



PROYECTO DE AUDITORIA DE CALIDAD A
RECOPE:
MATERIALES BITUMINOSOS

INFORME ANUAL DE RESULTADOS 1998 - 1999

15 de abril de 1999

Coordinador del estudio:

MSCE. MBA. Pedro Castro Fernández

Coordinación del equipo de experimentadores:

Quim. Diego Moreira

Apoyo logístico:

Sr. Roy Barrantes Jiménez

Srta. Laura Ramírez Castro



San José, 15 de abril de 1999
LM-IC-246-99

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 anual de resultados para el periodo 1998 - 1999, del Proyecto de Auditoría de Calidad a RECOPE, en su componente de materiales bituminosos.

La Auditoría de Calidad para los materiales bituminosos fue realizada periódicamente para el periodo 1998 - 1999 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 el medio de la orden de compra No. 98-5-6148.

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



San José, 15 de abril de 1999
LM-IC-246-99

Señora:
Dra. Yamileth Gonzalez, Vicerrectora
Vicerrectoría de Investigación,
Universidad de Costa Rica

Estimada señora vicerrectora:

Se adjunta, para su consideración, el informe anual 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 considere 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
II - RESUMEN DE MUESTRAS TOMADAS	1
III - NORMATIVA VIGENTE	2
IV - CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA VIGENTE	2
V - EVALUACION GENERAL DE CUMPLIMIENTO	3
5-1. Muestras de cemento asfáltico	3
5-2. Muestras de emulsión asfáltica	4
VI - COMPARACION DE LA DISPERSION POR PRUEBA EN EL MATERIAL BITUMINOSO MUESTREADO EN 1998 Y EL MATERIAL BITUMINOSO MUESTREADO EN 1999	16
6-1. Dispersión de ensayos para cemento asfáltico AC-20	16
6-2. Dispersión de ensayos para emulsión asfáltica CRS-1h	17
VII - CONCLUSIONES	20
VIII - RECOMENDACIONES	21
ANEXO I: <u>Resultados de muestras de ligante asfáltico AC-20 y gráficos de seguimiento histórico</u>	23
ANEXO II: <u>Resultados de muestra de emulsión asfáltica CRS-1h y gráficos de seguimiento histórico</u>	37
ANEXO III: <u>Resultados de pruebas de emulsión asfáltica CRS-1 y gráficos de seguimiento histórico</u>	52
ANEXO IV: <u>Estudio comparativo del almacenamiento en el laboratorio previo al ensayo de estabilidad al almacenamiento a las 24 horas para emulsiones asfáltica</u>	60

PROYECTO DE AUDITORIA DE CALIDAD A RECOPE

INFORME FINAL 1998 - 1999

I - INTRODUCCION.

El propósito de este informe es presentar el resumen general de resultados del Proyecto de Auditoría de Calidad para los materiales bituminosos producidos por RECOPE, de conformidad con el Convenio No. 46-9-044, entre la Universidad de Costa Rica y la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), para el período 1998-1999.

La Auditoría de Calidad a RECOPE, realizada por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), de la Universidad de Costa Rica, consiste en el seguimiento periódico de las propiedades más relevantes del cemento asfáltico y emulsión asfáltica producidos y/o distribuidos por RECOPE.

Los muestreos han sido realizados quincenalmente, tanto en la Planta Ochomogo (emulsión asfáltica) como en la Planta Moin (cemento asfáltico), aunque se aclara que, en algunos casos, se ha variado la programación de los muestreos para adecuarse a las necesidades de RECOPE (muestreos más seguidos o más espaciados), en función de la existencia de material significativo para su evaluación.

II - RESUMEN DE MUESTRAS TOMADAS.

En la Tabla No. 1 adjunta se presenta el detalle de las muestras tomadas por el LANAMME, dentro del contexto de la Auditoría de Calidad a RECOPE.

Tabla No. 1: Resumen de muestras tomadas.

TIPO DE MATERIAL	NÚMERO DE MUESTRAS	FECHA INICIO	FECHA FINAL
Viscosidad AC-20	21	13/2/98	22/1/99 (*)
CRS-1	2	13/2/98	19/2/99 (*)
CRS-1h	19	6/3/98	15/1/99

Nota:

(*) Hay cuatro muestras posteriores dentro del marco de la Auditoría de Calidad, no incluidos en este informe.

III - NORMATIVA VIGENTE

La normativa vigente determina los parámetros de evaluación para los materiales bituminosos muestreados, de manera que rigen las siguientes disposiciones.

□ Para cemento asfáltico:

El decreto ejecutivo No. 26501- MEIC-MOPT, en su reglamento técnico RTCR 248:1997, que rige a partir de 1998 y aplica para el cemento asfáltico clasificado por viscosidad AC-20.

Nota: en los informes de Auditoría se ha analizado también el cumplimiento de la normativa internacional AASHTO para asfalto clasificado por viscosidad (AASHTMO M-56).

□ Para emulsiones asfálticas:

Por ausencia de normativa nacional, se ha verificado el cumplimiento de las especificaciones técnicas AASHTO M-140.

IV - CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA VIGENTE.

Se presenta un resumen general del nivel de cumplimiento por material bituminoso muestreado en la Tabla No. 2 adjunta.

Tabla No. 2: Resumen general de cumplimiento por tipo de material bituminoso.

Grado de cumplimiento	Cemento asfáltico AC-20	Emulsión asfáltica CRS-1h	Emulsión asfáltica CRS-1 (***)
Cumplimiento total	66,67 % (*)	31,58 %	50 %
Incumplimiento de un parámetro	4,76 % (*)	52,63 % (***)	50 %
Incumplimiento de dos parámetros	28,57 % (*)	15,79 % (***)	0 %

Norma de evaluación	RTCR 248:1997	AASHTO M-140	AASHTO M-140
---------------------	---------------	--------------	--------------

Notas:

(*) En algunos casos la viscosidad absoluta del cemento asfáltico se desvía del rango de viscosidad absoluta a 60C correspondiente a cemento asfáltico AC-20. Tal situación es un cambio de tendencia, aunque no es considerado un cumplimiento, estrictamente.

(**) Se analizaron únicamente dos muestras.

(***) En algunos casos se dio el deterioro de la muestra por almacenamiento en el laboratorio, previo a la realización de la prueba de estabilidad al almacenamiento a las 24 horas. Tal incumplimiento está contemplado en los porcentajes reportados, aunque existe un nivel de incertidumbre (ver Anexo IV).

Los porcentajes de cumplimiento por parámetro de evaluación y por tipo de material analizado se presentan en las siguientes tablas:

- Tabla No. 3. Evaluación del cumplimiento de muestras de cemento asfáltico AC-20.
- Tabla No. 4. Evaluación del cumplimiento de muestras de emulsión asfáltica tipo CRS-1h.
- Tabla No. 5. Evaluación del cumplimiento de muestras de emulsión asfáltica tipo CRS-1.

Los porcentajes de cumplimiento por parámetro de evaluación y por tipo de material analizado se presentan las siguientes figuras:

- Figuras No. 1, 2, 3 y 4. Evaluación del cumplimiento de muestras de cemento asfáltico AC-20.
- Figuras No. 5 y 6. Evaluación del cumplimiento de muestras de emulsión asfáltica tipo CRS-1h.
- Figuras No. 7 y 8. Evaluación del cumplimiento de muestras de emulsión asfáltica tipo CRS-1h.

En los Anexos I, II y III adjuntos se presenta la base de datos con todos los resultados del muestreo realizado por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), para las muestras de cemento asfáltico AC-20, emulsión asfáltica CRS-1h y emulsión asfáltica CRS-1, respectivamente.

V - EVALUACION GENERAL DE CUMPLIMIENTO.

5-1. Muestras de cemento asfáltico

El 66,67 % de las muestras de cemento asfáltico del tipo AC-20 satisfacen la totalidad de requerimientos de la normativa nacional.

Los incumplimientos detectados en los muestreos realizados consisten en:

- 33,33 % de las muestras incumplen el requisito de pérdida de masa por calentamiento. Se aclara que tal requisito está normado en el reglamento técnico nacional RTCR 248:1997, aunque es considerado como un criterio opcional por la normativa AASHTO M-226.
- 28,57 % de las muestras incumplen el requisito de razón de viscosidades del reglamento técnico nacional RTCR 248:1997.
- 33,33 % de las muestras presentan una viscosidad absoluta a 60°C que no califica al ligante correspondiente como ligante asfáltico AC-20. Tal circunstancia no determina un incumplimiento explícito de especificación, aunque implica una variación en la tendencia habitual.

Nota: en el caso del cemento asfáltico AC-20, existe una especificación referente al índice de inestabilidad coloidal y porcentaje de ceras. Se aclara que dicha prueba no se realizó por no estar contemplada dentro de los términos del convenio UCR-RECOPE. Sin embargo, se realizó para la muestra 27A, con resultado satisfactorio de acuerdo con el reglamento técnico nacional RTCR 248:1997.

5-2. Muestras de emulsión asfáltica

Un 31,58 % de las muestras de emulsión del tipo CRS-1h satisfacen la normativa AASHTO M-140 en su totalidad. Las restantes muestras presentan las siguientes características:

El 63,16 % de las muestras incumple el requisito correspondiente a estabilidad al almacenamiento a las 24 horas; aunque se ha determinado experimentalmente que el tiempo de almacenamiento en el laboratorio, previo a la ejecución de la prueba, influye en el resultado de tal ensayo (ver Anexo IV).

El 15,79 % de las muestras incumple el requisito de la viscosidad Saybolt Furol a 50 C.

Las muestras de emulsión del tipo CRS-1 satisfacen la normativa AASHTO M-140 en su totalidad de requerimientos, exceptuando la prueba de penetración a 25°C del residuo asfáltico, que se sale del rango estándar para una de las dos muestras analizadas.

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

ENSAYO	Normativa Nacional	TOTAL DE PRUEBAS REALIZADAS	CUMPLEN CON LA NORMA	NO CUMPLEN CON LA NORMA	% DE CUMPLIMIENTO NORMA NACIONAL
PUNTO DE INFLAMACION	min. 230	21	20 (*)	0	100,0
PENETRACIÓN a 25 °C	min 60	21	21	0	100.00
VISCOSIDAD CINEMATICA a 135 °C	min 300	21	21	0	100.00
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C	1600-2400	21	14	7	66.67
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	min. 99	21	21	0	100.00
PERDIDA EN PELICULA DELGADA (D 1754)	max. 0,5	21	14	7	66.67
DUCTILIDAD A 25 °C DEL RESIDUO	min.50	21	21	0	100.00
INDICE DE SUCEPTIBILIDAD TERMICA (VTS)	3,30-3,90	21	21	0	100.00
RAZON DE VISCOSIDADES	MAX.3,0	21	15	6	71.43
INDICE DE INESTABILIDAD COLOIDAL	MAX.0,6	21	1	0	100.00
PORCENTAJE DE CERAS	MAX. 3,0	21	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

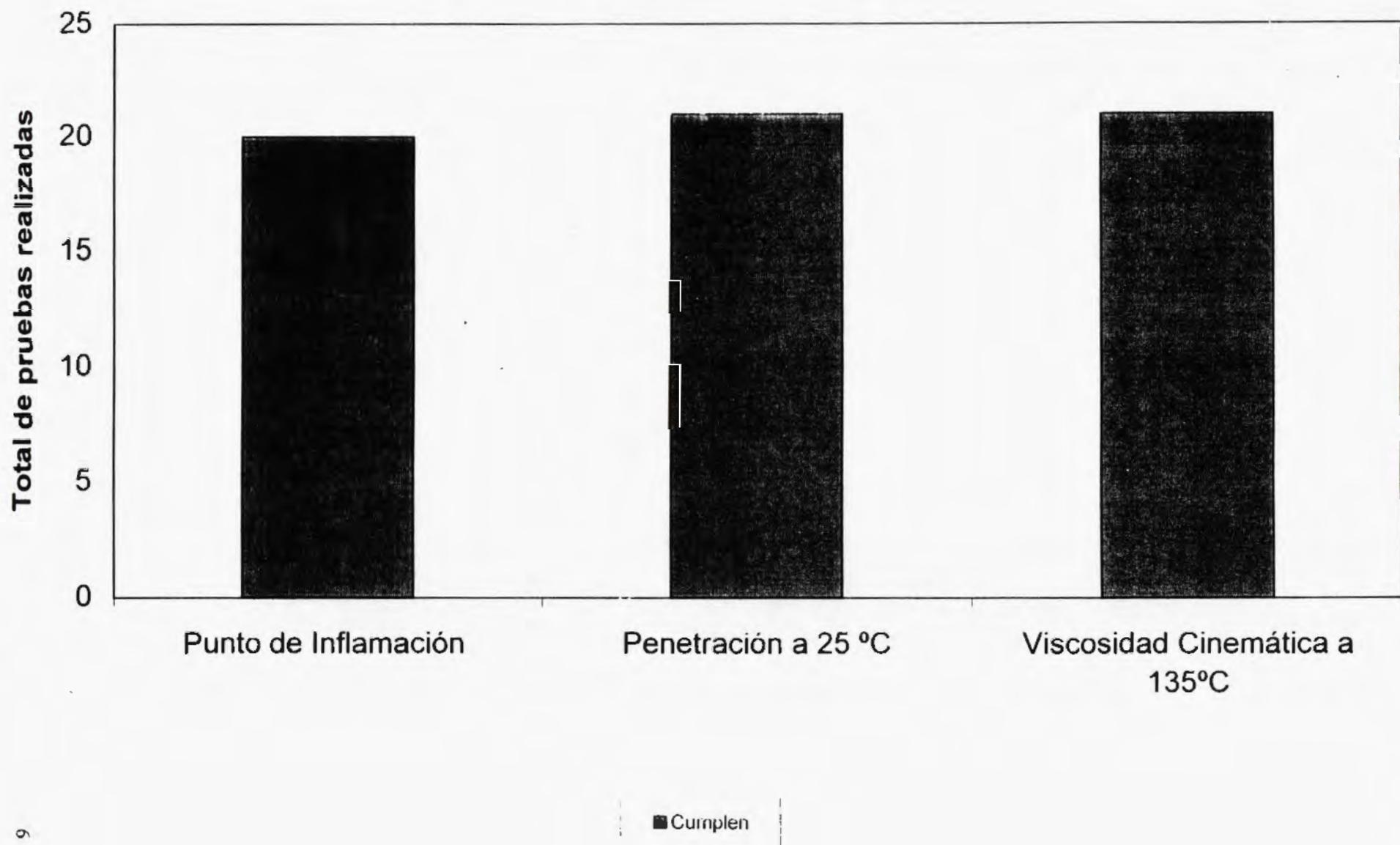


Figura N° 2: Resultados del cumplimiento de especificaciones nacionales
Muestras de Cemento Asfáltico

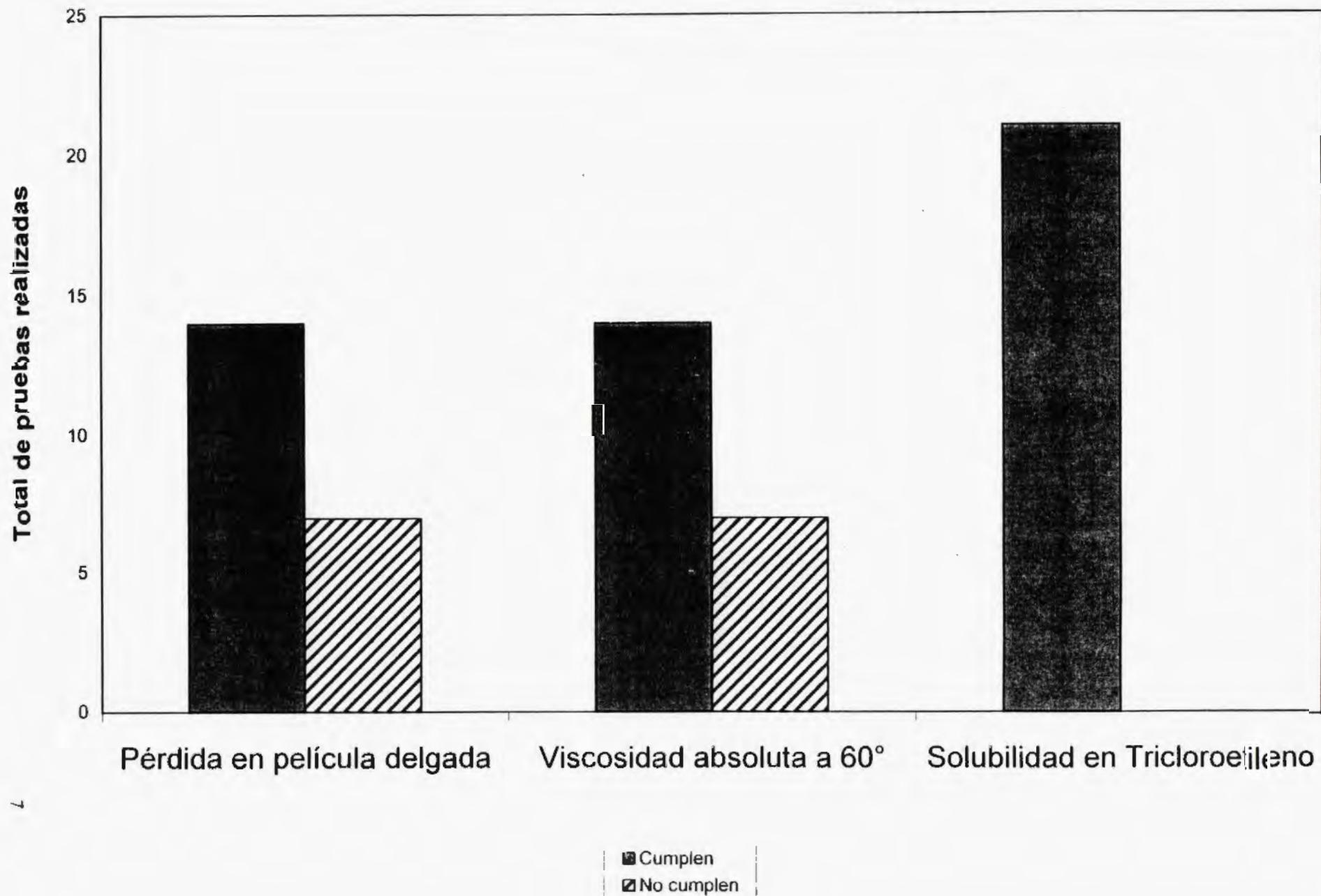


Figura N° 3: Resultados del cumplimiento de especificaciones nacionales.
Muestras de Cemento Asfáltico

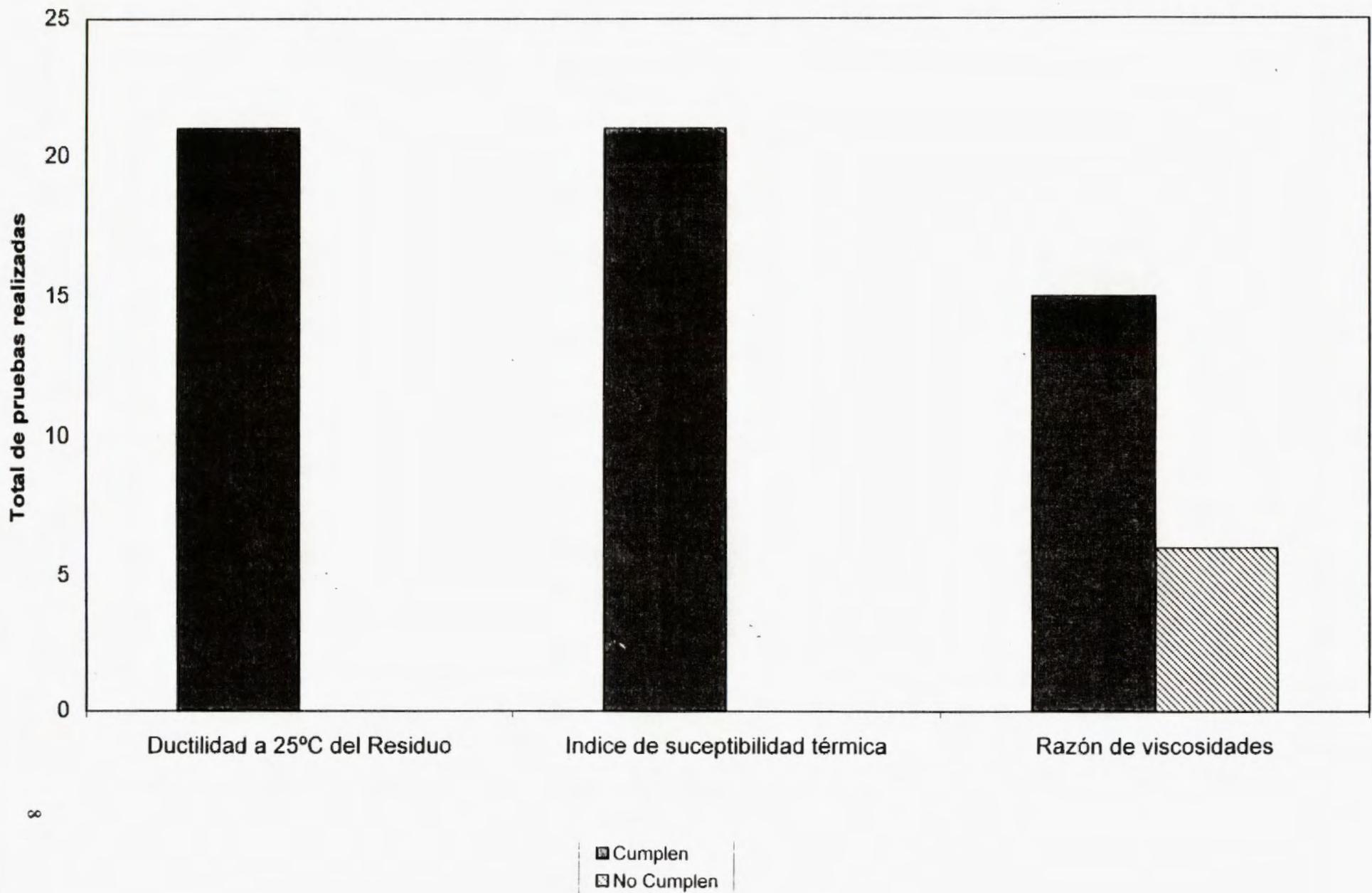


Figura N° 4: Resultados del cumplimiento de especificaciones nacionales
Muestras de Cemento Asfáltico

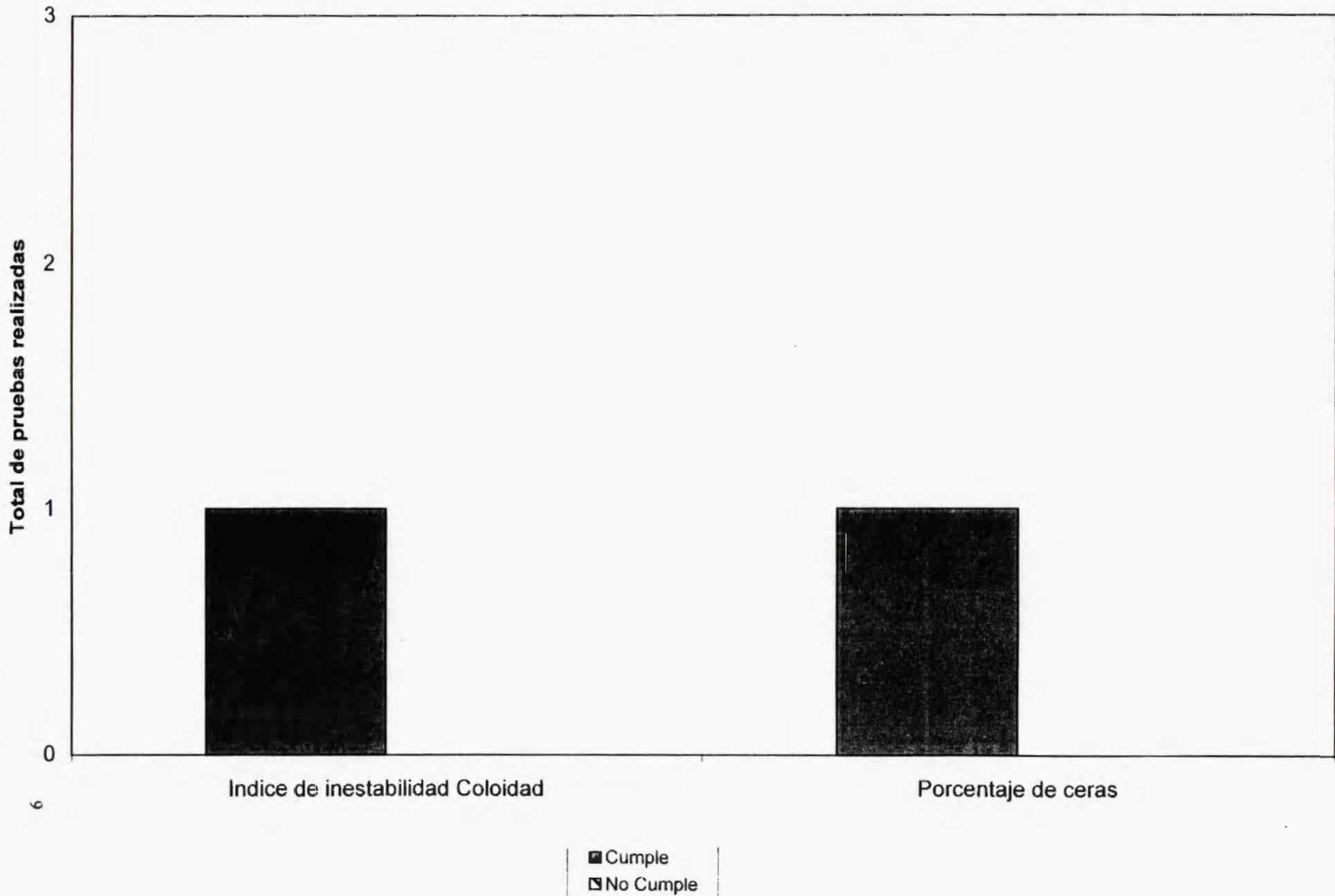


Tabla Resumen N° 4: Ensayos de emulsión asfáltica tipo CRS-1h

ENSAYO	ESPECS AASHTO lm. Inferior	ESPECS AASHTO lm. 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	19	16	3	84.21
ESTABILIDAD ALMACENAMIENTO 24 horas	-	1.0	19	7	12	36.84
PRUEBA DE LA MALLA N° 20	-	0.1	19	19	0	100.00
ASFALTO RESIDUAL	60	-	19	19	0	100.00
PENETRACION A 25°C DE RESIDUO	40	90	19	19	0	100.00
DUCTILIDAD A 25°C DEL RESIDUO	40	-	19	19	0	100.00
SOLUBILIDAD DEL RESIDUO	97.5	-	19	19	0	100.00

Figura N° 5: Resultados del cumplimiento de especificaciones AASHTO.

