

**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, TRANSPORTE,
Y DE VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO**

VICEMINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO VIAL**

**“Incidencia de los Ciclos de Calentamiento-
Enfriamiento en las Propiedades Físicas del Cemento
Asfáltico AC-30, utilizado en la Producción de
Mezclas Asfálticas en Caliente”**

**Elaborado por: Edwin Ricardo Alvarenga, Ing. Civil.
Gerente, Departamento Investigación y Desarrollo.**

**Coordinador: Daniel Antonio Hernández Flores, Ing. Civil
Director
Unidad de Investigación y Desarrollo Vial.**

SAN SALVADOR, REPUBLICA DE EL SALVADOR, SEPTIEMBRE DE 2003.

OBSERVACION

El contenido de este documento refleja opiniones de los autores, quienes son responsables de los hechos y de la exactitud de los datos presentados. El contenido no refleja necesariamente las opiniones y políticas oficiales del Ministerio de Obras Públicas de El Salvador. Este documento no constituye una norma, especificación ni regulación.

INDICE

	Página
1.0 Antecedentes.	3
2.0 Introducción.	4
3.0 Marco Teórico.	5
4.0 Metodología de la Investigación.	7
5.0 Ensayos de Laboratorio.	13
6.0 Resultados de Ensayos de Laboratorio.	14
7.0 Conclusiones.	24
8.0 Recomendaciones.	25
9.0 Referencias.	25

Incidencia de los Ciclos de Calentamiento-Enfriamiento en las Propiedades Físicas del Cemento Asfáltico AC-30, utilizado en la Producción de Mezclas Asfálticas en Caliente.

Resumen

En los últimos años se ha observado un deterioro prematuro de las carpetas construidas con mezclas asfálticas en caliente. Una de las posibles causas de tal situación, se asocia al manejo inapropiado del cemento asfáltico, al someterlo a ciclos de calentamiento-enfriamiento durante la etapa de almacenamiento en las plantas asfálticas, lo que produce un envejecimiento prematuro del mismo. En este informe Técnico se presenta principalmente los resultados de un trabajo de investigación, en el que se ha determinado bajo condiciones de laboratorio, el nivel de incidencia de dicha práctica sobre las características del cemento asfáltico.

1.0 Antecedentes.

En diciembre de 2002, se finalizó el Trabajo de Graduación para optar al grado de Ingeniero Civil “***Incidencia de los Ciclos de Calentamiento-Enfriamiento en las Propiedades Físicas del Cemento Asfáltico AC-30, utilizado en la Producción de Mezclas Asfálticas en Caliente***”; el cual fue elaborado por los estudiantes de la Universidad Politécnica de El Salvador: Billy Nelson Cabrera Torres, José Luis González Quezada y Ana Patricia Grimaldi de Morataya. Dicho Trabajo de Graduación fue concebido y desarrollado bajo la coordinación de Profesionales de la Unidad de Investigación y Desarrollo Vial (UIDV) del Viceministerio de Obras Públicas, con el objeto de identificar algunas causas de daños prematuros en carpetas construidas con mezclas asfálticas en caliente. Posteriormente, en mayo de 2003, el Departamento de Investigación y Desarrollo de la UIDV realizó investigaciones adicionales simulando diferentes condiciones de almacenamiento del asfalto, con el objeto de determinar el comportamiento del mismo.

2.0 Introducción.

La mayoría de las carreteras que conforman la red vial nacional, han sido construidas utilizando una capa de rodadura a base de mezcla asfáltica en caliente; sin embargo en los últimos años se ha observado que dichas vías presentan un deterioro prematuro. En algunos casos los problemas se originan por la baja calidad de los materiales utilizados en las capas subyacentes y en otros, el origen de las fallas está relacionado directamente con la capa de rodadura, debido a que los materiales utilizados para producir la mezcla asfáltica en caliente han sido manejados de manera inapropiada, en otro casos el proceso de producción de la mezcla se ha llevado a cabo a temperaturas o períodos de mezclado mayores a los especificados o también debido a deficiencias en el proceso constructivo. La ocurrencia de alguna de estas situaciones o la combinación de las mismas, afecta negativamente la calidad de la mezcla asfáltica y por consiguiente se reduce la vida útil de la vía.

En relación con el manejo de los materiales utilizados para producir mezcla asfáltica en caliente, se ha observado que en algunas plantas asfálticas, el asfalto es sometido a ciclos de calentamiento-enfriamiento durante la etapa de almacenamiento. Al respecto, organismos internacionales relacionados con el área de asfaltos, han determinado que dichos materiales cementantes sufren una mayor degradación durante la etapa de almacenamiento y también en la producción de la mezcla asfáltica en caliente.

En vista de la problemática anterior, se desarrolló un Trabajo de Graduación de estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Politécnica de El Salvador, bajo la coordinación de Profesionales de la Unidad de Investigación y Desarrollo Vial (UIDV), enfocado a determinar la incidencia que tiene en las propiedades del asfalto y en el comportamiento de la mezcla asfáltica, la aplicación de ciclos calentamiento-enfriamiento durante la etapa de almacenamiento de dicho cementante.

Así también, dentro del contexto de investigaciones aplicadas en el área de carreteras que lleva a cabo el Departamento de Investigación y Desarrollo de la UIDV, se amplió esta investigación, simulando diferentes condiciones de almacenamiento del asfalto para determinar el comportamiento del mismo.

Para desarrollar estas investigaciones se utilizó cemento asfáltico AC-30, procedente de la Refinería Petrolera Acajutla S.A. de C.V. (RASA), ubicada en Acajutla, Departamento de Sonsonate, donde se produce la mayoría de cementos asfálticos que se utilizan en el país. Es importante indicar, que dicho asfalto fue seleccionado debido a que es uno de los más utilizado en el país; sin embargo, y en vista que los cementantes asfálticos son materiales termoplásticos, es de esperar que el comportamiento de los diferentes tipos de asfalto ante ciclos de calentamiento-enfriamiento, sea similar al determinado en la presente investigación.

Los ensayos de laboratorio realizados en esta investigación, fueron llevados a cabo de acuerdo a lo establecido en las Especificaciones American Society for Testing and Materials (ASTM) y se llevaron a cabo en el Laboratorio de Suelos y Materiales de la Unidad de Investigación y Desarrollo Vial (UIDV).

3.0 Marco teórico.

El asfalto es un material cementante de color negro o café oscuro, cuyo constituyente predominante es el betumen. Está compuesto aproximadamente por un 90% de hidrocarburos y el 10% restante por algunas trazas de azufre, nitrógeno, oxígeno y de metales como níquel, hierro y vanadium. La mayoría de los hidrocarburos que lo constituyen están presente en el petróleo crudo, sin embargo en el proceso de destilación se eliminan los hidrocarburos ligeros, quedando en el asfalto los hidrocarburos pesados.

El asfalto cuando es disuelto en un solvente como heptano, puede separarse en dos componentes principales: asfaltenos y maltenos. Los asfaltenos no se disuelven en el heptano, son usualmente de color negro o pardo oscuro, con apariencia a polvo de grafito y le dan al asfalto su color y dureza. Por su parte los maltenos si se disuelven en heptano, son líquidos viscosos compuestos por resinas y aceites; las resinas son líquidos pesados de color ámbar o pardo oscuro, las cuales proporcionan las cualidades adhesivas al asfalto; mientras que los aceites actúan como un medio de transporte para los asfaltenos y las resinas. La proporción de asfaltenos y maltenos en el asfalto puede variar debido a muchos factores, tales como la temperatura, la exposición a la luz y el oxígeno, entre otros. Las reacciones y cambios que pueden ocurrir incluyen: evaporación de los compuestos más volátiles, oxidación, polimerización, otros. Durante estas reacciones, las resinas se convierten gradualmente en asfaltenos y los aceites en resinas, lo que ocasiona un aumento en la viscosidad del asfalto por efecto del envejecimiento.

