



PROYECTO DE AUDITORIA DE CALIDAD A
RECOPE:
MATERIALES BITUMINOSOS

INFORME SEMESTRAL DE RESULTADOS 1998-1999

8 DE OCTUBRE DE 1998

Coordinador del estudio:

MSCE. MBA. Pedro Castro Fernández

Coordinación del equipo de experimentadores:

Quím. Diego Moreira

Apoyo logístico:

**Sr. Roy Barrantes Jiménez
Sra. Laura Ramírez Castro**



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

San José, 7 de octubre de 1998.
LM-IC-D-487-98

Señor

**Dr. William Muñoz, Presidente Ejecutivo,
Refinadora Costarricense de Petróleo**

Estimado señor:

Por este medio me permito saludarlo y a la vez remitirle el informe semestral de resultados para el período 1998 – 1999, del Proyecto de Auditoría de Calidad a RECOPE, en su componente de materiales bituminosos.

La Auditoría de Calidad para los materiales bituminosos es realizada periódicamente por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), de conformidad con el contrato No. 96-9-044 entre la Universidad de Costa Rica y RECOPE, extendido por medio de la orden de compra No. 98-5-6148.

Adicionalmente me permito comentarle lo siguiente:

- El LANAMME está en capacidad de realizar la prueba de cromatografía en columna para cementos asfálticos, a partir de la cual se determinan el porcentaje de ceras y el índice de inestabilidad coloidal. Estamos a la espera de una orden de modificación para la orden de compra, para incorporar dicho análisis en nuestra evaluación rutinaria.
- El LANAMME ha tramitado recientemente la compra de un viscosímetro rotacional, un horno rotatorio vertical de película delgada y un reómetro dinámico de cortante, que permitirán la caracterización de los cementos asfálticos para las condiciones climáticas y las condiciones de carga de proyectos particulares. Con tales equipos, el Laboratorio de Materiales Bituminosos del LANAMME se pondrá a un nivel tecnológico de vanguardia en el Area Centroamericana.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

- **El LANAMME se encuentra cerca de culminar un proceso de acreditación ante el Ente Nacional de Acreditación (ENA). Se espera que a más tardar en enero de 1999 se habrán alcanzado los requisitos para tal reconocimiento en nuestras secciones de cementos asfálticos y emulsiones asfálticas.**

Expresándole mis mejores muestras de consideración y respeto, me despido de usted.

Atentamente,

**Dr. Juan A. Pastor Gómez, Director,
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales,
Universidad de Costa Rica.**

**CC: Dr. Yamileth González, Vicerrectora de Investigación, UCR
Quím. Gonzalo Alpizar, Jefe, Control de Calidad, RECOPE**



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

San José, 7 de octubre de 1998.
LM-IC-D-488-98

**Señora
Dra. Yamileth González, Vicerrectora,
Vicerrectoría de Investigación,
Universidad de Costa Rica**

Estimada señora vicerrectora:

Se adjunta, para su consideración, el informe semestral de resultados para el proyecto denominado Auditoría de Calidad a los materiales bituminosos distribuidos por RECOPE, referenciado como el proyecto No. VI - 321-97-800, de acuerdo con los registros de la Vicerrectoría de Investigación y con los fondos correspondientes a la empresa auxiliar No. 152.

Quedamos a sus órdenes para cualquier consulta o aclaración que consideren pertinente.

Atentamente,

**Dr. Juan A. Pastor Gómez, Director,
Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales,
Universidad de Costa Rica.**

INDICE GENERAL

MATERIA	PAGINA
I - INTRODUCCION	1
1-1. Términos de referencia del contrato de auditoría de calidad	1
1-2. Propósito del informe	2
II - RESUMEN DE MUESTRAS TOMADAS	2
III - CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE	3
3-1. Cumplimiento de las especificaciones para los cementos asfálticos muestreados	4
3-2. Cumplimiento de las especificaciones para las emulsiones asfálticas CRS-1h muestreadas	4
3-3. Cumplimiento de las especificaciones para las emulsiones asfálticas CRS-1 muestreadas	13
IV - COMPARACION DE DISPERSION POR PRUEBA EN EL MATERIAL BITUMINOSO MUESTREADO EN 1998 Y EL MATERIAL BITUMINOSO MUESTREADO EN 1997	17
4-1. Dispersión por prueba de cemento asfáltico	17
4-2. Dispersión por prueba de emulsión asfáltica CRS-1h	19
V - GRAFICOS DE SEGUIMIENTO HISTORICO	21
VI - CONCLUSIONES	22
VII - RECOMENDACIONES	23
ANEXO I: <u>Resultados de muestras de ligante asfáltico AC-20 y gráficos de seguimiento histórico</u>	24
ANEXO II: <u>Resultados de muestras de emulsión asfáltica CRS-1h y gráficos de seguimiento histórico</u>	37
ANEXO III: <u>Resultados de muestras de emulsión asfáltica CRS-1 y gráficos de seguimiento histórico</u>	45

PROYECTO DE AUDITORIA DE CALIDAD A RECOPE

INFORME SEMESTRAL DE RESULTADOS

I - INTRODUCCION.

1-1. **Términos de referencia del contrato de auditoría de calidad.**

La auditoría de calidad de los materiales producidos por la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), realizada por el Laboratorio Nacional de Materiales (LANAMME) de la Universidad de Costa Rica, consiste en el seguimiento periódico de las propiedades más relevantes del cemento asfáltico y emulsión asfáltica distribuidos por RECOPE.

Las características del muestreo periódico se indican en la Tabla No. 1.

Tabla No. 1: Características del muestreo periódico de la auditoría de calidad.

Material bituminoso	Frecuencia de muestreo	Sitio de muestreo	Verificación de la normativa vigente
Cemento asfáltico	quincenal	Plantel Moín	<ul style="list-style-type: none"> • RTCR 248:1997, según Decreto Ejecutivo No. 26501 MEIC - MOPT. • AASHTO M-226
Emulsión asfáltica	quincenal	Plantel Ochomogo	<ul style="list-style-type: none"> • AASHTO M-140

Nota: en algunos casos se han adecuado los muestreos a las necesidades de RECOPE (muestreos más seguidos) o se han debido posponer debido a la no existencia de material significativo para su evaluación.

El muestreo es realizado por funcionarios del LANAMME, con la colaboración del Departamento de Control de Calidad de RECOPE. La ejecución de las pruebas es realizada exclusivamente por personeros del LANAMME, de acuerdo con la normativa AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y de Transportes), ASTM (Sociedad Americana para Prueba de Materiales) y los protocolos correspondientes del Manual de Calidad MPG-01 del LANAMME.

La auditoría de calidad procede de conformidad con el Convenio No. 46-9-044, entre la Refinadora Costarricense de Petróleo y la Universidad de Costa Rica. Renovado mediante la orden de compra No. 98-5-6148, para el período de febrero de 1998 a febrero de 1999.

La información presentada corresponde a los informes LM-26A-98 a LM-35A-98, para cemento asfáltico y LM-26E-97 a LM-35E-98, para emulsiones asfálticas.

Nota: las pruebas contractuales para cemento asfáltico se refieren al Decreto Ejecutivo No. 15993 - MEIC (14 de febrero de 1985). Está pendiente la modificación de la orden de compra, mediante la inclusión de las pruebas de cromatografía columnar, contenido de ceras e índice de inestabilidad coloidal. Dichas pruebas fueron únicamente determinadas para la muestra No. 27A.

1-2. Propósito del informe.

El propósito de este informe es presentar la siguiente información por cada tipo de material bituminoso evaluado:

- Resumen de resultados de laboratorio para cada uno de los parámetros analizados.
- Promedios generales y desviaciones estándar para cada uno de los parámetros analizados.
- Comparación de dispersión de resultados históricos respecto a los correspondientes valores de 1997.
- Gráficos de seguimiento histórico para cada uno de los parámetros analizados.

II - RESUMEN DE MUESTRAS TOMADAS.

En la Tabla No. 2 adjunta se presenta el detalle de las muestras tomadas por el LANAMME, dentro del contexto de la Auditoría de Calidad a RECOPE.

Tabla No. 2: Resumen de muestras tomadas.

TIPO DE MATERIAL	NUMERO MUESTRAS	FECHA INICIO	FECHA FINAL
Cemento asfáltico			
AC-20	10	13/02/98	10/08/98
Emulsión asfáltica			
CRS-1	2	13/02/98	19/02/98
CRS-1h	8	6/03/98	2/07/98

III - CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE.

Los resultados de las pruebas por material bituminoso se contrastan contra la normativa vigente en Costa Rica:

- Decreto ejecutivo No. 26501 - MEIC - MOPT en su reglamento técnico RTCR 248:1997, en vigencia a partir de enero de 1998, para cemento asfáltico.
- Normativa AASHTO M -140, en ausencia de especificaciones nacionales, para emulsión asfáltica.

Los porcentajes de cumplimiento se presentan en las siguientes tablas adjuntas:

- La Tabla No. 3 presenta los porcentajes de cumplimiento por prueba realizada para las muestras de ligante asfáltico.
- La Tabla No. 4 presenta los porcentajes de cumplimiento por prueba realizada para las muestras de emulsión catiónica CRS-1h.
- La Tabla No. 5 presenta los porcentajes de cumplimiento por prueba realizada para las muestras de emulsión catiónica CRS-1.

3-1. Cumplimiento de especificaciones para los cementos asfálticos muestreados.

El cumplimiento de especificaciones para el cemento asfáltico se presenta en la Tabla No. 3. Adicionalmente los resultados se presentan esquemáticamente en las Figuras No. 1, 2, 3 y 4.

Se presenta un cumplimiento del 100 % en los siguientes parámetros:

- Punto de inflamación
- Penetración a 25°C
- Viscosidad cinemática a 135°C
- Solubilidad en tricloroetileno
- Ductilidad a 25°C
- Índice de susceptibilidad térmica
- Índice de inestabilidad coloidal (una prueba realizada)
- Porcentaje de ceras (una prueba realizada)

Se presentan los porcentajes de cumplimiento indicados en cada uno de los siguientes parámetros:

- Viscosidad absoluta a 60°C. Nivel de cumplimiento del 90 %
- Pérdida de masa por calentamiento. Nivel de cumplimiento del 80 %
- Razón de viscosidades. Nivel de cumplimiento del 90 %

3-2. Cumplimiento de especificaciones para las emulsiones asfálticas CRS-1h muestreadas.

El cumplimiento de especificaciones para emulsión asfáltica CRS-1h se presenta en la Tabla No. 4. Adicionalmente los resultados se presentan esquemáticamente en las Figuras No. 5 y 6.

Se presenta un cumplimiento del 100 % en los siguientes parámetros:

- Prueba de la malla No. 20
- Porcentaje de asfalto residual
- Penetración a 25°C del asfalto residual
- Ductilidad a 25°C del asfalto residual
- Solubilidad en tricloroetileno del asfalto residual

Tabla Resumen N° 3 : Ensayos de cemento asfáltico del tipo AC-20

	Normativa Nacional	TOTAL DE PRUEBAS REALIZADAS	CUMPLEN CON LA NORMA	NO CUMPLEN CON LA NORMA	% DE CUMPLIMIENTO NORMA NACIONAL
PUNTO DE INFLAMACION	min. 230	10	9 (*)	0	100,0
PENETRACIÓN a 25 °C	min 60	10	10	0	100,00
VISCOSIDAD CINEMATICA a 135 °C	min 300	10	10	0	100,00
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C	1600-2400	10	9	1	90,00
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	min. 99	10	10	0	100,00
PERDIDA EN PELICULA DELGADA (D 1754)	max. 0,5	10	8	2	80,00
DUCTILIDAD A 25 °C DEL RESIDUO	min. 50	10	10	0	100,00
INDICE DE SUCEPTIBILIDAD TERMICA (VTS)	3,30-3,90	10	10	0	100,00
RAZON DE VISCOSIDADES	MAX. 3,0	10	9	1	90,00
INDICE DE INESTABILIDAD COLOIDAL	MAX. 0,6	1	1	0	100,00
PORCENTAJE DE CERAS	MAX. 3,0	1	1	0	100,00

(*) : No se pudo realizar la determinación de la muestra 31 A, por efervescencia en el calentamiento.

Figura N° 1: Resultados del cumplimiento de especificaciones nacionales
Muestras de Cemento Asfáltico

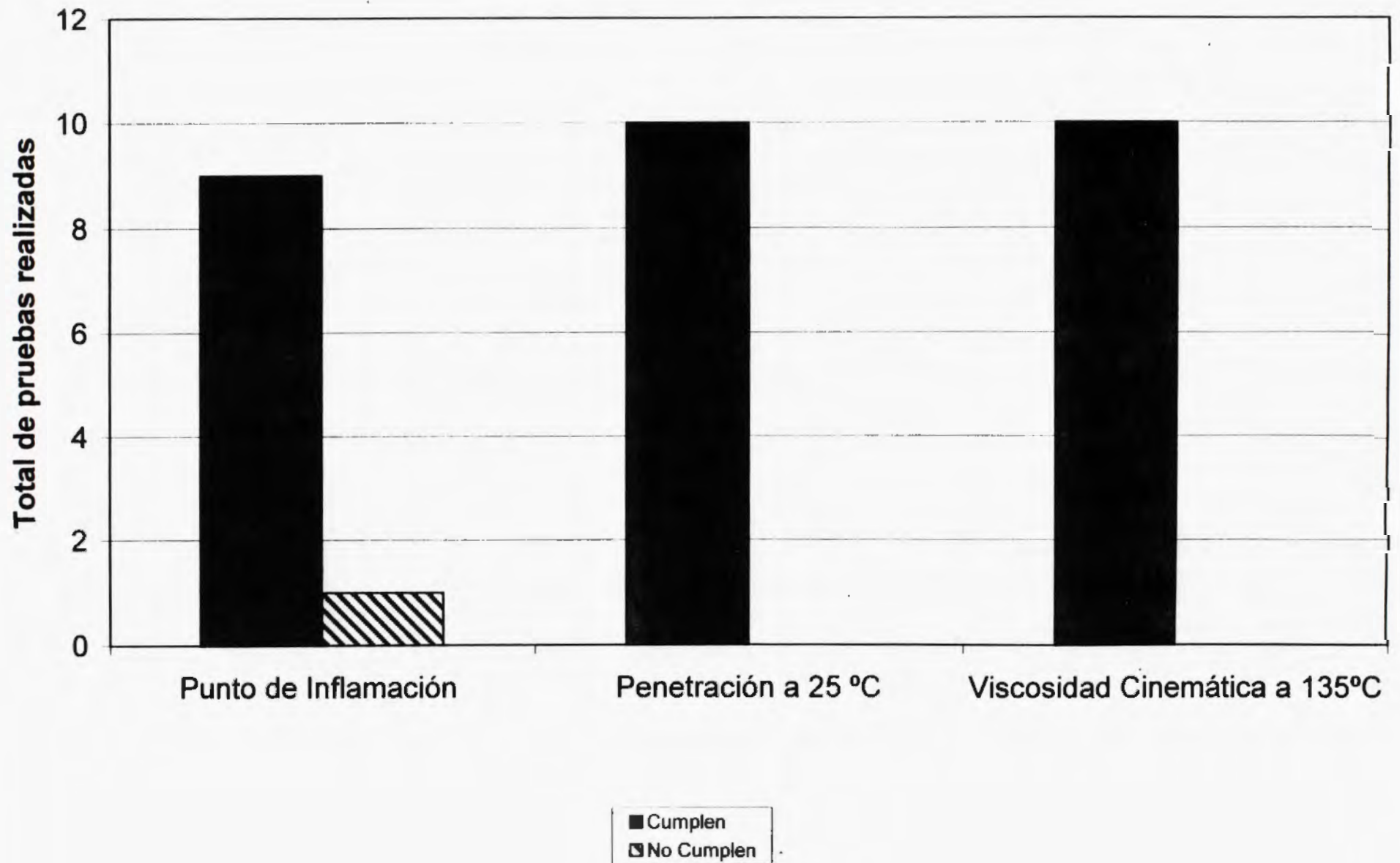


Figura N° 2: Resultados del cumplimiento de especificaciones nacionales
Muestras de Cemento Asfáltico

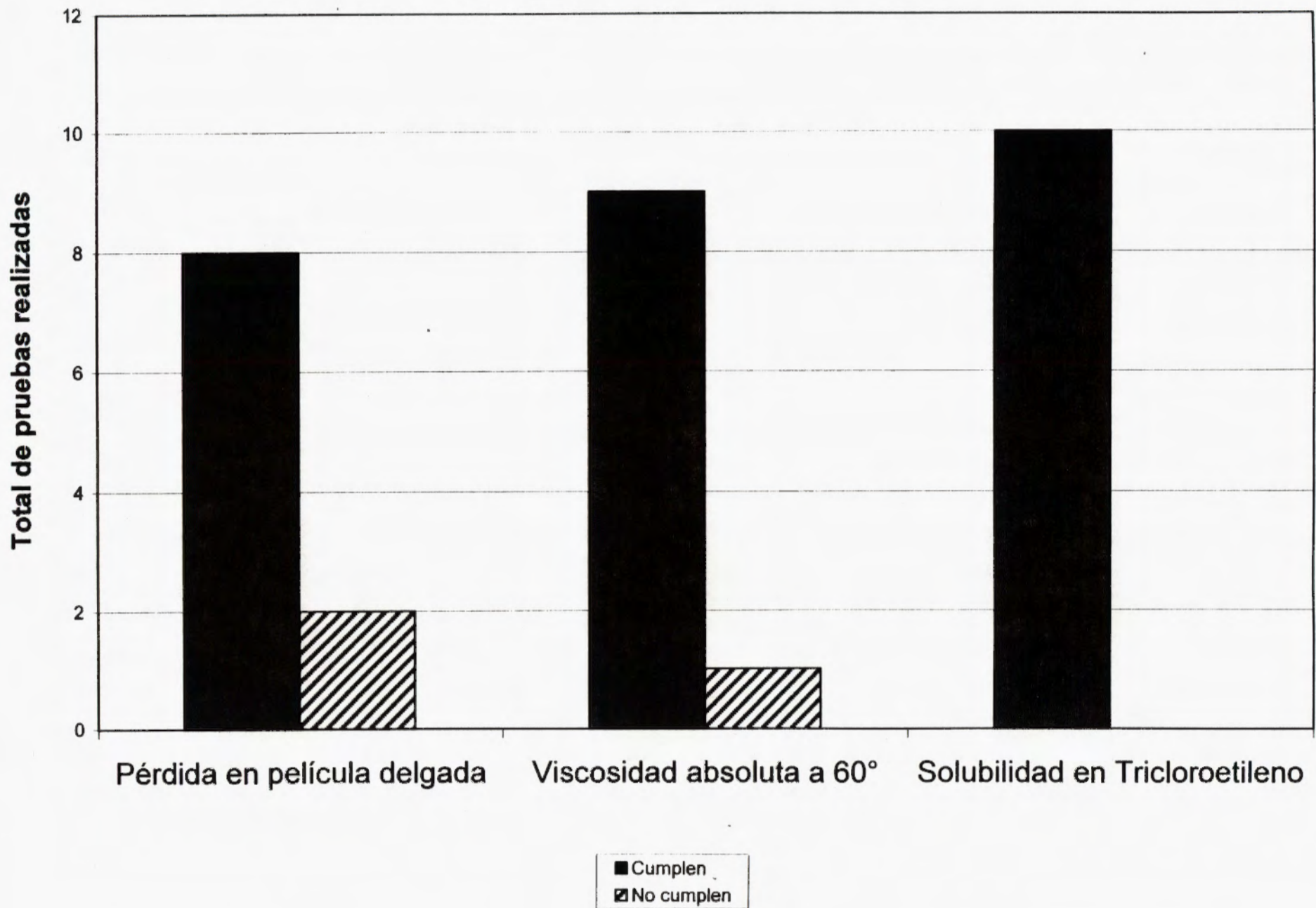


Figura N° 3: Resultados del cumplimiento de especificaciones nacionales.
Muestras de Cemento Asfáltico

