

**CARACTERIZACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
MÓDULOS DINÁMICOS
MEZCLAS TIPO: ASFALTO CAUCHO**



**INFORME DE LABORATORIO
LAB-041-2011**

VERSIÓN 0

APC
**ADMINISTRADORA
DE PROYECTOS CIVILES SAS**



CENTRASA S.A.

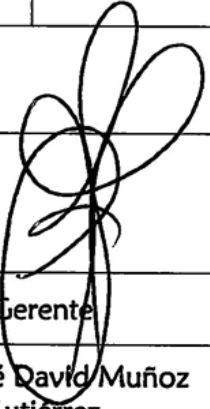
BOGOTÁ D.C., MAYO DE 2011



LISTA DE DISTRIBUCIÓN

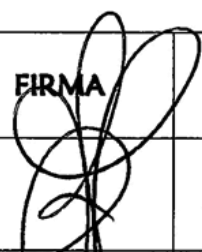
El original y las copias del presente estudio han sido entregados a las siguientes dependencias:

DEPENDENCIA	ORIGINAL	COPIA
CENTRASA S.A.	X	

Firma		
Cargo	Director técnico Laboratorio	Gerente
NOMBRE	ING. JAVIER A. ORTIZ M.	Ing. José David Muñoz Gutiérrez
Mat. Profesional	25202-45224CND	25202-50502
0 Rev	23 - 05 - 2011 Fecha	ELABORÓ REVISÓ

 ADMINISTRADORA DE PROYECTOS CIVILES SAS	INFORME DE LABORATORIO	LAB-041
		VERSIÓN 0
		Página 2 de 11

CONTROL DE REVISIONES Y MODIFICACIONES

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN	NOMBRE	CARGO	FIRMA	FECHA
APROBÓ	Ing. José David Muñoz Gutiérrez	Gerente		Mayo de 2011
ELABORÓ	Ing. Javier A. Ortiz M	Director Técnico Laboratorio		Mayo de 2011

MODIFICACIONES		
FECHA	VERSIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN
23/05/2011	0	Informe de caracterización dinámica de mezclas Asfálticas tipo Asfalto Caucho

 ADMINISTRADORA DE PROYECTOS CIVILES SAS	INFORME DE LABORATORIO	LAB-041
		VERSIÓN 0
		Página 3 de 11

CONTENIDO

1.	GENERALIDADES	4
2.	NORMAS DE ENSAYO	5
3.	RESULTADOS	6
4.	OBSERVACIONES	9
5.	NOTAS	10
6.	REFERENCIAS	11
•	Anexos:	
○	Resultados caracterización Módulo Dinámico de las Mezclas Asfálticas tipo Asfalto Caucho.	
○	Reportes de laboratorio para las Mezclas Asfálticas tipo Asfalto Caucho	
○	Registro Fotográfico	
○	Notas técnicas	

	INFORME DE LABORATORIO	LAB-041
		VERSIÓN 0
		Página 4 de 11

1. GENERALIDADES

El presente informe contiene los resultados de las pruebas de laboratorio tendientes a caracterizar el comportamiento dinámico de las mezclas asfálticas suministradas por el cliente.

Información básica

Cliente:	CENTRASA S.A
Tipo de mezcla:	ASFALTO CAUCHO
Tipo de muestras:	MARSHALL
Método de compactación	IMPACTO
Fecha elaboración de las probetas:	NO DETERMINADA

La información referente a las probetas y tipo de mezcla fue suministrada por el contratante.

Código interno

Las muestras recibidas fueron identificadas con el código interno	041
---	-----

Fechas de ensayo

En el respectivo reporte de laboratorio se encuentra consignada la información referente a la fecha de ensayo de cada probeta.

Condiciones de almacenamiento

Las probetas fueron almacenadas en condiciones ambiente, con temperaturas entre 15 y 25 °C.

 ADMINISTRADORA DE PROYECTOS CIVILES SAS	INFORME DE LABORATORIO	LAB-041
		VERSIÓN 0
		Página 5 de 11

2. NORMAS DE ENSAYO

Para la caracterización de las mezclas el cliente solicita un plan de ensayos consistente en las siguientes pruebas (Tabla 1):

Módulo resiliente Mezclas asfálticas - Tres temperaturas, tres frecuencias	INV E 749
---	------------------

Tabla 1. Pruebas de Laboratorio

- **Módulo resiliente Mezclas asfálticas - Tres temperaturas, tres frecuencias INV E 749**

La prueba se realiza de acuerdo a la norma prNE 12697 – 26 Método IT-CY “Mezclas bituminosas – Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente – Parte 26: Rigidez” – Anexo C, Ensayo de tensión indirecta sobre probetas cilíndricas (IT-CY).

Los valores del módulo resiliente se pueden emplear para evaluar la calidad relativa de los materiales, así como para generar datos de entrada para el diseño, la evaluación y el análisis de pavimentos. El ensayo se puede emplear para estudiar efectos de temperatura, rata de carga, periodos de reposo, etc.

3. RESULTADOS

- **Módulo resiliente Mezclas asfálticas - INV E 749**

Se evalúa el comportamiento de la mezcla bajo la acción de las cargas dinámicas de acuerdo a los requerimientos del cliente y en el formato ASF-02 Ensayo de módulo de rigidez dinámico mezcla asfáltica se presentan los resultados, cuyo resumen se presenta en las Gráfica 1 y tabla 2 para la mezcla Asfalto-Caucho.

La prueba se realiza sobre las briquetas No.3 y No.4 para la mezcla Asfalto-Caucho.

ENSAYO DE MÓDULO DE RIGIDEZ DINÁMICO - MEZCLA ASFÁLTICA

BRIQUETA	TEMP. (°C)	FREC. (Hz)	Módulo Promedio (Mpa)	Densidad (kg/m3)
4	15,00	7,50	9027	2192
4	15,00	5,00	7415	
4	15,00	2,50	5947	
4	25,00	7,50	3748	2192
4	25,00	5,00	2624	
4	25,00	2,50	1383	
3	35,00	7,50	605	2155
3	35,00	5,00	534	
3	35,00	2,50	422	

Tabla 2. Resultados prueba de Módulo Resiliente mezcla tipo Asfalto-Caucho.

La deducción de la curva maestra se presenta en el formato ASF-03, y ambos formatos forman parte del anexo 1. Se anexan los reportes de cada uno de los ensayos. Para el uso de la curva maestra, se deberá determinar el parámetro de reducción de la curva maestra (X) en función de la frecuencia requerida (f), temperatura requerida (T) y la temperatura de referencia (Ts) presentada en el formato, de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$X = \alpha_T + \ln(f)$$

$$\alpha_T = 2,52 \cdot 10^4 \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s} \right)$$

X = Parámetro de reducción de la Curva Maestra.

