

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN FACULTAD DE INGENIERÍA INGENIERÍA CIVIL



“ESTUDIO DE SENSIBILIDAD DE ASFALTOS UTILIZADOS EN PARAGUAY EN FUNCIÓN A LA SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA”

**CARLOS OSORIO LIRD
MARÍA IRENE MEDINA HÜTTEMANN
JOSÉ CARLOS GUEYRAUD CAVALLARO**

2011



SUMARIO

▶ **INTRODUCCIÓN**

▶ **CONCEPTOS Y DEFINICIONES**

▶ **ACTUALIDAD PARAGUAYA**

▶ **INTRODUCCIÓN A LOS ASFALTOS**

▶ **TECNOLOGÍA DEL ASFALTO**

▶ **MEZCLAS ASFÁLTICAS**

▶ **METODOLOGÍA**

▶ **RESULTADOS Y ANÁLISIS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**

⇒ PRIMERA ETAPA

⇒ SEGUNDA ETAPA

⇒ TERCERA ETAPA

▶ **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

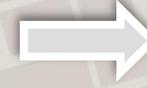


El Paraguay es un país en vías de desarrollo y necesita más caminos para el acceso a los diversos puntos de su territorio.

Para alcanzar buenos resultados en la construcción de vías de comunicación se deben emplear se las mejores tecnología disponibles.



Las fallas en los Pavimentos en nuestro país



Especificaciones
Técnicas



Caracterización de los
Asfaltos Ensayo de
Penetración

100% del Cemento Asfáltico es
importado



Especificaciones Técnicas
acorde al del lugar de
fabricación

Carencia de
Estudios



Cemento Asfáltico = Material Desconocido

Búsqueda del parámetro que afecta
mayormente el desempeño del CA
en las Mezclas

Temperatura

En base al comportamiento variado

**PRIMERA
HIPOTESIS**

**“LA CLASIFICACIÓN POR PENETRACIÓN
NO PERMITE DIFERENCIAR DE MANERA
EFECTIVA A LOS CEMENTOS ASFÁLTICOS”.**

Temperaturas de
Mezclado y
Compactación

Recubrimiento de áridos

Densidades adecuadas

Diseño
de
Mezclas

• Métodos
Volumétricos

• Comportamiento
de l asfalto

SEGUNDA HIPÓTESIS

“Variando la temperatura de mezcla y/o compactación se alteran las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas”.

OBJETIVO PRINCIPAL

“Demostrar que el método de clasificación de los asfaltos actualmente utilizado en nuestro país no logra diferenciar los asfaltos con respecto al comportamiento que presenta este material al variar la temperatura”



ASPHALT INSTITUTE

ASFALTO: Material constituyente en distintas proporciones del petróleo crudo

CEMENTO ASFÁLTICO: Asfalto preparado especialmente para utilizar en la producción de mezclas asfálticas

CONCRETO ASFÁLTICO: Mezcla en caliente, controlada de cemento asfáltico y agregado; compactado para formar una masa densa y uniforme

CONSISTENCIA: Grado de fluidez o plasticidad de un CA.

PENETRACIÓN: Consistencia del material medida como la distancia en dmm

VISCOSIDAD: Medida de la resistencia al flujo.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Características	Municipalidad de Asunción ¹			MOPC ²			EBY ³		
	TIPO II		Método	VALORES		Método	VALORES		Método
	Min	Máx		Min	Máx		Min	Máx	
Penetración 25 °C, 100g, 5 s	50	60	IRAM 6576	50	70	AASHTO T49-70	50	70	AASHTO T49-70
Temperatura de Aplicación	140	160	-	135	155	-	140	165	-

Características	MOPC ¹			MOPC ²			MOPC ³		
	VALORES		Método	VALORES		Método	VALORES		Método
	Min	Máx		Min	Máx		Min.	Máx.	
Penetración 25	50	70	AASHTO T49-70	50	60	AASHTO T49-89	50	60	AASHTO T 49-70
Temperatura de Aplicación	135	155	-	135	155	-	140	165	-

El material importado obedece a las normativas del lugar de origen, que no siempre concuerdan con las especificaciones mostradas.



No se puede producir cemento asfáltico de petróleo en el país



En Paraguay el mercado es:

LIMITADO

IRREGULAR

Debemos utilizar el cemento asfáltico que se esté comercializando en la región

BR PETROBRAS

Número: 3124-10 G

CÓPIA

CERTIFICADO DE ENSAIO

Produto: CIMENTO ASFALTICO 50/70

Código: 71K

Local de Amostragem: TQ 28544112

Data/ hora Amostragem: 04/09/10 18:00

Data/ hora Recebimento: 04/09/10 21:24

Laboratório: REVAPIOT/OP

Endereço: Rod Pres Dutra Km 143 Jd Diamante

Telefone: (012) 3028-6642 Fax: (012) 3028-6408

Característica	Método	Especificação	Resultado	Unidade
PENETRAÇÃO	D 5	50 a 70	58	0,1 mm
PUNTO DE AMOLECIMENTO	U 36	46 min	49,4	grau C
VISCOSIDADE BROOKFIELD 135GC-SP21 20RPM	D 4402	274 min	365	cp
VISCOSIDADE BROOKFIELD 150 GC-SP21	D 4402	152 min	181	cp
VISCOSIDADE BROOKFIELD A 177GC SP21	D 4402	57 a 285	66	cp
RTFOT PENETRAÇÃO RETIDA	D 5	55 min	62	%
RTFOT-AUMENTO DO PONTO DE AMOLECIMENTO	D 36	8 max	6,1	grau C
RTFOT - DUCTILIDADE A 25GC	D 113	20 min	>150	cm
RTFOT VARIACAO EM % MASSA	D 2872	-0,50 a 0,50	-0,22	%
DUCTILIDADE A 25 GC	D 113	50 min	>150	cm
SOLUBILIDADE NO TRICLOROETILENO	D 2042	99,5 min	99,9	% massa
PONTO DE FULGOR	D 92	235 min	252	grau C
INDICE DE SUSCETIBILIDADE TERMICA	X 018	-1,5 a 0,7	-1,3	N/A
DENSIDADE RELATIVA A 20H GC	D 70	Anotar (1)	1,011	N/A
AGUECIMENTO A 177 GC	X 215	NESP (2)	NESP	N/A

Notas:

(1) Ensaio não faz parte da especificação. Informação para fins de fechamento.

(2) NESP = Não espuma

Data de Emissão: 05/09/2010 03:59:34

Página: 1 de 1

Original Assinado Por:

Os resultados deste Certificado de Ensaio referem-se à amostra acima especificada.

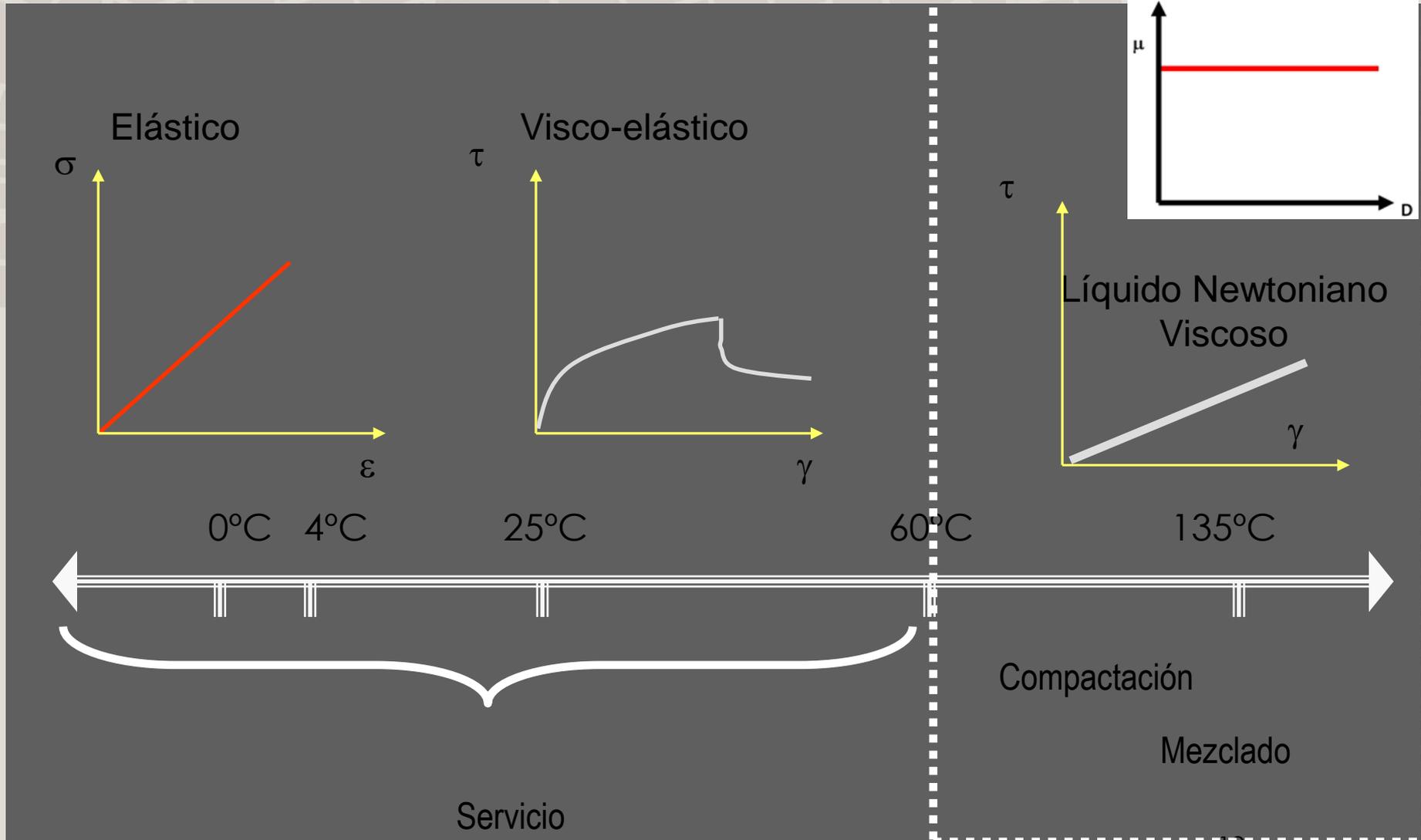
Este certificado só pode ser reproduzido integralmente com a autorização do responsável pelo seu conteúdo.