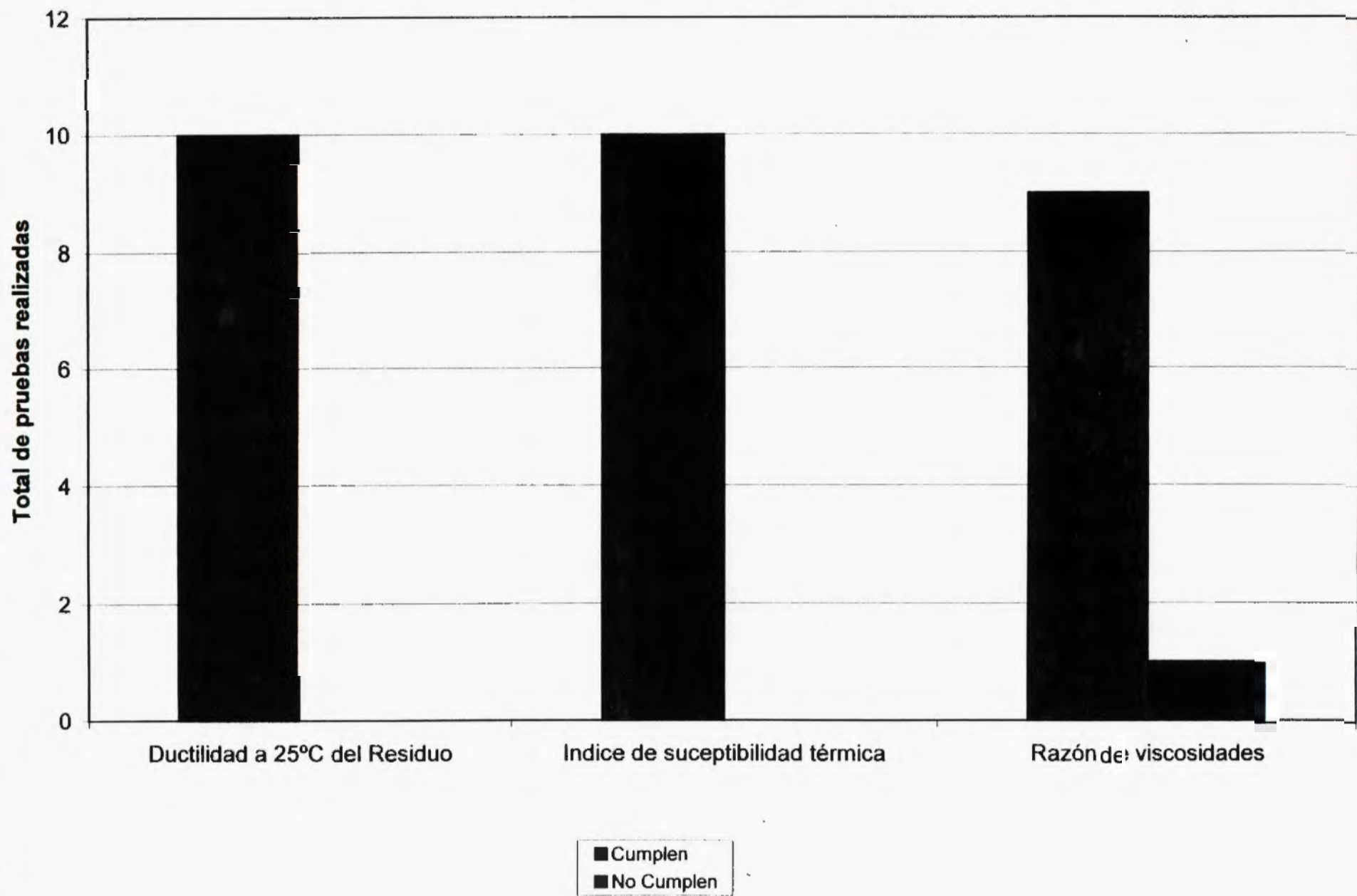


Figura N° 4: Resultados del cumplimiento de especificaciones nacionales
Muestras de Cemento Asfáltico

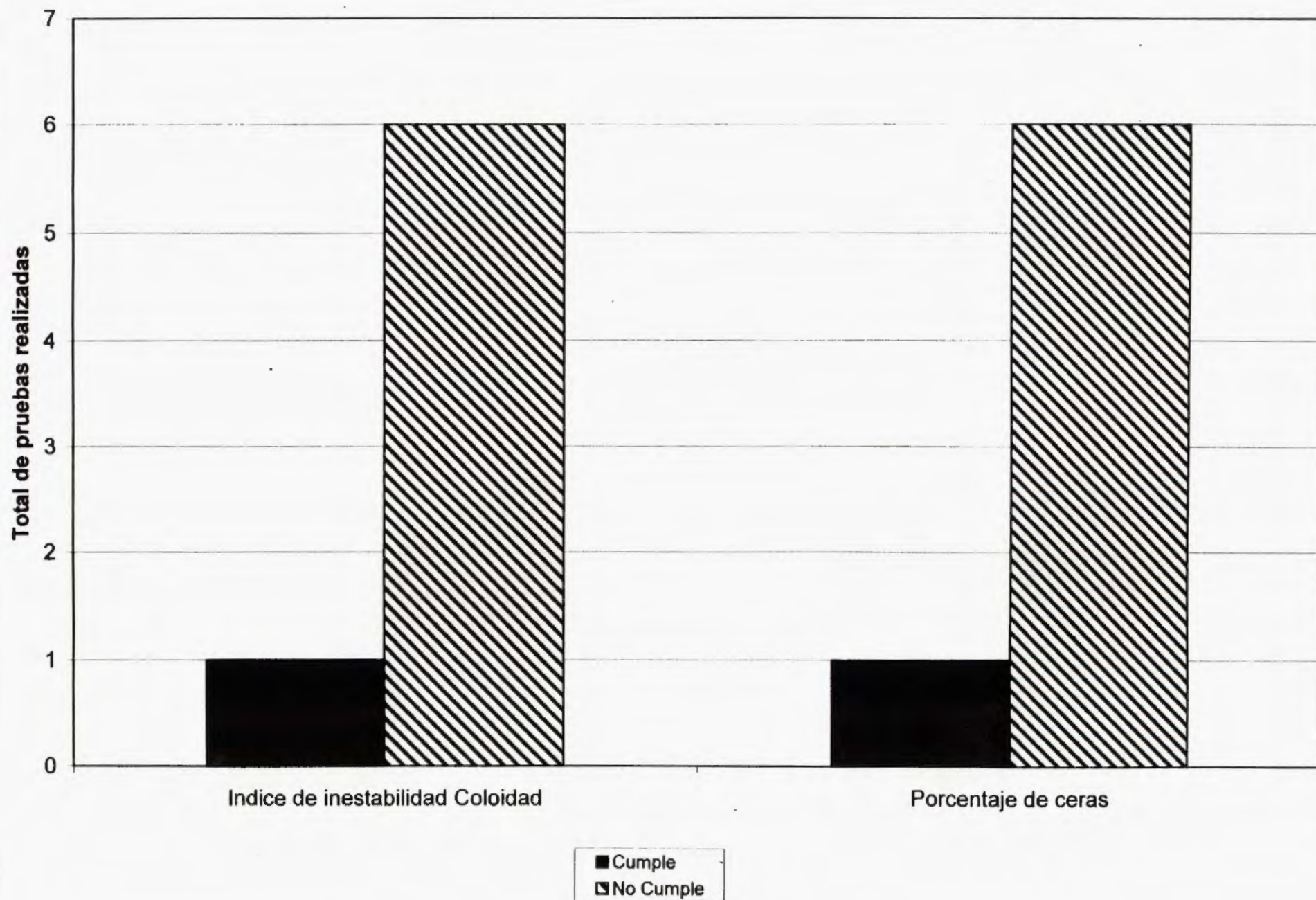


Tabla Resumen N° 4: Ensayos de emulsión asfáltica tipo CRS-1h

ENSAYO	ESPECS AASHTO lím inferior	ESPECS AASHTO lím Superior	TOTAL DE PRUEBAS REALIZADAS	CUMPLEN CON LA NORMA	NO CUMPLEN CON LA NORMA	% DE CUMPLIMIENTO AASHTO
VISCOSIDAD SAYBOT FUROL A 50°C	20	100	8	5	3	62,50
ESTABILIDAD ALMACENAMIENTO 24 horas	-	1,0	8	2	6	25,00
PRUEBA DE LA MALLA N° 20	-	0,1	8	8	0	100,00
ASFALTO RESIDUAL	60	-	8	8	0	100,00
PENETRACION A 25°C DE RESIDUO	40	90	8	8	0	100,00
DUCTILIDAD A 25°C DEL RESIDUO	40	-	8	8	0	100,00
SOLUBILIDAD DEL RESIDUO	97,5	-	8	8	0	100,00

**Figura N° 5: Resultados del cumplimiento de especificaciones AASHTO.
Muestras de Emulsión Asfáltica CRS-1h**

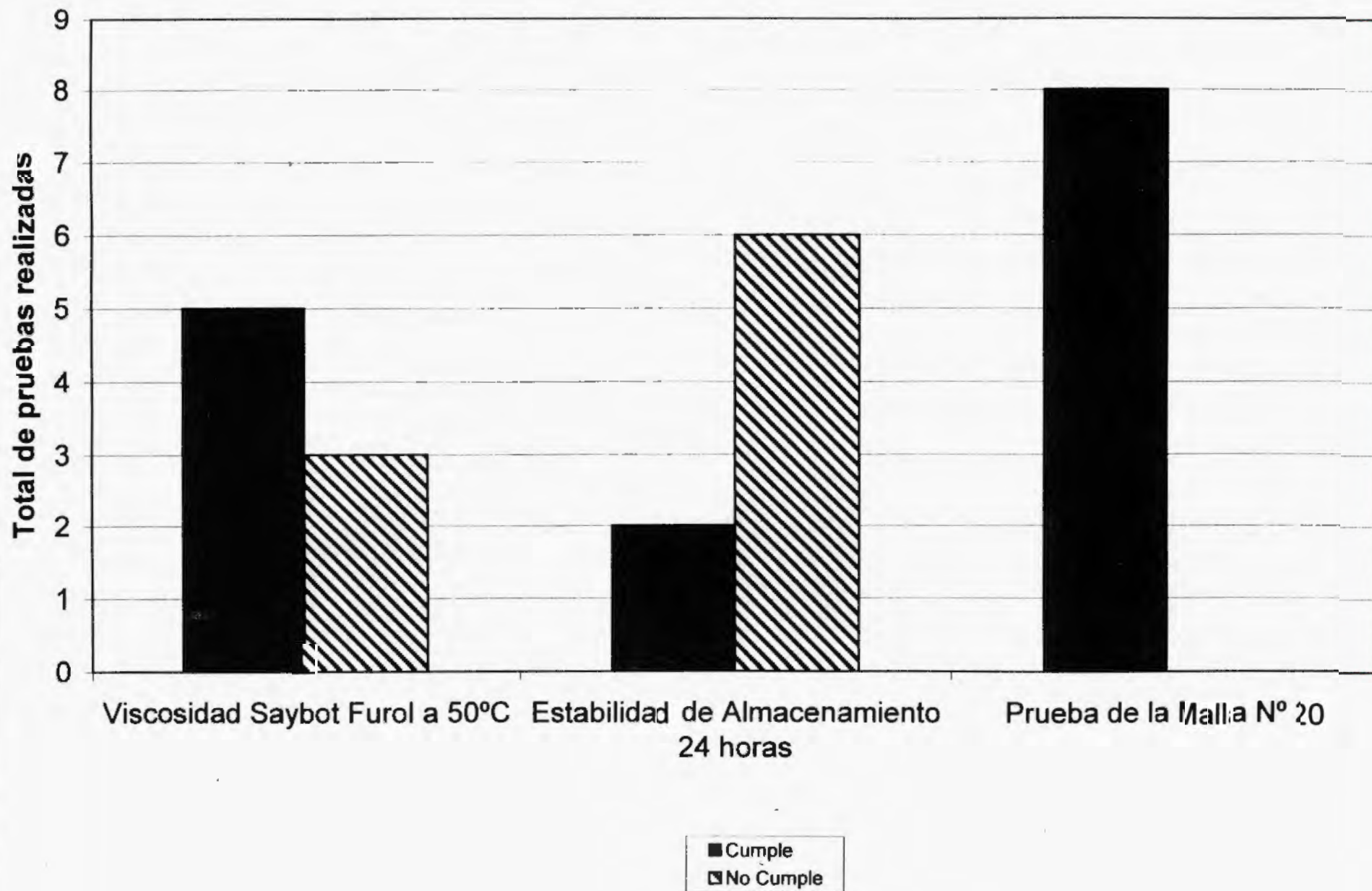
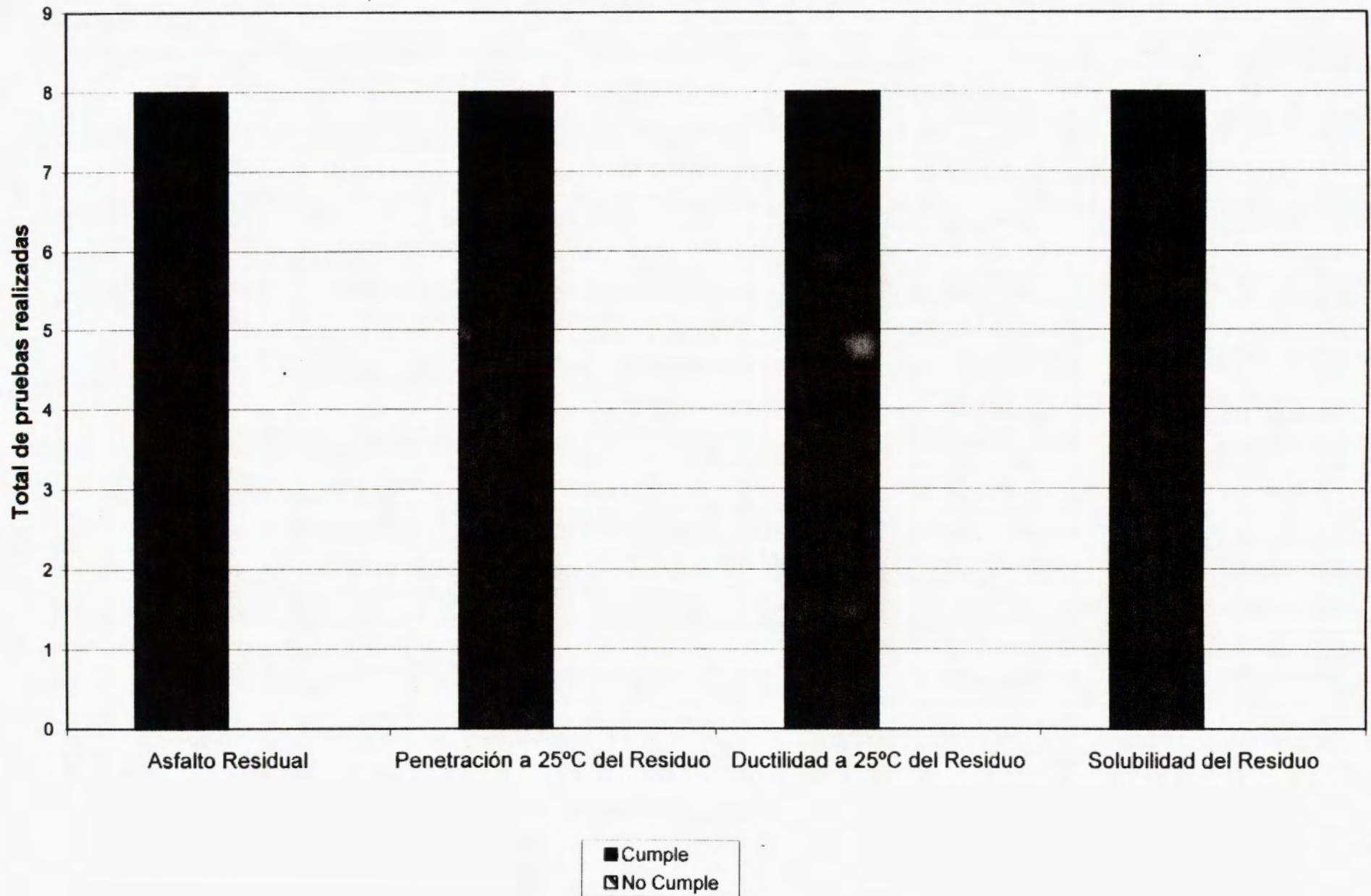


Figura N° 6: Resultados del cumplimiento de especificaciones AASHTO
Muestras de Emulsión Asfáltica CRS-1h



Se presentan los porcentajes de cumplimiento indicados en cada uno de los siguientes parámetros:

- Viscosidad Saybolt Furol a 50°C. Nivel de cumplimiento del 62,5 %
- Estabilidad al almacenamiento a las 24 horas. Nivel de cumplimiento del 25 %

3-3. Cumplimiento de especificaciones para las emulsiones asfálticas CRS-1 muestreadas.

El cumplimiento de especificaciones para emulsión asfáltica CRS-1 se presenta en la Tabla No. 5. Adicionalmente los resultados se presentan esquemáticamente en las Figuras No. 7 y 8.

Se presenta un cumplimiento del 100 % en los siguientes parámetros:

- Viscosidad Saybolt Furol a 50°C
- Estabilidad al almacenamiento a 24 horas
- Prueba de la malla No. 20
- Porcentaje de asfalto residual
- Ductilidad a 25°C del asfalto residual
- Solubilidad en tricloroetileno del asfalto residual

Se presentan los porcentajes de cumplimiento indicados en cada uno de los siguientes parámetros:

- Penetración a 25°C del asfalto residual. Nivel de cumplimiento del 50 %

Nota: se aclara que sólo se han analizado dos muestras de emulsión asfáltica tipo CRS-1.