α_T = factor de modificación en función de la temperatura.

f = frecuencia de la prueba en Hz.

T = Temperatura absoluta de la prueba ($T = T^{\circ}\text{C} + 273,15$).

Ts = Temperatura absoluta de referencia ($T_s = T_s^{\circ}\text{C} + 273,15$).

Por ejemplo, para las siguientes condiciones:

Por ejemplo:

f:	2,5 Hz	Requerida de las condiciones del proyecto
T:	15 °C	Requerida de las condiciones del proyecto
Ts:	25 °C	Del reporte de ensayo - Curva maestra

$$X = \alpha_T + \ln(f)$$

T:	288,15 °K
Ts:	298,15 °K

$$\alpha_T = 2,52 \cdot 10^4 \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_s} \right)$$

α_T

	2,96
X:	3,87

Curva probeta

Módulo (gráfica):	3659,4 MPa	4 Asfalto-Caucho
-------------------	------------	------------------

El valor de X deberá ser usado para la estimación del módulo en la curva maestra.

En los Anexos se encuentran los formatos con las condiciones de ensayo y los resultados de laboratorio.

 ADMINISTRADORA DE PROYECTOS CIVILES SAS	INFORME DE LABORATORIO	LAB-041
		VERSIÓN 0
		Página 9 de 11

4. OBSERVACIONES

Los resultados presentados se encuentran dentro de los parámetros de aceptación del método de ensayo.

 ADMINISTRADORA DE PROYECTOS CIVILES SAS	INFORME DE LABORATORIO	LAB-041
		VERSIÓN 0
		Página 10 de 11

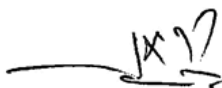
5. NOTAS

Las muestras y su información fueron suministradas por el cliente.

Los resultados, conclusiones y recomendaciones corresponden a las muestras analizadas.

No se deberá reproducir de manera parcial o total los resultados de este informe sin autorización de APC SAS.

FIRMA



Director Técnico de Laboratorio (APC LTDA)

RECIBIDO POR: _____

 ADMINISTRADORA DE PROYECTOS CIVILES SAS	INFORME DE LABORATORIO	LAB-041
		VERSIÓN 0
		Página 11 de 11

6. REFERENCIAS

AENOR. EN12697-26 Mezclas Bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 26. Rigidez. 2006.

Ahmed Samy Noereldin (1995), Development of temperature coefficient for the AASHTO flexible pavement design equation, Proc. Second Int. Conf. on Road and Airfield Pavement Technology, Vol. 1, pp. 221-235, Singapore.

Cooper, 2010. Documento de referencia "NOTES ON METHODS OF MEASURING STIFFNESS ACCORDING TO THE BS DD 213 METHOD AND THE ATSM METHOD".

GILLESPIE T.D., KARAMIHAS S.M., SAYERS M.W., NASIM M.A., HANSEN W., and EHSAN N., "Effects of Heavy-Vehicle Characteristics on Pavement Response and Performance", Transportation Research Board, National Research Council, Report No. 353, National Academy Press, Washington D. C., 1993, pp. 24-34.

HUANG, YANG H. (2004) Pavement analysis and design. Second Edition, Prentice Hall. Upper Saddle River, NJ. USA.



ADMINISTRADORA
DE PROYECTOS CIVILES SAS

INFORME DE LABORATORIO

LAB-041

VERSIÓN 0

ANEXOS

ANEXO 1. RESULTADOS CARACTERIZACIÓN MÓDULO DINÁMICO DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS TIPO ASFALTO CAUCHO.

CALLE 154 No. 17 - 78

contacto@apcltda.net tecnica@apcltda.net calidad@apcltda.net
TEL 5270241 5270376 6261884 FAX 5286873 BOGOTÁ D.C.

www.apcltda.net

Indirect tensile stiffness modulus test report.

(EN 12697-26:2004(Annex C): (Equipment - NU-14)-HYD25)

Serial No. of this test report: LAB41-03 F2.5Hz

Address of testing laboratory

APC LTDA.
Calle 154 n 17 - 78
Tel (57 1) 5 27 0241 - 5 27 0236
Bogotá D.C., Colombia
contacto@apcltda.net

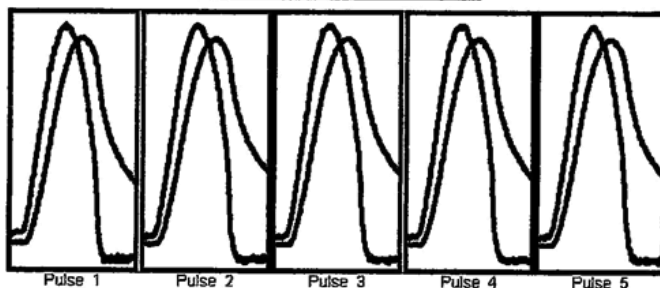
Date of print-out: 23:05:2011
Test carried out by: LUTHER HERRERA
Specimen reference: LAB041-03 F2.5 Hz
Test temperature: 35°C
Specimen diameter: 101,6 mm
Specimen thickness: 67,3 mm
Bulk density: 2155 (kg/m³)
Poisson's ratio: 0,35
Target rise-time: 124 ms
Target horizontal deformation: 5 µm
Number of conditioning pulses: 20
Transducer scan rate: 1000 Hz

Date & time of test : 23:May:2011 15:46

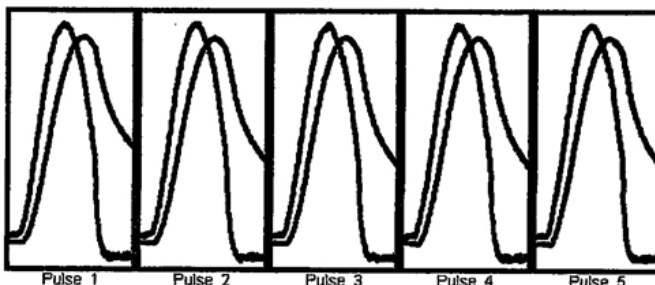
Client name : CENTRASA S.A

Type and origin of the bituminous mixture	ASFALTO-CAUCHO
Method of manufacture of the bituminous mixture	MARSHALL
Method of compaction	IMPACTO
Specimen storage details	Ambiente 20°C
Bulk density determination method:	INV. E-733-07

