



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MANUEL BARACHET"
 FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
 PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE ASFALTOS

DETERMINACION DE ESTABILIDAD Y FLUENCIA DE LOS NUCLEOS

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SELVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

- N° NUCLEO**
- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
 - 6
- PROCEDENCIA**
- Puente de Tumbuliz carretera San Lorenzo
 - Puente de Tumbuliz carretera San Lorenzo
 - Puente de Chaco - Puente Jacam
 - Puente de Chaco - Puente Jacam
 - Puente Largo - Catalina
 - Puente Largo - Catalina

N° de prueba	% de Arena		Pase Braggina		Volumen	Densidad Diferencia		% de Vacios			Estabilidad Marshall						Fluencia								
	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm							
1	7,21	5,91	6,28	1518,50	1320,80	849,00	671,80	2198	5631,27	0,82	4031,72	4631,7	300,00	0,13	15,59										
2	7,21	5,47	5,79	1447,90	1449,20	843,00	606,20	2107	5380,23	0,82	4430,17	4430,2	210,00	0,08	8,27										
3	6,55	5,20	5,39	1049,10	1051,40	577,00	474,40	810	2162,94	0,95	2060,21	2060,2	195,00	0,08	7,04										
4	6,50	5,65	5,09	1155,90	1152,00	678,00	474,00	781	2084,86	0,96	2006,67	2006,7	180,00	0,07	7,09										
5	6,03	5,37	5,90	1059,10	1060,30	613,00	447,30	814	1090,60	1,09	1198,58	1198,6	200,00	0,08	7,87										
6	6,10	5,16	5,86	1083,00	1084,90	629,00	455,90	587	1502,43	1,01	1582,76	1582,8	180,00	0,07	7,09										
Especificaciones												Módulo		780		-		-		-		-		-	
												Módulo		-		82		-		-		-		-	

[Firma]
 Ing. Selvia Noemi Martínez
 RESP. LAB. ASFALTOS - UAJMB

[Firma]
 TECNICO DE LAB. DE SUELOS Y ASFALTOS

[Firma]
 Juan Sebastián Silva Noemi R.U. 72554
 Ing. Geotécnica



OBSERVACIONES:
 El informe certifica la realización de los ensayos, si embargo no se responsabiliza de los resultados obtenidos.
 El informe no puede ser utilizado en ningún tipo de consulta de información, técnica o comercial. Prohibida su reproducción.



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
 FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
 PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS

EXTRACCION CENTRIFUGA

Proyecto: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

Laboratorista: MARTINEZ SILVIA NOEMI

Fecha: OCTUBRE 2018

N° NUCLEO	PROCEDENCIA
1	Puente de Tomatitas carretera San Lorenzo
2	Puente de Tomatitas carretera San Lorenzo
3	Puerta de Chaco - Puente Jarcas
4	Puerta de Chaco - Puente Jarcas
5	Piedra Larga - Canaletas
6	Piedra Larga - Canaletas

Tramo	Núcleo	Peso antes del ensayo (g)	Peso después del ensayo (g)	Contenido de asfalto	
				gr	%
Tramo 1	1	1508,3	1419,2	89,1	5,91
	2	1446	1366,9	79,1	5,47
Tramo 2	3	1050	994,4	55,6	5,30
	4	1150	1085,7	64,3	5,59
Tramo 3	5	1057,2	998,3	58,9	5,57
	6	1082,8	1024,8	58	5,36


 Univ. Martínez Silvia Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA




 Tec. Carlos Subia
TECNICO DE LAB. DE SUELOS Y ASFALTOS


 Ing. Señal Claudia Avila Sandoval
RESPO. DE LABOR. DE ASFALTOS

OBSERVACIONES: El informe certifica la realización de los ensayos, si embargo no se responsabiliza de los resultados obtenidos. El informe no puede ser utilizado en ningún tipo de campaña de información, técnica o comercial. Prohibida su reproducción.



GRANULOMETRIA

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

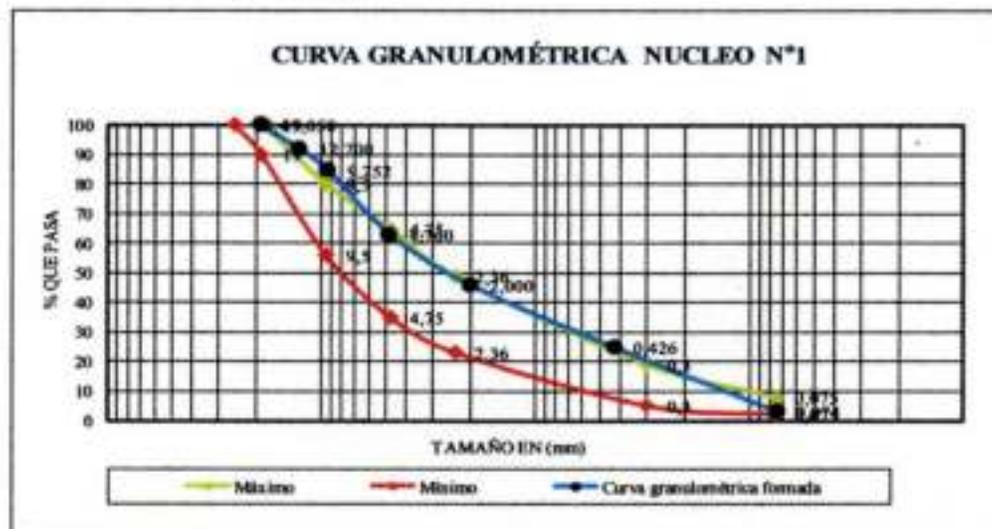
ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

Nucleo : 1

Procedencia: PUENTE DE TOMATITAS CARRETERA SAN LORENZO

Peso Total (gr.) =			1419,2				
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret.	Retenido Acumulado		% Que pasa del total	% Que pasa s/g Especific. ASTM	
			(gr)	(%)			
3/4	19,050	0,00	0,00	0,00	100,0	90	100
1/2	12,700	112,20	112,20	7,91	92,1	-	-
3/8	9,252	106,60	218,80	15,42	84,6	56	80
Nº4	4,760	307,10	525,90	37,06	62,9	35	65
Nº10	2,000	241,30	767,20	54,06	45,9	-	-
Nº40	0,426	297,90	1065,10	75,05	25,0	-	-
Nº200	0,074	310,70	1375,80	96,94	3,1	2	8
BASE	-	43,10	1418,90	99,98	0,0	-	-
SUMA =			1418,90				
PÉRDIDAS =			0,30				
MF =							



[Signature]
 Univ. Martínez Silva Noemi R.U.73554
LABORATORISTA

[Signature]
 Ing. José Ricardo Acea Avendaño
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS



GRANULOMETRÍA

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTÉTICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

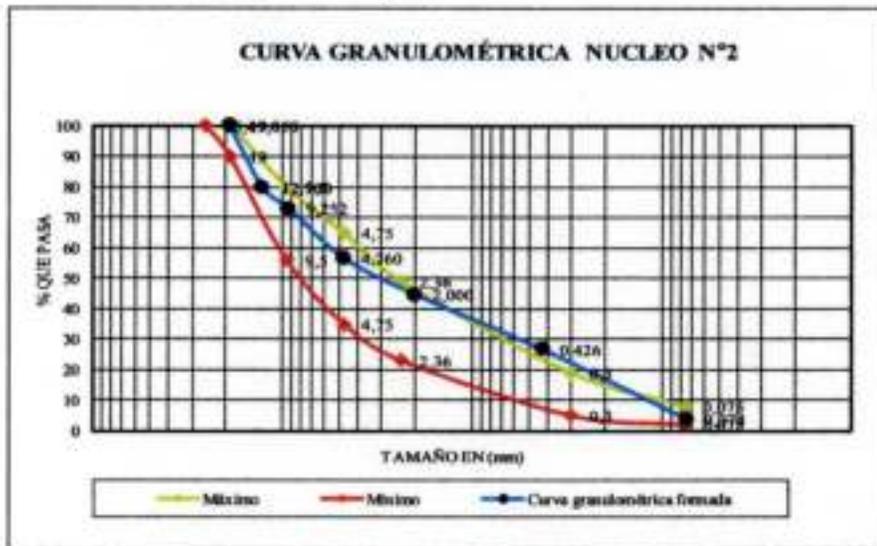
FECHA: OCTUBRE 2018

Núcleo : 2

Procedencia: PUENTE DE TOMATITAS CARRETERA SAN LORENZO

Peso Total (gr.) =			1366,9				
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret.	Retenido Acumulado		% Que pasa del total	% Que pasa s/g Especific. ASTM	
			(gr)	(%)			
3/4	19,050	0,00	0,00	0,00	100,0	90	100
1/2	12,700	275,70	275,70	20,17	79,8	-	-
3/8	9,252	93,00	368,70	26,97	73,0	56	80
Nº4	4,760	222,40	591,10	43,24	56,8	35	65
Nº10	2,000	163,70	754,80	55,22	44,8	-	-
Nº40	0,426	246,50	1001,30	73,25	26,7	-	-
Nº200	0,074	312,80	1314,10	96,14	3,9	2	8
BASE	-	51,80	1365,90	99,93	0,0	-	-
SUMA =		1365,90					
PÉRDIDAS =		1,00					
MF =							

TAMAÑO MAX = 1 1/2"



Univ. Martinez Silva Noemi R.U.73554
LABORATORISTA

Jag. Arce Ricardo Arce Ayendaño
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
 FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
 PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS

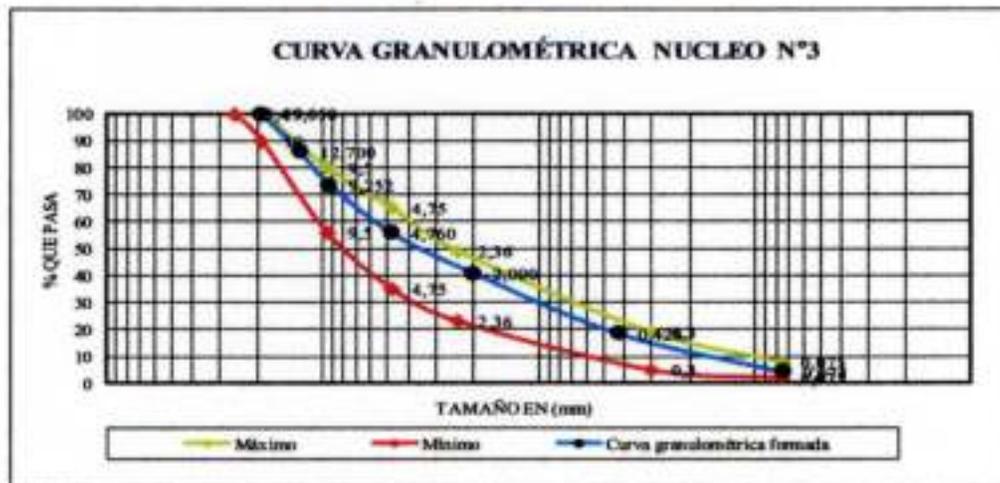
GRANULOMETRIA

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI **FECHA:** OCTUBRE 2018

Nucleo : 3
Procedencia: PUERTA DE CHACO- PUENTE JUNACAS

Peso Total (gr.) =			994,4				
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret.	Retenido Acumulado		% Que pasa del total	% Que pasa s/g Especific. ASTM	
			(gr)	(%)			
3/4	19,050	0,00	0,00	0,00	100,0	90	100
1/2	12,700	141,10	141,10	14,19	85,8	-	-
3/8	9,252	121,20	262,30	26,38	73,6	56	80
Nº4	4,760	179,10	441,40	44,39	55,6	35	65
Nº10	2,000	148,00	589,40	59,27	40,7	-	-
Nº40	0,426	222,60	812,00	81,66	18,3	-	-
Nº200	0,074	141,80	953,80	95,92	4,1	2	8
BASE	-	40,10	993,90	99,95	0,0	-	-
SUMA =		993,90					
PÉRDIDAS =		0,50	TAMAÑO MAX = 1 1/2"				
MF =							



Univ. Martínez Silvia Noemi R.U.73554
LABORATORISTA

Ing. José Ricardo Arcé Avendaño
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
 FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
 PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS

GRANULOMETRIA

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

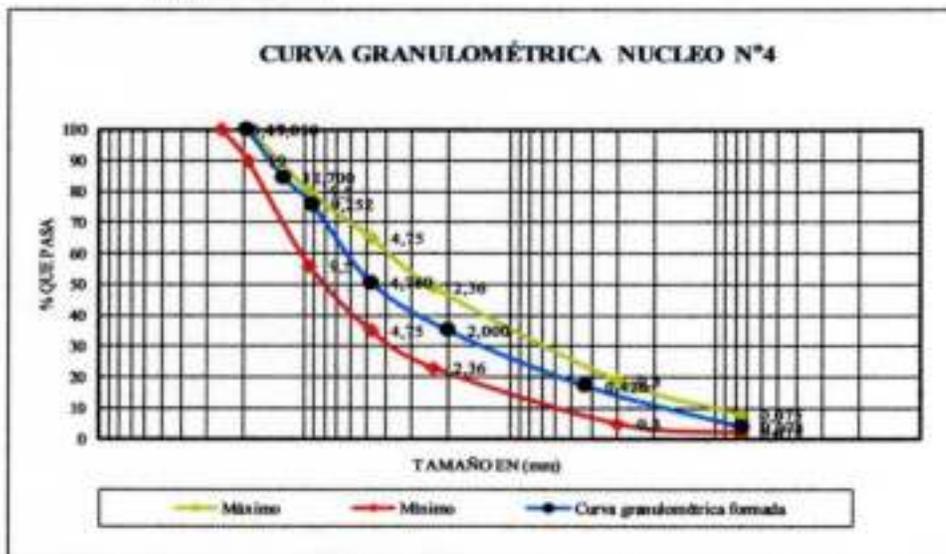
ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI **FECHA:** OCTUBRE 2018

Nucleo : 4
Procedencia: PUERTA DE CHACO- PUENTE JUNACAS

Peso Total (gr.) =			1885,7				
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret.	Retenido Acumulado		% Que pasa del total	% Que pasa s/g Especific ASTM	
			(gr)	(%)			
3/4	19,050	0,00	0,00	0,00	100,0	90	100
1/2	12,700	167,80	167,80	15,46	84,5	-	-
3/8	9,252	93,90	261,70	24,10	75,9	56	80
Nº4	4,760	274,60	536,30	49,40	50,6	35	65
Nº10	2,000	169,00	705,30	64,96	35,0	-	-
Nº40	0,426	194,80	900,10	82,91	17,1	-	-
Nº200	0,074	143,60	1043,70	96,13	3,9	2	8
BASE	-	41,10	1084,80	99,92	0,0	-	-

SUMA = 1084,80
 PÉRDIDAS = 0,90
 MF =

TAMAÑO MAX = 1 1/2"



Univ. Martínez Silvia Noemi R.U.73554
LABORATORISTA

ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
 FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
 PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS

GRANULOMETRIA

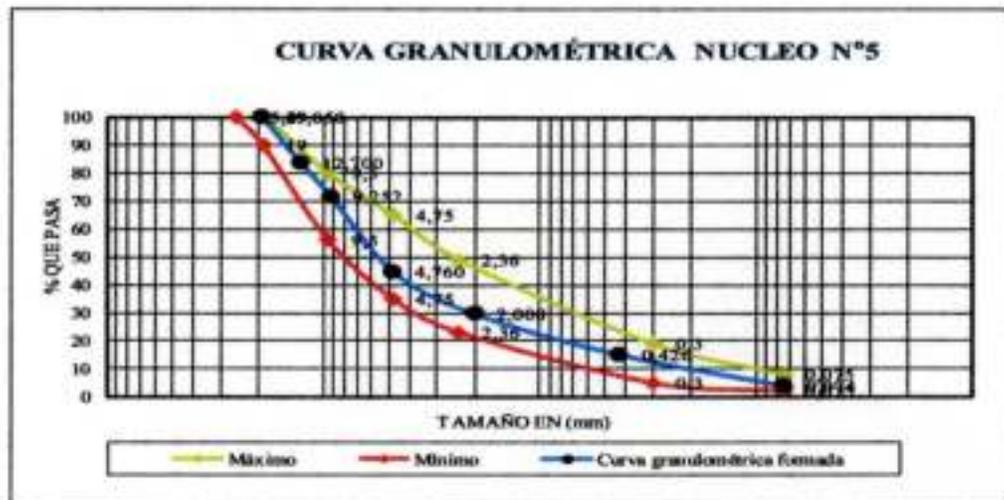
PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

Nucleo : 5
Procedencia: PIEDRA LARGA - CANALETAS

Peso Total (gr.) =			998,3				
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret.	Retenido Acumulado		% Que pasa del total	% Que pasa s/g Especific. ASTM	
			(gr)	(%)			
3/4	19,050	0,00	0,00	0,00	100,0	90	100
1/2	12,700	162,90	162,90	16,32	83,7	-	-
3/8	9,252	119,50	282,40	28,29	71,7	56	80
Nº4	4,760	268,80	551,20	55,21	44,8	35	65
Nº10	2,000	151,20	702,40	70,36	29,6	-	-
Nº40	0,426	146,20	848,60	85,00	15,0	-	-
Nº200	0,074	111,60	960,20	96,18	3,8	2	8
BASE	-	37,40	997,60	99,93	0,0	-	-
SUMA =		997,60					
PÉRDIDAS =		0,70	TAMAÑO MAX = 1 1/2"				
MF =							



Univ. Martínez Silvia Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA

Ing. José Ricardo Arce Avendaño
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS



UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
 FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
 PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS

GRANULOMETRIA

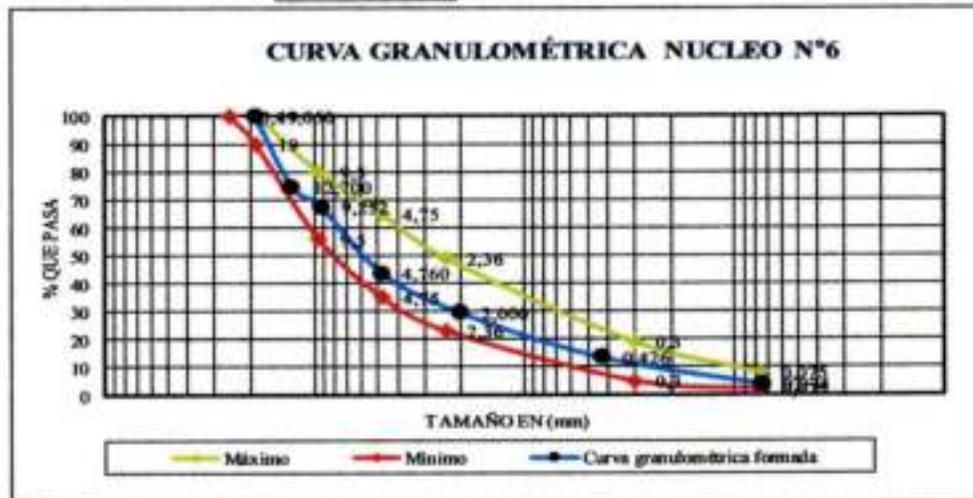
PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

Nucleo : 6
Procedencia: PIEDRA LARGA - CANALETAS

Peso Total (gr.) =		1024,8					
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret.	Retenido Acumulado		% Que pasa del total	% Que pasa s/g Especif. ASTM	
			(gr)	(%)			
3/4	19,050	0,00	0,00	0,00	100,0	90	100
1/2	12,700	259,40	259,40	25,31	74,7	-	-
3/8	9,252	73,50	332,90	32,48	67,5	56	80
Nº4	4,760	243,50	576,40	56,25	43,8	35	65
Nº10	2,000	147,20	723,60	70,61	29,4	-	-
Nº40	0,426	164,00	887,60	86,61	13,4	-	-
Nº200	0,074	98,30	985,90	96,20	3,8	2	8
BASE	-	38,10	1024,00	99,92	0,0	-	-
SUMA =		1024,00					
PÉRDIDAS =		0,80			TAMAÑO MAX = 1 1/2"		
MF =							



[Signature]
 Univ. Martínez Silvia Noemi R.U.73554
LABORATORISTA

[Signature]
 Ing. José Ricardo Arce Avendaño
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

Nº de Nucleo	Procedencia	Carril	Tipo de Geosintetico
1	Piedra Larga- Canaletas	Derecho	Geotextil
2	Piedra Larga- Canaletas	medio	
3	Puerta de Chaco - Puente Jarcas	Derecho	
4	Puerta de Chaco - Puente Jarcas	Medio	
5	Puente de Tomatitas carretera San Lorenzo	Derecho	
6	Puente de Tomatitas carretera San Lorenzo	Medio	
7	Piedra Larga- Canaletas	Inquierto	Geomalla Tejida de Polister
8	Piedra Larga- Canaletas	Medio	
9	Puerta de Chaco - Puente Jarcas	Inquierto	
10	Puerta de Chaco - Puente Jarcas	Medio	
11	Puente de Tomatitas carretera San Lorenzo	Inquierto	
12	Puente de Tomatitas carretera San Lorenzo	Medio	
13	Piedra Larga- Canaletas	Derecho	Geomalla Baxial
14	Piedra Larga- Canaletas	Medio	
15	Puerta de Chaco - Puente Jarcas	Derecho	
16	Puerta de Chaco - Puente Jarcas	Medio	
17	Puente de Tomatitas carretera San Lorenzo	Derecho	
18	Puente de Tomatitas carretera San Lorenzo	Medio	
19	Piedra Larga- Canaletas	Inquierto	Sin Geosintetico
20	Piedra Larga- Canaletas	Medio	
21	Puerta de Chaco - Puente Jarcas	Inquierto	
22	Puerta de Chaco - Puente Jarcas	Medio	
23	Puente de Tomatitas carretera San Lorenzo	Inquierto	
24	Puente de Tomatitas carretera San Lorenzo	Medio	


Univ. Martínez Silvia Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA


Ing. Ricardo Arce Aguilero
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
 FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
 PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

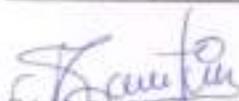
ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintético: GEOTEXTIL.

Núcleo : 1

Procedencia: PIEDRA LARGA - CANALETAS

Nº de Lectura	Lectura de L. dial Deformacion		Lectura de Extensometro (mm)	Carga Puntal Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	µg			
1	10	0,0039	0,010	42,00	0,52
2	20	0,0079	0,035	104,50	1,29
3	30	0,0118	0,060	167,00	2,06
4	40	0,0157	0,095	254,50	3,14
5	50	0,0197	0,140	367,00	4,53
6	60	0,0236	0,190	492,00	6,07
7	70	0,0276	0,240	617,00	7,61
8	80	0,0315	0,270	692,00	8,54
9	90	0,0354	0,310	792,00	9,77
10	100	0,0394	0,355	904,50	11,16
11	110	0,0433	0,390	992,00	12,24
12	120	0,0472	0,410	1042,00	12,85
13	130	0,0512	0,435	1104,50	13,62
14	140	0,0551	0,455	1154,50	14,24
15	150	0,0591	0,480	1217,00	15,01
16	160	0,0630	0,500	1267,00	15,63
17	170	0,0669	0,520	1317,00	16,23
18	180	0,0709	0,530	1342,00	16,55
19	190	0,0748	0,540	1367,00	16,86
20	200	0,0787	0,550	1392,00	17,17
21	210	0,0827	0,560	1417,00	17,48
22	220	0,0866	0,570	1442,00	17,79
23	230	0,0906	0,580	1467,00	18,10
24	240	0,0945	0,585	1479,50	18,25
25	250	0,0984	0,590	1492,00	18,40
26	260	0,1024	0,595	1504,50	18,56
27	270	0,1063	0,598	1512,00	18,65
28	280	0,1102	0,600	1517,00	18,71
29	290	0,1142	0,620	1567,00	19,33
30	300	0,1181	0,630	1592,00	19,64
31	310	0,1220	0,650	1642,00	20,25
32	320	0,1260	0,650	1642,00	20,25
33	330	0,1299	0,650	1642,00	20,25


 Cely Martínez SP/In Noemi R.U. 73554
 LABORATORISTA


 ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





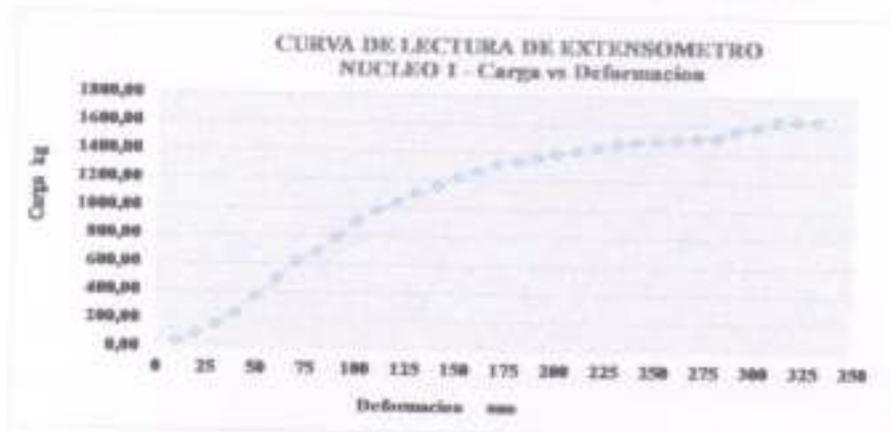
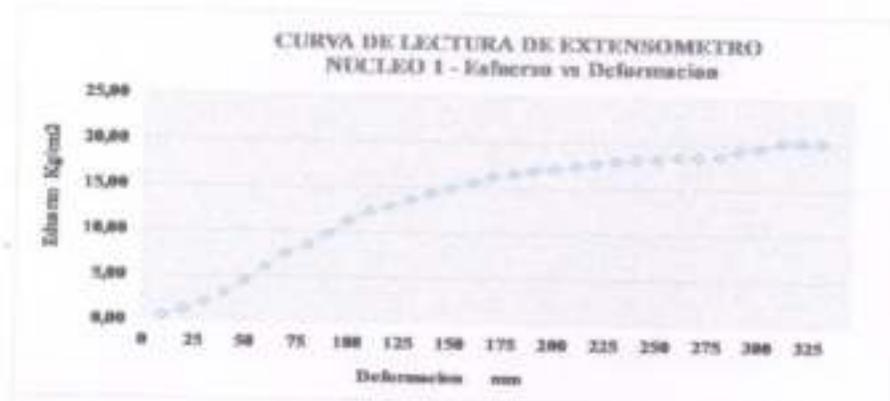
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MESAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO
CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018




Uta Martinez Silva Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA


Encargado de Laboratorio de Suelos





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintético: GEOTEXTIL

Núcleo : 2

Procedencia: PIEDRA LARGA - CANALETAS

N° de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	µg			
1	10	0,0039	0,02	67,00	0,83
2	20	0,0079	0,05	142,00	1,75
3	30	0,0118	0,08	217,00	2,68
4	40	0,0157	0,11	292,00	3,60
5	50	0,0197	0,16	417,00	5,14
6	60	0,0236	0,21	542,00	6,69
7	70	0,0276	0,31	792,00	9,77
8	80	0,0315	0,41	1042,00	12,85
9	90	0,0354	0,48	1217,00	15,01
10	100	0,0394	0,55	1392,00	17,17
11	110	0,0433	0,61	1542,00	19,02
12	120	0,0472	0,65	1642,00	20,25
13	130	0,0512	0,69	1742,00	21,49
14	140	0,0551	0,72	1817,00	22,41
15	150	0,0591	0,75	1879,50	23,18
16	160	0,0630	0,77	1942,00	23,95
17	170	0,0669	0,78	1967,00	24,26
18	180	0,0709	0,80	2017,00	24,88
19	190	0,0748	0,82	2054,50	25,34
20	200	0,0787	0,83	2079,50	25,65
21	210	0,0827	0,83	2092,00	25,80
22	220	0,0866	0,84	2117,00	26,11
23	230	0,0906	0,85	2129,50	26,27
24	240	0,0945	0,85	2129,50	26,27
25	250	0,0984	0,85	2129,50	26,27


Uta Martinez Silvia Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA


Ing. Jose Ricardo Silva Avelledo
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





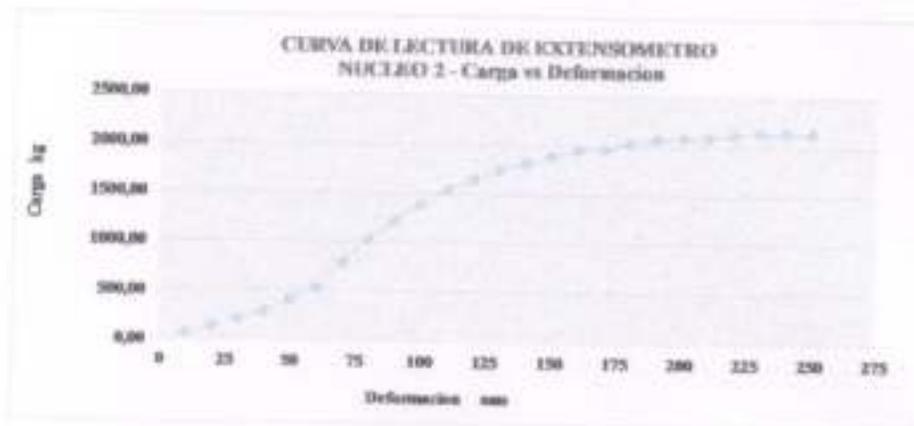
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MESÍAS SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018




C.I. 73554
LABORATORISTA


ENCARGADO DEL LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

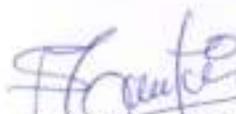
FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintético: GEOTEXTIL

Núcleo : 3

Procedencia: PUERTA DE CHACO - PUENTE JARCAS

N° de Lectura	Lectura de Deformación		Lectura de Extensómetro mm (X)	Carga Parcial Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	plg			
1	10	0.0079	0.06	167.00	2.06
2	20	0.0079	0.12	317.00	3.91
3	30	0.0118	0.35	892.00	11.00
4	40	0.0157	0.60	1517.00	18.71
5	50	0.0197	0.78	1967.00	24.26
6	60	0.0236	0.87	2192.00	27.04
7	70	0.0276	0.93	2342.00	28.89
8	80	0.0315	0.97	2442.00	30.12
9	90	0.0354	1.04	2617.00	32.28
10	100	0.0394	1.12	2817.00	34.75
11	110	0.0433	1.15	2892.00	35.67
12	120	0.0472	1.16	2917.00	35.98
13	130	0.0512	1.17	2942.00	36.29
14	140	0.0551	1.17	2942.00	36.29
15	150	0.0591	1.18	2967.00	36.60
16	160	0.0630	1.18	2967.00	36.60
17	170	0.0669	1.18	2967.00	36.60
18	180	0.0709	1.19	2992.00	36.91
19	190	0.0748	1.19	2992.00	36.91
20	200	0.0787	1.19	2992.00	36.91
21	210	0.0827	1.19	2992.00	36.91
22	220	0.0866	1.19	2992.00	36.91
23	230	0.0906	1.19	2992.00	36.91
24	240	0.0945	1.19	2992.00	36.91