Tabla Resumen N° 5 : Ensayos de emulsión asfáltica tipo CRS-1

ENSAYO	ESPESES ASPHTO lím. Inferior	ESPESES ASPHTO lím. Superior	TOTAL DE PRUEBAS REALIZADAS	CUMPLEN CON LA NORMA	NO CUMPLEN CON LA NORMA	% DE CUMPLIMIENTO ASPHTO
VISCOSIDAD SAYBÖT FUROL A 50°C	20	100	2	2	0	100,00
ESTABILIDAD ALMACÉNAMIENTO 24 horas	-	1,0	2	2	0	100,00
PRUEBA DE LA MALLA N° 20	-	0,1	2	2	0	100,00
ASFALTO RESIDUAL	60	-	2	2	0	100,00
PENETRACION A 25°C DE RESIDUO	100	250	2	1	1	50,00
DUCTILIDAD A 25°C DEL RESIDUO	40	-	2	2	0	100,00
SOLUBILIDAD DE RESIDUO	97,5	-	2	2	0	100,00

Figura N° 7 : Resultados del cumplimiento de especificaciones AASHTO.
Muestras de Emulsión Asfáltica CRS-1

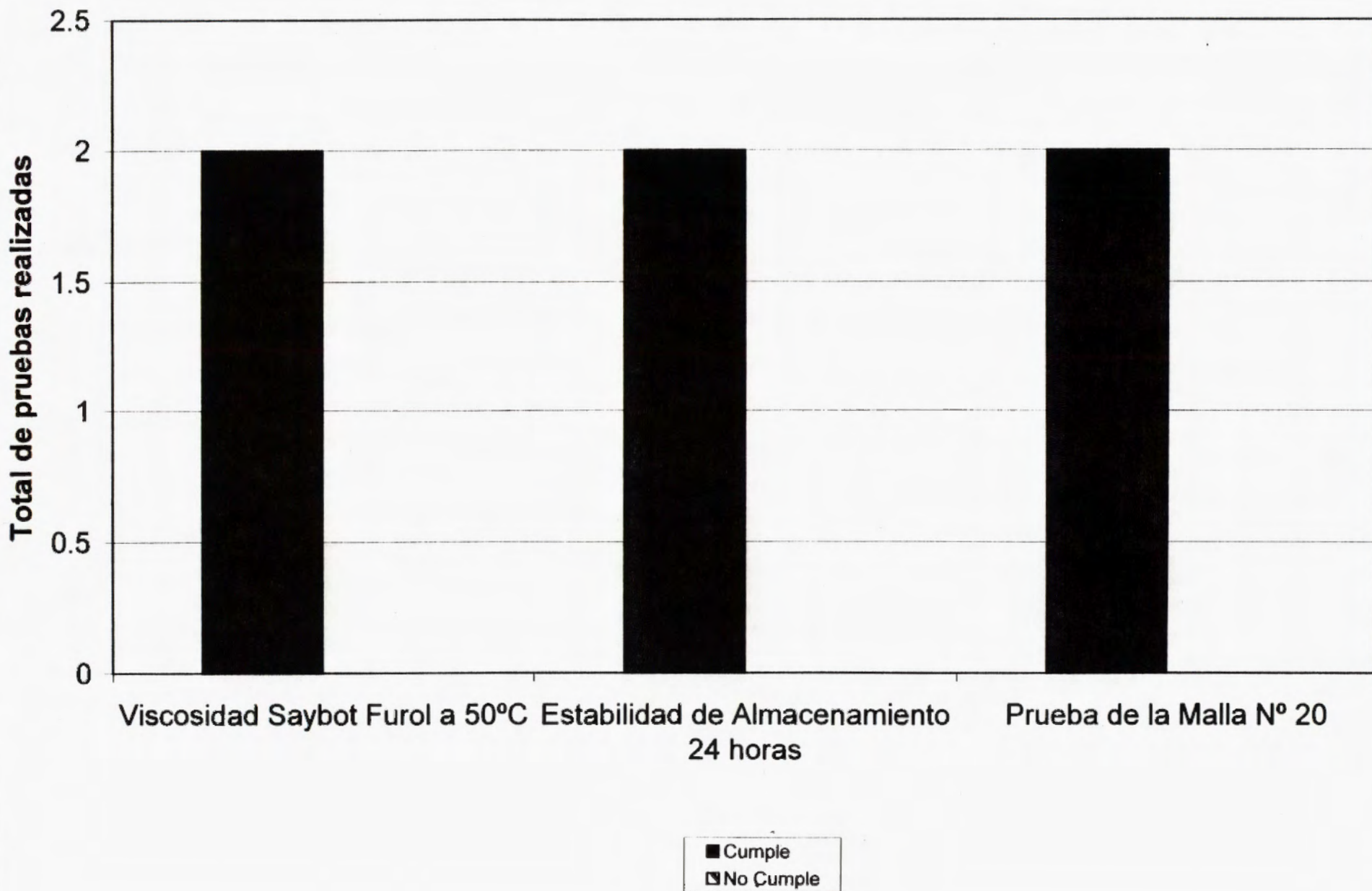
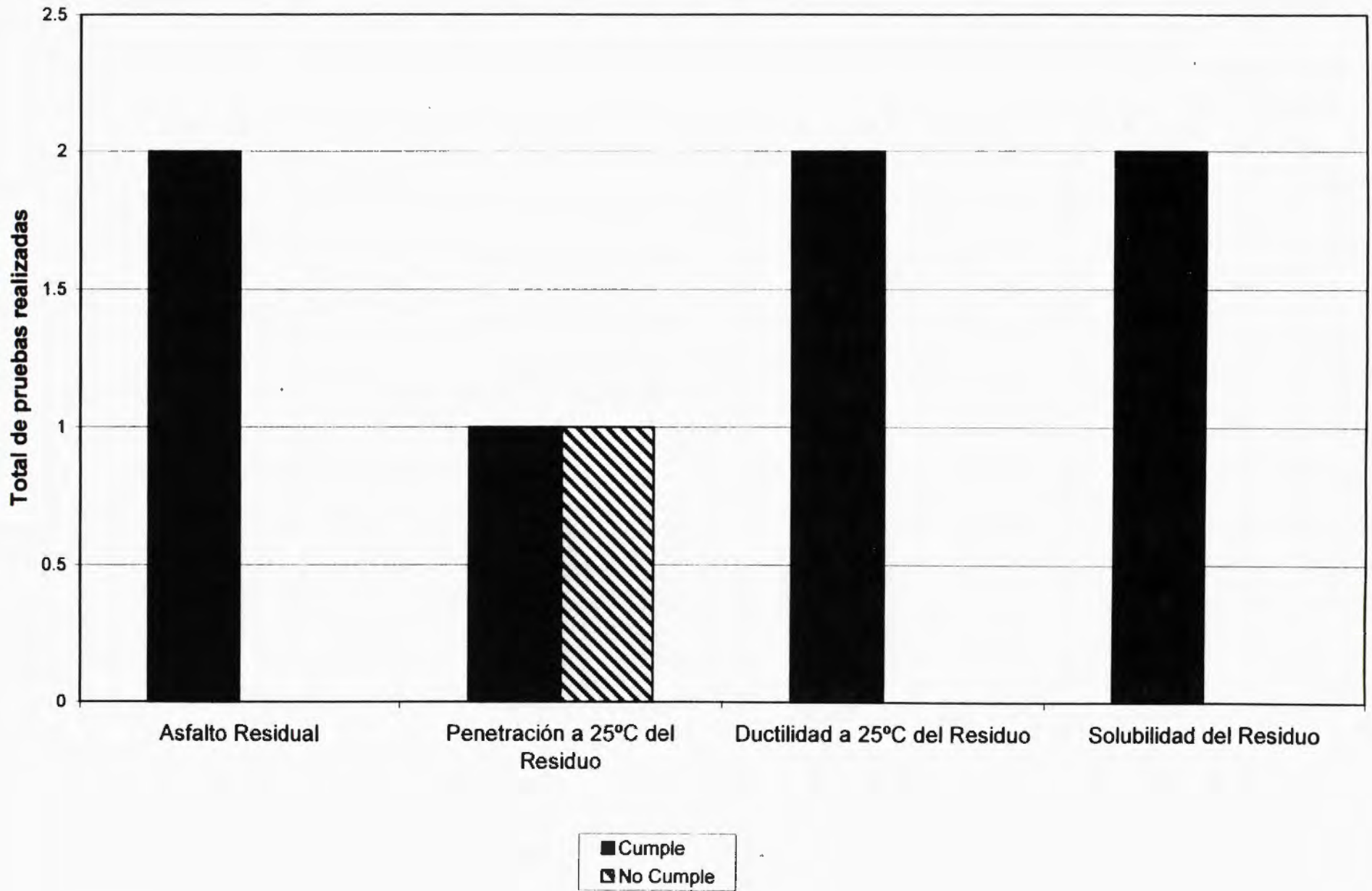


Figura N° 8 : Resultados del cumplimiento de especificaciones AASHTO
Muestras de Emulsión Asfáltica CRS-1



IV - Comparación de dispersión por prueba en el material bituminoso muestreado en 1998 y el material bituminoso muestreado en 1997.

Con el propósito de evaluar la uniformidad por parámetro de calidad evaluado, tanto para ligantes asfálticos como para emulsiones asfálticas, se han elaborado tablas comparativas con la siguiente información:

- Promedio y desviación estándar por parámetro de calidad para la cantidad total de muestras de material bituminoso tomadas durante 1998. En este caso se consideran 10 muestras de cemento asfáltico y 8 muestras de emulsión tipo CRS-1h.
- Promedio y desviación estándar por parámetro de calidad para una cantidad de muestras de material bituminoso tomadas durante 1997. En este caso se consideran las primeras 10 muestras de cemento asfáltico y las primeras 8 muestras de emulsión tipo CRS-1h, tomadas durante la Auditoría de Calidad de 1997.
- Promedio y desviación estándar por parámetro de calidad para la cantidad total de muestras de material bituminoso tomadas durante 1997.

Nota: las muestras de emulsión asfáltica tipo CRS-1 no se incluyen en el análisis pues representan una cantidad poco significativa (dos muestreos).

La uniformidad es una característica de alto interés en la aplicación práctica de los materiales bituminosos en la construcción de pavimentos asfálticos.

4-1. Dispersión por prueba de cemento asfáltico.

Respecto a la comparación de los resultados correspondientes a las primeras muestras de cemento asfáltico tomadas durante 1997 con las primeras muestras de cemento asfáltico tomadas durante 1998, debe hacerse la aclaración de que se trata de dos materiales de diferente clasificación (80 – 100 y AC-20 respectivamente). Sin embargo, desde el punto de vista de análisis de uniformidad es posible comparar dispersiones propias de cada tipo de cemento asfáltico, dadas las múltiples ventajas de ofrecer un producto que no sólo sea satisfactorio, sino que presente poca variabilidad.

Así, se comparan las desviaciones estándar registradas durante 1997 con las correspondientes a 1998.

Los resultados de la comparación de parámetros estadísticos para los ligantes muestreados durante 1997 (80 – 100) y durante 1998 (AC-20) se presentan en la Tabla No. 6.

Tabla No. 6: Análisis estadístico para cementos asfálticos

Ensayo	Muestras de 1997				Muestras de 1998			
	Primeras 10 muestras		total de año		Primeras 10 muestras		total de año	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
PUNTO DE INFLAMACION	273,4	3,4	274,1	3,5	320,8	26,0	-	-
PENETRACIÓN a 25 °C	90,6	4,3	90,9	4,3	75,8	9,5	-	-
VISCOSIDAD CINEMATICA a 135 °C	380,4	43,2	369,1	36,5	433,3	36,6	-	-
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C	1879	207	1879	202	2254	202	-	-
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	99,94	0,05	99,90	0,14	99,95	0,05	-	-
PERDIDA EN PELICULA DELGADA (D 1754)	0,66	0,07	0,68	0,13	0,34	0,21	-	-
DUCTILIDAD A 25 °C DEL RESIDUO	(*)	-	(*)	-	(*)	-	-	-
INDICE DE SUCEPTIBILIDAD TERMICA (VTS)	-	-	-	-	3,53	0,08	-	-
RAZON DE VISCOSIDADES	2,38	0,50	2,23	0,42	2,21	0,53	-	-

(*) : Mayor a 100cm en todos los casos

Los siguientes parámetros presentaron una menor desviación estándar a esta altura de la Auditoría de Calidad para cementos asfálticos durante 1997:

- Punto de inflamación
- Penetración a 25°C
- Pérdida en película delgada
- Razón de viscosidades

Los siguientes parámetros presentaron una menor desviación estándar en el muestreo realizado para 1998:

- Viscosidad cinemática a 135°C
- Viscosidad absoluta a 60°C

Nota: conforme se incremente la cantidad de muestras tomadas se podrán definir parámetros de variabilidad característicos para los cementos asfálticos distribuidos por RECOPE.

4-2. Dispersión por prueba de emulsión CRS-1h.

Los resultados agregados para las 8 muestras de emulsión asfáltica CRS-1h tomadas durante 1998 son comparables con los correspondientes a las 8 primeras muestras de emulsión asfáltica CRS-1h tomados durante 1997. Se trata del mismo tipo de emulsión asfáltica.

Debe considerarse, sin embargo, que ha habido un cambio en el tipo de asfalto residual. Se utilizó 80 – 100 durante 1997 y se ha venido utilizando AC-20 durante 1998.

Los resultados de comparación de parámetros estadísticos para las muestras de emulsión asfáltica CRS-1h se presentan en la Tabla No. 7.

Con respecto al cambio en las propiedades de la emulsión asfáltica correspondiente a 1998 respecto a la emulsión asfáltica de 1997 puede establecerse:

- Reducción en la viscosidad Saybolt Furol para 1998. El promedio pasa de 42,4 s F para las primeras 8 muestras de 1997 a 27,2 para las primeras 8 muestras de 1998.
- El porcentaje de diferencia de concentración de asfalto residual en la prueba de estabilidad a las 24 horas se incrementa para 1998. El promedio pasa de 0,28 para 1997 (primeras 8 muestras) a 2,57 para 1998 (primeras 8 muestras).
- El porcentaje por peso de emulsión asfáltica retenida en la malla No. 20 se incrementa para 1998. El promedio pasa de 0,04 para 1997 a 0,14 para 1998.
- La penetración a 25°C del asfalto residual se incrementa para 1998. El promedio pasa de 72 en 1997 a 77 en 1998.

Tabla No. 7: Análisis estadístico para emulsiones CRS-1h

Ensayo	Muestras de 1997				Muestras de 1998			
	Primeras 8 muestras		total de año		Primeras 8 muestras		total de año	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
VISCOSIDAD SAYBOT FUROL A 50°C	42,4	23,3	33,0	17,1	27,2	18,1	-	-
ESTABILIDAD ALMACENAMIENTO 24 horas	0,28	0,29	0,26	0,23	2,57	2,15	-	-
PRUEBA DE LA MALLA N° 20	0,04	0,06	0,03	0,04	0,14	0,35	-	-
ASFALTO RESIDUAL	64,6	0,8	64,8	0,6	64,8	1,2	-	-
PENETRACION A 25°C DE RESIDUO	72,2	15,4	79,8	11,8	77,1	7,4	-	-
DUCTILIDAD A 25°C DEL RESIDUO	(*)	-	(*)	-	(*)	-	-	-
SOLUBILIDAD DEL RESIDUO	99,94	0,02	99,85	0,21	99,89	0,10	-	-

(*): Mayor a 100 cm en todos los casos

- El porcentaje de asfalto residual y la solubilidad en tricloroetileno para las muestras de emulsión tomadas durante 1998 se mantienen aproximadamente iguales a los correspondientes valores para 1997.

Respecto a la dispersión por parámetro, la desviación estándar se presentó menor para 1997 en los siguientes casos:

- Estabilidad al almacenamiento a las 24 horas
- Prueba de la malla No. 20
- Porcentaje de asfalto residual
- Solubilidad en tricloroetileno del asfalto residual

Los siguientes parámetros corresponden a una menor desviación estándar durante 1998:

- Viscosidad Saybolt Furol a 50°C
- Penetración a 25°C del asfalto residual

Nota: debe considerarse que cada resultado de laboratorio tiene una variabilidad asociada, pues usualmente corresponden a los promedios de dos o tres diferentes determinaciones, para la misma muestra. En el análisis estadístico realizado se incluyeron únicamente los promedios para cada muestra.

V - GRAFICOS DE SEGUIMIENTO HISTORICO.

Los gráficos de seguimiento histórico por parámetro de calidad se presentan en los siguientes apartados:

- Los correspondientes a cemento asfáltico se presentan en el Anexo I.
- Los correspondientes a emulsión asfáltica CRS-1h se presentan en el Anexo II.
- Los correspondientes a emulsión asfáltica CRS-1 se presentan en el Anexo III.

Nota: los anexos mencionados incluyen, adicionalmente, el detalle de los resultados por parámetro para la totalidad de muestras analizadas.

A partir de la evaluación de los gráficos de seguimiento histórico no se puede establecer la definición de algún patrón o tendencia a desviarse de los rangos por parámetro establecidos por la normativa vigente. Se nota cierta dispersión que ya ha sido cuantificada y analizada en la Sección IV.

VI - CONCLUSIONES

Las muestras de cemento asfáltico AC-20 analizadas al 10 de agosto de 1998, dentro del contexto de la Segunda Etapa de la Auditoría de Calidad a los Materiales Bituminosos distribuidos por RECOPE, presentan un nivel de cumplimiento del 100 % para los parámetros punto de inflamación, penetración a 25°C, viscosidad cinemática a 135°C, solubilidad en tricloroetileno, ductilidad a 25°C, índice de susceptibilidad térmica (VTS), índice de inestabilidad coloidal (una prueba realizada) y porcentaje de ceras (una prueba realizada).

Las muestras de cemento asfáltico AC-20 han experimentado incumplimientos ocasionales en viscosidad absoluta a 60°C, pérdida de masa por calentamiento y razón de viscosidades. Esto al comparar con los requisitos establecidos por la normativa nacional.

Debe resaltarse que, a pesar de que las muestras de cemento asfáltico han presentado variabilidad en cuanto a su origen, el nivel de dispersión (variabilidad) de los resultados no es mucho mayor que el correspondiente al muestreo equivalente durante 1998. Únicamente se denotan los casos de punto de inflamación, penetración a 25°C y pérdida de masa por calentamiento, que presentan una dispersión considerablemente mayor durante 1997. En el caso de la viscosidad cinemática a 135°C y la viscosidad absoluta a 60°C, se nota un menor grado de dispersión durante 1998.

Las muestras de emulsión asfáltica tipo CRS-1h analizadas al 2 de julio de 1998, dentro del contexto de la Segunda Etapa de la Auditoría de Calidad a los Materiales Bituminosos distribuidos por RECOPE, presentan un nivel de cumplimiento del 100 % para los parámetros prueba de la malla No. 20, porcentaje de asfalto residual, penetración a 25°C del asfalto residual, ductilidad a 25°C del asfalto residual y solubilidad en tricloroetileno del asfalto residual.

Las muestras de emulsión asfáltica CRS-1h han presentado incumplimientos en viscosidad Saybolt Furol a 50°C y estabilidad al almacenamiento a las 24 horas. Esto al contrastar los resultados contra los rangos especificados por la normativa AASHTO, en carencia de una norma nacional.

En lo referente a dispersión de los resultados para las muestras de emulsión tipo CRS-1h, se aprecia una variabilidad significativamente mayor para los datos correspondientes al muestreo de 1998, en la estabilidad al almacenamiento a las 24 horas, la prueba de la malla No. 20 y la solubilidad en tricloroetileno del asfalto residual. Se denota una reducción en la variabilidad para las pruebas de viscosidad Saybolt Furol a 50°C y la penetración a 25°C del asfalto residual.

Las muestras de emulsión asfáltica tipo CRS-1 analizadas al 19 de febrero de 1998 (dos en total), dentro del contexto de la Segunda Etapa de la Auditoría de Calidad a los Materiales Bituminosos distribuidos por RECOPE, presentan un nivel de cumplimiento del 100 % para los parámetros de viscosidad Saybolt Furol a 25°C, estabilidad al almacenamiento a las 24 horas, prueba de la malla No. 20, porcentaje de asfalto residual, ductilidad a 25°C del asfalto residual y solubilidad en tricloroetileno del asfalto residual.

VII - RECOMENDACIONES

Se recomienda la modificación de la orden de compra, para incorporar la prueba de cromatografía en columna, a partir de la cual se establece el porcentaje de ceras y el índice de inestabilidad coloidal. Los cuales deben ser evaluados, de acuerdo con la normativa vigente.

Es recomendable el seguimiento histórico de la variabilidad por parámetro tanto para los ligantes asfálticos como para las emulsiones asfálticas, y la consideración de solicitar uniformidad a los proveedores. Debe considerarse que en la actualidad existen mecanismos de modificación de los cementos asfálticos con el propósito de adaptarlos a las condiciones climáticas y de carga particulares de una gran variedad de proyectos; para ese fin, se debe, sin embargo, garantizar la uniformidad del cemento asfáltico, de manera que no se compromete el funcionamiento adecuado de los agentes modificadores.

Debe tomarse en cuenta la implementación de metodologías de análisis reológico de cementos asfálticos, de acuerdo con la metodología SUPERPAVE, desarrollada por el Programa Estratégico de Investigación en Carreteras de Estados Unidos (SHRP). Así, se requiere:

- Caracterización climática de Costa Rica, estableciendo regiones de condiciones climáticas uniformes.
- Análisis de las condiciones de magnitud de carga y velocidad de carga por proyecto de construcción o rehabilitación de pavimentos.
- Análisis por grado de desempeño de ligantes asfálticos, de acuerdo con la caracterización reológica del cemento asfáltico, tanto en condición original, como bajo diferentes condiciones de envejecimiento.
- Análisis de las propiedades de las mezclas asfálticas ante las situaciones particulares de desempeño: deformación permanente, agrietamiento por fatiga y agrietamiento por cambios volumétricos.
- Desarrollo de metodologías de modificación de ligantes asfálticos, a partir de la inclusión de agentes modificantes, como plásticos, polímeros y caucho.