Test along 1st diameter



Test along 2nd diameter



Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)	0.25	0.28	0.28	
Horizontal stress (kPa)	23.7	26.4	25.7	
Load-area factor	0.60	0.58	0.61	0.59
Horizontal deformation (µm)	5.0	5.1	8.1	5.9
Load (rise) time (ms)	124	118.0	125.0	121.4
Measured stiffness modulus (MPa)	425	481	434	
Adjusted stiffness modulus (MPa)	425	480	433	

Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)	0.28	0.28	0.28	
Horizontal stress (kPa)	26.7	27.0	28.8	
Load-area factor	0.60	0.58	0.60	0.59
Horizontal deformation (µm)	5.0	8.2	7.1	8.5
Load (rise) time (ms)	124	118.0	128.0	123.8
Measured stiffness modulus (MPa)	376	428	412	
Adjusted stiffness modulus (MPa)	374	428	411	

Mean results of the two tests

Load (rise) time (ms) :	122,6
Horizontal deformation (µm) :	6,2
Horizontal deformation (%) :	0,0061
Measured stiffness modulus (MPa) :	423
Adjusted stiffness modulus (MPa) :	422

Percentage difference between 1st and 2nd mean adjusted stiffness modul = (5)

Person responsible for this test report

LUTHER HERRERA

Signed

Date of issue of report

23:05:2011

Indirect tensile stiffness modulus test report.

(EN 12697-26:2004(Annex C): (Equipment - NU-14)-HYD25)

Serial No. of this test report: LAB41-03 F5 Hz

Address of testing laboratory

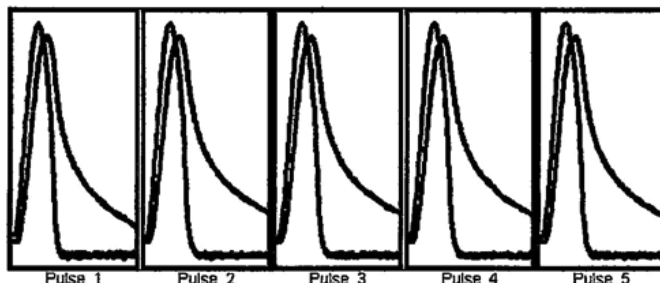
APC LTDA.
Calle 154 n 17 - 78
Tel (57 1) 5 27 0241 - 5 27 0236
Bogotá D.C., Colombia
contacto@apcltda.net

Date of print-out: 23:05:2011
Test carried out by: LUTHER HERRERA
Specimen reference: LAB041-03 F5 Hz
Test temperature: 35°C
Specimen diameter: 101,6 mm
Specimen thickness: 67,3 mm
Bulk density: 2155 (kg/m³)
Poisson's ratio: 0,35
Target rise-time: 63 ms
Target horizontal deformation: 5 µm
Number of conditioning pulses: 20
Transducer scan rate: 1000 Hz

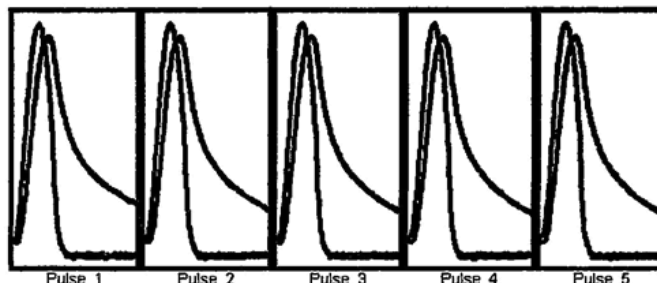
Date & time of test :	23:May:2011 15:42	Client name :	CENTRASA S.A
-----------------------	-------------------	---------------	--------------

Type and origin of the the bituminous mixture	ASFALTO-CAUCHO
Method of manufacture of the bituminous mixture	MARSHALL
Method of compaction	IMPACTO
Specimen storage details	Ambiente 20°C
Bulk density determination method:	INV. E-733-07

Test along 1st diameter



Test along 2nd diameter



Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)		0,32	0,34	0,33
Horizontal stress (kPa)		29,8	31,8	31,0
Load-area factor	0,80	0,58	0,81	0,80
Horizontal deformation (µm)	5,0	5,0	5,9	5,7
Load (rise) time (ms)	83	82,0	85,0	83,8
Measured stiffness modulus (MPa)		527	585	542
Adjusted stiffness modulus (MPa)		527	585	541

Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)		0,34	0,35	0,35
Horizontal stress (kPa)		32,1	32,8	32,5
Load-area factor	0,80	0,58	0,80	0,59
Horizontal deformation (µm)	5,0	8,0	8,3	8,1
Load (rise) time (ms)	83	82,0	88,0	83,8
Measured stiffness modulus (MPa)		518	533	527
Adjusted stiffness modulus (MPa)		518	533	528

Mean results of the two tests

Load (rise) time (ms) :	63,6
Horizontal deformation (µm) :	5,9
Horizontal deformation (%) :	0,0058
Measured stiffness modulus (MPa) :	535
Adjusted stiffness modulus (MPa) :	534

Percentage difference between 1st and 2nd mean adjusted stiffness modul = (3)

Person responsible for this test report	Signed
LUTHER HERRERA	
	Date of issue of report
	23:05:2011

Indirect tensile stiffness modulus test report.
(EN 12697-26:2004(Annex C): (Equipment - NU-14)-HYD25)
Serial No. of this test report: LAB41-03 F7.5Hz

Address of testing laboratory

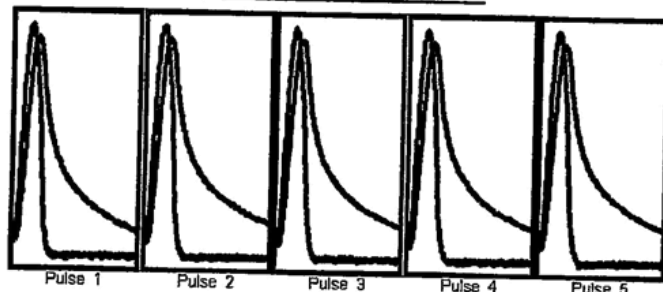
APC LTDA.
Calle 154 n 17 - 78
Tel (57 1) 5 27 0241 - 5 27 0236
Bogotá D.C., Colombia
contacto@apcltda.net