Muestras de Emulsión Asfáltica CRS-1h

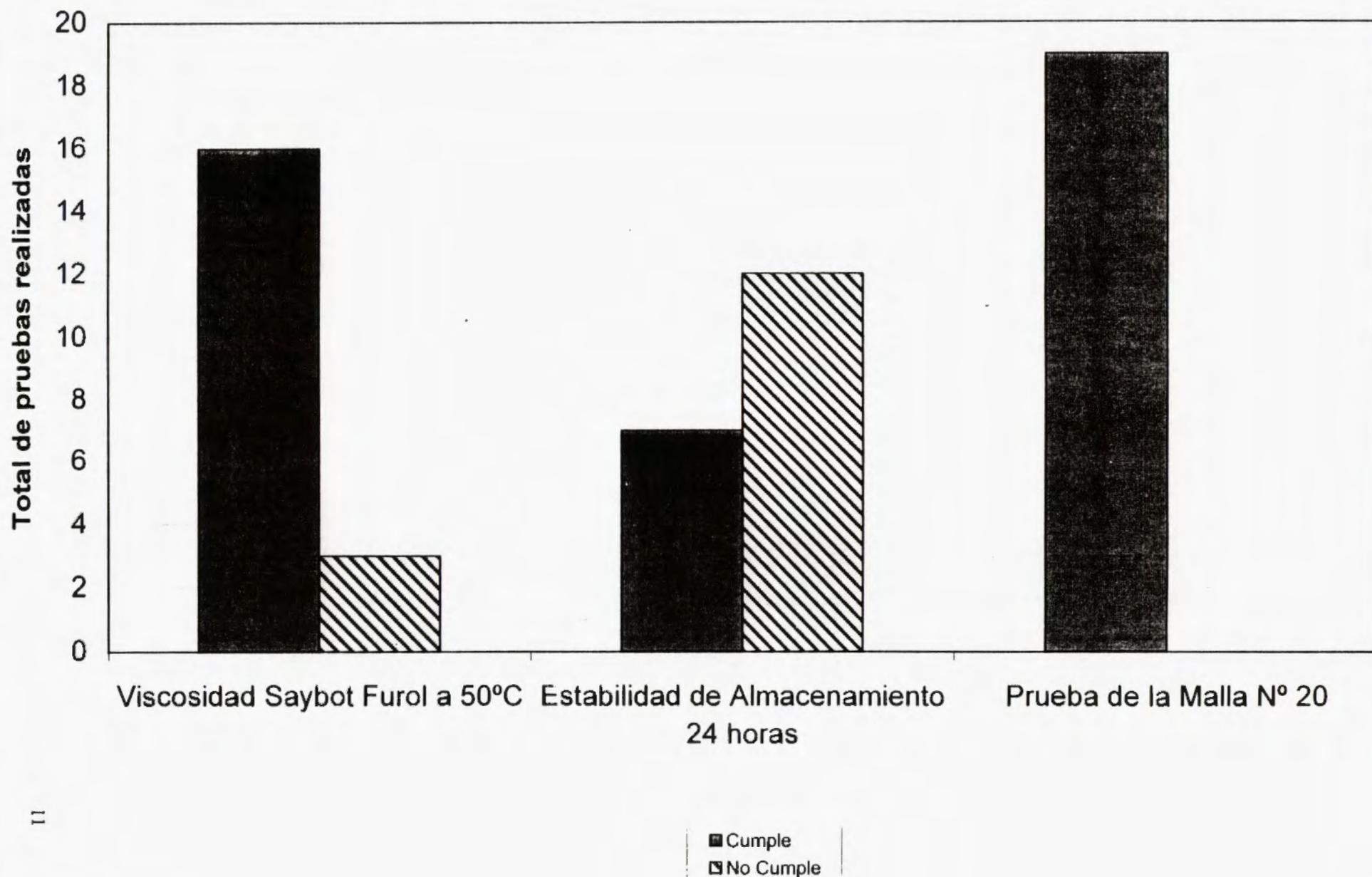


Figura N° 6: Resultados del cumplimiento de especificaciones AASHTO
Muestras de Emulsión Asfáltica CRS-1h

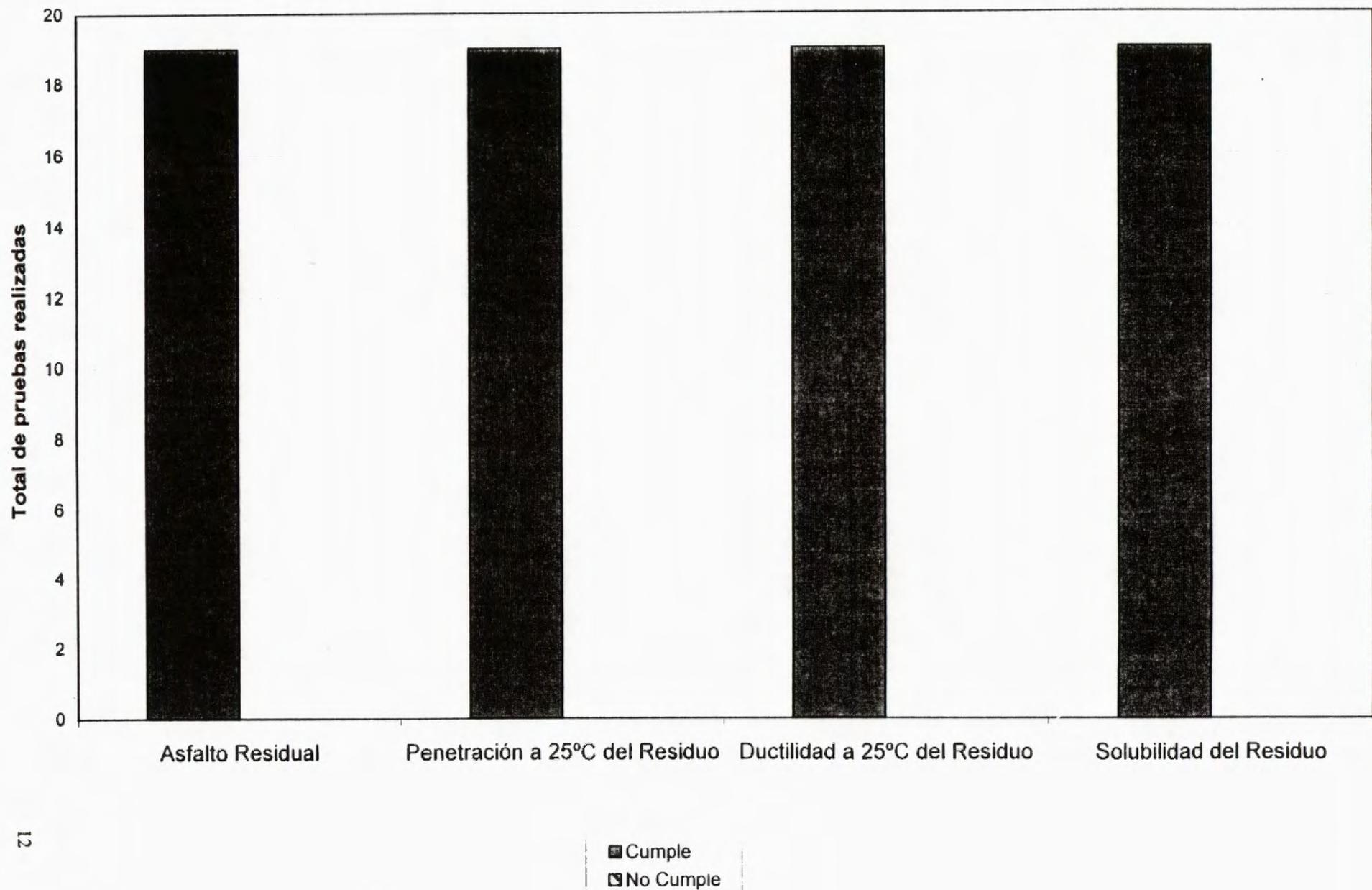


Tabla Resumen N° 5 : Ensayos de emulsión asfáltica tipo CRS-1

ENSAYO	ESPECS AASHTO lim. Inferior	ESPECS AASHTO lim. 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	2	2	0	100.00
ESTABILIDAD ALMACENAMIENTO 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 DEL RESIDUO	97.5	-	2	2	0	100.00

Figura No. 7: Resultados del cumplimiento de especificaciones AASHTO.

Muestras de Emulsión Asfáltica CRS-1

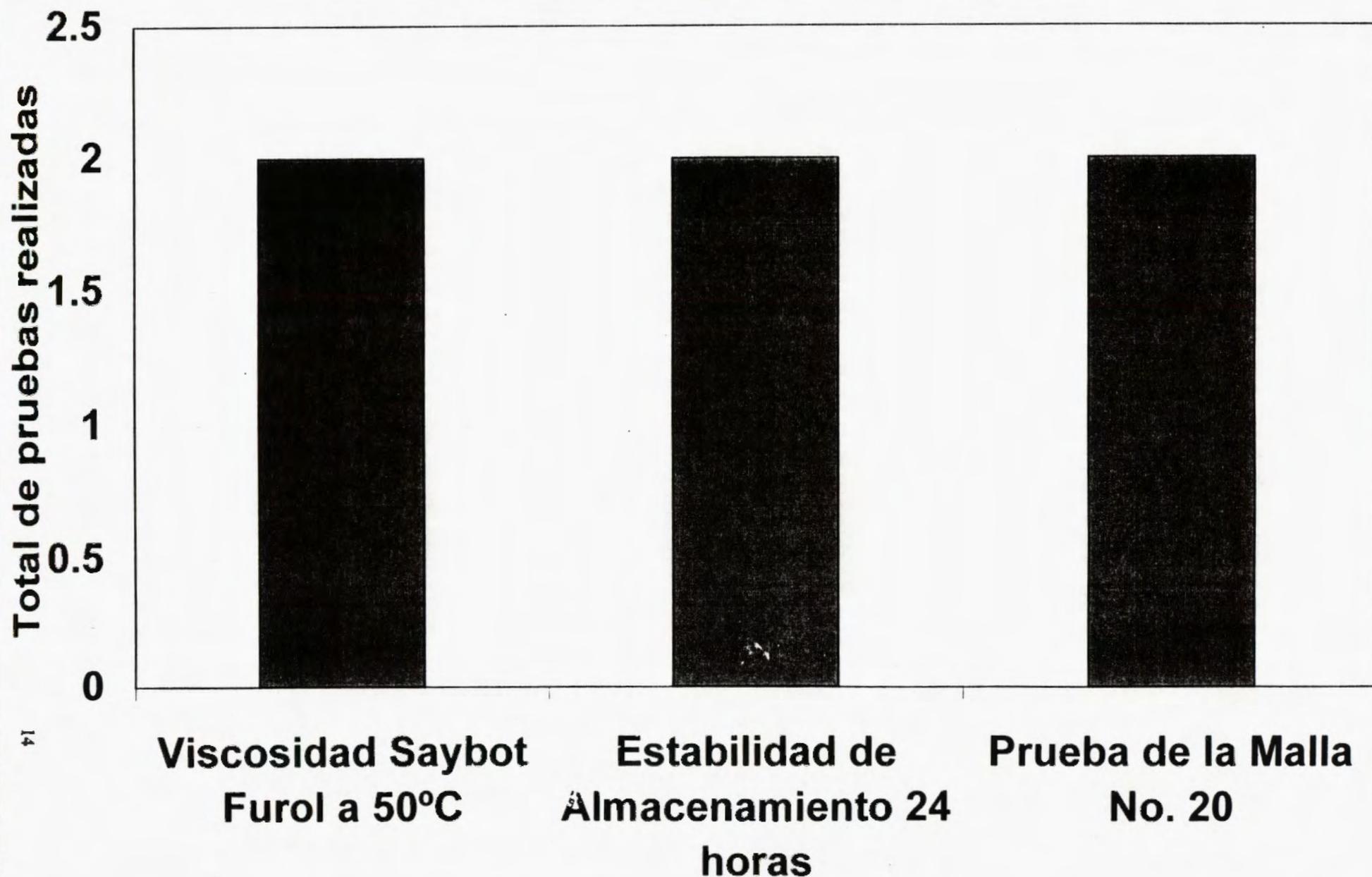
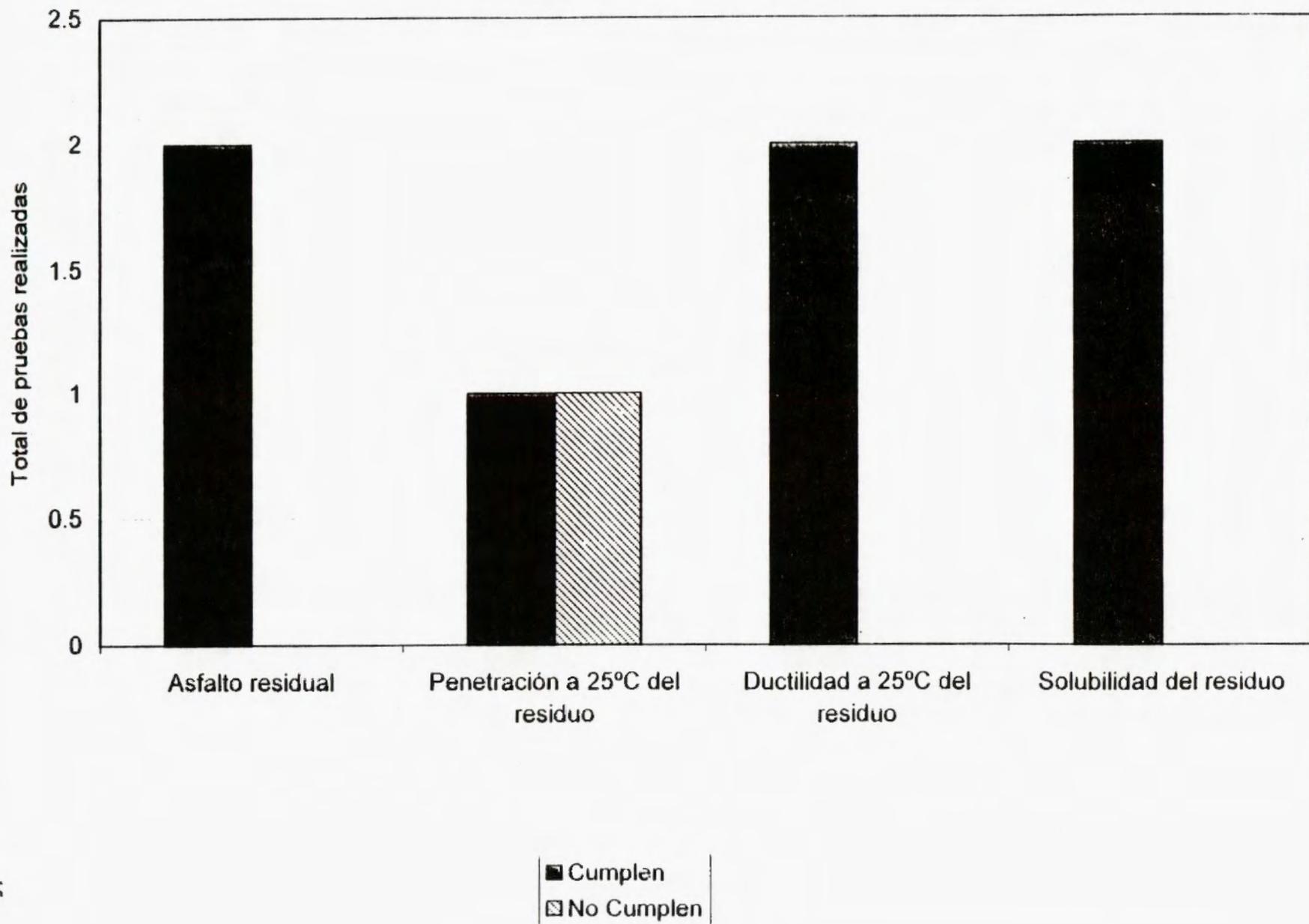


Figura No. 8: Resultados del cumplimiento de especificaciones AASHTO.

Muestras de emulsión asfáltica CRS-1



VI - COMPARACION DE DISPERSION POR PRUEBA EN EL MATERIAL BITUMINOSO MUESTREADO EN 1998 Y EL MATERIAL BITUMINOSO MUESTREADO EN 1999.

Con el propósito de evaluar la uniformidad por parámetro de calidad analizado, 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 el período 1998 - 1999, reportadas en este informe. En este caso se consideran 21 muestras de cemento asfáltico AC-20 y 19 muestras de emulsión asfáltica CRS-1h.
- Promedio y desviación estándar por parámetro de calidad para la cantidad equivalente de muestras de material bituminoso tomadas durante el período 1997 - 1998. En este caso se consideran las primeras 21 muestras de cemento asfáltico AC-20 y las primeras 19 muestras de emulsión asfáltica CRS-1h.
- 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 representa una cantidad poco significativa (dos muestreos).

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

6-1. Dispersión en ensayos para cemento asfáltico AC-20.

Respecto a la comparación de los resultados correspondientes a las primeras 21 muestras de cemento asfáltico tomadas durante 1997 - 1998, con las primeras 21 muestras de cemento asfáltico tomadas durante 1998 - 1999, 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 las dispersiones propias para cada tipo de cemento asfáltico, dadas las múltiples ventajas de ofrecer un producto que no sólo cumpla con las especificaciones correspondientes, sino que presente poca variabilidad.

Así, se comparan las desviaciones estándar registradas durante el período 1997-1998 con las correspondientes al período 1998-1999.

Los resultados de la comparación de parámetros estadísticos para los cementos asfálticos se presentan en la Tabla No. 6.

Los siguientes parámetros presentaron una menor desviación estándar, para las primeras 21 muestras de la Auditoría de Calidad, durante el período 1997-1998:

- Punto de inflamación
- Penetración a 25°C
- Viscosidad cinemática a 135°C
- Viscosidad absoluta a 60°C
- Pérdida de masa por calentamiento en el horno de película delgada
- Razón de viscosidades

Los siguientes parámetros presentaron una menor desviación estándar, para las primeras 21 muestras de la Auditoría de Calidad, durante el período 1997-1998:

- Solubilidad en tricloroetileno

6-2. Dispersión en ensayos para emulsión asfáltica CRS-1h.

Los resultados correspondientes a las primeras 19 muestras de emulsión asfáltica CRS-1h tomadas durante el período 1997-1998 se comparan con las propias del período de 1997-1998, con la consideración de que hay un cambio en las características del asfalto residual, entre ambos periodos.

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 promedio de la emulsión asfáltica del período 1998-1999, respecto a la emulsión asfáltica del período 1997-1998, puede establecerse:

Hay una reducción en la viscosidad Saybolt Furol promedio para el período 1998-1999. El promedio pasa de 36,1 s F para 1997-1998 a 29,8 s F para 1998-1999.

El porcentaje promedio de diferencia de concentración de asfalto residual en la prueba de estabilidad al almacenamiento a las 24 horas se incrementa para 1998-1999. El promedio pasa de 0,69 en 1997-1998 a 1,65 para 1998-1999.

El porcentaje promedio por peso de emulsión asfáltica retenida en la malla No. 20 se incrementa para 1998-1999. El promedio pasa de 0,03 para 1997-1998 a 0,08 para 1998-1999.

Tabla No. 6: Análisis estadístico para cementos asfálticos

Ensayo	Muestras de 1997				Muestras de 1998			
	Primeras 21 muestras		total de año		Primeras 21 muestras		total de año	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
PUNTO DE INFLAMACION	274,1	3,6	274,1	3,5	310,9	27,9	-	-
PENETRACIÓN a 25 °C	90,9	4,4	90,9	4,3	77,4	9,9	-	-
VISCOSIDAD CINEMATICA a 135 °C	365,7	36,1	369,1	36,5	454,2	38,1	-	-
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C	1852	193	1879	202	2334	245	-	-
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	99,91	0,12	99,90	0,14	99,95	0,04	-	-
PERDIDA EN PELICULA DELGADA (D 1754)	0,65	0,11	0,68	0,13	0,36	0,21	-	-
DUCTILIDAD A 25 °C DEL RESIDUO	(*)	-	(*)	-	(*)	-	-	-
INDICE DE SUCEPTIBILIDAD TERMICA (VTS)	-	-	-	-	3,50	0,06	-	-
RAZON DE VISCOSIDADES	2,21	0,45	2,23	0,42	2,40	0,69	-	-

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

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

Ensayo	Muestras de 1997				Muestras de 1998			
	Primeras 21 muestras		total de año		Primeras 21 muestras		total de año	
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
VISCOSIDAD SAYBOT FUROL A 50°C	36,1	15,9	33,0	17,1	29,8	11,5	-	-
ESTABILIDAD ALMACENAMIENTO 24 horas	0,69	0,54	0,26	0,23	1,65	1,60	-	-
PRUEBA DE LA MALLA N° 20	0,03	0,05	0,03	0,04	0,08	0,25	-	-
ASFALTO RESIDUAL	65,1	4,3	64,8	0,6	65,2	4,3	-	-
PENETRACION A 25°C DE RESIDUO	77,5	12,4	79,8	11,8	79,5	8,2	-	-
DUCTILIDAD A 25°C DEL RESIDUO	(*)	-	(*)	-	(*)	-	-	-
SOLUBILIDAD DEL RESIDUO	99,93	0,03	99,85	0,21	99,90	0,07	-	-

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

La penetración promedio a 25°C del asfalto residual se incrementa para 1998. El promedio de penetración pasa de 77,5 para 1997-1998 a 79,5 para 1998-1999.

El porcentaje promedio de asfalto residual y la solubilidad en tricloroetileno promedio para las muestras de emulsión de ambos periodos son aproximadamente los mismos.

Respecto a la dispersión por parámetro, la desviación estándar fue menor para el periodo 1997-1998 en los siguientes casos:

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

Los siguientes parámetros corresponden a una menor desviación estándar durante el periodo 1998-1999:

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

Ambos periodos presentan igual desviación estándar para el contenido de asfalto residual.

VII - CONCLUSIONES

Las muestras de cemento asfáltica AC-20 analizadas durante el periodo 1998-1999, dentro del contexto de la Segunda Etapa de Auditoría de Calidad a los Materiales Bituminosos producidos y/o distribuidos por RECOPE, presenta un nivel de cumplimiento del 100 %, respecto a la normativa nacional RTCR 248:1997, para los parámetros de punto de inflamación, penetración a 25°C, viscosidad cinemática a 135°C, solubilidad en tricloroetileno, ductilidad a 25°C del residuo de la prueba de pérdida de masa por calentamiento, índice de susceptibilidad térmica, índice de inestabilidad coloidal (para una muestra analizada) y porcentaje de ceras (para una muestra analizada).

Las muestras de cemento asfáltico AC-20 han presentado incumplimientos ocasionales, respecto a la normativa nacional RTCR 248:1997, en el porcentaje de pérdida de masa por calentamiento y la razón de viscosidades. Adicionalmente, ha habido desviación, en algunos casos, del rango de viscosidad absoluta a 60 C para cementos asfálticos del tipo AC-20.

Durante el período de 1998-1999, el cemento asfáltico AC-20 ha presentado un mayor nivel de variabilidad en los resultados de los ensayos de punto de inflamación, penetración a 25°C, viscosidad cinemática a 135°C, viscosidad absoluta a 60°C, porcentaje de pérdida de masa por calentamiento y razón de viscosidades, respecto al período 1997-1998. Se ha presentado un menor nivel de variabilidad en el resultado del ensayo de solubilidad en tricloroetileno.

Las muestras de emulsión asfáltica CRS-1h, evaluadas dentro del contexto de la Segunda Etapa de la Auditoría de Calidad a los Materiales Bituminosos producidos y/o distribuidos por RECOPE, presentan un nivel de cumplimiento del 100 % para los parámetros normados por AASHTO M-140 de la prueba de la malla No. 20, porcentaje de asfalto residual, penetración a 25°C del asfalto residual, ductilidad 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 de la normativa AASHTO M-140 para la viscosidad Saybolt Furol y para la prueba de estabilidad al almacenamiento a las 24 horas. Aunque se debe tener presente que se ha determinado experimentalmente que el resultado del ensayo de estabilidad al almacenamiento a las 24 horas es función del tiempo de almacenamiento de la emulsión en el laboratorio, previo a la ejecución del ensayo.

En lo referente a dispersión de los resultados para las muestras de emulsión tipo CRS-1h, se aprecia una variabilidad mayor para los datos correspondientes al período 1998-1999, en la estabilidad al almacenamiento a las 24 horas, 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, para el período de 1998-1999.

Las muestras de emulsión asfáltica tipo CRS-1 analizadas (dos en total), dentro del contexto de la Segunda Etapa de la Auditoría de Calidad a los Materiales Bituminosos producidos y/o distribuidos por RECOPE, presentan un nivel de cumplimiento del 100 % de la normativa AASHTO M-140 para los parámetros de viscosidad Saybolt Furol a 50°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.

VIII - RECOMENDACIONES

Se recomienda la definición del tipo de cemento asfáltico a utilizar en Costa Rica, de manera que se cumpla el rango de viscosidad absoluta a 60°C correspondiente. Se ha notado la tendencia a la utilización de cemento asfáltico AC-20, aunque un 33,33 % de las muestras analizadas se desvían de tal rango.

Dado el incremento de la dispersión de los diferentes parámetros de calidad evaluados, respecto al período anterior, tanto para el cemento asfáltico como para la emulsión asfáltica, se espera variabilidad en las propiedades de la mezcla asfáltica que contiene tal material bituminoso, de manera que las fórmulas de trabajo utilizadas en las plantas de mezcla asfáltica deberían ser cuidadosamente monitoreadas. Es recomendable que se indique, con la mayor anticipación posible, el cambio de crudo de origen de los materiales bituminosos y se informe a las plantas de mezcla asfáltica sobre la imperiosa necesidad de revisar sus fórmulas de trabajo periódicamente.

Dada la variabilidad de los resultados de los ensayos a los materiales bituminosos evaluados y los incumplimientos de normativa ocasionales, se recomienda el monitoreo constante de la calidad y esfuerzos por reducir el cambio de crudos de origen.

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), adaptado a nuestro medio. De esta manera se tiene más probabilidades de garantizar un adecuado aporte del cemento asfáltico en el desempeño de las mezclas asfálticas.

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

	ASFTO	ESPECIFICACION	Normativa Nacional	RESULTADOS MUESTRA 26A Fecha de muestreo 7/19/98	RESULTADOS MUESTRA 27A Fecha de muestreo 8/19/98	RESULTADOS MUESTRA 28A Fecha de muestreo 9/27/98	RESULTADOS MUESTRA 29A Fecha de muestreo 11/17/98	UNIDAD
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 PELICULA 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 MEZCLADO				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

ENSAYO	AASHTO	ESPECS AASHTO	Normativa Nacional	RESULTADOS MUESTRA 30A Fecha de muestreo 7/5/98	RESULTADOS MUESTRA 31A Fecha de muestreo 5/15/1998	UNID.
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

	Código	Módulo	Normativa	PROPIEDADES		PROPIEDADES		Unidad
				MUESTRA 37A	MUESTRA 37A	MUESTRA 37A	MUESTRA 37A	
				Fecha de muestreo	Fecha de muestreo	Fecha de muestreo	Fecha de muestreo	
				22/05/98	14/07/98	21/07/98	21/07/98	
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.