ANEXO I

**Resultados de muestras de ligante asfáltico AC-20 y
gráficos de seguimiento histórico.**

Tabla Resumen A-1: Ensayos de cemento asfáltico del tipo AC-20

PUNTO DE INFLAMACION	T 48	min. 232	min. 230	298 ± 2	298 ± 2	331,0 ± 2,0	339,0 ± 2,0	°C
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	T 53	-	-	44,0 ± 0,1	43,1 ± 0,1	43,0 ± 3,0	43,5 ± 0,4	°C
PENETRACIÓN a 15 °C	T 49	-	-	39 ± 2,0	32,0 ± 1	29,0 ± 0,2	29,2 ± 0,5	(1/10 mm)
PENETRACIÓN a 25 °C	T 49	min 60	min 60	89,3 ± 0,6	83,0 ± 1,0	70,4 ± 0,5	65,0 ± 1,0	(1/10 mm)
PENETRACIÓN a 35 °C	T 49	-	-	240,0 ± 1,0	240,0 ± 2,0	240,0 ± 2,0	238,0 ± 3,0	(1/10 mm)
VISCOSIDAD CINEMATICA a 120 °C	T 201	-	-	883,0 ± 5,0	865,0 ± 5,0	853,0 ± 1,0	830,0 ± 20,0	cSt
VISCOSIDAD CINEMATICA a 135 °C	T 201	min 300	min 300	392,0 ± 3,0	384,0 ± 7,0	406,9 ± 30,0	469,7 ± 0,1	cSt
VISCOSIDAD CINEMATICA a 145 °C	T 201	-	-	257,0 ± 6,0	245,0 ± 4,0	290,0 ± 0,8	289,0 ± 2,0	cSt
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C	T 202	1600-2400	1600-2400	2270 ± 40	2320 ± 70	2100 ± 200	2200 ± 100	Poise
DUCTILIDAD a 25 °C	T 51	-	-	> 100	> 100	> 100	> 100	cm
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	T 44	min. 99	min. 99	100,0 ± 0,4	99,97 ± 0,20	100,0 ± 0,2	99,85 ± 0,01	%
GRAVEDAD ESPECIFICA 25/25 °C	T 228	-	-	1,020 ± 0,001	1,016 ± 0,001	1,026 ± 0,001	1,023 ± 0,001	-
PERDIDA EN PÉLICULA DELGADA (D 1754)	T 179	max. 0,5	max. 0,5	0,5300 ± 0,0001	0,45 ± 0,01	0,1525 ± 0,0006	0,0820 ± 0,008	%
PENETRACION a 25 °C al RESIDUO	T 49	-	-	55,7 ± ,09	44,8 ± 0,3	57,0 ± 3,0	46,7 ± 0,6	(1/10 mm)
DUCTILIDAD A 25 °C DEL RESIDUO	T 51	min.50	min.50	> 100	> 100	> 100	> 100	cm
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C RESIDUO	T 202	max.8000	-	6830 ± 30	4980 ± 50	3698 ± 200	4260 ± 80	Poise
INDICE DE PENETRACION (GRAFICAMENTE)	No hay	-	-	-0,8	-0,8	-0,8	-0,6	-
INDICE DE SUCEPTIBILIDAD TERMICA (VTS)	No hay	-	3,30-3,90	3,61	3,64	3,55	3,45	-
RAZON DE VISCOSIDADES	No hay	-	MAX.3,0	3	2,15	1,76	1,94	-
INDICE DE INESTABILIDAD COLOIDAL		MAX.0,6	MAX.0,6	ND	0,4	N.D.	N.D.	-
PORCENTAJE DE CERAS	(2)	MAX. 3,0	MAX. 3,0	ND	1,60	N.D.	N.D.	%
TEMPERATURA DE MÉZCLADO				143-146	144-146	144-147	146-149	°C
TEMPERATURA DE COMPACTACION				138-140	138-140	138-141	140-143	°C

Notas: (1) Se presentan los promedios y desviaciones estándar por prueba realizada. En los casos donde se realizó una sola determinación se indican solo los valores medidos.

(2) Procedimiento según Trejos Rodríguez, Tatiana. Propiedades químicas del asfalto. Adaptación de normas ASTM D4124.

Tabla Resumen A-2: Ensayos de cemento asfáltico del tipo AC-20

	VISTA	ESPECIFICACIONES / VISTAS	Normativa Nacional	15 JUL 1999 MUESTRA 30A Fecha de muestreo: 7/6/99	RESULTADOS MUESTRA 31A Fecha de muestreo: 9/10/99	UNIDAD
PUNTO DE INFLAMACION	T 48	min. 232	min. 230	341,0 ± 1,0	N.D. (4)	°C
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	T 53	-	-	43,0 ± 0,8	42,9 ± 0,1	°C
PENETRACIÓN a 15 °C	T 49	-	-	40,6 ± 0,5	28,0 ± 1,0	(1/10 mm)
PENETRACIÓN a 25 °C	T 49	min 60	min 60	74,5 ± 0,7	74,0 ± 5,0	(1/10 mm)
PENETRACIÓN a 35 °C	T 49	-	-	186,0 ± 8,0	200,4 ± 0,9	(1/10 mm)
VISCOSIDAD CINEMATICA a 120 °C	T 201	-	-	1048,0 ± 9,0	980,0 ± 10,0	cSt
VISCOSIDAD CINEMATICA a 135 °C	T 201	min 300	min 300	390,0 ± 10,0	440,0 ± 40	cSt
VISCOSIDAD CINEMATICA a 145 °C	T 201	-	-	288,0 ± 5,0	257,5 ± 0,3	cSt
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C	T 202	1600-2400	1600-2400	2179 ± 45	1900 ± 20	Poise
DUCTILIDAD a 25 °C	T 51	-	-	> 100	> 100	cm.
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	T 44	min. 99	min. 99	99,96 ± 0,01	100,0 ± 0,2	%
GRAVEDAD ESPECIFICA 25/25 °C	T 228	-	-	1,025 ± 0,001	1,0266 ± 0,0003	-
PERDIDA EN PELICULA DELGADA (D 1754)	T 179	max. 0,5	max. 0,5	0,135 ± 0,005	0,378 ± 0,008	%
PENETRACION a 25 °C al RESIDUO	T 49	-	-	58,0 ± 3,0	50,0 ± 2,0	(1/10 mm)
DUCTILIDAD A 25 °C DEL RESIDUO	T 51	min.50	min.50	> 100	> 100	cm.
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C RESIDUO	T 202	max.8000	-	3954 ± 72	3890 ± 60	Poise
INDICE DE PENETRACION (GRAFICAMENTE)	No hay	-	-	-0,6	-0,8	-
INDICE DE SUCEPTIBILIDAD TERMICA (VTS)	No hay	-	3,30-3,90	3,6	3,44	-
RAZON DE VISCOSIDADES	No hay	-	MAX.3,0	1,81	2,05	-
INDICE DE INESTABILIDAD COLOIDAL		MAX.0,6	MAX.0,6	ND	N.D.	-
PORCENTAJE DE CERAS	(3)	MAX. 3,0	MAX. 3,0	ND	N.D	%
TEMPERATURA DE MEZCLADO				144-146	146-148	°C
TEMPERATURA DE COMPACTACION				138-140	139-142	°C

Notas: (1) Se presentan los promedios y desviaciones estándar por prueba realizada.

En los casos donde se realizó una sola determinación se indica solo los valores medidos.

(2) Procedimiento según Trejos Rodríguez, Tatiana. Determinación de las propiedades químicas del asfalto. Adaptación de normas ASTM D 4124.

(3) No se pudo determinar porque la muestra empezó a hacer efervescencia

Tabla Resumen A-3: Ensayos de cemento asfáltico del tipo AC-20

				RESULTADO MUESTRA 321 Fecha de muestra 21/07/99	RESULTADO MUESTRA 323 Fecha de muestra 14/07/99	RESULTADO MUESTRA 344 Fecha de muestra 21/07/99	RESULTADO MUESTRA 391 Fecha de muestra 15/07/99	UNIDAD
PUNTO DE INFLAMACION	T 48	min. 232	min. 230	342±2.0	342,0 ± 3,0	326,0 ± 1,0	270± 1.0	°C
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	T 53	-	-	46,2 ± 0,4	49,2 ± 0,1	46,0 ± 1,0	44,0 ± 0,2	°C
PENETRACIÓN a 15 °C	T 49	-	-	29,7 ± 0,6	35,0 ± 0,8	39,0 ± 0,7	38,0 ± 1,0	(1/10 mm)
PENETRACIÓN a 25 °C	T 49	min 60	min 60	63,0 ± 1,0	77,0 ± 1,0	71,0 ± 2,0	91,0 ± 2,0	(1/10 mm)
PENETRACIÓN a 35 °C	T 49	-	-	202,0 ± 8,0	206,0 ± 5,0	196,0 ± 3,0	220,0 ± 5,0	(1/10 mm)
VISCOSIDAD CINEMATICA a 120 °C	T 201	-	-	830,0 ± 10,0	1025,45 ± 2,61	1000,0 ± 11,0	1065,0 ± 6,0	cSt
VISCOSIDAD CINEMATICA a 135 °C	T 201	min 300	min 300	447,0 ± 2,0	457,6 ± 5,16	468,0 ± 2,0	478,0 ± 1,0	cSt
VISCOSIDAD CINEMATICA a 145 °C	T 201	-	-	269,0 ± 2,0	280,0 ± 2,0	280,0 ± 2,0	292,0 ± 1,0	cSt
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C	T 202	1600-2400	1600-2400	2350 ± 40	2380 ± 10	2670 ± 20,0	2170 ± 10,0	Poise
DUCTILIDAD a 25 °C	T 51	-	-	> 100	> 100	> 100	> 100	cm.
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	T 44	min. 99	min. 99	99,94 ± 0,01	99,93 ± 0,01	99,903 ± 0,003	99,968 ± 0,006	%
GRAVEDAD ESPECIFICA 25/25 °C	T 228	-	-	1,028 ± 0,001	1,028 ± 0,001	1,0283 ± 0,0050	1,028 ± 0,003	-
PERDIDA EN PELICULA DELGADA (D 1754)	T 179	max. 0,5	max. 0,5	0,090 ± 0,002	0,360 ± 0,020	0,16 ± 0,01	0,60 ± 0,04 (3)	%
PENETRACION a 25 °C al RESIDUO	T 49	-	-	46,0 ± 1,0	58,0 ± 2,0	49,5 ± 0,5	55,0 ± 1,0	(1/10 mm)
DUCTILIDAD A 25 °C DEL RESIDUO	T 51	min.50	min.50	> 100	> 100	> 100	> 100	cm.
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C RESIDUO	T 202	max.8000	-	4470 ± 20	4000 ± 100	7000 ± 100	6900 ± 100 (3)	Poise
INDICE DE PENETRACION (GRAFICAMENTE)	No hay	-	-	-0,6	-0,5	-0,6	-0,4	-
INDICE DE SUCEPTIBILIDAD TERMICA (VTS)	No hay	-	3,30-3,90	3,51	3,5	3,52	3,43	-
RAZON DE VISCOSIDADES	No hay	-	MAX.3,0	1,90	1,68	2,62	3,18	-
INDICE DE INESTABILIDAD COLOIDAL		MAX.0,6	MAX.0,6	ND	N.D	N.D.	N.D.	-
PORCENTAJE DE CERAS	(2)	MAX. 3,0	MAX. 3,0	ND	N.D	N.D.	N.D.	%
TEMPERATURA DE MEZCLADO				145-148	146-149	146-149	147-150	°C
TEMPERATURA DE COMPACTACION				139-142	140-142	140-142	141-143	°C

Notas: (1) Se presentan los promedios y desviación estándar por prueba realizada. En los casos donde se realizó una sola determinación se indican solo los valores medidos.

(2) Procedimiento según Trejos Rodríguez, Tatiana. Propiedades químicas del asfalto. Adaptación de normas ASTM D 4124.

(3) Prueba realizada por duplicado con similares resultados.

N.D. Resultado no disponible.

Figura No. A-1: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Proyecto de Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Viscosidad Absoluta a 60 C
Cemento Asfáltico

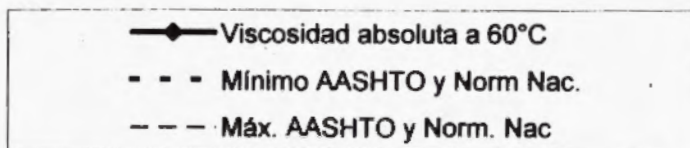
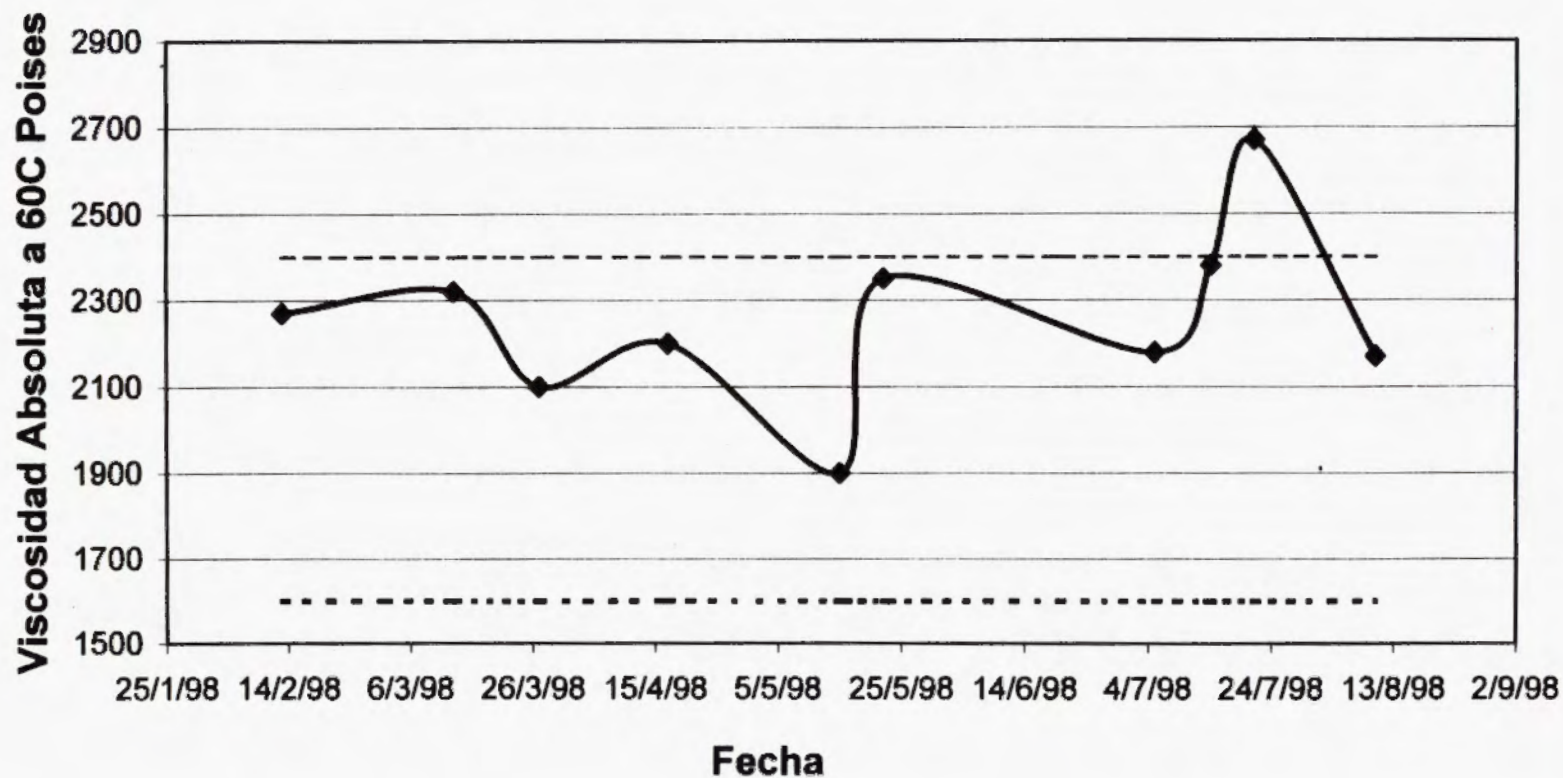


Figura No. A-2: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Proyecto de Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Solubilidad en Tricloroetileno
Cemento Asfáltico