Date of print-out: 23:05:2011
Test carried out by: LUTHER HERRERA
Specimen reference: LAB041-03 F7.5 Hz
Test temperature: 35°C
Specimen diameter: 101,6 mm
Specimen thickness: 67,3 mm
Bulk density: 2155 (kg/m³)
Poisson's ratio: 0,35
Target rise-time: 44 ms
Target horizontal deformation: 5 µm
Number of conditioning pulses: 20
Transducer scan rate: 1000 Hz

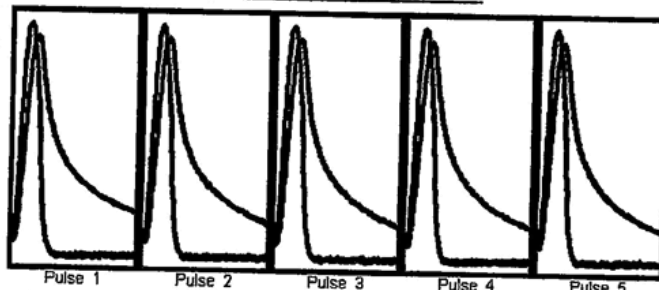
Date & time of test :	23:May:2011 15:37	Client name :	CENTRASA S.A
-----------------------	-------------------	---------------	--------------

Type and origin of the bituminous mixture	ASFALTO-CAUCHO
Method of manufacture of the bituminous mixture	MARSHALL
Method of compaction	IMPACTO
Specimen storage details	Ambiente 20°C
Bulk density determination method:	INV. E-733-07

Test along 1st diameter



Test along 2nd diameter



Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)		0,38	0,38	0,37
Horizontal stress (kPa)		33,7	35,0	34,7
Load-area factor	0,80	0,59	0,81	0,59
Horizontal deformation (µm)	5,0	5,2	5,8	5,6
Load (rise) time (ms)	44	43,0	48,0	46,0
Measured stiffness modulus (MPa)		596	642	611
Adjusted stiffness modulus (MPa)		593	640	609

Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)		0,37	0,38	0,38
Horizontal stress (kPa)		34,9	35,4	35,2
Load-area factor	0,80	0,59	0,80	0,59
Horizontal deformation (µm)	5,0	5,7	6,0	5,8
Load (rise) time (ms)	44	48,0	48,0	47,2
Measured stiffness modulus (MPa)		580	609	601
Adjusted stiffness modulus (MPa)		578	608	600

Mean results of the two tests

Load (rise) time (ms) :	46,6
Horizontal deformation (µm) :	5,7
Horizontal deformation (%) :	0,0056
Measured stiffness modulus (MPa) :	606
Adjusted stiffness modulus (MPa) :	605

Percentage difference between 1st and 2nd mean adjusted stiffness moduli = (1)

Person responsible for this test report	Signed
LUTHER HERRERA	
	Date of issue of report
	23:05:2011

Indirect tensile stiffness modulus test report.

(EN 12697-26:2004(Annex C): (Equipment - NU-14)-HYD25)

Serial No. of this test report: LAB41-04 F2.5Hz

Date of print-out: 23:05:2011
Test carried out by: LUTHER HERRERA
Specimen reference: LAB041-04 F2.5 Hz
Test temperature: 25°C
Specimen diameter: 101,8 mm
Specimen thickness: 66,9 mm
Bulk density: 2192 (kg/m³)
Poisson's ratio: 0,35
Target rise-time: 124 ms
Target horizontal deformation: 5 µm
Number of conditioning pulses: 20
Transducer scan rate: 1000 Hz

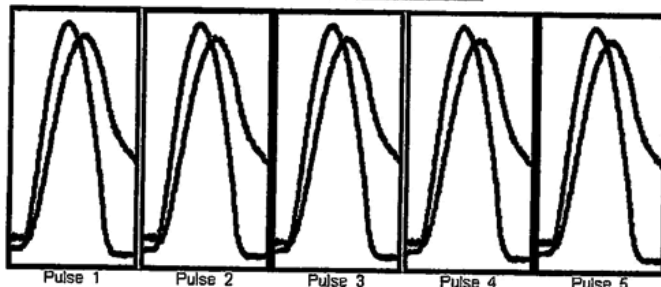
Address of testing laboratory

APC LTDA.
Calle 154 n 17 - 78
Tel (57 1) 5 27 0241 - 5 27 0236
Bogotá D.C., Colombia
contacto@apcltda.net

Date & time of test :	20:May:2011 15:02	Client name :	CENTRASA S.A.
-----------------------	-------------------	---------------	---------------

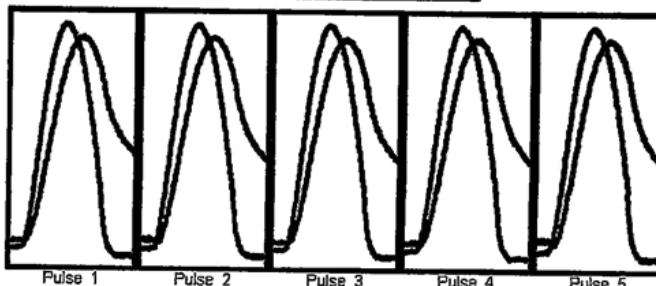
Type and origin of the the bituminous mixture	ASFALTO-CAUCHO
Method of manufacture of the bituminous mixture	MARSHALL
Method of compaction	IMPACTO
Specimen storage details	Ambiente 20°C
Bulk density determination method:	INV. E-733-07

Test along 1st diameter



Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)		0,78	0,78	0,78
Horizontal stress (kPa)		72,5	73,0	72,8
Load-area factor	0,80	0,59	0,81	0,80
Horizontal deformation (µm)	5,0	5,0	5,2	5,1
Load (rise) time (ms)	124	122,0	125,0	123,8
Measured stiffness modulus (MPa)		1378	1428	1402
Adjusted stiffness modulus (MPa)		1381	1428	1403

Test along 2nd diameter



Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)		0,78	0,78	0,78
Horizontal stress (kPa)		70,7	71,5	71,1
Load-area factor	0,80	0,60	0,82	0,81
Horizontal deformation (µm)	5,0	5,0	5,4	5,2
Load (rise) time (ms)	124	120,0	128,0	123,0
Measured stiffness modulus (MPa)		1319	1388	1359
Adjusted stiffness modulus (MPa)		1321	1402	1362

Mean results of the two tests

Load (rise) time (ms) :	123,4
Horizontal deformation (µm) :	5,2
Horizontal deformation (%) :	0,0051
Measured stiffness modulus (MPa) :	1381
Adjusted stiffness modulus (MPa) :	1383

Percentage difference between 1st and 2nd mean adjusted stiffness moduli = (3)

Person responsible for this test report	Signed
LUTHER HERRERA	
	Date of issue of report
	20:05:2011

Indirect tensile stiffness modulus test report.