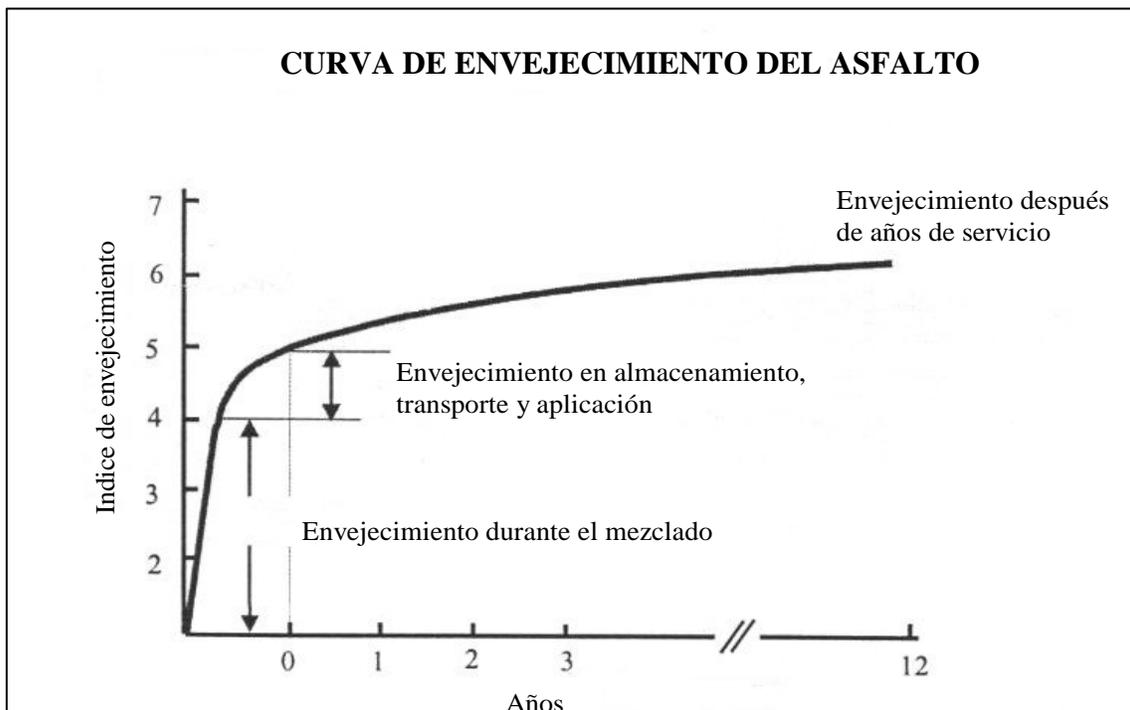
El proceso de envejecimiento se produce principalmente cuando el asfalto se encuentra expuesto a altas temperaturas y en capas delgadas, situación que ocurre durante la producción de mezcla asfáltica en caliente. En vista que es necesario el calentamiento del asfalto durante la producción de la mezcla, con el objeto de recubrir totalmente los agregados pétreos con dicho cementante, es necesario llevar a cabo un estricto control de calidad para no exponer al asfalto a temperaturas y períodos mayores a los especificados. Es importante señalar que el envejecimiento del asfalto, se produce también durante el transporte y almacenamiento del mismo, en el proceso de compactación y durante la etapa de servicio de la carpeta de rodadura.

Algunas normas internacionales como la American Society for Testing and Materials, poseen normas de ensayo que tratan de simular, bajo condiciones de laboratorio, el envejecimiento del asfalto durante el proceso de producción de la mezcla asfáltica en caliente. La simulación se realiza a través del ensayo de película delgada al horno, ASTM D 1754 Test Method for Effect of Heat and Air on Asphaltic Materials (Thin Film Oven, TFO por sus siglas en inglés), en el cual la muestra de asfalto es sometida a una temperatura de 163°C por cinco horas.

Uno de los parámetros mediante los cuales se puede cuantificar el envejecimiento del asfalto, es a través del Índice de Envejecimiento (IE). Dicho parámetro se determina bajo condiciones de laboratorio, relacionando las Viscosidades Absolutas del asfalto obtenidas antes y después de someter el asfalto al ensayo de película delgada al horno (TFO).

$$\text{Indice de envejecimiento} = \frac{\text{Viscosidad Absoluta (Asfalto después de ensayo TFO)}}{\text{Viscosidad Absoluta (Asfalto original)}}$$

Algunos organismos internacionales relacionados con el área de asfaltos, tal como EXXON MOBIL, han llevado a cabo diferentes investigaciones sobre el envejecimiento del asfalto. En ese sentido han determinado entre otros aspectos, que el grado de oxidación en el asfalto se duplica por cada 10°C de incremento de temperatura por encima de los 100°C. Así también han determinado que el mayor grado de envejecimiento del asfalto se produce durante la producción de mezcla asfáltica en caliente, sin embargo se produce un envejecimiento previo durante la etapa de transporte y almacenamiento del asfalto. En la siguiente gráfica se observa la curva de envejecimiento del asfalto determinada en dicha investigación.



Con el objeto de garantizar la calidad de los asfaltos utilizados en la producción de mezcla asfáltica en caliente, algunas Especificaciones relacionadas con el área de carreteras establecen valores máximos de Índice de Envejecimiento del Asfalto, tales como las Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales, SIECA, que especifica un valor máximo de 4.0, el cual servirá de parámetro de comparación en la presente investigación.

4.0 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

En la presente investigación se modeló que para la producción de mezcla asfáltica en caliente, se implementa alguno de los siguientes procedimientos para el almacenamiento del asfalto:

- 1) El asfalto es almacenado a temperatura ambiente. Para producir mezcla asfáltica en caliente, se incrementa la temperatura del asfalto hasta la temperatura de mezclado (aproximadamente 154°C), se mantiene constante durante el período de producción (aproximadamente 4 horas) y al finalizar se desconecta el sistema de calentamiento de los tanques de almacenamiento. Lo anterior se realiza de forma cíclica, exponiendo el asfalto al denominado ciclo calentamiento-enfriamiento.
- 2) Se mantiene almacenado el asfalto a temperatura constante (aproximadamente 125°C). Para producir mezcla asfáltica en caliente, se eleva la temperatura del asfalto hasta la temperatura de mezclado (aproximadamente 154°C), se mantiene constante durante el período de producción (aproximadamente 4 horas) y al finalizar se disminuye la temperatura del asfalto hasta aproximadamente 125°C, a la cual permanecerá almacenado.

Con el objeto de determinar la incidencia en las propiedades físicas del asfalto, por efecto de los procedimientos de almacenamiento indicados anteriormente; se simuló en el laboratorio dichas condiciones. A continuación se presenta un breve resumen de los procesos de laboratorio realizados.

4.1 Incidencia en el asfalto almacenado a temperatura ambiente, por efecto de ciclos calentamiento-enfriamiento durante la producción de la mezcla asfáltica en caliente.

- a) Se llevó a cabo el muestreo de cemento asfáltico AC-30, procedente de la Refinería Petrolera Acajutla S.A. de C.V. (RSA). A una fracción de dicha muestra de asfalto, se le determinaron las características físicas indicadas en la norma ASTM D 3381, Viscosity-Graded Asphalt Cement for Use in Pavement Construction y también la Carta Viscosidad-Temperatura del asfalto, según ASTM D 1559.
- b) La muestra de asfalto restante fue sometida, bajo condiciones de laboratorio a ciclos de calentamiento-enfriamiento, con el objeto de simular las condiciones de almacenamiento de algunas plantas asfálticas. Para simular dichas condiciones se llevó a cabo lo siguiente:
 - b.1 Se calentó el asfalto a la temperatura de producción de mezcla asfáltica en caliente, determinada a través de la carta Viscosidad-Temperatura del asfalto, que en este caso corresponde a un rango comprendido entre 154°C y 159°C; se mantuvo a temperatura constante por un período de cuatro (4) horas y posteriormente se desconectó el sistema de calentamiento; simulando de esta manera un ciclo de

calentamiento-enfriamiento. En la investigación se sometió la muestra de asfalto a cinco (5) ciclos de calentamiento-enfriamiento.