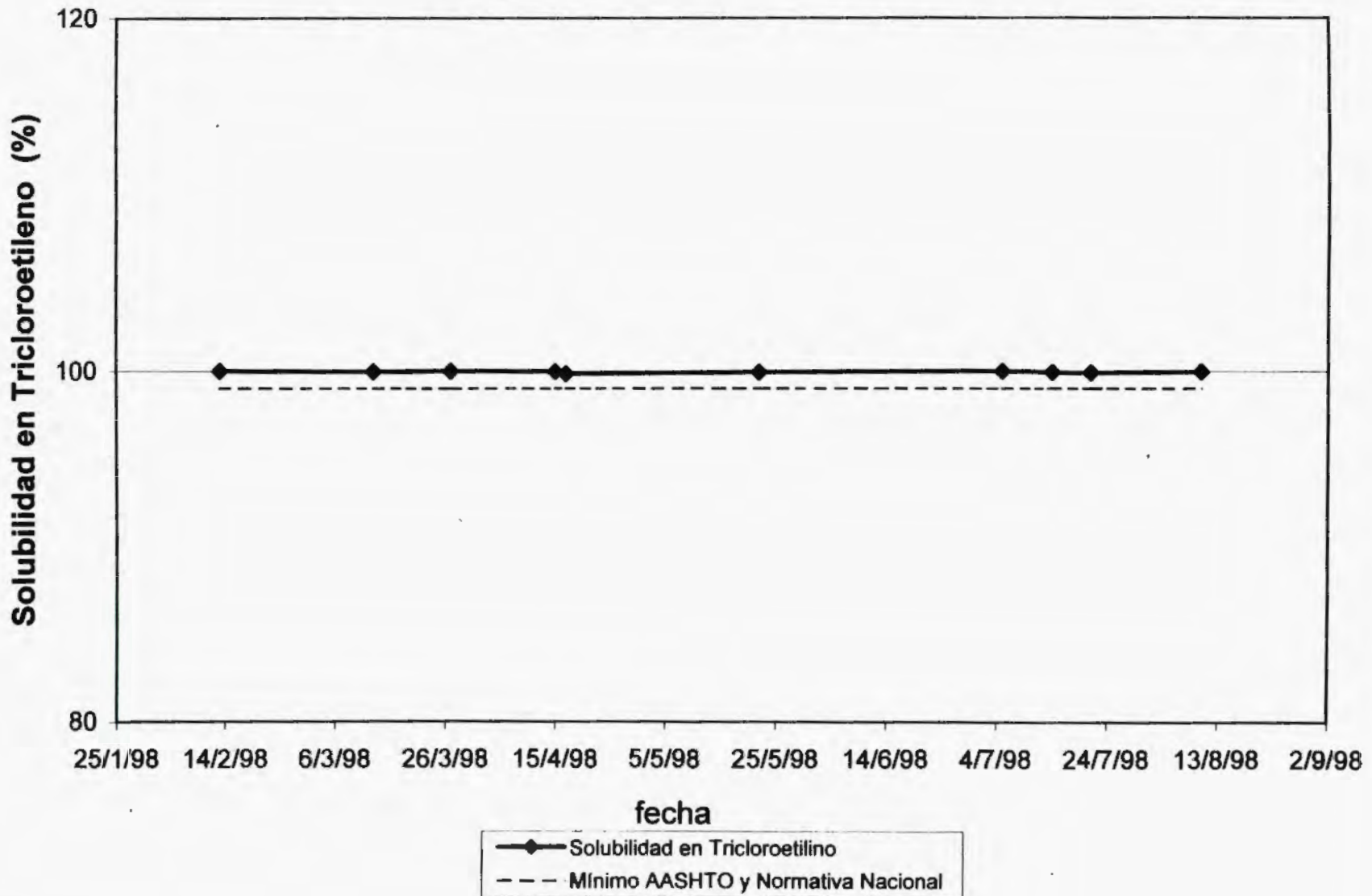


Figura No. A-3: Laboratorio Nacional de materiales y modelos

Estructurales

Proyecto Auditoría Externa a RECOPE

Comportamiento Histórico: Razón de Viscosidades

Cemento Asfáltico

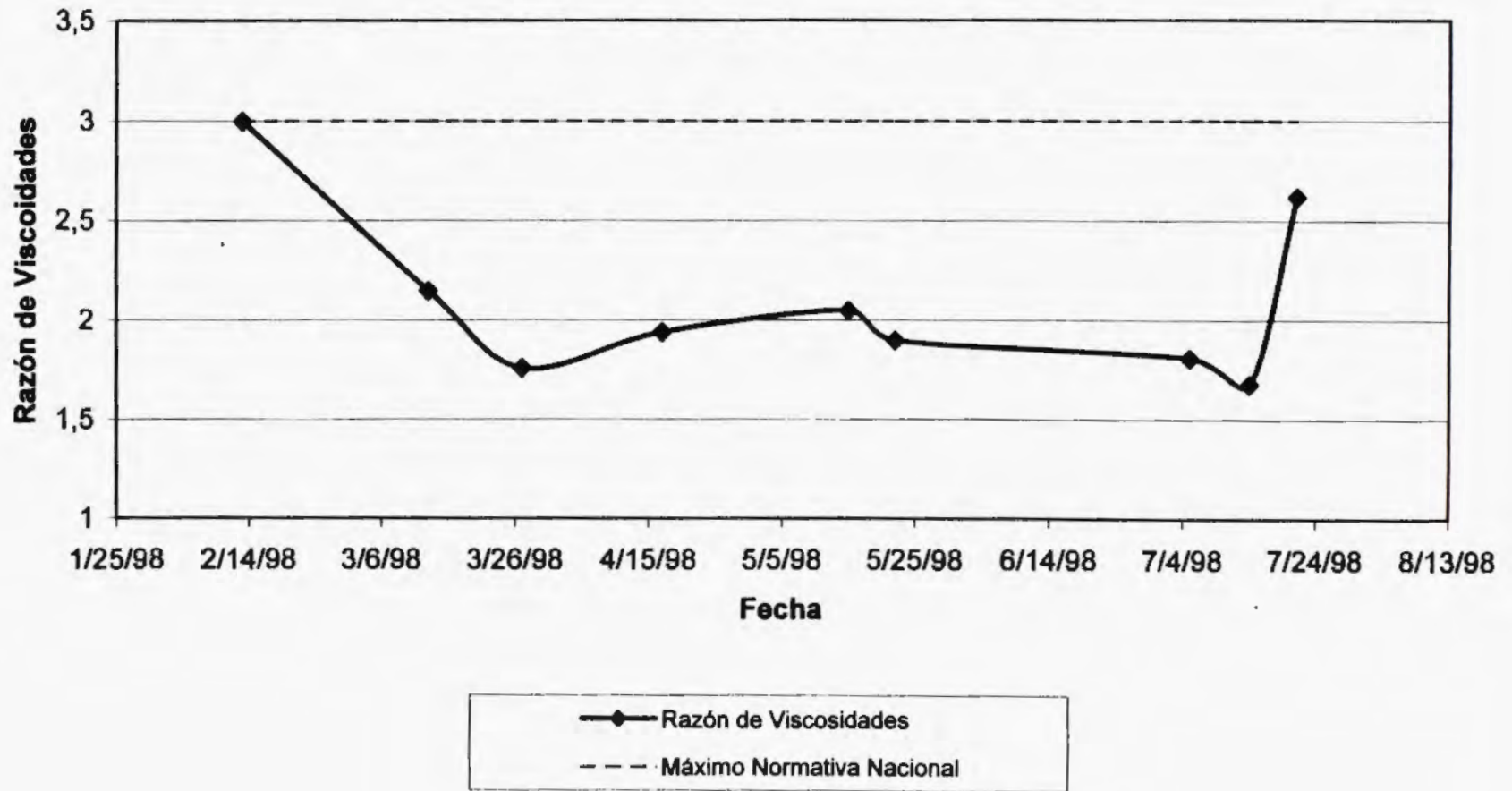
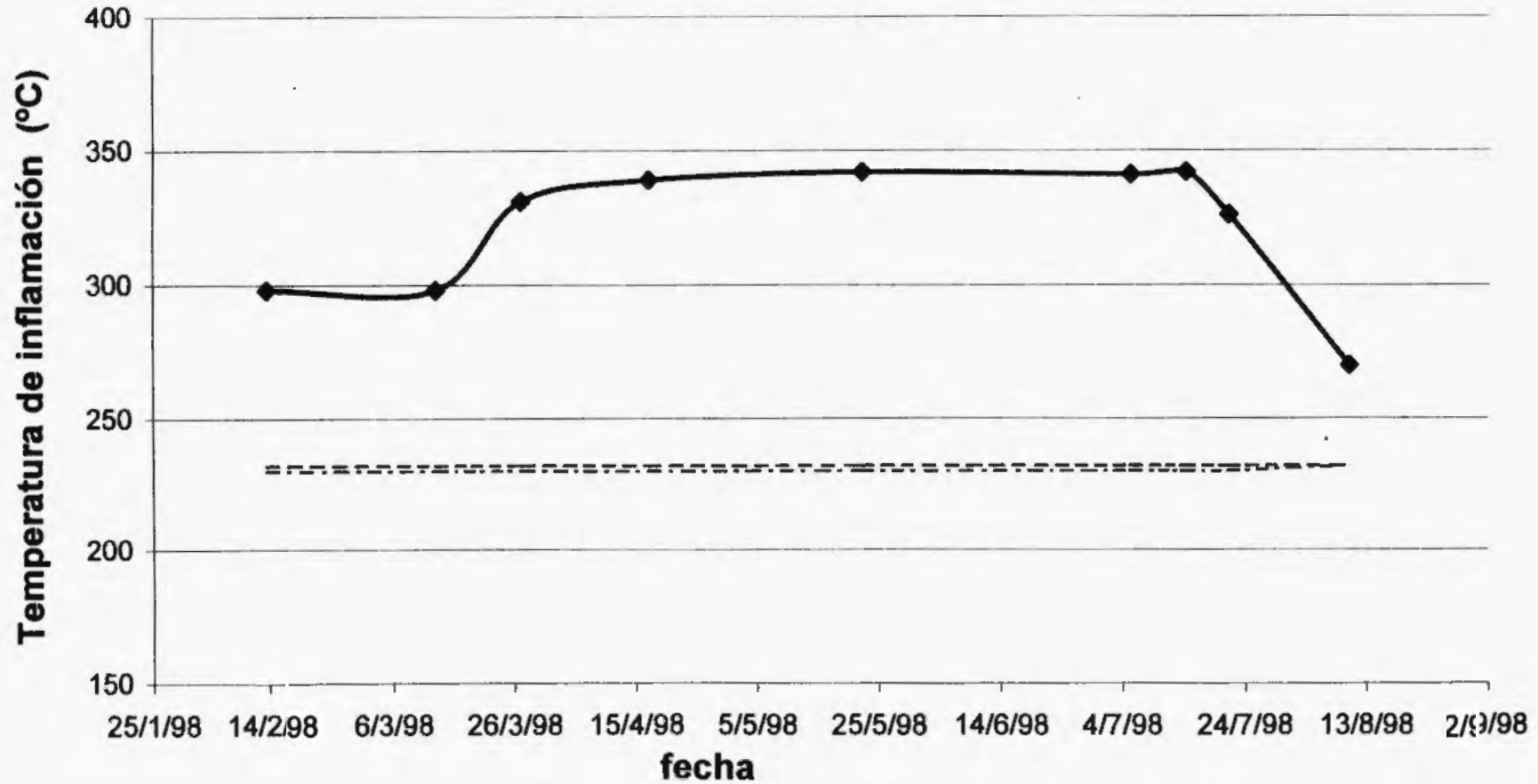


Figura No.A-4: Laboratorio Nacional de Materiales
Proyecto de Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Punto de inflamción.
Cemento Asfáltico



—◆— Punto de inflamación
 - - - Valor mínimo AASHTO
 - - - Valor mínimo Normativa Nacional

Figura No. A-5: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Pérdida en Película Delgada
Cemento Asfáltico

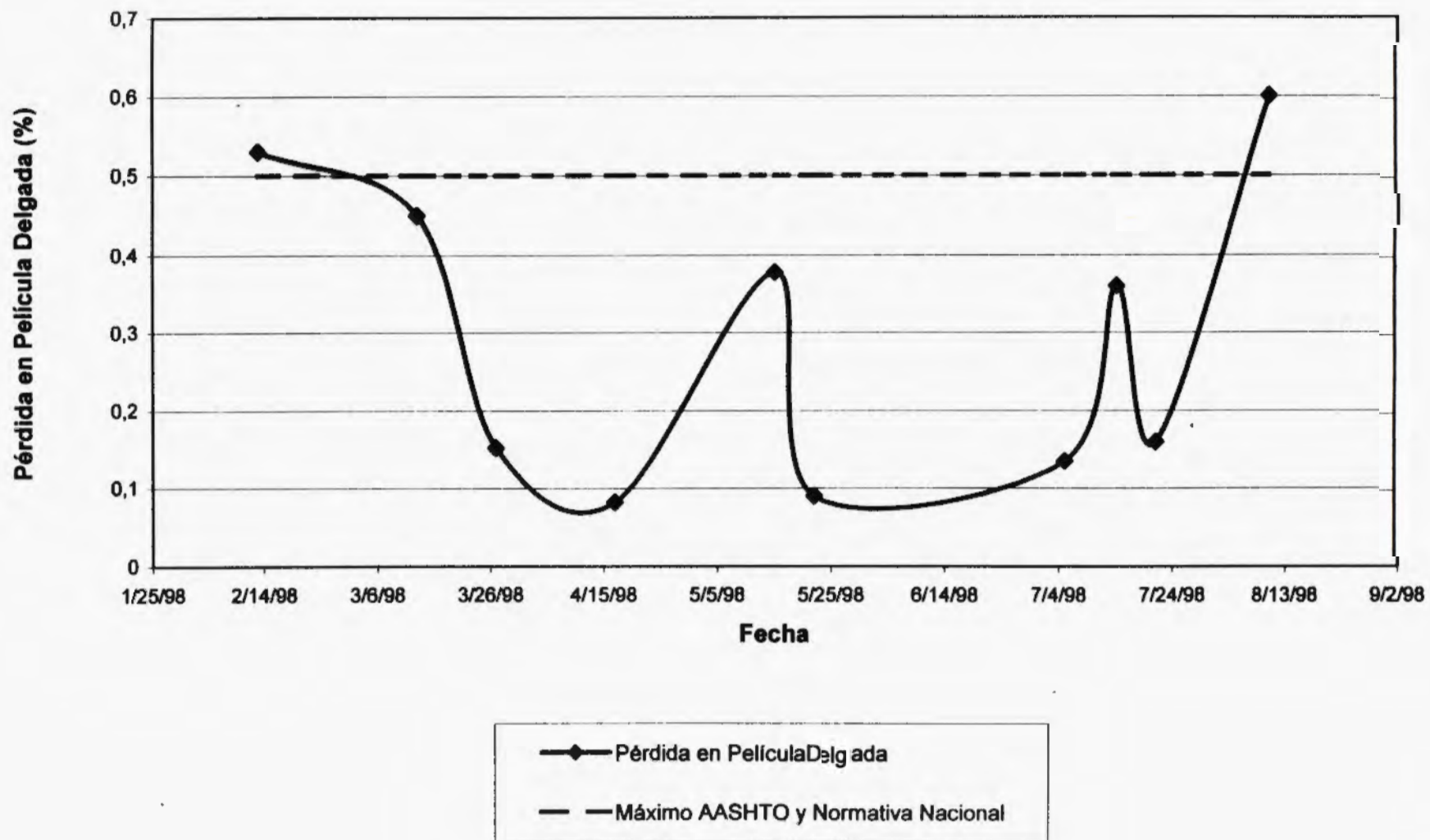


Figura No.A-6: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Proyecto de Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Penetración a 25 °C
Cemento Asfáltico

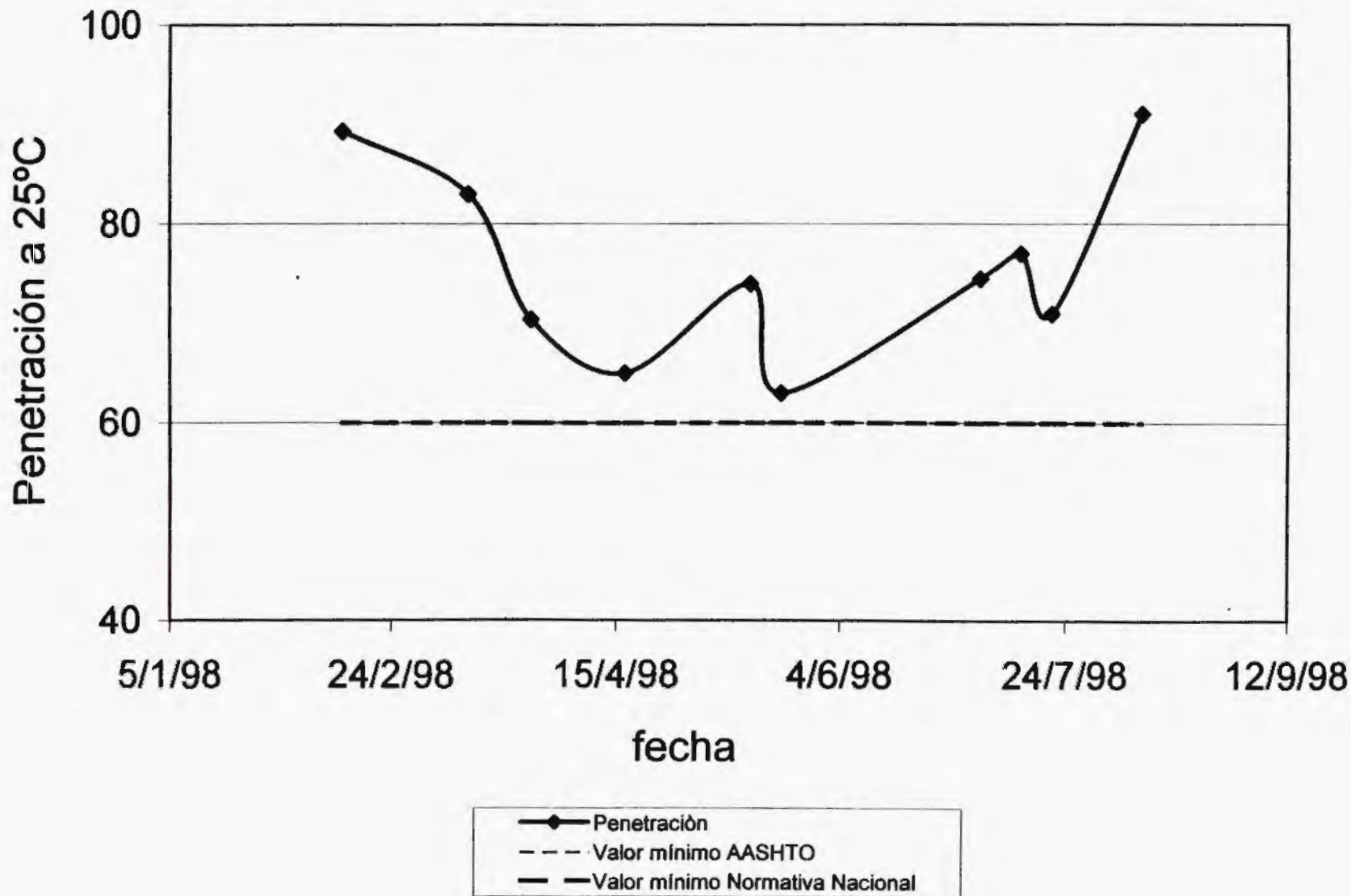


Figura No. A-7: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Índice de susceptibilidad Térmica (VTS)
Cemento Asfáltico

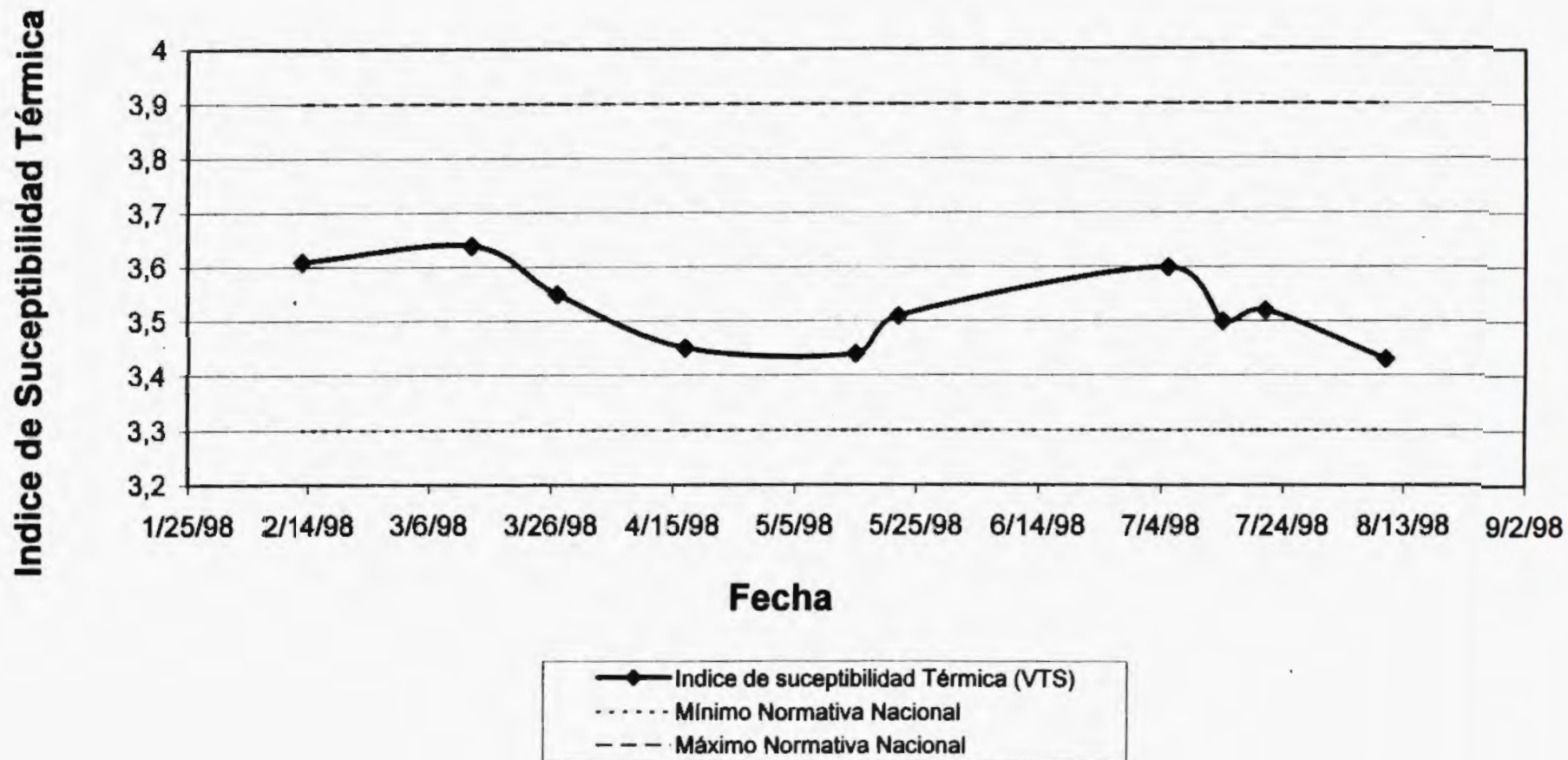


Figura No. A-8: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos
Estructurales
Proyecto de Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Viscosidad Cinemática a 135°C
Cemento Asfáltico