(EN 12697-26:2004(Annex C): (Equipment - NU-14)-HYD25)

Serial No. of this test report: LAB41-04 F5 Hz

Address of testing laboratory

APC LTDA.
Calle 154 n 17 - 78
Tel (57 1) 5 27 0241 - 5 27 0236
Bogotá D.C., Colombia
contacto@apcltda.net

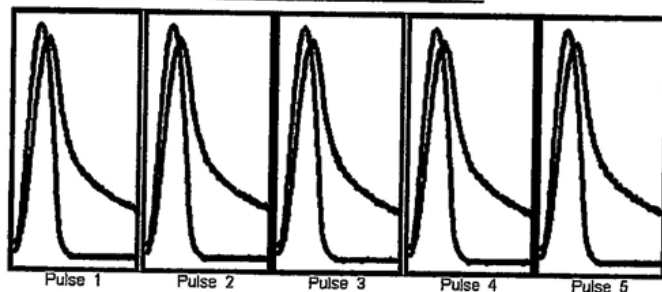
Date of print-out: 23:05:2011
Test carried out by: LUTHER HERRERA
Specimen reference: LAB041-04 F5 Hz
Test temperature: 25°C
Specimen diameter: 101,8 mm
Specimen thickness: 66,9 mm
Bulk density: 2192 (kg/m³)
Poisson's ratio: 0,35
Target rise-time: 63 ms
Target horizontal deformation: 5 µm
Number of conditioning pulses: 20
Transducer scan rate: 1000 Hz

Date & time of test : 20:May:2011 14:58

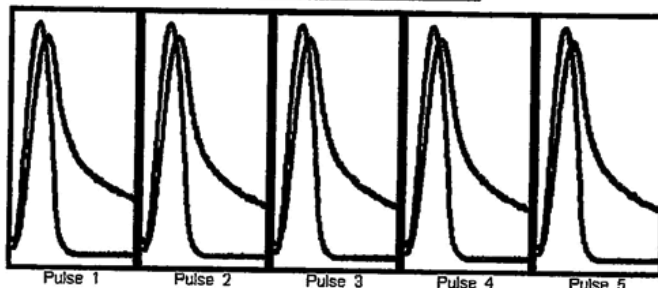
Client name : CENTRASA S.A.

Type and origin of the bituminous mixture	ASFALTO-CAUCHO
Method of manufacture of the bituminous mixture	MARSHALL
Method of compaction	IMPACTO
Specimen storage details	Ambiente 20°C
Bulk density determination method:	INV. E-733-07

Test along 1st diameter



Test along 2nd diameter



Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)		0,88	0,89	0,88
Horizontal stress (kPa)		81,3	82,2	81,8
Load-area factor	0,80	0,69	0,81	0,81
Horizontal deformation (µm)	5,0	5,0	5,1	5,1
Load (rise) time (ms)	63	81,0	85,0	82,8
Measured stiffness modulus (MPa)		1777	1821	1792
Adjusted stiffness modulus (MPa)		1768	1832	1787

Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)		0,88	1,00	0,89
Horizontal stress (kPa)		81,8	83,0	82,3
Load-area factor	0,80	0,69	0,81	0,80
Horizontal deformation (µm)	5,0	5,1	5,2	5,1
Load (rise) time (ms)	63	81,0	84,0	82,8
Measured stiffness modulus (MPa)		1782	1804	1778
Adjusted stiffness modulus (MPa)		1768	1815	1781

Mean results of the two tests

Load (rise) time (ms) :	62,7
Horizontal deformation (µm) :	5,1
Horizontal deformation (%) :	0,0050
Measured stiffness modulus (MPa) :	1786
Adjusted stiffness modulus (MPa) :	1789

Percentage difference between 1st and 2nd mean adjusted stiffness moduli = (0,9)

Person responsible for this test report

LUTHER HERRERA

Signed

Date of issue of report

20:05:2011

Indirect tensile stiffness modulus test report.

(EN 12697-26:2004(Annex C): (Equipment - NU-14)-HYD25)

Serial No. of this test report: LAB41-04 F7.5Hz

Date of print-out: 23:05:2011
Test carried out by: LUTHER HERRERA
Specimen reference: LAB041-04 F7.5 Hz
Test temperature: 25°C
Specimen diameter: 101.8 mm
Specimen thickness: 66.9 mm
Bulk density: 2192 (kg/m³)
Poisson's ratio: 0.35
Target rise-time: 44 ms
Target horizontal deformation: 5 µm
Number of conditioning pulses: 20
Transducer scan rate: 1000 Hz

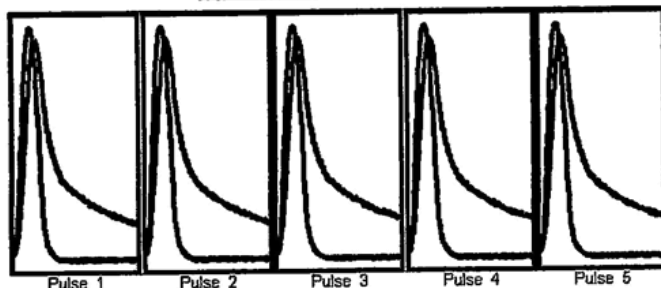
Address of testing laboratory

APC LTDA.
Calle 154 n 17 - 78
Tel (57 1) 5 27 0241 - 5 27 0236
Bogotá D.C., Colombia
contacto@apcltda.net

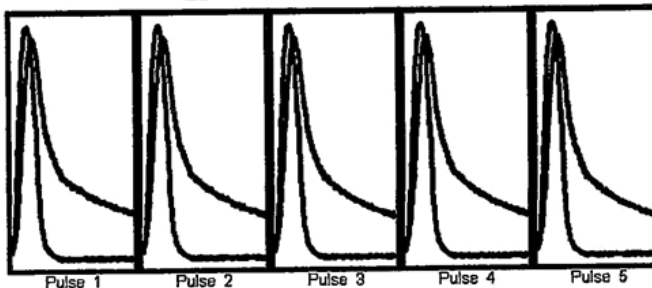
Date & time of test :	20:May:2011 14:52	Client name :	CENTRASA S.A.
-----------------------	-------------------	---------------	---------------

Type and origin of the bituminous mixture	ASFALTO-CAUCHO
Method of manufacture of the bituminous mixture	MARSHALL
Method of compaction	IMPACTO
Specimen storage details	Ambiente 20°C
Bulk density determination method:	INV. E-733-07