Responsável:
Rosa Hama Nakai
CRQ: 04306001

Los Cementos Asfálticos utilizados en la construcción son importados por empresas privadas



COMPORTAMIENTO REOLÓGICO





CLASIFICACIÓN POR PENETRACIÓN

	UN	Método de Ensayo	Designación de la Clasificación				
Penetración a 25 °C	dmm	EN 1426	30-45	35-50	40-60	50-70	70-100
Punto de Ablandamiento	°C	EN 1427	52-60	50-58	48-56	46-54	43-51
Resistencia al Endurecimiento, a 163 °C		EN 12607-1 o EN 12607-3					
- Cambio de masa, máximo ±	%		0,5	0,5	0,5	0,5	0,8
- Penetración retenida, mínimo	%	53	53	50	50	46	
- Punto de Ablandamiento luego del endurecimiento, mínimo	°C	EN 1427	54	52	49	48	45
Punto de Fulgor, mínimo	°C	EN 22592	240	240	230	230	230
Solubilidad, mínimo	% (mm/mm)	EN 12592	99,-0	99,0	99,0	99,0	99,0



CLASIFICACIÓN POR PENETRACIÓN

VENTAJAS

- Temperatura cercana a la media de servicio
- Correlación con las propiedades a bajas temperaturas
- La Susceptibilidad Térmica puede determinarse con dos ensayos
- Rápido, Barato y Fácil de Utilizar en el campo



CLASIFICACIÓN POR PENETRACIÓN

DESVENTAJAS

- Ensayo Empírico
- Tasa de Corte alta y Variable = Afecta a los Resultados
- La Susceptibilidad no puede determinarse con un solo ensayo
- No permite determinar las temperaturas de Mezclado y Compactación

CLASIFICACIÓN POR VISCOSIDAD

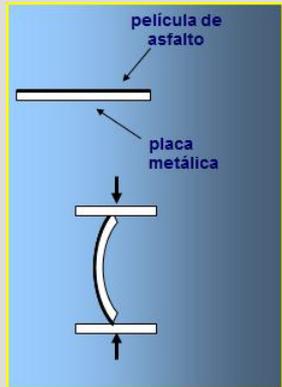
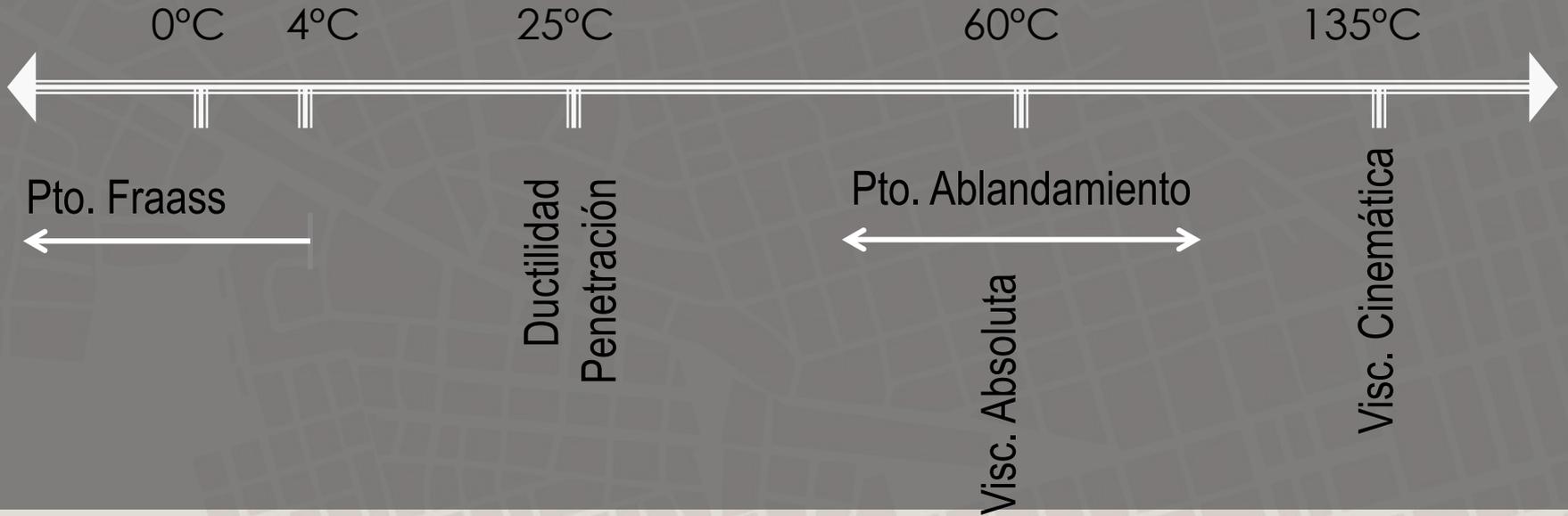
REQUISITOS PARA CEMENTO ASFALTICO CLASIFICADO POR VISCOSIDAD A 60° C (Clasificación basada en asfalto original)

PRUEBA	GRADO DE VISCOSIDAD					
	AC-2.5	AC-5	AC-10	AC-20	AC-30	AC-40
Viscosidad, 60° C, poises	250±50	500±100	1000±200	2000±400	3000±600	4000±800
Viscosidad, 135° C, Cs-minimo	125	175	250	300	350	400
Penetración, 25° C, 100 g., 5 segundos-minimo	220	140	80	60	50	40
Punto Inflamador, Cleveland, ° C(°F)-minimo	163(325)	177(350)	219(425)	232(450)	232(450)	232(450)
Solubilidad en tricloroetileno, por ciento-minimo	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0	99.0
Pruebas sobre el residuo del ensayo TFO:						
Perdida por calentamiento, porcentaje-maximo (opcional) ³		1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
Viscosidad, 60° C, poises-maximo	1000	2000	4000	8000	12000	16000
Ductilidad, 25° C, 5 cm por minuto, cm-minimo	100 ¹	100	75	50	40	25
Prueba de mancha (cuando y como se especifique) ² con:						
Solvente normal de nafta	Negativo para todos los grados					
Solvente de nafta-xileno, % xileno	Negativo para todos los grados					
Solvente de heptano-xileno, % xileno	Negativo para todos los grados					

¹ Si la ductilidad es menor que 100, el material sera aceptado si la ductilidad a 15.6° C tiene un valor/minimo de 100.

² El uso de la prueba de mancha es opcional. El ingeniero debera especificar el tipo de solvente usado cuando se va a usar la prueba. En el caso de los solventes de xileno, debera especificar el porcentaje de xileno a ser usado.

³ El uso del requisito de perdida por calentamiento es opcional.