- b.2 Al finalizar cada uno de los ciclos de calentamiento-enfriamiento se tomó una muestra de asfalto, a las cuales se les determinó las características físicas indicadas en la norma ASTM D 3381.
- b.3 Se elaboró mezcla asfáltica en caliente, utilizando el diseño de mezcla de la Planta Asfáltica de Lourdes (Propiedad del MOP), para lo cual se tomó una muestra de asfalto en los ciclos de calentamiento-enfriamiento No. 1, 3 y 5. Posteriormente, se elaboraron briquetas de las mezclas asfálticas producidas y se determinó los valores de estabilidad y flujo de las mismas.

El procedimiento anteriormente descrito, se presenta en los esquemas 1A y 1B.

4.2 Incidencia en el asfalto almacenado a temperatura constante, por efecto de ciclos calentamiento-enfriamiento durante la producción de la mezcla asfáltica en caliente.

- a) Se llevó a cabo el muestreo de cemento asfáltico AC-30, procedente de la Refinería Petrolera Acajutla S.A. de C.V. (RASA). A una fracción de dicha muestra de asfalto, se le determinó los valores de ductilidad y viscosidad absoluta, antes y después del ensayo de película delgada.
- b) Una muestra del asfalto procedente de RASA, fue sometida bajo condiciones de laboratorio a ciclos de calentamiento-enfriamiento, con el objeto de simular las condiciones de almacenamiento a temperatura constante; para lo cual se llevó a cabo lo siguiente:
 - b.1 El asfalto se mantuvo almacenado a 125°C, posteriormente fue calentado a la temperatura de producción de mezcla asfáltica en caliente (aproximadamente 154°C), manteniéndose a temperatura constante por un período de cuatro (4) horas y posteriormente se redujo la temperatura a 125°C para su almacenamiento. En la investigación se sometió la muestra de asfalto a tres (3) ciclos de calentamiento-enfriamiento.
 - b.2 Al finalizar cada uno de los ciclos de calentamiento-enfriamiento se tomó una muestra de asfalto, a las cuales se les determinó los valores de ductilidad y viscosidad absoluta.
- c) A una fracción (muestra) del asfalto original, se le determinó su comportamiento cuando se almacena a temperatura ambiente y se somete a ciclos de calentamiento-enfriamiento, de forma similar a lo indicado en el numeral 4.1, literal b). Lo anterior se realizó, con el objeto de comparar el comportamiento del asfalto al almacenarlo a temperatura ambiente y al mantenerlo a temperatura constante; para lo cual se llevó a cabo de lo siguiente:

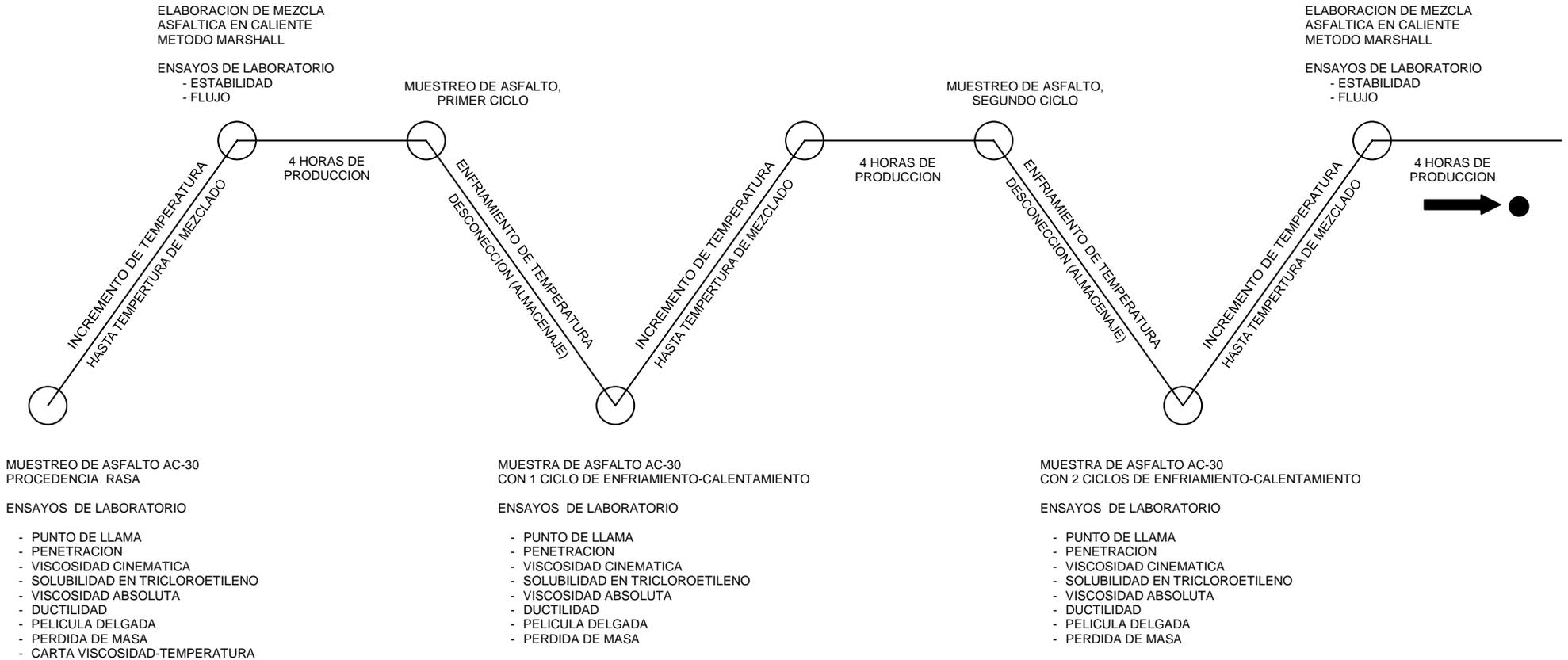
- c.1 El asfalto se mantuvo almacenado a temperatura ambiente, posteriormente se calentó a la temperatura de producción de mezcla asfáltica en caliente (aproximadamente 154°C), manteniéndose a temperatura constante por un período de cuatro (4) horas y posteriormente se desconectó el sistema de calentamiento. En la investigación se sometió la muestra de asfalto a tres (3) ciclos de calentamiento-enfriamiento.

- c.2 Al finalizar cada uno de los ciclos de calentamiento-enfriamiento se tomó una muestra de asfalto, a las cuales se les determinó los valores de ductilidad y viscosidad absoluta.

El procedimiento anteriormente descrito, se presenta en los esquemas 2A y 2B.

Procedimiento implementado en el Laboratorio, para simular las condiciones del asfalto al almacenarlo a temperatura ambiente.