Test along 1st diameter



Test along 2nd diameter



Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)		1.12	1.12	1.12
Horizontal stress (kPa)		104.4	105.1	104.7
Load-area factor	0.80	0.80	0.81	0.80
Horizontal deformation (µm)	5.0	4.8	4.8	4.8
Load (rise) time (ms)	44	43.0	48.0	44.4
Measured stiffness modulus (MPa)		2118	2231	2158
Adjusted stiffness modulus (MPa)		2111	2229	2158

Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)		1.12	1.12	1.12
Horizontal stress (kPa)		108.7	107.0	108.9
Load-area factor	0.80	0.80	0.81	0.80
Horizontal deformation (µm)	5.0	4.9	5.0	4.9
Load (rise) time (ms)	44	42.0	45.0	43.2
Measured stiffness modulus (MPa)		2133	2182	2153
Adjusted stiffness modulus (MPa)		2131	2182	2153

Mean results of the two tests

Load (rise) time (ms) :	43,8
Horizontal deformation (µm) :	4,9
Horizontal deformation (%) :	0,0048
Measured stiffness modulus (MPa) :	2156
Adjusted stiffness modulus (MPa) :	2155

Percentage difference between 1st and 2nd mean adjusted stiffness moduli = (0,1)

Person responsible for this test report

LUTHER HERRERA

Signed

Date of issue of report

20:05:2011

Indirect tensile stiffness modulus test report.

(EN 12697-26:2004(Annex C): (Equipment - NU-14)-HYD25)

Serial No. of this test report: LAB41-04 F2.5Hz

Address of testing laboratory

APC LTDA.
Calle 154 n 17 - 78
Tel (57 1) 5 27 0241 - 5 27 0236
Bogotá D.C., Colombia
contacto@apcltda.net

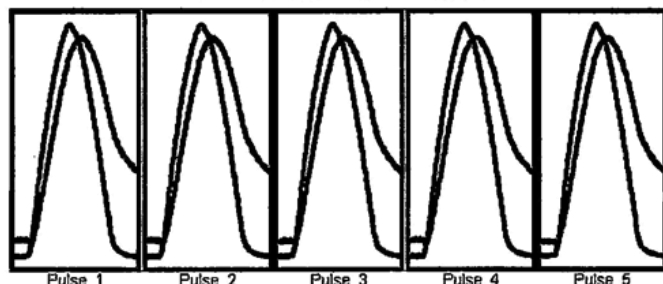
Date of print-out: 23:05:2011
Test carried out by: LUTHER HERRERA
Specimen reference: LAB041-04 F2.5 Hz
Test temperature: 15°C
Specimen diameter: 101,8 mm
Specimen thickness: 66,9 mm
Bulk density: 2192 (kg/m³)
Poisson's ratio: 0,35
Target rise-time: 124 ms
Target horizontal deformation: 5 µm
Number of conditioning pulses: 20
Transducer scan rate: 1000 Hz

Date & time of test : 19:May:2011 15:11

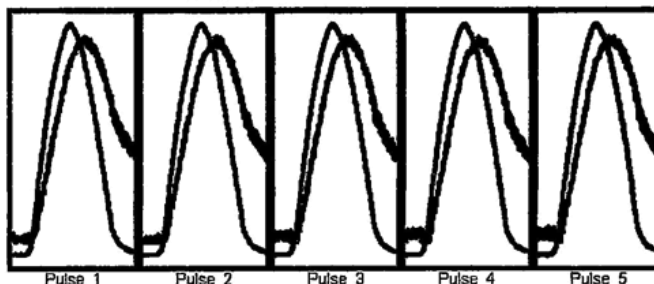
Client name : CENTRASA S.A.

Type and origin of the bituminous mixture	ASFALTO-CAUCHO
Method of manufacture of the bituminous mixture	MARSHALL
Method of compaction	IMPACTO
Specimen storage details	Ambiente 20°C
Bulk density determination method:	INV. E-733-07

Test along 1st diameter



Test along 2nd diameter



Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)	1.88	1.88	2.00	1.88
Horizontal stress (kPa)	185.6	185.6	186.2	185.9
Load-area factor	0.80	0.80	0.81	0.80
Horizontal deformation (µm)	5.0	5.0	5.0	5.0
Load (rise) time (ms)	124	121.0	125.0	123.8
Measured stiffness modulus (MPa)	3678	3678	3697	3687
Adjusted stiffness modulus (MPa)	3688	3688	3724	3702

Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)	1.88	1.88	1.88	1.88
Horizontal stress (kPa)	173.4	173.4	173.7	173.5
Load-area factor	0.80	0.80	0.81	0.80
Horizontal deformation (µm)	5.0	4.7	5.0	4.9
Load (rise) time (ms)	124	121.0	127.0	124.8
Measured stiffness modulus (MPa)	3455	3455	3483	3469
Adjusted stiffness modulus (MPa)	3482	3482	3481	3481

Mean results of the two tests

Load (rise) time (ms) :	124,1
Horizontal deformation (µm) :	4,9
Horizontal deformation (%) :	0,0048
Measured stiffness modulus (MPa) :	3630
Adjusted stiffness modulus (MPa) :	3641

Percentage difference between 1st and 2nd mean adjusted stiffness moduli = (3)

Person responsible for this test report

LUTHER HERRERA

Signed

Date of issue of report

19:05:2011

Indirect tensile stiffness modulus test report.
(EN 12697-26:2004(Annex C): (Equipment - NU-14)-HYD25)
Serial No. of this test report: LAB41-04 F 5Hz

Address of testing laboratory

Date of print-out: 23:05:2011
Test carried out by: LUTHER HERRERA
Specimen reference: LAB041-04 F 5Hz
Test temperature: 15°C
Specimen diameter: 101,8 mm
Specimen thickness: 66,9 mm
Bulk density: 2192 (kg/m³)
Poisson's ratio: 0,35
Target rise-time: 63 ms
Target horizontal deformation: 5 µm
Number of conditioning pulses: 20
Transducer scan rate: 1000 Hz

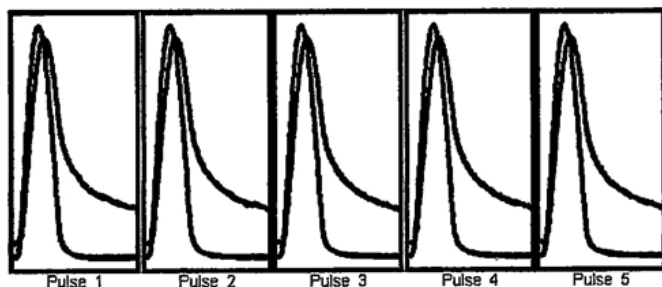
APC LTDA.
Calle 154 n 17 - 78
Tel (57 1) 5 27 0241 - 5 27 0236
Bogotá D.C., Colombia
contacto@apcltda.net