ENSAYO DE PENETRACIÓN

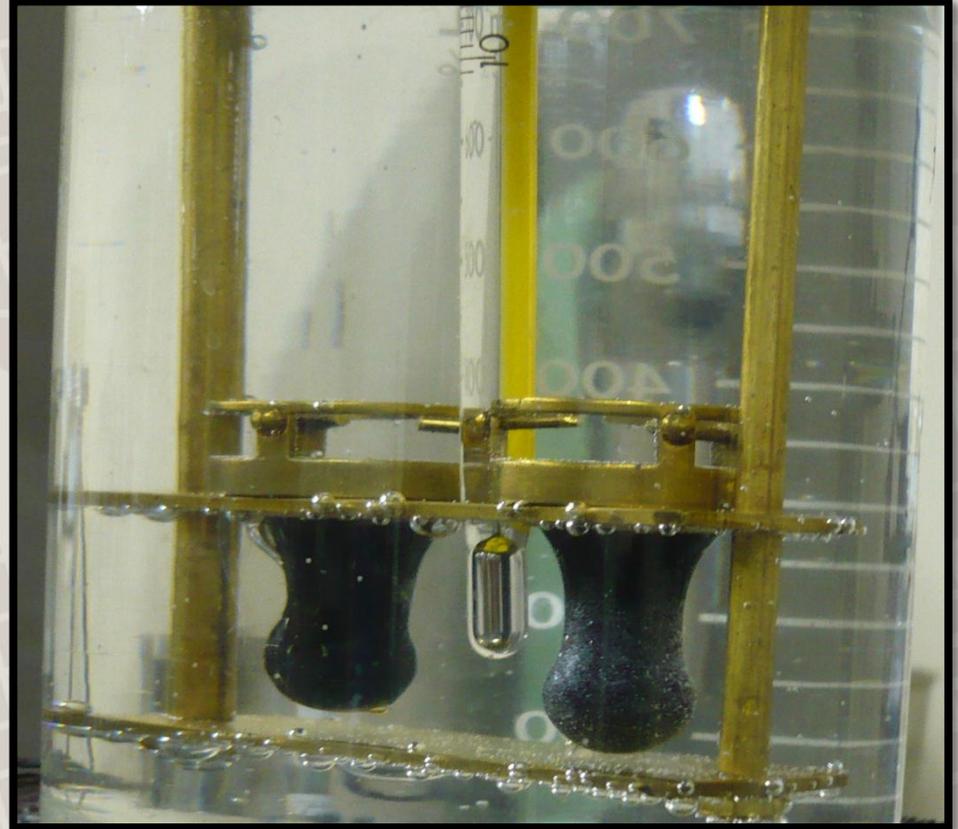


25 °C
100 gr
5 seg





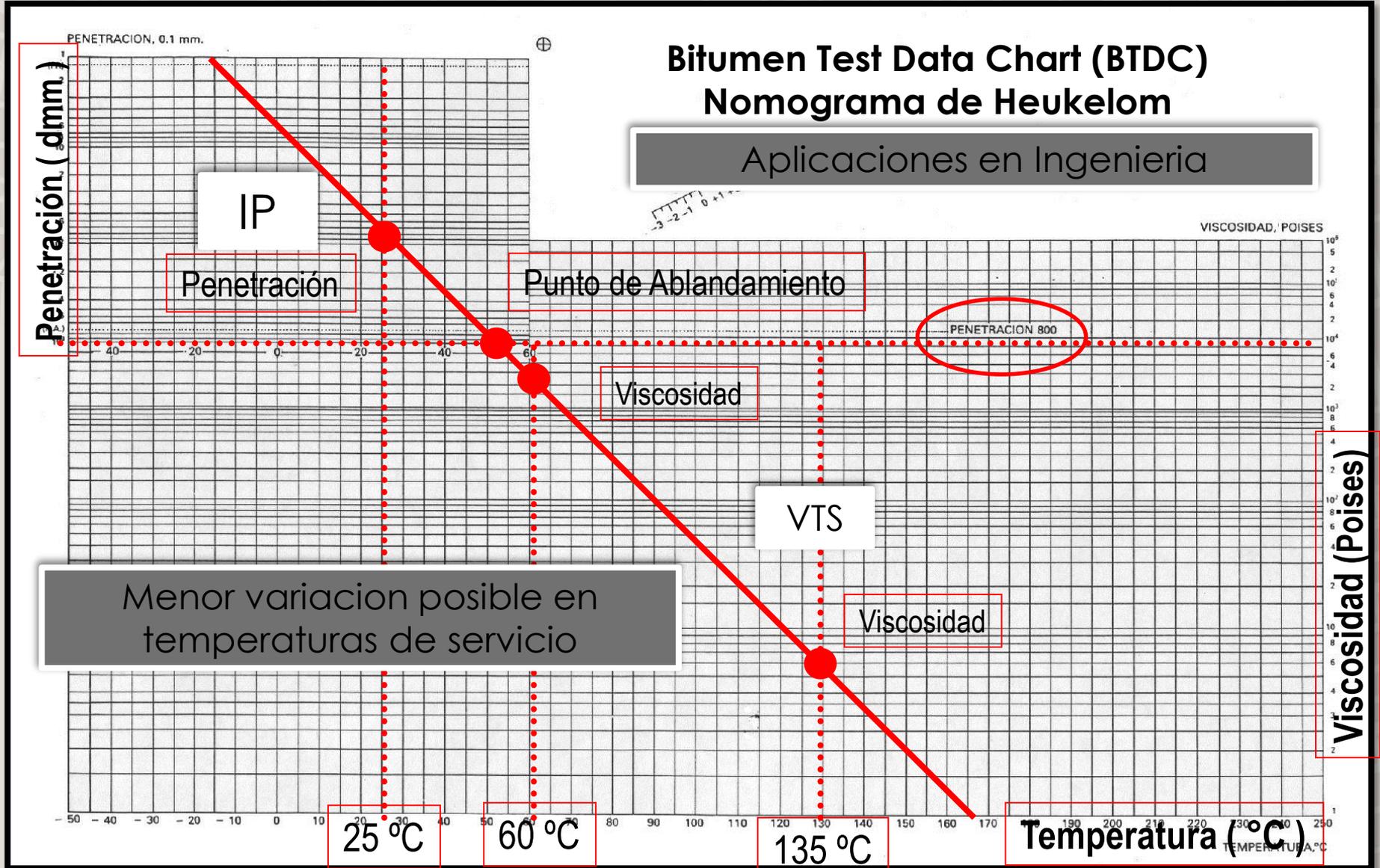
PUNTO DE ABLANDAMIENTO



El material deja de Comportarse como un sólido



SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA





TECNOLOGÍA SUPERPAVE

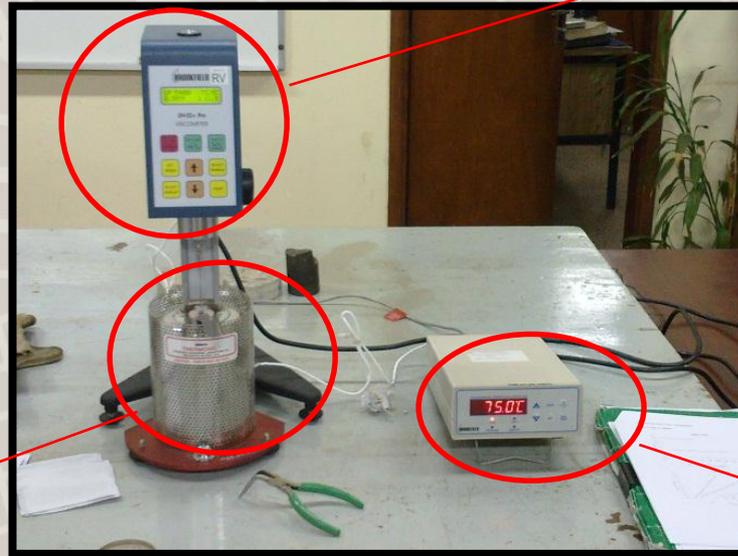
Pavimentos Asfálticos de Comportamiento Superior



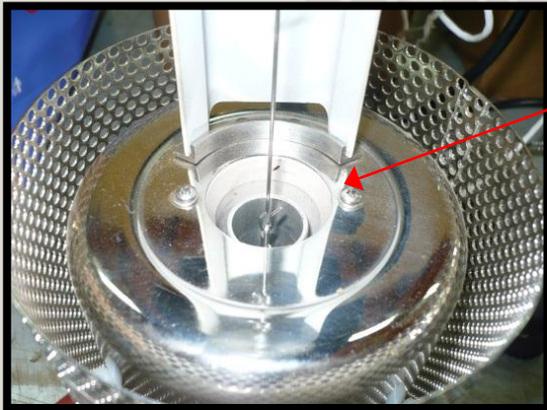
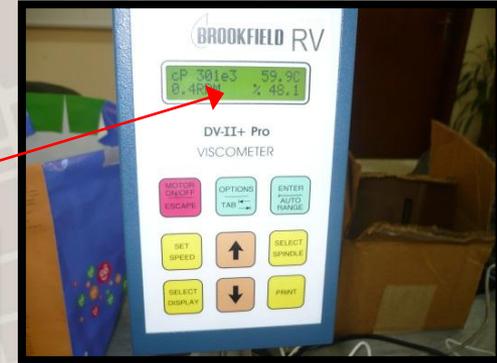


VISCOSÍMETRO ROTACIONAL BROOKFIELD

Determina las distintas viscosidades con una sola muestra



Asfaltos modificados y sin modificar





Combinación cuidadosa de agregado
pétreo y cemento asfáltico

> Propiedades de Ingeniería

Estabilidad

Durabilidad

Resistencia a la Fatiga

Resistencia al Deslizamiento

Trabajabilidad

Flexibilidad

Impermeabilidad.

Diseñadas
Producidas
Colocadas



- Densidad
- Estabilidad Marshall
- Fluencia
- Contenido Vacíos (Va)
- Vacíos del Agregado Mineral (VAM)
- Vacíos Llenos con Asfalto (VFA)

Contenido optimo
de Asfalto (%)





PRIMERA ETAPA

Recolección y Caracterización de Cementos Asfálticos

SEGUNDA ETAPA

Análisis de Datos y Comparación de Resultados

TERCERA ETAPA

Evaluación del Desempeño de Mezclas Asfálticas en función a la temperatura

PRIMERA ETAPA

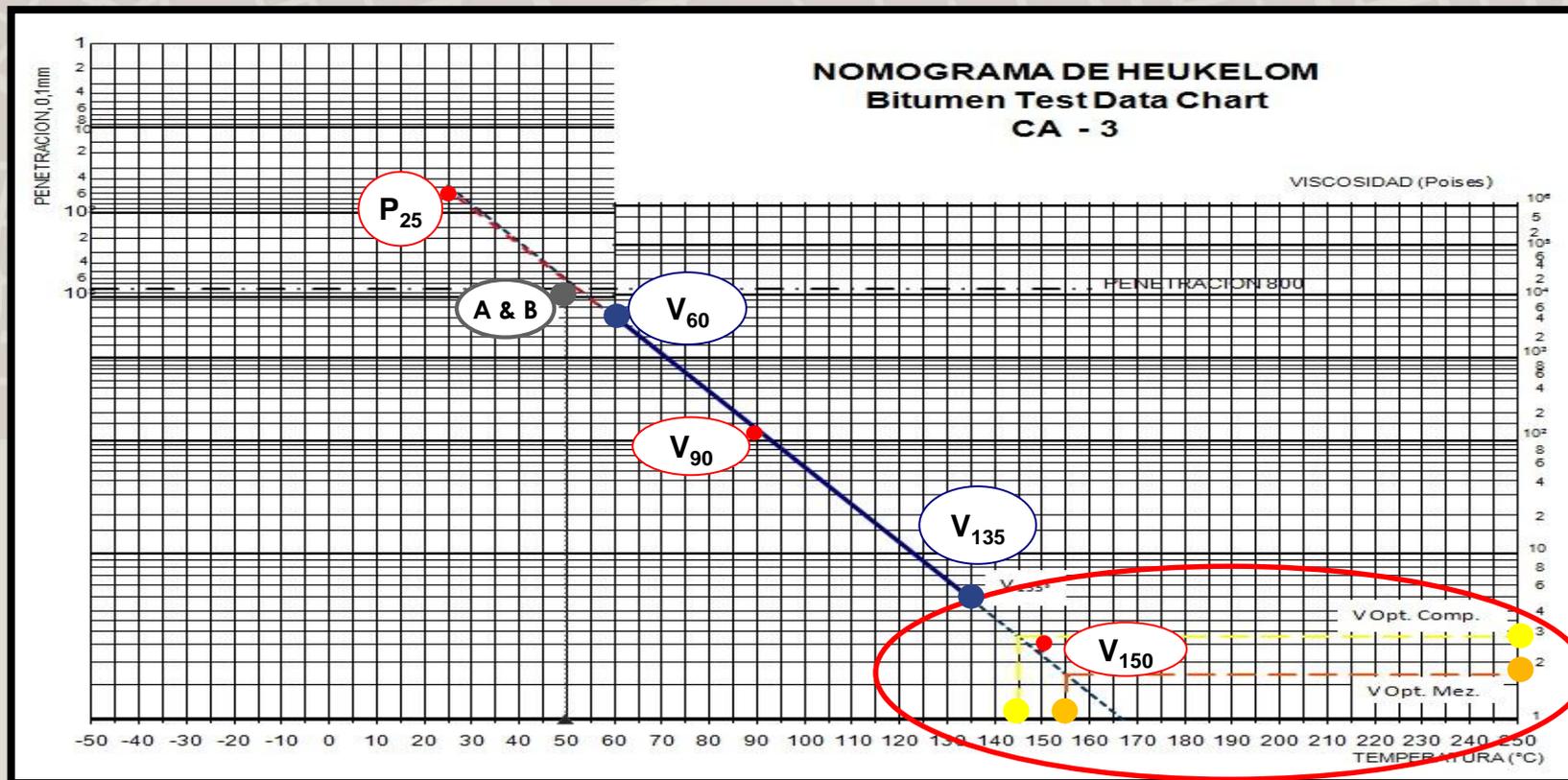
Recolección de Muestras de Cemento Asfáltico y de Fichas de Calidad

Penetración

Ensayos de
Consistencia

Punto de
Ablandamiento

Viscosidad
Brookfield

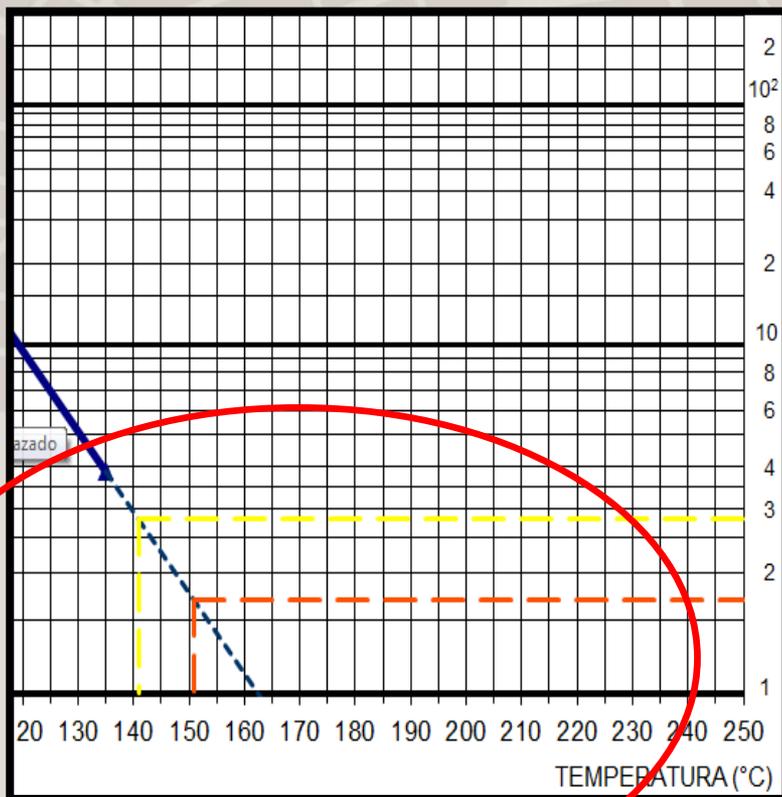


VALORES MEDIDOS CA-3			
Viscosidad (P) a	60 °C	V ₆₀	4,200
Viscosidad (P) a	90 °C	V ₉₀	115,50
Viscosidad (P) a	135 °C	V ₁₃₅	4,83
Viscosidad (P) a	150 °C	V ₁₅₀	2,33
Penetración (dmm) a	25 °C	P ₂₅	54
Punto Ablandamiento (°C)		T.P.A	49,8