Tabla Resumen A-4: Ensayos de cemento asfáltico del tipo AC-20

PRUEBA	UNIDAD	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	RESULTADO	UNIDAD
PUNTO DE INFLAMACION	T 48	min 232	min 232	260,0±1,0	260,0±1,0	320,0±1,0	261,0±2,0	312,0±3,0	°C
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	T 53	-	-	41,6±0,6	45,1±0,2	44,2±0,3	43,0±0,1	44,2±0,1	°C
PENETRACIÓN a 15 °C	T 49	-	-	43,0±2,0	36,1±0,6	43,0±1,0	40,0±1,0	26,0±2,0	(1/10 mm)
PENETRACIÓN a 25 °C	T 49	min 60	min 60	100,0±1,0	85,0±1,0	83,0±0,6	92,0±1,0	71,0±1,0	(1/10 mm)
PENETRACIÓN a 35 °C	T 49	-	-	252,0±7,0	209,0±6,0	212,0±11,0	258,0±10,0	186,0±10,0	(1/10 mm)
VISCOSIDAD CINEMATICA a 120 °C	T 201	-	-	1040,0±10,0	1102,3±10,1	1173,0±4,0	1129,0±3,0	1107,0±4,0	cSt
VISCOSIDAD CINEMATICA a 135 °C	T 201	min 300	min 300	472,0±3,0	492,0±7,0	520,0±3,0	514,0±2,0	464,0±1,0	cSt
VISCOSIDAD CINEMATICA a 145 °C	T 201	-	-	295,0±1,0	301,0±4,0	318,0±1,0	325,0±1,0	277,0±1,0	cSt
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C	T 202	1600-2400	1600-2400	2330±10	2440±16	2430±170	2730±40	2780±10	Poise
DUCTILIDAD a 25 °C	T 51	-	-	>100	>100	>100	>100	>100	cm.
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	T 44	min 99	min 99	99,98±0,01	99,94±0,02	99,90±0,02	99,90±0,01	99,92±0,01	%
GRAVEDAD ESPECIFICA 25/25 °C	T 228	-	-	1,030±0,001	1,0245±0,0004	1,027±0,001	1,021±0,002	1,034±0,001	-
PERDIDA EN PELICULA DELGADA (D 1754)	T 179	max 0,5	max 0,5	0,59±0,02	0,610±0,008	0,54±0,02	0,628±0,008	0,521±0,008	%
PENETRACION a 25 °C al RESIDUO	T 49	-	-	52,5±0,5	51,0±1,0	46,7±0,6	51,2±0,5	44,0±2,0	(1/10 mm)
DUCTILIDAD A 25 °C DEL RESIDUO	T 51	min 50	min 50	90	>100	>100	>100	>100	cm.
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 80 °C RESIDUO	T 202	max 8000	-	7230±60	9000±200	8300±200	8400±100	8600±200	Poise
INDICE DE PENETRACION (GRAFICAMENTE)	No hay	-	-	0,4	0,5	0,25	0,4	0,9	-
INDICE DE SUCEPTIBILIDAD TERMICA (VTS)	No hay	-	3,30-3,90	3,46	3,45	3,4	3,46	3,54	-
RAZON DE VISCOSIDADES	No hay	-	MAX 3,0	3,1	3,69	3,42	3,08	3,09	-
INDICE DE INESTABILIDAD COLOIDAL		MAX 0,6	MAX 0,6	N D	N D	N D	N D	N D	-
PORCENTAJE DE CERAS	(2)	MAX 3,0	MAX 3,0	N D	N D	N D	N D	N D	%
TEMPERATURA DE MEZCLADO				147-150	147-150	148-151	148-151	146-149	°C
TEMPERATURA DE COMPACTACION				141-143	141-144	142-144	142-144	140-143	°C

Notas: (1) Se presentan los promedios y desviación estandar 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.

N.D. Resultado no disponible

Tabla Resumen A- 5: Ensayos de cemento asfáltico del tipo AC-20

	ANÁLISIS	ESPECIFICACION	Normativa	RESULTADOS MUESTRA 1/A Fecha de muestreo 19/11/99	RESULTADOS MUESTRA 2/A Fecha de muestreo 20/11/99	RESULTADOS MUESTRA 3/A Fecha de muestreo 21/12/99	RESULTADOS MUESTRA 4/A Fecha de muestreo 17/12/99	RESULTADOS MUESTRA 5/A Fecha de muestreo 18/12/99	
PUNTO DE INFLAMACION	T 48	min 232	min 232	314,0±1,0	310,0±1,0	320,0±1,0	326,0±1,0	330,0±1,0	°C
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	T 53	-	-	42,6±0,1	43,6±0,1	43,0±0,1	42,8±0,1	43,8±0,1	°C
PENETRACIÓN a 15 °C	T 49	-	-	26,0±1,0	26,8±0,5	26,0±2,0	26,0±1,0	27,0±1,0	(1/10 mm)
PENETRACIÓN a 25 °C	T 49	min 60	min 60	69,0±2,0	69,0±1,0	78,0±0,5	80,0±1,0	68,0±1,0	(1/10 mm)
PENETRACIÓN a 35 °C	T 49	-	-	206,0±3,0	183,0±4,0	198,0±2,0	201,0±4,0	185,0±3,0	(1/10 mm)
VISCOSIDAD CINEMATICA a 120 °C	T 201	-	-	1007,0±3,0	981,0±3,0	871,0±3,0	873,0±3,0	1018,0±3,0	cSt
VISCOSIDAD CINEMATICA a 135 °C	T 201	min 300	min 300	476,0±1,0	452,0±1,0	439,0±1,0	422,0±1,0	475,0±1,0	cSt
VISCOSIDAD CINEMATICA a 145 °C	T 201	-	-	290,0±1,0	282,0±1,0	258,0±1,0	292,0±1,0	295,0±1,0	cSt
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C	T 202	1600-2400	1600-2400	2400±10	2187,0±6,0	2068,0±4,0	1950,0±10,0	2440,0±30,0	Poise
DUCTILIDAD a 25 °C	T 51	-	-	>100	>100	>100	>100	>100	cm.
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	T 44	min 99	min 99	99,93±0,03	100 (3)	99,90±0,01	99,997±0,003	99,933±0,002	%
GRAVEDAD ESPECIFICA 25/25 °C	T 228	-	-	1,02498±0,00005	1,030±0,020	1,0367±0,0001	1,0186±0,0001	1,020±0,004	-
PERDIDA EN PÉLICULA DELGADA (D 1754)	T 179	max 0,5	max 0,5	0,369±0,008	0,186±0,008	0,103±0,008	0,108±0,008	0,122±0,008	%
PENETRACION a 25 °C a RESIDUO	T 49	-	-	40,7±0,5	46,0±2,0	53,0±1,0	56,0±0,5	42,0±1,0	(1/10 mm)
DUCTILIDAD A 25 °C DEL RESIDUO	T 51	min 50	min 50	>100	>100	>100	>100	>100	cm.
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C RESIDUO	T 202	max 8000	-	7090±200	4210±30	2800±100	2900±100	5400±200	Poise
INDICE DE PENETRACION (GRAFICAMENTE)	No hay	-	-	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-
INDICE DE SUCEPTIBILIDAD TERMICA (VTS)	No hay	-	3,30-3,90	3,47	3,47	3,47	3,49	3,48	-
RAZON DE VISCOSIDADES	No hay	-	MAX 3,0	2,95	1,93	1,35	1,49	2,21	-
INDICE DE INESTABILIDAD COLOIDAL		MAX 0,6	MAX 0,6	N D	N D	N D	N D	N D	-
PORCENTAJE DE CERAS	(2)	MAX 3,0	MAX 3,0	N D	N D	N D	N D	N D	%
TEMPERATURA DE MEZCLADO				146-149	146-149	145-148	145-148	146-149	°C
TEMPERATURA DE COMPACTACION				140-143	140-143	139-141	139-142	140-143	°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.
 (3) La cantidad de masa insoluble es de 0,0002g, la cual es la misma que la incertidumbre de la balanza usada. Por lo tanto se considera no detectable y estadísticamente no significativo.
 N.D. Resultado no determinado

Tabla Resumen A-6 : Ensayos de cemento asfáltico del tipo AC-20

PRUEBA	MUESTRO	ESPECIFICACION MUESTRO	Normativa Muestro	RESULTADOS MUESTRA YCA Fecha de muestreo 22/01/89	UNID.
PUNTO DE INFLAMACION	T 48	min. 232	min. 232	317,0±1,0	°C
PUNTO DE ABLANDAMIENTO	T 53	-	-	42,2±0,1	°C
PENETRACIÓN a 15 °C	T 49	-	-	16,0±1,0	(1/10 mm)
PENETRACIÓN a 25 °C	T 49	min 60	min 60	72,0±1,0	(1/10 mm)
PENETRACIÓN a 35 °C	T 49	-	-	188,0±3,0	(1/10 mm)
VISCOSIDAD CINEMATICA a 120 °C	T 201	-	-	1059,0±3,0	cSt
VISCOSIDAD CINEMATICA a 135 °C	T 201	min 300	min 300	479,0±2,0	cSt
VISCOSIDAD CINEMATICA a 145 °C	T 201	-	-	298,0±1,0	cSt
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C	T 202	1600-2400	1600-2400	2710±30	Poise
DUCTILIDAD a 25 °C	T 51	-	-	>100	cm.
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO	T 44	min. 99	min. 99	99,963±0,004	%
GRAVEDAD ESPECIFICA 25/25 °C	T 228	-	-	1,029±0,003	-
PERDIDA EN PELICULA DELGADA (D 1754)	T 179	max. 0,5	max. 0,5	0,346±0,008	%
PENETRACION a 25 °C al RESIDUO	T 49	-	-	44,3±0,5	(1/10 mm)
DUCTILIDAD A 25 °C DEL RESIDUO	T 51	min. 50	min. 50	>100	cm.
VISCOSIDAD ABSOLUTA a 60 °C RESIDUO	T 202	max. 8000	-	5680±200	Poise
INDICE DE PENETRACION (GRAFICAMENTE)	No hay	-	-	-0.9	-
INDICE DE SUCEPTIBILIDAD TERMICA (VTS)	No hay	-	3,30-3,90	3.51	-
RAZON DE VISCOSIDADES	No hay	-	MAX 3,0	2.1	-
INDICE DE INESTABILIDAD COLOIDAL		MAX 0,6	MAX 0,6	N.D	-
PORCENTAJE DE CERAS	(2)	MAX. 3,0	MAX. 3,0	N.D	%
TEMPERATURA DE MEZCLADO				146-149	°C
TEMPERATURA DE COMPACTACION				140-143	°C

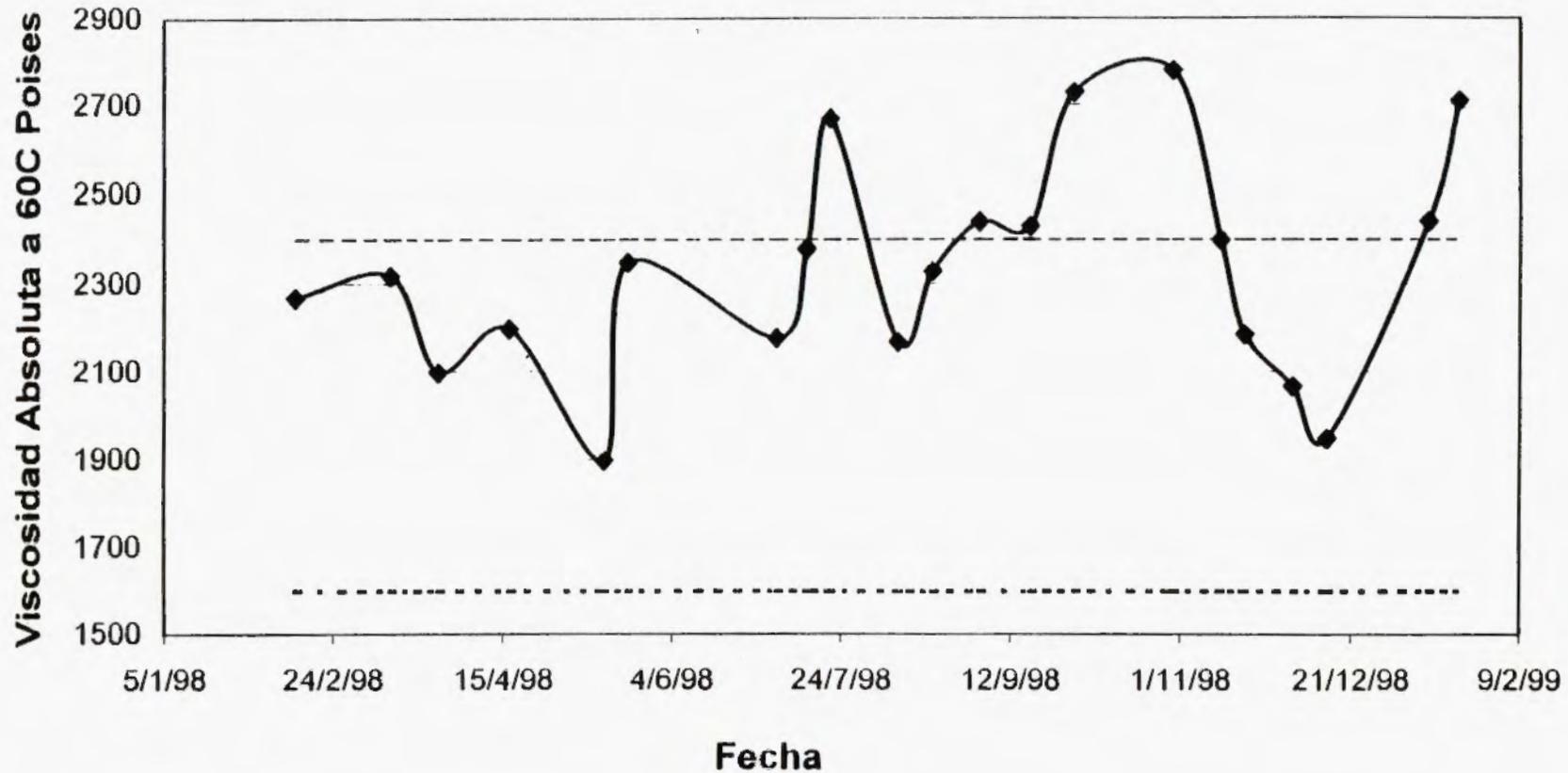
Notas: (1) Se presentan los promedios y desviación estándar por prueba realizada. En los casos don una sola determinación se indican solo los valores medidos
 (2) Procedimiento según Trejos Rodríguez, Tatiana. Propiedades químicas del asfalto.
 N.D. Resultado no detreminado

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



- ◆— Viscosidad absoluta a 60°C
- - - Mínimo AASHTO y Norm. Nac.
- - - Máx. AASHTO y Norm. Nac.

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

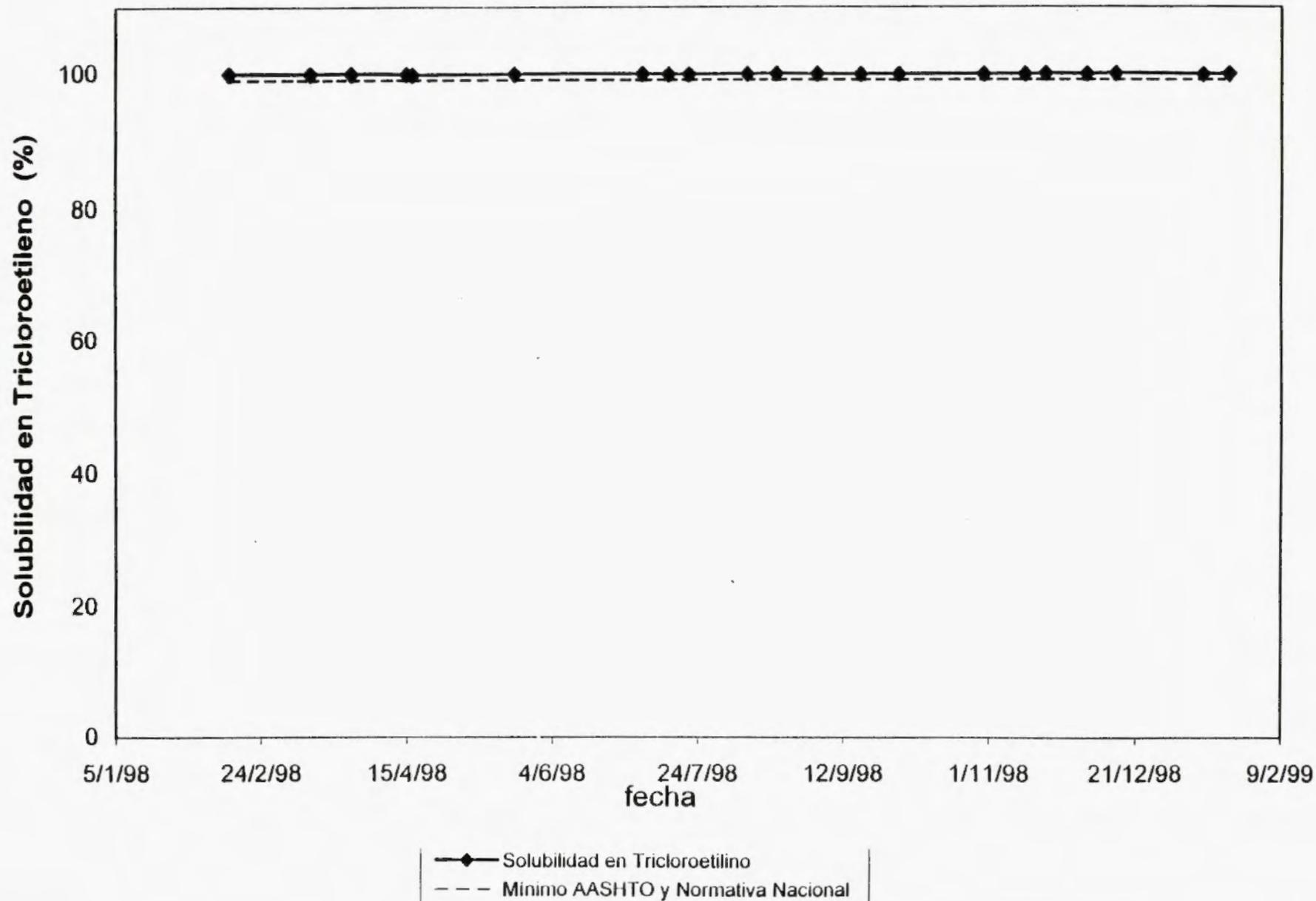


Figura No. A-3: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Proyecto Auditoría Externa a RECOPE

Comportamiento Histórico: Razón de Viscosidades

Cemento Asfáltico

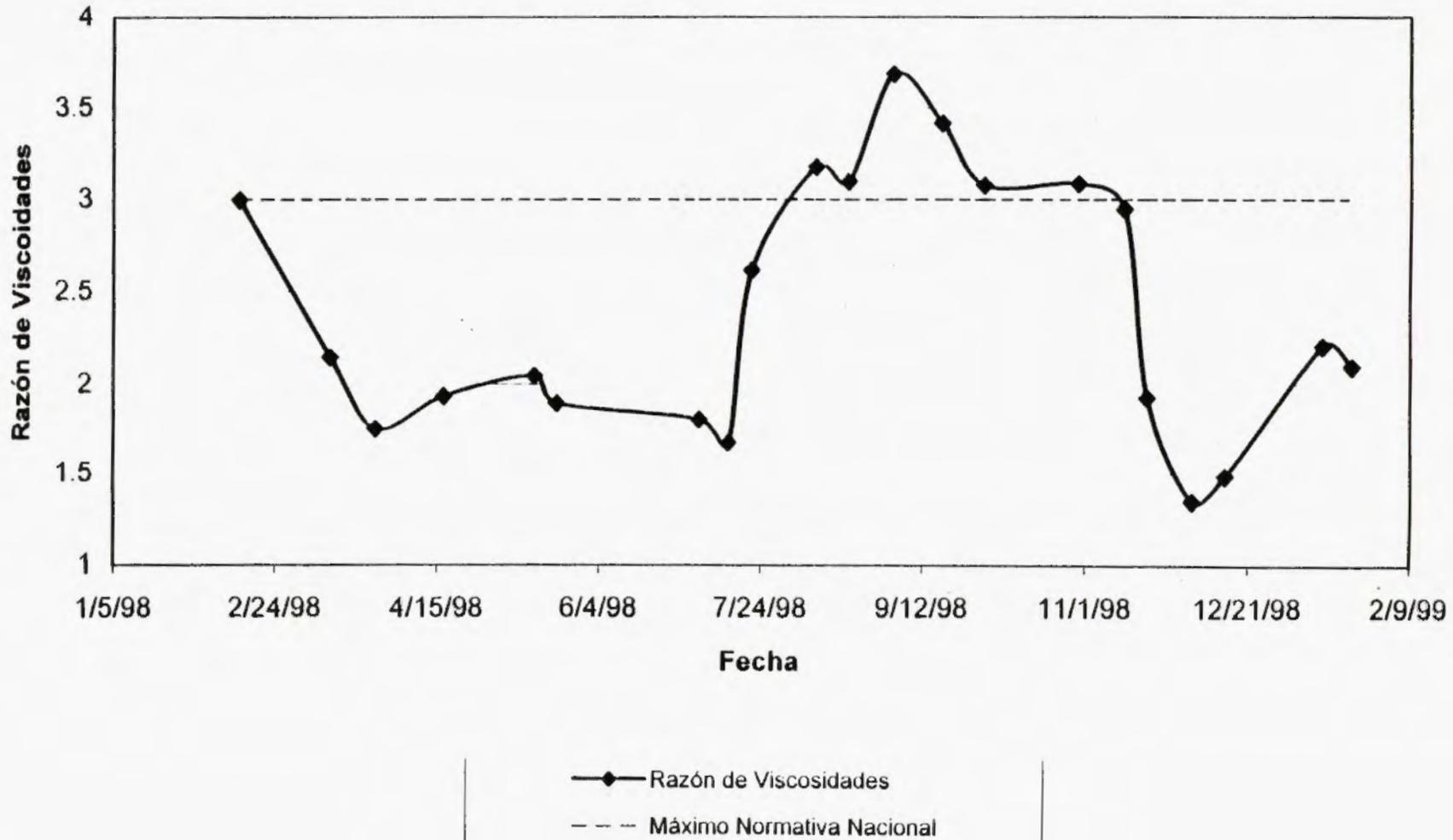
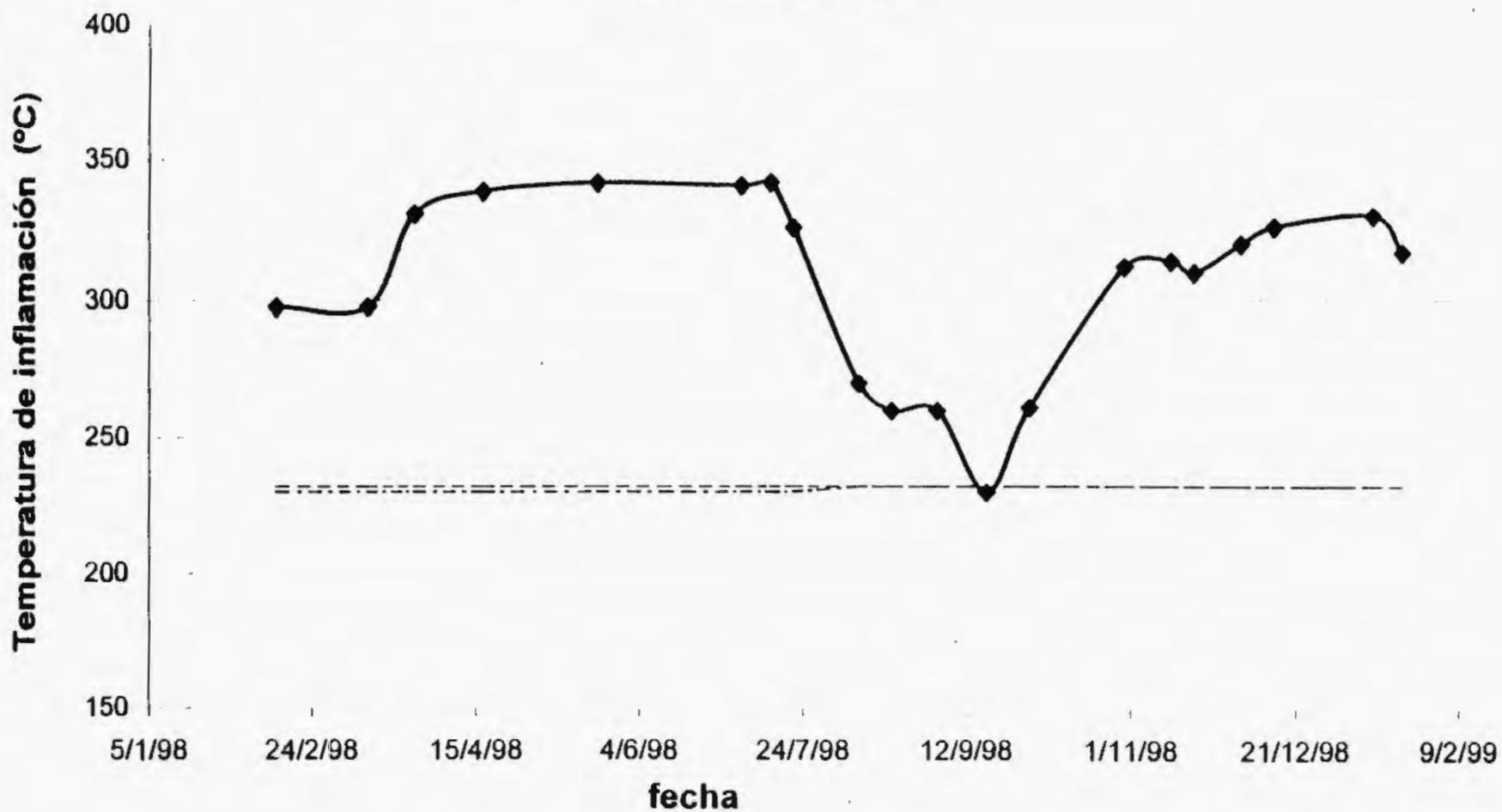


Figura No.A-4: Laboratorio Nacional de Materiales
Proyecto de Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Punto de inflamación.
Cemento Asfáltico