Univ. Martínez Silvia Noemi I.U.73354
LABORATORISTA


Lic. Ricardo Arce Avila
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018




Lic. Martinez Silvia Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA


ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTÉTICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

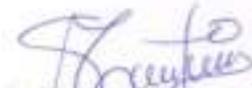
FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintético: GEOTEXTIL

Núcleo : 4

Procedencia PUERTA DE CHACO - PUENTE JARCAS

Nº de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	µg			
1	10	0,0039	0,040	117,00	1,44
2	20	0,0079	0,080	217,00	2,68
3	30	0,0118	0,160	417,00	5,14
4	40	0,0157	0,250	642,00	7,92
5	50	0,0197	0,360	917,00	11,31
6	60	0,0236	0,480	1217,00	15,01
7	70	0,0276	0,600	1517,00	18,71
8	80	0,0315	0,720	1692,00	20,87
9	90	0,0354	0,770	1942,00	23,95
10	100	0,0394	0,825	2079,50	25,65
11	110	0,0433	0,860	2167,00	26,73
12	120	0,0472	0,885	2229,50	27,50
13	130	0,0512	0,910	2292,00	28,27
14	140	0,0551	0,925	2329,50	28,73
15	150	0,0591	0,935	2354,50	29,04
16	160	0,0630	0,938	2362,00	29,14
17	170	0,0669	0,938	2362,00	29,14
18	180	0,0709	0,938	2362,00	29,14


Una (Martinez) Silvia Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA


Ing. José Escobar
ENCARGADO DEL LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

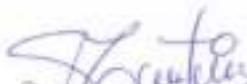
LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018




Silvia Noemi Martinez RUI 75554
LABORATORISTA


ENCARGADO DEL LABORATORIO DE SUELOS





LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

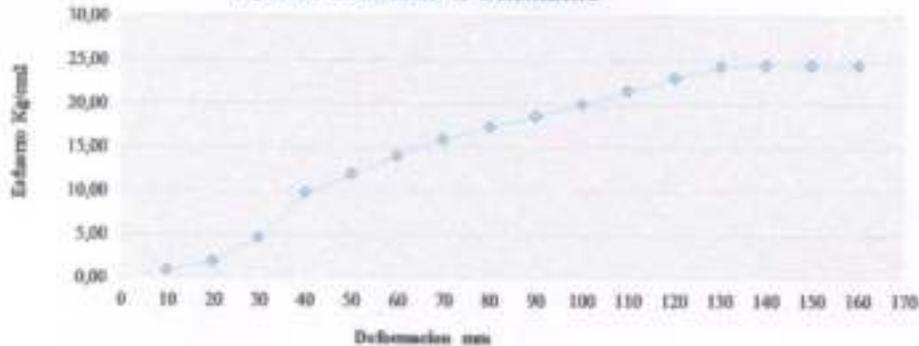
Geosintético: GEOTEXTIL

Núcleo : 5

Procedencia: PUENTE DE TOMATTAS CARRETERA SAN LORENZO

N° de Lectura	Lectura de Deformación		Lectura de Extensómetro mm (N)	Carga Puntal Kg (V)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	µg			
1	10	0,0079	0,020	67,00	0,83
2	20	0,0079	0,055	154,50	1,91
3	30	0,0118	0,140	367,00	4,53
4	40	0,0157	0,310	792,00	9,77
5	50	0,0197	0,380	967,00	11,93
6	60	0,0236	0,450	1142,00	14,09
7	70	0,0276	0,510	1292,00	15,94
8	80	0,0315	0,555	1404,50	17,32
9	90	0,0354	0,595	1504,50	18,56
10	100	0,0394	0,640	1617,00	19,95
11	110	0,0433	0,690	1742,00	21,49
12	120	0,0472	0,740	1867,00	23,03
13	130	0,0512	0,780	1967,00	24,26
14	140	0,0551	0,785	1979,50	24,42
15	150	0,0591	0,785	1979,50	24,42
16	160	0,0630	0,785	1979,50	24,42

CURVA DE LECTURA DE EXTENSOMETRO
NUCLEO 5 - Esfuerzo vs Deformación



Urb. Martínez Silva, Zona R. U/73554
LABORATORISTA

ENCARGADO DEL LABORATORIO DE SUELOS





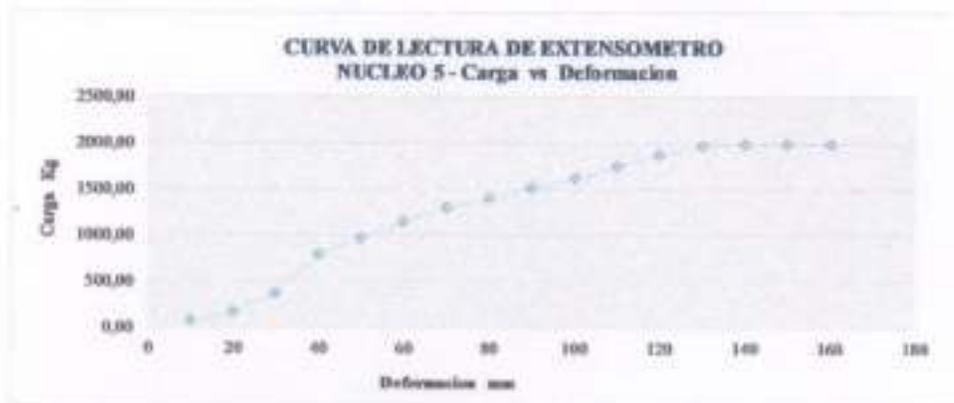
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO
CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018




Urb. Misael Saracho, Trujillo, R.U. 73554
LABORATORISTA


ING. ANTONIO ANTONIO AVONDALE
ENCARGADO DEL LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintético: GEOTEXTIL

Núcleo : 6

Procedencia: PUENTE DE TOMATITAS CARRETERA SAN LORENZO

N° de Lectura	Lecturas de Deformacion		Lecturas de Extensometre mm (%)	Carga Puntual Kg (V)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	µg			
1	10	0,0039	0,040	117,00	1,04
2	20	0,0079	0,070	192,00	2,37
3	30	0,0118	0,090	242,00	2,99
4	40	0,0157	0,130	342,00	4,22
5	50	0,0197	0,160	417,00	5,14
6	60	0,0236	0,210	542,00	6,69
7	70	0,0276	0,260	667,00	8,23
8	80	0,0315	0,295	754,50	9,31
9	90	0,0354	0,330	842,00	10,39
10	100	0,0394	0,370	942,00	11,62
11	110	0,0433	0,390	992,00	12,24
12	120	0,0472	0,420	1067,00	13,16
13	130	0,0512	0,440	1117,00	13,78
14	140	0,0551	0,470	1192,00	14,70
15	150	0,0591	0,485	1229,50	15,17
16	160	0,0630	0,505	1279,50	15,78
17	170	0,0669	0,540	1367,00	16,86
18	180	0,0709	0,550	1392,00	17,17
19	190	0,0748	0,560	1417,00	17,48
20	200	0,0787	0,570	1442,00	17,79
21	210	0,0827	0,575	1454,50	17,94
22	220	0,0866	0,580	1467,00	18,10
23	230	0,0906	0,590	1492,00	18,40
24	240	0,0945	0,590	1492,00	18,40
25	250	0,0984	0,590	1492,00	18,40

Udo Martinez Silvia Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA

ENCARGADO DEL LABORATORIO DE SUELOS





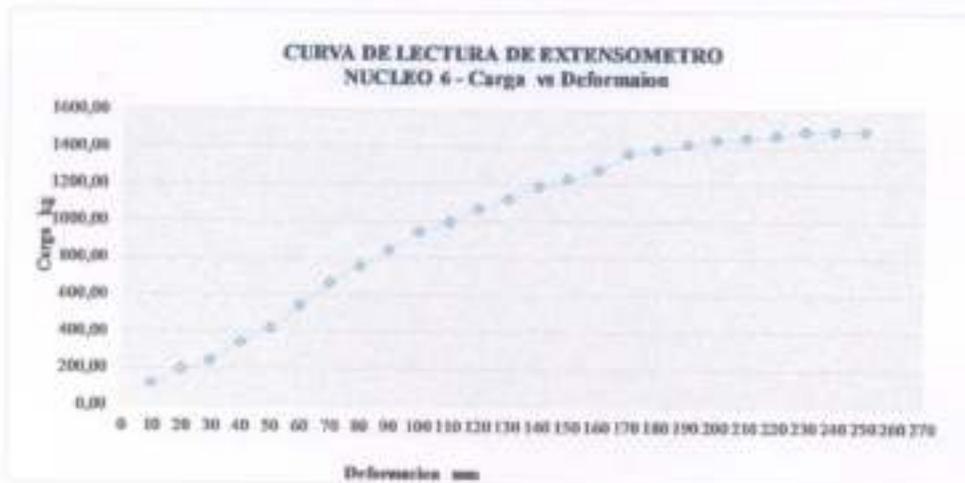
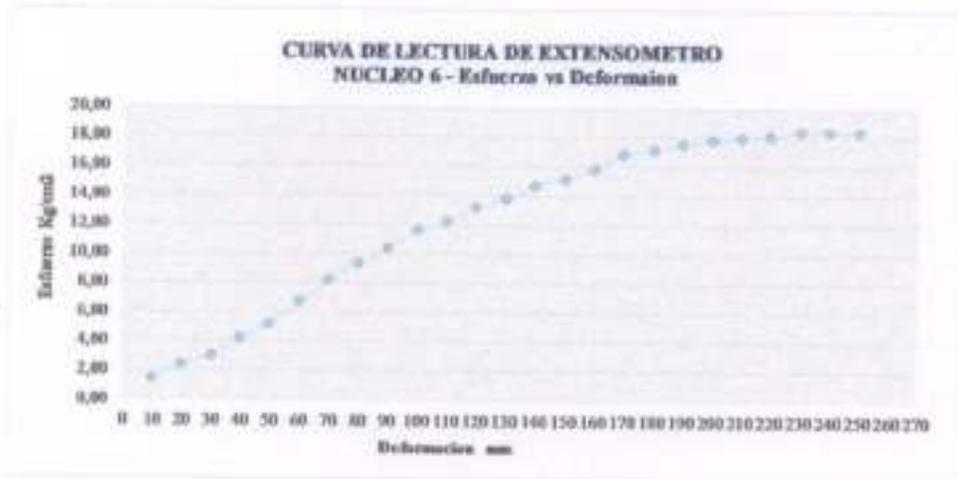
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

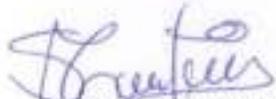
LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018




CIP: Martínez Silvia Noemí, R.U.F. 73554
LABORATORISTA


Ing. Arq. Ricardo Acosta Arce
ENCARGADO DEL LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintetico: GEOMALLA TEJIDA DE POLIESTER

Nucleo : 7

Procedencia: PIEDRA LARGA - CANALETAS

N° de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	plg			
1	10	0,004	0,010	42,00	0,52
2	20	0,008	0,080	217,00	2,68
3	30	0,012	0,150	392,00	4,84
4	40	0,016	0,220	567,00	6,99
5	50	0,020	0,300	767,00	9,46
6	60	0,024	0,355	904,50	11,16
7	70	0,028	0,400	1017,00	12,54
8	80	0,031	0,440	1117,00	13,78
9	90	0,035	0,460	1167,00	14,39
10	100	0,039	0,485	1229,50	15,17
11	110	0,043	0,505	1279,50	15,78
12	120	0,047	0,520	1317,00	16,25
13	130	0,051	0,540	1367,00	16,86
14	140	0,055	0,555	1404,50	17,32
15	150	0,059	0,570	1442,00	17,79
16	160	0,063	0,585	1479,50	18,25
17	170	0,067	0,595	1504,50	18,56
18	180	0,071	0,605	1529,50	18,87
19	190	0,075	0,620	1567,00	19,33
20	200	0,079	0,625	1579,50	19,48
21	210	0,083	0,630	1592,00	19,64
22	220	0,087	0,645	1629,50	20,10
23	230	0,091	0,655	1654,50	20,41
24	240	0,094	0,665	1679,50	20,72
25	250	0,098	0,670	1692,00	20,87
26	260	0,102	0,675	1704,50	21,03
27	270	0,106	0,680	1717,00	21,18
28	280	0,110	0,685	1729,50	21,33
29	290	0,114	0,685	1729,50	21,33
30	300	0,118	0,690	1742,00	21,49
31	310	0,122	0,690	1742,00	21,49
32	320	0,126	0,690	1742,00	21,49
33	330	0,130	0,690	1742,00	21,49

Una. Martinez Silvia Noemi R.U.73554
LABORATORISTA

ENCARGADO DEL LABORATORIO DE SUELOS



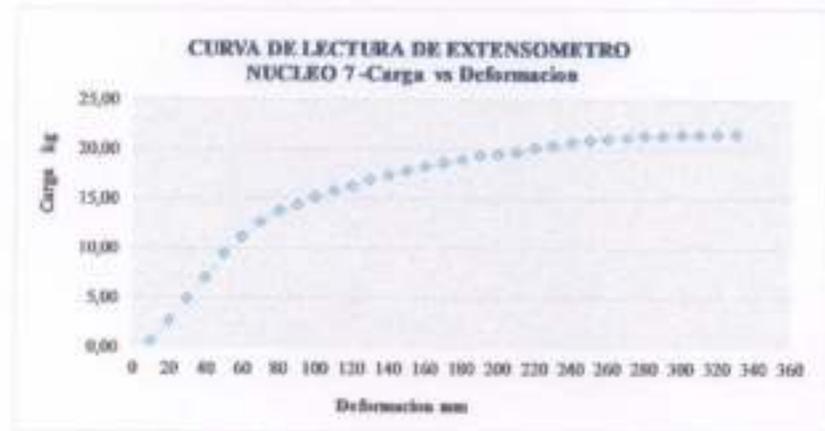
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018



U.P. Martinez Silvia Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA

ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintetico: GEOMALLA TEJIDA DE POLIESTER

Nucleo : 8

Procedencia: PIEDRA LARGA - CANALETAS

N° de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (N)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	µg			
1	10	0,00394	0,050	142,00	1,75
2	20	0,00787	0,070	192,00	2,37
3	30	0,01181	0,110	292,00	3,60
4	40	0,01575	0,140	367,00	4,53
5	50	0,01969	0,170	442,00	5,45
6	60	0,02362	0,190	492,00	6,07
7	70	0,02756	0,220	567,00	6,99
8	80	0,03150	0,250	642,00	7,92
9	90	0,03543	0,290	742,00	9,15
10	100	0,03937	0,310	792,00	9,77
11	110	0,04331	0,340	867,00	10,69
12	120	0,04724	0,370	942,00	11,62
13	130	0,05118	0,390	992,00	12,24
14	140	0,05512	0,420	1067,00	13,16
15	150	0,05906	0,440	1117,00	13,78
16	160	0,06299	0,465	1179,50	14,55
17	170	0,06693	0,485	1229,50	15,17
18	180	0,07087	0,510	1292,00	15,94
19	190	0,07480	0,540	1367,00	16,86
20	200	0,07874	0,560	1417,00	17,48
21	210	0,08268	0,580	1467,00	18,10
22	220	0,08661	0,590	1492,00	18,40
23	230	0,09055	0,610	1542,00	19,02
24	240	0,09449	0,625	1579,50	19,48
25	250	0,09843	0,630	1592,00	19,64
26	260	0,10236	0,650	1642,00	20,25
27	270	0,10630	0,655	1654,50	20,41
28	280	0,11024	0,670	1692,00	20,87
29	290	0,11417	0,680	1717,00	21,18
30	300	0,11811	0,685	1729,50	21,33
31	310	0,12205	0,695	1754,50	21,64
32	320	0,12598	0,700	1767,00	21,80
33	330	0,12992	0,705	1779,50	21,95

Urv. Martínez Silvia Noemi R.U.73554
LABORATORISTA

Ing. Ricardo Arce Ayendaño
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS



LECTURA DE EXTENSOMETRO

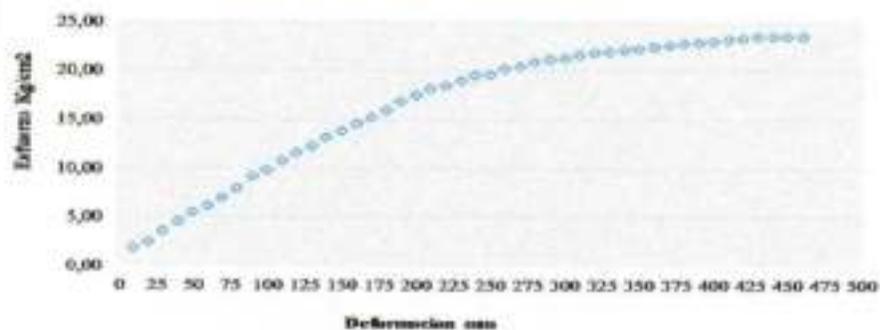
PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

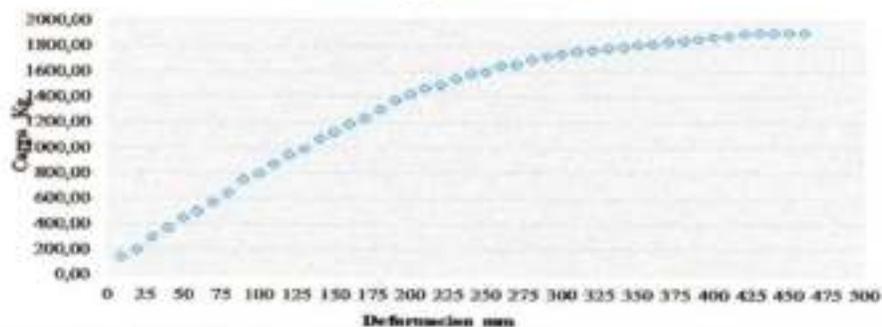
FECHA: OCTUBRE 2018

N° de Nucleo	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	plg			
34	340	0,1339	0,710	1792,00	22,10
35	350	0,1378	0,715	1804,50	23,26
36	360	0,1417	0,720	1817,00	22,41
37	370	0,1457	0,725	1829,50	22,57
38	380	0,1496	0,730	1842,00	22,72
39	390	0,1535	0,735	1854,50	22,88
40	400	0,1575	0,740	1867,00	23,03
41	410	0,1614	0,745	1879,50	23,18
42	420	0,1654	0,750	1892,00	23,34
43	430	0,1693	0,755	1904,50	23,49
44	440	0,1732	0,755	1904,50	23,49
45	450	0,1772	0,755	1904,50	23,49
46	460	0,1811	0,755	1904,50	23,49

CURVA DE LECTURA DE EXTENSOMETRO
NUCLEO 8 - Esfuerzo vs Deformacion



CURVA DE LECTURA DE EXTENSOMETRO
NUCLEO 8 - Carga vs Deformacion



Una. Martinez Silvia Noemi R.U. 73554

LABORATORISTA

ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintético: GEOMALLA TEJIDA DE POLIESTER

Núcleo : 9

Procedencia: PUERTA DE CHACO - PUENTE JARCAS

N° de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	plg			
1	10	0,0039	0,130	342,00	4,22
2	20	0,0079	0,210	542,00	6,69
3	30	0,0118	0,280	717,00	8,84
4	40	0,0157	0,350	892,00	11,00
5	50	0,0197	0,400	1017,00	12,54
6	60	0,0236	0,460	1167,00	14,39
7	70	0,0276	0,500	1267,00	15,63
8	80	0,0315	0,540	1367,00	16,86
9	90	0,0354	0,580	1467,00	18,10
10	100	0,0394	0,620	1567,00	19,33
11	110	0,0433	0,650	1642,00	20,25
12	120	0,0472	0,685	1729,50	21,33
13	130	0,0512	0,725	1829,50	22,57
14	140	0,0551	0,760	1917,00	23,65
15	150	0,0591	0,795	2004,50	24,73
16	160	0,0630	0,840	2117,00	26,11
17	170	0,0669	0,880	2217,00	27,35
18	180	0,0709	0,905	2279,50	28,12
19	190	0,0748	0,910	2292,00	28,27
20	200	0,0787	0,915	2304,50	28,43
21	210	0,0827	0,915	2304,50	28,43
22	220	0,0866	0,915	2304,50	28,43

Utey Martinez Silvia Noemi R.U.73554
LABORATORISTA

Ing. Juan Ricardo Auce Avila
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018



Una: Martinez Silvia Noemi R.U. 73354
LABORATORISTA

Jorge Ricardo Arce Avedato
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

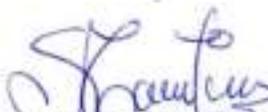
FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintetico: GEOMALLA TEJIDA DE POLIESTER

Nucleo : 10

Procedencia: PUERTA DE CHACO - PUENTE JARCAS

N° de Lectura	Lectura de Deformación		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	µg			
1	10	0,0039	0,010	42,00	0,52
2	20	0,0079	0,020	67,00	0,83
3	30	0,0118	0,030	92,00	1,13
4	40	0,0157	0,035	104,50	1,29
5	50	0,0197	0,070	192,00	2,37
6	60	0,0236	0,100	267,00	3,29
7	70	0,0276	0,180	467,00	5,76
8	80	0,0315	0,240	617,00	7,61
9	90	0,0354	0,290	742,00	9,15
10	100	0,0394	0,350	892,00	11,00
11	110	0,0433	0,410	1042,00	12,85
12	120	0,0472	0,470	1192,00	14,70
13	130	0,0512	0,540	1367,00	16,86
14	140	0,0551	0,610	1542,00	19,02
15	150	0,0591	0,690	1742,00	21,49
16	160	0,0630	0,740	1867,00	23,03
17	170	0,0669	0,780	1967,00	24,26
18	180	0,0709	0,800	2017,00	24,88
19	190	0,0748	0,820	2067,00	25,50
20	200	0,0787	0,830	2092,00	25,80
21	210	0,0827	0,840	2117,00	26,11
22	220	0,0866	0,850	2142,00	26,42
23	230	0,0906	0,855	2154,50	26,58
24	240	0,0945	0,860	2167,00	26,73
25	250	0,0984	0,870	2192,00	27,04
26	260	0,1024	0,880	2217,00	27,35
27	270	0,1063	0,880	2217,00	27,35
28	280	0,1102	0,880	2217,00	27,35


Carg. Martinez Silvia Noemi R.U.73554
LABORATORISTA


ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018



Utv. Martínez Silva Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA

Ing. José Eduardo Aguirre-Arciniegua
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

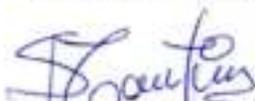
FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintetico: GEOMALLA TEJIDA DE POLIESTER

Nucleo : 11

Procedencia: PUENTE TOMATTAS CARRETERA SAN LORENZO

N° de Lectura	Lectura de Deformación		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	µg			
1	10	0,003937	0,020	67,00	0,83
2	20	0,007874	0,030	92,00	1,13
3	30	0,011811	0,045	129,50	1,60
4	40	0,015748	0,060	167,00	2,06
5	50	0,019685	0,080	217,00	2,68
6	60	0,023622	0,110	292,00	3,60
7	70	0,0275591	0,130	342,00	4,22
8	80	0,0314961	0,150	392,00	4,84
9	90	0,0354331	0,175	454,50	5,61
10	100	0,0393701	0,205	529,50	6,53
11	110	0,0433071	0,235	604,50	7,46
12	120	0,0472441	0,265	679,50	8,38
13	130	0,0511811	0,300	767,00	9,46
14	140	0,0551181	0,330	842,00	10,39
15	150	0,0590551	0,390	992,00	12,24
16	160	0,0629921	0,440	1117,00	13,78
17	170	0,0669291	0,500	1267,00	15,63
18	180	0,0708661	0,570	1442,00	17,79
19	190	0,0748031	0,625	1579,50	19,48
20	200	0,0787402	0,690	1742,00	21,49
21	210	0,0826772	0,740	1867,00	23,03
22	220	0,0866142	0,790	1992,00	24,57
23	230	0,0905512	0,820	2067,00	25,50
24	240	0,0944882	0,850	2142,00	26,42
25	250	0,0984252	0,885	2229,50	27,50
26	260	0,1023622	0,910	2292,00	28,27
27	270	0,1062992	0,935	2354,50	29,04
28	280	0,1102362	0,960	2417,00	29,81
29	290	0,1141732	0,980	2467,00	30,43
30	300	0,1181102	1,000	2517,00	31,05
31	310	0,1220472	1,025	2579,50	31,82
32	320	0,1259843	1,035	2604,50	32,13
33	330	0,1299213	1,050	2642,00	32,59


Vta. Martínez Silvia Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA


ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





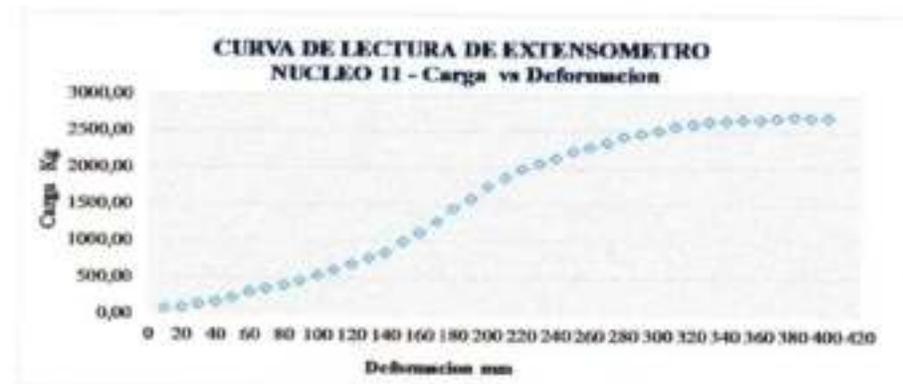
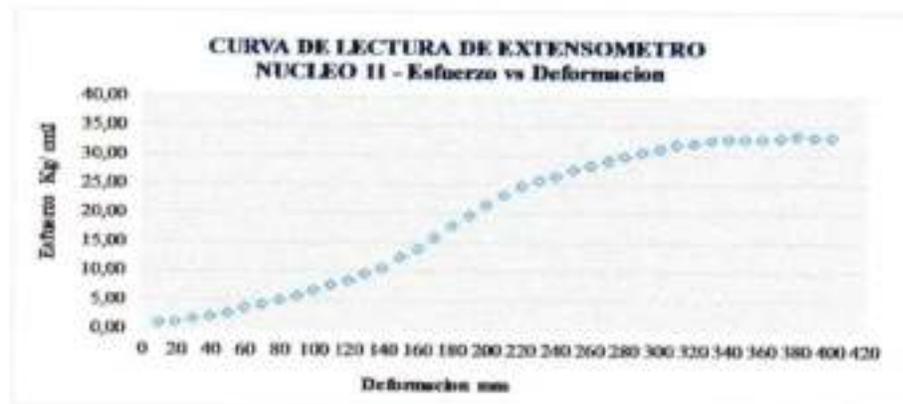
LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO
CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

N° de Nucleo	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	µg			
34	340	0,1338583	1,06	2654,50	32,74
35	350	0,1377953	1,06	2667,00	32,90
36	360	0,1417323	1,06	2667,00	32,90
37	370	0,1456693	1,07	2679,50	33,05
38	380	0,1496063	1,08	2704,50	33,36
39	390	0,1535433	1,07	2692,00	33,21
40	400	0,1574803	1,07	2692,00	33,21




Lic. Mariela Noemi Martínez R.U. 73554
LABORATORISTA


Ing. José Ricardo Arce Avila
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SJLVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintético: GEOMALLA TEJIDA DE POLIESTER

Núcleo : 12

Procedencia: PUENTE TOMATITAS CARRETERA SAN LORENZO

Nº de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	µg			
1	10	0,00394	0,070	192,00	2,37
2	20	0,00787	0,100	267,00	3,29
3	30	0,01181	0,150	392,00	4,84
4	40	0,01575	0,190	492,00	6,07
5	50	0,01969	0,220	567,00	6,99
6	60	0,02362	0,225	579,50	7,15
7	70	0,02756	0,265	679,50	8,38
8	80	0,03150	0,290	742,00	9,15
9	90	0,03543	0,320	817,00	10,08
10	100	0,03937	0,350	892,00	11,00
11	110	0,04331	0,370	942,00	11,62
12	120	0,04724	0,390	992,00	12,24
13	130	0,05118	0,410	1042,00	12,85
14	140	0,05512	0,430	1092,00	13,47
15	150	0,05906	0,450	1142,00	14,09
16	160	0,06299	0,470	1192,00	14,70
17	170	0,06693	0,485	1229,50	15,17
18	180	0,07087	0,505	1279,50	15,78
19	190	0,07480	0,520	1317,00	16,25
20	200	0,07874	0,540	1367,00	16,86
21	210	0,08268	0,560	1417,00	17,48
22	220	0,08661	0,570	1442,00	17,79
23	230	0,09055	0,590	1492,00	18,40
24	240	0,09449	0,605	1529,50	18,87
25	250	0,09843	0,620	1567,00	19,33
26	260	0,10236	0,635	1604,50	19,79
27	270	0,10630	0,645	1629,50	20,10
28	280	0,11024	0,650	1642,00	20,25
29	290	0,11417	0,660	1667,00	20,56
30	300	0,11811	0,665	1679,50	20,72
31	310	0,12205	0,670	1692,00	20,87
32	320	0,12598	0,675	1704,50	21,03
33	330	0,12992	0,675	1704,50	21,03