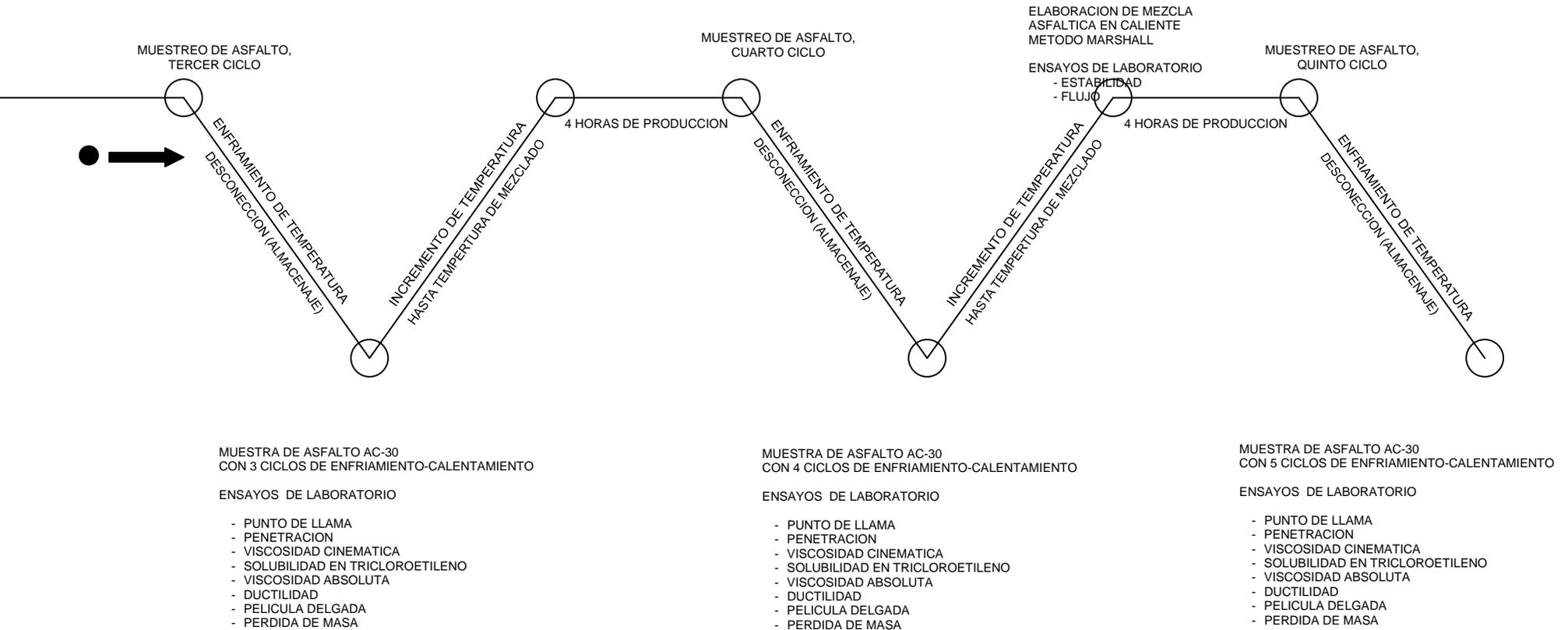
ESQUEMA 1A



Fuente: Trabajo de Graduación para optar al grado de Ingeniero Civil “Incidencia de los Ciclos de Calentamiento-Enfriamiento en las Propiedades Físicas del Cemento Asfáltico AC-30, utilizado en la Producción de Mezclas Asfálticas en Caliente”

Procedimiento implementado en el Laboratorio, para simular las condiciones del asfalto al almacenarlo a temperatura ambiente.

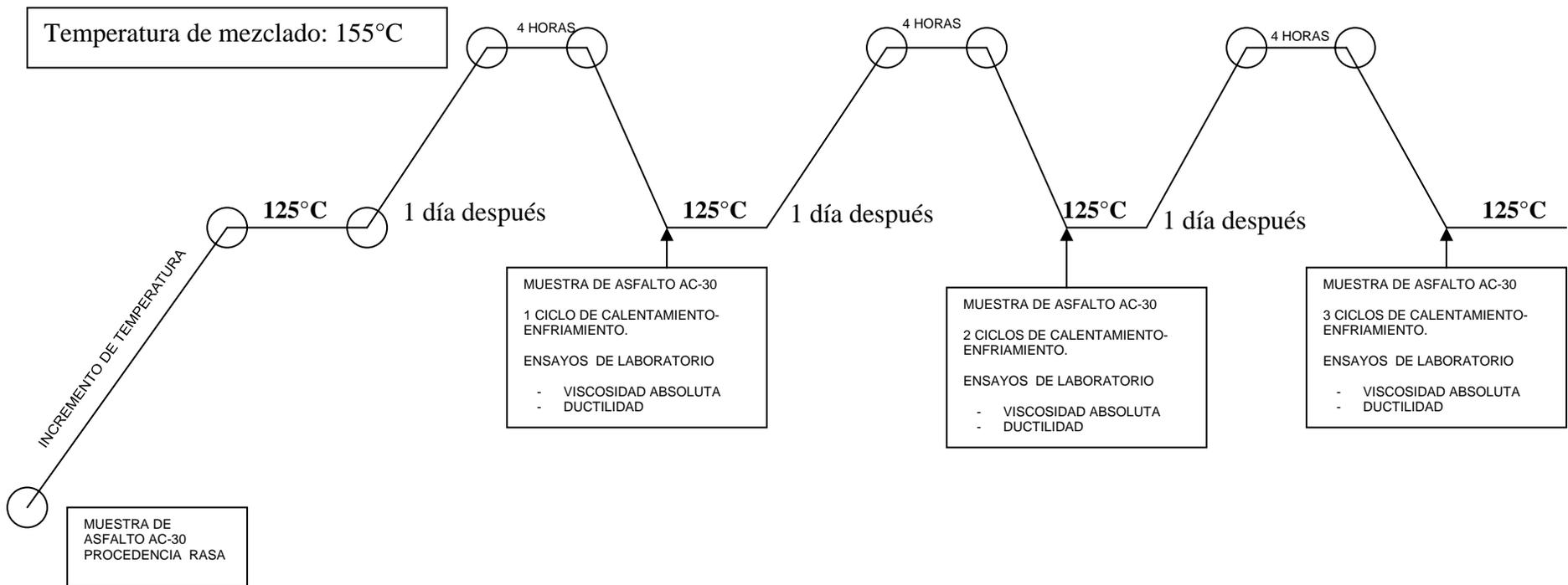
ESQUEMA 1B



Fuente: Trabajo de Graduación para optar al grado de Ingeniero Civil “Incidencia de los Ciclos de Calentamiento-Enfriamiento en las Propiedades Físicas del Cemento Asfáltico AC-30, utilizado en la Producción de Mezclas Asfálticas en Caliente”

Procedimiento implementado en el Laboratorio, para simular las condiciones del asfalto al almacenarlo a temperatura constante.

ESQUEMA 2A

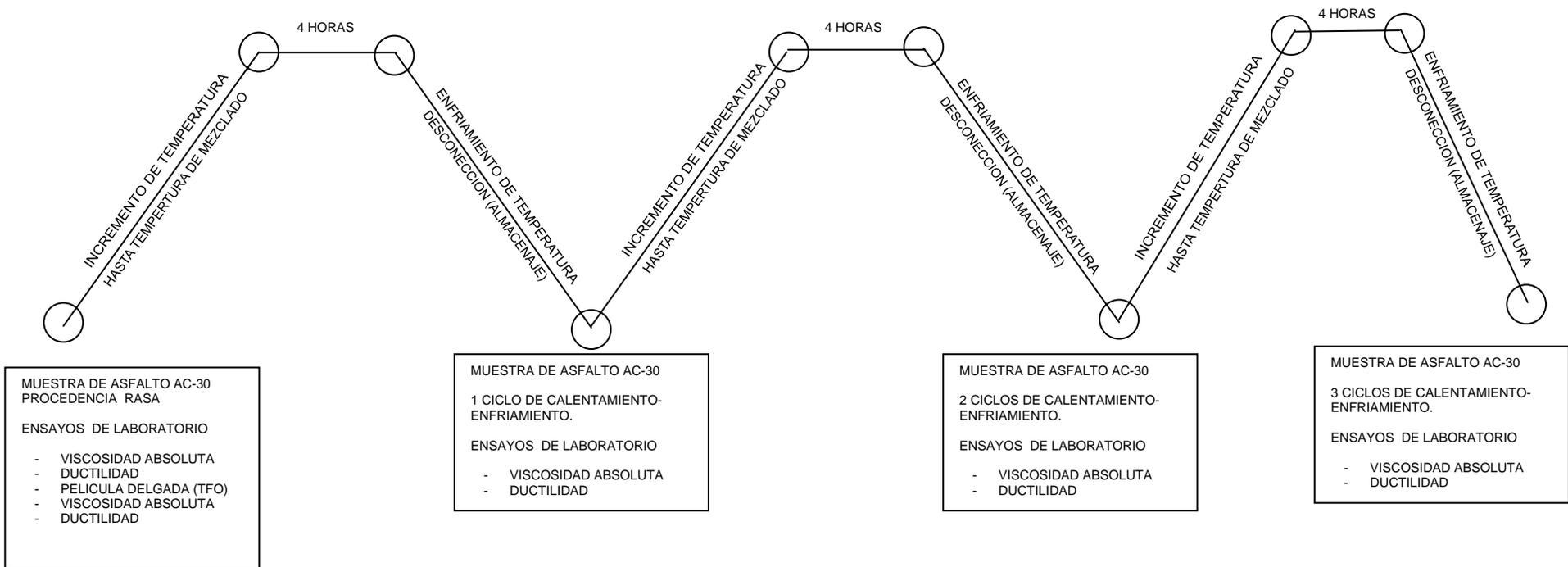


Procedimiento implementado por el Departamento de Investigación y Desarrollo de la UIDV.