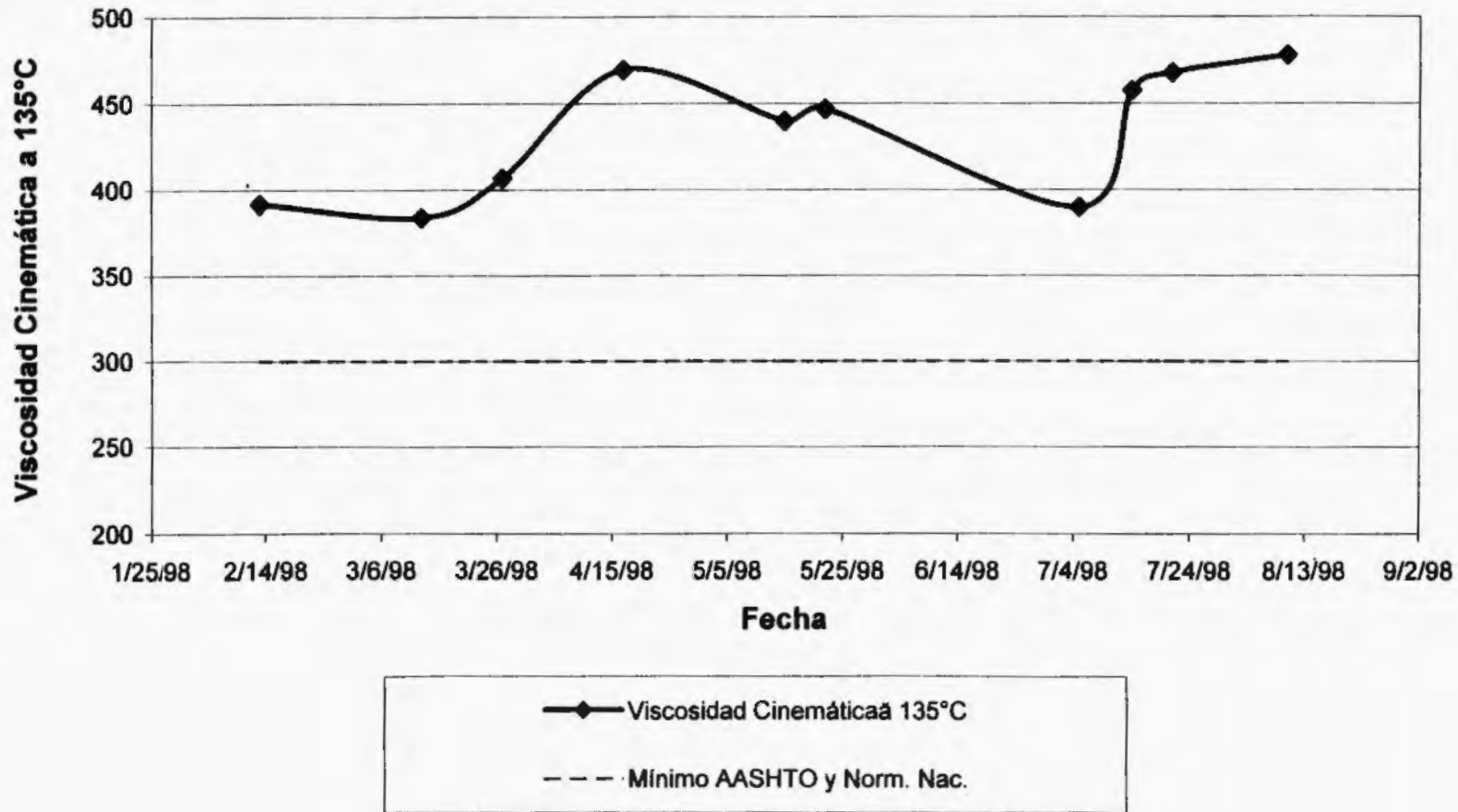


Figura No. A-9: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos
Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Temperatura de Mezclado
Cemento Asfáltico

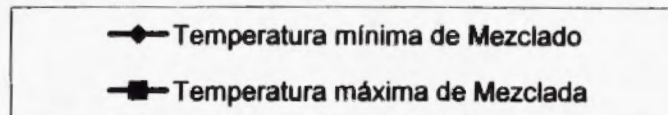
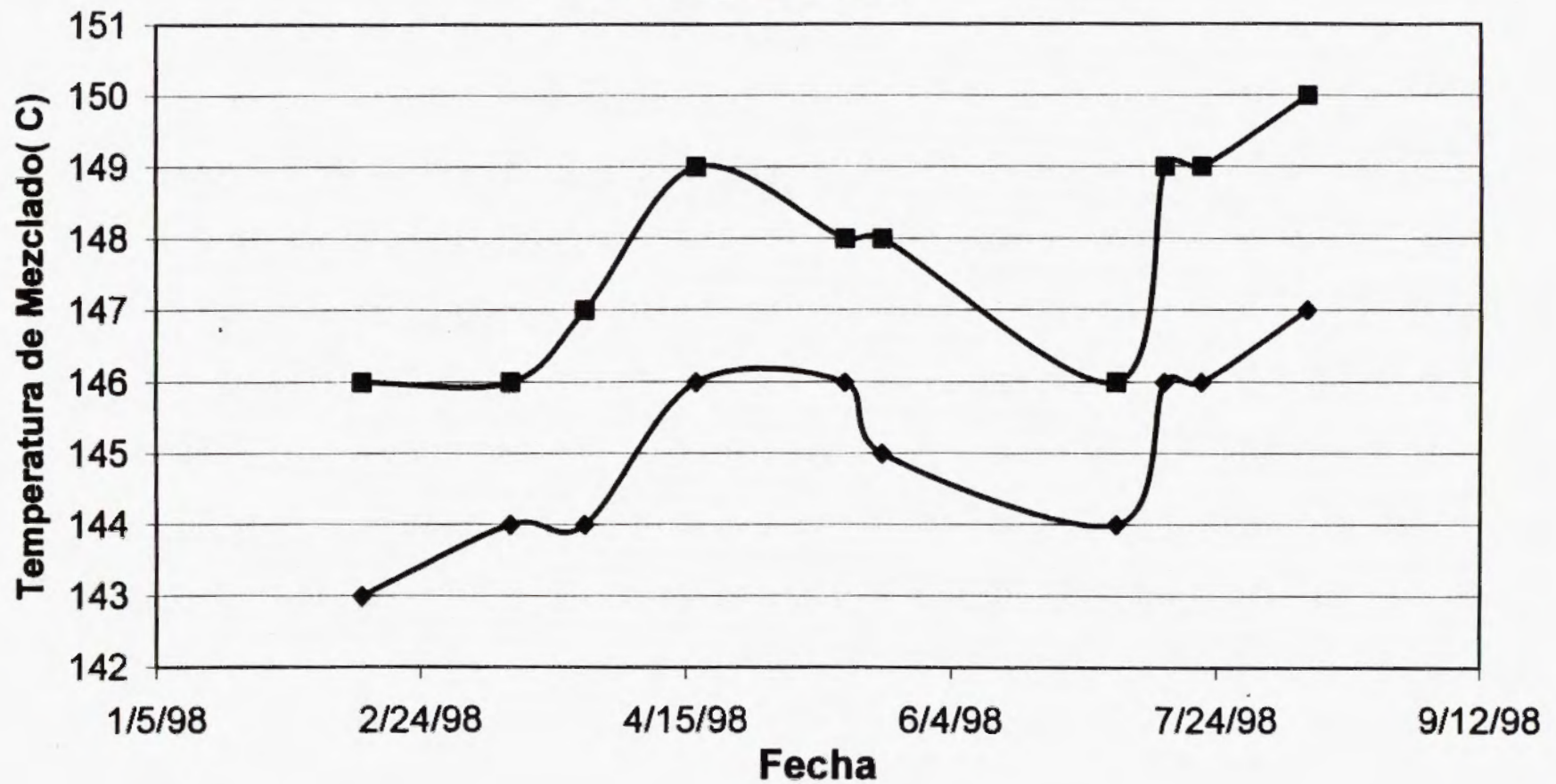
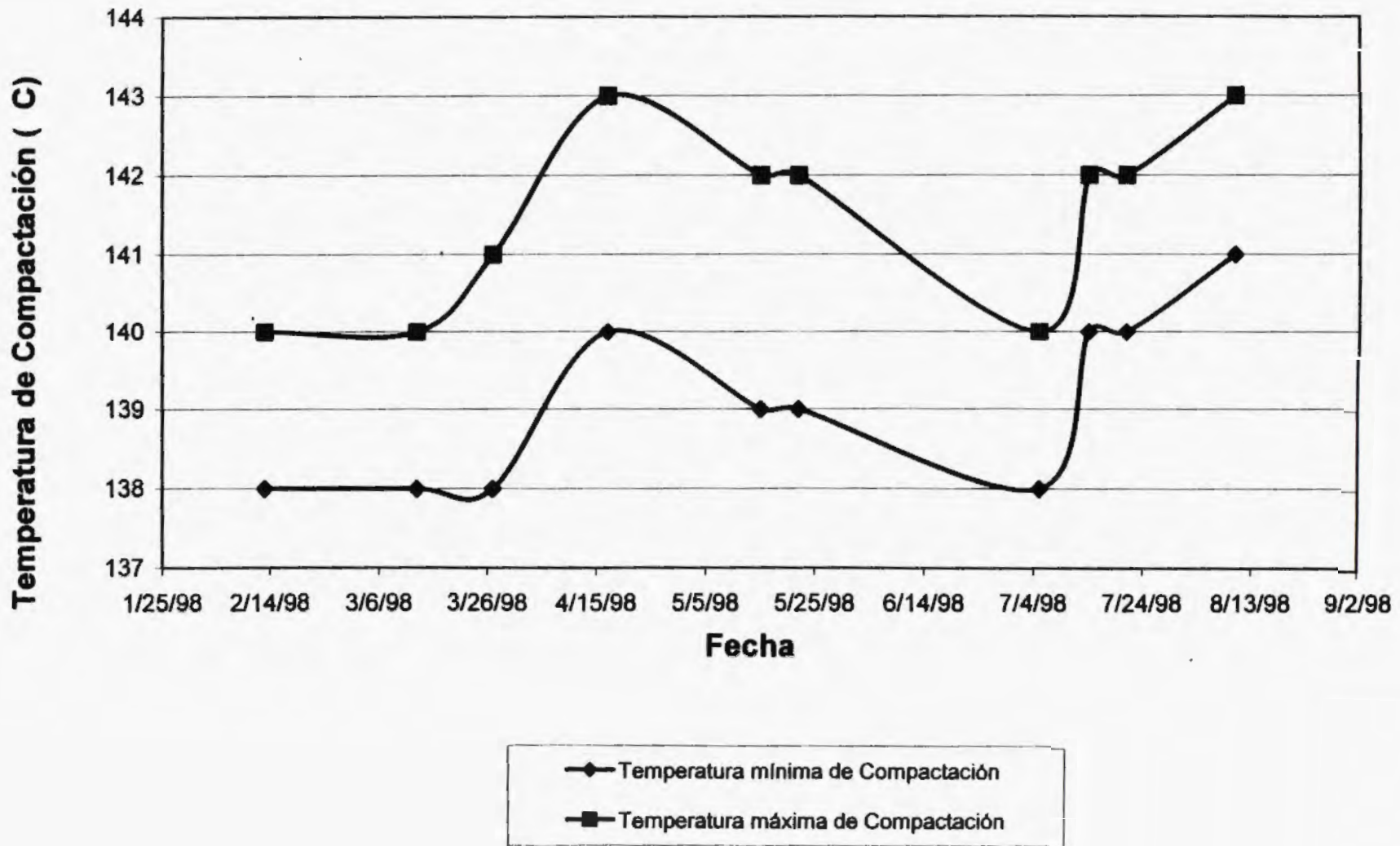


Figura No. A-10: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Temperatura de Compactación
Cemento Asfáltico



ANEXO II

**Resultados de muestras de emulsión asfáltica CRS-1h
y gráficos de seguimiento histórico.**

Tabla Resumen A-4 : Ensayos de emulsión asfáltica tipo CRS-1h

VISCOSIDAD SAYBOT FUROL A 50°C	T 72	20	100	24,5±2,0	20,4±0,4	19,7 ±0,4	18,7±0,4	sF
ESTABILIDAD ALMACENAMIENTO 24 horas	D 244 (1)	-	1,0	0,82±0,2	6,70±0,8	0,40±0,16	2,60±0,56 (3)	%
PRUEBA DE LA MALLA N° 20	D 244 (1)	-	0,10 (2)	0,008±0,004	0,0065±0,0007	0,011±0,001	0,011±0,001	%
PRUEBA DE RECUBRIMIENTO	D 244 (1)	-	-	NA	NA	NA	NA	-
ASFALTO RESIDUAL	T 59	60	-	65,0±0,4	65,0±1,0	66,2±0,4	64,4±0,4	%
PENETRACION A 25°C DE RESIDUO	T 49	40	90	86,7±0,6	74,0±2,0	68,0±4,0	77,0±2,0	(1/10mm)
DUCTILIDAD A 25°C DEL RESIDUO	T 51	40	-	>100	>100	>100	>100	cm
SOLUBILIDAD DEL RESIDUO	T 44	97,5	-	100,0±0,1	100,0±0,1	99,75±0,10	99,9569±0,0061	%

Notas:

(1) Se presentan los promedios y desviaciones estándar por prueba realizada. En los casos donde se realizó una sola determinación se indican solo los valores medidos.

(2) Procedimiento ASTM, por ausencia de la norma AASHTO.

Tabla Resumen A-5 : Ensayos de emulsión asfáltica tipo CRS-1h

VISCOSIDAD SAYBOT FUROL A 50°C	T 72	20	100	18,66 ±0,01	21,8±0,5	18,5±0,4	68,0±2,0	sF
ESTABILIDAD ALMACENAMIENTO 24 horas	D 244 (2)	-	1,0	4,01±0,78	1,09±1,0	3,70±0,50	1,20±0,20	%
PRUEBA DE LA MALLA N° 20	D 244 (2)	-	0,1	0,04±0,01	0,03±0,02	0,01	0,01	%
PRUEBA DE RECUBRIMIENTO	D 244 (2)	-	-	NA	NA	NA	NA	-
ASFALTO RESIDUAL	T 59	60	-	64,2±0,4	65,7±0,2	65,4±0,7	62,3±0,4	%
PENETRACION A 25°C DE RESIDUO	T 49	40	90	76,0±2,0	79,0±0,6	68,3±0,6	88,0±0,5	(1/10mm)
DUCTILIDAD A 25°C DEL RESIDUO	T 51	40	-	>100	>100	>100	>100	cm
SOLUBILIDAD DEL RESIDUO	T 44	97,5	-	99,92±0,01	99,74±0,04	99,86±0,06	99,92±0,01	%

Notas:

- (1) Se presentan los promedios y desviaciones estándar por prueba realizada. En los casos donde se realizó una sola determinación se indican solo los valores medidos.
 (2) Procedimiento ASTM, por ausencia de la norma AASHTO.
 N.A: No aplica

Figura No. A-11: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Solubilidad del Residuo Emulsión Asfáltica CRS-1H

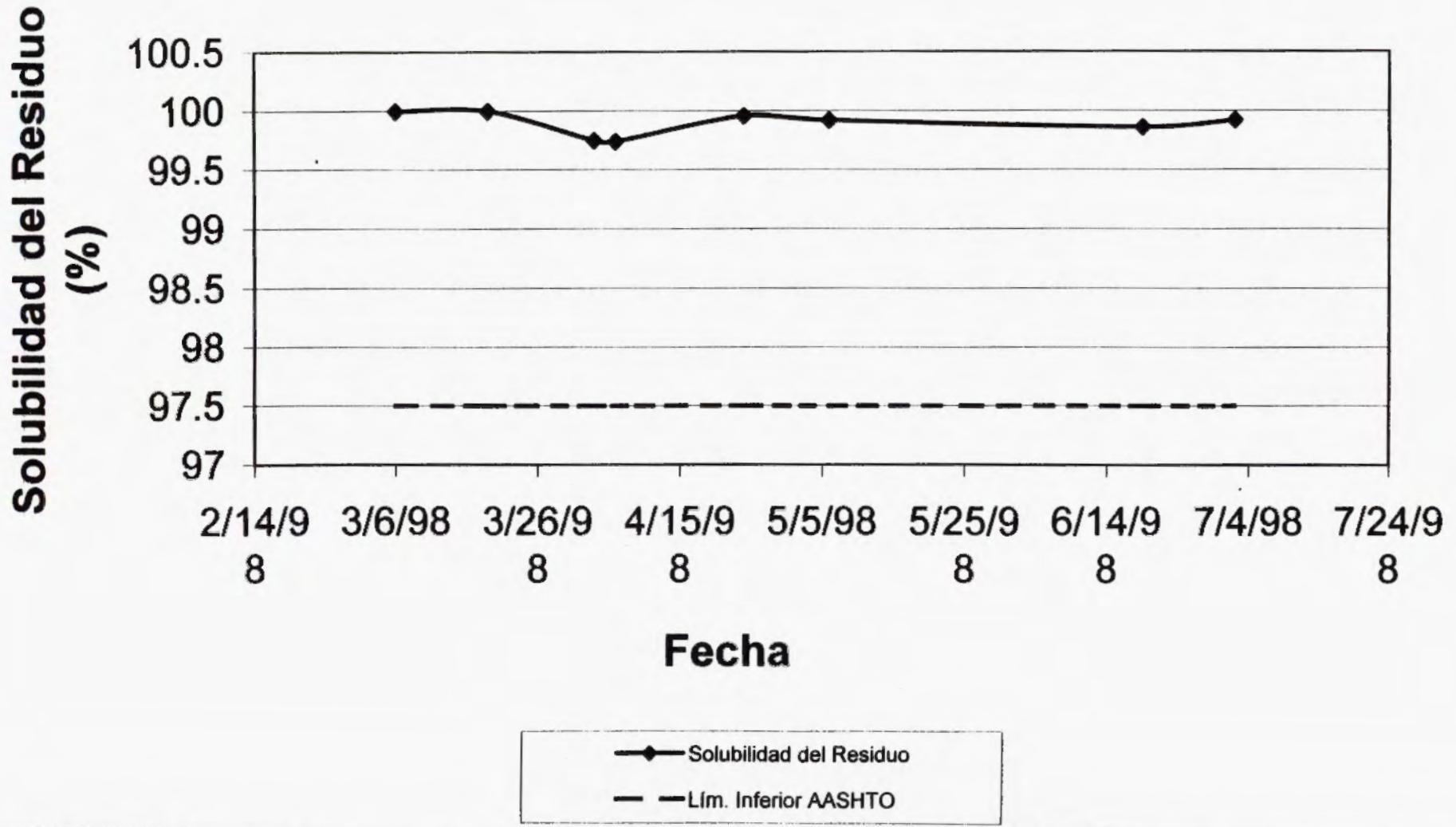


Figura No.A-12: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Viscosidad Saybot Furol a 50 C
Emulsión Asfáltica CRS-1H