Asfalto	Penetración (dmm)	AyB (°C)	Viscosidad 60°(P)	Viscosidad 90°(P)	Viscosidad 135°(P)	Viscosidad 150°(P)
CA-1	56	49,5	3800	101,33	4,68	2,37
CA-2	57	49,25	3050	90,42	3,87	1,90
CA-3	54	49,75	4200	115,50	4,83	2,33
CA-4	60	51	2310	77,22	3,57	1,84
CA-5	62	48	2160	73,50	3,49	1,99
CA-6	57	49,5	2700	83,33	3,71	1,85
CA-7	59	48	2300	73,33	3,45	1,73
CA-8	59	48,5	1790	63,68	3,05	1,55
CA-9	61	49,5	1500	55,83	2,88	1,45
CA-10	54	50	2440	75,00	3,55	1,75
CA-11	63	49	1430	52,21	2,71	1,38
CA-12	62	50	1790	56,91	2,86	1,44
CA-13	55	49	2120	69,37	3,44	1,65
CA-14	54	49,5	2070	72,33	3,38	1,69
CA-15	62	49	2000	69,83	3,28	1,63
CA-16	65	48,5	2050	65,50	3,13	1,58

Caracterización por el Grado de Viscosidad

Asfalto	Viscosidad 60°(P)	Grado de Viscosidad
CA-1	3800	AC-40
CA-2	3050	AC-30
CA-3	4200	AC-40
CA-4	2310	AC-20
CA-5	2160	AC-20
CA-6	2700	AC-30
CA-7	2300	AC-20
CA-8	1790	AC-20
CA-9	1500	AC-20
CA-10	2440	AC-30
CA-11	1430	AC-20
CA-12	1790	AC-20
CA-13	2120	AC-20
CA-14	2070	AC-20
CA-15	2000	AC-20
CA-16	2050	AC-20



Temperatura de Mezclado:
viscosidad de $1,7 \pm 0,2$ [Poise].

Temperatura de compactación:
viscosidad de $2,8 + 0,3$ [Poise].

Temperaturas de aplicación		
Asfalto	Temperatura de Mezclado (°C)	Temperatura de Compactación (°C)
CA-1	154,5	144,5
CA-2	150,8	140,9
CA-3	155,1	145,0
CA-4	149,4	139,5
CA-5	149,0	139,1
CA-6	150,0	140,2
CA-7	148,7	138,9
CA-8	146,4	136,6
CA-9	145,3	135,5
CA-10	149,2	139,4
CA-11	144,1	134,4
CA-12	145,0	135,4
CA-13	148,7	138,8
CA-14	148,4	138,5
CA-15	147,8	137,9
CA-16	146,7	137,0



○ Análisis de Datos y Comparación de Resultados

Fichas de Calidad

PETROBRAS Número: 14

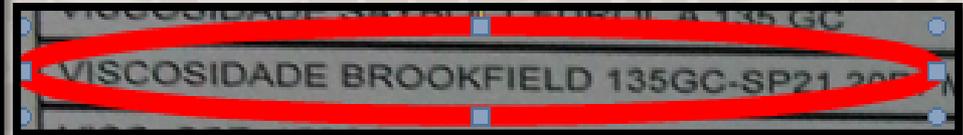
CERTIFICADO DE ENSAIO CÓP

Producto: CIMENTO ASFALTICO 50/70 Código: 71

Local de Amostragem: TQ 2954391 Laboratório: UN-Repar/OT/OP
 Data/ hora Amostragem: 09/06/11 09:00 Endereço: Rod. do Xisto, km 16
 Data/ hora Recebimento: 09/06/11 09:30 83.700-970 Araucária - PR
Telefone (41) 3641-2519 Fax

Característica	Método	Especificação	Resultado
PENETRACAO	D 5	50 a 70	57
PONTO DE AMOLECIMENTO	D 36	46 min	47,7
VISCOSIDADE SAYBOLT FURUL A 135 GC	E 102	141 min	146,0
VISCOSIDADE BROOKFIELD 135GC-SP21 20RPM	D 4402	274 min	285
VISC. SSF. 150GC	E 102	50 min	78,7
VISCOSIDADE BROKFIELD 150 GC-SP21	D 4402	112 min	150
VISCOSIDADE SAYBOLT FURUL A 177 GC	E 102	30 a 150	31,2
VISCOSIDADE BROOKFIELD A 177GC SP21	D 4402	57 a 285	57
RTFOT PENETRACAO RETIDA	D 5	55 min	70
RTFOT-AUMENTO DO PONTO DE AMOLECIMENTO	D 36	8 max	3,0
RTFOT - DUCTILIDADE A 25GC	D 113	20 min	>100
RTFOT VARIACAO EM % MASSA	D 2872	-0,50 a 0,50	-0,141
DUCTILIDADE A 25 GC	D 113	60 min	>100
SOLUBILIDADE NO TRICLOROETILENO	D 2042	99,5 min	99,9
PONTO DE FULGOR	D 92	235 min	276
INDICE DE SUSCETIBILIDADE TERMICA	X 018	-1,5 a 0,7	-1,5
DENSIDADE RELATIVA A 20/4 GC	D 70	Anotar (1)	1,015
AQUECIMENTO A 177 GC	X 215	NESP (2)	NESP

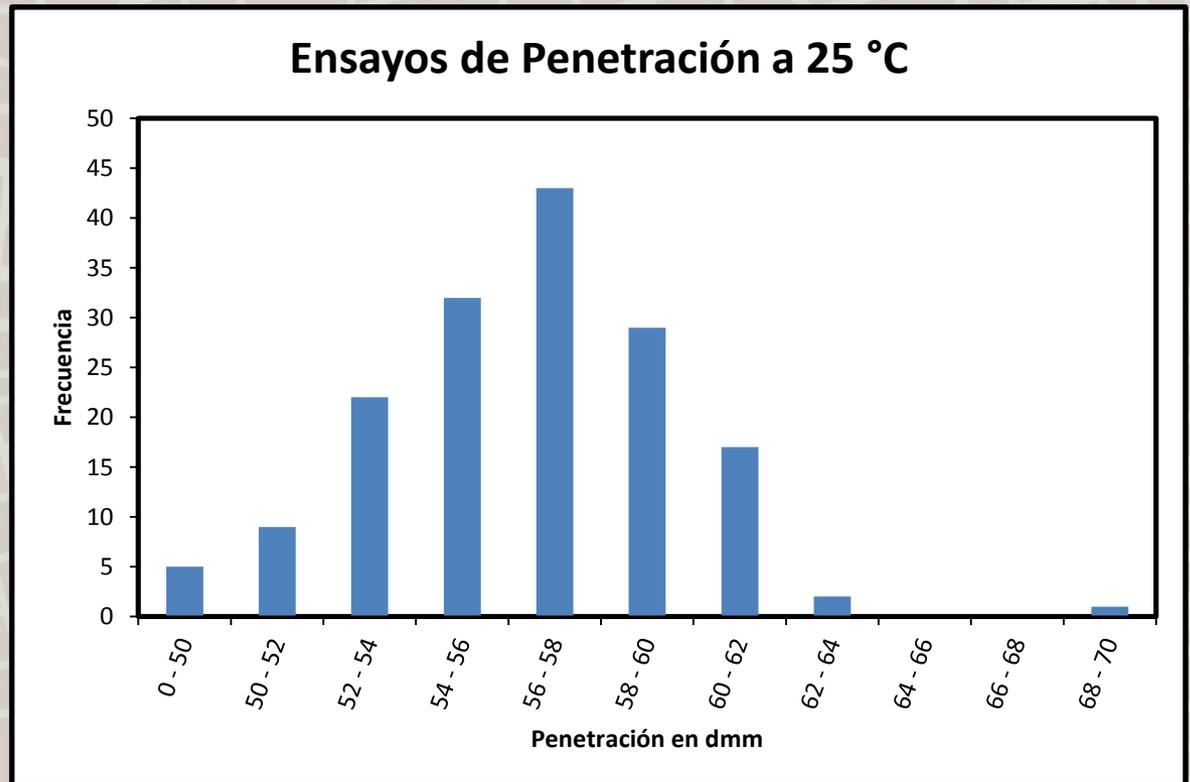
Notas:
 (1) Ensaio nao faz parte da especificacao. Informacao para fins de faturamento.
 (2) NESP = Nao espuma



Se verificaron que estos datos son reales comparandolos con los valores obtenidos en el laboratorio