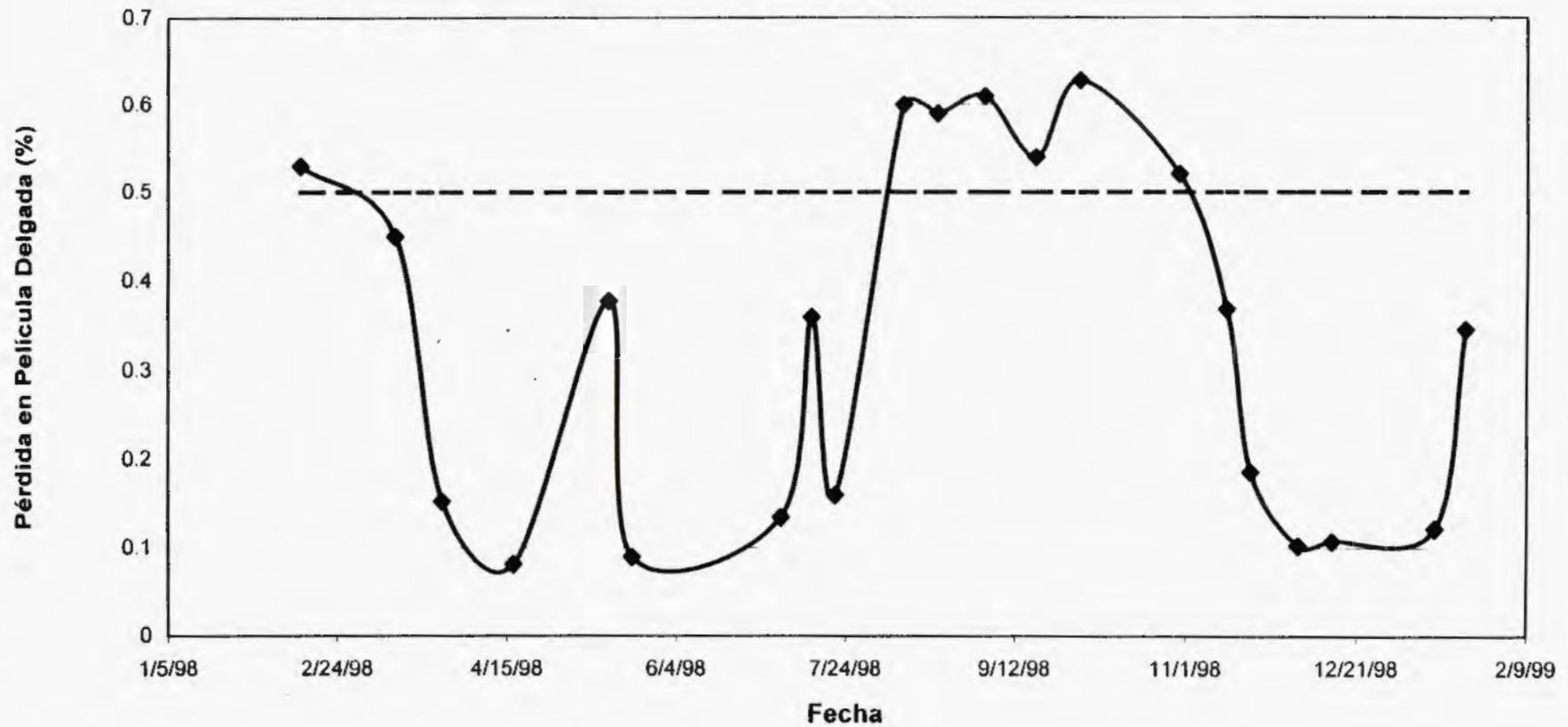
—◆— Punto de inflamación
 - - - Valor mínimo AASHTO
 - · - · Valor mínimo Normativa Nacional

Figura No. A-5: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Proyecto Auditoría Externa a RECOPE

Comportamiento Histórico: Pérdida en Película Delgada

Cemento Asfáltico



- ◆— Pérdida en Película Delgada
- — Máximo AASHTO y Normativa Nacional

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

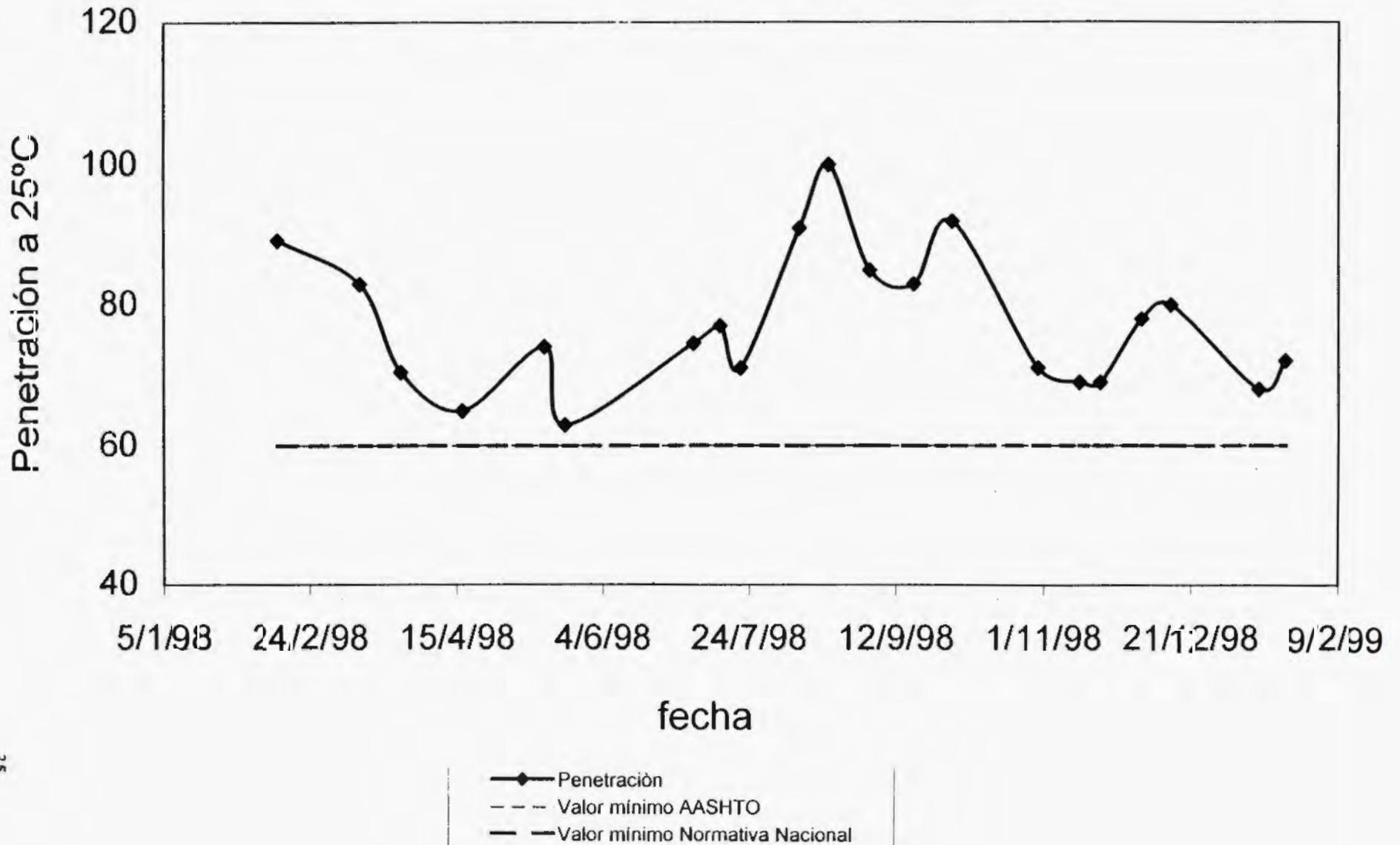
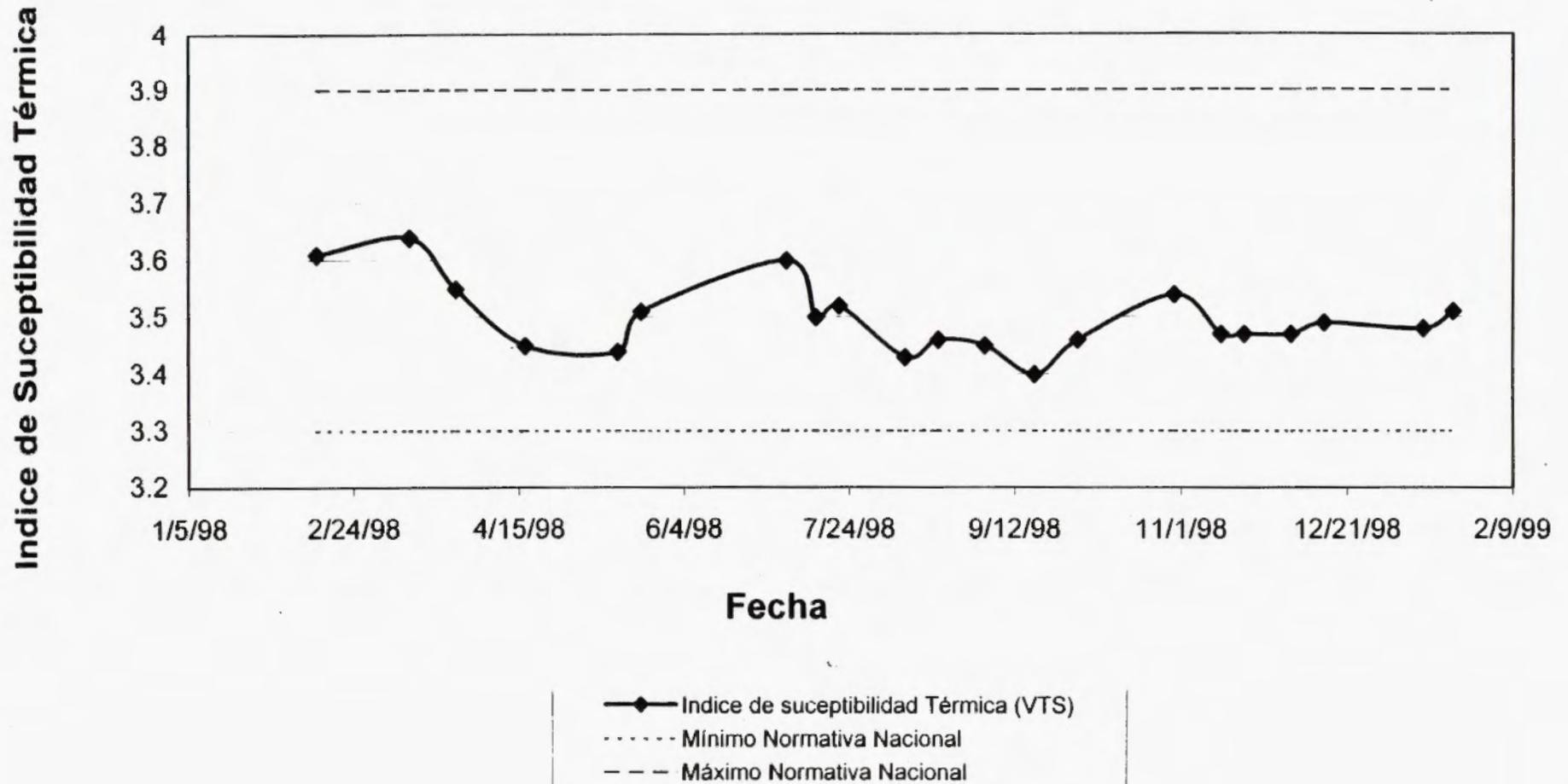


Figura No. A-7: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Índice de susceptibilidad Térmica (VTS)
Cemento Asfáltico



ANEXO II

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

Tabla Resumen A-7 : Ensayos de emulsión asfáltica tipo CRS-1h

ENSAYO	AASHTO	ESPECS AASHTO lim. Inferior	ESPECS AASHTO lim. Superior	RESULTADOS MUESTRA 28E Fecha de muestreo 3/6/98	RESULTADOS MUESTRA 29E Fecha de muestreo 3/19/98	RESULTADOS MUESTRA 30E Fecha de muestreo 4/3/98	RESULTADOS MUESTRA 31E Fecha de muestreo 4/24/1998	UNID
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 Nº 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-8 : Ensayos de emulsión asfáltica tipo CRS-1h

ENSAJO	AASHTO	ESPECS AASHTO lim. Inferior	ESPECS AASHTO lim. Superior	RESULTADOS MUESTRA 32E Fecha de muestreo 6/5/98	RESULTADOS MUESTRA 33E Fecha de muestreo 6/4/98	RESULTADOS MUESTRA 34E Fecha de muestreo 19/06/98	RESULTADOS MUESTRA 35E Fecha de muestreo 2/7/98	UNID.
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 Nº 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

Tabla Resumen A-9 : Ensayos de emulsión asfáltica tipo CRS 1h

PRUEBA	AASHTO	ESPEC. AASHTO Un. Inferior	ESPEC. AASHTO Un. Superior	RESULTADOS MUESTRA 36E Fecha de muestreo 30/07/1998	RESULTADOS MUESTRA 37E Fecha de muestreo 14/08/1998	RESULTADOS MUESTRA 38E Fecha de muestreo 17/09/1998	RESULTADOS MUESTRA 39E Fecha de muestreo 1/10/1998	RESULTADOS MUESTRA 40E Fecha de muestreo 20/10/1998	
VISCOSIDAD SAYBOT FUROL A 50°C	T 72	20	100	39,5±0,1	32,9±0,1	31,6±0,6	33,7±0,1	34,8±0,1	sF
ESTABILIDAD ALMACENAMIENTO 24 horas	D 244 (2)	-	1 0	0,30±0,01	0,40±0,01	0,5±0,1	1,2±0,1	1,80±0,01	%
PRUEBA DE LA MALLA N° 20	D 244 (2)	-	0 1	0 01	N.D	N.D	0,0128±0,0002	N D	%
PRUEBA DE RECUBRIMIENTO	D 244 (2)	-	-	NA	NA	NA	NA	NA	-
ASFALTO RESIDUAL	T 59	60	-	65,6±0,2	61,2±0,2	64,6±0,2	64,8±0,2	64,4±0,2	%
PENETRACION A 25°C DE RESIDUO	T 49	40	90	90,0±1,0	90,0±0,5	85,3±0,6	85,7±0,5	85,0±1,0	(1/10mm)
DUCTILIDAD A 25°C DEL RESIDUO	T 51	40	-	>100	>100	>100	>100	>100	cm
SOLUBILIDAD DEL RESIDUO	T 44	97,5	-	99,93±0,01	99,94±0,02	99,93±0,02	99,87±0,01	99,93±0,04	%

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

Tabla Resumen A-10 : Ensayos de emulsión asfáltica tipo CRS-1h

ENSAYO	AASHTO	ESPECS AASHTO lim. Inferior	ESPECS AASHTO lim. Superior	RESULTADOS MUESTRA 41E Fecha de muestreo 28/10/98	RESULTADOS MUESTRA 42E Fecha de muestreo 28/11/98	RESULTADOS MUESTRA 43E Fecha de muestreo 4/12/98	RESULTADOS MUESTRA 44E Fecha de muestreo 14/12/98	RESULTADOS MUESTRA 45E Fecha de muestreo 15/1/99	UNID.
VISCOSIDAD SAYBOT FUROL A 50°C	T 72	20	100	32,5±0,2	31,4±0,6	29,51±0,01	22,1±0,4	28,4±0,1	sF
ESTABILIDAD ALMACENAMIENTO 24 horas	D 244 (2)	-	1.0	0,8±0,1	0,6±0,1	1,25±0,01	1,37±0,01	1,35±0,08	%
PRUEBA DE LA MALLA N° 20	D 244 (2)	-	0.1	0,015±0,002	0,006±0,004	0,0137±0,0002	0,054±0,002	0,0009±0,0001	%
PRUEBA DE RECUBRIMIENTO	D 244 (2)	-	-	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	-
ASFALTO RESIDUAL	T 59	60	-	67,0±3,0	64,4±0,2	62,0±0,2	60,5±0,2	64,5±0,2	%
PENETRACION A 25°C DE RESIDUO	T 49	40	90	85,0±1,0	79,0±2,0	83,0±1,0	80,0±1,0	67,0±2,0	(1/10mm)
DUCTILIDAD A 25°C DEL RESIDUO	T 51	40	-	>100	>100	>100	>100	>100	cm
SOLUBILIDAD DEL RESIDUO	T 44	97.5	-	99,95±0,03	99,950±0,005	99,888±0,006	99,916±0,003	99,871±0,005	%

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

N.D: No detectable

Tabla Resumen A-11 : Ensayos de emulsión asfáltica tipo CRS-1h

ENSAYO	AASHTO	ESPECS AASHTO lim. Inferior	ESPECS AASHTO lim. Superior	RESULTADOS MUESTRA 46E Fecha de muestreo 21/01/99	UNID.
VISCOSIDAD SAYBOT FUROL A 50°C	T 72	20	100	29,8±0,1	sF
ESTABILIDAD ALMACENAMIENTO 24 horas	D 244 (2)	-	1.0	1,20±0,30	%
PRUEBA DE LA MALLA N° 20	D 244 (2)	-	0.1	0,008±0,001	%
PRUEBA DE RECUBRIMIENTO	D 244 (2)	-	-	N.A	-
ASFALTO RESIDUAL	T 59	60	-	81,5±0,5	%
PENETRACION A 25°C DE RESIDUO	T 49	40	90	63,8±0,2	(1/10mm)
DUCTILIDAD A 25°C DEL RESIDUO	T 51	40	-	>100	cm
SOLUBILIDAD DEL RESIDUO	T 44	97.5	-	99,981±0,002	%

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

N.D: No detectable

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

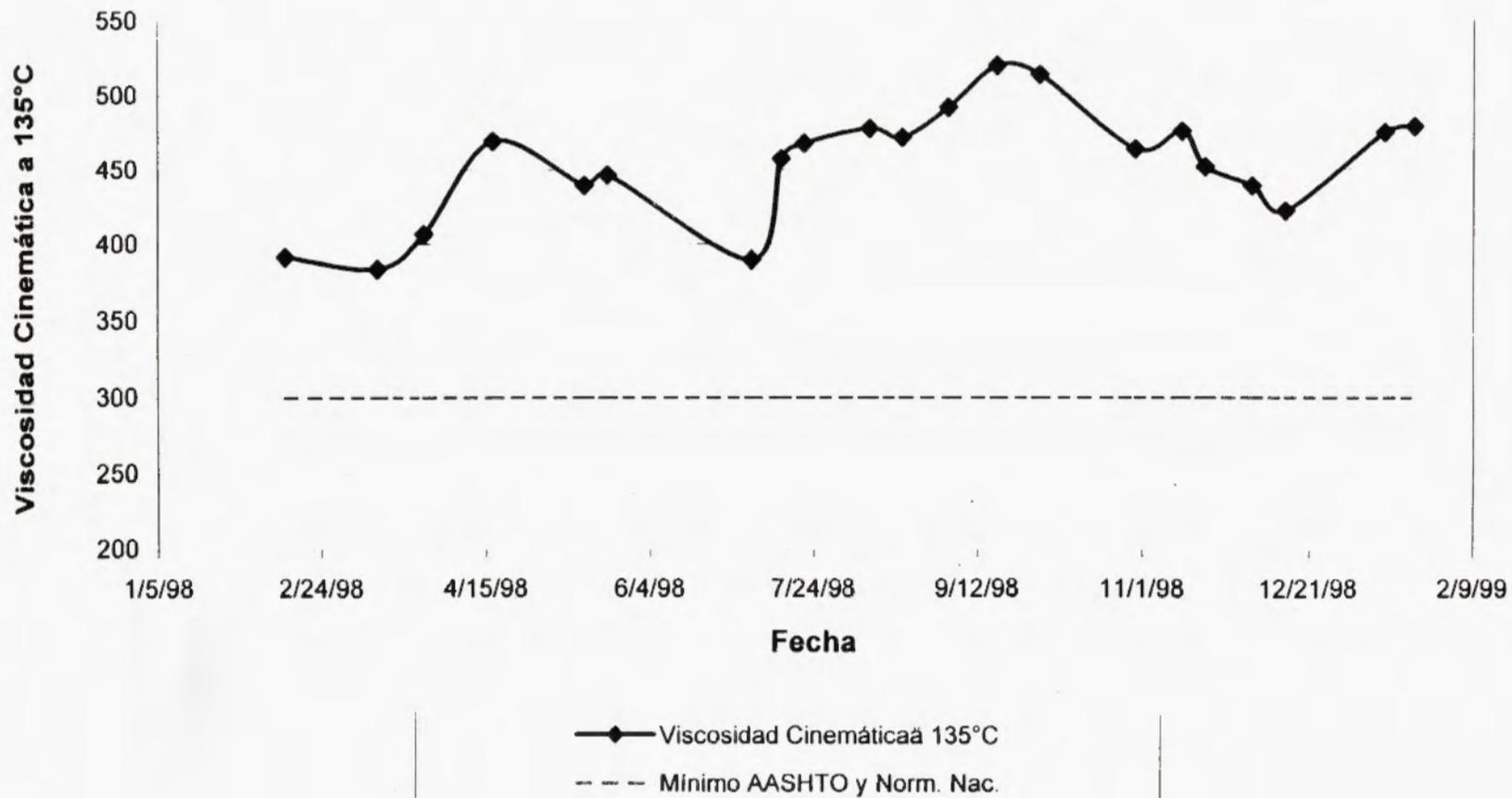


Figura No. A-9: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos
Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Temperatura de Mezclado
Cemento Asfáltico

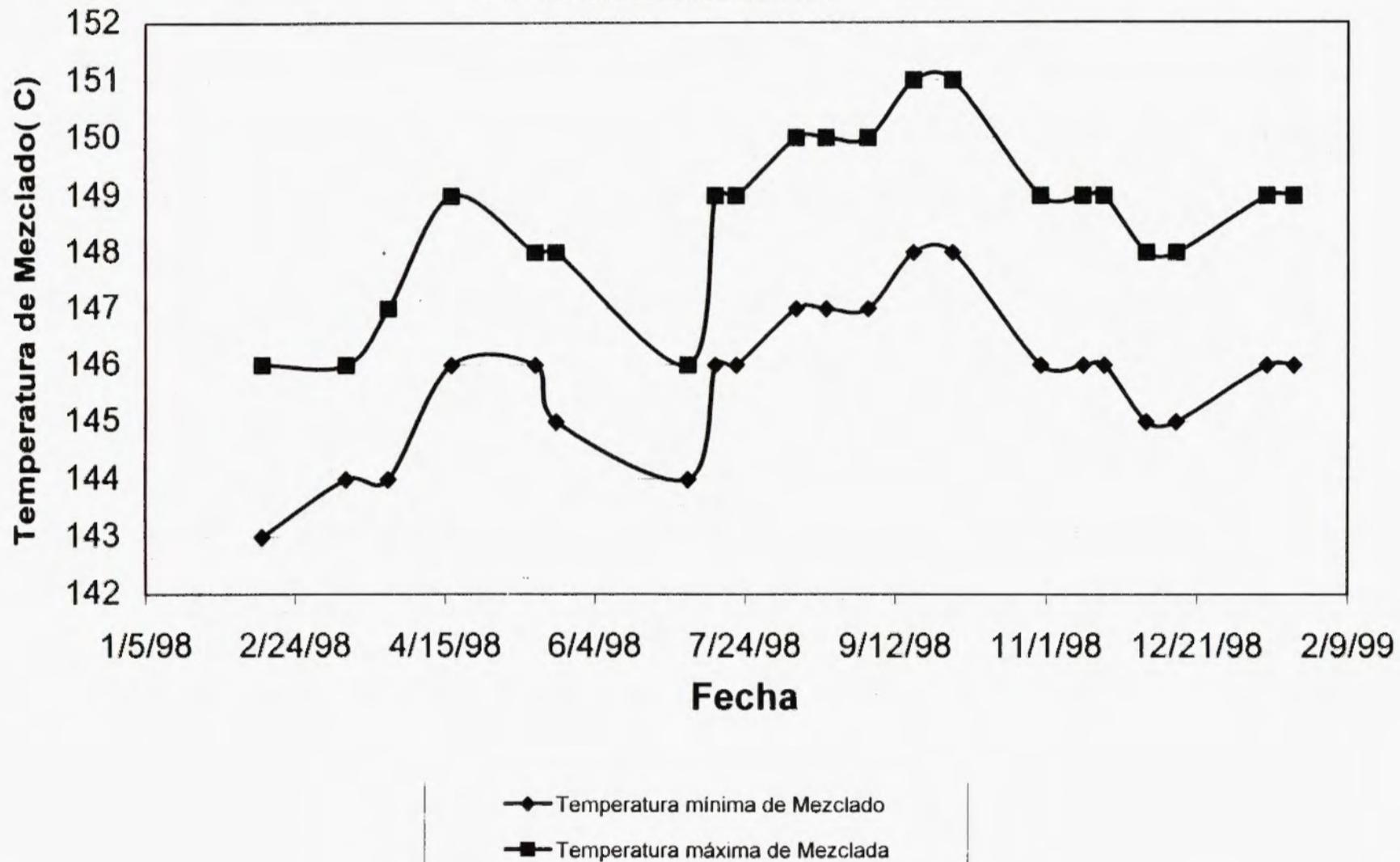
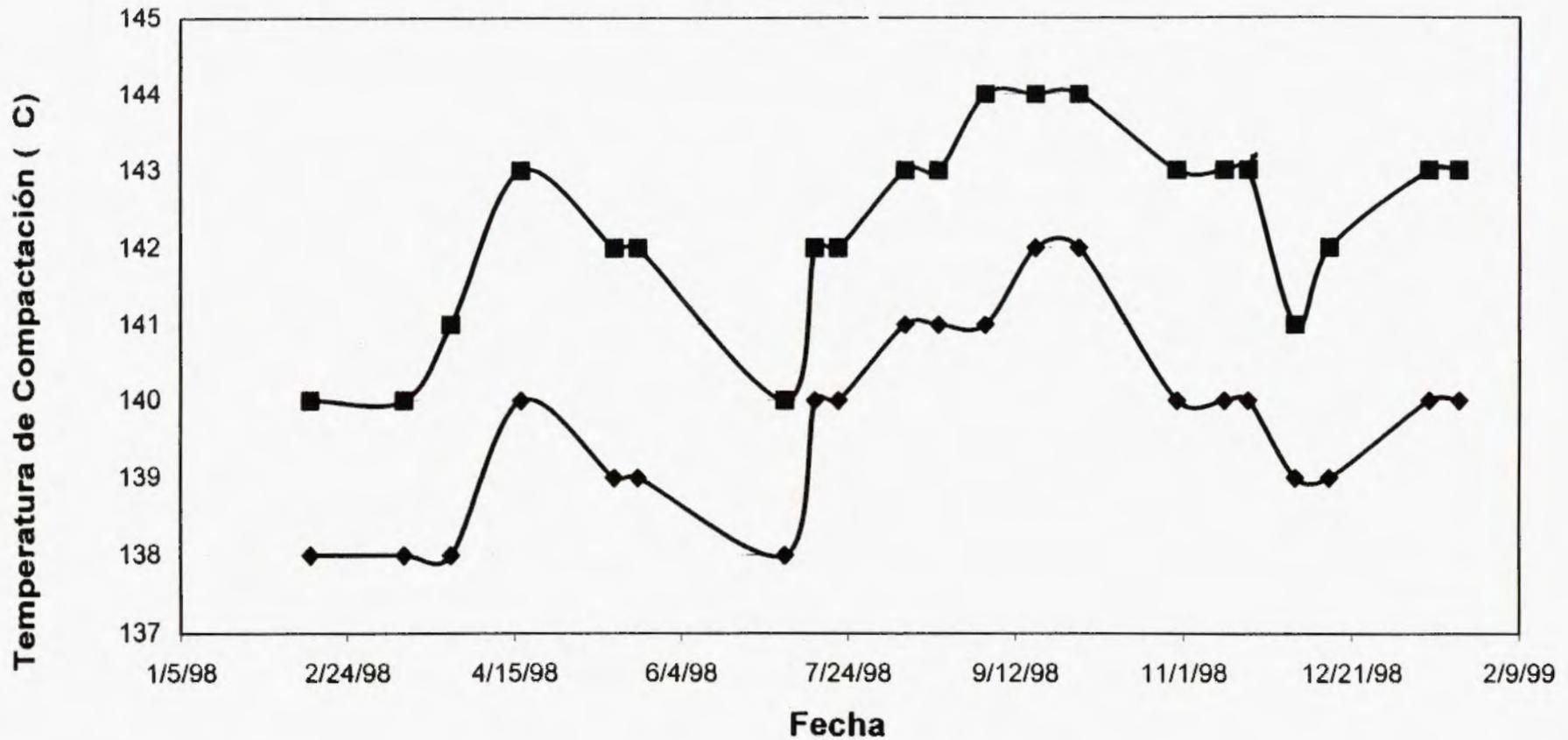