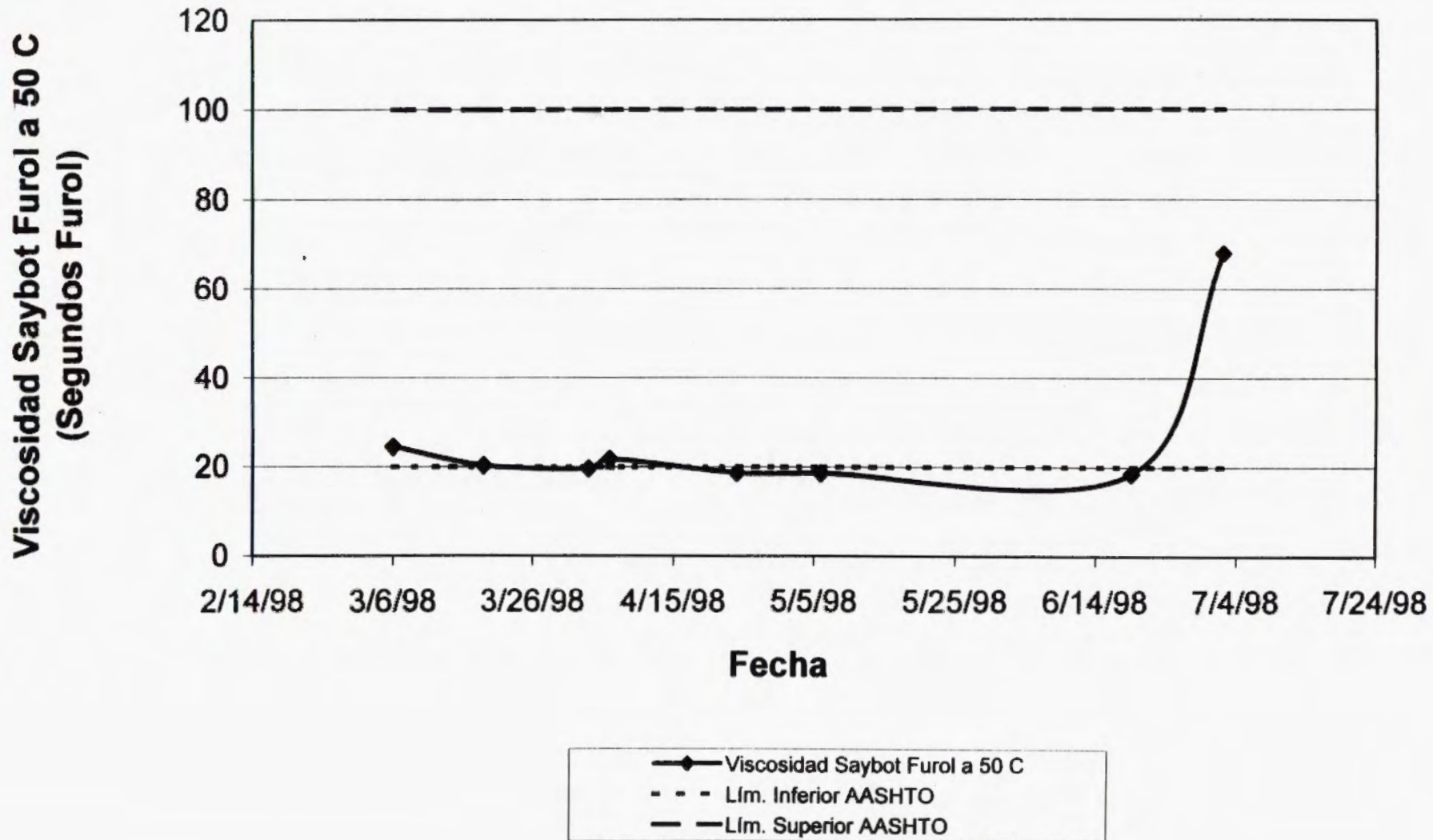


Figura No.A-13: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos
Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Asfalto Residual
Emulsión Asfáltica CRS-1h

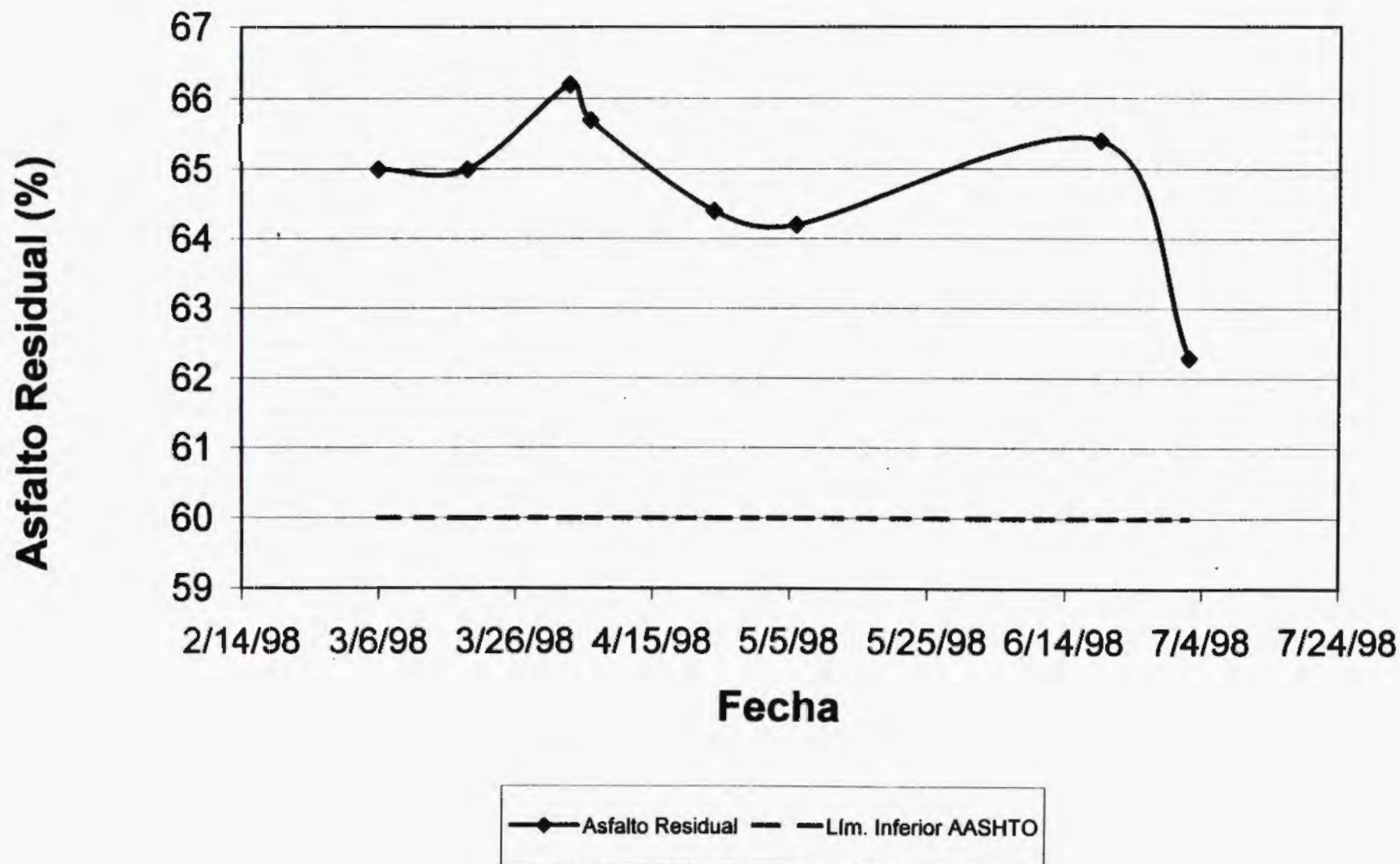


Figura No. A-14: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos
Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Estabilidad Almacenamiento 24 horas
Emulsión Asfáltica CRS-1H

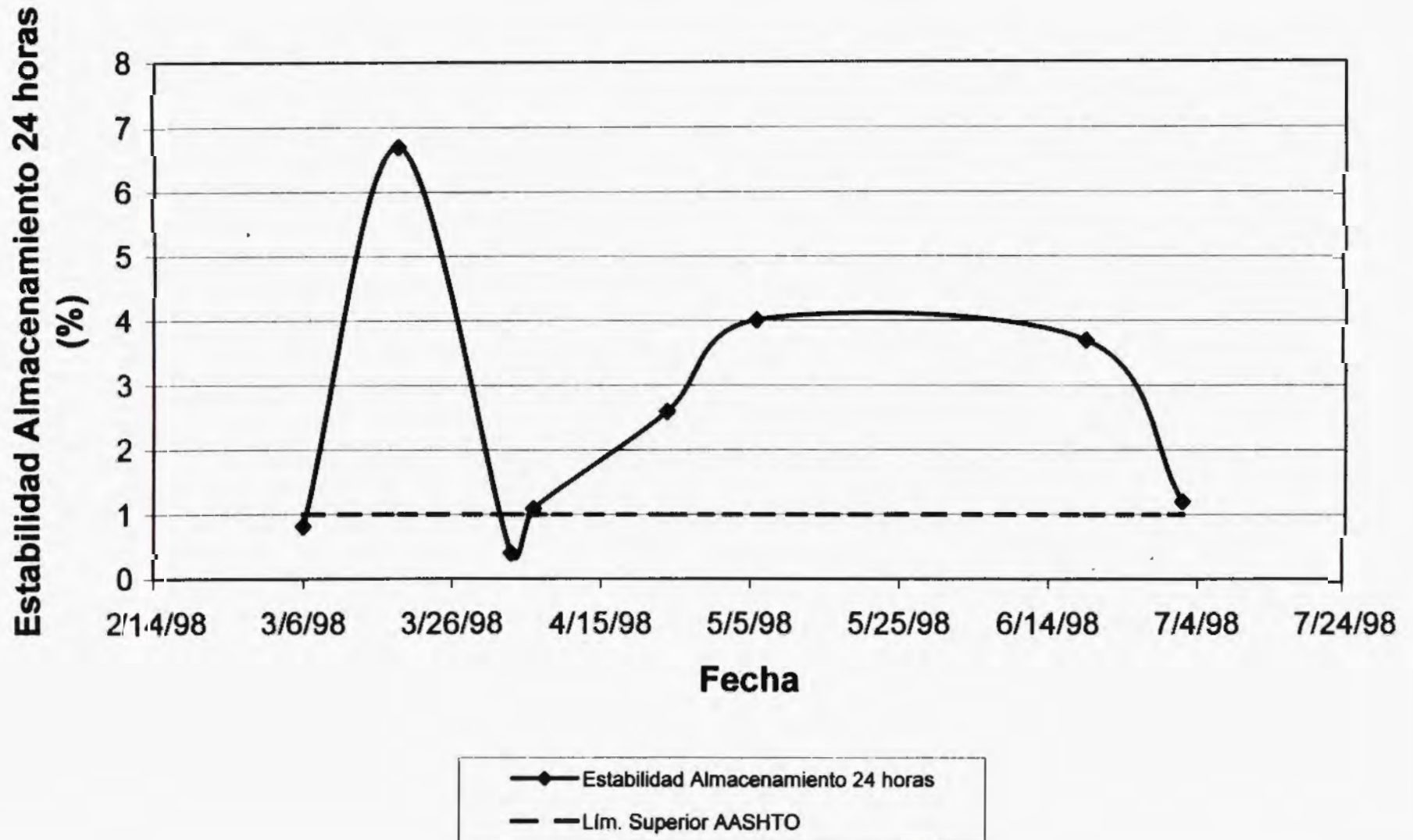


Figura No.A-15: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos
Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Penetración a 25 C del Residuo
Emulsión Asfáltica CRS-1H

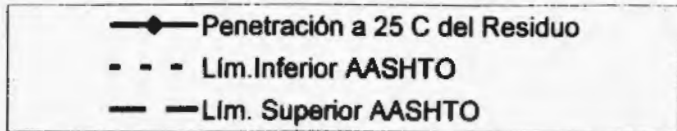
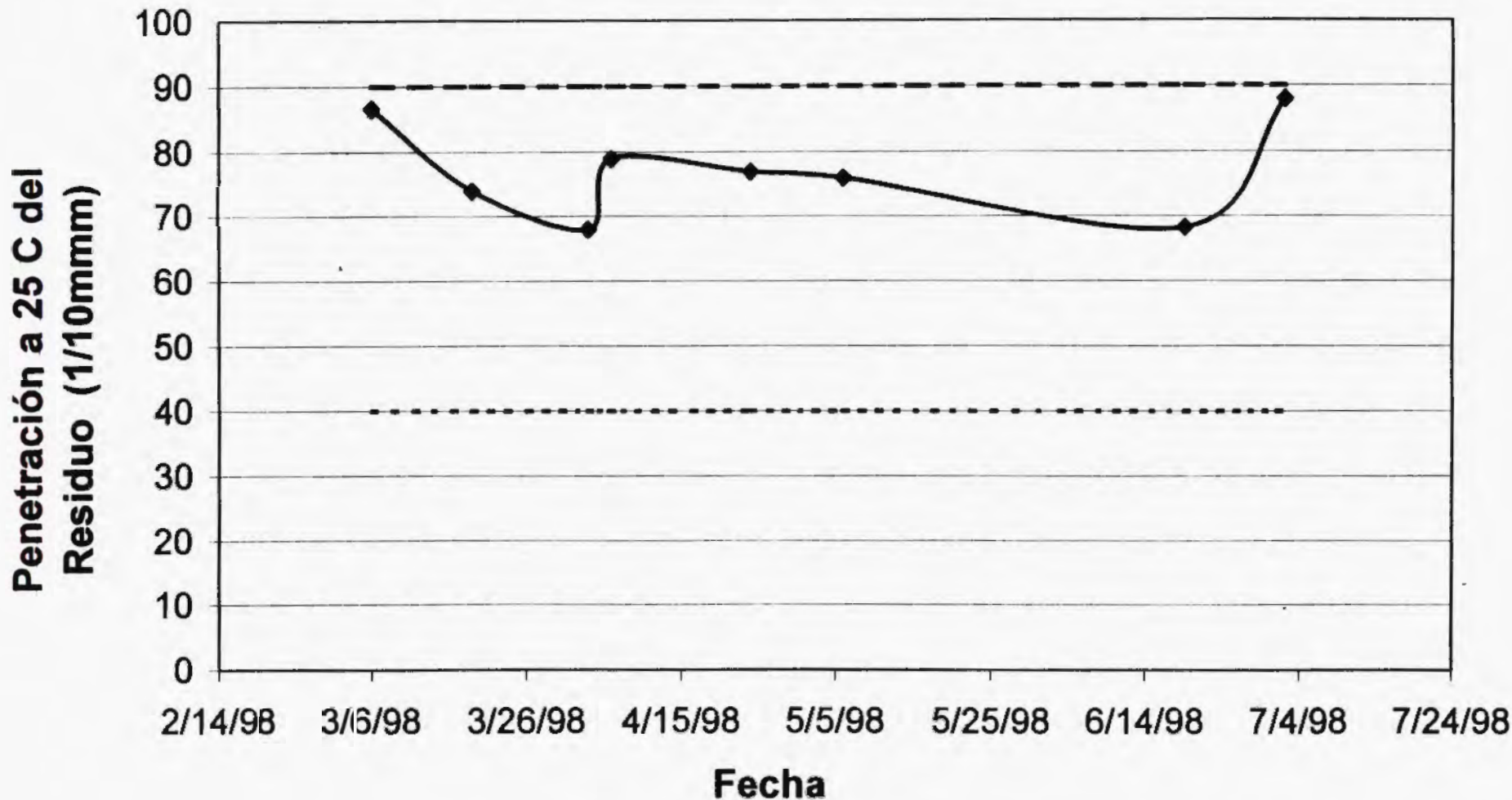
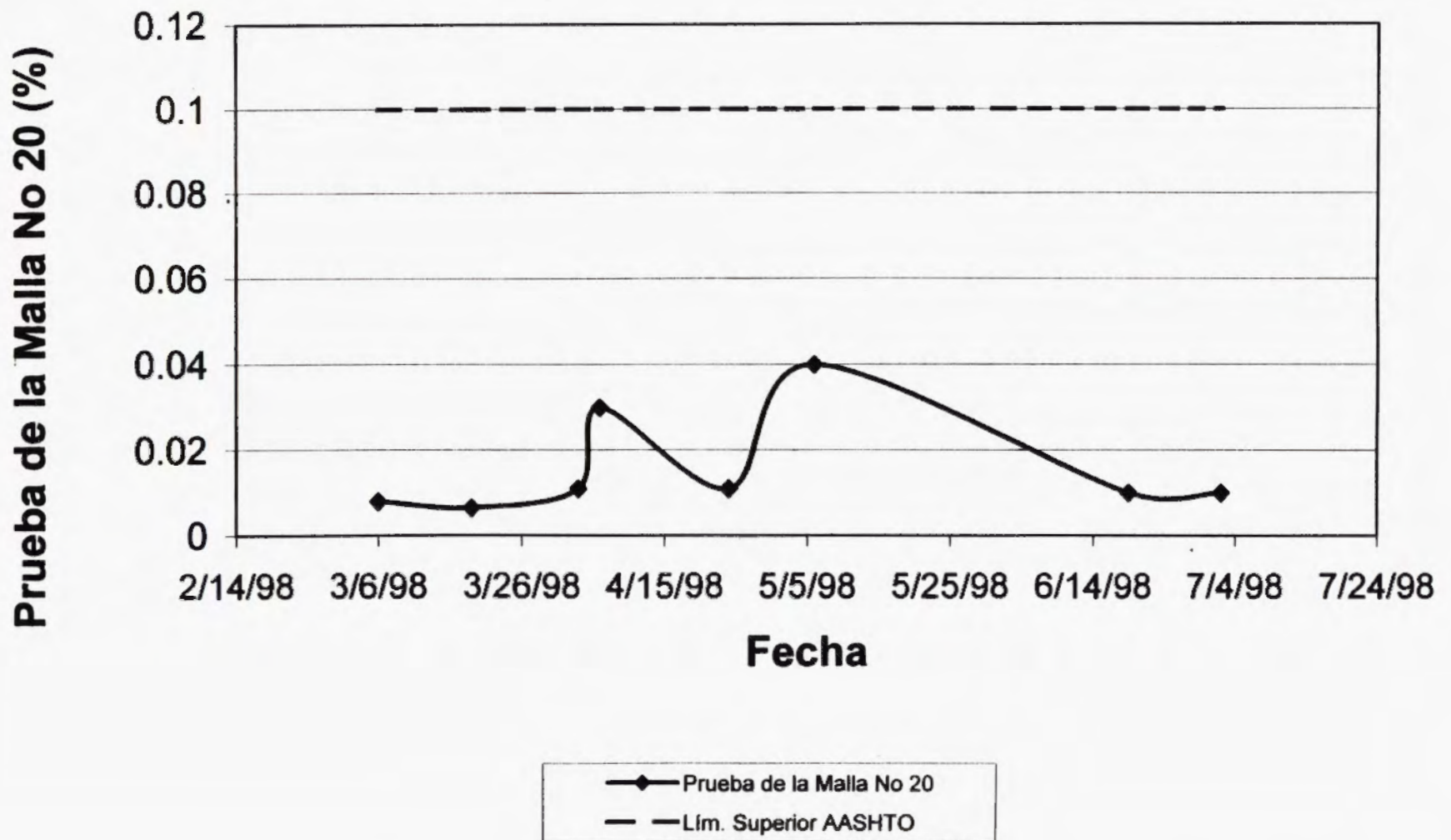


Figura No. A-16: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos
Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Prueba de la Malla No 20
Emulsión Asfáltica CRS-1H



ANEXO III

**Resultados de muestras de emulsión asfáltica CRS-1
y gráficos de seguimiento histórico.**

Tabla Resumen A-6 : Ensayos de emulsión asfáltica tipo CRS-1

	MÉTODO	MUESTRA		RESULTADOS		UNIDADES
		INFRA	SUPER	MUESTRA DE EMULSION	MUESTRA DE ASFALTO	
VISCOSIDAD SAYBOLT FURUOL A 50°C	T 72	20	100	40,0 ±1,0	30,4±0,7	sF
ESTABILIDAD ALMACENAMIENTO 24 horas	D 244 (1)	-	1,0	0,10±0,2	0,27±0,20	%
PRUEBA DE LA MALLA N°20	D 244 (1)	-	0,10 (2)	0,12±0,004	0,0115±0,0007	%
PRUEBA DE RECUBRIMIENTO	D 244 (1)	-	-	NA	NA	-
ASFALTO RESIDUAL	T 59	60	-	64,8±0,4	65,7±0,4	%
PENETRACION A 25°C DE RESIDUO	T 49	100	250	125,3±0,6	94±3	(1/10mm)
DUCTILIDAD A 25°C DEL RESIDUO	T 51	40	-	>100	>100	cm
SOLUBILIDAD DEL RESIDUO	T 44	97,5	-	100,00±0,40	99,9569±0,0061	%

Notas:

- (1) Se presentan los promedios y desviaciones estándar por prueba realizada. En los casos donde se realizó una sola determinación se indican solo los valores medidos.
- (2) Procedimiento ASTM, por ausencia de la norma AASHTO

Figura No.A-17: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Solubilidad del Residuo Emulsión Asfáltica CRS-1