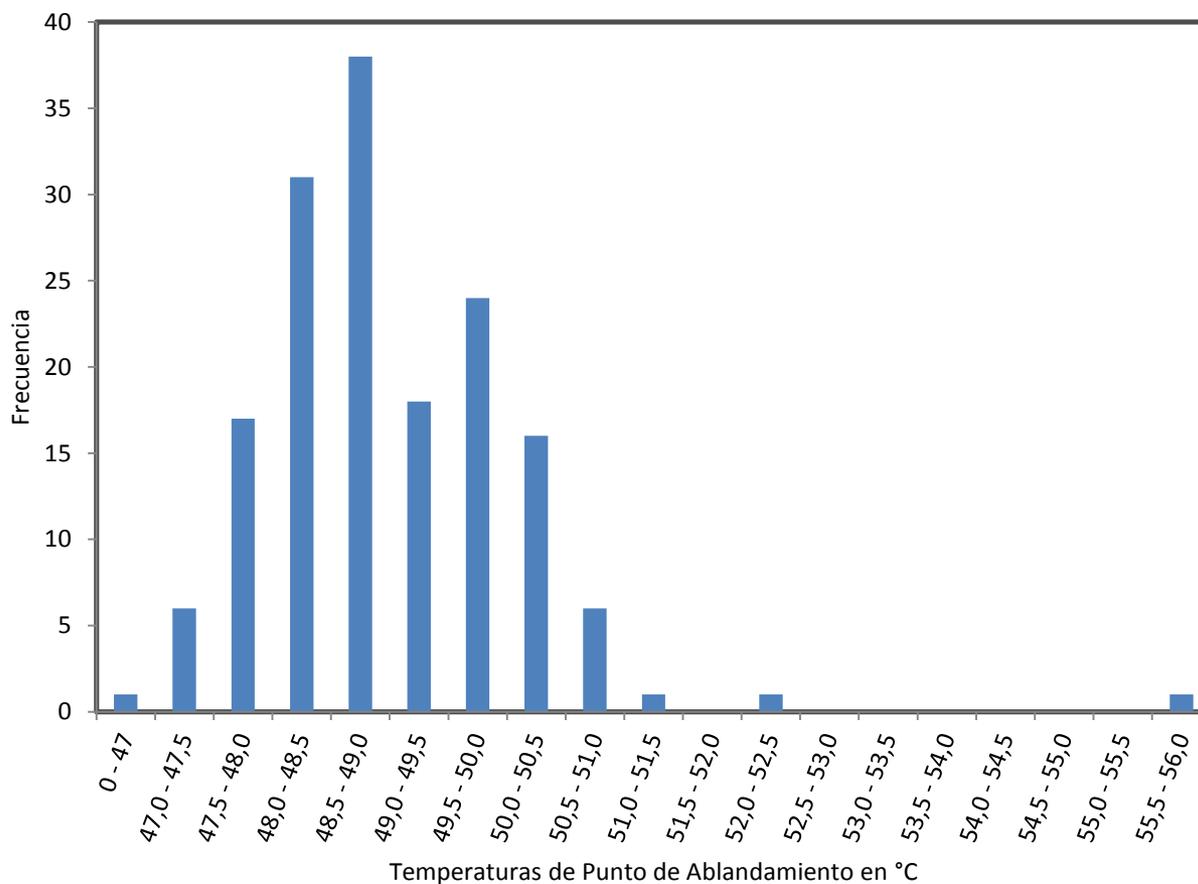
Valores de Penetración

Penetración	
<u>Media</u>	56,94
<u>Mediana</u>	57
<u>Moda</u>	58
<u>Desviación estándar</u>	3,21
<u>Rango</u>	19
<u>Mínimo</u>	50
<u>Máximo</u>	69
<u>Cuenta</u>	160

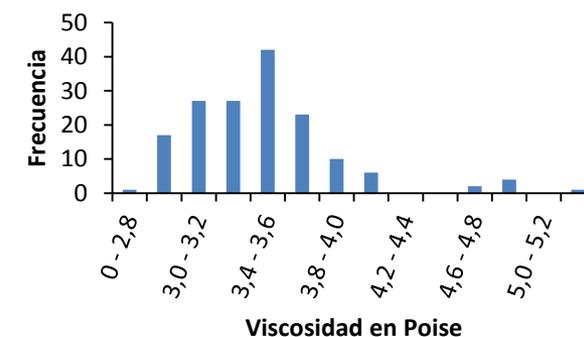




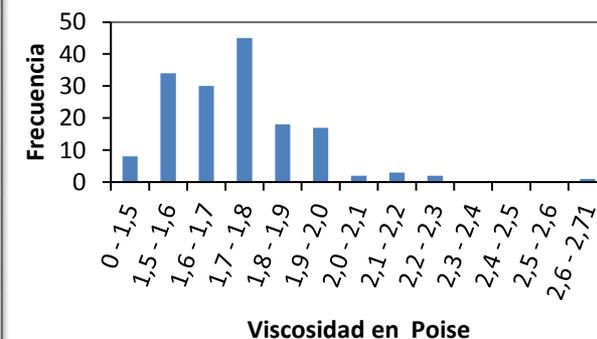
Ensayos de Anillo y Bola



Ensayos de Viscosidad Brookfield a 135 °C



Ensayos de Viscosidad Brookfield a 150 °C

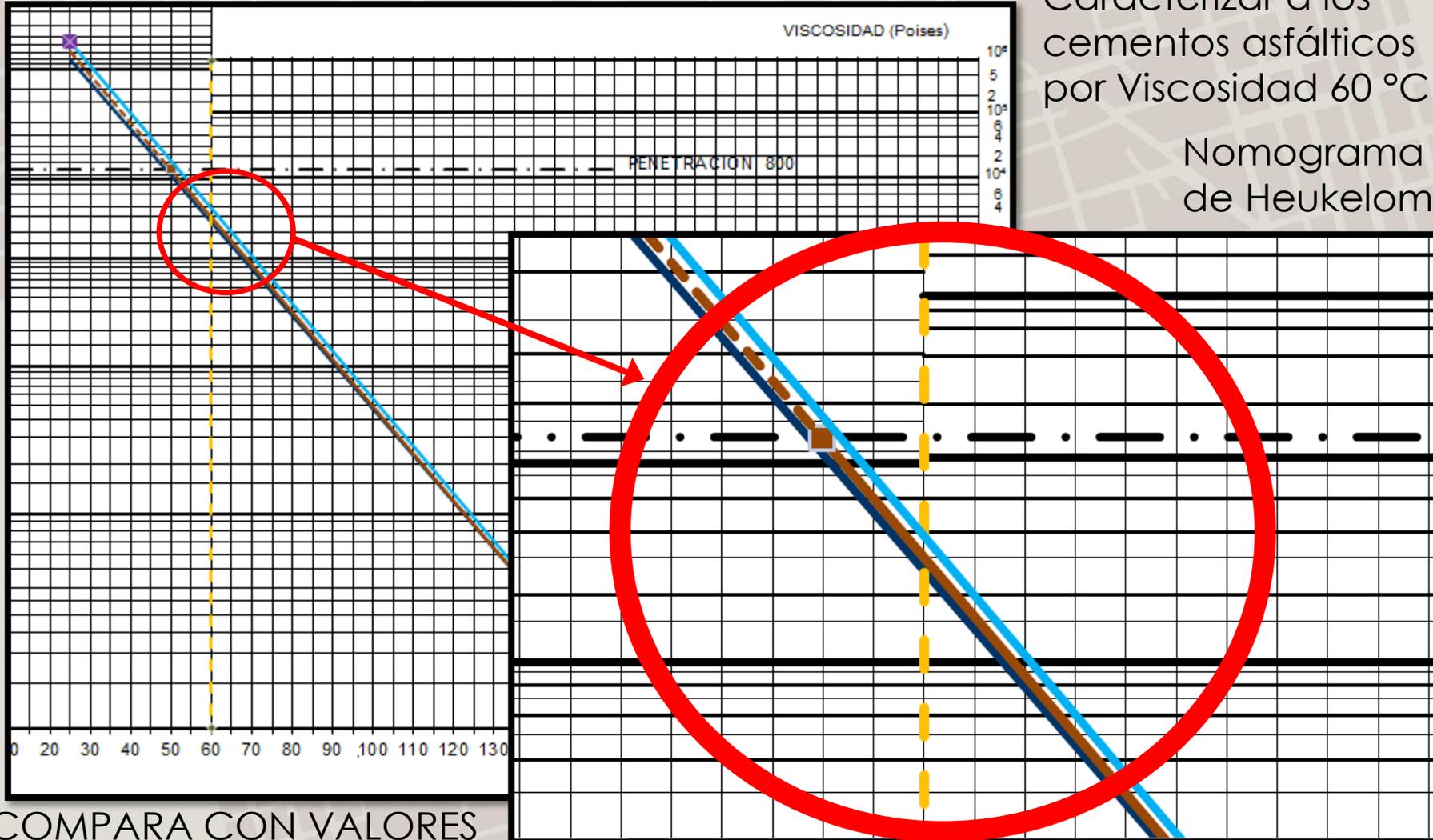




ESTIMACIÓN DE VALORES DE VISCOSIDAD

Caracterizar a los cementos asfálticos por Viscosidad 60 °C

Nomograma de Heukelom

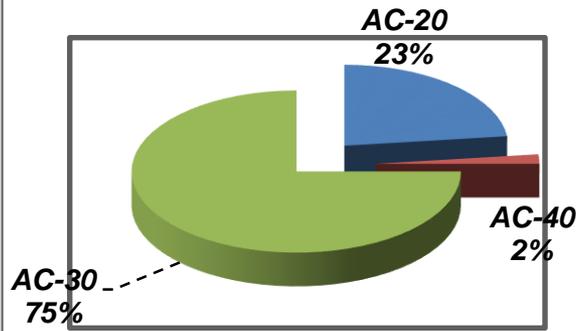


ANÁLISIS DE LA VISCOSIDAD ESTIMADA

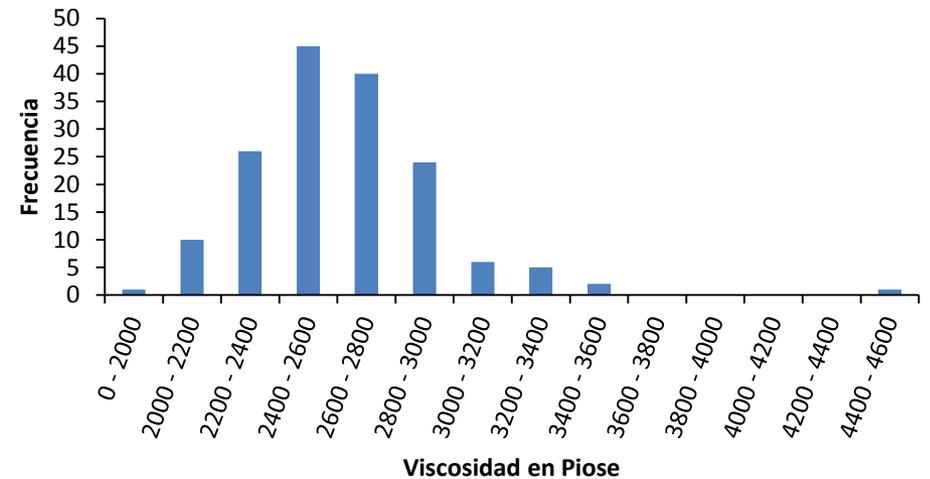
Estimación General de la Viscosidad a 60 °C

Media	2631.20
Mediana	2584.08
Desviación estándar	324.74
Rango	2522.46
Mínimo	1978.71
Máximo	4501.17
Cuenta	160.00