Figura No. A-10: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Proyecto Auditoría Externa a RECOPE

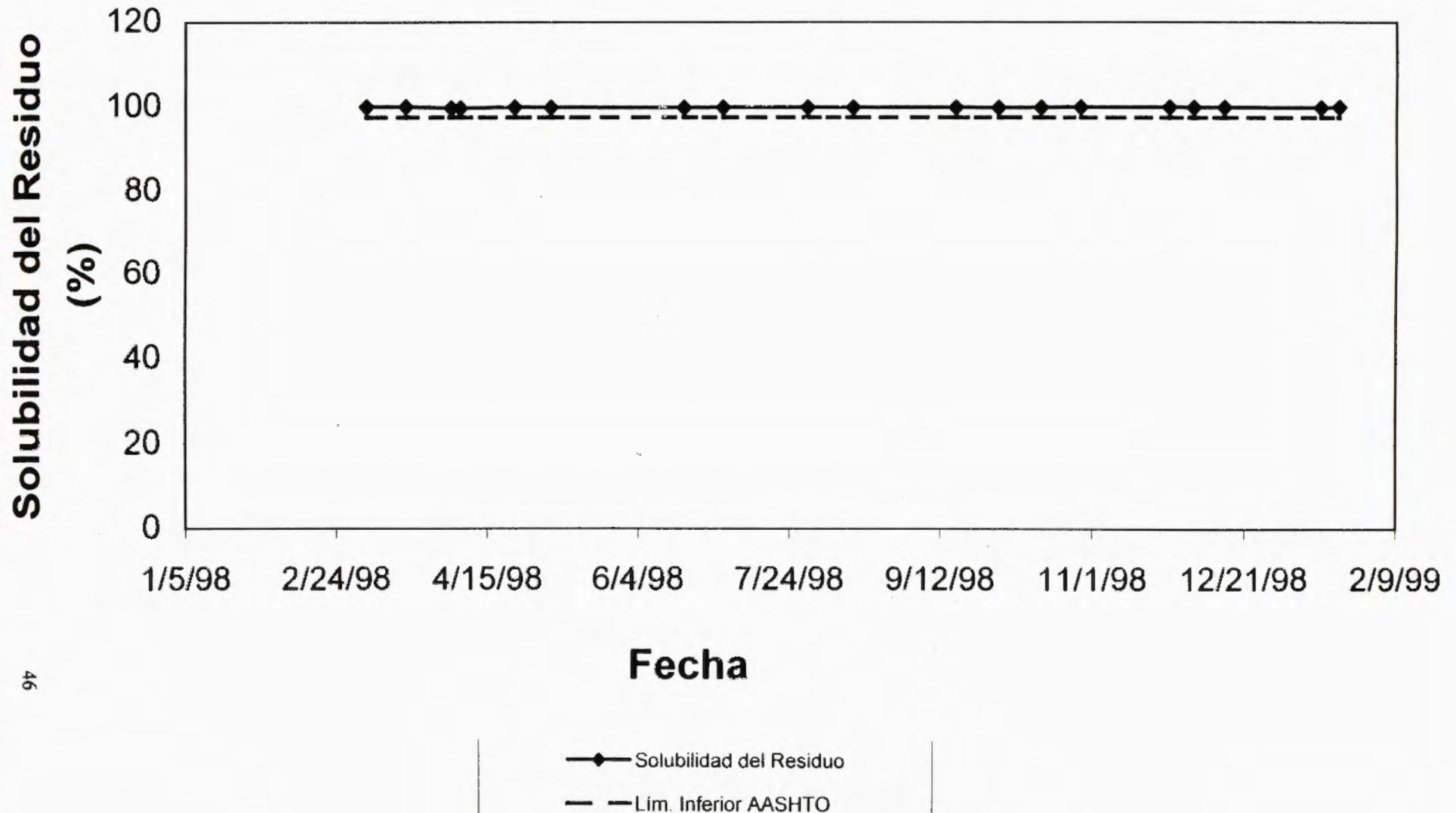
Comportamiento Histórico: Temperatura de Compactación

Cemento Asfáltico



◆ Temperatura mínima de Compactación
■ Temperatura máxima de Compactación

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



Proyecto Auditoría Externa a RECOPE

Comportamiento Histórico: Viscosidad Saybot Furol a 50 C

Emulsión Asfáltica CRS-1H

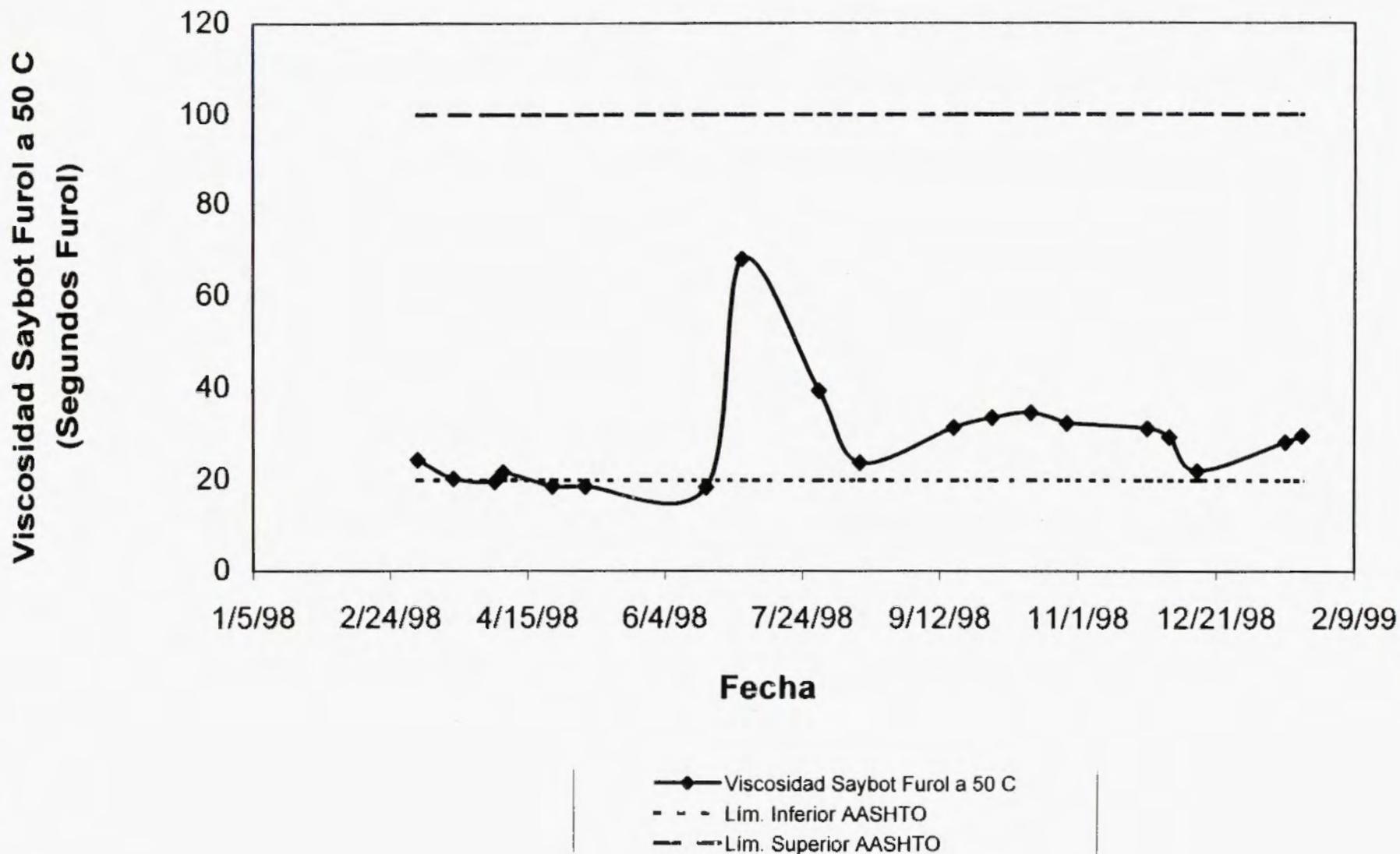


Figura No.A-13: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos

Estructurales

Proyecto Auditoría Externa a RECOPE

Comportamiento Histórico: Asfalto Residual

Emulsión Asfáltica CRS-1h

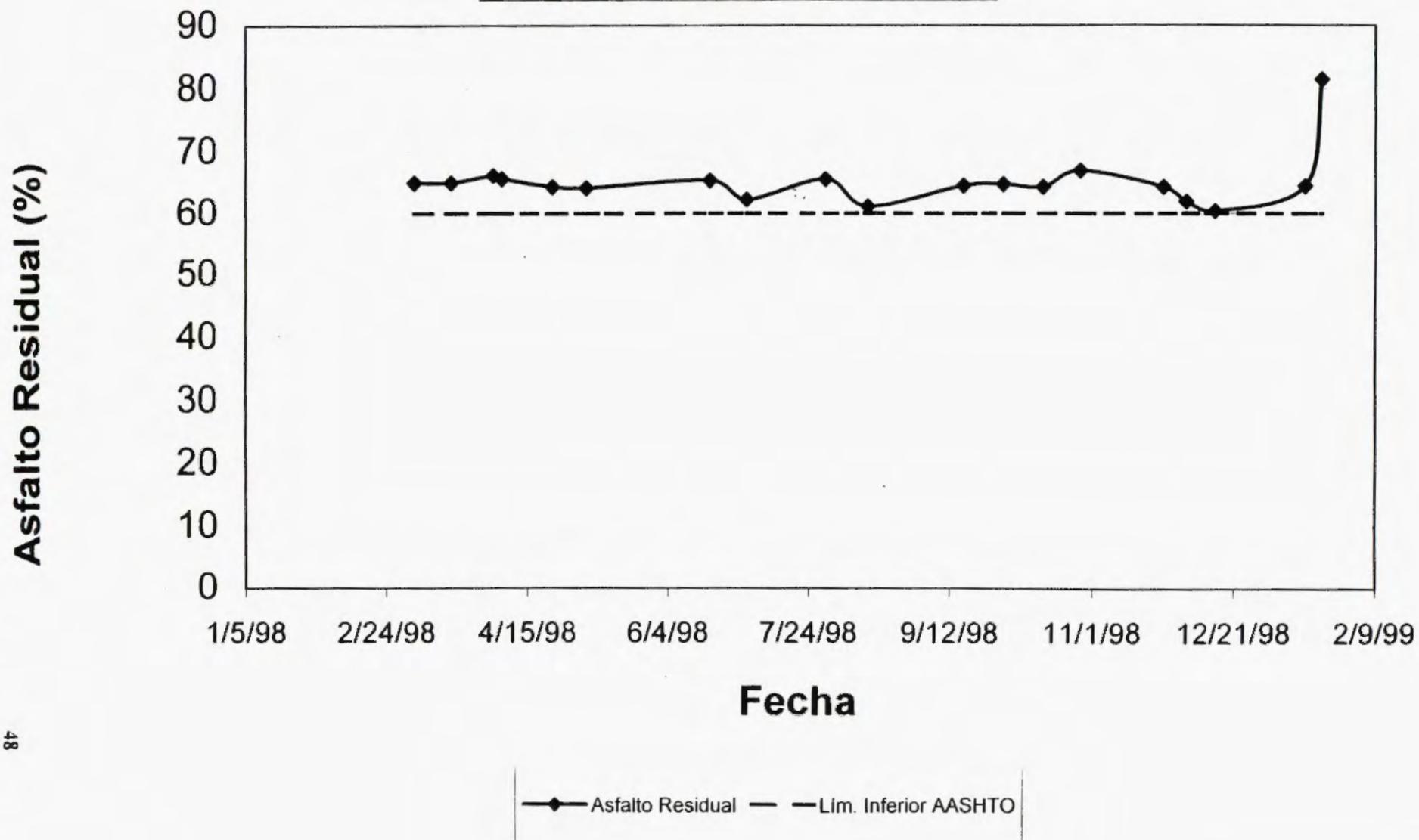


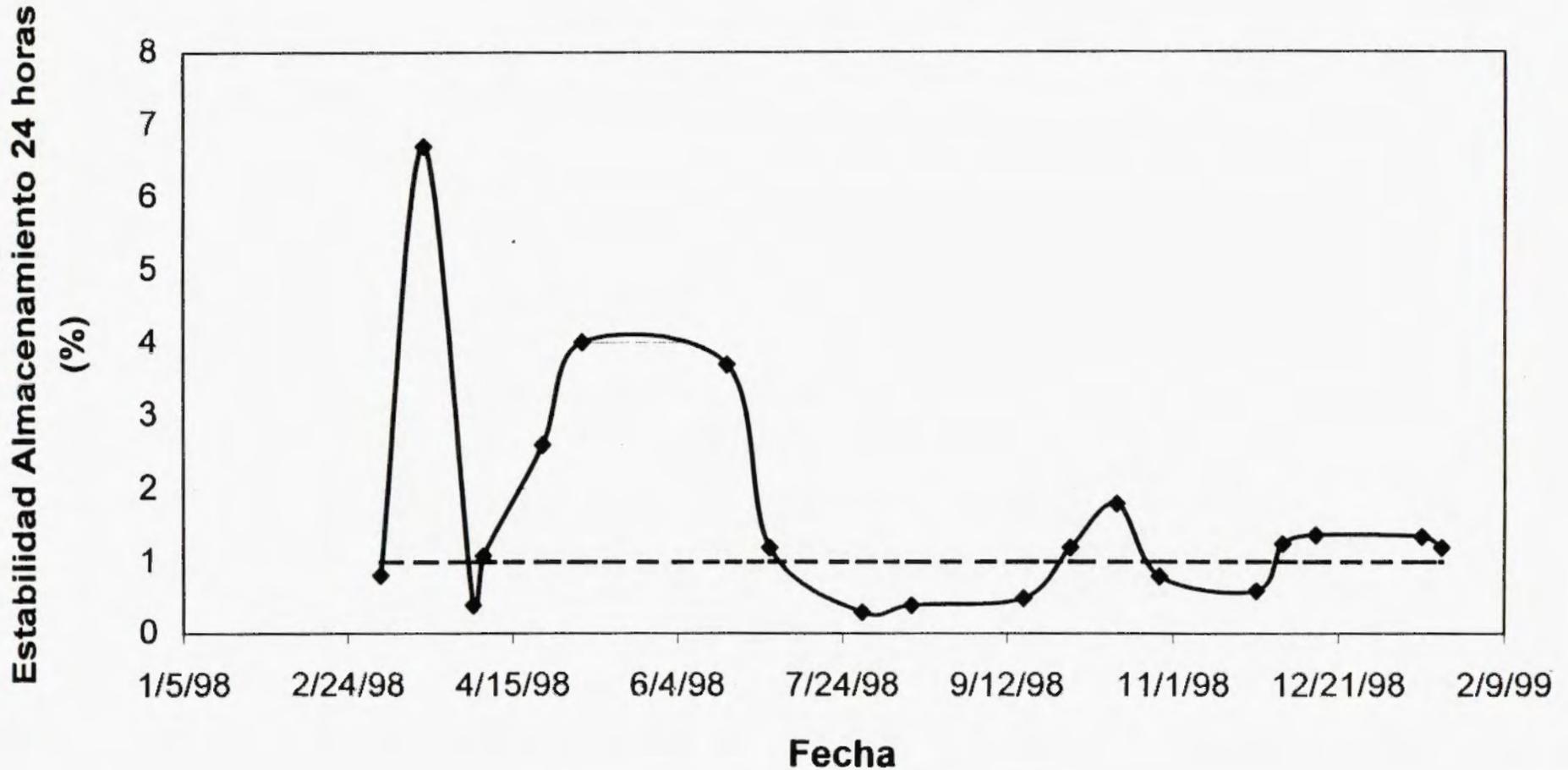
Figura No. A-14: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos

Estructurales

Proyecto Auditoría Externa a RECOPE

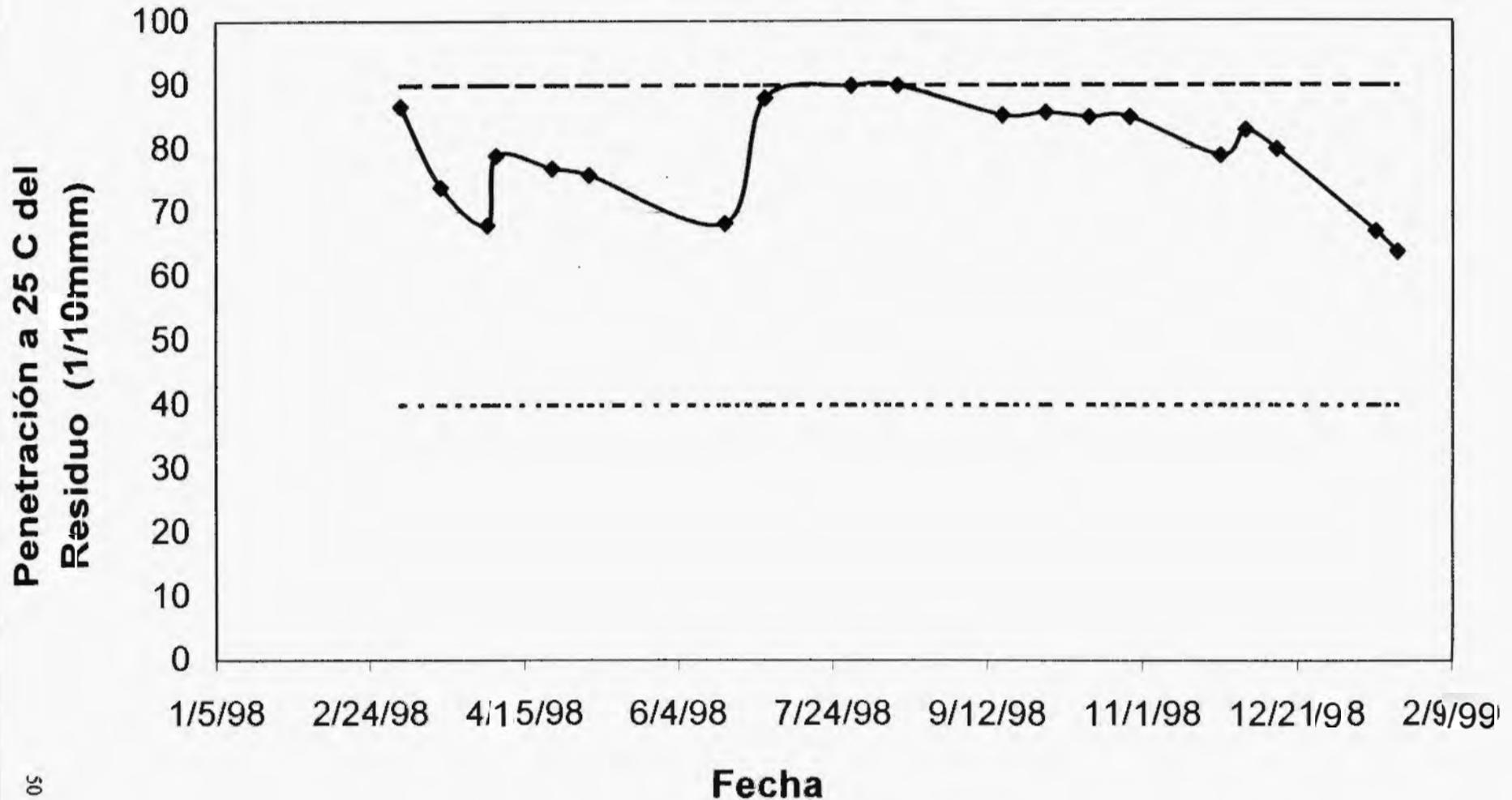
Comportamiento Histórico: Estabilidad Almacenamiento 24 horas

Emulsión Asfáltica CRS-1H



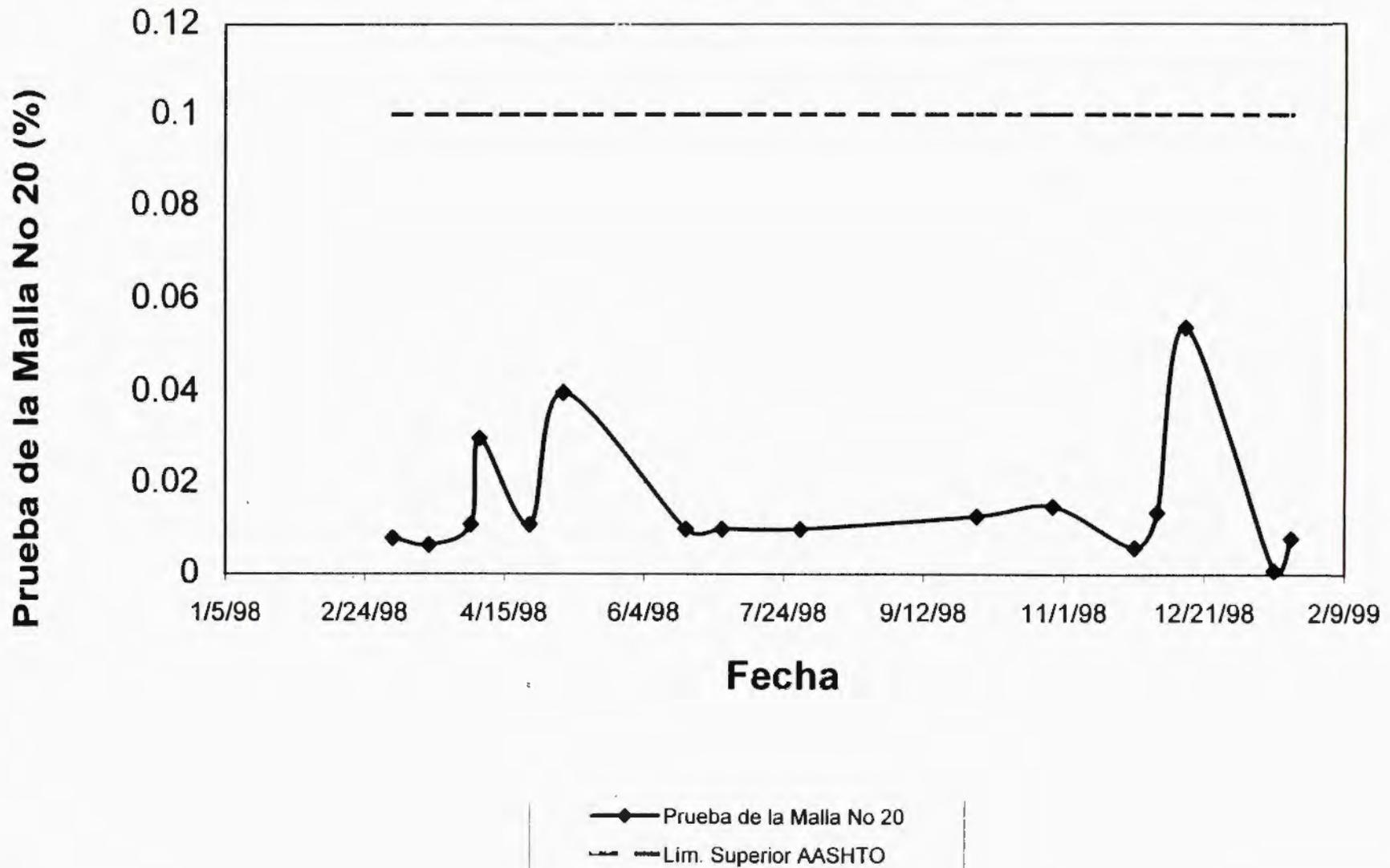
—◆— Estabilidad Almacenamiento 24 horas
- - - - - Lím. Superior AASHTO

**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



- ◆— Penetración a 25 C del Residuo
- - - Lim. Inferior AASHTO
- Lim. Superior AASHTO

