiento lento y 7 modificadas de rompimiento rápido de las cuales 3 son modificadas tipo I y 4 modificadas tipo II, según la normativa mexicana.

Tabla 1. Emulsiones empleadas en investigación.

Emulsión	Velocidad de Rompimiento	Emulsión modificada	Etapa de adición del Modificador
A	Rápido	No aplica	No aplica
B			
C			
D	Lento		
E	Rápido	Tipo II	En la Solución Jabonosa
F			En la Emulsión Terminada
G		Tipo I	Modificación del asfalto antes de emulsionar
H			
I			
J			
K			

Estas emulsiones se analizaron bajo los siguientes métodos de prueba:

Tabla 2. Ensayos empleados en la investigación.

Ensayo	Método
Contenido de Cemento Asfáltico	M.MMP.04.05.012/00
Viscosidad Saybolt Furol	M.MMP.04.05.004/00
Retenido en malla	M.MMP.04.05.014/02
Asentamiento	M.MMP.04.05.013/02
Penetración	M.MMP.04.05.006/00
Ductilidad	M.MMP.04.05.011/00
Recuperación elástica por Ductilómetro	M.MMP.04.05.026/02

Para este trabajo se tomaron en cuenta emulsiones convencionales y modificadas, con diferentes emulsificantes y polímeros.

Tabla 3. Resultados emulsiones convencionales.

Ensayos	A	B	C	D
Análisis a la Emulsión				
Contenido de Cemento Asfáltico, (%)	62	65	65	65
Viscosidad Saybolt Furol a 50°C, (s)	54	37	100	104 (25°C)
Retenido en malla #20, (%)	Despreciable			
Retenido en malla #60, (%)	Despreciable	0,01	0,1	0,04
Asentamiento a 5 días, (%)	6	5	4	3
Análisis al Residuo Asfáltico				
Penetración a 25°C, 100g 5s, (dmm)	55			
Ductilidad a 25°C, (cm)	>75			



Tabla 4. Resultados emulsiones modificadas.

Ensayos	E	F	G	H	I	J	K
Análisis a la Emulsión							
Contenido de Cemento Asfáltico, (%)	65	68	66	67	68	67	63
Viscosidad Saybolt Furol a 50°C, (s)	51	26	55	24	163	171	27
Retenido en malla #20, (%)	0,10	0,36	0,15	0,37	0,08	0.10	0,03
Asentamiento a 5 días, (%)	3	2	2	2	5	5	0
Análisis al Residuo Asfáltico							
Penetración a 25°C, 100g 5s, (dmm)	50	67	50	67	50	49	164
Ductilidad a 4°C, (cm)	11	1	11	1	6	4	32
Rec. elástica Ductilómetro a 10°C, (%)	0	0	0	0	0	0	73
Rec. elástica Ductilómetro a 25°C, (%)	75	35	75	35	35	34	68

Enseguida se describen los métodos empleados para obtener el residuo asfáltico de las emulsiones antes descritas.

Métodos de Obtención

1. *Métodos de Obtención mediante Evaporación en Sartén y Destilación en Alambique [1].*

Estos métodos son muy conocidos en el medio, por lo que no se hará una descripción detallada del proceso de obtención.

2. *Método de Obtención mediante Bandeja de Silicón.*

Material y equipo:

- Molde de Silicón, contenedor redondo de aproximadamente 4 cm de diámetro y 2 cm de profundidad.
- Horno Eléctrico.
- Balanza Digital.
- Reómetro reológico de corte dinámico DSR.

Procedimiento:

- En el molde de silicón se colocan de 3 a 4 gramos de emulsión de tal manera que se forme una película delgada para permitir la salida del agua quedando solamente el residuo asfáltico.



- Posteriormente se coloca dentro del horno a temperatura de 60°C durante 2 horas.



- Transcurrido el tiempo se deja enfriar la muestra hasta alcanzar la temperatura ambiente.
- Después se retira la pastilla evitando que se fracture o se rompa.

- Tomándola cuidadosamente de las orillas para colocarla en una placa de silicon y meterla a un enfriador con temperatura alrededor de 8°C durante 15 minutos para después cortar la pastilla con un suaje o tijeras para darle un diámetro de un poco más de 25mm.



- Teniendo la pastilla con la medida adecuada se realiza el ensayo reológico para determinar el Módulo Complejo (G^*), Ángulo de fase (δ) y Módulo reológico de corte Dinámico ($G^*/\text{sen}\delta$).