Procedimiento implementado en el Laboratorio, para simular las condiciones del asfalto al almacenarlo a temperatura ambiente.

ESQUEMA 2B

Temperatura de mezclado: 155°C



Procedimiento implementado por el Departamento de Investigación y Desarrollo de la UIDV.

5.0 ENSAYOS DE LABORATORIO.

Los ensayos de laboratorio que se llevaron a cabo en la presente investigación, se realizaron en el Laboratorio de Suelos y Materiales de la Unidad de Investigación y Desarrollo Vial, los cuales se llevaron a cabo de acuerdo a lo establecido en las normas ASTM que se detallan a continuación.

1. Ensayos físicos establecidos en la norma ASTM D 3381, Viscosity-Graded Asphalt Cement for Use in Pavement Construction.

Ensayo	Norma
Viscosidad Absoluta	ASTM D 2171
Viscosidad Cinemática	ASTM D 2170
Penetración	ASTM D 5
Flash Point	ASTM D 92
Solubilidad	ASTM D 2042
Ensayos en residuo después de ensayo de película delgada, ASTM D 1754	
Viscosidad Absoluta	ASTM D 2171
Ductilidad	ASTM D 113

2. Determinación de la Pérdida de Masa, según norma ASTM D 1754.
3. Determinación de Carta Viscosidad-Temperatura según norma ASTM D 1559.
4. Determinación de Estabilidad y Flujo en briquetas de mezcla asfáltica, ASTM D 1559.

6.0 RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO.**6.1 Asfalto almacenado a temperatura ambiente (Primera Etapa).**

A continuación se presenta un resumen de los resultados de ensayos de laboratorio, realizados para simular las condiciones de almacenamiento del asfalto a temperatura ambiente.

- a) Resultados de ensayos de laboratorio realizados en muestra de asfalto AC 30, procedente de la Refinería de Petróleo RASA.

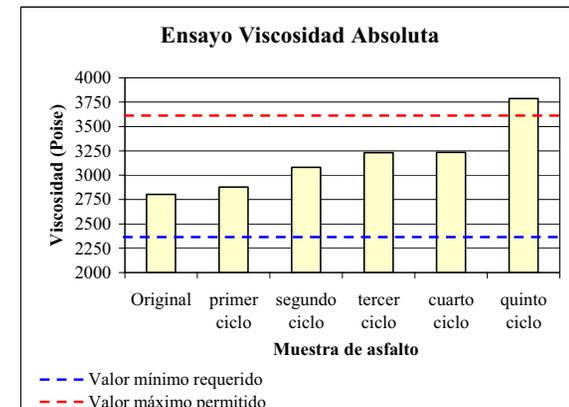
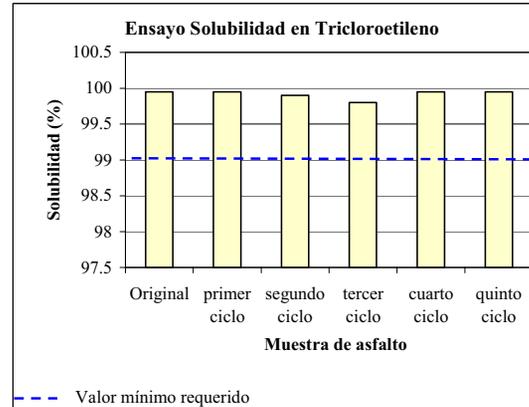
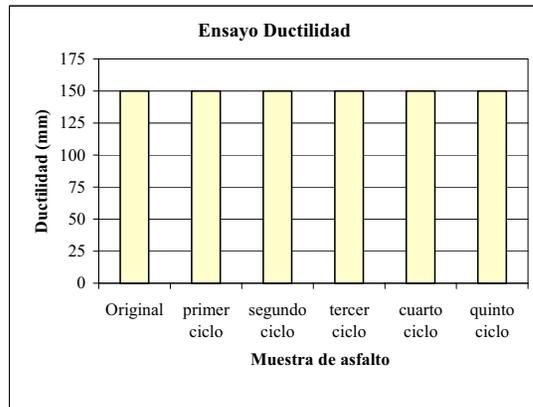
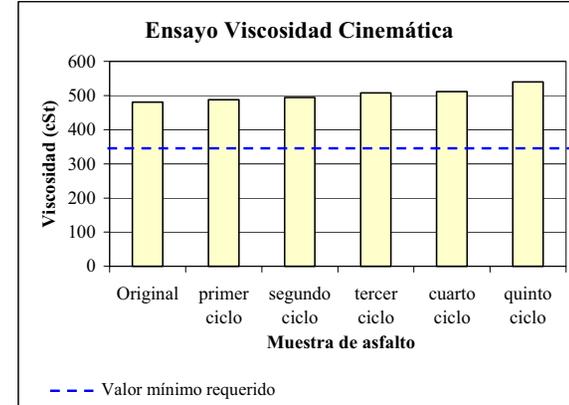
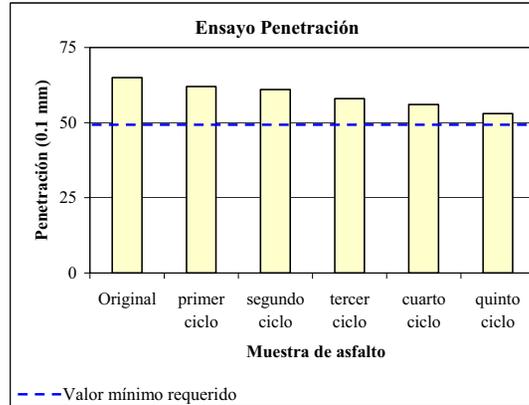
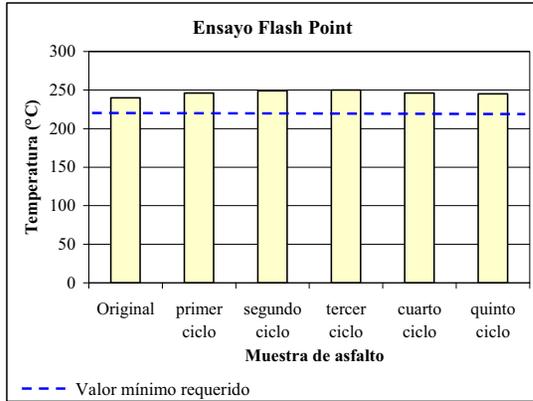
Ensayo	Norma de Ensayo ASTM	Valor mínimo requerido	Valor máximo permitido	Resultado de Laboratorio
Flash point (°C)	D 92	232	-----	240
Penetración (0.1mm)	D 5	50	-----	65
Viscosidad Cinemática a 135°C (cSt)	D 2170	350	-----	481
Ductilidad (cm)	D 113	-----	-----	150
Solubilidad (%)	D 2042	99.0	-----	99.95
Viscosidad Absoluta a 60°C (Poise)	D 2171	2,400	3,600	2,803
Ensayos en asfalto después de realizar el ensayo de película delgada.				
Pérdida de masa (%)	D 1754	-----	0.5	0.326
Ductilidad (cm)	D 113	40	-----	91
Viscosidad Absoluta a 60°C (Poise)	D 2171	-----	15,000	7,033
Nota: Los valores máximos y mínimos indicados en la presente tabla, corresponden a los especificados en la norma ASTM D 3381, a excepción del valor máximo de pérdida de masa que se establece en la especificación AASHTO M 226, Viscosity-Graded Asphalt Cement.				

- b) Resultados de ensayos de laboratorio realizados en las muestras de asfalto después de cada uno de los ciclos de calentamiento-enfriamiento.