C. Noemi Martínez Silva Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA


C. Ricardo Arellano Arellano
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





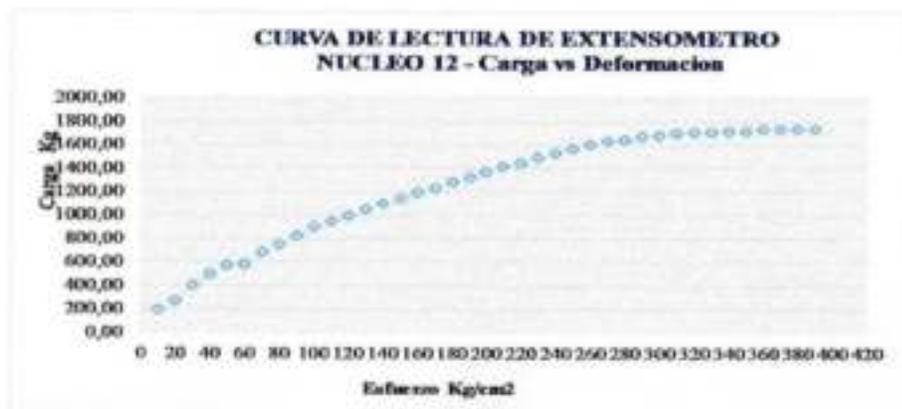
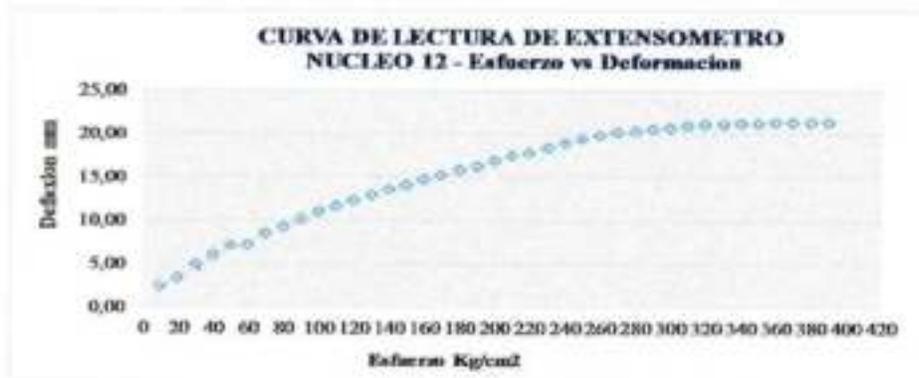
LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

N° de Nucleo	Lectura de Deflexion (mm)		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	plg			
34	340	0,13386	0,680	1717,00	21,18
35	350	0,13780	0,680	1717,00	21,18
36	360	0,14173	0,685	1729,50	21,33
37	370	0,14567	0,685	1729,50	21,33
38	380	0,14961	0,685	1729,50	21,33
39	390	0,15354	0,685	1729,50	21,33



Una Martinez Silvia Noemi R.U. 73354
LABORATORISTA

Jorge Emilio Añez Avelledo
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

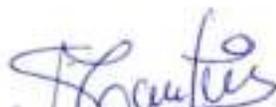
FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintético: GEOMALLA BIAXIAL

Núcleo : 13

Procedencia: PIEDRA LARGA - CANALETAS

N° de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	plg			
1	10	0,00394	0,120	317,00	3,91
2	20	0,00787	0,260	667,00	8,23
3	30	0,01181	0,345	879,50	10,85
4	40	0,01575	0,400	1017,00	12,54
5	50	0,01969	0,460	1167,00	14,39
6	60	0,02362	0,510	1292,00	15,94
7	70	0,02756	0,565	1429,50	17,63
8	80	0,03150	0,590	1492,00	18,40
9	90	0,03543	0,600	1517,00	18,71
10	100	0,03937	0,615	1554,50	19,17
11	110	0,04331	0,620	1567,00	19,33
12	120	0,04724	0,625	1579,50	19,48
13	130	0,05118	0,630	1592,00	19,64
14	140	0,05512	0,630	1592,00	19,64
15	150	0,05906	0,630	1592,00	19,64
16	160	0,06299	0,630	1592,00	19,64


Silvia Noemi Martínez R.U.73554
LABORATORISTA


Ricardo Arce Averillo
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





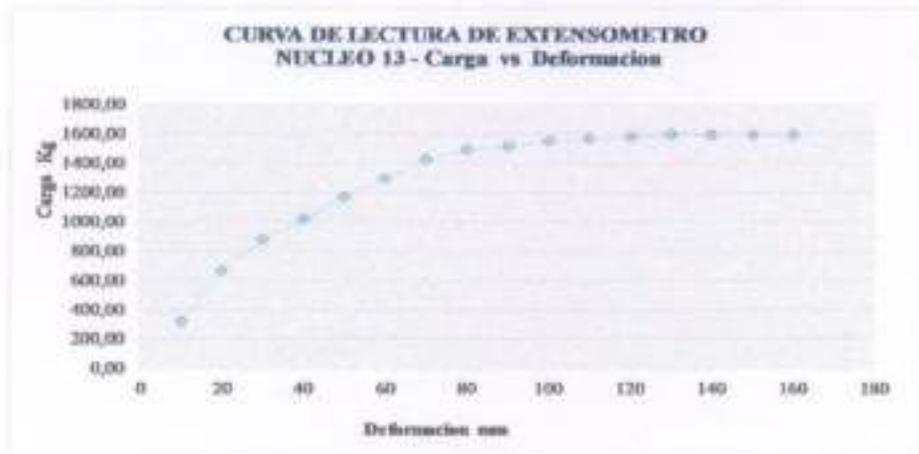
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018



Una Martínez Silvia Noemi R.U: 73554
LABORATORISTA

ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL, SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

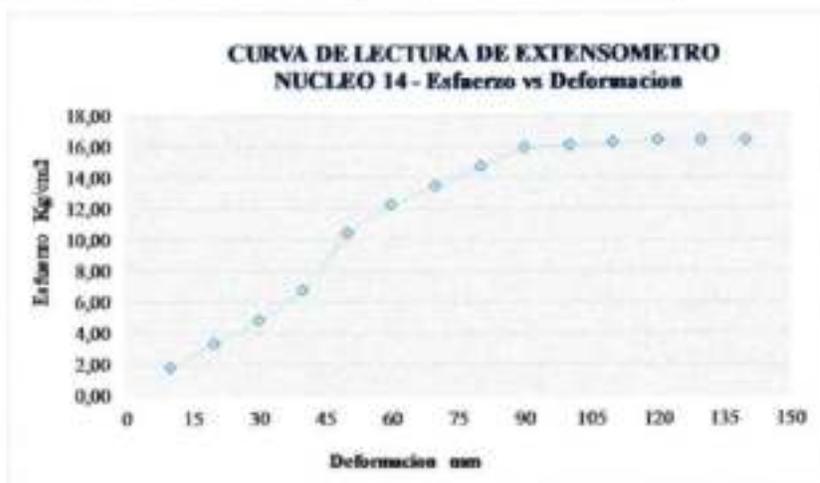
FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintético: GEOMALLA BIAIXIAL

Núcleo : 14

Procedencia: PIEDRA LARGA - CANALETAS

N° de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	plg			
1	10	0,00394	0,050	142,00	1,75
2	20	0,00787	0,100	267,00	3,29
3	30	0,01181	0,150	392,00	4,84
4	40	0,01575	0,210	542,00	6,69
5	50	0,01969	0,330	842,00	10,39
6	60	0,02362	0,390	992,00	12,24
7	70	0,02756	0,430	1092,00	13,47
8	80	0,03150	0,470	1192,00	14,70
9	90	0,03543	0,510	1292,00	15,94
10	100	0,03937	0,515	1304,50	16,09
11	110	0,04331	0,520	1317,00	16,25
12	120	0,04724	0,525	1329,50	16,40
13	130	0,05118	0,525	1329,50	16,40
14	140	0,05512	0,525	1329,50	16,40



Lina Martinez Silvia Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA

Ing. Jose Ramon Ayco Avelaño
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS



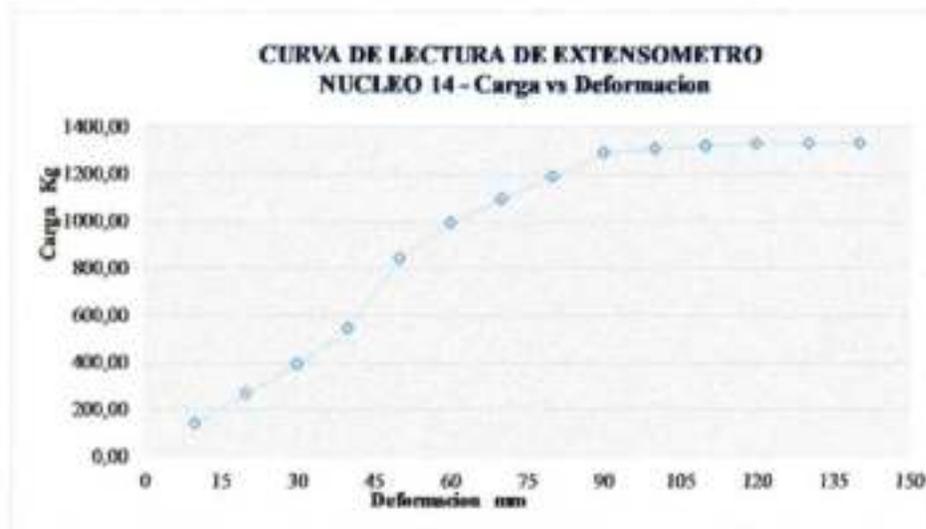
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018



Uly Martínez Silva Noemí R.U. 73554
LABORATORISTA

ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

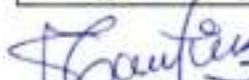
FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintético: GEOMALLA BIAIXIAL

Núcleo : 15

Procedencia: PUERTA DE CHACO - PUENTE JARCAS

N° de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (N)	Carga Pantual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm2
	mm	plg			
1	10	0,00794	0,020	67,00	0,83
2	20	0,00787	0,030	92,00	1,13
3	30	0,01181	0,040	117,00	1,44
4	40	0,01575	0,050	142,00	1,75
5	50	0,01969	0,060	167,00	2,06
6	60	0,02362	0,080	217,00	2,68
7	70	0,02756	0,150	392,00	4,84
8	80	0,03150	0,290	742,00	9,15
9	90	0,03543	0,390	992,00	12,24
10	100	0,03937	0,500	1267,00	15,63
11	110	0,04331	0,580	1467,00	18,10
12	120	0,04724	0,640	1617,00	19,95
13	130	0,05118	0,700	1767,00	21,80
14	140	0,05512	0,740	1867,00	23,03
15	150	0,05906	0,770	1942,00	23,95
16	160	0,06299	0,810	2042,00	25,19
17	170	0,06693	0,830	2092,00	25,80
18	180	0,07087	0,850	2142,00	26,42
19	190	0,07480	0,870	2192,00	27,04
20	200	0,07874	0,890	2242,00	27,66
21	210	0,08268	0,900	2267,00	27,96
22	220	0,08661	0,920	2317,00	28,58
23	230	0,09055	0,930	2342,00	28,89
24	240	0,09449	0,940	2367,00	29,20
25	250	0,09843	0,950	2392,00	29,51
26	260	0,10236	0,960	2417,00	29,81
27	270	0,10630	0,970	2442,00	30,12
28	280	0,11024	0,975	2454,50	30,28
29	290	0,11417	0,980	2467,00	30,43
30	300	0,11811	0,985	2479,50	30,58
31	310	0,12205	0,990	2492,00	30,74
32	320	0,12598	0,990	2492,00	30,74
33	330	0,12992	1,000	2517,00	31,05
34	340	0,13386	1,000	2517,00	31,05
35	350	0,13780	1,000	2517,00	31,05


C/ta. Martínez Silvia Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA


ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

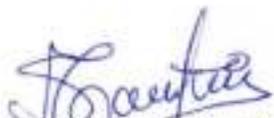
LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO
CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018




Ing. Noemi Martínez Silva Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA


Ing. José Ricardo Arce Avendaño
ENCARGADO DEL LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintetico: GEOMALLA BIAIXIAL

Nucleo : 16

Procedencia: PUERTA DE CHACO - PUENTE JARCAS

Nº de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	plg			
1	10	0,00394	0,090	242,00	2,99
2	20	0,00787	0,130	342,00	4,22
3	30	0,01181	0,175	454,50	5,61
4	40	0,01575	0,220	567,00	6,99
5	50	0,01969	0,255	654,50	8,07
6	60	0,02362	0,290	742,00	9,15
7	70	0,02756	0,320	817,00	10,08
8	80	0,03150	0,350	892,00	11,00
9	90	0,03543	0,370	942,00	11,62
10	100	0,03937	0,395	1004,50	12,39
11	110	0,04331	0,410	1042,00	12,85
12	120	0,04724	0,435	1104,50	13,62
13	130	0,05118	0,450	1142,00	14,09
14	140	0,05512	0,470	1192,00	14,70
15	150	0,05906	0,490	1242,00	15,32
16	160	0,06299	0,510	1292,00	15,94
17	170	0,06693	0,520	1317,00	16,25
18	180	0,07087	0,540	1367,00	16,86
19	190	0,07480	0,555	1404,50	17,32
20	200	0,07874	0,570	1442,00	17,79
21	210	0,08268	0,590	1492,00	18,40
22	220	0,08661	0,605	1529,50	18,87
23	230	0,09055	0,620	1567,00	19,33
24	240	0,09449	0,630	1592,00	19,64
25	250	0,09843	0,645	1629,50	20,10
26	260	0,10236	0,650	1642,00	20,25
27	270	0,10630	0,660	1667,00	20,56
28	280	0,11024	0,670	1692,00	20,87
29	290	0,11417	0,680	1717,00	21,18
30	300	0,11811	0,685	1729,50	21,33
31	310	0,12205	0,690	1742,00	21,49
32	320	0,12598	0,695	1754,50	21,64
33	330	0,12992	0,700	1767,00	21,80

Uta Martinez Silvia Noemi R.U.73554
LABORATORISTA

ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





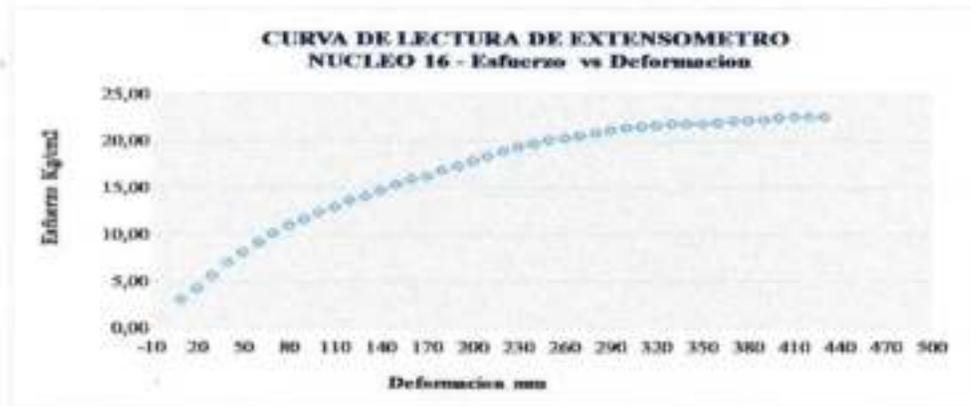
LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO
REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

N° de Nucleo	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	µm			
34	340	0,13386	0,700	1767,00	21,80
35	350	0,13780	0,702	1772,00	21,86
36	360	0,14173	0,705	1779,50	21,95
37	370	0,14567	0,710	1792,00	22,10
38	380	0,14961	0,712	1797,00	22,17
39	390	0,15354	0,715	1804,50	22,26
40	400	0,15748	0,720	1817,00	22,41
41	410	0,16142	0,725	1829,50	22,57
42	420	0,16535	0,725	1829,50	22,57
43	430	0,16929	0,725	1829,50	22,57



Luz Martinez Silva Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA

ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

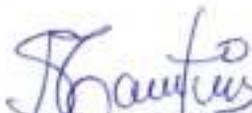
FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintético: GEOMALLA BIAXIAL

Núcleo : 17

Procedencia: PUENTE TOMATITAS CARRETERA SAN LORENZO

N° de Lectura	Lectura de Deformación		Lectura de Extensómetro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	µg			
1	10	0,00394	0,110	292,00	3,60
2	20	0,00787	0,160	417,00	5,14
3	30	0,01181	0,210	542,00	6,69
4	40	0,01575	0,260	667,00	8,23
5	50	0,01969	0,295	754,50	9,31
6	60	0,02362	0,330	842,00	10,39
7	70	0,02756	0,370	942,00	11,62
8	80	0,03150	0,390	992,00	12,24
9	90	0,03543	0,420	1067,00	13,16
10	100	0,03937	0,440	1117,00	13,78
11	110	0,04331	0,470	1192,00	14,70
12	120	0,04724	0,485	1229,50	15,17
13	130	0,05118	0,505	1279,50	15,78
14	140	0,05512	0,540	1367,00	16,86
15	150	0,05906	0,550	1392,00	17,17
16	160	0,06299	0,560	1417,00	17,48
17	170	0,06693	0,570	1442,00	17,79
18	180	0,07087	0,575	1454,50	17,94
19	190	0,07480	0,580	1467,00	18,10
20	200	0,07874	0,590	1492,00	18,40
21	210	0,08268	0,590	1492,00	18,40
22	220	0,08661	0,595	1504,50	18,56
23	230	0,09055	0,595	1504,50	18,56
24	240	0,09449	0,595	1504,50	18,56


Ene. Martínez Silvia Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA


Ing. José Ricardo Arte Aguilano
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





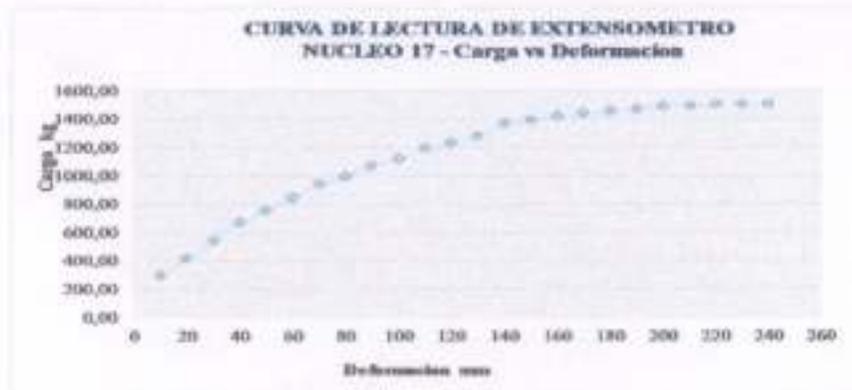
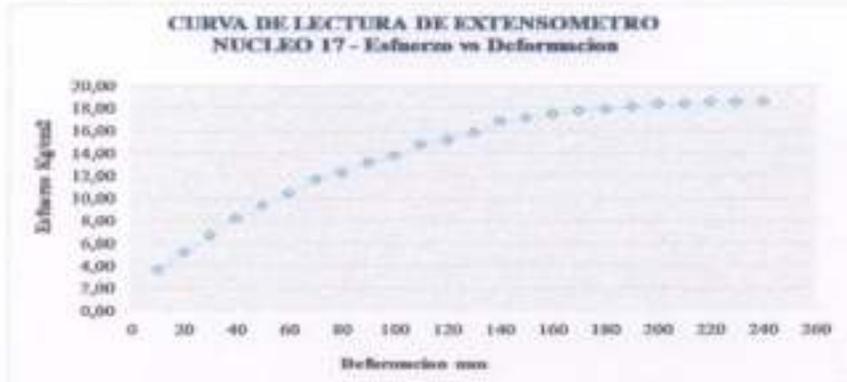
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANÁLISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTÉTICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018



Daniela Silvia Martínez
LABORATORISTA

Encargado de Laboratorio de Suelos





UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON
GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintetico: GEOMALLA BIAXIAL

Nucleo : 18

Procedencia: PUENTE TOMATITAS CARRETERA SAN LORENZO

N° de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm2
	mm	µg			
1	10	0,00794	0,070	192,00	2,37
2	20	0,00787	0,110	292,00	3,60
3	30	0,01181	0,150	392,00	4,84
4	40	0,01575	0,200	517,00	6,38
5	50	0,01969	0,240	617,00	7,61
6	60	0,02362	0,280	717,00	8,84
7	70	0,02756	0,335	854,50	10,54
8	80	0,03150	0,380	967,00	11,93
9	90	0,03543	0,420	1067,00	13,16
10	100	0,03937	0,460	1167,00	14,39
11	110	0,04331	0,500	1267,00	15,63
12	120	0,04724	0,530	1342,00	16,55
13	130	0,05118	0,560	1417,00	17,48
14	140	0,05512	0,570	1442,00	17,79
15	150	0,05906	0,600	1517,00	18,71
16	160	0,06299	0,610	1542,00	19,02
17	170	0,06693	0,630	1592,00	19,64
18	180	0,07087	0,650	1642,00	20,25
19	190	0,07480	0,660	1667,00	20,56
20	200	0,07874	0,680	1717,00	21,18
21	210	0,08268	0,690	1742,00	21,49
22	220	0,08661	0,700	1767,00	21,80
23	230	0,09055	0,705	1779,50	21,95
24	240	0,09449	0,715	1804,50	22,26
25	250	0,09843	0,720	1817,00	22,41
26	260	0,10236	0,730	1842,00	22,72
27	270	0,10630	0,735	1854,50	22,88
28	280	0,11024	0,735	1854,50	22,88
29	290	0,11417	0,735	1854,50	22,88

Una. Martínez Silvia Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA

Juan Ricardo Arce-Avenida
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS



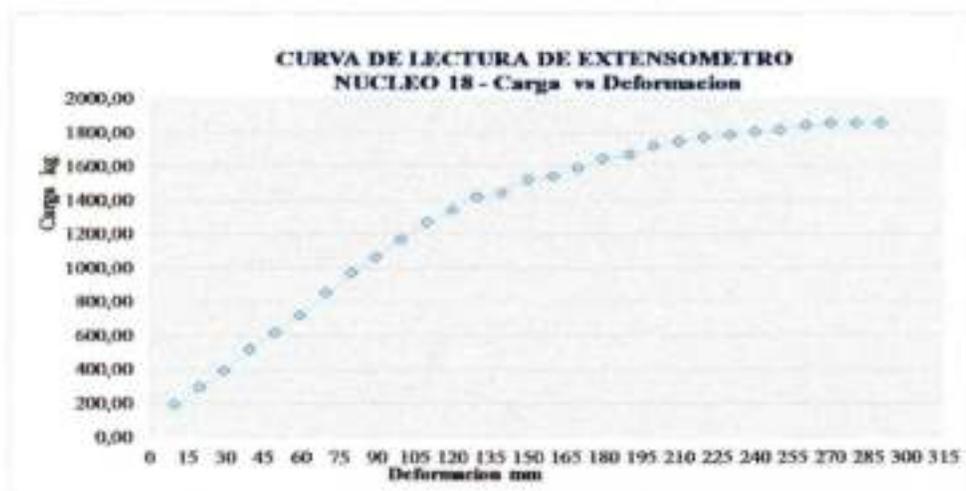
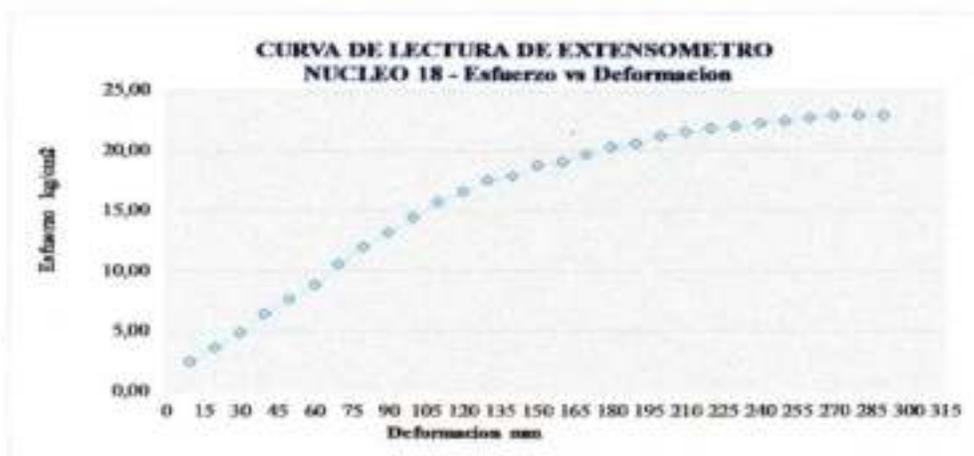
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO
CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018



Juan Martínez Silveira R.U. 73554
LABORATORISTA

Ing. Oscar Riquelme Arce
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintetico: SIN GEOSINTETICO

Nucleo : 19

Procedencia: PIEDRA LARGA - CANALETAS

N° de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	plg			
1	10	0,00394	0,100	267,00	3,29
2	20	0,00787	0,150	392,00	4,84
3	30	0,01181	0,200	517,00	6,38
4	40	0,01575	0,230	592,00	7,30
5	50	0,01969	0,275	704,50	8,69
6	60	0,02362	0,280	717,00	8,84
7	70	0,02756	0,310	792,00	9,77
8	80	0,03150	0,330	842,00	10,39
9	90	0,03543	0,360	917,00	11,31
10	100	0,03937	0,375	954,50	11,77
11	110	0,04331	0,390	992,00	12,24
12	120	0,04724	0,410	1042,00	12,85
13	130	0,05118	0,420	1067,00	13,16
14	140	0,05512	0,425	1079,50	13,32
15	150	0,05906	0,450	1142,00	14,09
16	160	0,06299	0,460	1167,00	14,39
17	170	0,06693	0,475	1204,50	14,86
18	180	0,07087	0,490	1242,00	15,32
19	190	0,07480	0,500	1267,00	15,63
20	200	0,07874	0,510	1292,00	15,94
21	210	0,08268	0,515	1304,50	16,09
22	220	0,08661	0,520	1317,00	16,25
23	230	0,09055	0,530	1342,00	16,55
24	240	0,09449	0,535	1354,50	16,71
25	250	0,09843	0,540	1367,00	16,86
26	260	0,10236	0,550	1392,00	17,17
27	270	0,10630	0,560	1417,00	17,48
28	280	0,11024	0,565	1429,50	17,63
29	290	0,11417	0,570	1442,00	17,79
30	300	0,11811	0,580	1467,00	18,10
31	310	0,12205	0,590	1492,00	18,40
32	320	0,12598	0,595	1504,50	18,56
33	330	0,12992	0,600	1517,00	18,71

Urb. Martinez Silvia Noemi R. U. 73554
LABORATORISTA

ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA 'JUAN MISAEL SARACHO'
 FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
 PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS

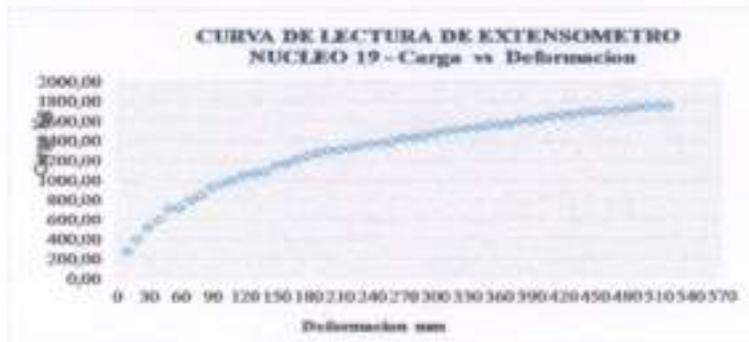
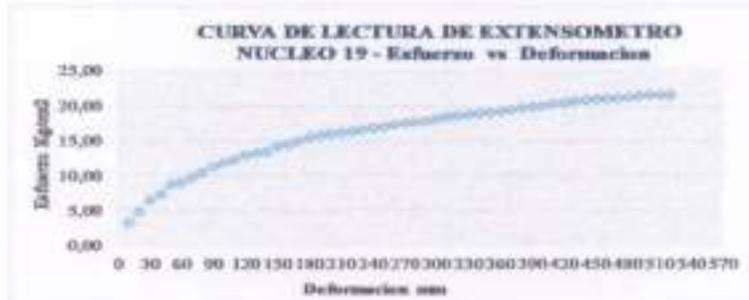
LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO
 CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

N° de Lectura	Lecturas de Deformación		Lecturas de Extensómetro mm (X)	Carga Puntal Kg (Y)	Esfuerzo Kgf/cm ²
	mm	µg			
34	340	0,13386	0,605	1529,50	18,87
35	350	0,13780	0,610	1542,00	19,02
36	360	0,14173	0,615	1554,50	19,17
37	370	0,14567	0,620	1567,00	19,33
38	380	0,14961	0,630	1592,00	19,64
39	390	0,15354	0,635	1604,50	19,79
40	400	0,15748	0,640	1617,00	19,95
41	410	0,16142	0,650	1642,00	20,25
42	420	0,16535	0,655	1654,50	20,41
43	430	0,16929	0,660	1667,00	20,56
44	440	0,17323	0,665	1679,50	20,72
45	450	0,17717	0,670	1692,00	20,87
46	460	0,18110	0,670	1692,00	20,87
47	470	0,18504	0,675	1704,50	21,03
48	480	0,18898	0,680	1717,00	21,18
49	490	0,19291	0,685	1729,50	21,33
50	500	0,19685	0,690	1742,00	21,49
51	510	0,20079	0,690	1742,00	21,49
52	520	0,20472	0,690	1742,00	21,49



Silvia Noemi Martinez
 Uta Martinez Silva Noemi S.U. 73354
 LABORATORISTA

Jorge Armando Lopez Aranda
 ENCARGADO DEL LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICO

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintetico: SIN GEOSINTETICO

Nucleo : 20

Procedencia: PIEDRA LARGA CANALETAS

N° de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm2
	mm	µg			
1	10	0,00394	0,100	267,00	3,29
2	20	0,00787	0,120	317,00	3,91
3	30	0,01181	0,150	392,00	4,84
4	40	0,01575	0,170	442,00	5,45
5	50	0,01969	0,180	467,00	5,76
6	60	0,02362	0,190	492,00	6,07
7	70	0,02756	0,200	517,00	6,38
8	80	0,03150	0,220	567,00	6,99
9	90	0,03543	0,250	642,00	7,92
10	100	0,03937	0,265	679,50	8,38
11	110	0,04331	0,280	717,00	8,84
12	120	0,04724	0,300	767,00	9,46
13	130	0,05118	0,320	817,00	10,08
14	140	0,05512	0,340	867,00	10,69
15	150	0,05906	0,350	892,00	11,00
16	160	0,06299	0,360	917,00	11,31
17	170	0,06693	0,370	942,00	11,62
18	180	0,07087	0,380	967,00	11,93
19	190	0,07480	0,390	992,00	12,24
20	200	0,07874	0,400	1017,00	12,54
21	210	0,08268	0,410	1042,00	12,85
22	220	0,08661	0,420	1067,00	13,16
23	230	0,09055	0,430	1092,00	13,47
24	240	0,09449	0,435	1104,50	13,62
25	250	0,09843	0,440	1117,00	13,78
26	260	0,10236	0,445	1129,50	13,93
27	270	0,10630	0,450	1142,00	14,09
28	280	0,11024	0,455	1154,50	14,24
29	290	0,11417	0,460	1167,00	14,39
30	300	0,11811	0,465	1179,50	14,55
31	310	0,12205	0,470	1192,00	14,70
32	320	0,12598	0,475	1204,50	14,86
33	330	0,12992	0,480	1217,00	15,01