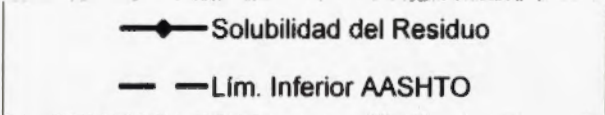
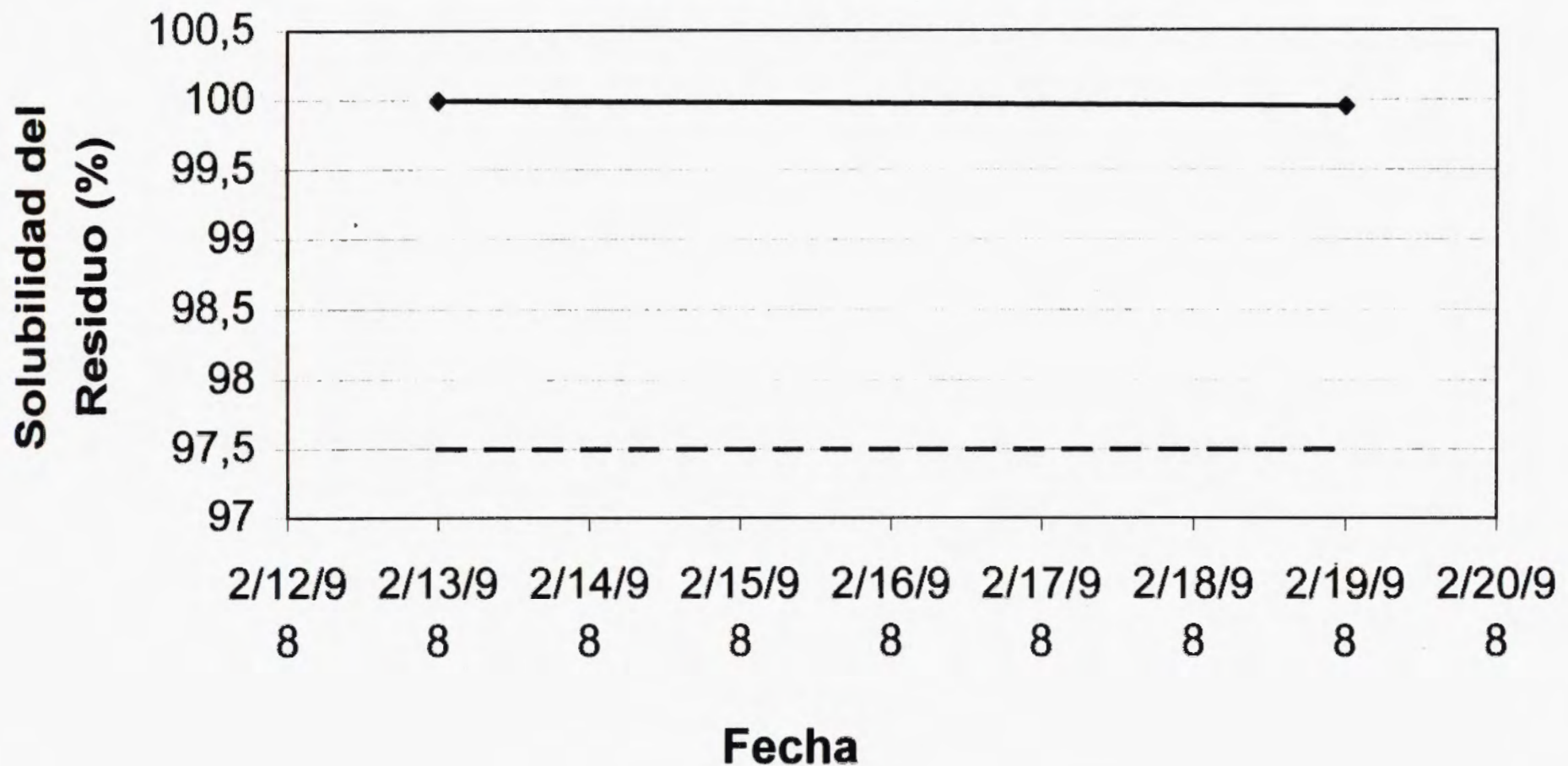
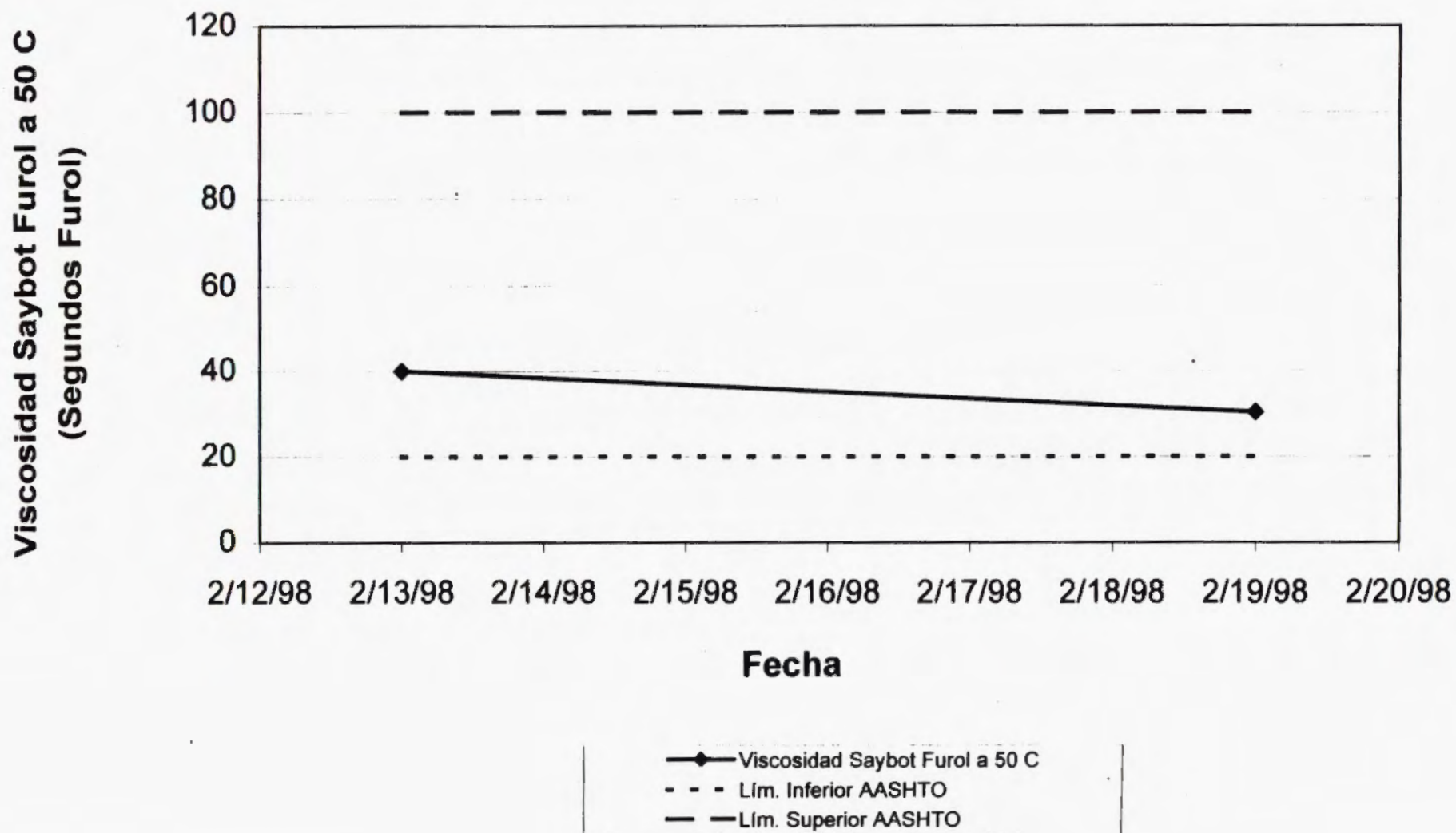
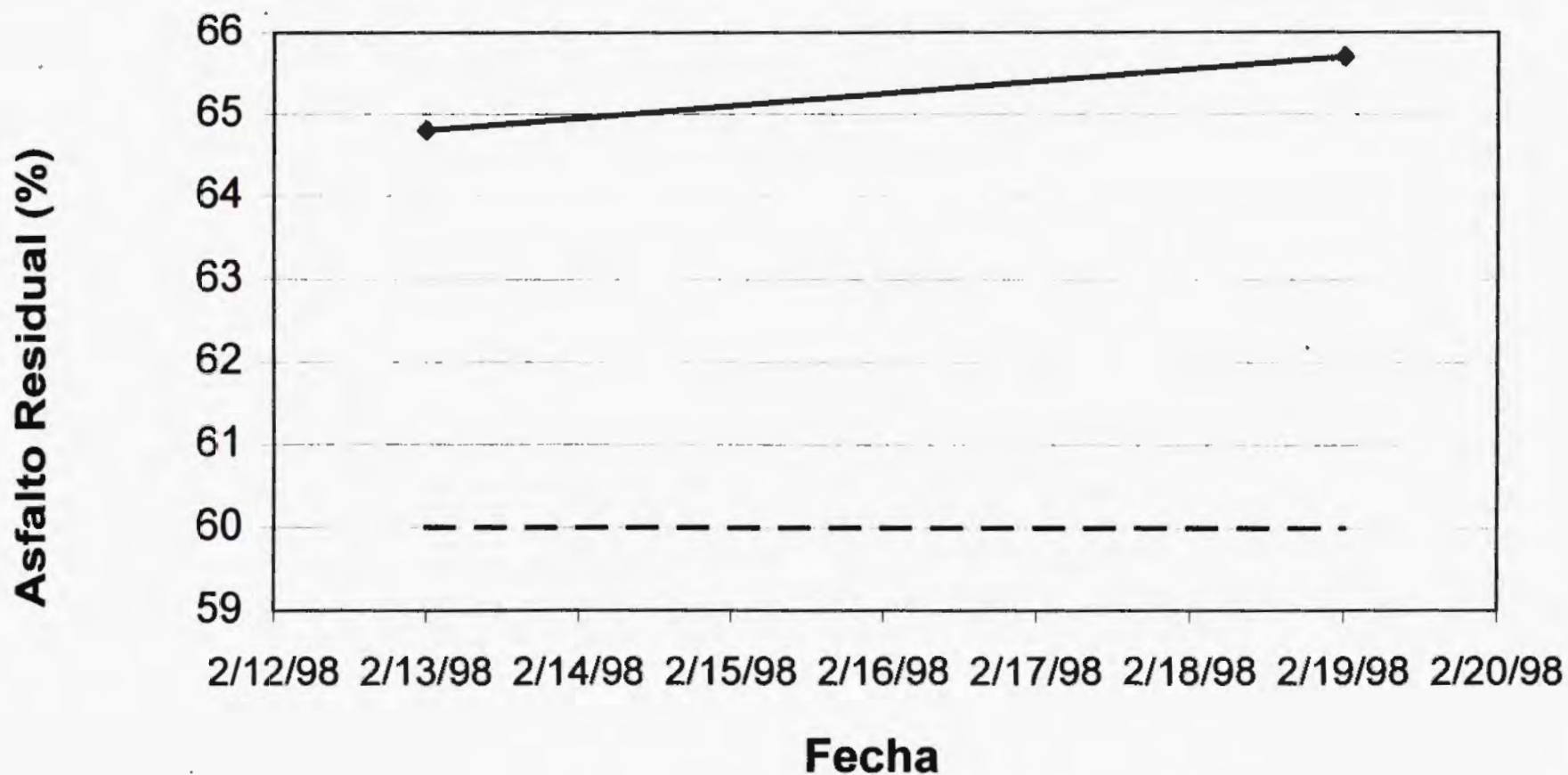


Figura No.A-18: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Viscosidad Saybot Furol a 50 C
Emulsión Asfáltica CRS-1



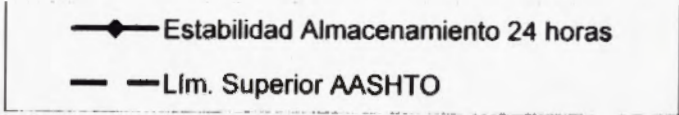
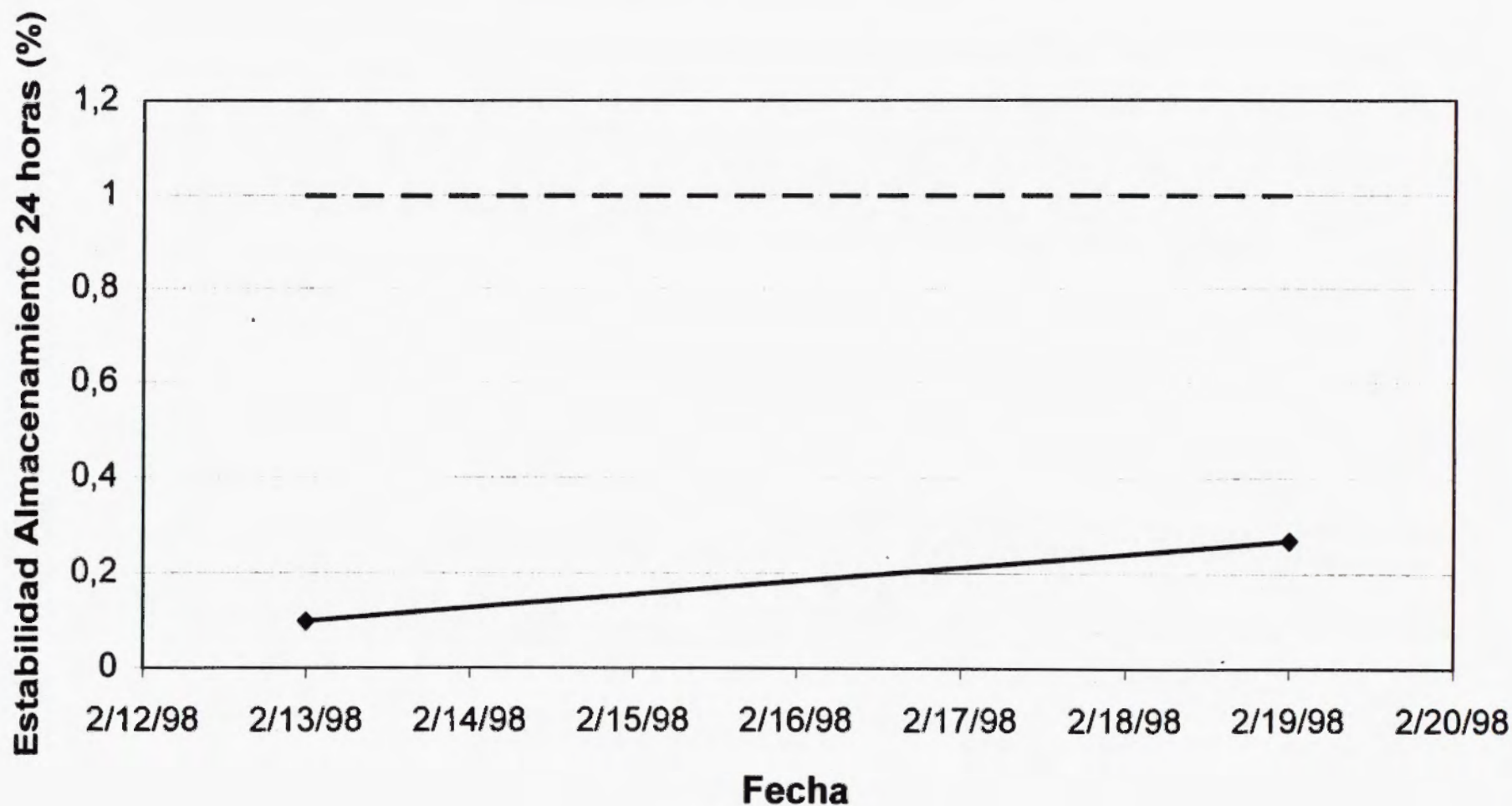
**Figura No. A-19: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos
Estructurales**

**Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Asfalto Residual
Emulsión Asfáltica CRS-1**



—◆— Asfalto Residual — — Lím. Inferior AASHTO

Figura No. 20: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Estabilidad Almacenamiento 24 horas
Emulsión Asfáltica CRS-1



**Figura No. A-21: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos
Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Penetración a 25 C del Residuo
Emulsión Asfáltica CRS-1**

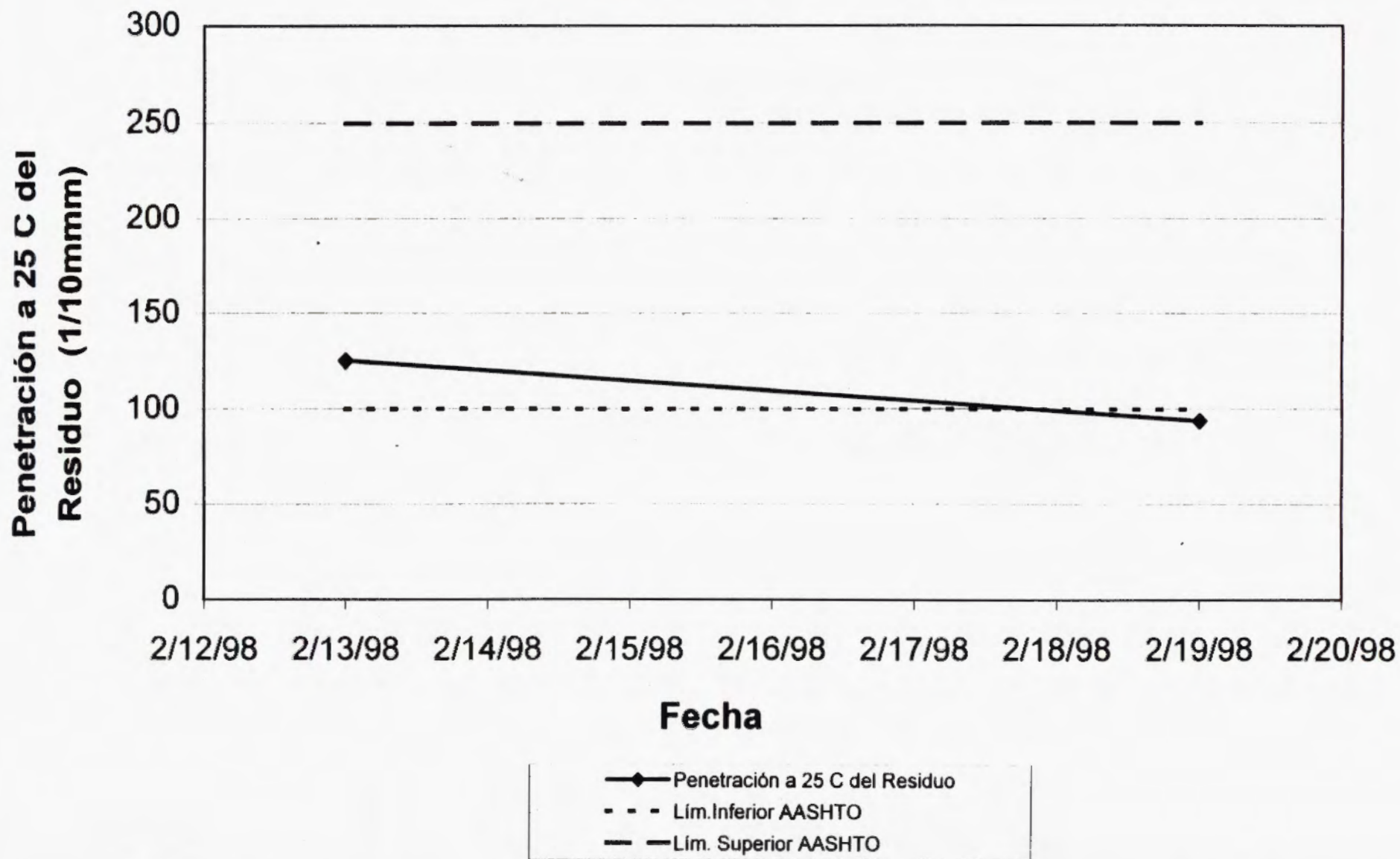


Figura No. A-22: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos
Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Prueba de la Malla No 20
Emulsión Asfáltica CRS-1