3. Método de Obtención mediante Coagulación con Etanol [2].

Material y equipo:

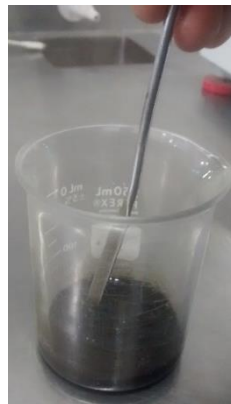
- Etanol.
- Horno Eléctrico.
- Vaso de Precipitado 100 ml.
- Espátula.
- Balanza Digital.
- Bandeja de Silicón.

Procedimiento:

- En el vaso de precipitado se colocan 5 gramos de emulsión.



- Después se agregan 12.5 ml de Etanol, lenta y constantemente agitando en todo momento con la espátula, en ese momento se logra observar separación de fases asfalto – agua etanol, esta separación se logra completar en alrededor de 8 minutos de agitación.



- La parte sólida (emulsión rota) se coloca en la bandeja de silicón para después colocarla dentro del horno a una temperatura de 80°C durante 3 horas para eliminar cualquier residuo de etanol y agua.



- Transcurrido el tiempo se retira la bandeja del horno dejándola enfriar a temperatura ambiente para después colocarla en el enfriador a una temperatura alrededor de 8°C durante 15 minutos para después cortar la pastilla con un suaje o tijeras para darle el diámetro un poco mayor a 25mm.



- Teniendo la pastilla con la medida adecuada se realiza el ensayo reológico para determinar el Módulo Complejo (G^*), Ángulo de fase (δ) y Módulo reológico de corte Dinámico ($G^*/\sin\delta$).

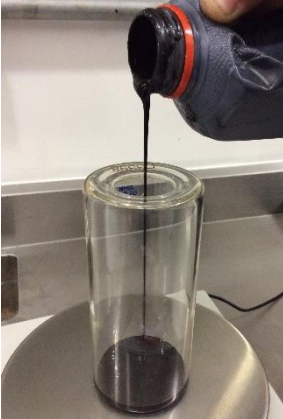
4. Método de Obtención mediante el Horno RTFO [2].

Material y equipo:

- Horno de envejecimiento RTFO.
- Vasos de vidrio para RTFO.
- Espátula para recolectar asfalto.
- Balanza Digital.
- Horno Eléctrico.
- Bandeja de Silicón.

Procedimiento:

- En el vaso RTFO se colocan 35 gramos de emulsión, posteriormente se gira el vaso para que la emulsión impregne el interior del vaso.



- Se coloca en el rack dentro del horno RTFO y se acciona para girar a 15 rpm a 40°C sin inyección de aire, solo con el ventilador activado, esto durante 165 minutos. Posteriormente se retira el vaso del horno RTFO y con la espátula se retira el asfalto del vaso para colocarlo en la bandeja de silicón.
- Después se coloca la bandeja en el horno eléctrico a 40°C durante 90 minutos.



- Transcurrido el tiempo se retira la bandeja del horno dejándola enfriar a temperatura ambiente para después colocarla en el enfriador a una temperatura alrededor de 8°C durante 15 minutos para después cortar la pastilla con un suaje o tijeras para darle el diámetro un poco mayor a 25mm.



- Teniendo la pastilla con la medida adecuada se realiza el ensayo reológico para determinar el Módulo Complejo (G^*), Ángulo de fase (δ) y Módulo reológico de corte Dinámico ($G^*/\text{sen}\delta$).

3. Resultados.

Enseguida se muestran los resultados obtenidos, como se describió anteriormente los residuos asfálticos obtenidos en los diferentes métodos se evaluaron mediante Reómetro de Corte Dinámico, el análisis reológico ofrece información más confiable y valiosa que los resultados de las pruebas empíricas que se especifican actualmente.



Resultados del residuo de emulsiones convencionales.

La columna “**asfalto base**” es el resultado del análisis reológico del asfalto empleado para fabricar las emulsiones (no se toma en cuenta el efecto que pudiera tener el emulsificante en el comportamiento reológico del asfalto), esta columna se incluye en las tablas de emulsiones convencionales con el fin de poder comparar los resultados de los diferentes métodos de obtención.