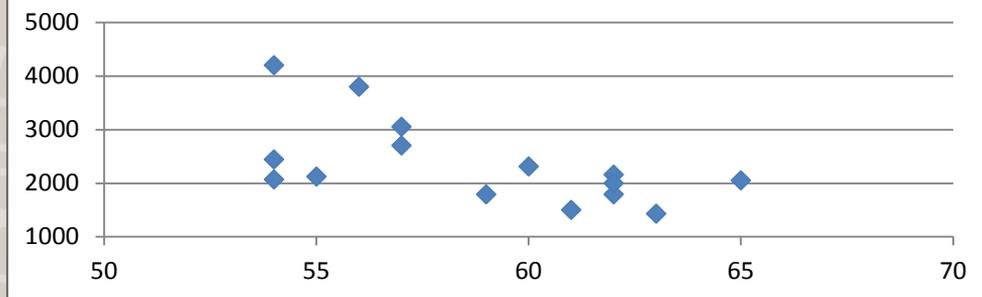
Clasificación por Viscosidad a 60_E °C



Valores de Viscosidad a 60_E °C



Penetración vs. Viscosidad 60 °C
Datos de Laboratorio

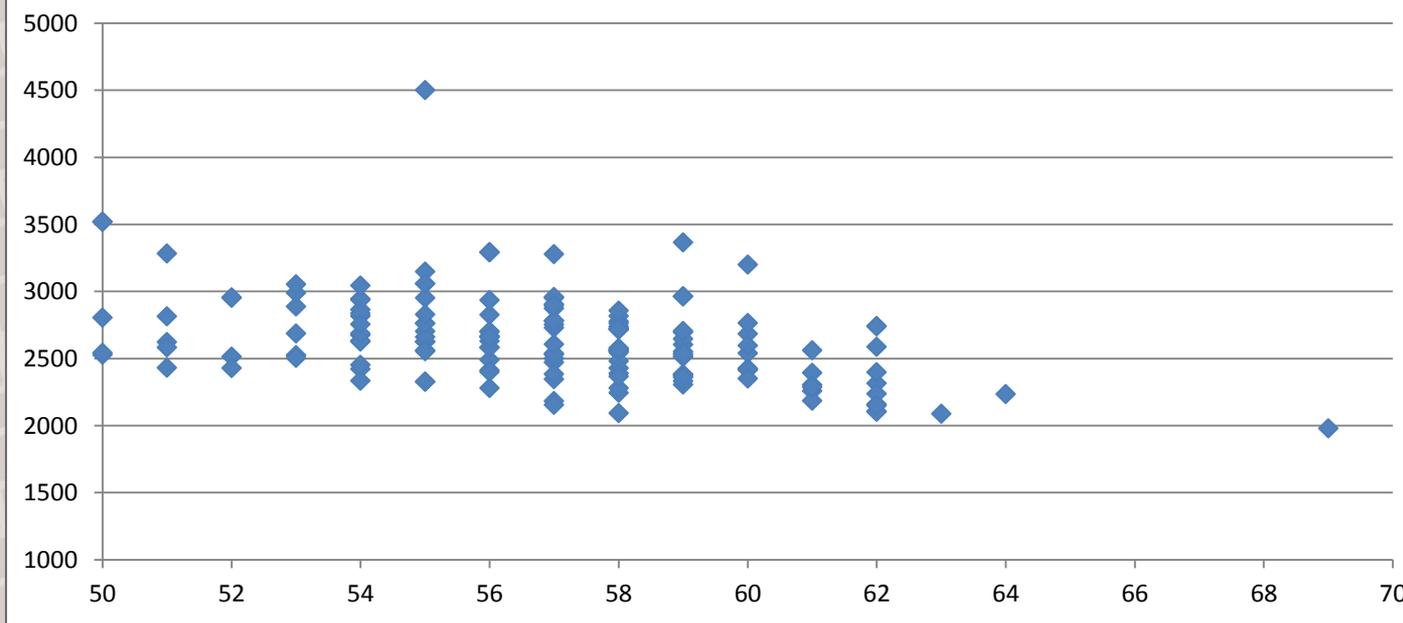


Correlación "R"

Coeficiente de Correlación "R" que da un valor de **0,48** lo que indica que la **correlación es muy débil**

Coeficiente de Correlación "R" para esta comparación disminuye a un valor de **0,4** que sigue indicando una **correlación muy débil**

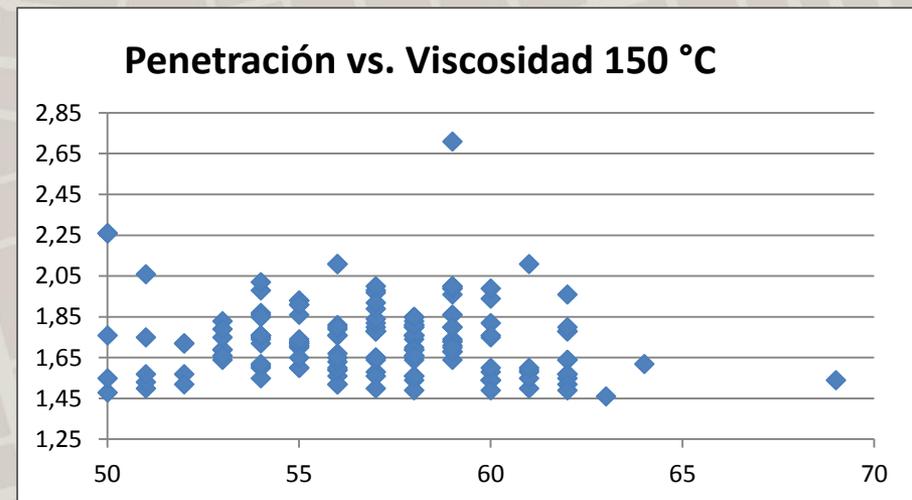
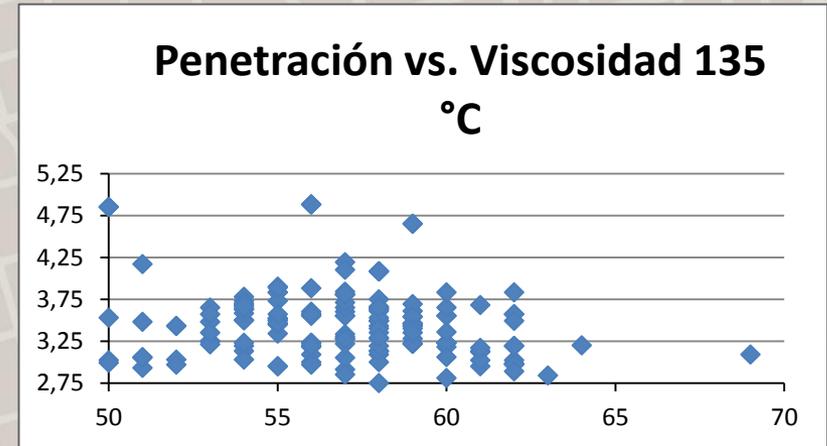
Penetración vs. Viscosidad 60_E °C



LA PENETRACION NO PROPORCIONA
INFORMACION SOBRE EL POSIBLE
COMPORTAMIENTO A LA TEMPERATURA
CRITICA DE SERVICIO

**SE VERIFICA LA PRIMERA
HIPOTESIS**

Temperatura de Mezclado Recta Viscosidad 135 y 150 °C	Temperatura De Compactación Recta Viscosidad 135 Y 150 °C
<u>Mediana</u> 150,33	<u>Mediana</u> 139,34
<u>Rango</u> 14,90	<u>Rango</u> 14,74
<u>Mínimo</u> 146,40	<u>Mínimo</u> 134,49
<u>Máximo</u> 161,30	<u>Máximo</u> 149,24



El coeficiente de correlación entre ambas viscosidades y la penetración es casi nulo

“NO EXISTE CORRELACION ENTRE EL PARAMETRO ACTUAL PARA CLASIFICACION Y LAS ALTAS TEMPERATURAS”

Evaluación del desempeño de la Mezclas Asfálticas en Función a la Temperatura

Mala práctica de considerar fijas las temperaturas para las operaciones de mezclado y colocación

Considerar que siempre tenemos el mismo asfalto

“La variación de la temperatura de aplicación de las mezclas, altera las propiedades mecánicas de las mismas”

Parámetros Fijos

Contenido de Asfalto

Granulometría

Parámetros Variables

Tipo de Asfalto

Temperaturas de Mezclado y Compactación

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS VARIABLES

Tres tipos de cementos asfálticos:
 AC-20; AC-30 Y AC-40

Resultados de Ensayos de Laboratorio	A	B
Penetración (dmm)	Iguales	
Punto de ablandamiento (°C)	50	49,5
Viscosidad Brookfield 60°C (p)	4200	1500
Viscosidad Brookfield 90°C (p)	115,5	55,8
Viscosidad Brookfield 135°C (p)	4,83	2,87
Viscosidad Brookfield 150°C (p)	2,32	1,45
Índice de penetración (P25m yP60e)	-0,5	-1,6
Índice de penetración (P60e yP135e)	-0,85	-0,69
Numero de clase	-3,1	10,9
Clase	B	W
VTS	3,69	3,64
Temperatura Óptima de Mezclado °C	155,1	145,3
Temperatura Óptima de Compactación °C	145	135,5

TEMPERATURAS DE APLICACIÓN

Estudio Estadístico

Viscosidad de Mezclado Óptima
 $1,7 \pm 0,2$ [Poise]



Máximo ----- > 164,5 °C
Mínimo ----- > 143,8 °C

Viscosidad de Compactación Óptima
 $2,8 \pm 0,3$ [Poise]



Máximo ----- > 151,9 °C
Mínimo ----- > 132,7 °C



Matriz experimental de ensayos para ambos asfaltos		
Temperatura de Mezcla Óptima y Compactación Variable		
Numero de Probetas	Temperatura de Mezcla	Temperatura de Compactación
3	Temp. de Mezcla Óptima	Temp. de Mezclado Óptima
3	Temp. de Mezcla Óptima	Temp. de Comp. Óptima
3	Temp. de Mezcla Óptima	Temp. Compactación Óptima - 10°C
3	Temp. de Mezcla Óptima	Temp. Compactación Óptima - 20°C
Temperatura de Mezcla variable y Compactación Óptima		
3	Temp. de Mezclado Óptima +20	Temp. de Comp. Óptima
3	Temp. de Mezclado Óptima +10	Temp. de Comp. Óptima
3	Temp. de Mezclado Óptima	Temp. de Comp. Óptima
3	Temp. de Comp. Óptima	Temp. de Comp. Óptima

En el primer caso, se analiza el comportamiento térmico de la mezcla en función a la compactación y luego, se evalúa el comportamiento térmico en el mezclado

Asfalto A de Alta viscosidad

Serie Nº	T° Mezclado	T° Comp.	Densidad kg/dm ³	% vacíos	%Vacio Agreg. Mineral	Relación Betún-Vacíos	Estabilidad kg.	Fluencia mm.
I	148,7	145,3	2,601	3,1	15,3	79,9	1.018	3,0
II	158,0	145,3	2,632	3,4	15,7	78,6	1.033	3,1
III	165,0	145,3	2,609	3,9	16,1	76,0	911	3,05
IV	175,0	145,3	2,609	4,3	16,6	74,0	964	2,9