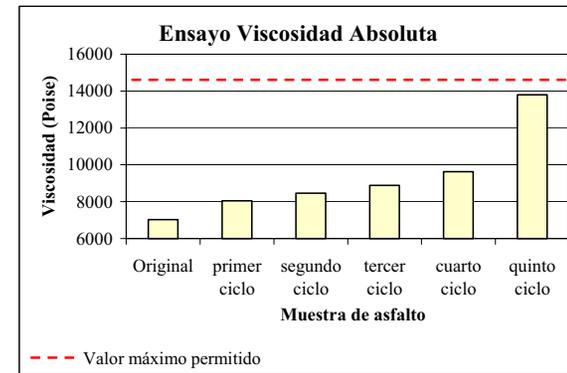
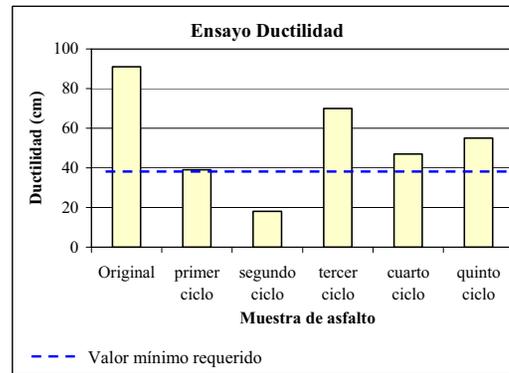
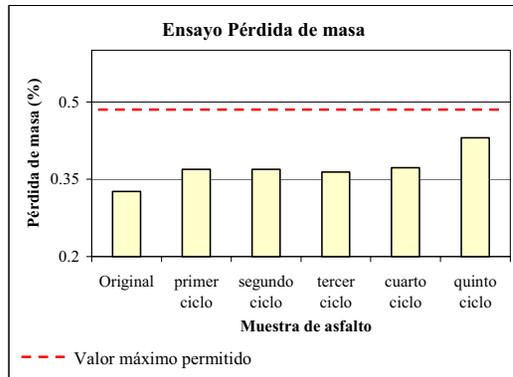
Ensayo	Norma de Ensayo ASTM	Valor mínimo requerido	Valor máximo permitido	Resultado Primer ciclo	Resultado Segundo ciclo	Resultado Tercer ciclo	Resultado Cuarto ciclo	Resultado Quinto ciclo
Flash point (°C)	D 92	232	-----	246	249	250	246	245
Penetración (0.1mm)	D 5	50	-----	62	61	58	56	53
Viscosidad Cinemática a 135°C (cSt)	D 2170	350	-----	488	494	508	512	540
Ductilidad (cm)	D 113	-----	-----	150	150	+150	+150	+150
Solubilidad (%)	D 2042	99.0	-----	99.95	99.90	99.80	99.95	99.95
Viscosidad Absoluta a 60°C (Poise)	D 2171	2,400	3,600	2,879	3,080	3,231	3,233	3,787
Ensayos en asfalto después de realizar el ensayo de película delgada.								
Pérdida de masa (%)	D 1754	-----	0.5	0.369	0.369	0.364	0.372	0.430
Ductilidad (cm)	D 113	40	-----	39	18	70	47	55
Viscosidad Absoluta a 60°C (Poise)	D 2171	-----	15,000	8,049	8,462	8,887	9,623	13,795

A continuación se presenta gráficos en que se observa el comportamiento del asfalto después de cada ciclo calentamiento-enfriamiento.

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO
REALIZADOS EN ASFALTO AC-30**



RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS EN ASFALTO AC-30

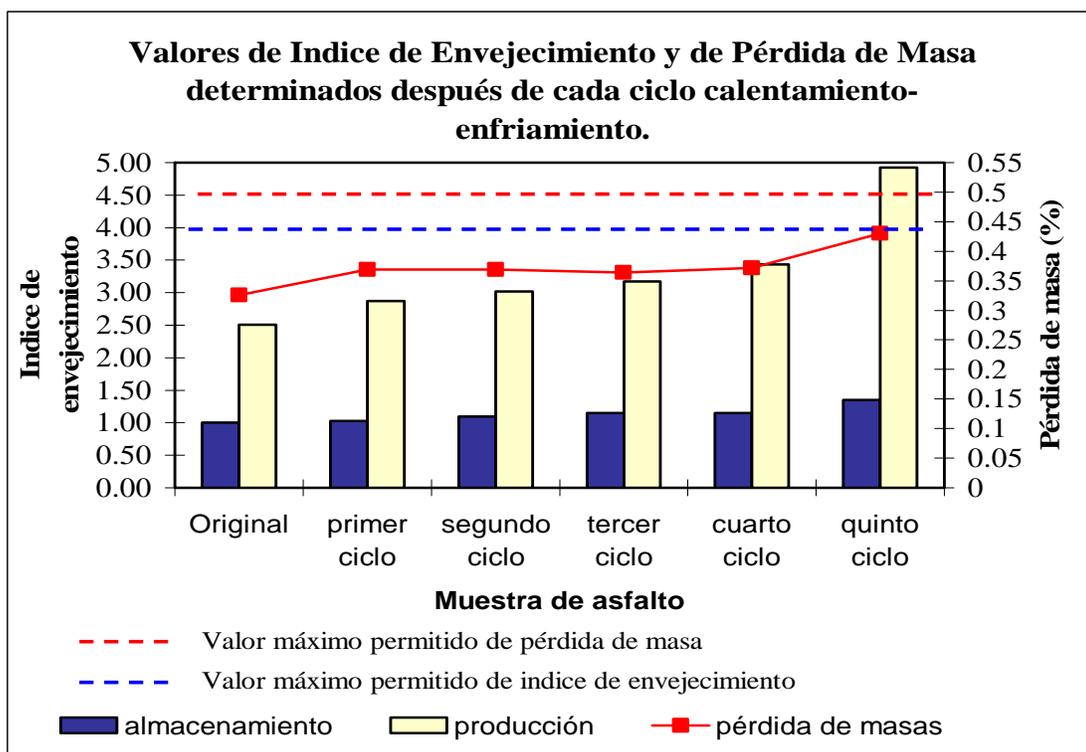


c) Valores de Índice de Envejecimiento del asfalto, determinados en la muestra de asfalto original y en cada una de las muestras de asfalto tomada después de cada ciclo de calentamiento-enfriamiento.

Muestra de asfalto	Viscosidad Absoluta	Índice de Envejecimiento del asfalto, durante el almacenamiento ⁽¹⁾	Viscosidad Absoluta después del ensayo Película Delgada	Índice de Envejecimiento del asfalto, después de la producción de mezcla asfáltica ⁽¹⁾
Original	2,803	-----	7,033	2.51
Primer Ciclo	2,879	1.03	8,049	2.87
Segundo Ciclo	3,080	1.10	8,462	3.02
Tercer Ciclo	3,231	1.15	8,887	3.17
Cuarto Ciclo	3,233	1.15	9,623	3.43
Quinto Ciclo	3,787	1.35	13,795	4.92

⁽¹⁾ El índice de envejecimiento ha sido obtenido bajo condiciones de laboratorio.

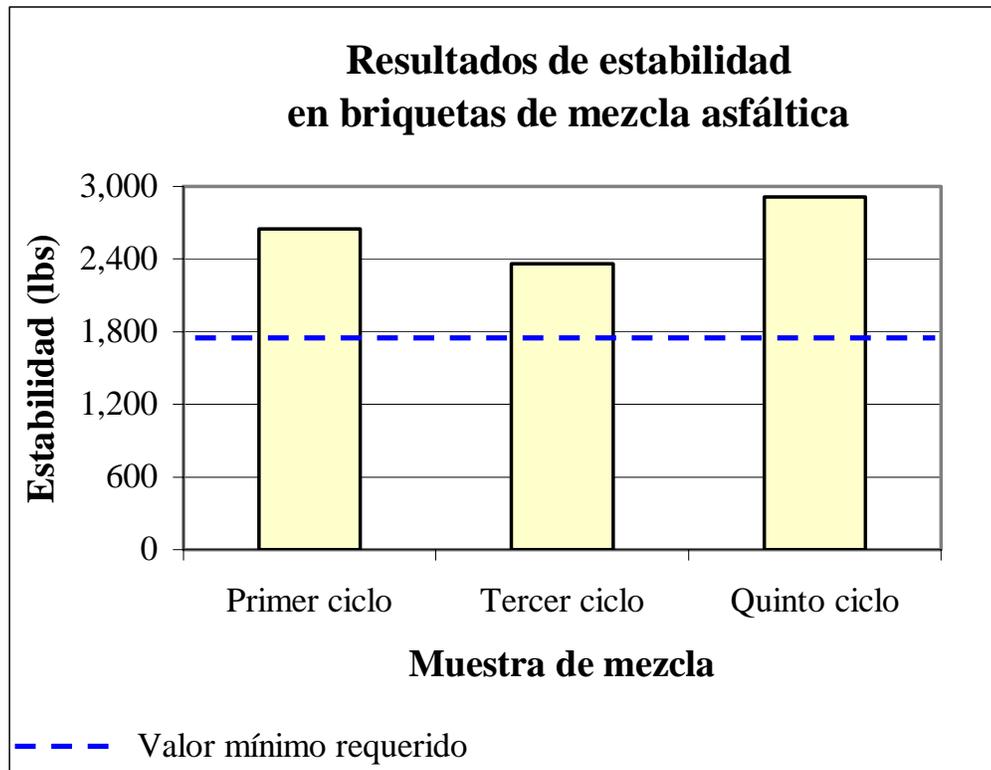
En el gráfico que se presenta a continuación, se observa el comportamiento de los valores de índice de envejecimiento y de pérdida de masa después de cada ciclo de calentamiento-enfriamiento.