Tabla 5. Residuo asfáltico de emulsión A

Métodos de Obtención	Asfalto Base	Evaporación en Sartén	Bandeja de Silicón	Coagulación con Etanol	Horno RTFO
Temperatura de falla ($G^*/\text{sen}\delta=1\text{KPa}$), ($^{\circ}\text{C}$)	67,79	70,51	68,68	65,75	68,62
PG	64	70	64	64	64
Módulo ($G^*/\text{sen}\delta$), (KPa)	1,597	1,065	1,816	1,247	1,799
Ángulo de fase (δ), ($^{\circ}$)	83,36	82,28	81,05	80,94	80,50

Tabla 6. Residuo asfáltico de emulsión B

Métodos de Obtención	Asfalto Base	Evaporación en Sartén	Bandeja de Silicón	Coagulación con Etanol	Horno RTFO
Temperatura de falla ($G^*/\text{sen}\delta=1\text{KPa}$), ($^{\circ}\text{C}$)	67,79	70,06	68,80	64,93	70,00
PG	64	70	64	64	70
Módulo ($G^*/\text{sen}\delta$), (KPa)	1,597	1,007	1,804	1,134	1,000
Ángulo de fase (δ), ($^{\circ}$)	83,36	82,89	80,19	81,05	82,33



Tabla 7. Residuo asfáltico de emulsión C

Métodos de Obtención	Asfalto Base	Evaporación en Sartén	Bandeja de Silicón	Coagulación con Etanol	Horno RTFO
Temperatura de falla ($G^*/\text{sen}\delta=1\text{KPa}$), ($^{\circ}\text{C}$)	67,79	71,27	68,17	65,63	68,30
PG	64	70	64	64	64
Módulo ($G^*/\text{sen}\delta$), (KPa)	1,597	1,168	1,699	1,236	1,737
Ángulo de fase (δ), ($^{\circ}$)	83,36	82,47	80,21	80,71	79,79

Tabla 8. Residuo asfáltico de emulsión D

Métodos de Obtención	Asfalto Base	Evaporación en Sartén	Bandeja de Silicón	Coagulación con Etanol	Horno RTFO
Temperatura de falla ($G^*/\text{sen}\delta=1\text{KPa}$), ($^{\circ}\text{C}$)	67,79	70,98	72,09	67,64	70,81
PG	64	70	70	64	70
Módulo ($G^*/\text{sen}\delta$), (KPa)	1,597	1,127	1,289	1,592	1,110
Ángulo de fase (δ), ($^{\circ}$)	83,36	81,69	78,42	80,08	81,54

Como se puede observar en los resultados anteriores el residuo asfáltico que más se parece al “asfalto base” es el obtenido en la bandeja de silicón para las emulsiones de la “A” a la “C”. Para la emulsión “D” el residuo más parecido es el de la coagulación con etanol. También se puede observar en todas las tablas anteriores que el residuo del método de evaporación por sartén presenta módulos más altos, esto puede deberse a las temperaturas altas por el contacto con la flama directa.

Cabe mencionar que el método de la bandeja es el que consume menos tiempo alrededor de 3 horas, aunque lo realmente importante es que el residuo asfáltico obtenido es más parecido al ligante residual en campo.



Resultados del residuo de emulsiones modificadas.

Tabla 9. Residuo asfáltico de emulsión E

Métodos de Obtención	Evaporación en Sartén	Bandeja de Silicón	Coagulación con Etanol	Horno RTFO
Temperatura de falla ($G^*/\text{sen}\delta=1\text{KPa}$), ($^{\circ}\text{C}$)	88,77	75,79	75,14	79,80
PG	88	70	70	76
Módulo ($G^*/\text{sen}\delta$), (KPa)	1,093	1,839	1,831	1,478
Ángulo de fase (δ), ($^{\circ}$)	66,18	77,27	70,77	75,45

Tabla 10. Residuo asfáltico de emulsión F

Métodos de Obtención	Evaporación en Sartén	Bandeja de Silicón	Coagulación con Etanol	Horno RTFO
Temperatura de falla ($G^*/\text{sen}\delta=1\text{KPa}$), ($^{\circ}\text{C}$)	87,10	83,67	74,29	82,93
PG	82	82	70	82
Módulo ($G^*/\text{sen}\delta$), (KPa)	1,638	1,175	1,672	1,106
Ángulo de fase (δ), ($^{\circ}$)	70,46	73,37	66,93	71,19

Tabla 11. Residuo asfáltico de emulsión G

Métodos de Obtención	Evaporación en Sartén	Bandeja de Silicón	Coagulación con Etanol	Horno RTFO
Temperatura de falla ($G^*/\text{sen}\delta=1\text{KPa}$), ($^{\circ}\text{C}$)	91,14	84,12	81,71	80,39
PG	88	82	76	76
Módulo ($G^*/\text{sen}\delta$), (KPa)	1,351	1,218	1,829	1,558
Ángulo de fase (δ), ($^{\circ}$)	65,02	77,66	68,87	73,92