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.**

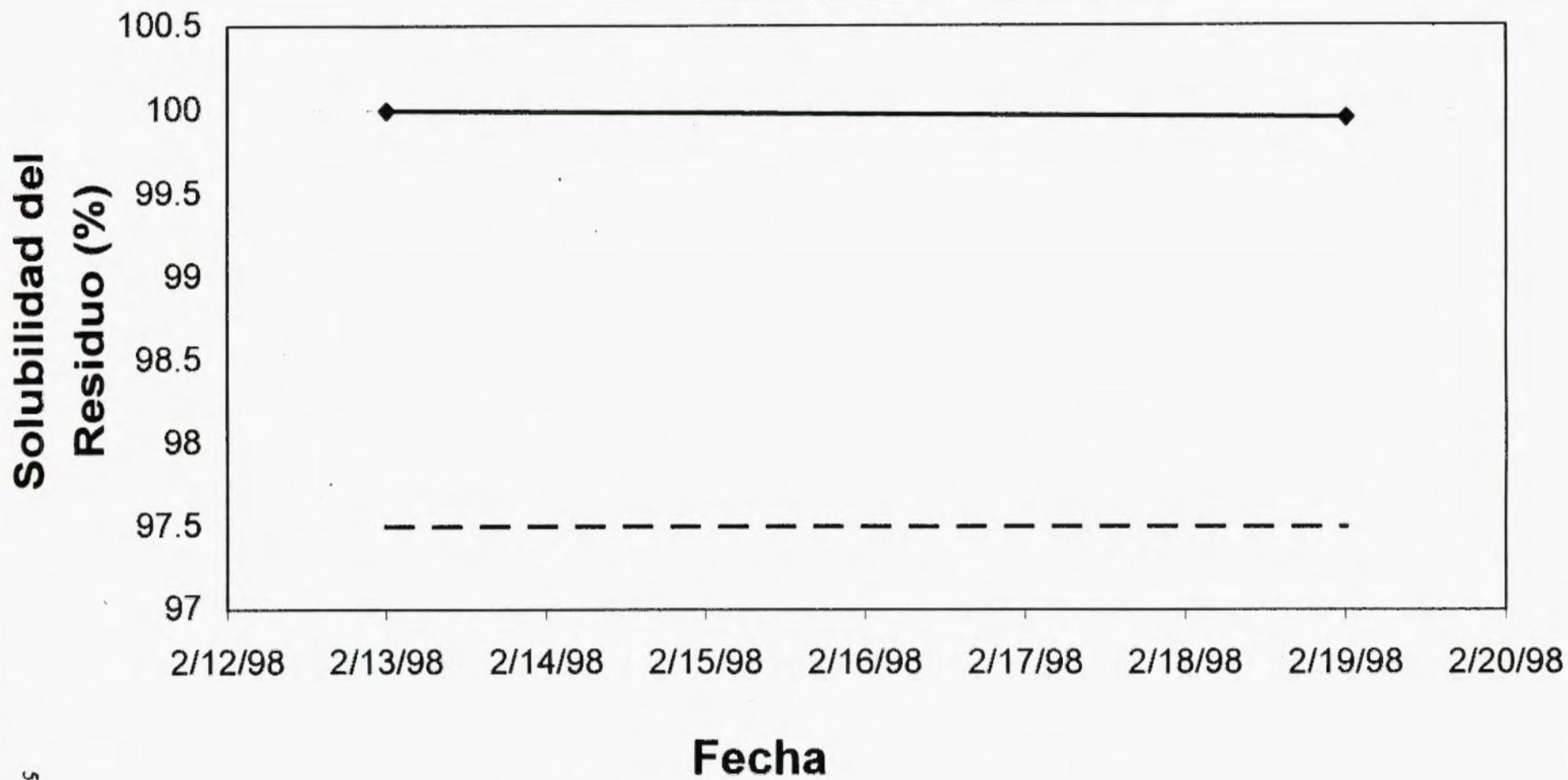
Tabla Resumen A-12: Ensayos de emulsión asfáltica tipo CRS-1

ENSAYO	AASHTO	ESPECS AASHTO lim. Inferior	ESPECS AASHTO lim. Superior	RESULTADOS MUESTRA 26E Fecha de muestreo 2/13/98	RESULTADOS MUESTRA 27E Fecha de muestreo 2/19/98	UNID.
VISCOSIDAD SAYBOT FUROL 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



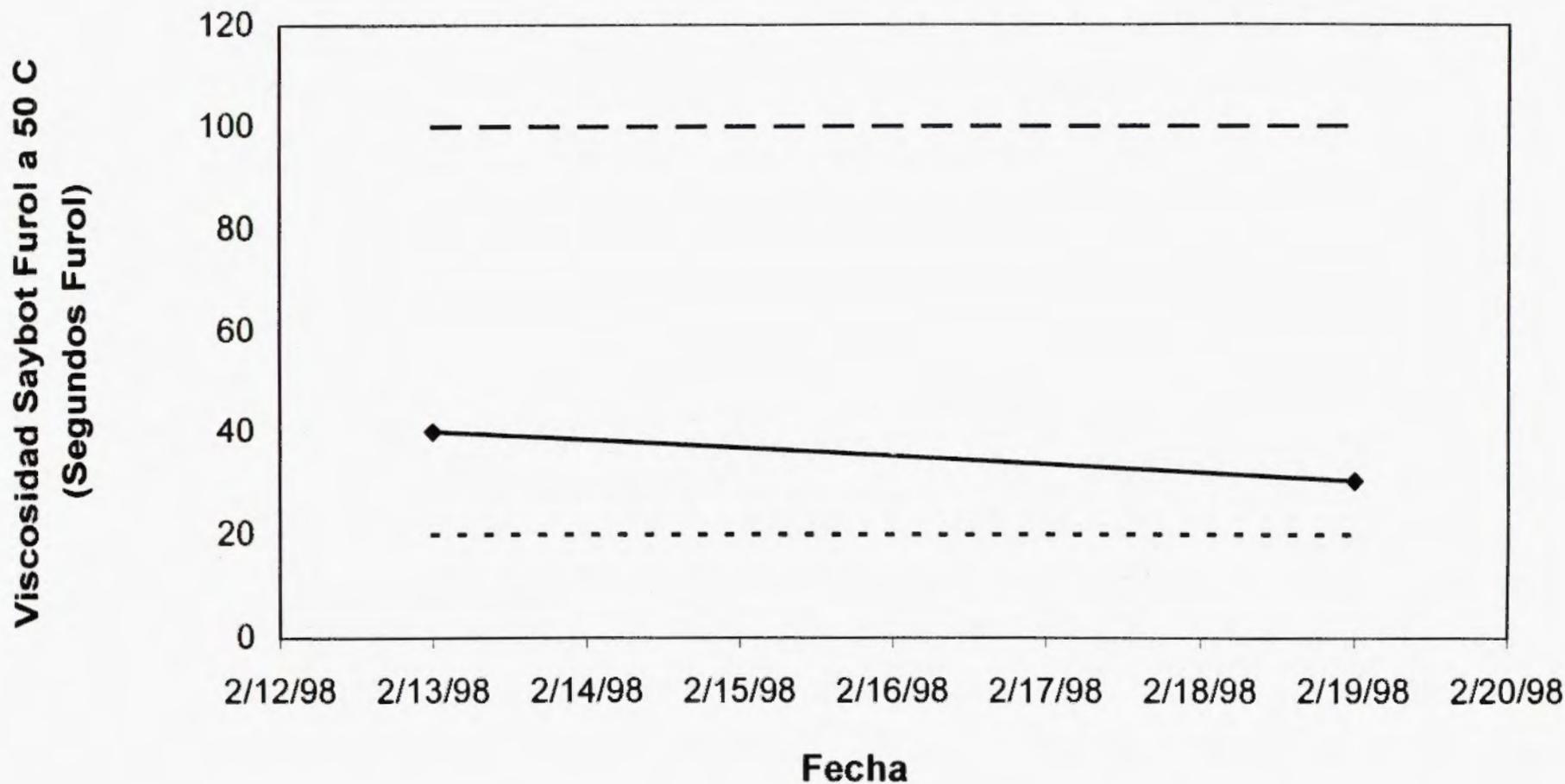
—◆— Solubilidad del Residuo
- - - Lim. Inferior AASHTO

Figura No.A-18: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales

Proyecto Auditoría Externa a RECOPE

Comportamiento Histórico: Viscosidad Saybot Furol a 50 C

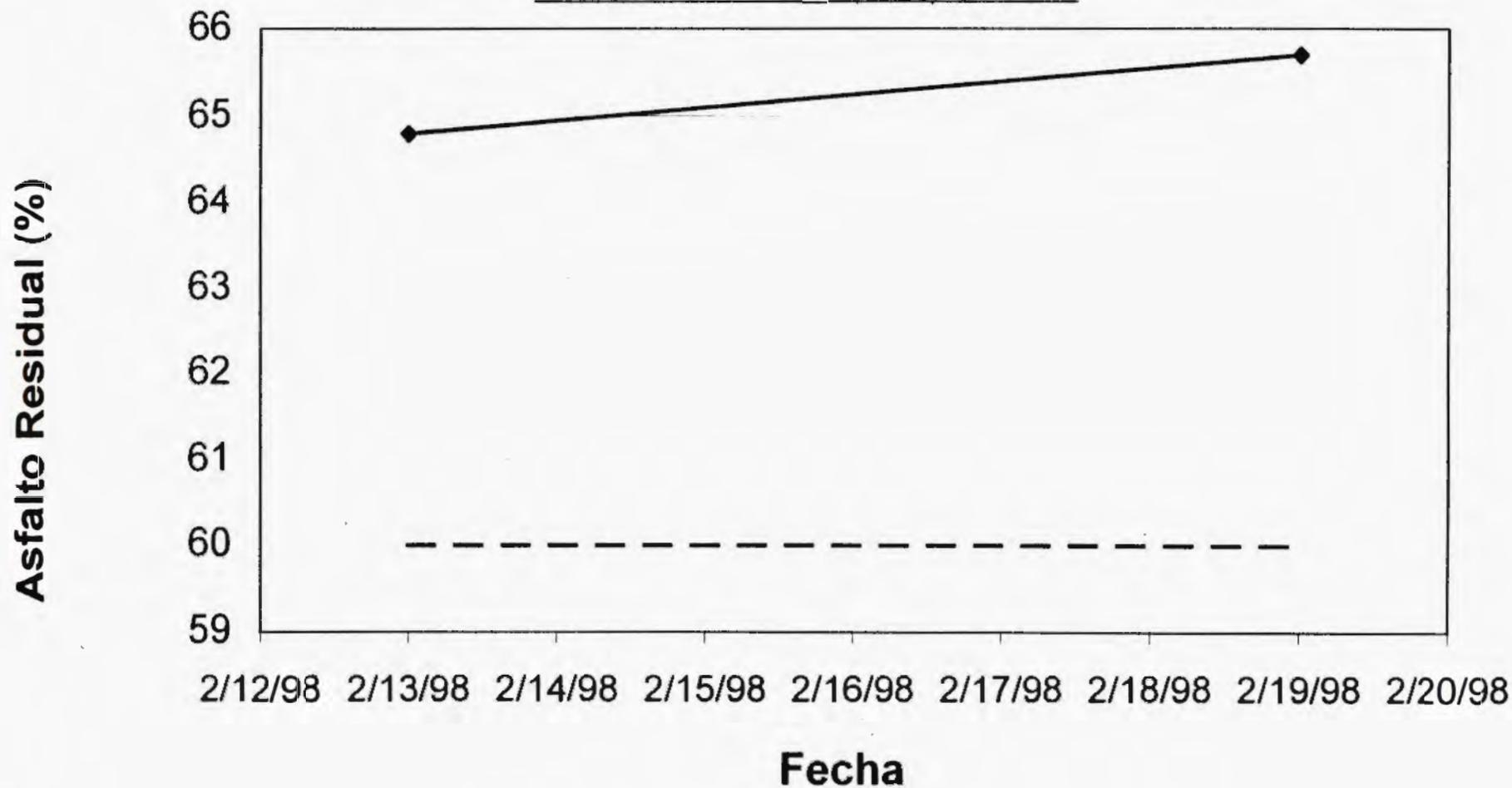
Emulsión Asfáltica CRS-1



- ◆— Viscosidad Saybot Furol a 50 C
- - - Lim. Inferior AASHTO
- - - Lim. Superior AASHTO

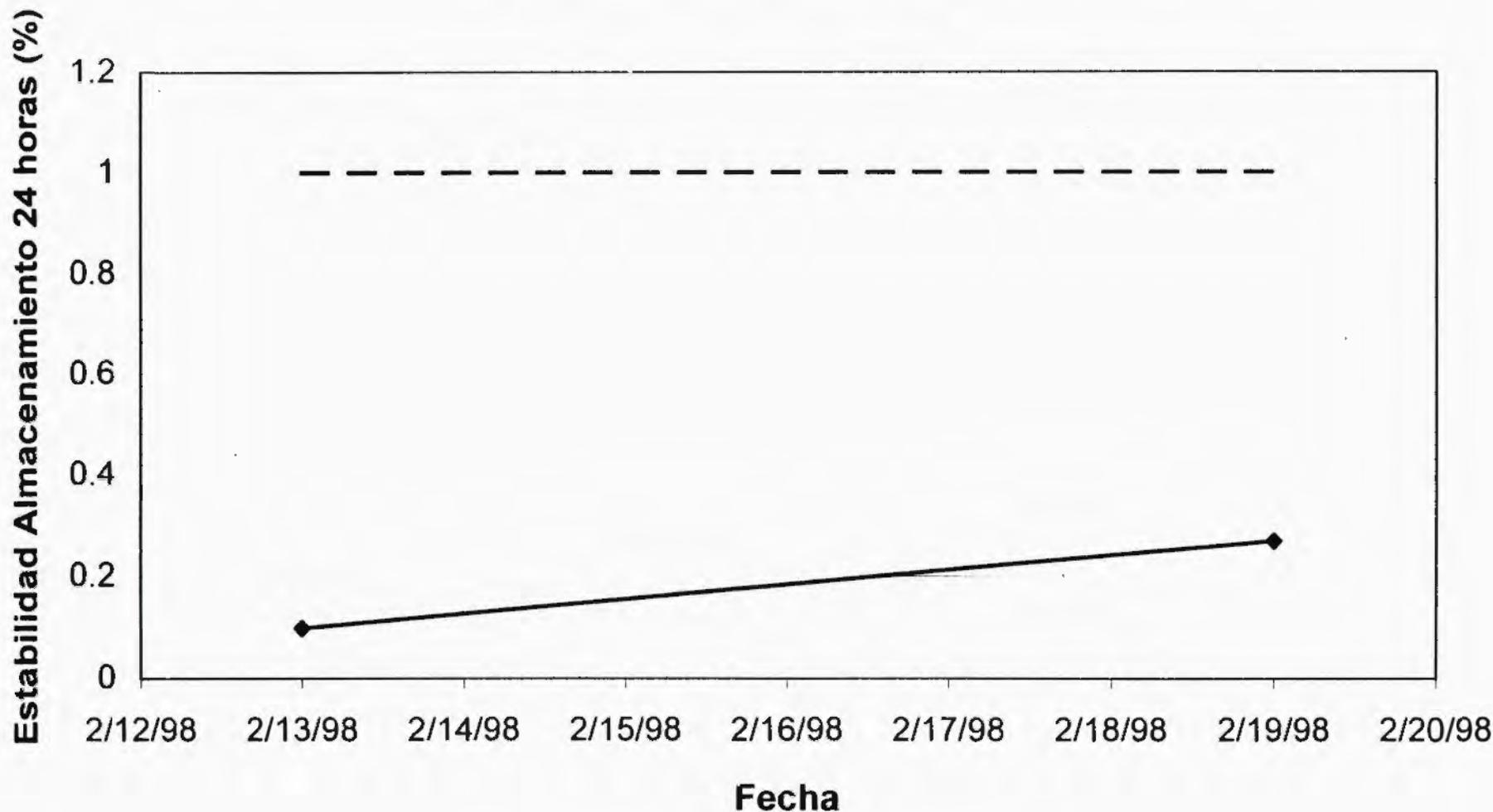
**Figura No. A-19: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos
Estructurales**

**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



—◆— Estabilidad Almacenamiento 24 horas
- - - Lim. Superior AASHTO

**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**

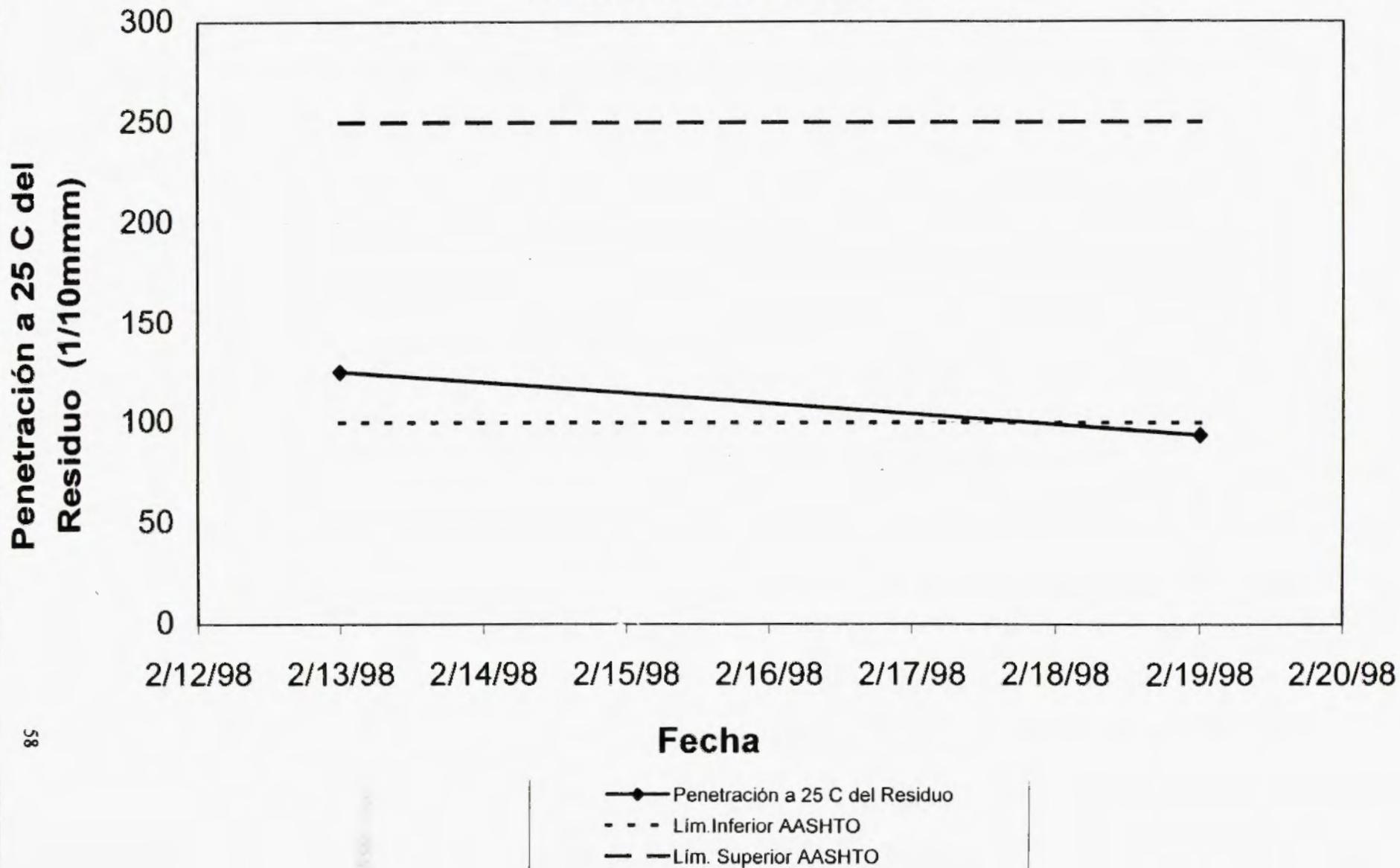
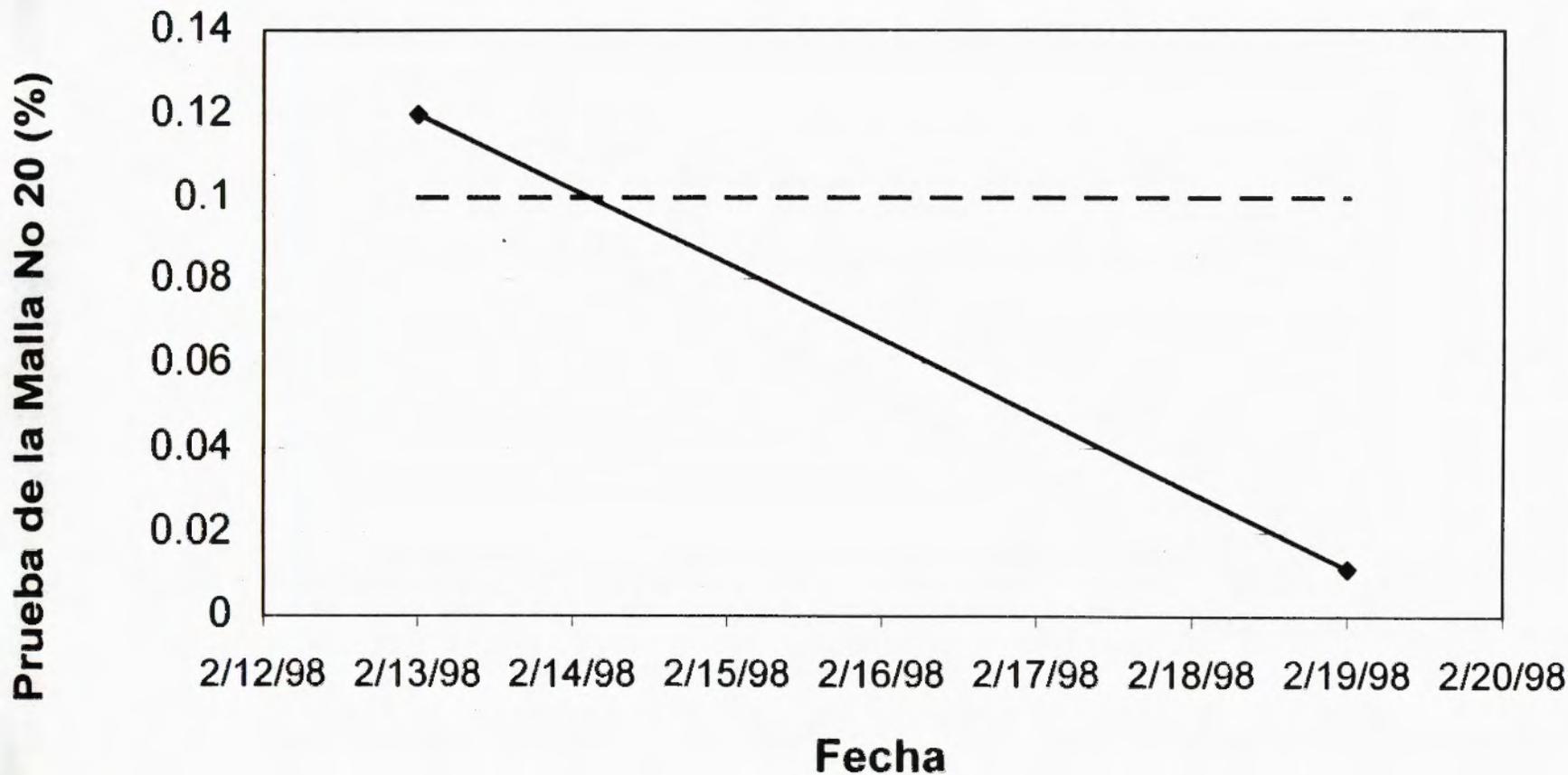


Figura No. A-22: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos
Estructurales
Proyecto Auditoría Externa a RECOPE
Comportamiento Histórico: Prueba de la Malla No 20
Emulsión Asfáltica CRS-1



—◆— Prueba de la Malla No 20
- - - Lim. Superior AASHTO

ANEXO IV

**Estudio del efecto del almacenamiento en el laboratorio
previo al ensayo de estabilidad al almacenamiento a las
24 horas para emulsiones asfálticas.**



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

San José, 16 de abril de 1999

LM-IC-D-252-99

**Quím. Gonzalo Alpizar, Jefe,
Departamento de Control de Calidad,
Refinadora Costarricense de Petróleo**

Estimado don Gonzalo:

En atención a la solicitud realizada por el Departamento de Control de Calidad de la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), se realizó un estudio de sensibilidad del resultado de la prueba de estabilidad al almacenamiento a las 24 horas, para emulsiones asfálticas, respecto al tiempo de permanencia previa en el laboratorio.

Así, se utilizó la muestra No. 49E, correspondiente al muestreo de la Auditoría de Calidad a RECOPE, a cargo del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LANAMME), para determinar su estabilidad al almacenamiento a las 24 horas, de acuerdo con períodos de permanencia previa en el laboratorio de 1 día, 7 días, 10 días y 17 días.

Los resultados de la investigación realizada se presentan en la Tabla No. 1 adjunta.

Tabla No. 1: Análisis de sensibilidad de la prueba de estabilidad al almacenamiento a las 24 horas respecto a la permanencia previa de la emulsión asfáltica en el laboratorio.

Permanencia previa (días)	Medición No. 1	Medición No. 2	Promedio	Índice respecto a 1 día de permanencia previa
1	0.55	0.70	0.63	100
7	0.92	0.93	0.93	148
10	2.28	2.50	2.39	379
17	2.39	2.56	2.48	394

Nota: resultados en términos de porcentaje de asfalto residual diferencial.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Las Figuras No. 1 y No. 2 adjuntas representan dos modelos de regresión lineal aplicados a los datos de estabilidad al almacenamiento a las 24 horas (variable respuesta) en función del tiempo de permanencia en el laboratorio previo al ensayo (variable independiente). Con las siguientes conclusiones:

- Al aplicar un modelo de ajuste exponencial se obtiene un coeficiente de determinación de 0.884, correspondiente a un coeficiente de correlación de 0.940 entre el tiempo de permanencia previa y la estabilidad al almacenamiento a las 24 horas.
- Al aplicar un modelo de ajuste polinómico se obtiene un coeficiente de determinación de 0.926, correspondiente a un coeficiente de correlación de 0.962 entre el tiempo de permanencia previa y la estabilidad al almacenamiento a las 24 horas.

Dada la alta correlación positiva entre el tiempo de permanencia previa y la estabilidad al almacenamiento a las 24 horas para una emulsión asfáltica, las conclusiones particulares del estudio son:

- El resultado de la prueba de estabilidad a las 24 horas es función del tiempo de permanencia previa de la emulsión asfáltica en el laboratorio.
- Conforme mayor sea el tiempo de permanencia previa de la emulsión asfáltica, mayor será el porcentaje de asfalto residual diferencial, en la prueba de estabilidad a las 24 horas.

Considerando que, dentro del contexto de la Auditoría de Calidad a RECOPE:

- Los muestreos de emulsión asfáltica se programaron los días jueves.
- Los ensayos de caracterización (incluyendo estabilidad al almacenamiento) tienen un plazo de realización de tres semanas (típicamente dos semanas para efectos de funcionamiento interno del LANAMME).
- El procedimiento estándar (ASTM D244) no hace una advertencia respecto a un tiempo máximo de permanencia de muestras de emulsión asfáltica, en el laboratorio, previo a la ejecución del ensayo de estabilidad al almacenamiento a las 24 horas.

Por lo tanto, los resultados de estabilidad al almacenamiento a las 24 horas reportados periódicamente en los informes de Auditoría de Calidad a RECOPE tienen un grado de incertidumbre y el incumplimiento de la especificación correspondiente, en los casos así puntualizado, no puede ser asegurado categóricamente.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Sin otro particular, quedando en la mejor disposición para cualquier aclaración o solicitud adicional, me despido.

Atentamente,

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

P.S. Se adjunta, a manera de anexo, la comparación de fechas de muestreo y fechas de ejecución del ensayo de estabilidad al almacenamiento a las 24 horas, para las más recientes muestras de emulsión asfáltica evaluadas en el proyecto de Auditoría de Calidad a RECOPE.