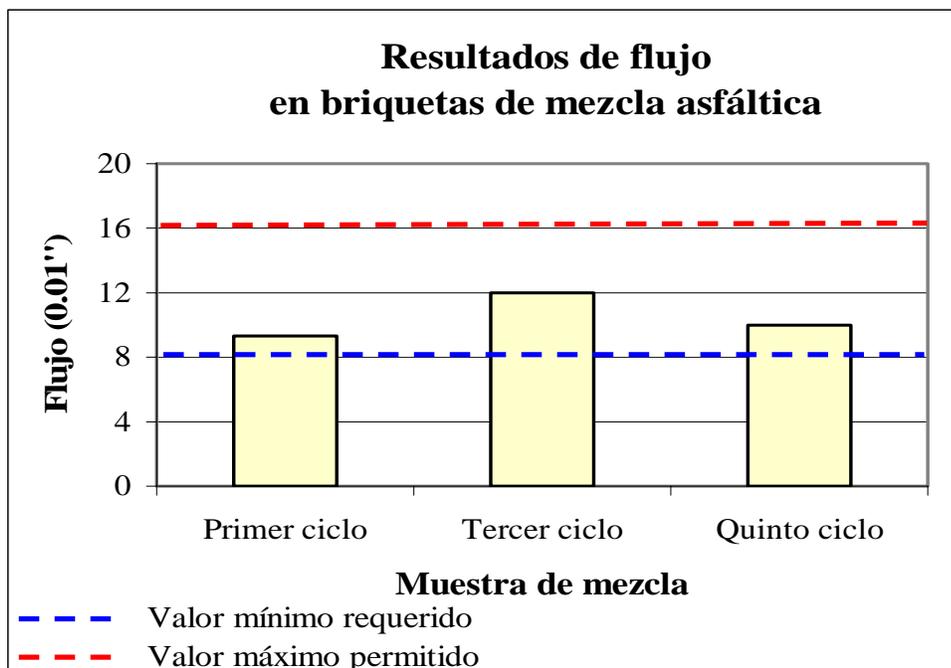


- d) Resultados promedio de ensayo de estabilidad y de flujo, determinados en briquetas elaboradas con mezcla asfáltica en caliente, utilizando muestras de asfalto correspondiente a los ciclos calentamiento-enfriamiento No.1, 3 y 5.

Muestra	Estabilidad promedio (*) (lbs)	Valor mínimo de Estabilidad requerido ASTM D 1856 (lbs)	Flujo promedio (*) (0.01")	Rango de valores de flujo permitidos ASTM D 1856 (0.01")
Primer Ciclo	2,652	1,800	9.3	8 - 16
Tercer Ciclo	2,363		12	
Quinto Ciclo	2,912		10	

(*) Promedio de tres (3) briquetas.





6.2 Asfalto almacenado a temperatura constante (Segunda etapa).

En la primera etapa de la investigación, se determinó que al almacenar el asfalto a temperatura ambiente y someterlo posteriormente a ciclos de calentamiento enfriamiento, se producen cambios significativos en algunas de las propiedades físicas del mismo. Por lo anterior, se llevaron a cabo investigaciones adicionales, con el objeto de determinar con más detalle el comportamiento del asfalto ante diferentes condiciones de almacenamiento.

A continuación se presenta un resumen de los resultados de ensayos de laboratorio, obtenidos en la investigación adicional realizada por la UIDV, para simular las condiciones de almacenamiento del asfalto a temperatura constante y a temperatura ambiente.

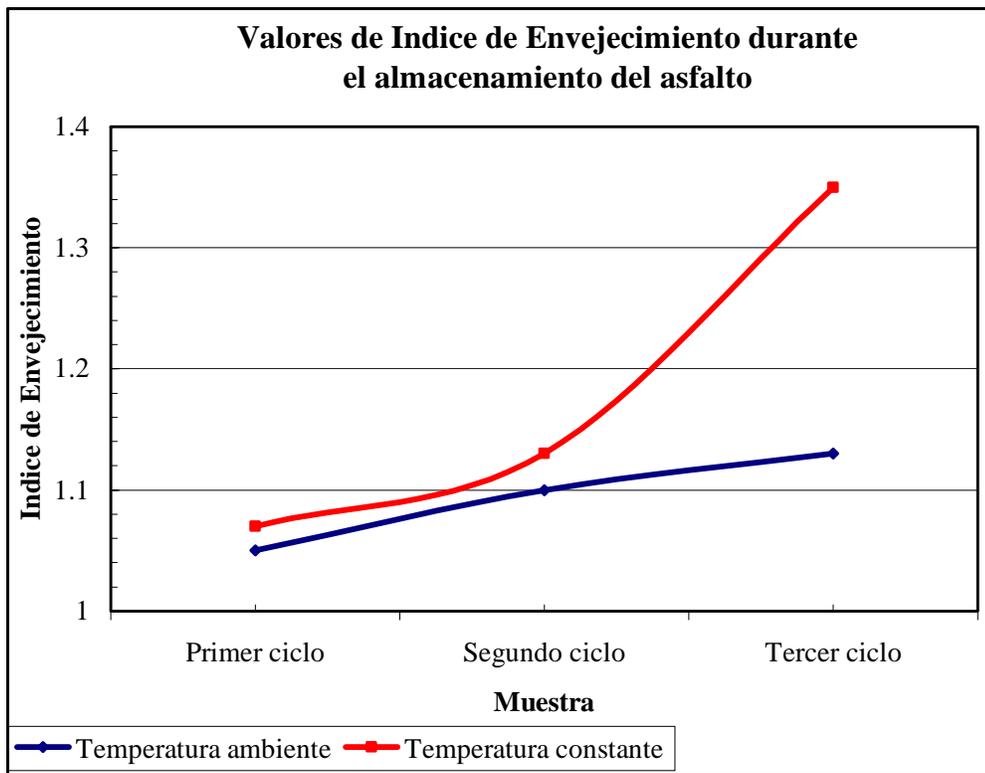
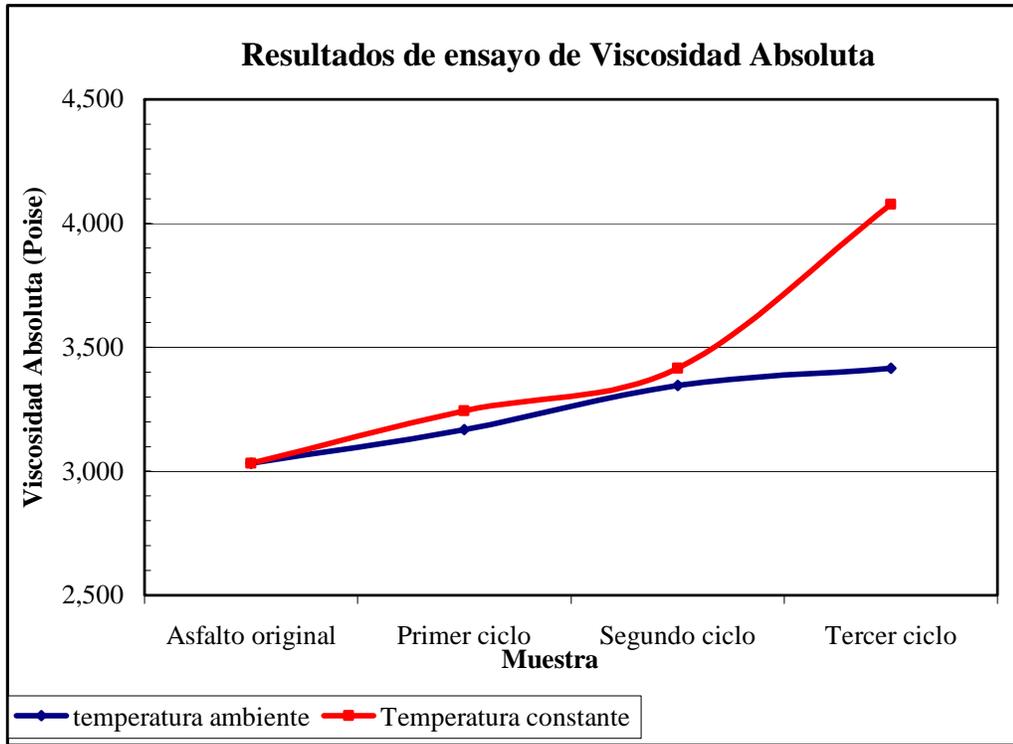
- a) Resultados de ensayos de laboratorio realizados en muestra de asfalto AC 30, procedente de la Refinería de Petróleo RASA (muestra de referencia).