Univ. Martinez Silvia Noemi R.U.73554
LABORATORISTA

ENCARGADO DEL LABORATORIO DE SUELOS



LECTURA DE EXTENSOMETRO

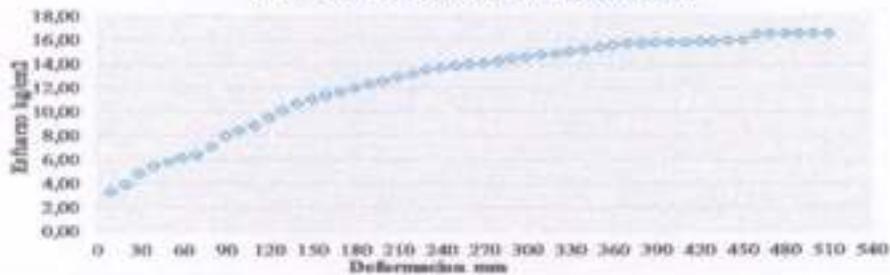
PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO
CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

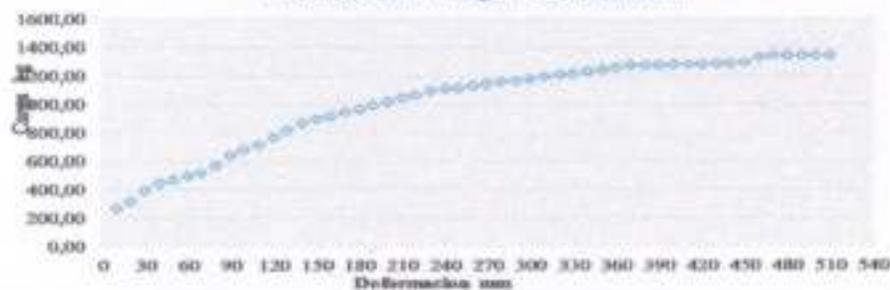
FECHA: OCTUBRE 2018

N° de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	µg			
34	340	0,13386	0,485	1229,50	15,17
35	350	0,13760	0,490	1242,00	15,32
36	360	0,14173	0,495	1254,30	15,47
37	370	0,14567	0,501	1269,50	15,66
38	380	0,14961	0,502	1272,00	15,69
39	390	0,15354	0,503	1274,50	15,72
40	400	0,15748	0,504	1277,00	15,75
41	410	0,16142	0,505	1279,50	15,78
42	420	0,16532	0,506	1282,00	15,81
43	430	0,16929	0,508	1287,00	15,88
44	440	0,17323	0,509	1289,50	15,91
45	450	0,17717	0,510	1292,00	15,94
46	460	0,18110	0,512	1329,50	16,40
47	470	0,18504	0,516	1342,00	16,55
48	480	0,18898	0,530	1342,00	16,55
49	490	0,19291	0,530	1342,00	16,55
50	500	0,19685	0,530	1342,00	16,55
51	510	0,20079	0,530	1342,00	16,55

CURVA DE LECTURA DE EXTENSOMETRO
NUCLEO 20 - Esfuerzo vs Deformacion



CURVA DE LECTURA DE EXTENSOMETRO
NUCLEO 20 - Carga vs Deformacion



Ude. Martinez Silvia Noemi R.U.73554
LABORATORISTA

ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

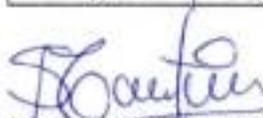
FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintético: SIN GEOSINTETICO

Núcleo : 21

Procedencia: PUERTA DE CHACO - PUENTE JARCAS

N° de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm(X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	plg			
1	10	0,00394	0,010	42,00	0,52
2	20	0,00787	0,015	54,50	0,67
3	30	0,01181	0,070	192,00	2,37
4	40	0,01575	0,125	329,50	4,06
5	50	0,01969	0,150	392,00	4,84
6	60	0,02362	0,165	429,50	5,30
7	70	0,02756	0,190	492,00	6,07
8	80	0,03150	0,200	517,00	6,38
9	90	0,03543	0,220	567,00	6,99
10	100	0,03937	0,240	617,00	7,61
11	110	0,04331	0,260	667,00	8,23
12	120	0,04724	0,280	717,00	8,84
13	130	0,05118	0,300	767,00	9,46
14	140	0,05512	0,320	817,00	10,08
15	150	0,05906	0,340	867,00	10,69
16	160	0,06299	0,350	892,00	11,00
17	170	0,06693	0,360	917,00	11,31
18	180	0,07087	0,370	942,00	11,62
19	190	0,07480	0,380	967,00	11,93
20	200	0,07874	0,390	992,00	12,24
21	210	0,08268	0,400	1017,00	12,54
22	220	0,08661	0,410	1042,00	12,85
23	230	0,09055	0,420	1067,00	13,16
24	240	0,09449	0,430	1092,00	13,47
25	250	0,09843	0,435	1104,50	13,62
26	260	0,10236	0,440	1117,00	13,78
27	270	0,10630	0,445	1129,50	13,93
28	280	0,11024	0,450	1142,00	14,09
29	290	0,11417	0,455	1154,50	14,24
30	300	0,11811	0,460	1167,00	14,39
31	310	0,12205	0,465	1179,50	14,55
32	320	0,12598	0,470	1192,00	14,70
33	330	0,12992	0,475	1204,50	14,86


Urv. Martinez Silvia Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA


Ing. Jorge Ricardo Arce Avendaño
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS



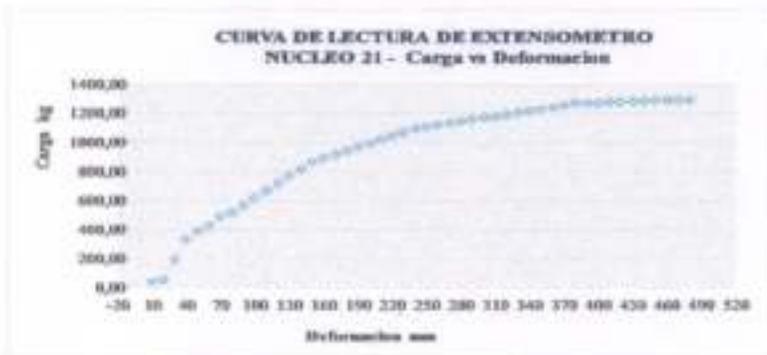
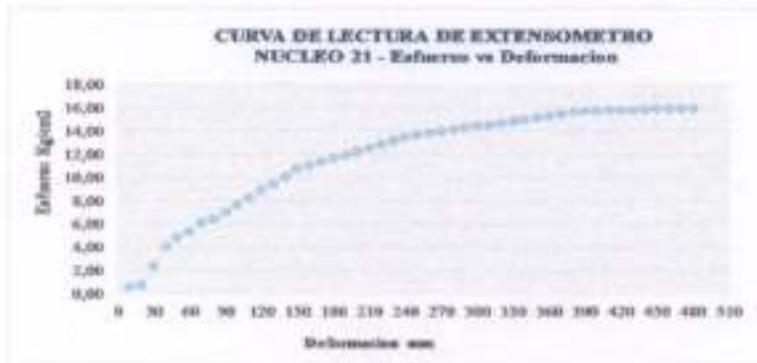
LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

N° de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometros (X)	Carga Normal Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	µg			
34	340	0,13386	0,480	1217,00	15,01
35	370	0,13790	0,487	1226,50	15,17
36	360	0,14173	0,490	1242,00	15,72
37	370	0,14567	0,495	1254,50	15,47
38	380	0,14961	0,501	1260,50	15,66
39	390	0,15354	0,507	1272,00	15,69
40	400	0,15748	0,505	1274,50	15,72
41	410	0,16142	0,504	1277,00	15,75
42	420	0,16535	0,505	1276,50	15,78
43	430	0,16929	0,500	1282,00	15,81
44	440	0,17323	0,500	1287,00	15,88
45	450	0,17717	0,500	1289,50	15,91
46	460	0,18110	0,510	1293,00	15,94
47	470	0,18504	0,510	1292,00	15,94
48	480	0,18898	0,510	1292,00	15,94



Ing. Noemi Martínez, 7000, 73354
 LABORATORISTA

Ing. Juan Mésael Saracho, 7000, 73354
 ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

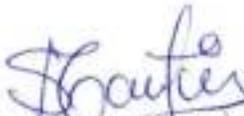
FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintetico: SIN GEOSINTETICO

Nucleo : 22

Procedencia: PUERTA DE CHACO - PUENTE JARCAS

Nº de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	plg			
1	10	0,00393701	0,170	442,00	5,45
2	20	0,00787402	0,260	667,00	8,23
3	30	0,01181102	0,290	742,00	9,15
4	40	0,01574803	0,340	867,00	10,69
5	50	0,01968504	0,360	917,00	11,31
6	60	0,02362205	0,380	967,00	11,93
7	70	0,02755906	0,400	1017,00	12,54
8	80	0,03149606	0,420	1067,00	13,16
9	90	0,03543307	0,430	1092,00	13,47
10	100	0,03937008	0,450	1142,00	14,09
11	110	0,04330709	0,460	1167,00	14,39
12	120	0,04724409	0,470	1192,00	14,70
13	130	0,05118111	0,485	1229,50	15,17
14	140	0,05511811	0,500	1267,00	15,63
15	150	0,05905512	0,505	1279,50	15,78
16	160	0,06299213	0,515	1304,50	16,09
17	170	0,06692913	0,520	1317,00	16,25
18	180	0,07086614	0,530	1342,00	16,55
19	190	0,07480315	0,540	1367,00	16,86
20	200	0,07874016	0,545	1379,50	17,02
21	210	0,08267717	0,550	1392,00	17,17
22	220	0,08661417	0,560	1417,00	17,48
23	230	0,09055118	0,560	1417,00	17,48
24	240	0,09448819	0,570	1442,00	17,79
25	250	0,0984252	0,580	1467,00	18,10
26	260	0,1023622	0,580	1467,00	18,10
27	270	0,10629921	0,585	1479,50	18,25
28	280	0,11023622	0,585	1479,50	18,25
29	290	0,11417323	0,585	1479,50	18,25
30	300	0,11811024	0,585	1479,50	18,25
31	310	0,12204724	0,585	1479,50	18,25


Una. Martinez Silvia Noemi R.U.73554
LABORATORISTA


Ing. Jorge Ricardo Arce Arce
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

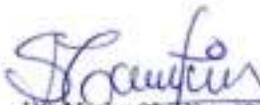
LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018




Luis Martínez Silva Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA


Ing. Pío Ricardo Anzu Avendaño
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

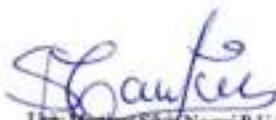
FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintetico: SIN GEOSINTETICO

Nucleo : 23

Procedencia: PUENTE TOMATTAS CARRETERA SAN LORENZO

N° de Lectura	Lectura de Deformacion		Lectura de Extensometro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm2
	mm	µg			
1	10	0,00394	0,010	42,00	0,52
2	20	0,00787	0,030	92,00	1,13
3	30	0,01181	0,060	167,00	2,06
4	40	0,01575	0,100	267,00	3,29
5	50	0,01969	0,155	404,50	4,99
6	60	0,02362	0,210	542,00	6,69
7	70	0,02756	0,270	692,00	8,54
8	80	0,03150	0,300	767,00	9,46
9	90	0,03543	0,330	842,00	10,39
10	100	0,03937	0,350	892,00	11,00
11	110	0,04331	0,380	967,00	11,93
12	120	0,04724	0,410	1042,00	12,85
13	130	0,05118	0,430	1092,00	13,47
14	140	0,05512	0,455	1154,50	14,24
15	150	0,05906	0,480	1217,00	15,01
16	160	0,06299	0,500	1267,00	15,63
17	170	0,06693	0,520	1317,00	16,25
18	180	0,07087	0,530	1342,00	16,55
19	190	0,07480	0,545	1379,50	17,02
20	200	0,07874	0,560	1417,00	17,48
21	210	0,08268	0,570	1442,00	17,79
22	220	0,08661	0,580	1467,00	18,10
23	230	0,09055	0,590	1492,00	18,40
24	240	0,09449	0,595	1504,50	18,56
25	250	0,09843	0,600	1517,00	18,71


Ing. Martinez Silvia Noemi R.I. 73554
LABORATORISTA


Ing. Arca Ricardo Arca Avello
ENCARGADO DEL LABORATORIO DE SUELOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018



Una. Noemi Silvia Noemi R.U. 73554
LABORATORISTA

Ing. Jorge Acosta
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAIEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL, SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

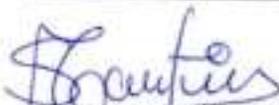
FECHA: OCTUBRE 2018

Geosintético: SIN GEOSINTETICO

Núcleo : 24

Procedencia: PUENTE TOMATITAS CARRETERA SAN LORENZO

N° de Lectura	Lectura de Deformación		Lectura de Extensómetro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	plg			
1	10	0,00394	0,010	42,00	0,52
2	20	0,00787	0,020	67,00	0,83
3	30	0,01181	0,030	92,00	1,13
4	40	0,01575	0,040	117,00	1,44
5	50	0,01969	0,055	154,50	1,91
6	60	0,02362	0,070	192,00	2,37
7	70	0,02756	0,095	254,50	3,14
8	80	0,03150	0,120	317,00	3,91
9	90	0,03543	0,150	392,00	4,84
10	100	0,03937	0,170	442,00	5,45
11	110	0,04331	0,195	504,50	6,22
12	120	0,04724	0,230	592,00	7,30
13	130	0,05118	0,260	667,00	8,23
14	140	0,05512	0,290	742,00	9,15
15	150	0,05906	0,320	817,00	10,08
16	160	0,06299	0,350	892,00	11,00
17	170	0,06693	0,385	979,50	12,08
18	180	0,07087	0,415	1054,50	13,01
19	190	0,07480	0,440	1117,00	13,78
20	200	0,07874	0,470	1192,00	14,70
21	210	0,08268	0,490	1242,00	15,32
22	220	0,08661	0,510	1292,00	15,94
23	230	0,09055	0,535	1354,50	16,71
24	240	0,09449	0,560	1417,00	17,48
25	250	0,09843	0,575	1454,50	17,94
26	260	0,10236	0,595	1504,50	18,56
27	270	0,10630	0,600	1517,00	18,71
28	280	0,11024	0,630	1592,00	19,64
29	290	0,11417	0,635	1604,50	19,79
30	300	0,11811	0,640	1617,00	19,95
31	310	0,12205	0,645	1629,50	20,10
32	320	0,12598	0,650	1642,00	20,25
33	330	0,12992	0,652	1647,00	20,32


Silvia Noemi Martínez R.U. 73554
LABORATORISTA


ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS

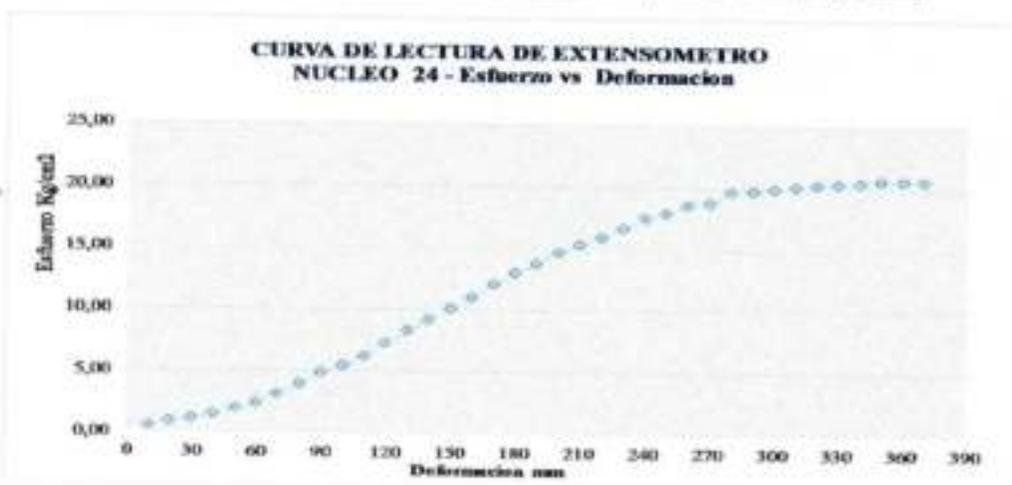
LECTURA DE EXTENSOMETRO

PROYECTO: ANALISIS EXPERIMENTAL SOBRE EL DISEÑO DE PAVIMENTO REFORZADO
CON GEOSINTETICOS

ELABORADO POR: MARTINEZ SILVIA NOEMI

FECHA: OCTUBRE 2018

N° de Lectura	Lecturas de Deformación		Lectura de Extensómetro mm (X)	Carga Puntual Kg (Y)	Esfuerzo Kg/cm ²
	mm	plg			
34	340	0,13386	0,633	1654,50	20,41
35	350	0,13780	0,660	1667,00	20,56
36	360	0,14173	0,660	1667,00	20,56
37	370	0,14567	0,660	1667,00	20,56



Lic. Silvia Noemi Martínez R.U. 73554
LABORATORISTA

Ing. Juan Carlos Arce Ayala
ENCARGADO DE LABORATORIO DE SUELOS



S0302. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 AASHTO T88)

OBJETO

Este método permite, mediante tamizado, determinar la distribución por tamaños de las partículas mayores que 0,075 mm, de una muestra de suelo.

Nota 1: Para determinar la distribución por tamaños de la fracción bajo tamiz 0,075 mm (N° 200), se puede utilizar el procedimiento de sedimentar esa fracción en un líquido conocido, generalmente agua destilada, basándose en la Ley de Stokes, que establece que en un fluido de densidad y viscosidad determinadas, el coeficiente de un mismo material adquiere una velocidad de sedimentación proporcional al cuadrado de sus diámetros. Este procedimiento se conoce como método del hidrómetro.

EQUIPO Y MATERIALES

1. Balanza

Debe tener una capacidad superior a la masa de la muestra más el recipiente donde se va a pesar; la precisión debe ser de 0,1 g para muestras menores que 1.000 g y de 1 g para muestras mayores que 1.000 g.

2. Tamices

Deben ser tejidos, de alambre, abertura cuadrada, tensados. Los tamaños nominales de las aberturas pertenecen a la serie que se indica en la Tabla S0302_1.

TABLA S0302_1. SERIE DE TAMICES

Tamaños nominales de abertura	
(mm)	ASTM
75	(3")
63	(2 1/2")
50	(2")
37,5	(1 1/2")
25	(1")
19	(3/4")
9,5	(3/8")
4,75	(N° 4)
2	(N° 10)
0,425	(N° 40)
0,075	(N° 200)

Nota 2: Cuando no se cuenta con tamices de aberturas nominales en mm, los tamaños nominales de los tamices pueden ser los correspondientes a ASTM.

3. Marcos

Metálicos y suficientemente rígidos y firmes para fijar y ajustar las telas de alambre, a fin de evitar pérdidas de material durante el tamizado y alteraciones en la abertura de las mallas. Serán circulares, con diámetros de 200 mm y preferentemente de 300 mm para suelos gruesos.

4. Depósito Receptor

Cada juego de tamices estará provisto de un depósito que ajuste perfectamente para la recepción del residuo más fino.

5. Tapa

Cada juego de tamices estará provisto de una tapa que ajuste perfectamente para evitar pérdidas de material y marcada con tres diámetros que formen ángulos de 60° entre sí.

6. Horno

Tendrá circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensayo.

7. Mortero

Con triturador de caucho para disgregar las partículas aglomeradas, sin reducir el tamaño de los granos individuales.

B. Herramientas y accesorios

Espátulas, brochas, recipientes para secado de muestras, recipientes para pesaje, etc.

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Homogeneice cuidadosamente el total de la muestra de terreno en estado húmedo; luego reduzca por cuarteo, para obtener, cuando esté seca, una cantidad de material ligeramente superior a la estipulada en Tabla S0302_2, de acuerdo al tamaño máximo absoluto. Luego suelte el fino adherido a la grava y arena, si es necesario con agua, y deshaga los terrones con los dedos. Seque la muestra obtenida hasta masa constante a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$; si detecta la presencia de trumacos o materia orgánica, seque la muestra en el horno a $60 \pm 5^\circ\text{C}$.

Tabla S0302_2. CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA PARA GRANULOMETRÍA SEGÚN TAMAÑO MÁXIMO ABSOLUTO DEL SUELO

Tamaño Máximo Absoluto (mm)	Cantidad mínima de Muestra a extraer en Terreno (Kg)	Cantidad mínima de Muestra para el ensayo (Kg)
5	2	0,5
10	8	2
20	20	5
25	40	10
50	60	15
80	80	20
100	120	30
150	100	40

PROCEDIMIENTO

- Pese toda la muestra con aproximación a 1 g y registre como A.
- Corte todo el material en el tamiz correspondiente al Tamaño Máximo Absoluto especificado; determine la masa de las fracciones sobre y bajo dicho tamaño con aproximación a 1 g y regístrelas como B y Z, respectivamente.

Nota 3: Para efectos de Clasificación de Suelos se debe considerar un corte simple del material en tamiz 75 mm (3") a la curva granulométrica obtenida con el presente método.

- Mida y registre el Tamaño Máximo Absoluto del material de la fracción B, determinada en el paso anterior.
- Corte todo el material registrado como Z en tamiz 4,75 mm (Nº4) y determine las masas, con precisión a 1 g, de la fracción que pasó y de la que quedó retenida en dicho tamiz. Regístrelas como C y D respectivamente (Ver Nota 4).

Nota 4: Se debe tomar la precaución de proteger el tamiz 4,75 mm (Nº4) con una malla (10 mm o 10").

- Coloque el material retenido en 5 mm (D) en un recipiente de lavado y agregue agua potable en cantidad suficiente para cubrir la muestra. Proceda a lavar el material siguiendo los pasos que se indican a continuación:
 - Agite la muestra con el agua de modo de separar el material fino, dejándolo en suspensión o en disolución.
 - Vacíe inmediatamente el agua con el material fino (en suspensión o en disolución) en los tamices Nº 4 (4,75 mm) y Nº 200 (0,075 mm), dispuestos en forma decrociente.
 - Agregue nuevas cargas de agua y repita la operación hasta que el agua agitada con la muestra permanezca limpia y clara.
 - Reúna el material retenido en los tamices con el material decantado en el recipiente de lavado.
 - Seque el material reunido hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
 - Pese y registre la masa lavada y seca como D'.
- Tamice el material registrado como D' a través de la serie de tamices 150 mm (6"), 100 mm (4"), 75 mm (3"), 50 mm (2"), 37,5 mm (1 1/2"), 25 mm (1"), 19 (3/4"), 9,5 mm (3/8") y 4,75 mm (Nº 4). Efectúe este tamizado en dos etapas; un tamizado inicial, que podrá ser manual o mecánico, y un tamizado final que deberá ser manual.
 - Tamizado inicial.
Vacíe el material registrado como D' sobre el tamiz superior de la serie de tamices y cúbralo con la tapa y fondo.
Agite el conjunto de tamices durante un lapso mínimo de 5 min. Aproximándose a la condición que se establece en ítem b) del punto 13.

- b) Tamizado Final.
- Retire el primer tamiz provisto de depósito y tapa.
 - Sosténgalo con las manos, manteniéndolo ligeramente inclinado.
 - Agítelo con movimientos horizontales y verticales en forma combinada, girando el tamiz en forma intermitente. Esta operación durará al menos 1 min.
 - Pese y registre el material retenido sobre el tamiz.
 - Traslade el material contenido en el depósito al tamiz siguiente.
 - Repita las operaciones descritas en los pasos anteriores hasta completar todos los tamices.
 - Pese y registre la masa final del residuo contenido en el depósito.
15. Del material bajo 5mm tome por cuarteo una muestra de 500 a 1.000 g, y registre su masa como C'. Lave cuidadosamente con agua potable el material sobre tamiz 0,075 mm (N° 200); vacíe a un bol el material retenido en tamiz 0,075 mm (N° 200) y seque hasta masa constante a $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
 16. Pese y registre el material lavado y seco como C'', aproximando a 0,1 g.
 17. Tamice el material preparado de acuerdo a 15, según procedimiento descrito en 14 a) y b), a través de la serie de tamices: 2 mm (N° 10), 0,425 mm (N° 40) y 0,075 mm (N° 200).
 18. Determine la masa final del material retenido en cada tamiz y del material que pasa por el tamiz 0,075 mm (N° 200), recogido en el depósito. Registre como M_i con aproximación a 0,1 g.
 19. La suma de todas las masas no debe diferir en más de 3% para el material bajo 5 mm, ni en más de 0,5% para el material sobre 5 mm, respecto de las masas registradas como C'' y D', respectivamente. En caso contrario, repita el ensayo.

CÁLCULOS

20. Calcule el porcentaje de sobre tamaño, de acuerdo a la expresión:

$$ST = \frac{B}{A} \cdot 100(\%)$$

Donde:

B: Masa de material sobre el Tamaño Máximo Absoluto especificado.

A: Masa de muestra total.

21. Calcule el porcentaje retenido en el tamiz i del material sobre 4,75 mm, de acuerdo a la expresión:

$$R_i = \frac{M_i}{C + D} \cdot 100(\%)$$

Donde:

M_i: Masa retenida en el tamiz i del material sobre 4,75 mm.

C: Masa de la fracción bajo 4,75 mm.

D: Masa de la fracción sobre 4,75 mm.

22. Calcule el porcentaje retenido en el tamiz i del material bajo 4,75 mm, de acuerdo a la expresión:

$$R_j = \frac{C + M_i}{C + (C + D)} \cdot 100(\%)$$

Donde:

C: Masa de la fracción bajo 4,75 mm.

M_i: Masa retenida en el tamiz i del material bajo 4,75 mm.

C': Masa de muestra reducida por cuarteo de la fracción bajo 4,75 mm.

D: Masa de la fracción sobre 4,75 mm.

23. Exprese la granulometría como porcentaje acumulado que pasa por cada tamiz, indicando como primer resultado el del menor tamiz en que pasa el 100% y expresando el resultado para los siguientes tamices como la diferencia entre el porcentaje que pasa en el tamiz inmediatamente anterior al de cálculo y el retenido en el tamiz de cálculo. Aproxime los porcentajes que pasan al entero más cercano.
24. Los resultados de la granulometría pueden expresarse en forma gráfica en un sistema de coordenadas ortogonales; en las abscisas, a escala logarítmica, se indican las aberturas de los tamices y en las ordenadas, a escala lineal, los valores de los porcentajes que pasan en cada tamiz, obtenidos de acuerdo a lo indicado en 23.
25. En la Figura S0302_1 se incluye un formato tipo de ficha de ensayo para el registro de los resultados obtenidos.

DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA

Proyecto _____ Trabajo No. _____
 Localización del proyecto _____ Perforación No. _____ Muestra No. _____
 Descripción del sustrato _____
 Realizado por _____ Fecha de la prueba _____

Clase	Arena		Limo	Arcilla
	Gruesa o media	Fina		

Tamaños de tamices estándar tipo U. S.

Descripción visual _____

 Clasificación del sustrato _____ Sistema _____

FIGURA 50302_2. FORMULARIO TIPO, DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA

S0307. DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO DE LOS SUELOS (ASTM D854 AASHTO T100)

OBJETO

Este método establece el procedimiento para determinar, mediante un picnómetro, la densidad de partículas sólidas de suelos compuestos por partículas menores que 5 mm. Cuando el suelo se compone de partículas mayores que 5 mm se debe aplicar el método de determinación de densidad neta de los gruesos, según Método para Determinar la Densidad Real, La Densidad Neta y La Absorción de Agua en áridos Gruesos (A0519). Cuando el suelo se compone tanto de partículas mayores como menores que 5 mm, separe en el tamiz de 4,75 mm (N° 4), determine y registre el porcentaje en masa seca de ambas fracciones y ensáyelas por separado con el método correspondiente. El resultado es el promedio ponderado de ambas fracciones.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. Picnómetro, frasco volumétrico con una capacidad igual o mayor que 100 ml o botella con tapón con una capacidad igual o mayor que 50ml; el tapón debe ser del mismo material que la botella, de forma y tamaño adecuados para insertarse fácilmente a una profundidad marcada en el cuello de la botella y tener una perforación central que permita la eliminación de aire y agua sobrante.
Nota 1: El uso del frasco o la botella en plástico puro, en general, debe usarse el frasco para suelos cuyo tamaño máximo de partículas requiera muestras mojas.
2. Balanza, con resolución de 0,01 g, si se emplea el frasco o con resolución de 0,001 g, si se emplea la botella.
3. Reductor de Presión, aspirador o bomba de vacío y sus accesorios.
4. Herramientas y Accesorios, recipientes para las muestras, brochas, poruña, embudo, termómetro, homo, secador, etc.
5. Materiales, Agua destilada o desmineralizada desaireada, kerosene, solución disolvente de grasas, etc.

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO

6. Limpie, seque, pese y registre la masa del picnómetro vacío (M_f).
Nota 2: Por ejemplo, la limpieza del picnómetro se puede efectuar con amoníaco o algún disolvente de grasas, seguidamente se enjuaga con agua destilada y se deja secar colocándolo boca abajo. Posteriormente se lava con alcohol, después se enjuaga con agua destilada y se deja secar eliminando así los vapores al dejar el picnómetro boca abajo durante 15 min.
7. Llene con agua destilada a temperatura ambiente hasta que la parte inferior del menisco coincida con la marca de calibración. Seque el interior del cuello del picnómetro y también el exterior. Pese y registre la masa del picnómetro más el agua (M_a).
8. Inserte un termómetro en el agua hasta el centro del picnómetro. Determine y registre la temperatura de calibración (t) aproximando a 1°C.
Nota 3: El kerosene es mejor agente humectador que el agua para la mayoría de los suelos y puede usarse en lugar del agua destilada en muestras secadas al horno.
9. De la masa del picnómetro más el agua a la temperatura de calibración ($M_{a,t}$) se debe preparar una tabla de valores de la masa del picnómetro más el agua (M_a) para la serie de temperaturas que probablemente prevalezcan durante el ensayo.

10. Calcule los valores de M_a a distintas temperaturas de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$M_{aT} = \frac{D_{wT}}{D_{wC}} (M_{aC} - M) + M$$

Donde:

M_{aT} : Masa del picnómetro más el agua a una temperatura x dada (g).

D_{wT} : Densidad del agua a una temperatura x dada (g/cm^3 o Kg/l)

D_{wC} : Densidad del agua a la temperatura de calibración (g/cm^3 o Kg/l) (ver Tabla S0307_1).

M_{aC} : Masa del picnómetro más el agua a la temperatura de calibración (g).

M : Masa del picnómetro vacío (g).