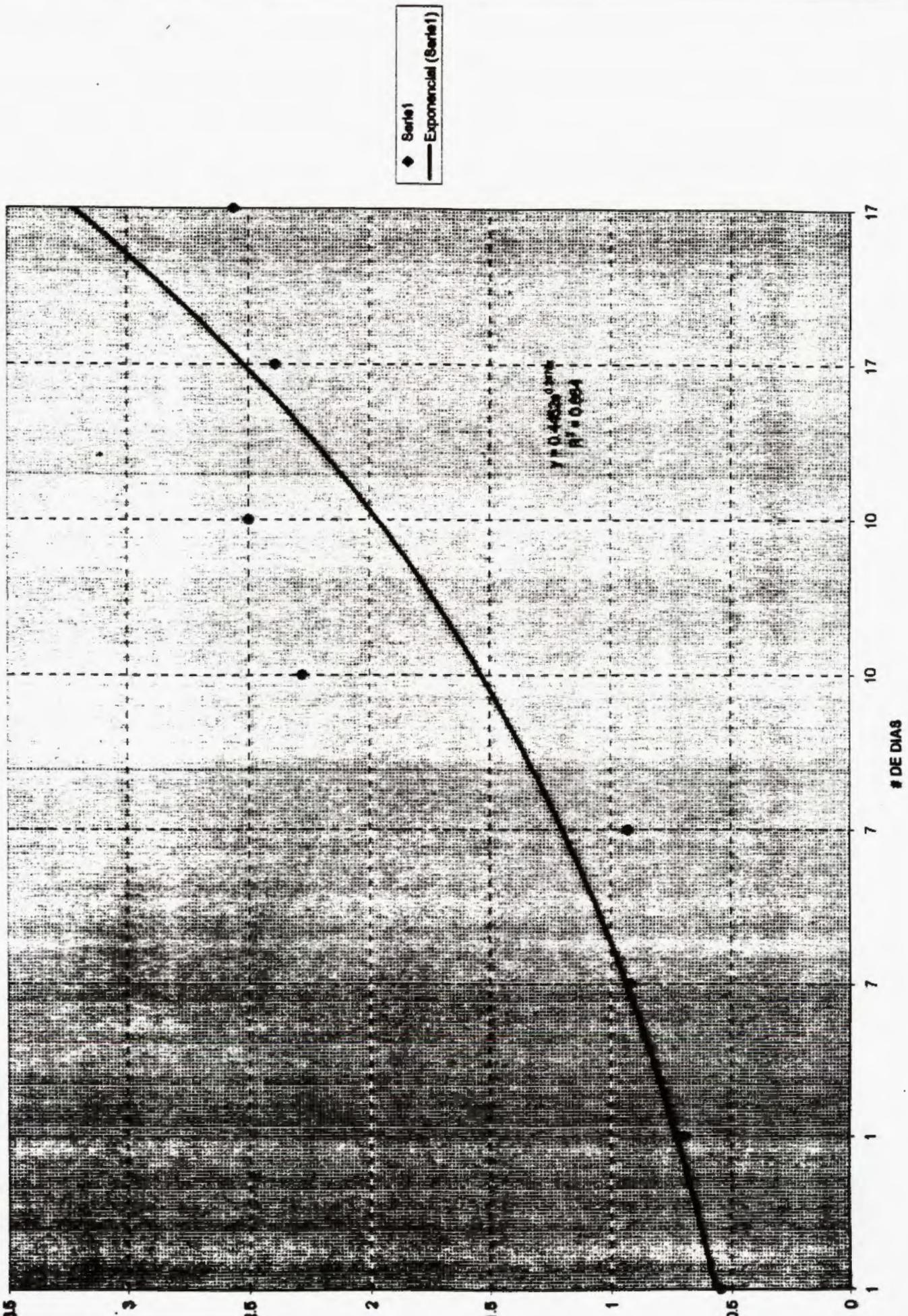


Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Figura No. 1: Modelo de regresión exponencial para estabilidad al almacenamiento a las 24 horas en función de la permanencia previa de la emulsión asfáltica evaluada.

RESULTADOS ESTABILIDAD 24 HORAS 49-E RECOPE



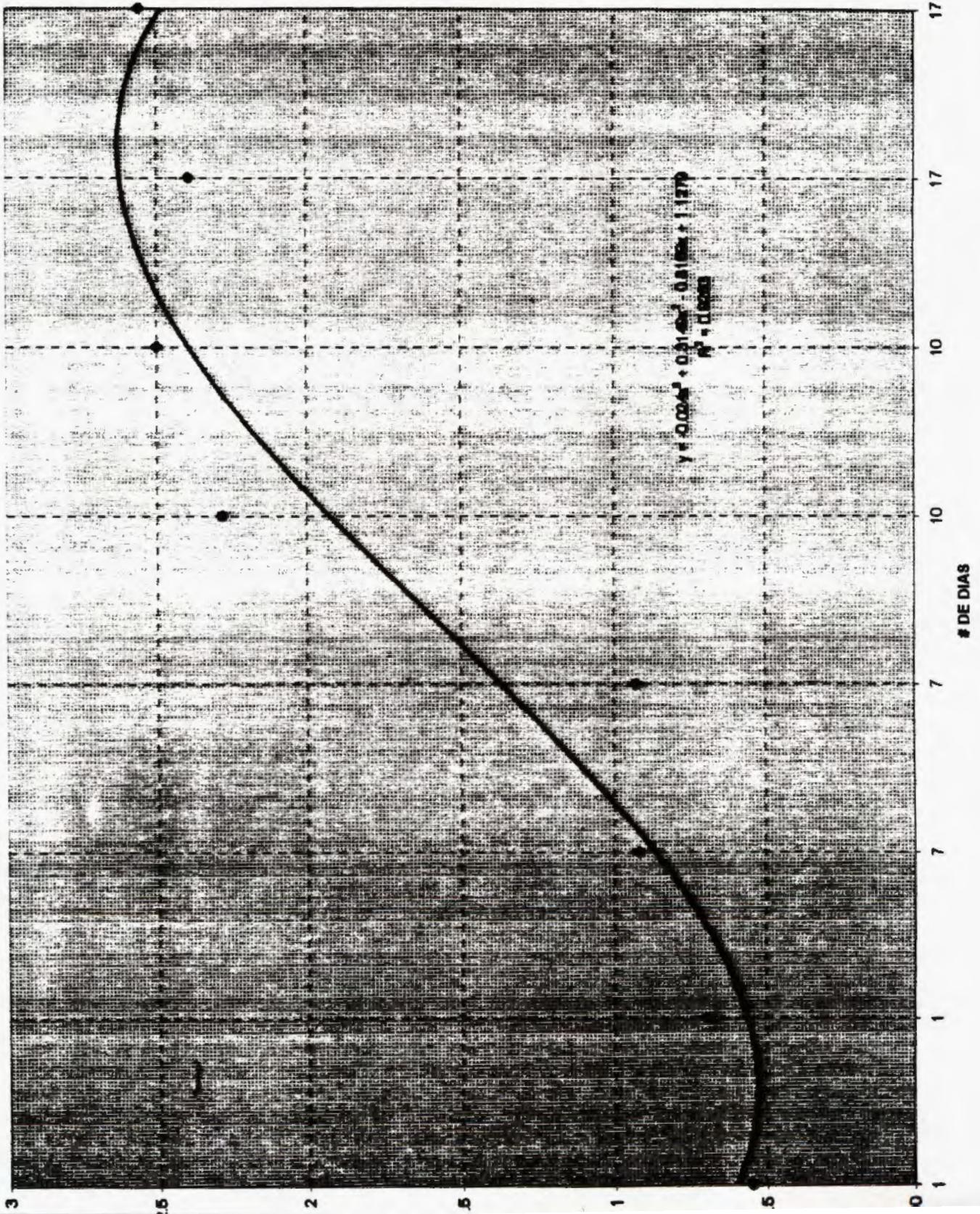


Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Figura No. 2: Modelo de regresión polinómico para estabilidad al almacenamiento a las 24 horas en función de la permanencia previa de la emulsión asfáltica evaluada.

RESULTADOS ESTABILIDAD 24 HORAS 49-E RECOPE



● Serie 1
 — Polinómica (Serie 1)



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Anexo: Fechas de muestreo de emulsiones asfálticos y fechas de ensayo de estabilidad al almacenamiento a las 24 horas, para muestras de Auditoría de Calidad a RECOPE.



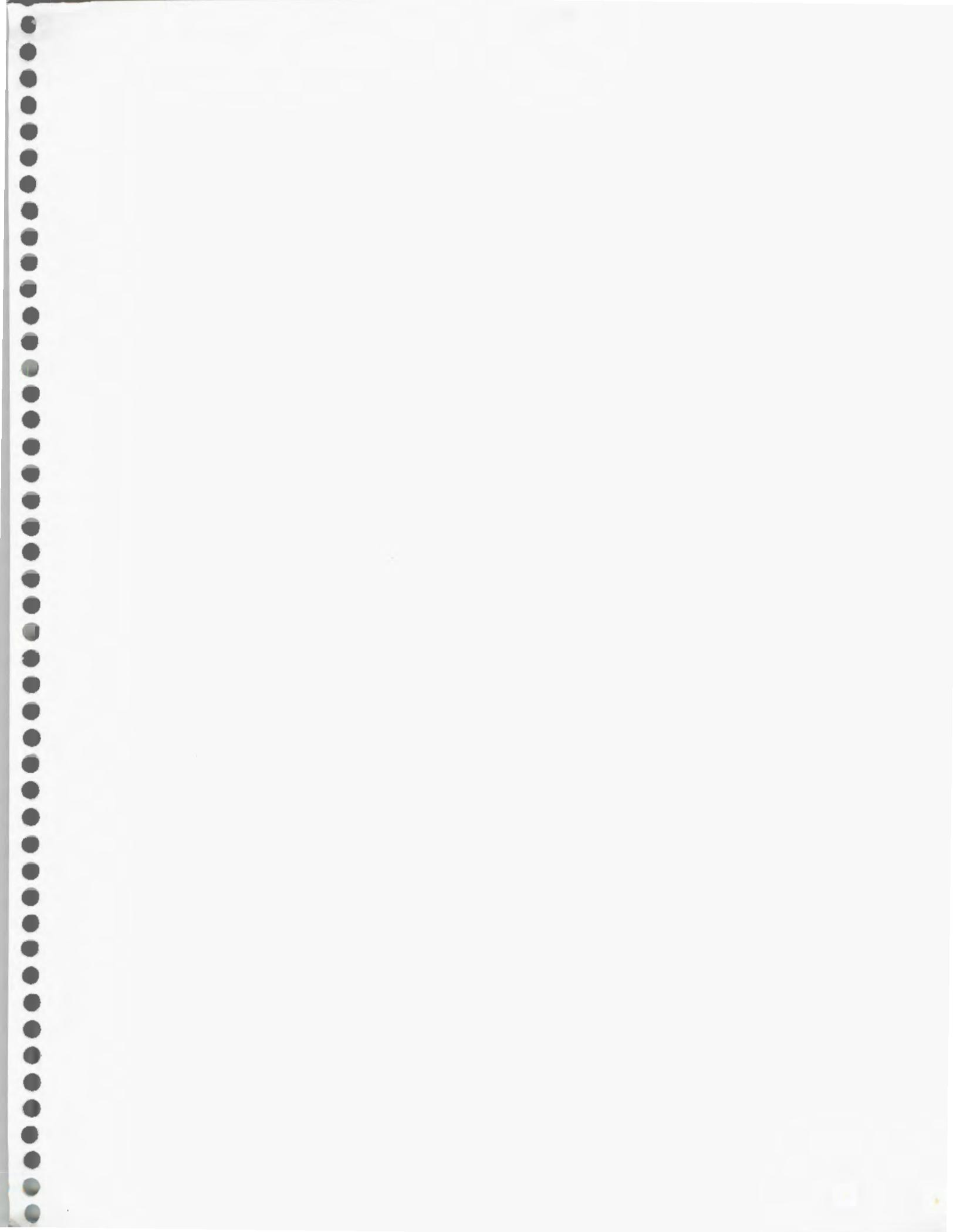
Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Tabla No. A-1: Fechas de muestreo de emulsión asfáltica y fechas de ejecución del ensayo de estabilidad al almacenamiento por 24 horas.

Muestra No.	Fecha de muestreo	Fecha de ensayo de estabilidad al almacenamiento
40E	15/10/98	29/10/98
41E	28/10/98	9/12/98
42E	26/11/98	16/12/98
43E	4/12/98	12/1/99
44E	14/12/98	12/1/99
45E	15/1/99	22/1/99
46E	21/1/99	29/1/99
47E	3/2/99	10/2/99
48E	18/2/99	4/3/99
49E	8/3/99	9/3/99
50E	22/3/99	9/4/99







Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

**INFORME DE RESULTADOS PARA LA VERIFICACION DE
LA CALIDAD DE LOS PROYECTOS DE REHABILITACION
DE AUTOPISTAS NACIONALES**

CORTE A ENERO DE 1999



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

L A N A M M E

San José, 6 de febrero de 1999.

LM-IC-D-095-99

**Ing. Marvin Moya,
Ing. Manuel Serrano,
Ing. Víctor Gutiérrez,
Ing. Jorge Mata.**

Estimados señores:

Por este medio nos permitimos remitirles los informes de resultados correspondientes a la verificación de la calidad para las obras de colocación de mezcla asfáltica en los proyectos de rehabilitación de autopistas nacionales, con corte de resultados al mes de enero de 1999.

Quedamos a sus órdenes para cualquier aclaración o solicitud adicional.

Atentamente,

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

CC:

Ings. Edgar Corrales, Fernando Rodríguez, Jorge Arturo Castro, Wálter Acuña

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y
MODELOS ESTRUCTURALES**

**Informe de verificación de la calidad
para el proyecto de rehabilitación de la
Autopista General Cañas**



ENERO DE 1999



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

INFORME DE VERIFICACION DE LA CALIDAD PARA EL PROYECTO DE REHABILITACION DE LA AUTOPISTA GENERAL CAÑAS

1 - DETALLES DEL MUESTREO REALIZADO.

Este informe contiene resultados del análisis experimental de las muestras de materiales descritas en la Tabla No. 1 adjunta.

Tabla No. 1: Resumen de muestras de materiales analizadas.

FECHA	TIPO MATERIAL	SITIO MUESTREO	ESTADO ENSAYOS
31/10/98	Bache húmedo	Banda transportadora / planta	Concluidos
11/11/98	Bache húmedo	Banda transportadora / planta	Concluidos
14/11/98	Mezcla asfáltica	Vagoneta cargada / planta	Concluidos
15/11/98	Mezcla asfáltica	Vagoneta cargada / planta	Concluidos
16/11/98	Mezcla asfáltica	Vagoneta cargada / planta	Concluidos
15/11/98	Mezcla asfáltica	Vagoneta cargada / planta	Concluidos
18/11/98	Mezcla asfáltica	Vagoneta cargada / planta	Concluidos
20/11/98	Mezcla asfáltica	Vagoneta cargada / planta	Concluidos
22/11/98	Mezcla asfáltica	Vagoneta cargada / planta	Concluidos

Nota: además se hicieron muestreos de los agregados de apilamiento y de ligante asfáltico del tanque de la planta.

Adicionalmente se presentan los resultados del muestreo de la compactación en sitio, correspondientes a la información descrita en la Tabla No. 2 adjunta.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

L A N A M M E

Tabla No. 2: Resumen de información para muestreo de compactación en sitio.

FECHA MUESTREO	FECHA CONSTRUCCION	LONGITUD TRAMO (m)
21/11/98	Noviembre 1998	380 m
29/01/99	No determinada	(1)

Nota:

(1) No se pudieron realizar muestreos de densidad en sitio y compactación, por carencia de apoyo de la Policía de Tránsito. Se realizaron mediciones de distancias pavimentadas, de acuerdo con el informe incluido en el Anexo III.

2 - RESUMEN DE INFORMACION.

El presente informe contiene resultados correspondientes a los siguientes tipos de ensayos:

- Revisión del diseño de mezcla / verificación de las propiedades del agregado de diseño.
- Pruebas de verificación de la calidad de mezcla asfáltica.
- Pruebas de verificación de compactación en sitio.

3 - DETALLE DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE VERIFICACION.

La Tabla No. 3 hace referencia al detalle de resultados de los ensayos de verificación de la calidad realizados.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Tabla No. 3: Detalle de resultados de los ensayos de verificación de la calidad.

TIPO DE ENSAYO	REFERENCIA
Revisión del diseño de mezcla / propiedades del agregado de diseño	Anexo I
Pruebas de verificación de la calidad de mezcla asfáltica	Anexo II
Pruebas de verificación de compactación en sitio	Anexo III

4 - COMENTARIOS FINALES

Los ensayos de laboratorio presentados corresponden a las pruebas de verificación de la calidad, el control de calidad es responsabilidad del contratista y debe ser suministrado a la Ingeniería de Proyecto, para evaluar la posibilidad de pago total o parcial de las obras realizadas.

No se pudieron realizar dos giras de determinación de compactaciones en sitio por carencia de las condiciones mínimas de seguridad para el equipo de muestreo del LANAMME.

**MSCE. MBA. Pedro Castro Fernández,
Coordinador, Laboratorio de Mezclas y
Ligantes Bituminosos, LANAMME,
Universidad de Costa Rica.**



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

ANEXO I

VERIFICACION DEL DISEÑO DE MEZCLA Y **DE LAS PROPIEDADES DEL AGREGADO DE** **DISEÑO**



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

VERIFICACION DE DISEÑO DE MEZCLA

Informe de diseño de mezcla presentado por el contratista Pedregal, con informe de laboratorio fechado 21 de octubre de 1998, para su aplicación en los proyectos de rehabilitación de autopistas.

1. CARACTERISTICAS DEL MUESTREO

Se muestrearon los siguientes materiales:

- Piedra quinta del Tajo Beién.
- Polvo de piedra del Tajo Zurqui.
- Ligante asfáltico.

En los apilamientos y tanque de ligante asfáltico de la planta Beién de Pedregal, en noviembre de 1998.

2. PREPARACION DE AGREGADOS

Una vez recibidos los agregados se proporcionaron en combinación de 72 % polvo de piedra y 28 % piedra quinta.

Del material proporcionado se tomaron muestras para realizar lo siguiente:

1. Prueba de granulometría, por la vía húmeda.
2. Pruebas de aceptación del agregado.
3. Reproducción del diseño de mezcla.
4. Evaluación de la durabilidad de la mezcla asfáltica con el contenido óptimo de asfalto sugerido por el contratista y determinado experimentalmente por el LANAMME.

3. PRUEBAS EN LOS AGREGADOS

Se presenta un resumen general de la información de las pruebas de aceptación en el agregado dosificado de acuerdo con las proporciones de diseño (72 % de polvo de piedra y 28 % de piedra quinta), en la Tabla No. 1 adjunta.

**Tabla No. 1: Resumen de resultados para agregado dosificado según informe de diseño:
Verificación de las pruebas de aceptación.
Proyecto de rehabilitación de la Autopista General Cañas.**

PRUEBA	unidades	tamices	AGREGADO PEDREGAL (1)		Especificación graduación B CR-77	Rangos de tolerancia
			LANAMME	PEDREGAL		
Granulometría	% pasando	25.4 mm	100	100	100	
	% pasando	19.0 mm	100	100	100	100
	% pasando	12.50 mm	97.1	97	No aplica	No aplica
	% pasando	9.50 mm	87.7	87	70-90	82-90
	% pasando	No. 4	62.1	55	50-70	51-59
	% pasando	No. 8	41.7	35	35-50	35-39
	% pasando	No. 16	28.1	22	No aplica	No aplica
	% pasando	No. 30	19.1	15	No aplica	No aplica
	% pasando	No. 50	13.7	11	10-20	10-15
	% pasando	No. 200	7.9	6.1	3-8	4.1-8.0
PRUEBAS DE ACEPTACION						
Gbs grueso			2.58	2.46		
Gbs fino			2.5	2.543		
Gbs ponderado			2.53	2.50		
% absorción grueso	%		2.47	3.61		
% absorción fino	%		3.04	2.37		
abrasión en grueso	%		23	22.1	máximo 40	
caras fracturadas grueso	%		99.9	100	mínimo 80	
vacíos no compactados fino	%		35.3	NI		
límite plasticidad fino	%		NP	NP	máximo 4	
equivalente arena fino	%		72	49	mínimo 45	
sanidad grueso	%		4.6	6.7	máximo 12	
índice durabilidad grueso	%		92	72	mínimo 35	
índice durabilidad fino	%		72.5	47	mínimo 35	
partículas elongadas grueso	%		0	2	menor a 10	
residuo insoluble en carbonato	%		NI	NI	mínimo 25	

Notas:

- (1) Las pruebas de aceptación presentadas por el contratista se refieren al agregado de apilamiento, las pruebas de aceptación realizadas por el LANAMME se refieren al agregado proporcionado de acuerdo con el diseño de mezcla, de manera que se evalúan las propiedades del agregado de diseño. Los agregados de apilamiento son polvo de piedra del Tajo Zurquí y piedra quinta del Tajo Belén, proporcionados en 72 % y 28 % respectivamente.
- (2) Se presentan los resultados de partículas friables para el agregado fino.
- (3) En estilo sombreado se presentan los valores que determinan un incumplimiento de especificaciones generales o desviaciones de los valores de diseño significativas (superiores al rango de tolerancia, en el caso de las granulometrías).
- (4) El agregado muestreado se dosificó 72 % polvo de piedra del Zurquí y 28 % piedra quinta del Belén.

4. CRIBADO DE AGREGADO

Para la revisión del diseño de mezcla y evaluación de la durabilidad para la mezcla con el contenido óptimo de asfalto se cribó y reprodujo la curva granulométrica propuesta por el contratista, a partir del agregado dosificado según proporciones de diseño.

5. MEZCLADO Y COMPACTACION

Para la mezcla de las muestras se utilizó una temperatura de mezclado de 153°C, mientras que la temperatura de compactación fue 144°C. Se aplicó un periodo de curado a 135°C durante 4 horas, previo a la compactación de las muestras.

El diseño de mezcla se verificó, de acuerdo con las siguientes características.

- 4 pastillas por contenido de asfalto.
- Contenidos de asfalto de 6.0 %, 6.5 %, 7.0 %, 6.5 % y 8.0 % por peso total de mezcla.
- Gravedad específica máxima teórica para 7.0 % de contenido de asfalto. Los valores de gravedad específica máxima teórica para los restantes porcentajes de asfalto fueron estimados a partir de las proporciones de agregado y asfalto, con base en la gravedad específica efectiva del agregado de diseño.

Las curvas para la verificación del diseño de mezcla se presentan en la Figura No. 1 adjunta.

La Tabla No. 2 adjunta contrasta las características de la verificación del diseño de mezcla (LANAMME) con el diseño de mezcla (PEDREGAL). Se comparan los resultados para el contenido óptimo de asfalto determinado por el LANAMME (7.78 % por peso total de mezcla), con respecto a los resultados para el contenido óptimo de asfalto presentado por PEDREGAL (7.30 % por peso total de mezcla).

6. PRUEBAS DE DURABILIDAD

Se realizaron las pruebas de estabilidad retenida y resistencia a la compresión uniaxial retenida, utilizando los siguientes contenidos de asfalto:

- Óptimo de diseño determinado por el LANAMME (7.78 % por peso total de mezcla).
- Óptimo de diseño según contratista (7.30 % de asfalto por peso total de mezcla).

Los especímenes condicionados fueron almacenados en un baño a 60°C durante 24 horas, previo a su falla.

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA METODO MARSHALL
GENERAL CAÑAS

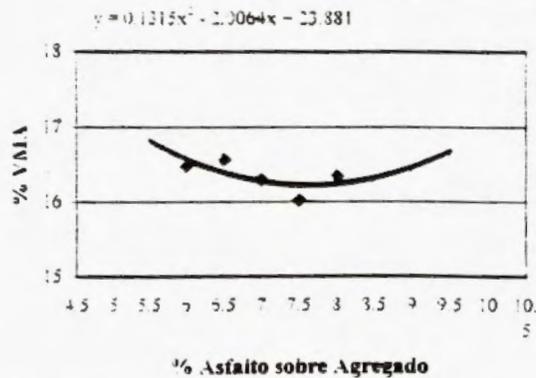
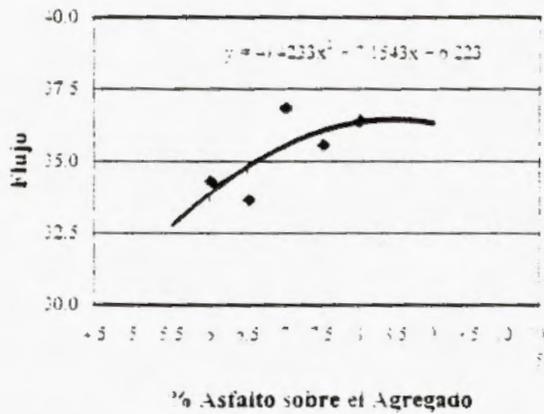


Figura No. 1: Verificación de las curvas de diseño, diseño de mezcla de la empresa Pedregal, del 21 de octubre de 1998.

Tabla No. 2: Resultados de verificación del diseño de mezcla, para la Autopista Braulio Carrillo.

Pruebas de laboratorio	Contenido óptimo de asfalto presentado en informe de PEDREGAL		Contenido óptimo de asfalto determinado en informe LANAMME		Especificaciones contractuales	
	LANAMME	PEDREGAL	LANAMME	PEDREGAL	Cartel licitatorio	CR-77 y modificaciones
Contenido óptimo asfalto s/mezcla	7.30	7.30	7.78	7.78		
Contenido óptimo asfalto s/agregado	7.87	7.87	8.50	8.50		
Estabilidad	1040	1371	860	1350		Minimo de 800 kg
Flujo	36.0	36.6	36.5	40.0	De 20 a 40 (1/10 mm)	
Porcentaje de vacíos	6.5	4.4	4.5	3.7		De 3.0 a 5.0 %
Densidad	2170	2212	2190	2220		
Vacíos en agregado mineral	16.8	18.7	16.5	18.8	Minimo de 12.0 a 14.0 %	
Vacíos llenos con asfalto	81.3	78.4	72.7	80.3		De 65 a 75 %
Gbs agregado de diseño	2.4175	2.521	2.4175	2.521		
razón polvo / asfalto	0.84	0.84	0.78	0.78	De 0.6 a 1.3	
Estabilidad retenida a 24 horas	96	86	83	N.I.	Minimo de 75%	
Vacíos en prueba estab. retenida	8.1	2.8	5.9	N.I.	No se indica (1)	
Comp. Uniaxial retenida a 24 horas	70	83	79	N.I.		Minimo de 75%
Vacíos en prueba comp. uniax. Ret.	8.7	2.8	7.3	N.I.		No se indica (2)

Notas:

- (1) El procedimiento estándar recomienda un porcentaje de vacíos de 6.0 a 8.0 %
- (2) Lo recomendable es obtener el contenido de vacíos de diseño o un valor más alto (este caso en particular).



La Tabla No. 2 adjunta presenta los resultados de la evaluación de durabilidad de la mezcla asfáltica analizada. Se presenta la información correspondiente a las pruebas de laboratorio realizadas por el LANAMME y las aportadas por el contratista.

7. CONCLUSIONES

Respecto al informe de diseño presentado por el contratista:

- El agregado de diseño satisface los requisitos de las especificaciones especiales y de las Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes.
- El contenido óptimo de asfalto recomendado por el contratista presenta un incumplimiento en el porcentaje de vacíos llenos con asfalto (76.4 %), respecto a la norma de las Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes para pavimentos de alto volumen de tránsito (65.0 a 75.0 %).
- Las pruebas de durabilidad fueron realizadas con un contenido de vacíos (2.8 %), que determina un incumplimiento en las especificaciones de los ensayos respectivos: estabilidad retenida y resistencia a la compresión uniaxial. Adicionalmente, todas las pruebas de durabilidad fueron realizadas con agregado pasado por el quemador (muestra tomada en planta).