Ensayo	Norma de Ensayo ASTM	Valor mínimo requerido ASTM D 3381	Valor máximo permitido ASTM D 3381	Resultado de Laboratorio
Ductilidad (cm)	D 113	-----	-----	+150
Viscosidad Absoluta a 60°C (Poise)	D 2171	2,400	3,600	3,032
Ensayos en asfalto después de realizar el ensayo de película delgada.				
Ductilidad (cm)	D 113	40	-----	49
Viscosidad Absoluta a 60°C (Poise)	D 2171	-----	15,000	8,680

b) Resultados de ensayos de laboratorio, realizados en las muestras de asfalto después de cada uno de los ciclos de calentamiento-enfriamiento y valores de índice de envejecimiento del asfalto durante el almacenamiento.

Ensayo de laboratorio	Norma de Ensayo ASTM	Valor mínimo requerido	Valor máximo permitido	Condición de almacenamiento del asfalto	Resultado asfalto muestra de referencia	Resultado Primer ciclo	Resultado Segundo ciclo	Resultado Tercer ciclo
Ductilidad (cm)	D 113	-----	-----	Temperatura ambiente	+150	+150	+150	+150
				Temperatura constante (125°C)		+150	+150	+150
Viscosidad Absoluta a 60°C (Poise)	D 2171	2,400	3,600	Temperatura ambiente	3,032	3,169	3,346	3,415
				Temperatura constante (125°C)		3,243	3,415	4,077
Valores de índice de envejecimiento durante el almacenamiento				Temperatura ambiente	-----	1.05	1.10	1.13
				Temperatura constante (125°C)	-----	1.07	1.13	1.35

A continuación se presenta gráficos en que se observa el comportamiento del asfalto después de cada ciclo calentamiento-enfriamiento.



7.0 CONCLUSIONES.

Con base en los resultados de ensayos de laboratorio determinados en las muestras de cemento asfáltico AC-30, se concluye lo siguiente:

- a) El cemento asfáltico AC-30, muestreado en la Refinería Petrolera Acajutla S.A. de C.V. (RASA), cumple con los requisitos físicos especificados en la norma ASTM D 3381, Viscosity-Graded Asphalt Cement for Use in Pavement Construction.
- b) Los resultados obtenidos en la primera etapa de la investigación (asfalto almacenado a temperatura ambiente), muestran que las características físicas del asfalto que presentaron una mayor susceptibilidad al someterlo a cinco ciclos de calentamiento-enfriamiento son: la Viscosidad Absoluta, con un incremento de hasta 95% y la Penetración, con una reducción de hasta 20%.
- c) Se observó un incremento en los valores de pérdida de masa, determinados después de cada ciclo calentamiento-enfriamiento; dichos valores se encuentran cercanos al valor máximo establecido en la especificación AASHTO M 226 (0.5 %).
- d) Al someter el asfalto a ciclos de calentamiento-enfriamiento, en ambas condiciones de almacenamiento, se observa un incremento progresivo en el índice de envejecimiento (IE) por almacenamiento, en donde se determinaron valores de IE hasta de 1.35. De igual manera se observó un comportamiento similar al determinar, bajo condiciones de laboratorio, el índice de envejecimiento del asfalto después de la producción de la mezcla asfáltica en caliente, en donde se obtuvo valores de IE hasta de 4.92, el cual es mayor que el valor máximo permitido (4.0) que se establece en las Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales, SIECA.

Lo anterior demuestra que los ciclos de calentamiento-enfriamiento, en la etapa de almacenamiento del asfalto, inciden significativamente en el envejecimiento prematuro del mismo.

- e) El envejecimiento que sufre el asfalto al someterlo a ciclos de calentamiento-enfriamiento, es mayor (aproximadamente 20%) cuando se almacena a temperatura constante durante periodos prolongados, en comparación con los resultados obtenidos al mantener el asfalto almacenado a temperatura ambiente.
- f) Los resultados de ensayos de estabilidad y flujo, determinados en las briquetas de mezcla asfáltica elaborada con asfalto muestreado después de los ciclos 1, 3 y 5, cumplen con los requisitos establecidos en el diseño Marshall.
- g) Las conclusiones indicadas anteriormente, han sido establecidas a partir de los resultados de ensayos de laboratorio realizados en las muestras de asfalto AC 30. Sin embargo, ya que los cementos asfálticos son materiales termoplásticos, es de esperarse que los diferentes tipos de asfalto se comporten de manera similar al determinado en la presente investigación.

8.0 RECOMENDACIONES.

Con base a los resultados obtenidos en la presente investigación, se recomienda lo siguiente:

- a) Si la temperatura de asfalto en el tanque de almacenamiento de la planta asfáltica no sobrepasa los 125°C, se recomienda no realizar más de tres (3) ciclos de calentamiento-enfriamiento durante esta etapa de almacenamiento, ya que podría ocasionar que el envejecimiento total del asfalto, producto del almacenamiento más el envejecimiento durante la producción de la mezcla, sea mayor que el permitido en las Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales, SIECA (4.0). Si la temperatura de almacenamiento sobrepasa los 125°C, el número máximo de ciclos de calentamiento-enfriamiento deberá reducirse.
- b) Dentro del programa de control de calidad que se lleva a cabo en cada Planta Asfáltica, deberá verificarse que la temperatura de almacenamiento del asfalto se mantenga por debajo de los valores máximos recomendados. Así también, se recomienda evitar el almacenamiento prolongado del asfalto, ya que también se produce un envejecimiento prematuro del mismo.

9.0 REFERENCIAS.

- 1) *“Standar Specification for Penetration-Graded Asphalt Cement for Use in Pavement Construction”*, ASTM D 946, American Society of Testing Materials.
- 2) *“Standar Specification for Viscosity-Graded Asphalt Cement for Use in Pavement Construction”*, ASTM D 3381, American Society of Testing Materials.
- 3) *Manual Centroamericano de Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Puentes Regionales (SIECA, 2001)*
- 4) *Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente, Serie de Manuales No.22 (MS-22), Asphalt Institute.*
- 5) *Hot-Mix Asphalt Paving HANDBOOK 2000, US Army Corps of Engineers.*
- 6) *Trabajo de Graduación para optar al grado de Ingeniero Civil: “Incidencia de los Ciclos de Calentamiento-Enfriamiento en las Propiedades Físicas del Cemento Asfáltico AC-30, utilizado en la Producción de Mezclas Asfálticas en Caliente”, Cabrera et al (2002), Universidad Politécnica de El Salvador.*
- 7) *Información Técnica de Exxon Mobil, Lubricants & Petroleum Specialties, proporcionada en el Seminario de Tecnología de Asfaltos, mayo de 2001.*

[Pagina Principal](#)

E-Mail: uidv.contacto@mop.gob.sv