Date & time of test : 19:May:2011 15:03

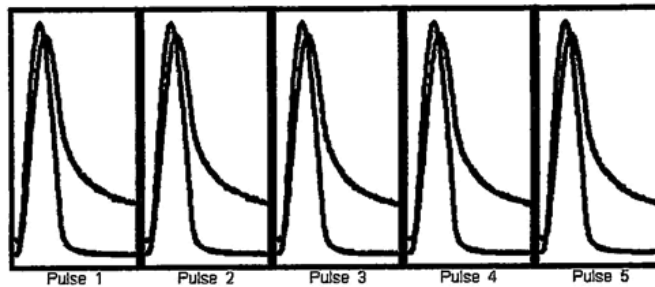
Client name : CENTRASA S.A.

Type and origin of the the bituminous mixture	ASFALTO-CAUCHO
Method of manufacture of the bituminous mixture	MARSHALL
Method of compaction	IMPACTO
Specimen storage details	Ambiente 20°C
Bulk density determination method:	INV. E-733-07

Test along 1st diameter



Test along 2nd diameter



Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)		2,32	2,35	2,34
Horizontal stress (kPa)		217,1	218,3	218,5
Load-area factor	0,80	0,80	0,81	0,81
Horizontal deformation (µm)	5,0	5,0	5,1	5,1
Load (rise) time (ms)	63	60,0	62,0	60,8
Measured stiffness modulus (MPa)		4243	4288	4263
Adjusted stiffness modulus (MPa)		4252	4319	4285

Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)		2,38	2,38	2,37
Horizontal stress (kPa)		220,8	222,4	221,7
Load-area factor	0,80	0,59	0,80	0,59
Horizontal deformation (µm)	5,0	5,0	5,1	5,1
Load (rise) time (ms)	63	62,0	63,0	62,2
Measured stiffness modulus (MPa)		4308	4401	4349
Adjusted stiffness modulus (MPa)		4287	4378	4332

Mean results of the two tests

Load (rise) time (ms) :	61,4
Horizontal deformation (µm) :	5,1
Horizontal deformation (%) :	0,0050
Measured stiffness modulus (MPa) :	4316
Adjusted stiffness modulus (MPa) :	4314

Percentage difference between 1st and 2nd mean adjusted stiffness moduli = (-0,9)

Person responsible for this test report

LUTHER HERRERA

Signed

Date of issue of report

19:05:2011

Indirect tensile stiffness modulus test report.

(EN 12697-26:2004(Annex C): (Equipment - NU-14)-HYD25)

Serial No. of this test report: LAB41-04 F7.5Hz

Address of testing laboratory

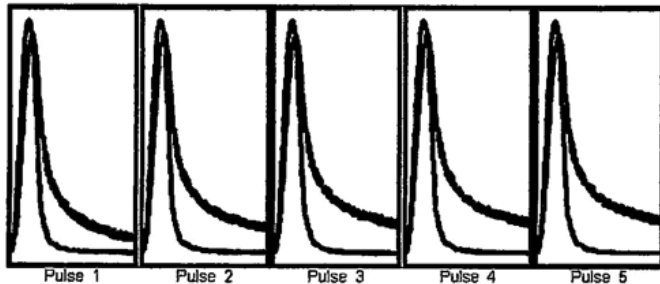
APC LTDA.
Calle 154 n 17 - 78
Tel (57 1) 5 27 0241 - 5 27 0236
Bogotá D.C., Colombia
contacto@apcltda.net

Date of print-out: 23:05:2011
Test carried out by: LUTHER HERRERA
Specimen reference: LAB-041-04 F7.5 Hz
Test temperature: 15°C
Specimen diameter: 101.8 mm
Specimen thickness: 66.9 mm
Bulk density: 2192 (kg/m³)
Poisson's ratio: 0.35
Target rise-time: 44 ms
Target horizontal deformation: 5 µm
Number of conditioning pulses: 20
Transducer scan rate: 1000 Hz

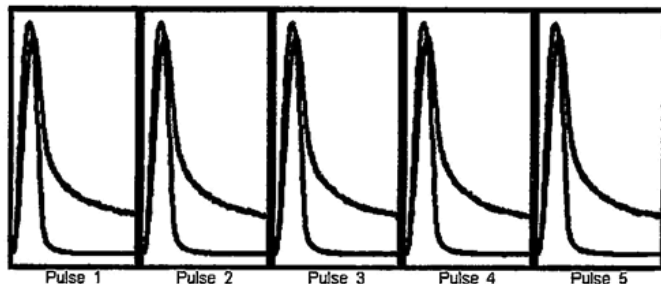
Date & time of test :	19:May:2011 14:54	Client name :	CENTRASA S.A.
-----------------------	-------------------	---------------	---------------

Type and origin of the bituminous mixture	ASFALTO-CAUCHO
Method of manufacture of the bituminous mixture	MARSHALL
Method of compaction	IMPACTO
Specimen storage details	Ambiente 20°C
Bulk density determination method:	INV. E-733-07

Test along 1st diameter



Test along 2nd diameter



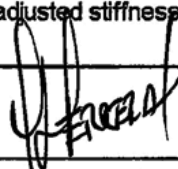
Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)		2.88	2.88	2.87
Horizontal stress (kPa)		249.7	250.2	249.6
Load-area factor	0.80	0.59	0.80	0.59
Horizontal deformation (µm)	5.0	4.5	4.9	4.7
Load (rise) time (ms)	44	43.0	44.0	43.4
Measured stiffness modulus (MPa)		5070	5501	5250
Adjusted stiffness modulus (MPa)		5045	5483	5232

Results	Target	Minimum	Maximum	Mean
Vertical force (kN)		2.58	2.80	2.59
Horizontal stress (kPa)		241.0	242.8	242.2
Load-area factor	0.80	0.59	0.82	0.80
Horizontal deformation (µm)	5.0	5.1	5.1	5.1
Load (rise) time (ms)	44	42.0	43.0	42.8
Measured stiffness modulus (MPa)		4703	4740	4717
Adjusted stiffness modulus (MPa)		4683	4773	4728

Mean results of the two tests

Load (rise) time (ms) :	43,1
Horizontal deformation (µm) :	4,9
Horizontal deformation (%) :	0,0048
Measured stiffness modulus (MPa) :	4984
Adjusted stiffness modulus (MPa) :	4979