Asfalto B de Baja viscosidad

Serie Nº	T° Mezclad	T° Comp.	Densidad kg/dm ³	% vacíos	%Vacio Agreg. Mineral	Relación Betún-Vacíos	Estabilidad kg.	Fluencia mm.
I	137,7	135,5	2,630	3,7	16,1	76,9	1.063	3,2
II	148,0	135,5	2,631	3,0	15,4	80,5	976	3,1
III	156,0	135,5	2,619	4,0	16,3	75,4	966	3,1
IV	165,0	135,5	2,601	4,4	16,7	73,5	738	2,5

Se analizan las Propiedades de Diseño que presentan Mayor Variación

Analizando los Parametros deseados en la Ingenieria

Estabilidad

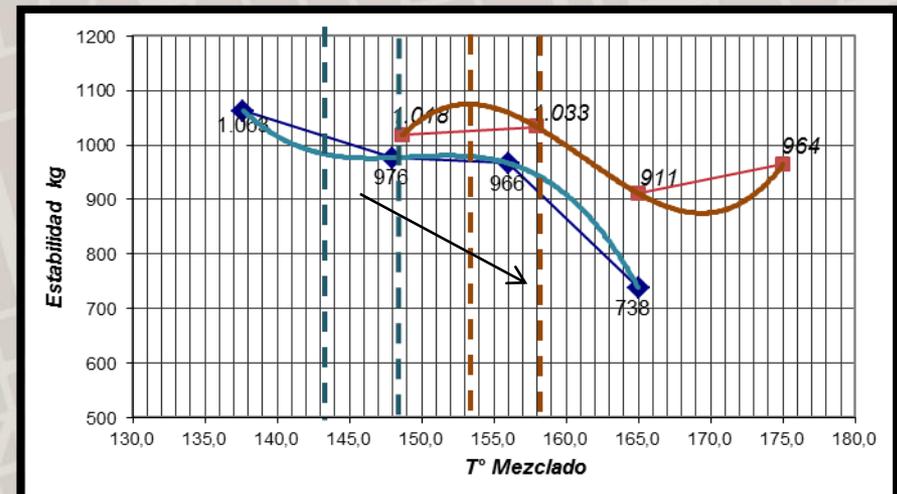
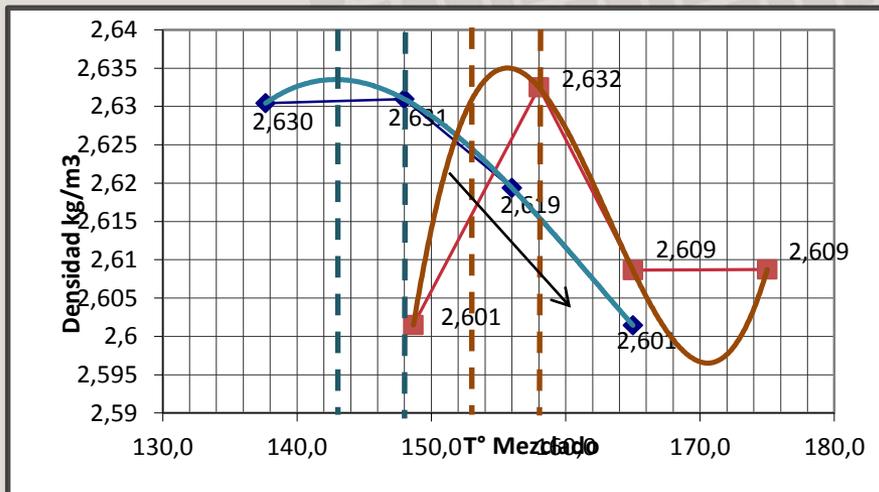
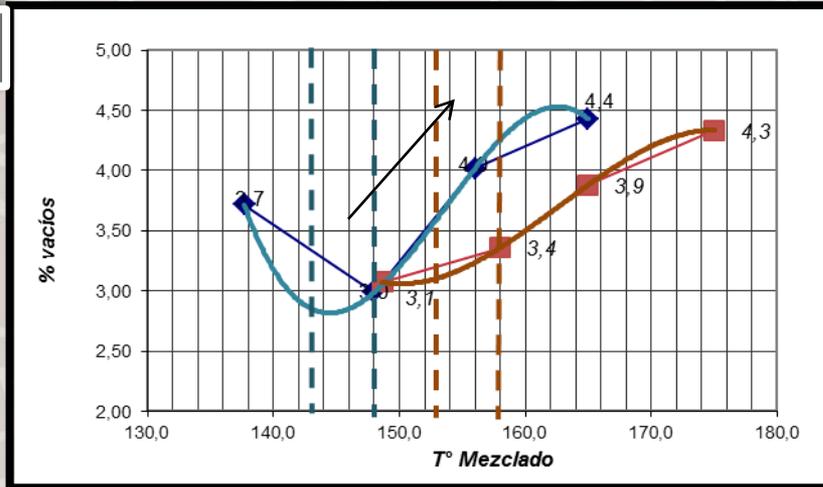
- Ahuellamientos
- Corrimientos
- Ondulaciones

Durabilidad

Segundos vitales

Envejecimiento

Peligro ante cargas ciclicas





Asfalto A de Alta viscosidad

Serie Nº	Tº Mezclado	Tº Comp	Densidad kg/dm ³	% Vacíos	%Vacio Agreg. Mineral	Relación Betún-Vacíos	Estabilidad kg.	Fluencia mm.
I	155,1	124,0	2,611	4,2	16,4	74,7	1.058	3,0
II	155,1	135,5	2,605	3,3	15,5	78,9	829	3,1
III	155,1	144,0	2,632	3,4	15,7	78,6	1.033	3,1
IV	155,1	153,0	2,636	3,1	15,5	79,8	1.086	2,9

Asfalto B de Baja viscosidad

Serie Nº	Tº Mezclado	Tº Comp	Densidad kg/dm ³	% Vacíos	%Vacio Agreg. Mineral	Relación Betún-vacíos	Estabilidad kg.	Fluencia mm.
1	145,5	119,8	2,582	5,3	17,4	69,7	819	2,9
2	145,5	126,9	2,617	3,8	16,1	76,2	884	2,9
3	145,5	136,2	2,631	3,0	15,4	80,5	976	3,1
4	145,5	143,3	2,648	2,8	15,2	81,8	1200	3,4



Se pierden las Propiedades cohesivas

Estabilidad

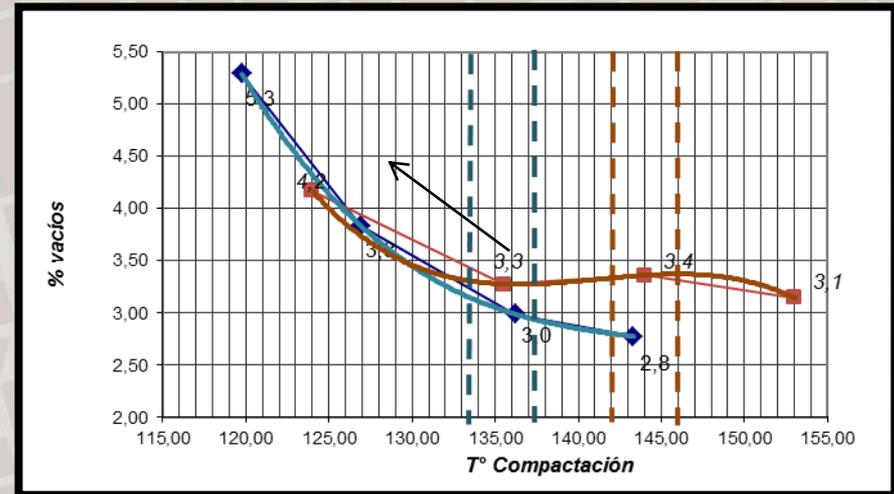
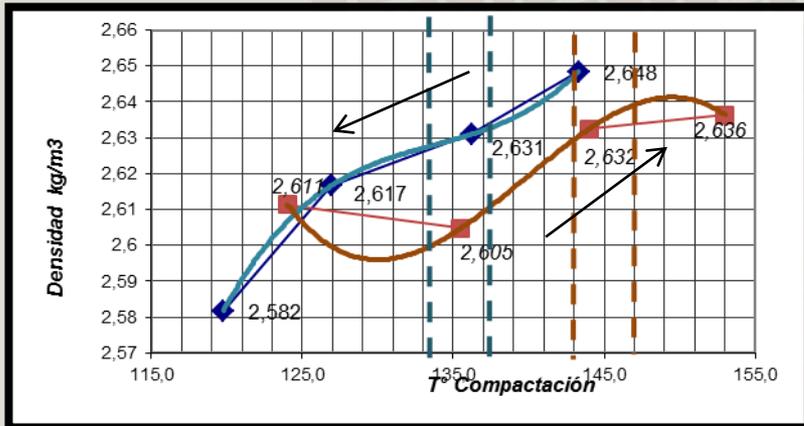
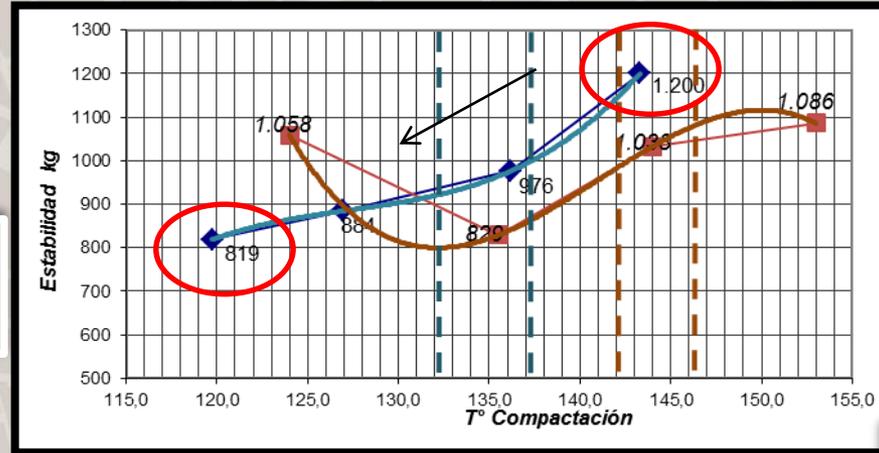
Coef. estructural disminuye