Nota 6. Este procedimiento es muy conveniente para laboratorios que hacen muchas determinaciones con el mismo picnómetro, también es aplicable a una sola determinación. Lavar el picnómetro y su contenido a una temperatura determinada, requiere un tiempo considerable, por lo que resulta mucho más conveniente trabajar con la tabla de valores M_a . Es importante que los valores del picnómetro más el agua, como M_a y M (definido en T1), se basen en agua a la misma temperatura.

TABLA S0307_1 DENSIDAD DEL AGUA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA

Temperatura (°C)	Densidad* (g/cm^3) (Kg/l)	K (adimensional)
16	0,99999	1,0000
18	0,99959	1,0004
20	0,99820	1,0009
23	0,99754	0,9993
26	0,99678	0,9996
29	0,99594	0,9977

* Estos mismos valores, tomados en su forma adimensional, corresponden a la densidad relativa del agua.

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- Las muestras de suelo se deben obtener de acuerdo con lo indicado en las especificaciones técnicas correspondientes, en el caso de controles de obra o lo indicado por el profesional responsable, en el caso de una prospección.
- La muestra de ensayo compuesta por partículas menores que 5 mm debe tener un tamaño mínimo, referido a su masa seca, de 25 g cuando se usa el frasco y de 10 g cuando se usa la botella con tapón.
- Acondicionamiento, la muestra de ensayo puede estar con su humedad natural o seca en horno.

Muestra de Ensayo con su Humedad Natural

- Determine y registre la masa seca (m_s) al final del ensayo, evaporando el agua en horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$. Las muestras de suelo arcilloso con su humedad natural deben dispensarse antes de colocarlas en el frasco.

Nota 5. El volumen mínimo que puede prepararse con el equipo disponible es tal que se necesite un frasco de 500 ml como picnómetro.

Muestra de Ensayo Seca en Horno

- Seque hasta masa constante en un horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$; enfríe en un secador, pese y registre la masa seca (m_s). A continuación sumerja la muestra en agua destilada por, a lo menos, 12 h.

Nota 6. El secado de ciertos suelos a 110°C puede extraer humedad de composición o hidratación. En tales casos el secado debe efectuarse con presión de aire reducida y a temperatura más baja (ver Método para Determinar el Contenido de Humedad). Cuando se desee cualquier porción de la muestra original de suelo al preparar la muestra, debe indicarse en el informe la porción sobre la cual se ha efectuado el ensayo.

PROCEDIMIENTO

- Coloque la muestra en el picnómetro, cuidando de evitar pérdidas del material cuando ya se ha determinado su masa seca. Agregue agua destilada cuidadosamente, evitando la formación de burbujas, hasta alcanzar aproximadamente 3/4 de la capacidad del frasco o la mitad de la capacidad de la botella.
- Remueva el aire atrapado por uno de los siguientes procedimientos:
- Somete el contenido a un vacío parcial (presión de aire igual o menor que 13,3 kPa (≈ 100 mm Hg)). Para evitar un burbujeo excesivo agítelo un vacío gradual que aumente lentamente hasta el máximo, el cual deberá mantenerse durante 15 min., por lo menos, para conseguir un desairado completo. El picnómetro debe agitarse suavemente para ayudar a la remoción del aire.

19. Caliente o hierva, por a lo menos 10 min., haciendo girar ocasionalmente el picnómetro para ayudar a la remoción del aire. Posteriormente someta el contenido a presión de aire reducido.
20. Si no cuenta con sistema de vacío, puede colocar el picnómetro en un baño maría de glicerina. Por lo general, 10 min. de hervor son suficientes para expulsar el aire contenido en el material (ocasionalmente el picnómetro debe girarse para ayudar a la remoción del aire); en este caso debe esperar a que el picnómetro alcance nuevamente la temperatura ambiente para proseguir la prueba.
21. Tape el picnómetro con la muestra y, cuando corresponda, deje enfriar a temperatura ambiente.
22. Agregue agua destilada hasta llenar el picnómetro. Limpie y seque el exterior con un paño limpio y seco. Determine y registre la masa del picnómetro con la muestra y el agua (Mm). Determine y registre la temperatura de ensayo del contenido (tx) aproximando a 1°C.

Nota 7: Es recomendable efectuar dos veces cada prueba a fin de obtener una comprobación.

CÁLCULOS

23. Calcule la densidad de partículas sólidas de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$P_s = \frac{ms}{(ms + Ma) - Mm} \times PW_{tx}$$

Donde:

- P_s : Densidad de partículas sólidas (g/cm³ ó Kg./l)
 ms : Masa seca de la muestra de ensayo (g)
 Ma : Masa del picnómetro más el agua a la temperatura de ensayo (g) (este valor debe tomarse de la tabla de valores M_a , preparada de acuerdo con 5.5.
 Mm : Masa del picnómetro más la muestra y el agua a la temperatura de ensayo (g).

Nota 8: La norma ASTM D 854 - 58 determina un valor adimensional y Peso Específico, debido a como el cociente entre la densidad del suelo y la densidad del agua a una temperatura determinada (de acuerdo con la definición, este valor es una densidad relativa). Cuando se desea determinar este valor, proceda como sigue:

24. Para obtener G_s respecto del agua a 20°C, se aplica la fórmula siguiente:

$$G_s \text{ (X/20°C)} = G_s \text{ tx / tx} \cdot K = \frac{P_s}{PW_{20°C}}$$

Donde:

$G_s \text{ tx/20°C}$ = valor de Peso Específico respecto del agua a 20°C.

$$G_s \text{ tx / tx} = \frac{ms}{(ms + Ma) - Mm}$$

$$K = \frac{PW_{tx}}{PW_{20°C}}, \text{ este valor se obtiene de la tabla S0307_1}$$

25. Para obtener G_s respecto del agua a 4°C, se aplica la fórmula siguiente:

$$G_s \text{ tx / 4°C} = G_s \text{ tx / tx} \cdot prw_{tx} = \frac{P_s}{PW_{4°C}} = \frac{P_s}{Kg/l}$$

Donde:

$G_s \text{ tx/4°C}$: Valor del Peso Específico respecto del agua a 4°C.

prw_{tx} : Densidad Relativa del agua a la temperatura del ensayo.

Corresponde a:

$$prw_{tx} = \frac{PW_{tx}}{PW_{4°C}} = \frac{P_s}{Kg/l}$$

S0308. MÉTODO PARA DETERMINAR EL EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D2419)

OBJETO

Este método establece un procedimiento rápido para determinar las proporciones relativas de finos plásticos o arcillosos en los áridos que pasan por tamiz de 4,75 mm (Nº 4).

DEFINICIONES

Equivalente de arena

Porcentaje de arena propiamente tal con respecto al total de arena y de impurezas coloidales floculadas, particularmente arcillosas, húmicas y eventualmente ferruginosas.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. Probeta graduada

De 30 ± 1 mm de diámetro interior y aproximadamente 400 mm de alto, graduado en milímetros hasta una altura de 380 mm (o graduada en milímetros hasta una capacidad de 270 ml) y provisto de un tapón hermético de caucho (ver Figura S0308_1, Figura 1).

2. Pisón

Compuesto por los siguientes elementos (ver Figura S0308_1, Figura 2).

- Una varilla de bronce de 6 mm de diámetro y 450 mm de largo, con hilo en ambos extremos.
- Un pie de bronce troncocónico, de 25 mm de diámetro basal y 20 mm de altura, con una perforación central con hilo para conectarlo a la varilla.
- Un par de guías que mantengan centrada la varilla en el eje de la probeta.
- Una sobrecarga cilíndrica de acero laminado en frío de 50 mm de diámetro y 53 mm de altura, con una perforación central con hilo para conectarla a la varilla. Esta sobrecarga debe ser rectificadas de modo que el conjunto de varilla, pie, guías y sobrecarga tenga una masa de $1 \text{ kg} \pm 5 \text{ g}$.

e) Sifón

Compuesto por los siguientes elementos (ver Figura S0308_1, Fig3):

- Una botella de aproximadamente 4 l, provista de un tapón de caucho con dos perforaciones, a través de las cuales se dispondrán dos tuberías de metal, vidrio, caucho o plástico.
- Una tubería de entrada de aire que penetre al interior de la botella sin tomar contacto con la solución y cuyo tramo exterior debe estar doblado en L.
- Una tubería de irrigación cuyo tramo interior penetre hasta 20 mm del fondo de la botella y cuyo tramo exterior sea una manguera de caucho o plástico de una longitud igual o mayor que 1,5 m provista de un sistema que regule el flujo de la solución (por ejemplo una pinza con tornillo).
- Un tubo irrigador conectado al extremo exterior de la tubería de irrigación, de acero inoxidable de aproximadamente 500 mm de largo, 4 ± 1 mm de diámetro interior y con su extremo libre cerrado en forma de cuña. Debe tener dos perforaciones de $0,5 \pm 0,1$ mm de diámetro, una en cada cara plana de la cuña.

3. Medida

Un recipiente de 85 ± 5 ml de capacidad.

4. Tamiz

De tela de alambre y abertura cuadrada, de 4,75 mm (Nº 4) de abertura nominal de acuerdo con el Método S0302 "Análisis granulométrico por tamizado".

5. Recipiente

Estanco y de capacidad igual o mayor que 4 l para preparar el reactivo y la solución de ensayo.

6. Agitador mecánico

Con un desplazamiento horizontal de 200 ± 2 mm y una velocidad de agitación de 175 ± 2 ciclos/min.

7. Herramientas y accesorios

Embudos, botellas para reactivos, regla de enrase, etc.

Reactivos**8. Solución base**

- a) Componentes. Emplee los siguientes materiales en las cantidades que se indican:

-240 g de cloruro de calcio anhidro, grado técnico.
-1.085 g de glicerina farmacéutica.
-25 g de formaldehído (solución 40% de volumen / volumen).

- b) Preparación. Disuelva el cloruro de calcio en 1 l de agua destilada y filtre. Agregue la glicerina y el formaldehído a la solución, mezcle bien y diluya a 2 l con agua destilada.

9. Solución de ensayo

Tome 22,5 ml de la solución base y diluya a 1 l con agua destilada.

CONDICIONES GENERALES**10. Lugar de ensayo**

Debe estar libre de golpes o vibraciones que puedan alterar el periodo de decantación. Cuando se empleen probetas de acrílico deben protegerse de la luz solar directa.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA**Muestreo**

Extraiga y prepare las muestras de acuerdo con los Métodos A0504 (o H0101) "Método para extraer y preparar muestras" y A0505 (o H0102) "Método para el cuarteo de muestras"

Tamaño de la muestra de ensayo

- a) La muestra original debe tener un tamaño igual o mayor que 2.000 g de material bajo 5 mm.
b) La muestra para cada ensayo debe ser igual a una medida llena enrasada (85 ± 5 ml).

Preparación de la Muestra de ensayo**11. Tamizado**

Pase la muestra original en estado húmedo por el tamiz de 4,75 mm (Nº 4); disgregue manualmente los terrones de material arcilloso. Si el material retenido tiene adheridas capas de material arcilloso, remuévalas secando el material retenido y frotándolo entre las manos sobre un recipiente. El polvo resultante debe incorporarse a la muestra y el material retenido debe desecharse.

12. Reducción

Reduzca por cuarteo hasta obtener material suficiente para llenar cuatro medidas.

13. Secado

Seque hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ$ C; deje enfriar a temperatura ambiente.

PROCEDIMIENTO

14. Coloque la botella del sifón con la solución de ensayo a aproximadamente 1 m sobre la superficie de trabajo.

15. Sifónee la solución de ensayo en la probeta hasta que alcance un nivel de 100 ± 5 mm.

16. Obtenga por cuarteo el material suficiente para llenar una medida.

17. Llene una medida; asiente el material golpeando el fondo de la medida contra la mesa de trabajo a lo menos 4 veces, enrase y vierta en la probeta.
18. Golpee firmemente el fondo de la probeta contra la palma de la mano hasta desalojar las burbujas de aire.
19. Deje la probeta en reposo por un periodo de 10 min.
20. Coloque el tapón y sulte la arena del fondo inclinando y sacudiendo el tubo.
21. Agite la probeta y su contenido mediante uno de los siguientes procedimientos:

- a) **Agitación manual.** Sujete la probeta en posición horizontal y agite vigorosamente en un movimiento lineal horizontal con un desplazamiento de 230 ± 25 mm. Agite 90 ciclos en aproximadamente 30 s.

Nota 1: Un ciclo corresponde a un movimiento completo de ida y vuelta. Se recomienda agitar sólo con los antebrazos, manteniendo relajado el cuerpo y los hombros.

Nota 2: Antes de solicitar a un operador para realizar el ensayo de equivalente de arena, debe ser capaz de obtener resultados consistentes sobre muestras representativas de cualquier material ensayado de acuerdo con el procedimiento normal. Los resultados se consideran consistentes si los valores individuales de tres ensayos realizados por el mismo operador sobre muestras gemelas no varían en más de 4 puntos respecto al promedio de esos ensayos. Si un operador no es capaz de obtener resultados consistentes, no debe autorizarse a efectuar este ensayo hasta que perfeccione su técnica y obtenga resultados que cumplan con los límites especificados.

- b) **Agitación mecánica.** Fije la probeta en el agitador mecánico y agite durante un periodo de 45 ± 1 s.
22. Coloque la probeta sobre la mesa de trabajo, destápela y lave sus paredes interiores mediante el irrigador.
23. Introduzca el irrigador hasta el fondo de la probeta con un movimiento lento de penetración y torsión para remover todo el material.
24. Retire el irrigador en forma similar, regulando el flujo de la solución de modo de ajustar el nivel final a 380 mm.
25. Deje sedimentar por un periodo de $20 \text{ min} \pm 15$ s.

26. Al final del periodo de sedimentación lea y registre el nivel superior de la arcilla (N_i) aproximando al milímetro.

Nota 3: Si después de 20 min no se ha formado una clara línea de sedimentación, deje reposar el tiempo necesario, registrándolo en el informe.

Cuando el tiempo total exceda de 30 min, repita 3 veces el ensayo con muestras del mismo material. Registrar el N_i . Que registre el periodo de sedimentación más breve.

27. Introduzca el pisón en la probeta y hágalo descender suavemente hasta que quede apoyado en la arena. Registre el nivel superior de la arena (N_a) aproximando al milímetro.

Nota 4: Cuando el nivel superior de la arcilla o de la arena quede entre graduaciones, registre la graduación superior como N_i o N_a , según correspondiera.

CÁLCULOS

28. Calcule el equivalente de arena de acuerdo con la fórmula siguiente, aproximando al 1%.

$$EA(\%) = (N_a / N_i) \cdot 100$$

Donde:

- EA : Equivalente de arena (%).
 N_a : Nivel superior de la arena (mm).
 N_i : Nivel superior de la arcilla (mm).

29. Calcule el equivalente de arena de cada muestra como el promedio aritmético de los resultados de dos ensayos paralelos, con aproximación al 1 % superior.

PRECISIÓN

30. Debe aceptarse la determinación del equivalente de arena solamente cuando la diferencia entre dos resultados obtenidos por el mismo operador, en ensayos paralelos sobre muestras gemelas, sea igual o inferior a 4 puntos.
31. Debe ensayar dos nuevas muestras gemelas cuando no se cumpla con lo especificado en 31

INFORME

El informe debe incluir lo siguiente:

- a) Nombre del contrato y contratista.
- b) Procedencia de la muestra.
- c) Procedimiento de agitación.
- d) Resultado del ensayo.
- e) Fecha del ensayo.
- f) Cualquier otra información específica relativa al ensayo o al árido.
- g) La referencia a este método.

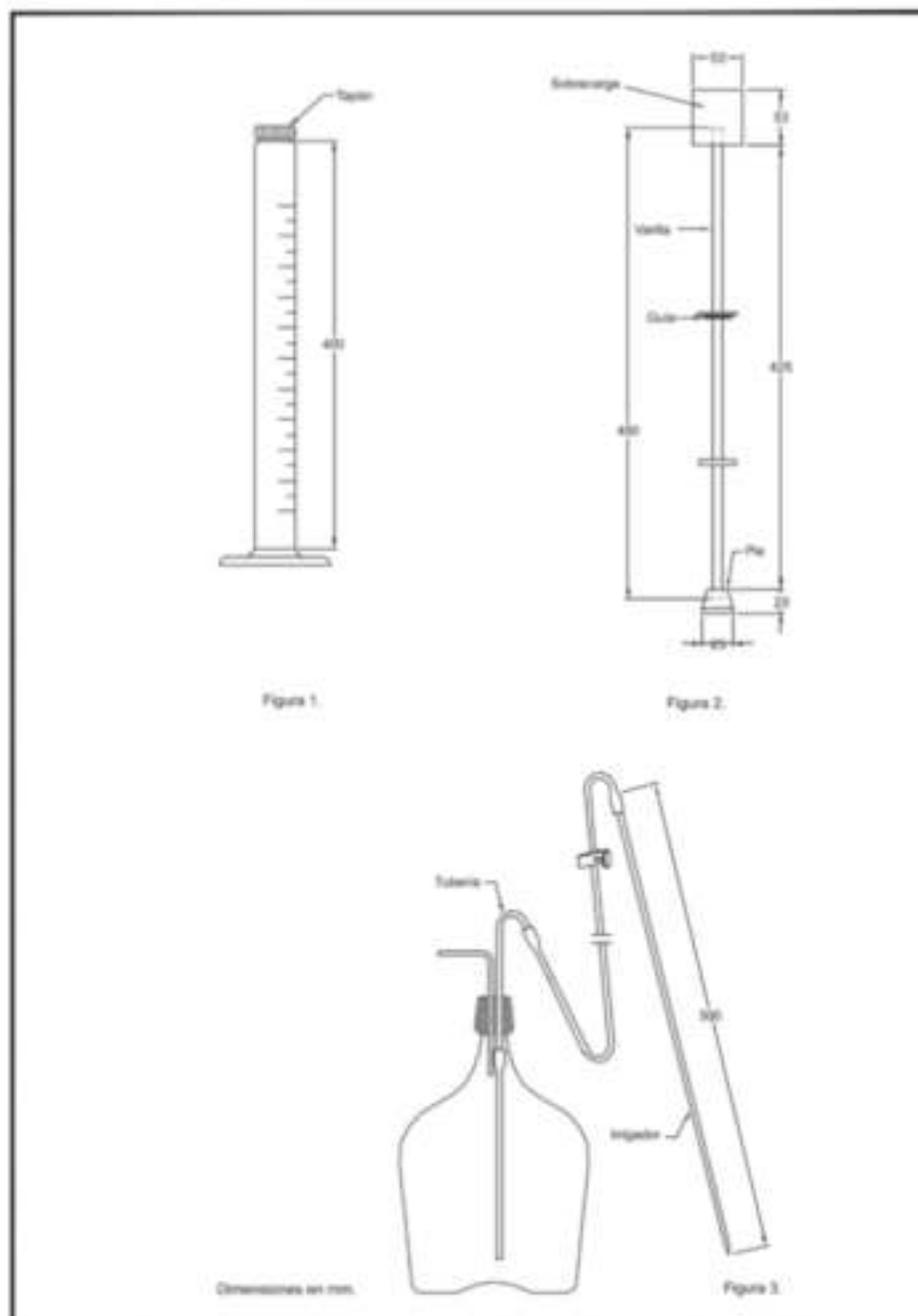


FIGURA S0308_3 FIG.1. PROBETA GRADUADA, FIG.2. PISTÓN, FIG.3. SIFÓN

A0102. MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD (ASTM D71-94 AASHTO T229-97)

OBJETO

Este método establece el procedimiento para determinar la densidad de los asfaltos, mediante el uso de picnómetro a la temperatura requerida.

EQUIPOS Y MATERIALES

- Picnómetro, de 24 a 30 ml de capacidad (ver Figura A0102_1)
- Balanza analítica
- Baño termostático capaz de mantener la temperatura requerida en un rango de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$
- Termómetro de -8 a 32°C , con una precisión de $0,1^{\circ}\text{C}$
- Agua destilada

CALIBRACIÓN DEL PICNÓMETRO

- Determine la masa del picnómetro limpio y seco con su tapa, y designela como A, aproximando a 0,01 g.
- Llene el picnómetro con agua destilada y ajuste firmemente la tapa girándola. Sumerja totalmente el picnómetro en un vaso con agua destilada. Coloque el vaso con el picnómetro en el baño de agua de forma que el agua del baño quede al mismo nivel que la del vaso. Manténgalos en el baño como mínimo 30 min. a la temperatura de ensayo. Retire el picnómetro y seque rápida y cuidadosamente toda humedad superficial, determine la masa y designela como B, aproximando a 0,01 g.

Nota 1: Se deben tomar las precauciones necesarias para que los equipos y agua estén a la temperatura de ensayo, y para evitar derrames del picnómetro.

Nota 2: La temperatura de ensayo debe ser igual a la temperatura de calibración del picnómetro.

PROCEDIMIENTO

Procedimiento para asfaltos líquidos de baja viscosidad

- Caliente el material asfáltico a la temperatura requerida y viértalo dentro del picnómetro hasta llenarlo, evitando la inclusión de burbujas de aire. Inserte la tapa firmemente en el picnómetro y limpie con un paño el exceso de material que se hubiere derramado por el orificio. Determine la masa del picnómetro y su contenido y designela como C, aproximando a 0,01 g.
- Calcule la densidad del asfalto como:

$$\rho_A = \frac{C - A}{B - A} \times \rho_w \times 1,000$$

Donde:

- ρ_w : Densidad del agua a la temperatura de ensayo (g/cm^3).
- ρ_A : Densidad del asfalto a la temperatura de ensayo (Kg/m^3).

- Si la viscosidad impide seguir el procedimiento descrito, aplique lo que se señala en Procedimientos para Cementos Asfálticos.

Procedimientos para cementos asfálticos

- Caliente una pequeña cantidad de material hasta una condición fluida, mediante la aplicación de calor en forma suave; debe prevenir la pérdida por evaporación. Una vez que la muestra esté suficientemente fluida viértala dentro del picnómetro, limpio y seco, hasta aproximadamente la mitad. Es conveniente calentar ligeramente el picnómetro antes de vaciar el material. Se deben tomar

precauciones para evitar que el material toque las paredes del picnómetro por encima de su nivel final, y evite la inclusión de burbujas de aire, aplicando ligeramente la llama de un mechero a la superficie del picnómetro y del asfalto. Enfíe el picnómetro y su contenido a temperatura ambiente y determine la masa con la tapa incluida. Designe esta masa como C, aproximando a 0,01 g.

7. Termine de llenar con agua destilada, inserte la tapa firmemente, sumérjalo completamente en un vaso lleno de agua destilada y colóquelo en el baño, de acuerdo a lo indicado en 2, a la temperatura de ensaye por unos 30 min. Retire el picnómetro del vaso y séquelo con un paño. Determine la masa y designela como D, aproximando a 0,01 g.
8. Determine la densidad del asfalto de acuerdo a la fórmula:

$$\rho_b = \frac{C - A}{(B - A) - (D - C)} \rho_w \times 1.000$$

Donde:

ρ_b : Densidad del asfalto a la temperatura de ensaye (g/cm^3).

ρ_w : Densidad del agua a la temperatura de ensaye (kg/m^3).

INFORME

El informe debe incluir:

- a) La densidad, aproximada a 1 (kg/m^3)
- b) La temperatura de ensaye.

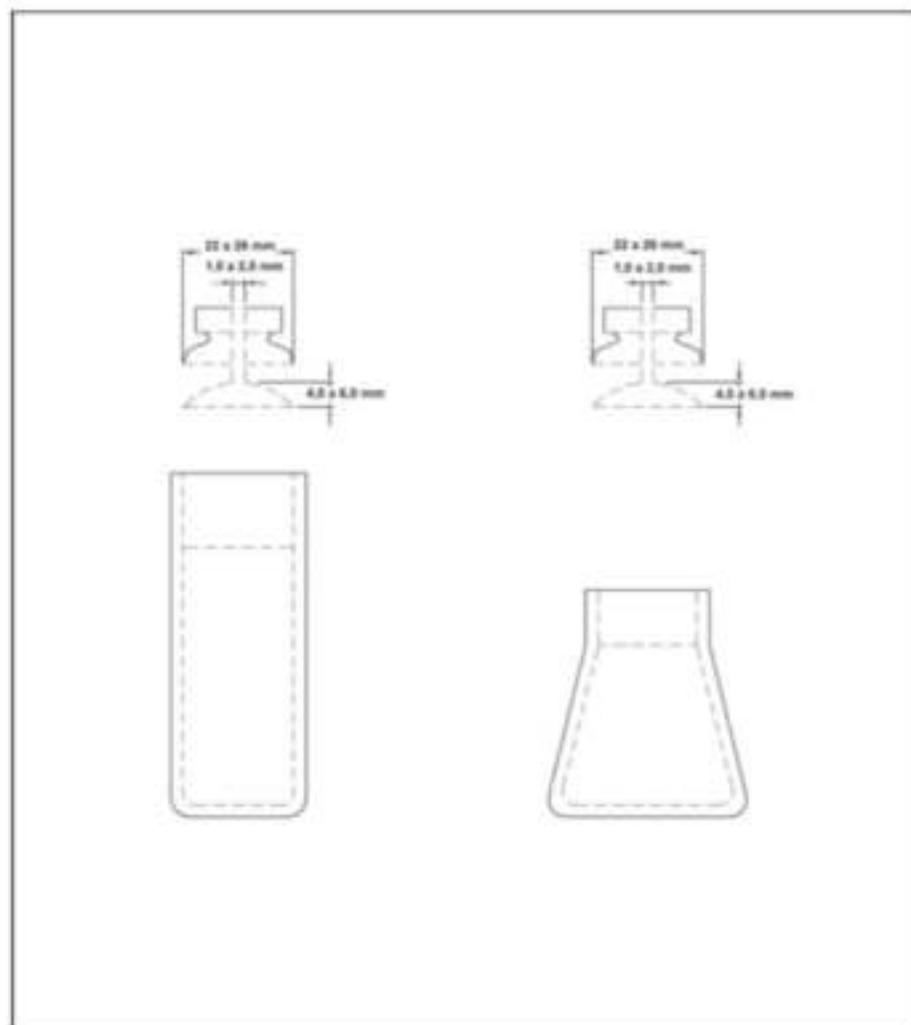


FIGURA A0102_1 PÍCNOMETROS

A0103. MÉTODO DE ENSAYE DE PENETRACIÓN (ASTM D 5 AASHTO T49-97)

OBJETO

Este método describe un procedimiento para determinar la dureza, mediante penetración, de materiales bituminosos sólidos y semisólidos.

El ensaye de penetración se usa como una medida de consistencia; valores altos de penetración indican consistencias más blandas.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. Penetrómetro

Cualquier equipo que permita el movimiento vertical sin fricción apreciable del vástago sostenedor de la aguja, y que sea capaz de indicar la profundidad de la penetración con una precisión de 0,1 mm. El peso del vástago será de $47,5 \pm 0,05$ g. El peso total de la aguja y el vástago será de $50,0 \pm 0,05$ g. Para cargas totales de 100 g y 200 g, dependiendo de las condiciones en que se aplique el ensaye, se estipulan pesas de $50,0 \pm 0,05$ g y $100,0 \pm 0,05$ g.

La superficie sobre la que se apoya la cápsula que contiene la muestra será lisa y el eje del émbolo deberá estar aproximadamente a 90° de esta superficie. El vástago deberá ser fácilmente desmontable para comprobar su peso.

2. Aguja de penetración

La aguja (ver Figura A0103.1) es de acero inoxidable templado y duro, grado 440-C o equivalente, HRC 54 a 60; debe tener aproximadamente 50 mm de largo y su diámetro entre 1,00 y 1,02 mm.

Será simétricamente afilada en forma cónica, con un ángulo entre $8,7$ y $9,7^\circ$ con respecto al largo total del cono, el que debe ser coaxial con el cuerpo recto de la aguja. La variación total axial de la intersección del cono y la superficie recta no debe exceder de 0,2 mm. La punta truncada del cono debe tener un diámetro entre 0,14 y 0,16 mm y en ángulo recto al eje de la aguja con una tolerancia de 2° .

El filo de la superficie de la punta truncada debe ser bien formado y libre de rugosidad. Cuando la textura de la superficie se mide de acuerdo con la American National Standard B 46.1 o ISO468, la aspereza superficial (R_a) del cono aguzado debe estar entre 0,2 y 0,3 μ m como promedio aritmético.

La aspereza superficial (R_a) del eje de la aguja debe estar entre 0,025 y 0,125 micrones.

La aguja debe montarse en un casquete de metal no corrosivo, que tenga un diámetro de $3,2 \pm 0,05$ mm y una longitud de 38 ± 1 mm. La longitud expuesta de la aguja estándar debe estar comprendida entre 40 y 45 mm.

La aguja debe estar rigidamente montada en el casquete. La cámara (lectura del indicador de penetración total) de la punta de la aguja y cualquier porción de la aguja relativa al eje del casquete, no deberá exceder de 1 mm.

La masa del conjunto casquete - aguja será de $2,50 \pm 0,05$ g (se puede perforar con taladro o limar el casquete, para controlar el peso). Coloque marcas de identificación individual en el casquete de cada aguja; las mismas marcas no deberían repetirse por un mismo fabricante dentro de un periodo de tres años.

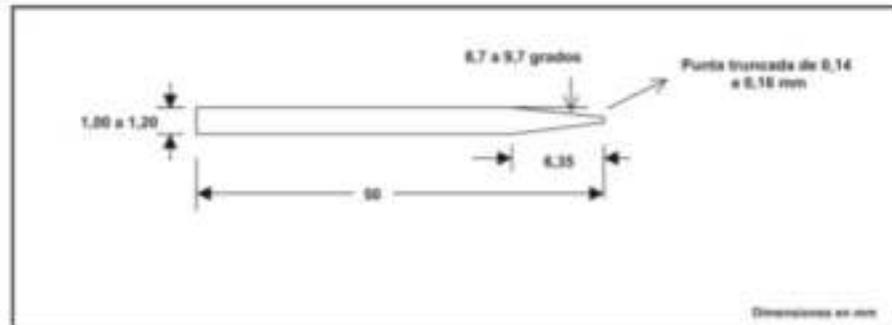


FIGURA A0103_1 AGUIJA PARA ENSAYO DE PENETRACIÓN

3. Cápsulas

Las cápsulas deben ser de metal o vidrio, de forma cilíndrica y con fondo plano. Sus dimensiones son las siguientes:

- Para penetraciones bajo 200. Diámetro (mm) 55 Profundidad (mm) 35
- Para penetraciones entre 200 y 350. Diámetro (mm) 55 Profundidad (mm) 70

4. Baño de agua

Tendrá una capacidad mínima de 10 l y un sistema apto para mantenerla a temperatura a 25° C, o cualquiera de ensayo, con una tolerancia de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$; tendrá, además, una bandeja perforada ubicada a no menos de 50 mm del fondo, ni menos de 100 mm bajo el nivel del líquido en el baño.