Respecto a la verificación del diseño de mezcla:

- El agregado de diseño satisface los requisitos de las especificaciones especiales. Existe un incumplimiento en cuanto al porcentaje de vacíos no compactados (35.3 %) en el agregado fino (mínimo de 45.0 % según modificación de la Especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes).
- Se determinó un contenido óptimo de asfalto con una diferencia de 0.48 % por peso total de mezcla, con respecto al contenido óptimo de asfalto indicado en el informe de diseño de mezcla. Tal diferencia se puede explicar en la variabilidad experimental y diferencias naturales en las características del agregado y ligante asfáltico muestreado.
- Se encontró un incumplimiento en la prueba de resistencia a la compresión uniaxial retenida, al utilizar agregado de apilamiento (dosificado según proporciones de diseño), con el contenido óptimo de asfalto presentado por el contratista. Se debe observar, sin embargo, que el contenido de vacíos de los especímenes fallados superó el contenido de vacíos sugerido para la prueba (6.0 a 8.0 %). De esta manera, se recomienda dar un seguimiento cuidadoso a la prueba de resistencia a la compresión uniaxial retenida a lo largo de la producción (certificados de control de calidad y pruebas de verificación de la calidad).



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

ANEXO II

PRUEBAS DE VERIFICACION DE LA CALIDAD DE

MEZCLA ASFALTICA

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Resumen de resultados para la evaluación de la calidad de mezcla asfáltica.

Proyecto de rehabilitación de la Autopista General Cañas.

Muestreo				GC-03	GC-04	GC-05	GC-10	GC-06	GC-07	GC-17	GC-16	Especificaciones CR-77	Tolerancias al diseño de mezcla
Fecha de muestreo		31/10/98	11/11/98	14/11/98	15/11/98	15/11/98	15/11/98	16/11/98	18/11/98	20/11/98	22/11/98	Minimo 700 kg	
Estabilidad (kg)		X	X	1569	1478	1725	X	1583	1394	X	1534		
Flujo (1/100 cm)		X	X	31.0	40.0	40.0	X	45.0	43.0	X	41.0		De 20 a 40 (1/100 cm)
Vacios en la mezcla (%)		X	X	6.8	4.0	3.8	X	6.2	2.9	X	4.8	De 3.0 a 5.0 %	
% asfalto s/ mezcla		7.05	6.93	7.08	6.85	7.07	X	7.19	6.8	X	6.67		6.80 a 7.80
% asfalto s/ agregado		7.73	7.56	7.72	7.35	7.7	X	7.86	7.44	X	7.23		7.37 a 8.37
Granulometría de la extracción (% pasando)	19.0 mm	X	X	100	100	100	X	100	100	X	100	100%	100%
	9.5 mm	X	X	81	88	84	X	84	84	X	83	70 a 90 %	82 a 90 %
	No. 4	X	X	56	60	59	X	60	56	X	57	50 a 70 %	51 a 59 %
	No. 8	X	X	38	39	39	X	40	37	X	38	35 a 50 %	35 a 39 %
	No. 50	X	X	13	13	13	X	13	13	X	14	10 a 20 %	10 a 15 %
No. 200	X	X	8.0	8.7	7.3	X	8.6	9.3	X	8.8	3 a 8 %	4.1 a 8.0 %	
RPS		X	X	20	27	23	X	28	31	X	27	Máximo 48	
RCS		X	X	4	7	6	X	5	11	X	6	Mínimo 8	
VAM (%)		X	X	17.3	16.8	17.0	X	17.7	15.4	X	15.5		mínimo de 12.0 % a 14.00%
VFA (%)		X	X	67.6	76.1	77.6	X	65.0	81.1	X	69.0		
Razón polvo-asfalto		X	X	1.13	1.27	1.03	X	1.20	1.37	X	1.32		0.60 a 1.30
Resist. a la comp. uniaxial (kg)		X	X	X	X	3170	3629	X	X	3926	X		
Resist. a la comp. uniaxial retenida (%)		X	X	X	X	79	89	X	X	74	X		mínimo 75 %
vacíos para res. retenida (%)		X	X	X	X	7.1	3.3	X	X	7.8	X		Recomendado de 6.0 a 8.0 %
Estabilidad retenida (%)		X	X	X	88	87	X	X	84	X	X	mínimo de 75 %	
vacíos para est. retenida (%)		X	X	X	4.0	3.8	X	X	2.9	X	X		De 3.0 a 5.0 %

Nota:

(1) Los valores en fondo sombreado representan incumplimientos a las especificaciones vigentes.

(2) Para el cálculo del VAM se utilizó la gravedad específica del agregado reportada en el informe de diseño de mezcla aportado por el contratista.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

ANEXO III

PRUEBAS DE VERIFICACION DE COMPACTACION **EN SITIO**

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
VERIFICACION DE COMPACTACIONES

Código # <u>1</u>	Fecha: <u>21/11/1998</u>
Tramo: <u>A partir del puente, 700 metros en sentido Este-Oeste</u>	Hora: <u>07:00 AM</u>
Dirección de control:	Densímetro # <u>2031</u>
Contratista: <u>Pedregal</u> Planta: <u>Pedregal (Belén)</u>	Licitación # <u>NI</u>
Fecha de inicio de construcción: <u>Noviembre de 1999</u>	Zona # <u>NI</u>
Estación 0+000: <u>Puente sobre autopista General Cañas</u>	
Estación Final: <u>Estación 0+700</u>	

Resumen de datos de densidades con densímetro nuclear

Promedio General:	<u>2212</u>
Máximo registrado:	<u>2308</u>
Mínimo registrado:	<u>2108</u>
Desviación Estándar:	<u>51</u>

Observaciones

Personas presentes:

Ingeniero Consultor:	<u>NI</u>
Ingeniero de proyecto:	<u>Ing. Juan Carlos Méndez</u>
Inspector de LANAMME:	<u>Olman Alvarado</u>
Ingeniero del LANAMME:	<u>Ing. Mauricio Salas e Ing. Daniel Sciis</u>
Representante de Contratista:	<u>Ing. Victor Zamora</u>
Representante del laboratorio:	

Características

Toneaje de compactador:	<u>17 ton (Se uso llanta de hule también)</u>
Vibración:	<u>SI</u>
Número de pasadas:	<u>NI</u>
Espesor máximo de bache o carpeta:	<u>10 cm</u>
Temperatura antes de compactar:	<u>NI</u>
Abado superficial del bache:	<u>Un poco abierto</u>
Tipo de distribuidor de asfalto:	<u>Tanque Distribuidor</u>

Comentarios respecto a la ejecución del proyecto:

Se usó una carpeta nueva, no es un proyecto de bacheo.

Se escanficó y luego se asfaltó.

Bache de prueba inexistente.

Compactador de doble rodillo.

A partir de la entrada a Los Arcos hacia Alajuela se estabilizó con cemento hasta la entrada a Real Canari.

Comunicación al inspector: SI

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES
PROGRAMA DE MANTENIMIENTO RUTINARIO
RESULTADO DE VERIFICACION DE COMPACTACION EN SITIO

Cota # <u>1</u>	Fecha: <u>21/11/1998</u>
Ubicación: <u>A partir del puente, 700 metros en sentido Este-Oeste</u>	Hora: <u>07:00 AM</u>
Sección de control: _____	Densímetro # <u>2031</u>
Operatista: <u>Pedregal</u> Planta: <u>Pedregal (Belén)</u>	Licitación # <u>NI</u>
Fecha de inicio de construcción: <u>Noviembre de 1998</u>	Zona # <u>NI</u>
Estación 0+000: <u>Puente sobre autopista General Cañas</u>	
Estación Final: <u>Estación 0+700</u>	
Profundidad de medición: <u>6.5 cm</u>	Tiempo: <u>1 minuto</u>
Densidad Optima Marshall (kg/m ³): <u>2212</u>	No. de lecturas: <u>3</u>
Método de muestreo: <u>Números Aleatorios</u>	Parámetro #1: _____
Tamaño de arena: <u>SI</u>	Parámetro #2: _____

Estación	# bache	Densidad (kg/m ³)		Factor de calibración	Densidad calibrada (kg/m ³)	% de compactación
		Prom. Nuclear	Núcleo			
0+260	1A (*)	2122	2165	1.02	2165	98
0+270	1B	2050			2112	95
0+276	1C	2150			2215	100
0+290	1D	2084			2147	97
0+305	2A	2047			2108	95
0+315	2B	2188			2254	102
0+320	2C	2138			2202	100
0+325	2D (**)	2180	2255	1.03	2255	102
0+330	3A	2106			2169	98
0+340	3B	2073			2135	97
0+342	3C	2079			2141	97
0+349	3D (**)	2110	2187	1.04	2187	99
0+355	4A	2098			2161	98
0+363	4B	2218			2295	103
0+380	4C (**)	2103	2232	1.06	2232	101
0+390	4D	2113			2176	98
0+410	5A	2176			2241	101
0+420	5B	2163			2228	101
0+430	5C	2150			2215	100
0+445	5D (**)	2220	2233	1.01	2233	101
0+505	6A	2162			2227	101
0+510	6B (**)	2188	2299	1.05	2299	104
0+525	6C	2199			2265	102
0+545	6D	2129			2193	99
0+555	7A (*)	2202	2231	1.01	2231	101
0+565	7B	2241			2308	104
0+572	7C	2172			2237	101
0+590	7D	2177			2242	101
0+605	8A	2209			2275	103
0+620	8B	2159			2224	101
0+625	8C (**)	2148			2212	100
0+640	8D	2148			2212	100
Promedio		2147	2228.86	1.03	2212	100
Desv. Std.		51	43.71	0.02	51	2.32
Máximo		2241	2299.00	1.06	2308	104
Mínimo		2047	2165.00	1.01	2108	95

(*) Lecturas que incluyen núcleo

(**) Núcleo no extraído, pero marcado en sitio.

Este estacionamiento está frente a una construcción del empresa CPM

) Este estacionamiento inicia frente a los laboratorios RAVEN

)... (7) Núcleos extraídos

Para el cálculo del Factor de Calibración se tomará en cuenta solo los núcleos de las notas (4) y (5)



Funcionarios del LANAMME Presentes:

- Ing. Guillermo Loría
- Roy Barrantes
- Greivin Moreira
- Roylan Calvo
- Mauricio Bolaños

Funcionario del MOPT:

- Ing. Jorge Mata

Hora de Salida del LANAMME: 6:35 Am

Desarrollo de la Gira:

Los miembros del equipo de trabajo del LANAMME llegamos a las 7:20 am al sitio en donde se iba a efectuar el muestreo. Se iban a sacar núcleos de pavimento asfáltico en puntos conflictivos y 10 ó 12 densidades.

El Ing. Jorge Mata indicó que el inspector de tránsito que se requería para efectuar el trabajo no iba a llegar, pues el despacho del viceministro no coordinó la presencia de éste en el sitio, por lo que no se pudo realizar el muestreo planeado.

La única labor efectuada fue medir con el odómetro la distancia que se pavimentó.

Las mediciones realizadas fueron marcadas en el sitio a cada 50 m y el sentido de medición es Alajuela – San José.

Mediciones Realizadas con el Odómetro

1. TRAMO NO AUTORIZADO

Hubo un tramo que pavimentó la empresa constructora que no fue autorizado por el Ing. Mata. Este tramo corresponde al paño de prueba inicial y se efectuó sin que el ingeniero residente estuviera presente y el Llanta de Hule llegó muy tarde (a eso de las 5 de la tarde).

La longitud de este tramo es de **189.42 m.**

2. TRAMO AUTORIZADO

- El estacionamiento 0+000 se ubica frente a CORICAFE.
- La primer junta se encuentra en la estación 0+231
- El inicio del puente que se encuentra ahí se midió a: 0+437.00
- El final del puente se encontró a 496.80 m. Por lo tanto la longitud del puente es de **59.80 m.**
- Luego del puente se encontró una junta en la estación 582.00
- Se halló otra junta en la estación 0+754.10
- La estación final se halla en la estación **0+894.10.**

3. OTRAS OBSERVACIONES

- Inmediatamente después del puente dejaron residuos de mezcla, pese a la solicitud del ingeniero de proyecto para que limpiasen.
- En la estación 0+854.15 se marcó para que se continuaran pavimentando los dos carriles. Sin embargo, se siguió construyendo solamente el carril derecho.
- El recarpeteo se finalizó antes de donde estaba previsto por el Ing. Mata. La longitud del tramo que no se hizo es de **178.60 m.** Este tramo tenía que ser construido a dos carriles también. Este pavimento que no fue sustituido está en pésimo estado, presenta problemas de hundimientos, lagarteo y desprendimiento de agregados.
- El Ing. Mata propone sacar núcleos en los estacionamientos **0+100, 0+650 y 0+850** a 30 cm del espaldón.
- Según el Ing. Mata la zona más problemática en cuanto a los espesores es de Incesa Estándar hacia el puente.

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**LABORATORIO NACIONAL DE MATERIALES Y
MODELOS ESTRUCTURALES**

**Informe de verificación de la calidad
para el proyecto de rehabilitación de la
Autopista Braulio Carrillo**



ENERO DE 1999



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

INFORME DE VERIFICACION DE LA CALIDAD PARA EL PROYECTO DE REHABILITACION DE LA AUTOPISTA BRAULIO CARRILLO

1 - DETALLES DEL MUESTREO REALIZADO.

Este informe contiene resultados del análisis experimental de las muestras de materiales descritas en la Tabla No. 1 adjunta.

Tabla No. 1: Resumen de muestras de materiales analizadas.

FECHA	TIPO MATERIAL	SITIO MUESTREO	ESTADO ENSAYOS
6/1/99	Mezcla asfáltica	Vagoneta cargada / planta	Concluidos
6/1/99	Mezcla asfáltica	Vagoneta cargada / planta	Concluidos
7/1/99	Mezcla asfáltica	Vagoneta cargada / planta	Concluidos
8/1/99	Mezcla asfáltica	Vagoneta cargada / planta	Concluidos
11/1/99	Mezcla asfáltica	Vagoneta cargada / planta	Concluidos
11/1/99	Mezcla asfáltica	Vagoneta cargada / planta	Concluidos
12/1/99	Mezcla asfáltica	Vagoneta cargada / planta	Parcialmente concluidos
22/1/99	Mezcla asfáltica	Vagoneta cargada / planta	Parcialmente concluidos

Nota: además se hicieron muestreos de los agregados de apilamiento y de ligante asfáltico del tanque de la planta.

Adicionalmente se presentan los resultados del muestreo de la compactación en sitio, correspondientes a la información descrita en la Tabla No. 2 adjunta.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Tabla No. 2: Resumen de información para muestreo de compactación en sitio.

FECHA MUESTREO	FECHA CONSTRUCCION	LONGITUD TRAMO (m)
8/1/99	Enero 99	550 m
14/1/99	Enero 99	1150 m
4/1/99	Enero 99	(1)

Nota:

(1) El informe de resultados de esta gira está pendiente.

2 - RESUMEN DE INFORMACION.

El presente informe contiene resultados correspondientes a los siguientes tipos de ensayos:

- Revisión del diseño de mezcla / verificación de las propiedades del agregado de diseño.
- Pruebas de verificación de la calidad de mezcla asfáltica.
- Pruebas de verificación de compactación en sitio.

3 - DETALLE DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE VERIFICACION.

La Tabla No. 3 hace referencia al detalle de resultados de los ensayos de verificación de la calidad realizados.



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

Tabla No. 3: Detalle de resultados de los ensayos de verificación de la calidad.

TIPO DE ENSAYO	REFERENCIA
Revisión del diseño de mezcla / propiedades del agregado de diseño	Anexo I (1)
Pruebas de verificación de la calidad de mezcla asfáltica	Anexo II
Pruebas de verificación de compactación en sitio	Anexo III

Nota: el diseño de mezcla evaluado fue el presentado por el contratista para la rehabilitación tanto de la Autopista Braulio Carrillo, como para la Autopista General Cañas.

4 - COMENTARIOS FINALES

Los ensayos de laboratorio presentados corresponden a las pruebas de verificación de la calidad, el control de calidad es responsabilidad del contratista y debe ser suministrado a la Ingeniería de Proyecto, para evaluar la posibilidad de pago total o parcial de las obras realizadas.

Los resultados pendientes serán enviados con la mayor brevedad.

Queda pendiente el informe de seguimiento histórico de la producción de la planta que suministra mezcla asfáltica para la Autopista Braulio Carrillo.

**MSCE. MBA. Pedro Castro Fernández,
Coordinador, Laboratorio de Mezclas y
Ligantes Bituminosos, LANAMME,
Universidad de Costa Rica.**



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

ANEXO I

VERIFICACION DEL DISEÑO DE MEZCLA Y **DE LAS PROPIEDADES DEL AGREGADO DE** **DISEÑO**



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LANAMME

VERIFICACION DE DISEÑO DE MEZCLA

Informe de diseño de mezcla presentado por el contratista Pedregal, con informe de laboratorio fechado 21 de octubre de 1998, para su aplicación en los proyectos de rehabilitación de autopistas.

1. CARACTERISTICAS DEL MUESTREO

Se muestrearon los siguientes materiales:

- Piedra quinta del Tajo Betén.
- Polvo de piedra del Tajo Zurquí.
- Ligante asfáltico.

En los apilamientos y tanque de ligante asfáltico de la planta Betén de Pedregal, en noviembre de 1998.

2. PREPARACION DE AGREGADOS

Una vez recibidos los agregados se proporcionaron en combinación de 72 % polvo de piedra y 28 % piedra quinta.

Del material proporcionado se tomaron muestras para realizar lo siguiente:

1. Prueba de granulometría, por la vía húmeda.
2. Pruebas de aceptación del agregado.
3. Reproducción del diseño de mezcla.
4. Evaluación de la durabilidad de la mezcla asfáltica con el contenido óptimo de asfalto sugerido por el contratista y determinado experimentalmente por el LANAMME.

3. PRUEBAS EN LOS AGREGADOS

Se presenta un resumen general de la información de las pruebas de aceptación en el agregado dosificado de acuerdo con las proporciones de diseño (72 % de polvo de piedra y 28 % de piedra quinta), en la Tabla No. 1 adjunta.

**Tabla No. 1: Resumen de resultados para agregado dosificado según informe de diseño:
Verificación de las pruebas de aceptación.
Proyecto de rehabilitación de la Autopista General Cañas.**

RUEBA	unidades	tamices	AGREGADO PEDREGAL (1)		Especificación graduación B CR-77	Rangos de tolerancia
			LANAMME	PEDREGAL		
Granulometría	% pasando	25.4 mm	100	100	100	
	% pasando	19.0 mm	100	100	100	100
	% pasando	12.50 mm	97.1	97	No aplica	No aplica
	% pasando	9.50 mm	87.7	87	70-90	82-90
	% pasando	No. 4	62.1	55	50-70	51-59
	% pasando	No. 8	41.7	35	35-50	35-39
	% pasando	No. 16	28.1	22	No aplica	No aplica
	% pasando	No. 30	19.1	15	No aplica	No aplica
	% pasando	No. 50	13.7	11	10-20	10-15
	% pasando	No. 200	7.9	6.1	3-8	4.1-8.0
PRUEBAS DE ACEPTACION						
Gbs grueso			2.58	2.46		
Gbs fino			2.5	2.543		
Gbs ponderado			2.53	2.50		
% absorción grueso	%		2.47	3.61		
% absorción fino	%		3.04	2.37		
abrasión en grueso	%		23	22.1	maximo 40	
caras fracturadas grueso	%		99.9	100	minimo 80	
vacíos no compactados fino	%		35.3	NI		
límite plasticidad fino	%		NP	NP	maximo 4	
equivalente arena fino	%		72	49	minimo 45	
cantidad grueso	%		4.6	6.7	maximo 12	
índice durabilidad grueso	%		92	72	minimo 35	
índice durabilidad fino	%		72.5	47	minimo 35	
partículas elongadas grueso	%		0	2	menor a 10	
residuo insoluble en carbonato	%		NI	NI	minimo 25	

Notas:

- 1) Las pruebas de aceptación presentadas por el contratista se refieren al agregado de apilamiento, las pruebas de aceptación realizadas por el LANAMME se refieren al agregado proporcionado de acuerdo con el diseño de mezcla, de manera que se evalúan las propiedades del agregado de diseño. Los agregados de apilamiento son polvo de piedra del Tajo Zurqui y piedra quinta del Tajo Belén, proporcionados en 72 % y 28 % respectivamente.
- 2) Se presentan los resultados de partículas friables para el agregado fino.
- 3) En estilo sombreado se presentan los valores que determinan un incumplimiento de especificaciones generales o desviaciones de los valores de diseño significativas (superiores al rango de tolerancia, en el caso de las granulometrías).
- 4) El agregado muestreado se dosificó 72 % polvo de piedra del Zurqui y 28 % piedra quinta del Belén.

4. CRIBADO DE AGREGADO

Para la revisión del diseño de mezcla y evaluación de la durabilidad para la mezcla con el contenido óptimo de asfalto se cribó y reprodujo la curva granulométrica propuesta por el contratista, a partir del agregado dosificado según proporciones de diseño.

5. MEZCLADO Y COMPACTACION

Para la mezcla de las muestras se utilizó una temperatura de mezclado de 153°C, mientras que la temperatura de compactación fue 144°C. Se aplicó un periodo de curado a 135°C durante 4 horas, previo a la compactación de las muestras.

El diseño de mezcla se verificó, de acuerdo con las siguientes características.

- 4 pastillas por contenido de asfalto.
- Contenidos de asfalto de 6.0 %, 6.5 %, 7.0 %, 6.5 % y 8.0 % por peso total de mezcla.
- Gravedad específica máxima teórica para 7.0 % de contenido de asfalto. Los valores de gravedad específica máxima teórica para los restantes porcentajes de asfalto fueron estimados a partir de las proporciones de agregado y asfalto, con base en la gravedad específica efectiva del agregado de diseño.

Las curvas para la verificación del diseño de mezcla se presentan en la Figura No. 1 adjunta.

La Tabla No. 2 adjunta contrasta las características de la verificación del diseño de mezcla (LANAMME) con el diseño de mezcla (PEDREGAL). Se comparan los resultados para el contenido óptimo de asfalto determinado por el LANAMME (7.78 % por peso total de mezcla), con respecto a los resultados para el contenido óptimo de asfalto presentado por PEDREGAL (7.30 % por peso total de mezcla).

6. PRUEBAS DE DURABILIDAD

Se realizaron las pruebas de estabilidad retenida y resistencia a la compresión uniaxial retenida, utilizando los siguientes contenidos de asfalto:

- Óptimo de diseño determinado por el LANAMME (7.78 % por peso total de mezcla).
- Óptimo de diseño según contratista (7.30 % de asfalto por peso total de mezcla).

Los especímenes condicionados fueron almacenados en un baño a 60°C durante 24 horas, previo a su falla.

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA METODO MARSHALL
GENERAL CAÑAS

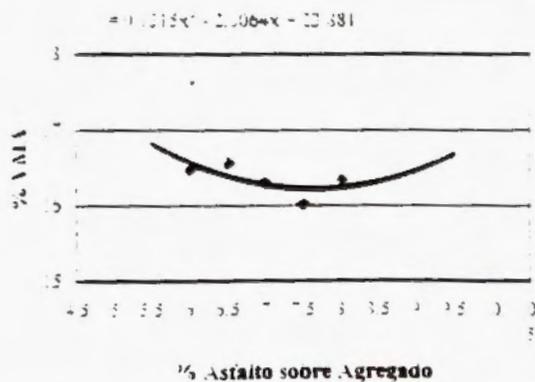
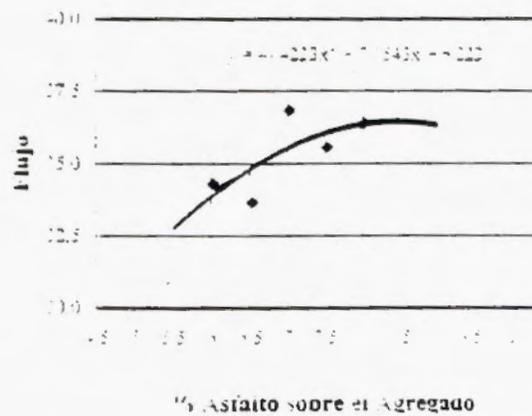
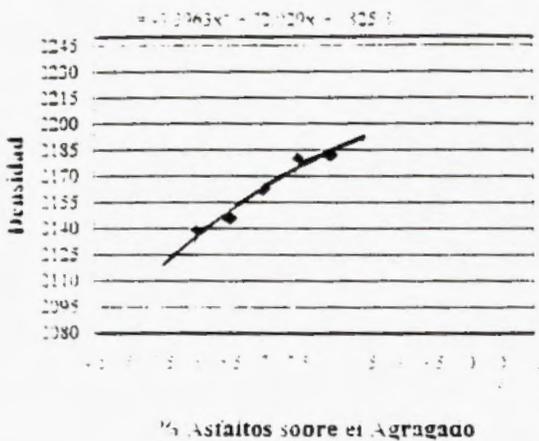
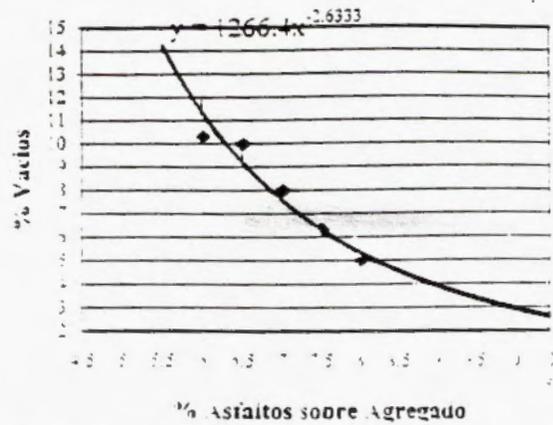
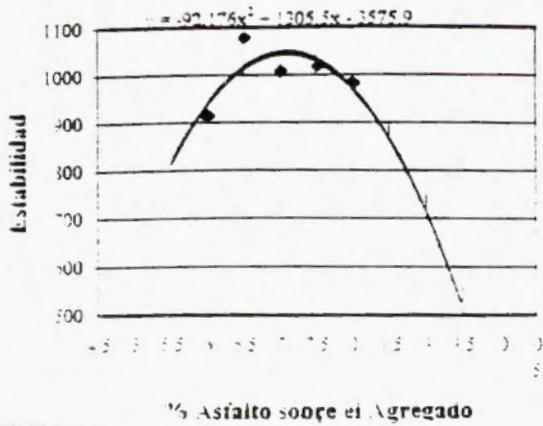


Figura No. 1: Verificación de las curvas de diseño, diseño de mezcla de la empresa Pedregal, del 21 de octubre de 1998.