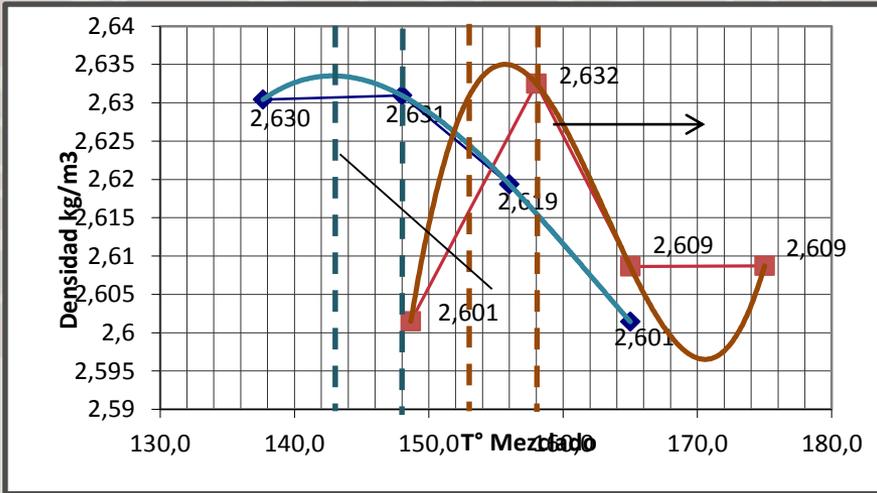
Durabilidad

Ataque del agua

Trabajabilidad

Grietas finas

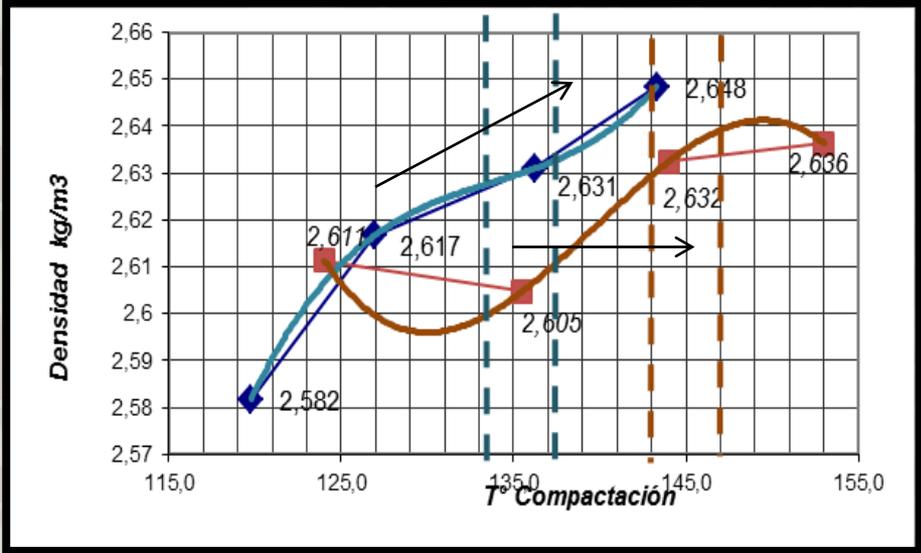


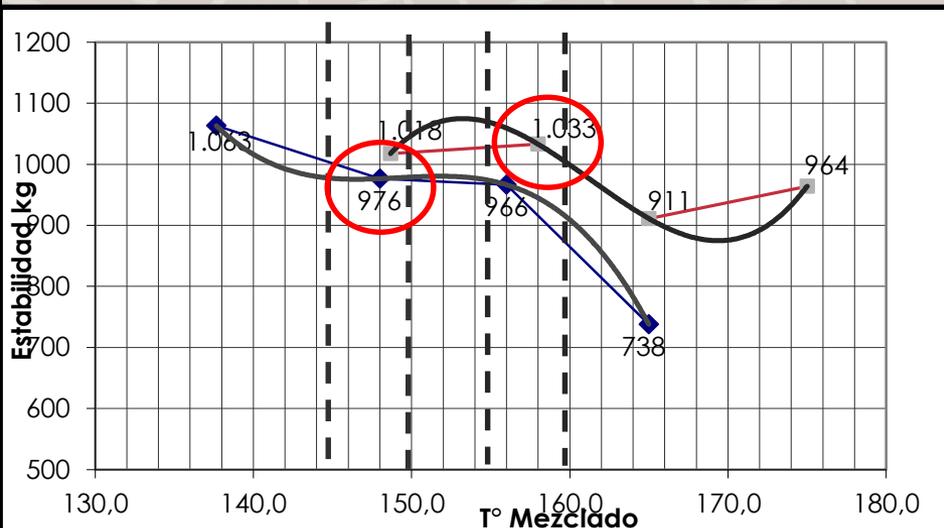


B mas susceptible que A

Susceptibilidad Térmica

La Fluencia depende del % Asfalto



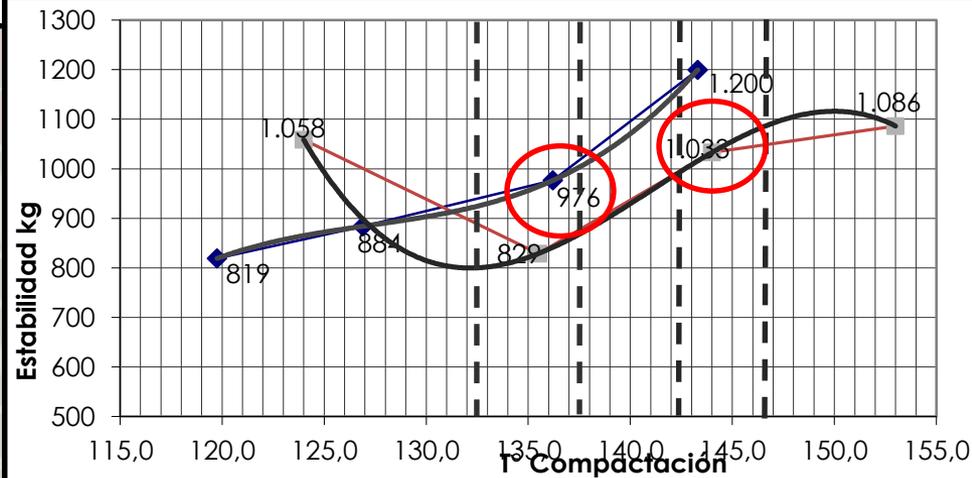


Cumpliendo los rangos óptimos

Ambos asfaltos propiedades volumétricas similares

Y la estabilidad?

A mas viscoso presenta mayor estabilidad que B menos viscoso



Verificamos la segunda hipótesis

Variando las temperaturas de mezclado y o compactación se alteran las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica

Verificando la Calidad de la Mezcla En base a la propiedades volumétricas de Diseño

% Vacios Totales, VAM y RBV

VAM
RBV



% Vacios
Totales
% de alto

Según Bell et al. El Vacio es el
parámetro mas importante
de diseño

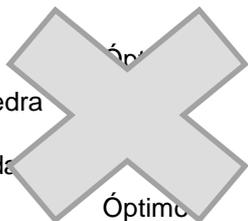
Superpave toma esa
teoría

Variación de % obtenida=
2,5 % a partir del diseño

Linden et al. 1% aumento
a partir del optimo=
10% perdida de vida útil

Variación de los Valores de Coeficientes Estructurales en Función de Algunas Variables de Diseño de una Mezcla Asfáltica de Rodamiento(*)

Tipo de Mezcla	Contenido de Ligante	Porcentaje de Vacíos Totales (V_v)		
		2%	3,5%	5%
* Concreto asfáltico densamente gradado				
Con piedra	Óptimo	0,52	0,49	0,46
	-1%	0,48	0,45	0,43
Picada	+1%	0,45	0,42	0,39
	Óptimo			

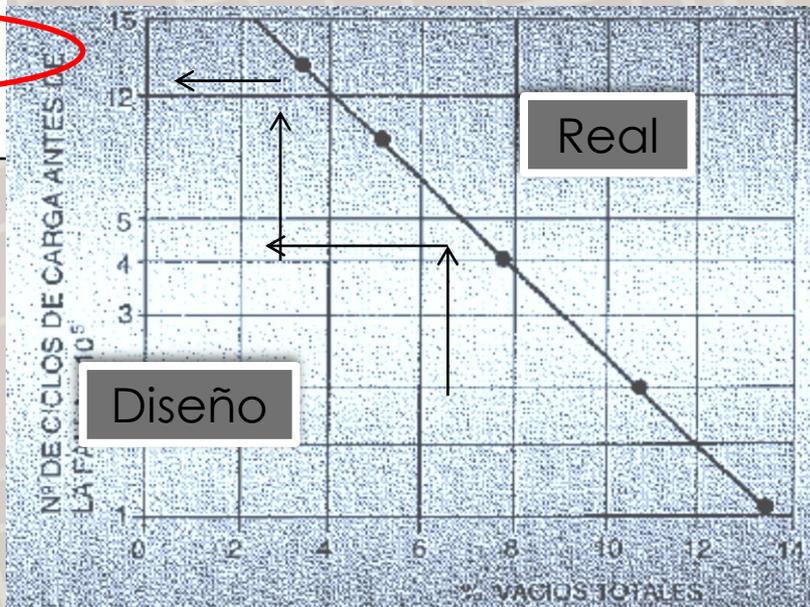


Como la variación del % de Vacíos afecta el coef. estructural

La resistencia a la fatiga se reduce a la mitad

La capacidad estructural se reduce

El aumento del % de vacío y la disminución de la resistencia a la fatiga





Cemento Asfáltico

Se ha conseguido conocer el comportamiento de los cementos asfálticos utilizados en Paraguay en función a la susceptibilidad térmica

- Fichas de Calidad
- Asfaltos de igual valor de penetración
- Correlación entre Penetración y Viscosidad
- Viscosidad Estimada a 60 °C
- Variabilidad de la Susceptibilidad Térmica
- Los Índices de Susceptibilidad Térmica
- Se verifica la superposición de Rangos

Datos Confiables
Diferente Consistencia
Débil
AC-20; AC-30 y AC-40
Clase S, Clase B y Clase W
Rangos Aceptables
Temperaturas óptimas de
Mezclado y Compactación

Mezclas Asfálticas

Con respecto al estudio del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas se observó que

Mejor desempeño de la mezcla	Temperaturas Óptimas
Asfaltos distintos (Viscosidad)	Diferentes Desempeños
Considerar que el material	Desempeño del Pavimento
asfáltico siempre el mismo	=
	Patologías durante el uso.



- Complementar la caracterización de los cementos asfálticos.

Ensayos de Consistencia
Aceptación  Rechazo

- Implementar el uso del Nomograma de Heukelom.

Diseño y Construcción

- Respetar el rango de temperaturas óptimas de utilización para cada asfalto,

Asegurar las propiedades de la mezcla

Tomar Recaudos Necesarios para
la producción de las mezclas
Asfálticas

Evitar = Escurrimiento,
Envejecimiento, Uso Excesivo de
Energía, Impacto Ambiental Brindar
Seguridad a los Trabajadores

Realizar una Profunda Revisión de
las Especificaciones Técnicas
Actuales.

Homogeneizar Criterios

Establecer Normativas para los
Cementos Asfálticos a utilizarse en
Paraguay

Origen de los Cementos Asfálticos,
sin descuidar las Necesidades
Locales