Si el ensayo de penetración se realiza en el mismo baño, éste debe estar provisto de una bandeja que soporte el peso del penetrómetro. Para determinaciones a bajas temperaturas se puede utilizar una solución salina (Nota 1).

Nota 1: Se recomienda usar agua destilada en el baño. Se debe evitar la contaminación del baño de agua por agentes superficiales activos, agentes reducidos u otros agentes químicos, para no provocar posible alterar los valores de penetración.

5. Transportador de cápsula

Debe tener una capacidad mínima de 350 ml y una profundidad suficiente de agua que permita cubrir la altura del contenedor de la muestra. Debe estar provisto de algún medio que asegure firmemente la cápsula y evite el balanceo; para lo que tendrá tres brazos que permitan a lo menos tres puntos de contacto para sostener la cápsula.

6. Aparato medidor de tiempo

Para operar un penetrómetro manual, utilice cualquier aparato que mida el tiempo, tal como un medidor de tiempo eléctrico, un cronómetro o cualquier dispositivo a cuerda, que esté graduado en 0,1 s o menos y cuya precisión esté dentro de $\pm 0,1$ s para un intervalo de 60 s.

También se puede utilizar un contador de segundos audible, ajustado para proporcionar un pulso cada 0,5 s. El tiempo para un intervalo de cuenta de 11 pulsos debe ser de $5 \pm 0,1$ s.

Cualquier dispositivo automático que se vaya a conectar al penetrómetro debe ser cuidadosamente calibrado para proporcionar el intervalo de ensayo deseado dentro de $\pm 0,1$ s.

7. Termómetros

Se pueden usar termómetros de vidrio de rango adecuado, con subdivisiones y escala máxima de error de $0,1^{\circ}\text{C}$, o cualquier otro aparato que mida temperaturas con igual exactitud, precisión y sensibilidad. Los termómetros deben cumplir los requisitos de la Especificación ASTM E1. Los termómetros comúnmente utilizados son los que se indican en la Tabla A0103_1:

TABLA A0103_1 TIPOS DE TERMOMETROS

ASTM n°	Rango	Temperatura de ensayo
17 C	19 a 27 °C	25 °C
63 C	- 8 a 32 °C	0 a 4 °C
64 C	25 a 65 °C	46 °C

El termómetro para el baño de agua se debe calibrar periódicamente de acuerdo con el método de ensayo ASTM E 77.

CONDICIONES GENERALES

Cuando no se especifiquen las condiciones de ensayo, considere la temperatura, carga y tiempo, en 25°C, 100 g y 5 s, respectivamente. Otras condiciones de temperatura, carga y tiempo pueden usarse para ensayos especiales, tales como los que se muestran en la Tabla A0103_2.

TABLA A0103_2 CONDICIONES PARA ENSAYOS ESPECIALES

Temperatura (°C)	Carga (g)	Tiempo (s)
0	200	60
4	200	60
45	50	5
46,1	50	5

En los casos especiales deben informarse las condiciones especificadas de ensayo.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- Caliente la muestra cuidadosamente, agitando para prevenir sobrecalentamientos locales, hasta que esté lo suficientemente fluida para vaciar. En ningún caso la temperatura debe elevarse más allá de 60°C sobre el punto de ablandamiento esperado para los alquitranes, de acuerdo con el método de ensayo ASTM D 36, o no más allá de 90°C sobre el punto de ablandamiento para el caso de los asfaltos. No caliente la muestra por más de 30 min. y evite la incorporación de burbujas en la muestra.
- Vierta la muestra en la cápsula a una profundidad tal que cuando se enfríe a la temperatura de ensayo, la profundidad de la muestra sea a lo menos 10 mm mayor que la profundidad a la cual se espera que la aguja penetre. Vierta dos porciones separadas para cada variación de las condiciones de ensayo.
- Protija la cápsula contra el polvo, cubriéndola con un vaso y déjela enfriar al aire a una temperatura entre 15 y 30°C, entre 1 y 1,5 h para una cápsula pequeña (90 ml) y 1,5 y 2 h, para el más gran (175 ml). Cuando utilice el transportador de cápsula, coloque las muestras junto con éste en el baño de agua, manteniéndolas a la
- temperatura de ensayo. Las muestras en cápsulas pequeñas deben permanecer entre 1 y 1,5 h y en las más grandes, entre 1,5 y 2 h.

PROCEDIMIENTO

- Examine la aguja y guía para comprobar que esté perfectamente seca y libre de otros materiales extraños. Si la penetración esperada excede 350 use una aguja larga; en otros casos, utilice una aguja corta. Limpie la aguja de penetración con tolueno u otro solvente adecuado, seque con un paño limpio e inserte la aguja en el penetrómetro. A menos que se especifique otra cosa, coloque el peso de 50 g sobre la aguja, obteniendo una masa total de $100 \pm 0,1$ g.
- Si el ensayo se hace con el penetrómetro en el baño, coloque la cápsula con muestra directamente sumergida sobre la superficie de éste (Nota 2), y deje la cápsula con la muestra en el baño, completamente cubierta con agua. Si el ensayo se realiza con el penetrómetro fuera del baño, coloque la muestra en el transportador de cápsula, cúbrala completamente con agua a la temperatura del baño (constante) y ubique el transportador sobre la superficie del penetrómetro.
- Posicione la aguja descendiendo lentamente hasta que la punta haga contacto con la superficie de la muestra; realice esto con la punta de la aguja haciendo contacto real con su imagen reflejada sobre la superficie de la muestra, para lo cual emplee una fuente luminosa (Nota 3).

Nota 2: Para ensayos estándar en, las penetraciones a temperaturas diferentes de 25°C deben realizarse sin remover la muestra del baño.

Nota 3: La posición de la aguja se puede visualizar mejor con la ayuda de un tubo de iluminación de palmaril rediseñado.

15. Haga un mínimo de tres penetraciones en la superficie de la muestra en puntos distanciados al menos 10 mm de la pared de la cápsula y a no menos de 10 mm entre uno y otro. Si se usa el transportador de cápsula, retome la muestra y el transportador al baño de agua entre determinaciones; use una aguja limpia para cada determinación.

Si la penetración es mayor que 200, use un mínimo de tres agujas, dejándolas en la muestra hasta completar las tres penetraciones.

PRECISIÓN

Use el siguiente criterio para juzgar si los resultados de penetración son aceptables para asfaltos a 25°C. (El criterio de precisión para otras temperaturas está siendo determinado).

16. Precisión para un solo operador

El coeficiente de variación determinado para un solo operador, es de 1,4% para penetraciones sobre 60 y la desviación estándar para un solo operador, desde 0,35 para penetraciones bajo 50. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos adecuadamente ejecutados por el mismo operador, con el mismo material de cualquier penetración y usando el mismo equipo, no deberían diferir uno del otro en más de 4% de su media o 1 unidad en otros casos.

17. Precisión entre laboratorios

El coeficiente de variación encontrado entre laboratorios es de 3,8% para penetraciones sobre 60 y la desviación estándar entre laboratorios es de 1,4 para penetraciones bajo 50. Por lo tanto, los resultados de dos ensayos adecuadamente ejecutados, con el mismo material de cualquier penetración y en dos laboratorios diferentes, no deberían diferir uno del otro en más de 11% de su media o 4 unidades en otros casos.

Nota 4. Los valores antes indicados representan los límites de ambas desviaciones estándar.

En la Tabla A0103_3 se entregan los criterios de precisión para los distintos casos.

TABLA A0103_3 CRITERIOS DE PRECISION

Material	Desviación estándar o Coeficiente de Variación, (Unidades o %)	Rango de aceptación de dos resultados de Ensayo (Unidades o %)
Precisión para un solo operador:		
Asfaltos a 25°C, penetraciones bajo 50, (unidades)	0,35	1
Asfaltos a 25° C, penetraciones sobre 60, (% de su media)	1,4	4
Alquitranes a 25° C (*), (% de su media)	5,2	15
Precisión entre laboratorios:		
Asfaltos a 25° C, penetraciones bajo 50, (unidades)	1,4	4
Asfaltos a 25°C, penetraciones sobre 60, (% de su media)	3,8	11
Alquitranes a 25° C (*), (unidades)	1,4	4

(*) La estimación de la precisión para los alquitranes está basada en los resultados de dos destilados de hulla con penetraciones de 7 y 24. La estimación puede no ser aplicable a materiales de dureza diferente.

INFORME

Informe el promedio de tres determinaciones, aproximando a la unidad. Los valores no deben diferir más allá de las magnitudes que se indican en la Tabla A0103_4 para cada grado de penetración.

TABLA A0103_4 MÁXIMA ENTRE MEDICIONES

PENETRACION	0 a 49	50 a 149	150 a 249	250 a 500
Máxima diferencia entre la mayor y la menor determinación	2	4	12	20

A0105. MÉTODO PARA DETERMINAR LA DUCTILIDAD (ASTM D 113 AASHTO T51-00)

OBJETO

La ductilidad de un material bituminoso es la longitud, medida en cm., a la cual se alarga (elonga) antes de romperse cuando dos extremos de una briqueta, confeccionada con una muestra y de la forma descrita en 1 se traccionan a la velocidad y temperatura especificadas. A menos que otra condición se especifique, el ensayo se efectúa a una temperatura de $25 \pm 0,5$ °C y a una velocidad de $5 \text{ cm/min} \pm 5\%$. Para otras temperaturas deberá especificarse la velocidad.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. Moldes

El molde, de bronce o zinc, debe ser similar en diseño al mostrado en la Figura A0105.1; los extremos b y b' se denominan clips y las partes a y a', lados del molde. Cuando se arme el molde se obtendrá la briqueta especificada, con las dimensiones que se indican:

- A: Distancia entre los centros: 111,5 a 113,5 mm
- B: Largo total de la briqueta: 74,5 a 75,5 mm.
- C: Distancia entre clips: 29,7 a 30,3 mm.
- D: Borde del clip: 6,8 a 7,2 mm.
- E: Radio del clip: 15,75 a 16,25 mm.
- F: Ancho mínimo de la sección transversal: 9,9 a 10,1 mm.
- G: Ancho de la boca del clip: 19,8 a 20,2 mm.
- H: Distancia entre los centros de radio: 42,9 a 43,1 mm.
- I: Diámetro del orificio del clip: 6,5 a 6,7 mm.
- J: Espesor: 9,9 a 10,1 mm

2. Baño de agua

Mantenga el baño a la temperatura de ensayo especificada, con una tolerancia de $\pm 0,1$ °C. El volumen mínimo de agua es de 10 l. Sumerja la muestra a una profundidad no menor que 10 cm. y apóyela sobre una bandeja perforada, ubicada a no menos que 5 cm. del fondo del baño.

3. Ductílimetro

Para traccionar las briquetas de material bituminoso se puede usar cualquier aparato construido de modo que la muestra se mantenga continuamente sumergida en agua, como se especifica en 7, al mismo tiempo que los clips se traccionan a una velocidad uniforme y sin vibraciones excesivas. Este aparato debe ser termó regulable para mantener la temperatura especificada en forma homogénea en toda la masa de agua, dentro de la tolerancia indicada en 8.

4. Termómetros

El termómetro por utilizar será ASTM 63 C con un rango de temperatura entre -8 y 32 °C; debe cumplir los requerimientos descritos en la norma ASTM E1.

PROCEDIMIENTO

5. Preparación del molde

Arme el molde sobre una placa base; cubra cuidadosamente la superficie de la placa y las superficies interiores de los lados a y a' del molde (Figura A0105.1) con una película delgada de desmoldante para prevenir que el material por ensayar se adhiera. La placa sobre la cual se coloca el molde debe estar perfectamente plana y a nivel, de modo que la superficie inferior del molde esté completamente en contacto.

6. Moldeo de las muestras para el ensayo

Caliente la muestra con cuidado, previniendo calentamientos locales, hasta que esté suficientemente fluida para verter. Sin embargo, durante el calentamiento, la temperatura no debe exceder de 80 a 110 °C por encima del punto de ablandamiento esperado. Tamice la muestra fundida a través del tamiz $0,3 \text{ mm}$ (N° 50). Luego continúe revolviendo y vierta el material dentro del molde. Durante el llenado cuide no tocar ni desarmar el molde, de modo

que no se distorsione la briqueta; vierta con un chorro delgado hacia atrás y hacia adelante, de extremo a extremo, hasta que el molde quede por sobre el nivel de llenado. Deje enfriar a temperatura ambiente por un periodo de 30 a 40 min y luego coloque en el baño de agua mantenido a la temperatura de ensayo especificada por 30 min. Luego recorte el exceso de ligante asfáltico con una espátula o cuchillo caliente, resistente y afilado, de modo que el molde se ajuste al nivel de llenado.

Nota 1: Como alternativa se puede usar acetato, alifático o otros.

7. Conservación de las muestras a la temperatura de ensayo

Coloque la placa y el molde con la briqueta en el baño de agua y manténgala por un periodo de 85 a 95 min. a la temperatura especificada; luego quite la briqueta de la placa, separe las partes a y a' e inmediatamente ensaye la briqueta.

8. Ensayo

Enganche los anillos de cada extremo de los clips a las clavijas del ductilímetro y sepárelos a la velocidad uniforme especificada hasta la ruptura de la briqueta; se permite una tolerancia de ± 5 % para la velocidad especificada. Mida la distancia en cm. entre los clips traccionados en el momento de producirse la ruptura. Durante el desarrollo del ensayo, el agua en el estanque del ductilímetro cubrirá la briqueta a lo menos 2,5 cm. y ésta se mantendrá continuamente a la temperatura especificada con una tolerancia de $\pm 0,5$ °C.

INFORME

9. Un ensayo normal es aquél en el cual el material entre los dos clips se ha estirado hasta el punto de convertirse en un hilo y la ruptura ocurre en el punto donde el hilo no tiene prácticamente sección transversal. Se informará el promedio de tres ensayos normales como la ductilidad de la muestra, indicando la temperatura de ensayo.
10. Si el material bituminoso llega a tener contacto con la superficie del agua o el fondo del baño, el ensayo no será considerado normal. Se ajustará la densidad del agua del baño agregando alcohol metílico o cloruro de sodio de modo que el material bituminoso no llegue a la superficie del agua ni toque el fondo del baño durante el ensayo.
11. Si no se obtiene un ensayo normal en tres ensayos sucesivos en iguales condiciones, infórmela ductilidad como "no obtenible" bajo esas condiciones de ensayo.

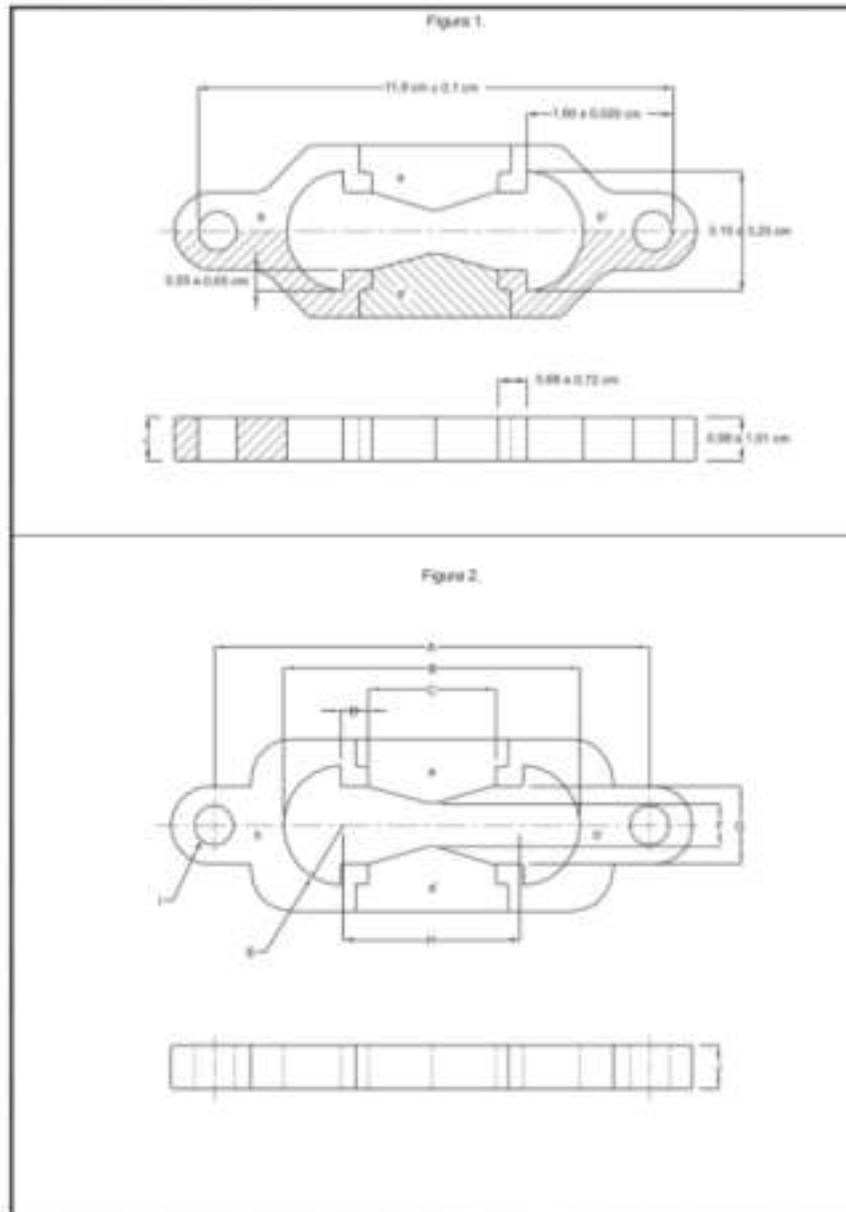


FIGURA A0105_1 FIGURA 1. MOLDE PARA DUCTILIDAD DE MUESTRA DE ENSAYE, FIGURA 2. MOLDE PARA ENSAYE DE DUCTILIDAD

A0106. MÉTODO PARA DETERMINAR LOS PUNTOS DE INFLAMACIÓN Y COMBUSTIÓN MEDIANTE LA COPA ABIERTA DE CLEVELAND (ASTM D1310-01 AASHTO T79-96)

OBJETIVO

El método define la determinación de los Puntos de Inflamación y Combustión por medio de la copa abierta de Cleveland, para productos del petróleo y otros líquidos. Excepto aceites combustibles y materiales que tienen un punto de inflamación por debajo de 79°C determinado por medio de este método de ensayo.

Nota 1: Emplee el método del Punto de Inflamación mediante la Copa Abierta Tag (Método A0401) si el Punto de Inflamación está por debajo de 79°C.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. Copa Abierta de Cleveland

Consiste en una copa de ensayo, una placa de calentamiento, un aplicador de la llama, un calentador y apoyos como se describe en detalle en el Anexo. Una forma de armar el aparato, la placa de calentamiento y la copa, es como se ilustra en las Figuras A0106_1 y A0106_2, respectivamente.

2. Protector

Se recomienda un protector cuadrado de 460 mm y 610 mm de alto que tenga un frente abierto.

3. Termómetro

Un termómetro que tenga un rango de -6 a 400°C y cumpla con los requisitos del 11c ó 28c de ASTM E1.

Nota 2: Hay equipos para Punto de Inflamación automáticos, que son ventajosos por la economía en el tiempo de ensayo, porque permiten el uso de muestras pequeñas y tienen otros factores que los hacen recomendables. Al usarlos se debe asegurar que todas las instrucciones del fabricante para calibración, ajustes y operaciones del instrumento se respeten. En caso de duda el Punto de Inflamación debe determinarse manualmente y se considerará como ensayo paralelo.

PREPARACIÓN DEL APARATO

4. Arme el aparato sobre una mesa nivelada en una pieza sin corrientes de aire; ubique el protector alrededor del aparato de encendido, afirmado por algún medio adecuado que permita la lectura del Punto de Inflamación. Ensayos en campanas de laboratorio (Nota 3) o en lugares donde no existan corrientes de aire son confiables.

Nota 3: Con algunas muestras, cuyos vapores o productos de la pirólisis son obstruibles, es permisible colocar el aparato con un protector en una campana apartando el flujo de aire de modo que los vapores se puedan sacar sin causar corrientes de aire sobre la copa de ensayo durante los últimos 10°C previo al Punto de Inflamación.

5. Lave la copa de ensayo con un solvente apropiado y quite cualquier aceite o vestigios pegados o residuos remanentes de ensayos anteriores. Si hay depósitos de carbón remuévalos con una esponja de acero. Limpie la copa bajo un chorro de agua fría y seque por unos pocos minutos sobre una llama, placa caliente o en un horno y elimine los últimos indicios de solvente y agua. Enfíe la copa por lo menos a 55°C por debajo del Punto de Inflamación esperado antes de usarla.

6. Mantenga el termómetro en posición vertical con el bulbo a una distancia de 6,5 mm del fondo de la copa (con la tolerancia mostrada en la Figura A0106_1) y localizada en el punto medio del trecho entre el centro y el borde de la copa, en un diámetro perpendicular al arco o línea del recorrido de la llama de prueba y en el lado opuesto de la llama del quemador.

PROCEDIMIENTO

7. Llene la copa a una temperatura conveniente (Nota 4), no excediendo 100°C por encima de lo esperado para el Punto de Ablandamiento; de esa manera la parte superior del menisco está en la línea de llenado. Para ayudar en esta operación use un medidor del nivel de llenado (Anexo A7). Si un exceso de muestra se ha agregado a la copa, quítelo usando una pipeta u otro aparato adecuado. Sin embargo, si hay muestra que esté fuera del aparato, vacíe, limpie y vuelva a llenar. Destruya cualquier burbuja de aire sobre la superficie de la muestra (Nota 5).

Nota 4: Las muestras viscosas deben calentarse hasta que estén razonablemente fluidas antes de ser vertidas dentro de la copa. Para el momento en que la temperatura durante el calentamiento no debe exceder de 110°C por encima del Punto de Ablandamiento esperado. Cuidados especiales se deben tener con los aceites líquidos, los que deben calentarse solamente a una temperatura mucho menor a la que pueden ser vertidos.

Nota 5: La copa puede llenarse fuera del aparato, incorporando el termómetro y una vez colocada la copa con la muestra en el aparato, se corrige el nivel antes de empezar el ensayo. Si usa una regla de 6.3 mm de espesor para obtener la distancia correcta desde el extremo exterior del tubo al fondo de la copa.

8. La luz de la flama de prueba se ajusta a un diámetro de 3,0 a 5,0 mm y se compara con el tamaño del cabezal.
9. Aplique calor inicialmente de modo que la temperatura de la muestra suba a una velocidad entre 14 y 17°C por minuto. Cuando la temperatura de la muestra se aproxime a los 55°C por debajo del Punto de Inflamación esperado, disminuya el calor de modo que la velocidad de la temperatura para 28°C antes del Punto de Inflamación, sea de 5 a 6°C por min.
10. Comenzando, al menos 28°C por debajo del Punto de Inflamación, aplique la flama de prueba cada 2°C sucesivos leídos en el termómetro. Pase la flama de prueba a través del centro de la copa, en ángulo recto al diámetro que pasa a través del termómetro; con suavidad continúe el movimiento aplicando la flama en línea recta a lo largo de la circunferencia de un círculo que tenga un radio al menos de 150 mm. El centro de la flama de prueba debe moverse en un plano que diste menos de 2 mm por encima del plano del borde superior de la copa, pasando en una dirección primero y en el próximo intervalo en la dirección opuesta. El tiempo consumido en pasar la flama a través de la copa será cercano a 1 s. Durante los últimos 17°C, suba la temperatura previo al Punto de Inflamación. Evite alteraciones del vapor en la copa de ensayo poniendo atención en movimientos descuidados o en otros suaves cercanos a la copa.
11. Informe el Punto de Inflamación como la temperatura leída en el termómetro, cuando aparece el destello en cualquier punto de la superficie del material, pero no confunda el verdadero destello con el halo azulado que algunas veces circunda la flama de prueba.
12. Para determinar el Punto de Combustión continúe calentando de modo que la temperatura de la muestra se eleve a una razón de 5 a 6°C por min. Continúe aplicando la flama a intervalos de 2°C hasta que el material se inflame y continúe quemándose como mínimo 5 s. Informe la temperatura de este punto como el Punto de Combustión del material.

CORRECCIÓN POR PRESIÓN BAROMÉTRICA

13. Si la presión barométrica real durante el tiempo de ensayo es menor que 715 mm de mercurio, informe y sume la corrección apropiada al Punto de Inflamación y Punto de Combustión de acuerdo a la tabla siguiente:

TABLA A0104_1 VALORES DE CORRECCIÓN DEL PUNTO DE INFLAMACIÓN Y PUNTO DE COMBUSTIÓN

Presión Barométrica (mm de mercurio)	Corrección (°C)
715 - 665	2
664 - 610	4
609 - 550	6

CÁLCULOS

14. Corrija el Punto de Inflamación o el Punto de Combustión o ambos, observados, de acuerdo con 13.
15. Informe la corrección del Punto de Inflamación o Punto de Combustión o ambos, como el Punto de Inflamación o Combustión de la Copa Abierta de Cleveland.

PRECISIÓN

Use los siguientes datos para juzgar la aceptabilidad de resultados (95% confianza).

Repetibilidad

Resultados duplicados por el mismo operador serán considerados sospechosos si difieren en más de las siguientes cantidades:

	Repetibilidad
Punto Inflamación	8°C
Punto Combustión	8°C

Reproducibilidad

Los resultados presentados por cada laboratorio, serán considerados sospechosos si difieren en más de las siguientes cantidades:

	Reproducibilidad
Punto Inflamación	16°C
Punto Combustión	14°C

ANEXO

Equipos

El ensayador abierto de Cleveland consiste en una copa de ensaye, una placa de calentamiento, un aplicador a la llama de prueba, un calentador, un termómetro con soporte y un soporte de la placa de calentamiento, todo conforme con los siguientes requerimientos:

A1. Copa de ensaye de bronce conforme a las dimensiones indicadas en la Figura A0106_2 Figura 2. La copa puede estar equipada con un mango.

A2. Placa de calentamiento de bronce, hierro fundido, hierro forjado o una placa de acero con un hueco central circundando por un área de depresión plana y una plancha de cartón de asbesto dura, que cubra la placa de metal excepto el área sobre el plano de depresión en la cual la copa de ensaye se apoya. Las dimensiones esenciales de la placa de calentamiento se indican en la Figura A0106_2 Figura 1. Sin embargo, ésta puede ser cuadrada en vez de circular y el metal de la placa puede tener extensiones adecuadas para apoyar el aparato de la llama de prueba y el apoyo del termómetro.

El cabezal metálico que se menciona en el párrafo A3 debe apoyarse sobre la placa de modo que se extienda ligeramente y por encima de un orificio pequeño y apropiado en el cartón de asbesto.

Nota 6: La plancha dura de cartón de asbesto que cubre la placa caliente puede retirarse del borde de ésta para reducir corrientes de aire alrededor de la copa.

A3. Aplicador de la llama de prueba. El aparato para aplicar la llama de prueba puede ser de cualquier diseño adecuado, pero la punta debe tener un diámetro aproximado de 1,6 mm al final y el diámetro del orificio debe ser de aproximadamente de 0,8 mm. El aparato para aplicar la llama estará apoyado para permitir que se duplique el recorrido de la llama de prueba, siendo el radio de oscilación no menor que 150 mm y el centro del orificio moviéndose en un plano ubicado a una altura no mayor de 2 mm por encima del borde de la copa. Un cabezal con un diámetro de 1,3 a 5,0 mm puede colocarse en una posición conveniente sobre el aparato, de manera que el tamaño de la llama pueda ser comparado con éste.

A4. Calentador. El calentador puede ser sustituido por cualquier fuente conveniente. El uso de un quemador a gas o una lámpara a alcohol está permitido, pero bajo ninguna circunstancia debe usarse llama para productos altamente combustibles. Es preferible que el calentador lo controle un transformador de voltaje variable. La fuente de calor será centrada bajo la abertura de la placa caliente evitando calentamientos locales.

El calentador de la llama tipo debe protegerse de las corrientes de aire o excesiva radiación por cualquier tipo de protector adecuado, por encima del nivel superficial más alto del cartón de asbesto.

A5. Apoyo del termómetro. Cualquier aparato conveniente puede ser usado para que mantenga el termómetro en la posición especificada durante el ensaye y permita quitarlo con facilidad de la copa una vez terminado el ensaye.

A6. Apoyo de la placa de calentamiento. Cualquier apoyo conveniente que mantenga la placa caliente, estable y nivelada.

A7. Medidor del nivel de llenado. Un aparato que ayude en la regulación exacta del nivel de la muestra en la copa. Puede hacerse con un metal adecuado con al menos un resalte, pero de preferencia dos para ajustar el nivel de la muestra en la copa de ensayo entre 9 a 10 mm por debajo del ribete superior de la copa. Estará provisto de un orificio de 0,8 mm de diámetro ubicado al centro del medidor a no más de 2 mm del fondo, que se usará para verificar la posición central del orificio del aplicador de la llama con respecto al borde de la copa. (La Figura A0106_2 Figura 3, muestra una versión adecuada).