Percentage difference between 1st and 2nd mean adjusted stiffness modul = (10)

Person responsible for this test report	Signed
LUTHER HERRERA	
	Date of issue of report
	19:05:2011

ANEXO 2.
REGISTRO FOTOGRAFICO



ADMINISTRADORA
DE PROYECTOS CIVILES SAS

INFORME DE LABORATORIO

LAB-041

VERSIÓN 0

ANEXOS

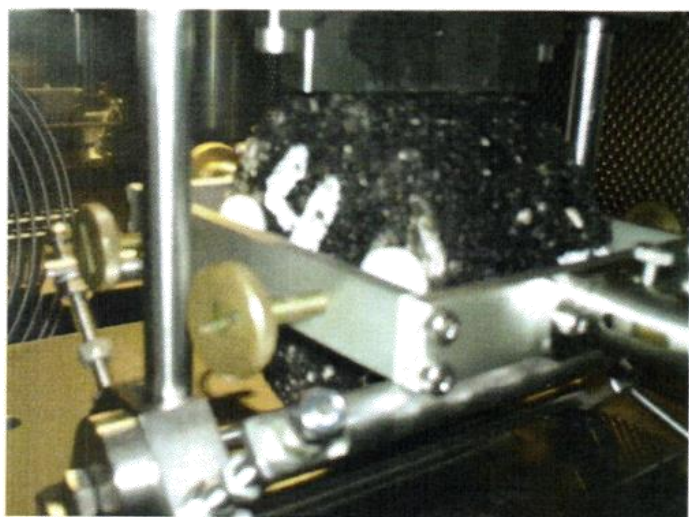


FOTO No. 1 Briqueta No. 4 en
proceso de climatización

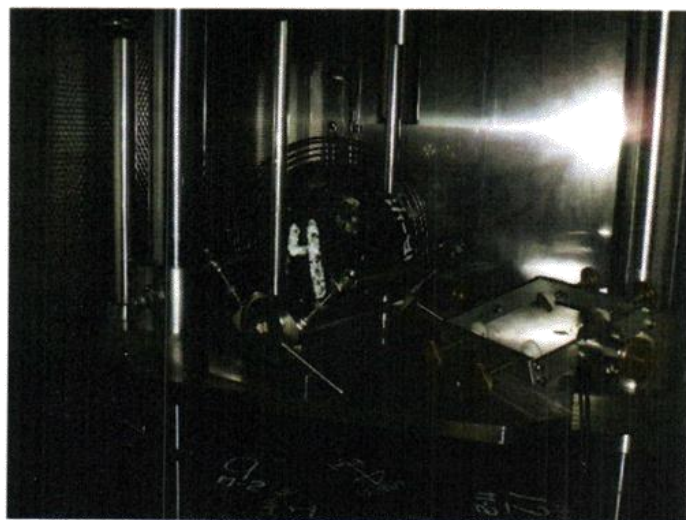


FOTO No. 2 Briqueta No. 4
después del ensayo de módulo

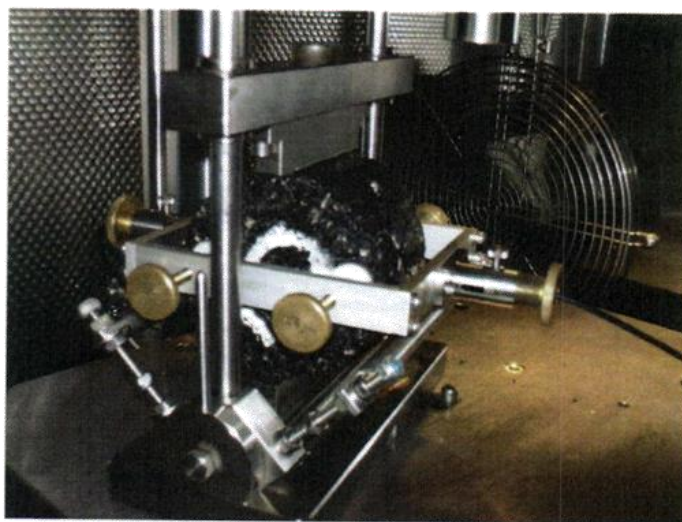


FOTO No. 3 Briqueta No. 3 en
proceso de climatización

 ADMINISTRADORA DE PROYECTOS CIVILES SAS	INFORME DE LABORATORIO	LAB-041
		VERSIÓN 0
		ANEXOS

ANEXO 3.
NOTAS TÉCNICAS

 ADMINISTRADORA DE PROYECTOS CIVILES SAS	INFORME DE LABORATORIO	LAB-041
		VERSIÓN 0
		ANEXOS

- Condiciones de Ensayo y Uso de los resultados:

Gillespie et al. encontró que para camiones la frecuencia de carga es de 4,6 Hz para una velocidad de 58 km/h y de 6,5 Hz para una velocidad de 82 km/h.

El método Shell (Huang, pg 302) propone que para velocidades de 50 a 60 km/h el tiempo de aplicación de la carga es de 0,02 s y la frecuencia de carga de 8 Hz.

El valor de módulo empleado para el diseño en el Reino Unido es el de una frecuencia de 5 Hz.

Ahmed (1995) propone la siguiente ecuación para determinar la temperatura de la mezcla a una profundidad de 2 cm:

$$MMPT(^{\circ}C) = MMAT (^{\circ}C) + 5^{\circ}C$$

Donde:

MMPT($^{\circ}$ C) : Temperatura media mensual del pavimento

MMAT ($^{\circ}$ C) + Temperatura media mensual del aire

Según Shell, la temperatura de la mezcla corresponde a la siguiente fórmula:

$$T_{mezcla} = 1,184(T_w - m_{aat} + 0,04848)$$

Donde:

$T_w - m_{aat}$ ($^{\circ}$ C): Temperatura media mensual del aire ponderada.

RESULTADOS

Valores característicos de módulos dinámicos de mezclas asfálticas.

Valores característicos de módulos dinámicos de mezclas asfálticas.										
Temperatura		Frecuencia								
°F	°C	1Hz		4Hz		16Hz				
		Rango	Media	Rango	Media	Rango	Media			
		MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa			
40	4.4	4137	12411	8274	6205	18616	12411	6895	20684	13780
70	21.1	1379	4137	1724	2758	6205	4482	3447	7584	5516
100	37.8	345	1034	689	483	1517	1000	689	2208	1448

Fuente: Huang, pg 309