Tabla 12. Residuo asfáltico de emulsión H

Métodos de Obtención	Evaporación en Sartén	Bandeja de Silicón	Coagulación con Etanol	Horno RTFO
Temperatura de falla ($G^*/\text{sen}\delta=1\text{KPa}$), ($^{\circ}\text{C}$)	93,12	90,40	77,30	83,76
PG	88	88	76	82
Módulo ($G^*/\text{sen}\delta$), (KPa)	1,586	1,207	1,146	1,185
Ángulo de fase (δ), ($^{\circ}$)	65,14	67,09	60,97	67,96

Tabla 13. Residuo asfáltico de emulsión I

Métodos de Obtención	Asfalto base	Evaporación en Sartén	Bandeja de Silicón	Coagulación con Etanol	Horno RTFO
Temperatura de falla ($G^*/\text{sen}\delta=1\text{KPa}$), ($^{\circ}\text{C}$)	71,25	77,14	77,12	70,43	77,91
PG	70	76	76	70	76
Módulo ($G^*/\text{sen}\delta$), (KPa)	1,142	1,129	1,115	1,052	1,237
Ángulo de fase (δ), ($^{\circ}$)	74,70	71,77	69,99	68,09	70,10

Tabla 14. Residuo asfáltico de emulsión J

Métodos de Obtención	Asfalto base	Evaporación en Sartén	Bandeja de Silicón	Coagulación con Etanol	Horno RTFO
Temperatura de falla ($G^*/\text{sen}\delta=1\text{KPa}$), ($^{\circ}\text{C}$)	77,48	79,31	79,05	75,30	79,79
PG	76	76	76	70	76
Módulo ($G^*/\text{sen}\delta$), (KPa)	1,125	1,492	1,409	1,827	1,529
Ángulo de fase (δ), ($^{\circ}$)	63,27	70,05	70,31	68,24	69,77



Tabla 15. Residuo asfáltico de emulsión K

Métodos de Obtención	Evaporación en Sartén	Bandeja de Silicón	Coagulación con Etanol	Horno RTFO
Temperatura de falla ($G^*/\text{sen}\delta=1\text{KPa}$), ($^{\circ}\text{C}$)	62,87	59,60	60,69	60,98
PG	58	58	58	58
Módulo ($G^*/\text{sen}\delta$), (KPa)	1,714	1,181	1,254	1,383
Ángulo de fase (δ), ($^{\circ}$)	70,72	69,20	68,72	68,15

Como se puede observar en los resultados de los residuos asfálticos de las emulsiones modificadas el método de Coagulación con etanol parece ser más adecuado. Cabe resaltar que el método de evaporación por sartén para residuos de emulsiones modificadas afecta considerablemente el asfalto obtenido, probablemente porque al emplear más temperatura promueve la vulcanización de ciertos tipos de polímeros principalmente los látex de SBR.

4. Conclusiones.

Es notorio que se requiere un método más confiable para obtener los residuos de emulsiones asfálticas para poder evaluar de mejor manera el desempeño del ligante en las aplicaciones en campo como por ejemplo riegos de sello, además de incluir la reología en el análisis del comportamiento de los residuos asfálticos.

Entre los métodos evaluados el de bandeja de silicón fue el mejor para las emulsiones convencionales y el de coagulación con etanol fue el más adecuado para las emulsiones modificadas, consideramos que se requiere continuar con la investigación con el fin de encontrar y estandarizar un método de obtención de residuo asfáltico que aplique para cualquier tipo de emulsión ya sea convencional o modificada sin que el tipo de polímero represente alguna diferencia en el resultado.



5. Referencias bibliográficas.

- [1] Método ASTM D244, Standard Test Methods and Practices for Emulsified Asphalts. <https://www.astm.org>
- [2] Carole Gueit, Michel Robert, Graziella Durand, COLAS Campus Scientifique et Technique. "Characterization of the Different Phases in the Life Cycle of the Binder in a Bitumen Emulsion".
- [3] Arash Motamed, Delmar Salomon, Nazmus Zakib, Amit Bhasin, "Emulsified Asphalt Residue Recovery and Characterization 2 Using Combined MAB-DSR Procedure".
- [4] Michael J. Farrar, Stephen L. Salmans, Jean-Pascal Planche, "Recovery and Laboratory Testing of Asphalt Emulsion Residue: Application of the Simple Aging Test (SAT) and 4mm DSR".
- [5] K. Takamura, "Comparison of Emulsion Residues Recovered by Forced Airflow and RTFO Drying".
- [6] Marasteanu, M.O., Clyne, T.R., "Rheological Characterization of Asphalt Emulsions Residues".