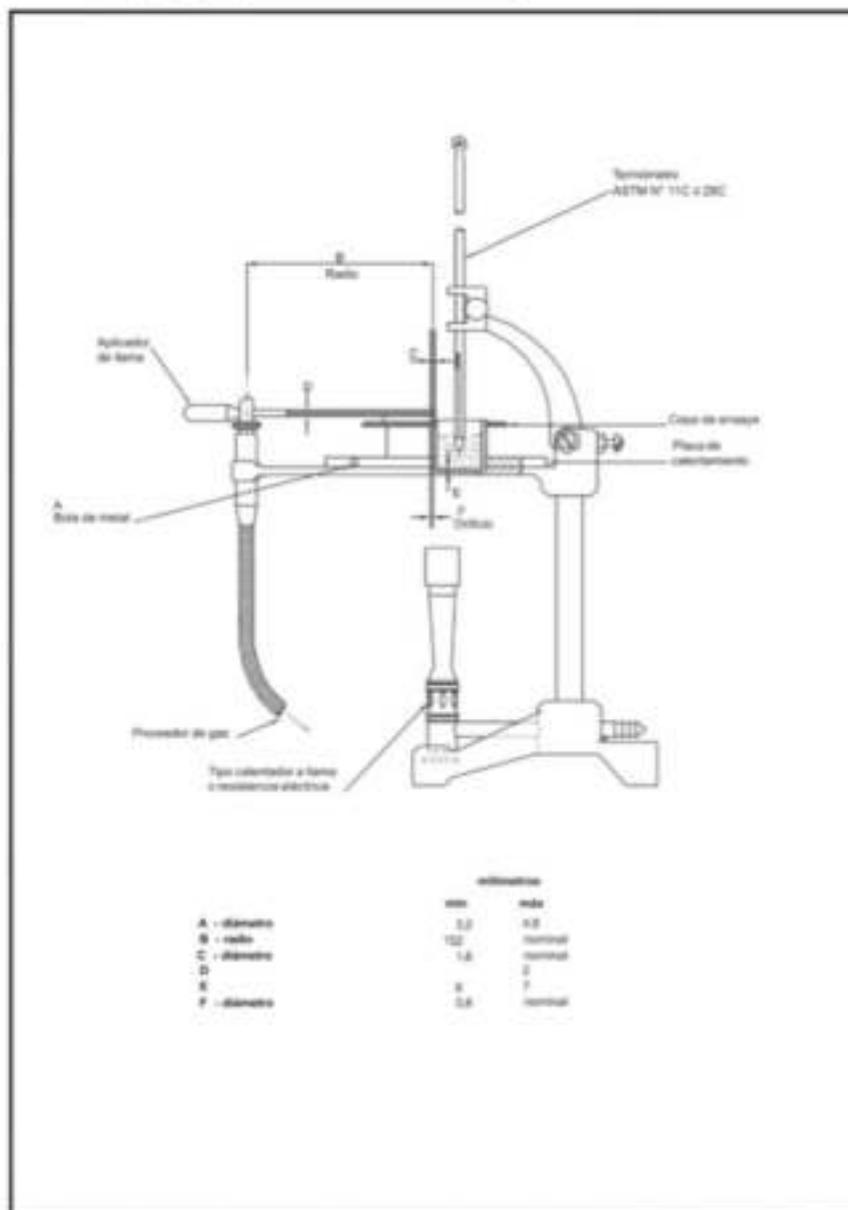


FIGURA A0106_1 COPA ABIERTA DE CLEVELAND

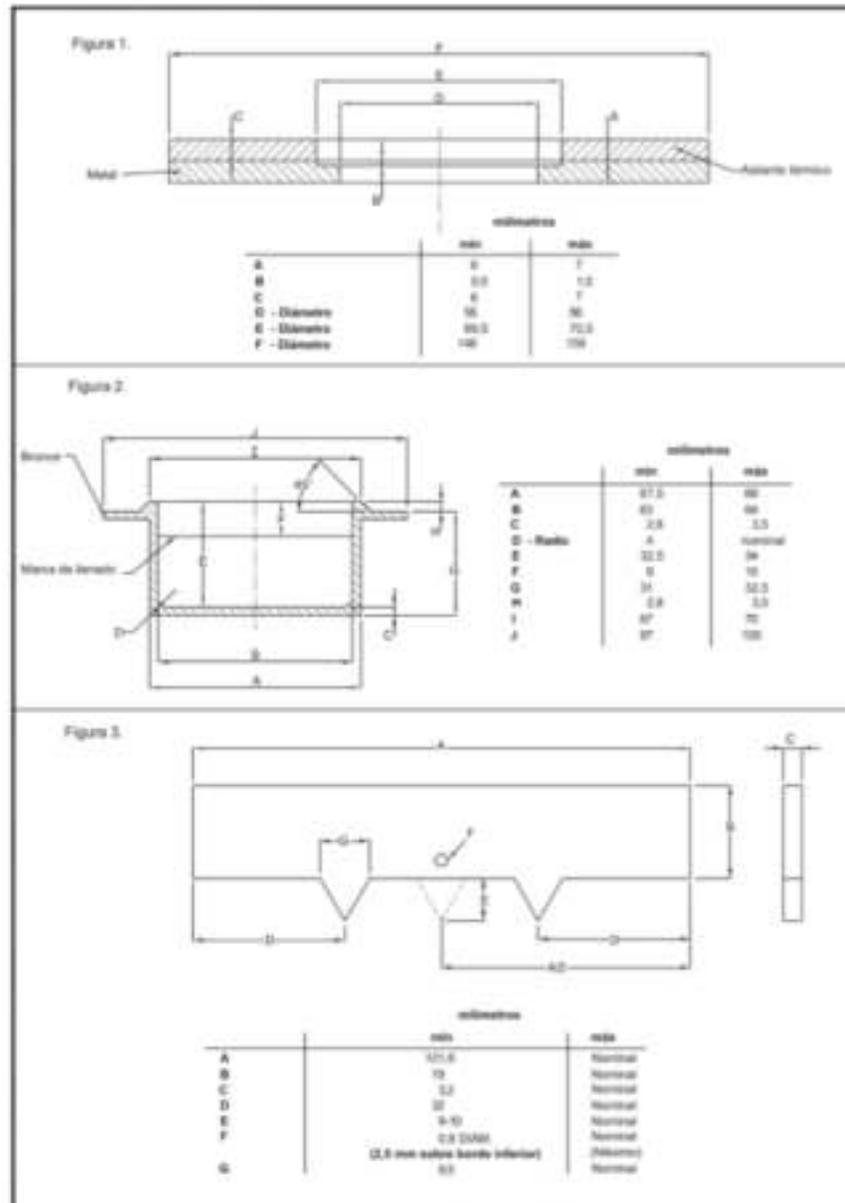


FIGURA A0106_3 FIGURA 1- PLACA DE CALENTAMIENTO, FIGURA 3 COPA ABIERTA DE CLEVELAND, FIGURA 3 MEDIDOR DEL NIVEL DE LLENADO

A0110. MÉTODO PARA DETERMINAR EL PUNTO DE ABLANDAMIENTO CON EL APARATO DE ANILLO Y BOLA (ASTM D 36 AASHTO T53-96)

OBJETO

Este método describe un procedimiento para determinar el punto de ablandamiento de materiales asfálticos, cuyo valor se encuentre en el rango de 30 a 200°C, por medio del aparato de anillo y bola.

GENERALIDADES

En general, con materiales de este tipo, el ablandamiento no ocurre a una temperatura definida; a medida que la temperatura aumenta, el material cambia gradual e imperceptiblemente, de un estado quebradizo o excesivamente espeso y de poca fluidez, a líquidos blandos y menos viscosos. Por esta razón, la determinación del punto de ablandamiento se debe efectuar mediante un método arbitrario, pero bien definido, de manera de comparar resultados.

DEFINICIONES

1. Punto de Ablandamiento

Es la menor temperatura a la que una muestra, suspendida en un anillo horizontal de dimensiones especificadas, es forzada a caer 25 mm por el peso de una bola de acero especificada, cuando la muestra se calienta mediante incrementos a una velocidad prescrita, en un baño de agua o de glicerina.

EQUIPOS Y MATERIALES

2. Equipo Normal

- a) Anillo de bronce que cumpla con las dimensiones que se muestran en la Figura A0110_1, Figura 1.
- b) Bolas de acero con un diámetro de 9,5 mm y que pesen entre $3,50 \pm 0,050$ g.
- c) Una guía para centrar la bola, construida de bronce, que tenga en general la forma y las dimensiones indicadas en la Figura A0110_1, Figura 3.

3. Baño

Un vaso de vidrio de 800 ml, capaz de resistir el calor, que tenga un diámetro no menor que 85 mm y una profundidad no menor que 120 mm.

4. Soporte del Anillo

El anillo deberá estar sujeto sobre un soporte (Figura A0110_1, Figura 2), como se muestra en el conjunto en la Figura A0110_1, Figura 4.

- d) Los anillos deberán sujetarse en posición horizontal, con el fondo a 25 mm por encima de la superficie superior de la placa, y la superficie inferior de ésta a una distancia de por lo menos 13 mm y no mayor de 19 mm al fondo del vaso. La profundidad del líquido en el vaso deberá ser mayor que 100 mm.
- e) El termómetro deberá suspenderse de manera que el fondo del bulbo esté a nivel con el fondo del anillo y dentro de 13 mm de distancia del anillo, pero de manera que no lo toque.

5. Termómetros

Termómetros del tipo ASTM para punto de ablandamiento bajo que tengan un rango de -2° a $+80^{\circ}\text{C}$ y cumplan con los requisitos para termómetro 15C, descritos en la norma ASTM E 1 y un ASTM 16C (rango 30 a 200°C) para puntos de ablandamientos altos.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

6. Caliente con cuidado la muestra, agitándola continuamente para prevenir un sobrecalentamiento local, hasta que esté suficientemente fluida para verterla. En ningún caso la temperatura de la muestra debe exceder de 110°C por sobre del punto de ablandamiento estimado. Elimina las burbujas de aire incorporadas en la muestra mediante agitación continua.
7. Lleve la muestra de asfalto a la temperatura de vertido, en un tiempo no mayor que 240 min; vierta la muestra caliente dentro de los dos anillos, precalentados aproximadamente a la temperatura de vertido. Mientras se llenan los anillos debe apoyarse sobre una placa de bronce, previamente recubierta con un agente desmoldante, para prevenir que el material bituminoso se adhiera a la placa. Enfríe por lo menos durante 30 min; en ningún caso deje transcurrir más de 4 h antes de terminar el ensayo. Las muestras que estén blandas a temperatura ambiente, se deben enfriar durante un mínimo de 30 min a una temperatura mínima de 8°C por debajo del punto de ablandamiento esperado.
8. Después de enfriado, corte el exceso de material con una espátula o cuchillo ligeramente caliente. En caso de que se repita el ensayo, utilice una muestra nueva y un recipiente limpio.

PROCEDIMIENTO

Procedimiento para materiales que tengan un punto de ablandamiento igual o menor que 80°C

9. Ensamble el aparato con los anillos, el termómetro y la guía para centrar las bolas en posición y llene el baño con agua fresca destilada a $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$ a una profundidad no menor de 100 mm ni mayor de 110 mm. Mantenga la temperatura del baño a 5°C durante 15 min, colocando el recipiente del ensayo en agua helada, si es necesario. Utilizando unas pinzas, coloque una bola previamente ajustada a la misma temperatura del baño, en cada una de las guías de centro de las bolas.
10. Aplique calor de tal manera que la temperatura del líquido aumente con una velocidad uniforme de 5°C por min; evite el efecto de las corrientes de aire, utilizando protectores si es necesario.

Nota 1: Para el calentamiento se permite el uso de un mechero de gas o un plato caliente eléctrico. Sin embargo, el plato eléctrico precisa tener un sistema para incrementar las temperaturas sin demora, para mantener la velocidad de calentamiento.

11. La velocidad de aumento de temperatura deberá ser uniforme y no se promediará durante el período del ensayo. La variación máxima permisible para cualquier minuto de tiempo, después de los tres minutos, será $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Elimine todos los ensayos en los que la velocidad de aumento de temperatura no esté dentro de estos límites.
12. Anote para cada anillo y bola la temperatura indicada por el termómetro; en el instante que la muestra que rodea la bola, toque la placa inferior. Si la diferencia entre estos dos valores excede 1°C , repita el ensayo.

Procedimiento para materiales que tengan un punto de ablandamiento mayor que 80°C

Utilice el mismo procedimiento descrito en 10, con las siguientes modificaciones:

- a) Use glicerina en vez de agua.
- b) La temperatura inicial del baño de glicerina será 32°C .

PRECISIÓN

El siguiente criterio se debe utilizar para juzgar la aceptabilidad de los resultados (95% de probabilidad).

- c) Repetibilidad. La duplicidad del punto de ablandamiento obtenido por el mismo operador no se considerará dudoso a menos que difiera de ésta más de 1°C (desviación normal estimada 0,73%).
- d) Reproducibilidad. Los puntos de ablandamiento informados por cada uno de dos laboratorios, no se considerarán dudosos a menos que los dos informes difieran en más de 2°C (desviación normal estimada 1,26%).

INFORME

13. Calcule el promedio de los valores de las temperaturas registradas en el ensayo. Informe este valor con precisión de $0,5^{\circ}\text{C}$ como el punto de ablandamiento para termómetros 16C, y de $0,2^{\circ}\text{C}$ para termómetros 15C.

14. Para materiales con un punto de ablandamiento cercano a 80°C, anote en el informe el tipo de baño utilizado, agua o glicerina; el baño de glicerina da un punto de ablandamiento mayor que el de agua.

Nota 2: La utilización de agua recién destilada es esencial, ya que de otra manera pueden formarse burbujas de aire en la muestra, lo cual afecta los resultados. El cuidado a la velocidad prescrita de calentamiento es absolutamente esencial para la reproducibilidad de los resultados.

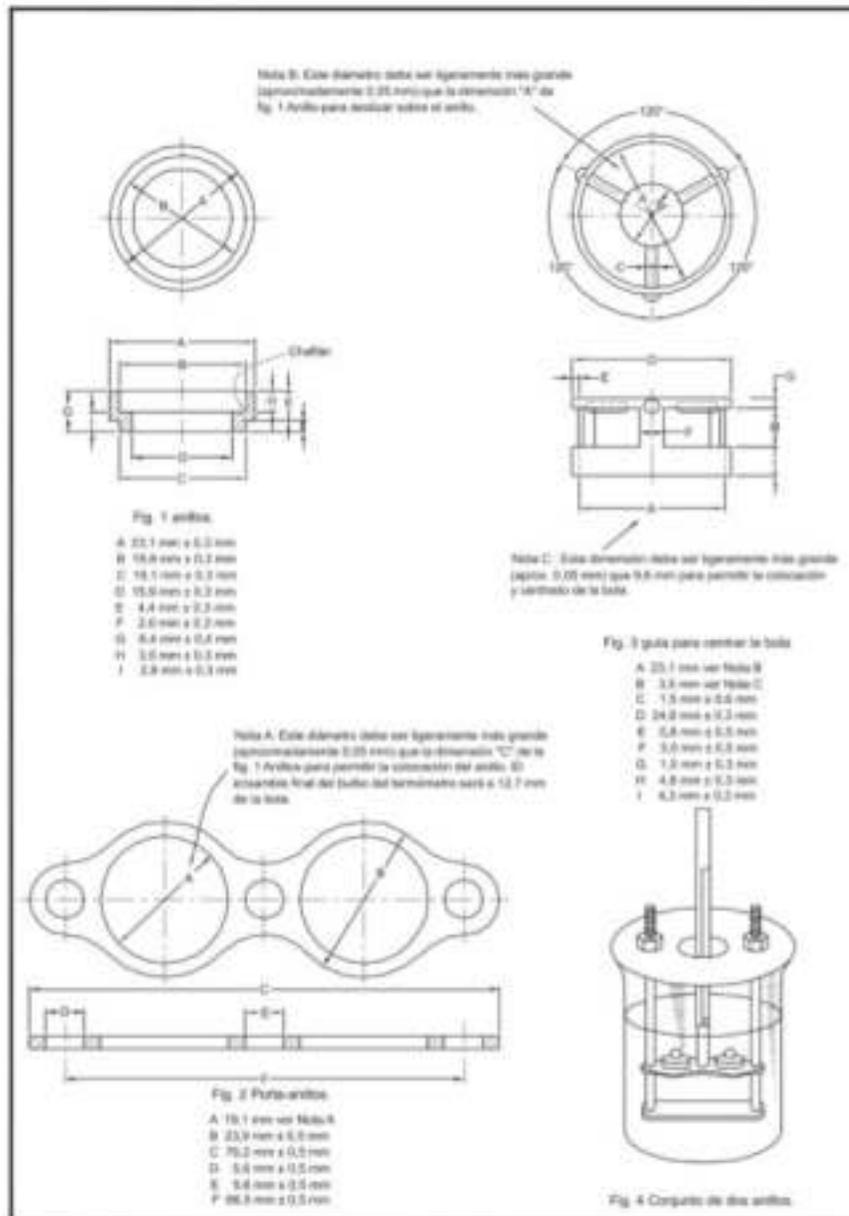


FIGURA AD110_1 ANILLO, PORTA-ANILLO, GUÍA PARA CENTRAR LA BOLA Y ENSAMBLE DEL APARATO MOSTRANDO DOS ANILLOS

A0401. MÉTODO PARA DETERMINAR EL PUNTO DE INFLAMACIÓN MEDIANTE LA COPA ABIERTA TAG (AASHTO T 79-96)

OBJETO

Este método define el procedimiento para determinar el punto de inflamación por el aparato Copa Abierta Tag, de asfaltos cortados que tienen punto de inflamación menor que 93 ° C.

Nota 1: Las especificaciones prescriben únicamente el método de la copa abierta Cleveland para cementos asfálticos y asfaltos cortados que tienen punto de inflamación sobre 93°C.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. Ensayador Copa Abierta Tag

Este aparato consiste en una copa de ensayo de vidrio, baño de agua de cobre, porta termómetro, pequeño mechero a gas, cerilla de inflamación, aparato de nivelación con líquido y protector de corriente de aire. Se describe en detalle en el Anexo.

2. Termómetro

Debe usar un Pinsky Martens, termómetro de rango bajo de - 5 a 100°C y que cumpla con los requisitos para termómetros 9 C que prescribe la norma ASTM E1.

BAÑOS

3. Agua para puntos de inflamación hasta 80°C

4. Solución 1:1 de agua y glicol para puntos de inflamación sobre 80°C

PREPARACIÓN DEL APARATO

5. Coloque el ensayador Copa Abierta Tag en posición nivelada y firme, en una mesa sólida libre de vibraciones; en la posición no deben haber corrientes de aire perceptibles y el tope del ensayador debe estar provisto de una ventana de vidrio resistente, tal que el destello pueda ser visto fácilmente. La temperatura de la sala de 25 ± 5°C debe mantenerse durante todo el ensayo.

6. Ajuste las posiciones horizontal y vertical de la cerilla de inflamación, tal que el caño de salida pase por la circunferencia de un círculo que tenga un radio de 152 mm y en un plano nivelado a 3 mm por sobre el borde superior de la copa medido desde el centro del orificio; el caño de salida deberá pasar por el centro de la copa. Haga estos ajustes solamente cuando sea necesario, ya que generalmente se usa continuamente para una serie de ensayos.

Nota 2: El aparato nivelador se usa como un calibrador de la altura de la cerilla.

7. Coloque el protector de corriente de aire alrededor de la copa tal que los lados formen ángulo recto unos con otros y el ensayador esté bien al fondo del protector.

PROCEDIMIENTO

8. Coloque la copa de ensayo de vidrio en el baño metálico y ajuste el porta termómetro de modo que el termómetro que de firmemente afianzado en posición vertical y equidistante entre el borde y centro de la copa, y en una línea que pase a través del centro de la copa y el centro de rotación de la cerilla. Coloque el termómetro de modo que el fondo del bulbo esté 6,0 mm por sobre el fondo interior de la copa.

9. Llene el baño metálico con agua, o con la solución agua – glicol, que tenga una temperatura al menos 15°C bajo el probable punto de inflamación del material a ser ensayado. Conectar un serpentín enfriador de agua es conveniente en muchos casos, cuando se usa agua en el baño y debe ser introducido al interior de la cámara entre el baño y la copa con muestra, hasta que un leve derrame se note en el conducto de rebalse. Llene el baño a un nivel aproximado de 3 mm del tope cuando la copa de ensayo esté colocada.

10. Apoye el aparato nivelador metálico sobre el borde de la copa y llene la copa con el material a ser ensayado hasta que el nivel toque justo las puntas del nivelador (éstas estarán aproximadamente 3 mm bajo el borde de la copa).

Nota 3: La muestra de ensayo debe estar al menos 10°C bajo el punto de inflamación esperado.

11. Encienda la cerilla de inflamación y ajuste la flama de ensayo, aproximadamente al mismo tamaño de la bolita de comparación o el orificio de referencia en el aparato nivelador, pero en ningún caso mayor que 4 mm.
12. Aplique calor al baño de manera que la temperatura de la muestra suba a una velocidad de $1 \pm 0,5^\circ\text{C}$ por min.
13. Comience al menos 10°C bajo el punto de inflamación esperado, ajustando al nivel de la muestra en la copa de ensayo (una jeringa o un cuentagotas medicinal es un medio adecuado para agregar o quitar muestra de la copa), y en intervalos sucesivos de 1°C pase la cerilla de inflamación a través de la muestra en un movimiento continuo, de manera que el tiempo que demore cada pasada sea de 1 s. Cada pasada debe hacerse solamente en una sola dirección y la cerilla debe permanecer en la posición "off" al comienzo o fin de la oscilación, excepto cuando la flama se aplica a la muestra.
14. Informe como punto de inflamación la temperatura leída en el termómetro en el momento en que la flama de ensayo provoca un destello claro en el interior de la copa.

INFORME

Informe el Punto de Inflamación de la Copa Abierta Tag como la menor temperatura, en grados Celcius, al notar el primer destello o destello inicial.

ANEXO

Aparatos

El ensayador Copa Abierta Tag se muestra en la Figura A0401_1, consiste de las siguientes partes, las que deben cumplir las dimensiones mostradas y tener características adicionales anotadas:

A.1 Baño de Cobre, equipado con un reflujo de nivel constante para mantener el nivel del líquido en el baño, 3 mm bajo los lomos de la copa de vidrio.

A.2 Porta termómetro, suministrado con el ensayador como se muestra en la Figura A0401_1. Debe soportar firmemente el termómetro en posición vertical.

A.3 Copa de ensayo de vidrio (Figura A0401_2, Figura 1), moldeada en vidrio transparente, lempado, resistente al calor, y libre de defectos superficiales.

A.4 Medidor de líquido de llenado, para ajustar convenientemente el líquido en la copa (Figura A0401_2, Figura 2). Confeccionado de un metal adecuado de al menos 3 mm de espesor, con dos puntas para ajustar el nivel en la copa de vidrio a 3 mm bajo el tope de la orilla o borde de la copa. También los orificios del aparato nivelador pueden usarse para ajustar el tamaño de la flama de ensayo o para medir la altura de la cerilla sobre el borde de la copa.

A.5 Mechero pequeño a gas, redimensiones adecuadas para calentar el baño. Una abrazadera ajustable puede emplearse para ayudar a regular el gas. También puede usarse un calentador eléctrico pequeño, controlado con transformador de voltaje variable.

A.6 Cerilla de inflamación, pequeña, recta, tubo de metal fundido tipo mechero a gas. El extremo de la cerilla debe tener aproximadamente 1,5 mm de diámetro. La flama de inflamación debe mantenerse en plano horizontal fijo por sobre la copa de ensayo, mediante giros del aparato tal que la flama de ensayo pase sobre la circunferencia de un círculo que tiene un radio de al menos 150 mm. Una bolita de 4,0 mm de diámetro puede colocarse en un lugar adecuado para comparación.

A.7 Protector de Corrientes de Aire; el aparato debe estar protegido de las corrientes de aire por una campana libre de corrientes de aire y emanaciones o un protector adecuado. El protector puede consistir en dos láminas rectangulares de material no combustible, de 610 x 710 mm, fijas por el lado de 710 mm, preferentemente mediante bisagras. Una lámina triangular de 610 x 610 x 860 mm se fija con bisagras a un lado de las láminas para formar una capota cuando el protector se abre. El interior del protector debe pintarse parejo negro.

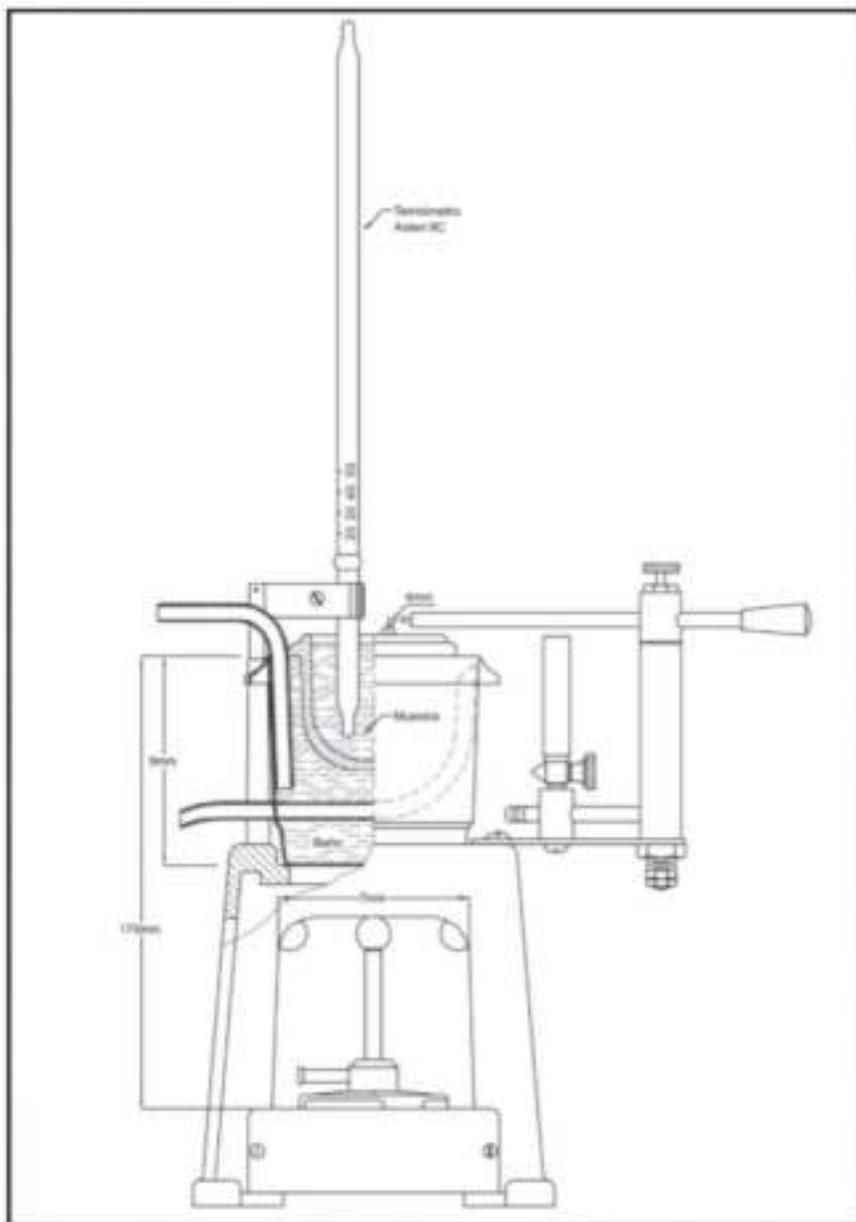


FIGURA A0401_1 COPA ABIERTA TAG PARA PUNTEROS DE INFLAMACIÓN

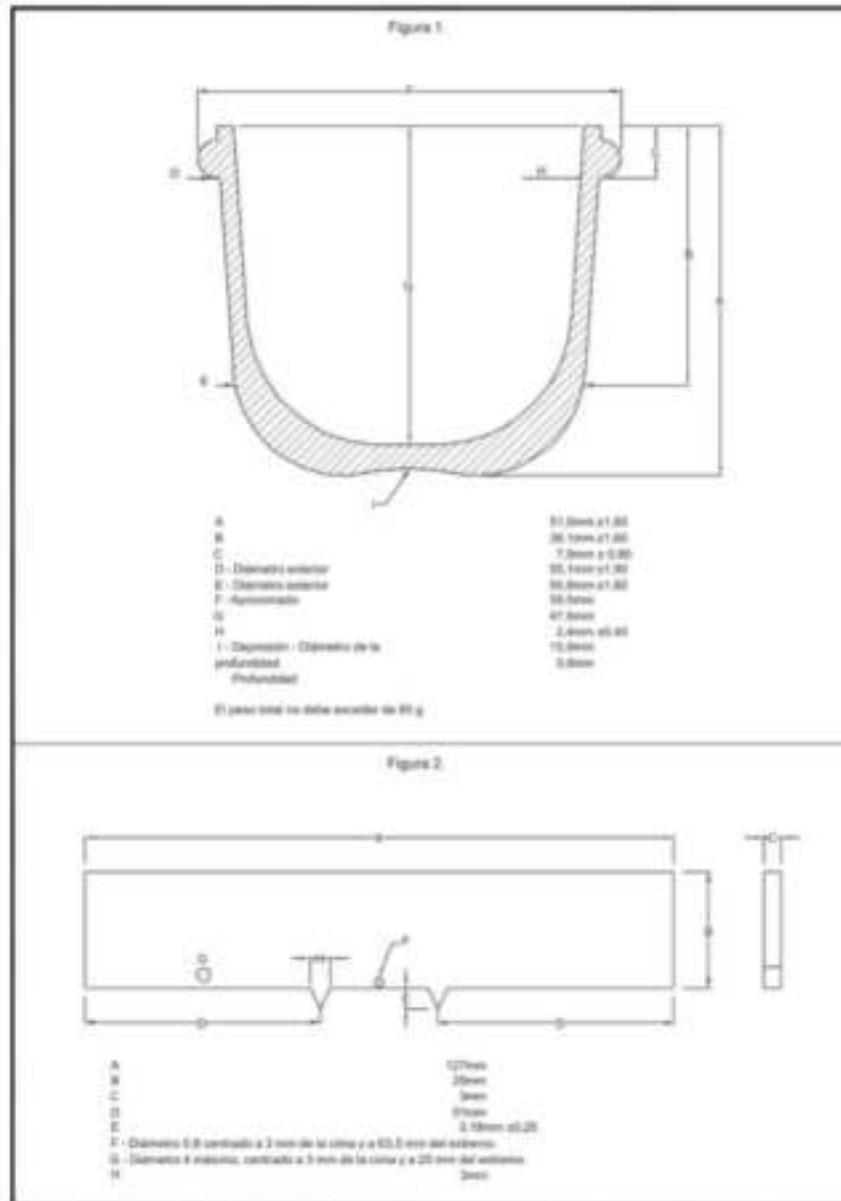


FIGURA AD401_2 FIGURA 1. COPA PARA ENSAYE DE VIDRIO, FIGURA 3. CALIBRACIÓN DEL NIVEL LLENADO

A0509. MÉTODO PARA DETERMINAR EL EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D 2419 AASHTO T176-00)

OBJETO

Este método establece un procedimiento rápido para determinar las proporciones relativas de finos plásticos o arcillosos en los áridos que pasan por tamiz de 4,75 mm (N° 4).

DEFINICIONES

Equivalente de arena

Porcentaje de arena propiamente tal con respecto al total de arena y de impurezas coloidales floculadas, particularmente arcillosas, húmicas y eventualmente ferruginosas.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. **Probeta graduada**

De 30 ± 1 mm de diámetro interior y aproximadamente 400 mm de alto, graduado en milímetros hasta una altura de 330 mm (o graduada en milímetros hasta una capacidad de 270 ml) y provisto de un tapón hermético de caucho (ver Figura A0509_1, Figura 1).
2. **Pisón**

Compuesto por los siguientes elementos (ver Figura A0509_1, Figura 2):

 - a) Una varilla de bronce de 6 mm de diámetro y 450 mm de largo, con hilo en ambos extremos.
 - b) Un pie de bronce tronco-cónico, de 25 mm de diámetro basal y 20 mm de altura, con una perforación central con hilo para conectarlo a la varilla.
 - c) Un par de guías que mantengan centrada la varilla en el eje de la probeta.
 - d) Una sobrecarga cilíndrica de acero laminado en frío de 50 mm de diámetro y 53 mm de altura, con una perforación central con hilo para conectarla a la varilla. Esta sobrecarga debe ser rectificadas de modo que el conjunto de varilla, pie, guías y sobrecarga tenga una masa de $1 \text{ kg} \pm 5 \text{ g}$.
 - e) **Sifón**

Compuesto por los siguientes elementos (ver Figura A0509_1, Fig3):

 - a) Una botella de aproximadamente 4 l, provista de un tapón de caucho con dos perforaciones, a través de las cuales se dispondrán dos tuberías de metal, vidrio, caucho o plástico.
 - b) Una tubería de entrada de aire que penetre al interior de la botella sin tomar contacto con la solución y cuyo tramo exterior debe estar doblado en L.
 - c) Una tubería de irrigación cuyo tramo interior penetre hasta 20 mm del fondo de la botella y cuyo tramo exterior sea una manguera de caucho o plástico de una longitud igual o mayor que 1,5 m provista de un sistema que regule el flujo de la solución (por ejemplo una pinza con tornillo).
 - d) Un tubo irrigador conectado al extremo exterior de la tubería de irrigación, de acero inoxidable de aproximadamente 500 mm de largo, 4 ± 1 mm de diámetro interior y con su extremo libre cerrado en forma de cuña. Debe tener dos perforaciones de $0,5 \pm 0,1$ mm de diámetro, una en cada cara plana de la cuña.
3. **Medida**

Un recipiente de 85 ± 5 ml de capacidad.
4. **Tamiz**

De tela de alambre y abertura cuadrada, de 4,75 mm (N° 4) de abertura nominal de acuerdo con el Método A0506.
5. **Recipiente**

Estanco y de capacidad igual o mayor que 4 l para preparar el reactivo y la solución de ensayo.

6. Agitador mecánico
Con un desplazamiento horizontal de 200 ± 2 mm y una velocidad de agitación de 175 ± 2 ciclos/min.
7. Herramientas y accesorios
Embudos, botellas para reactivos, regla de enrase, etc.

Reactivos

8. Solución base
 - a) Componentes. Emplee los siguientes materiales en las cantidades que se indican:
 - 240 g de cloruro de calcio anhidro, grado técnico.
 - 1.085 g de glicerina farmacéutica.
 - 25 g de formaldehído (solución 40% de volumen / volumen)
 - b) Preparación. Disuelva el cloruro de calcio en 1 l de agua destilada y filtre. Agregue la glicerina y el formaldehído a la solución, mezcle bien y diluya a 2 l con agua destilada.
9. Solución de ensaye
Tome 22,5 ml de la solución base y diluya a 1 l con agua destilada.

CONDICIONES GENERALES

10. Lugar de ensayo
Debe estar libre de golpes o vibraciones que puedan alterar el período de decantación. Cuando se empleen probetas de acrílico deben protegerse de la luz solar directa.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Muestreo

Extraiga y prepare las muestras de acuerdo con los Métodos A0504 y A0505

Tamaño de la muestra de ensaye

- a) La muestra original debe tener un tamaño igual o mayor que 2.000 g de material bajo 5 mm.
- b) La muestra para cada ensaye debe ser igual a una medida llena enrasada (85 ± 5 ml).

Preparación de la Muestra de ensaye

11. Tamizado
Pase la muestra original en estado húmedo por el tamiz de 4,75 mm; disgregue manualmente los terrones de material arcilloso. Si el material retenido tiene adheridas capas de material arcilloso, remuévalas secando el material retenido y frotándolo entre las manos sobre un recipiente. El polvo resultante debe incorporarse a la muestra y el material retenido debe desecharse.
12. Reducción
Reduzca por cuarteo hasta obtener material suficiente para llenar cuatro medidas.
13. Secado
Seque hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ$ C; deje enfriar a temperatura ambiente.

PROCEDIMIENTO

14. Coloque la botella del sifón con la solución de ensaye a aproximadamente 1 m sobre la superficie de trabajo.
15. Sifonee la solución de ensaye en la probeta hasta que alcance un nivel de 100 ± 5 mm.
16. Obtenga por cuarteo el material suficiente para llenar una medida.
17. Llene una medida; asiente el material golpeando el fondo de la medida contra la mesa de trabajo a lo menos 4 veces, enrase y vierta en la probeta.

18. Golpee firmemente el fondo de la probeta contra la palma de la mano hasta desalojar las burbujas de aire.
19. Deje la probeta en reposo por un período de 10 min.
20. Coloque el tapón y suelte la arena del fondo inclinando y sacudiendo el tubo.
21. Agite la probeta y su contenido mediante uno de los siguientes procedimientos:
- Agitación manual. Sujete la probeta en posición horizontal y agite vigorosamente en un movimiento lineal horizontal con un desplazamiento de 230 ± 25 mm. Agite 90 ciclos en aproximadamente 30 s.

Nota 1: Un ciclo corresponde a un movimiento completo de ida y vuelta. Se recomienda agitar solo con los antebrazos, manteniendo relajada el cuerpo y los hombros.

Nota 2: Antes de autorizar a un operador para realizar el ensayo de equivalente de arena, debe ser capaz de obtener resultados consistentes entre muestras representativas de cualquier material ensayadas de acuerdo con el procedimiento normal. Los resultados se consideran consistentes si los valores individuales de tres ensayos realizados por el mismo operador sobre muestras gemelas no varían en más de 4 puntos respecto al promedio de esos ensayos. Si un operador no es capaz de obtener resultados consistentes, no debe autorizarse a efectuar este ensayo hasta que perfeccione su técnica y obtenga resultados que cumplen con los límites especificados.
 - Agitación mecánica. Fije la probeta en el agitador mecánico y agite durante un período de 45 ± 15 s.
22. Coloque la probeta sobre la mesa de trabajo, destápela y lave sus paredes interiores mediante el irrigador.
23. Introduzca el irrigador hasta el fondo de la probeta con un movimiento lento de penetración y torsión para remover todo el material.
24. Retire el irrigador en forma similar, regulando el flujo de la solución de modo de ajustar el nivel final a 380 mm.
25. Deje sedimentar por un período de $20 \text{ min} \pm 15$ s.
26. Al final del período de sedimentación lea y registre el nivel superior de la arcilla (N_i) aproximando al milímetro.
- Nota 3:* Si después de 20 min no se ha formado una clara línea de sedimentación, deje reposar el tiempo necesario, registrándolo en el informe.
- Cuando el tiempo total exceda de 30 min, repita 3 veces el ensayo con muestras del mismo material. Registrar el N_i que requiere el período de sedimentación más breve.
27. Introduzca el pisón en la probeta y hágalo descender suavemente hasta que quede apoyado en la arena. Registre el nivel superior de la arena (N_a) aproximando al milímetro.
- Nota 4:* Cuando el nivel superior de la arcilla o de la arena quede entre graduaciones, registre la graduación superior como $N_i = N_a$, según corresponda.

CÁLCULOS

28. Calcule el equivalente de arena de acuerdo con la fórmula siguiente, aproximando al 1%.
- $$EA(\%) = (N_a / N_i) \cdot 100$$
- Donde:
- | | | |
|-------|---|------------------------------------|
| EA | : | Equivalente de arena (%). |
| N_a | : | Nivel superior de la arena (mm). |
| N_i | : | Nivel superior de la arcilla (mm). |
29. Calcule el equivalente de arena de cada muestra como el promedio aritmético de los resultados de dos ensayos paralelos, con aproximación al 1 % superior.

PRECISIÓN

30. Debe aceptarse la determinación del equivalente de arena solamente cuando la diferencia entre dos resultados obtenidos por el mismo operador, en ensayos paralelos sobre muestras gemelas, sea igual o inferior a 4 puntos.
31. Debe ensayar dos nuevas muestras gemelas cuando no se cumpla con lo especificado en 31.

INFORME

El informe debe incluir lo siguiente:

- a) Nombre del contrato y contratista.
- b) Procedencia de la muestra.
- c) Procedimiento de agitación.
- d) Resultado del ensayo.
- e) Fecha del ensayo.
- f) Cualquier otra información específica relativa al ensayo o al árido.
- g) La referencia a este método.

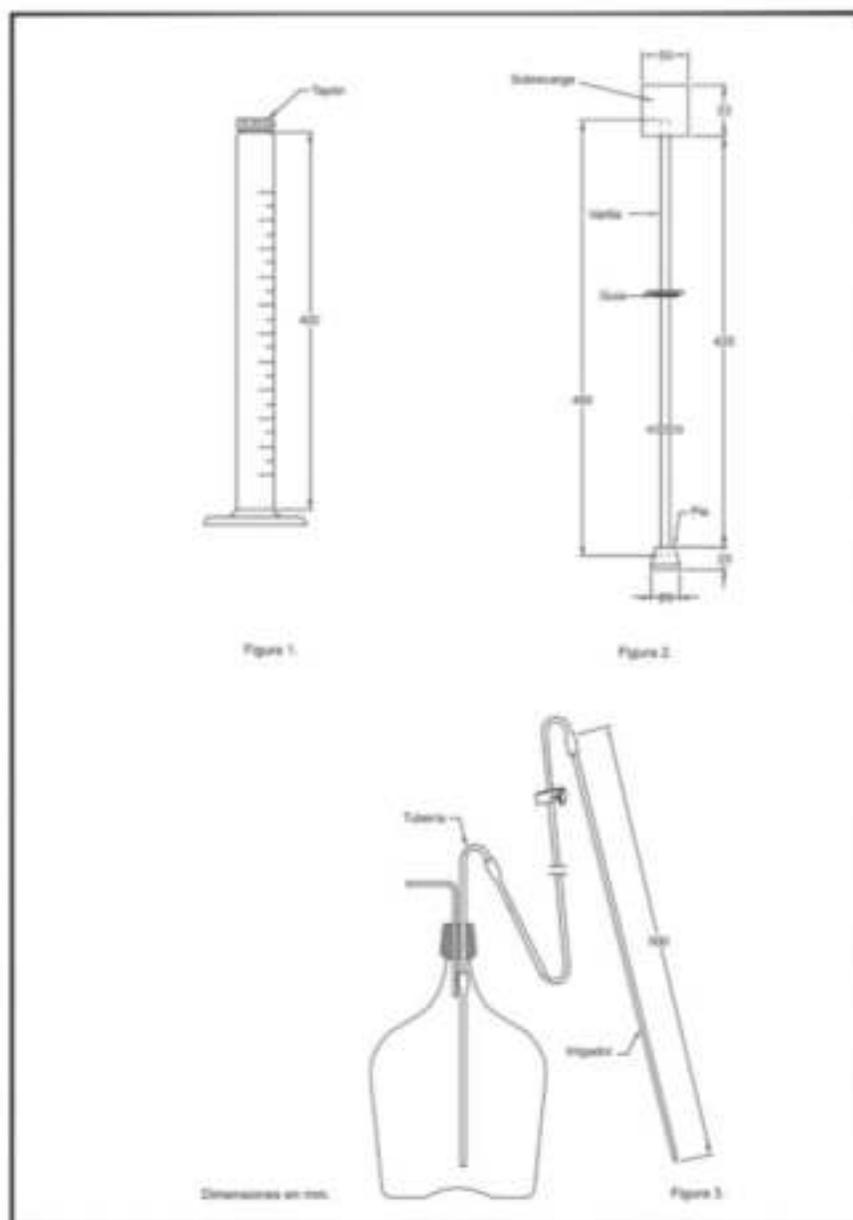


FIGURA A0500.1, FIG.1 PROBEJA GRADUADA, FIG.2 PISTÓN, FIG.3 SIPÓN

A0313. MÉTODO PARA DETERMINAR LA VISCOSIDAD SAYBOLT (ASTM D 244)

OBJETO

Este método describe el procedimiento para la medida empírica de la viscosidad Saybolt de productos del petróleo a temperaturas especificadas entre 20 y 100°C.

Nota 1. Un método fundamental y preferencial para medir viscosidad cinemática, es el que se describe en A0105, Método para Determinar la Viscosidad Cinemática. Este método requiere muestras menores, menor tiempo y es de mayor exactitud.

Las viscosidades Saybolt Universal y Saybolt Furol, pueden obtenerse de los valores de la viscosidad cinemática usando las tablas de conversión que se incluyen en el Método A0314, Método para Convertir Viscosidad Cinemática a Saybolt Universal o Saybolt Furol. El índice Saybolt Universal o viscosidad cinemática se refiere a índices de viscosidad calculados usando valores de la Saybolt Universal. La viscosidad Saybolt Furol de materiales bituminosos a altas temperaturas está especificada en la norma ASTM D 102.

DEFINICIONES

1. Viscosidad Saybolt Universal

El tiempo de flujo en segundos de 60 ml de muestra que fluye a través de un orificio Universal, calibrado bajo condiciones especificadas.

2. Viscosidad Saybolt Furol

El tiempo de flujo en segundos de 60 ml de muestra que fluye a través del orificio Furol, calibrado bajo condiciones especificadas. La viscosidad Furol es aproximadamente un décimo de la viscosidad Universal y se recomienda para productos del petróleo que tienen viscosidad mayor que 1000 s (Saybolt Universal) tales como combustible, aceites y otros materiales residuales. La palabra "Furol" es una contracción de fuel and road oils.

TABLA A0313_1. TERMOMETROS ASTM PARA VISCOSIDADES SAYBOLT

ASTM Temperatura Normal de ensayo	Viscosidad Saybolt Rango de temperatura	Termómetros	
		Subdivisiones	Termómetros ASTM
50	19 - 27	0.1	17C
21.1	19 - 27	0.1	17C
25	34 - 42	0.1	18C
37.8	48 - 57	0.1	19C
50	48 - 57	0.1	19C
54.4	57 - 65	0.1	20C
60	79 - 87	0.1	21C
82.2	95 - 103	0.1	22C
90.9			

EQUIPOS Y MATERIALES

3. Viscosímetro Saybolt con Baño

4. Tubo succionador

Como se muestra en la Figura A0313_2, figura 1 u otro aparato adecuado

5. Soporte del termómetro

6. Aparato para poner el termómetro en el viscosímetro. Un diseño adecuado se muestra en la Figura A0313_2, Figura 2

7. Embudo filtro

Como se muestra en la Figura A0313_2, Figura 3.

8. Frasco receptor

Como se muestra en la Figura A0313_2, Figura 4.

9. Cronómetro

Graduado en décimas de segundo y con una exactitud de 0,1 seg cuando se ensaya sobre un intervalo de 60 min. Los cronómetros eléctricos son aceptables, si son operados sobre un circuito de frecuencia controlada.

10. Termómetro

Para leer la temperatura de ensaye de la muestra. El termómetro para viscosidad Saybolt ASTM se muestra en Tabla A0313_1 y debe cumplir con lo especificado en la norma ASTM E 1.

11. Termómetro para baño

Termómetros de viscosidad o cualquier otro medio de exactitud equivalente.

Preparación de los aparatos

12. Use un orificio Universal para lubricantes y materiales destilados con tiempos de flujo mayores que 32 s para obtener la exactitud deseada. No es conveniente ensayar con estos orificios líquidos con tiempo de flujo sobre 1000 s.
13. Use el orificio Furoí para materiales residuales con tiempo de flujo mayor que 25 s. El tiempo de flujo Furoí es aproximadamente una décima parte del tiempo de flujo Universal.
14. Instale el viscosímetro con baño donde esté libre de corrientes de aire y rápidos cambios de temperatura; localícelo de modo que la muestra no se contamine con polvo o vapores durante el ensaye.
15. No debe determinar la viscosidad a temperaturas inferiores a la temperatura de condensación atmosférica de la sala. Temperaturas de la sala sobre los 38°C no introducen errores superiores al 1,0 %; para una normalización y ensayes de arbitraje mantenga la temperatura de la sala entre 20 y 30°C y regístrela.
16. Llene el baño hasta no menos de 6,5 mm por encima del borde de derrame del viscosímetro. El listado de la Tabla A0313_2, recomienda el medio del baño por cada temperatura de ensaye.
17. Disponga un revolvedor adecuado y control térmico para el baño, de modo que la muestra no fluctúe en más de $\pm 0,1^\circ\text{C}$ después de alcanzar la temperatura de ensaye.
18. Limpie el viscosímetro con un solvente efectivo no tóxico y quite todo el solvente del viscosímetro.

Nota 2: El ensayo del cual está provisto el viscosímetro no debe ser usado para limpiar los bordes de derrame y partes del viscosímetro pues puede dañarse con el uso.

Calibración del Viscosímetro

19. Calibre el viscosímetro Saybolt Universal a intervalos no mayores que 3 años, midiendo el tiempo de flujo a 38°C de una viscosidad normal apropiada siguiendo el procedimiento dado en los numerales 23 a29.
20. El tiempo de flujo debe ser igual al valor certificado de la viscosidad Saybolt; si el tiempo de flujo difiere del valor certificado por más de 0,2%, calcule el factor de corrección, F, para el viscosímetro, como sigue:

$$F = \frac{V}{t}$$

Donde:

V: Viscosidad Saybolt certificada.

T: Tiempo del flujo en segundos a 38°C.

Nota 3: El factor de corrección aplicado a todos los niveles de viscosidad para todas las temperaturas, provee la calibración que está basada en una viscosidad normal que tiene un tiempo de flujo entre 200 y 600 s.

21. Calibre el viscosímetro Saybolt Furoí a 150°C de la misma manera como se hizo antes, usando una viscosidad normal teniendo un tiempo de flujo mínimo de 90 s.
22. Los viscosímetros u orificios que tienen correcciones superiores al 1,0 % no deben usarse para ensayes de arbitraje.

PROCEDIMIENTO

23. Si la temperatura de ensaye está por encima de la temperatura de la sala, el ensaye puede acelerarse por precalentamiento de la muestra a no más que 1,6° C por sobre de la temperatura de ensaye.

Nota 4: Para materiales anfibios contados que tienen componentes altamente volátiles tales como los de curado rápido y curado medio, los procedimientos no están permitidos en recipientes abiertos. Vierta el material dentro del viscosímetro a la temperatura de la sala o si el material es demasiado viscoso para vaciarlo a la temperatura de la sala, caliéntelo, colocando la muestra en el envase original en un baño de agua a 50°C por unos minutos antes de vaciar. El filtrado a través de una malla de 0,100 mm, como se describe en 24, es crítico. Para ensayes sobre la temperatura de la sala, los aumentos mayores de temperatura que se permiten durante el período de calentamiento están indicados en la Tabla A0313_2, pero la temperatura del baño deberá ajustarse dentro de los límites prescritos antes del minuto final de agitación, durante el cual la temperatura de la muestra permanece constante (ver 25).

24. Inserte un tapón de corcho, que tenga un cordel unido para quitarlo con facilidad, dentro de la cámara de aire, en el fondo del viscosímetro. El corcho debe encajar estrechamente, lo suficiente para prevenir el escape de aire; una evidencia es la ausencia del líquido por ensayar sobre el corcho cuando se retira.
25. Filtre la muestra preparada a través de una malla 0,150 mm, tamizando directamente dentro del viscosímetro hasta el nivel que está sobre el borde de derrame.
26. Revuelva la mezcla hasta que la temperatura permanezca constante dentro de 0,1°C de la temperatura de ensayo, revolviendo continuamente durante 1 min. Revuelva con el termómetro del viscosímetro puesto en un soporte (Figura A0313_2, Figura 2). Use un movimiento circular de 30 a 50 rpm en el plano horizontal.

Nota 5: La viscosidad de aceites refractos del petróleo, aceites lubricantes negros, residuos combustibles y productos cerámicos similares, puede ser afectada por la historia térmica previa. Los siguientes procedimientos de precalentamiento deben seguirse para obtener resultados uniformes para viscosidad bajo los 55°C. Para obtener una muestra representativa, caliente la muestra en el recipiente original, cercano a los 50°C, revolviendo y agitando. Sondee la parte inferior del recipiente con una varilla, para tener la certeza que todo el material líquido está en ebullición; vierta 100 ml dentro de un Erlenmeyer de 125 ml. Taponee cuidadosamente con un tapón de corcho o goma; sumerja el frasco en el baño con agua en ebullición por 20 min. Mezcle bien, quite la muestra del baño y tambe a través de una malla 0,150 mm directamente dentro del viscosímetro. Complete el ensayo de viscosidad dentro de 1 h después del precalentamiento.

Nota 6: Nunca ajuste la temperatura por inmersión de cuerpos calientes o fríos dentro de la muestra. En tal caso el tratamiento térmico puede afectar a la muestra y a la precisión del ensayo.

27. Quite el termómetro de la muestra; rápidamente retire el líquido del rebalse hasta que el nivel esté por debajo del borde de éste. Esto se hace colocando el extremo del tubo de succión (Figura A0313_2, Figura 1) en un punto del rebalse y aplicando succión. No toque el nivel de rebalse con el tubo de succión, o el menisco efectivo de la muestra se verá reducido.
28. Coloque el frasco receptor (Figura A0313_2, Figura 4) donde fluya el líquido desde el fondo del viscosímetro, de modo que apenas tope con el cuello del frasco. La marca de graduación estará entre 100 y 130 mm debajo del fondo del tubo del viscosímetro.
29. Suelte el corcho del viscosímetro usando el cordel; al mismo tiempo eche a andar el cronómetro. Pare el cronómetro en el instante que la parte inferior del menisco llegue a la marca de graduación. Informe el tiempo de flujo en segundos.

CÁLCULOS

30. Multiplique el tiempo de flujo por el factor de corrección para el viscosímetro determinado en 20.

PRECISIÓN

Los resultados presentados no deben diferir en más de los siguientes:

31. Repetibilidad (un operador y aparato): 1%
32. Reproducibilidad (diferentes operadores y aparatos): 2%

INFORME

33. Informe el tiempo de flujo corregido como Viscosidad Saybolt Universal o Furol de la muestra y la temperatura a la cual realizó el ensayo.
34. Informe los valores SUs o SFs bajo 200 aproximando a 0,1 s. Informe los valores SUs o SFs sobre 200 aproximando al segundo.

Nota 7: La abreviatura preferida para los Segundos Saybolt Universales es SUs y para los Segundos Saybolt Furol es SFs.

TABLA A0013_3 TEMPERATURA DE ENSAYO DEL BAÑO

Temperatura normal de ensayo °C	Máxima temperatura Medio del Baño Recomendado °C	Precisión de	
		diferencial (a)	Funcionamiento
21,1	Agua	± 0,06	± 0,03
25	Agua	± 0,06	± 0,03
37,8	Agua, o aceite de viscosidad 50-70 s SU a 38°C	+ 0,14	± 0,03
50	Agua, o aceite de viscosidad 120-150 s SU a 38°C	+ 0,19	± 0,03
54,4	Agua, o aceite de viscosidad 120-150 s SU a 38°C	+ 0,28	± 0,03
60	Agua, o aceite de viscosidad 120-150 s SU a 38°C	+ 0,58	± 0,06
82,2	Agua, o aceite de viscosidad 330-370 s SU a 38°C	+ 0,83	± 0,06
98,9	Acetate de viscosidad 330 - 370 s SU a 38°C	+ 1,11	± 0,06

Nota: (a) Mínima diferencia permitida entre la temperatura del baño y la temperatura de ensayo para mantener el equilibrio térmico al mismo tiempo que se resuelve la muestra en el viscosímetro con el termómetro.

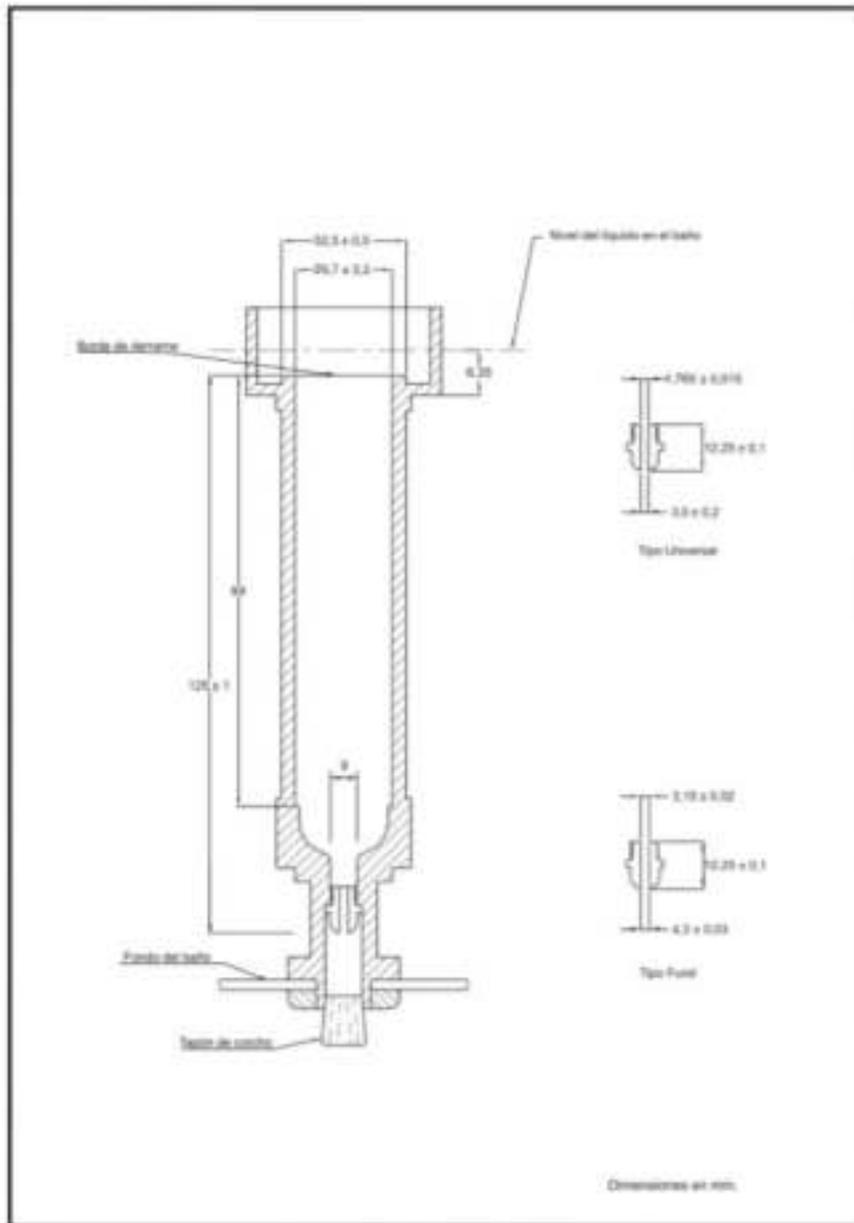


FIGURA A0013_1 VISCOSÍMETRO SAYBOLT CON ORIFICIO UNIVERSAL Y FIBRA

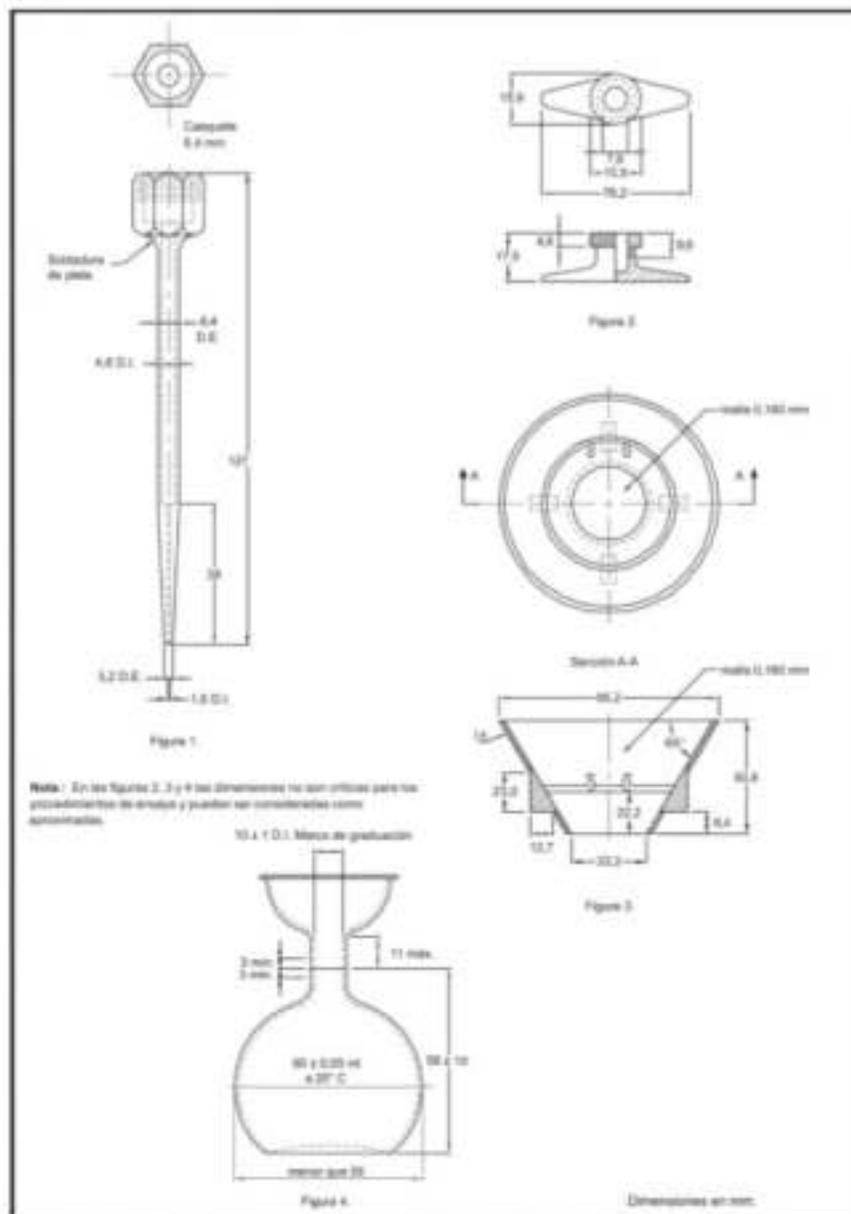


FIGURA A0313_2 FIGURA 1-TUBO SUCCIONADOR PARA USAR CON VISCOSIMETRO SAYBOLT, FIGURA 2-SOPORTE DEL TERMOMETRO, FIGURA 3-EMBUDO FILTRO PARA USAR CON VISCOSIMETRO SAYBOLT, FIGURA 4-FRASCO RECIPIOR

A0511. MÉTODO PARA DETERMINAR EL DESGASTE MEDIANTE LA MAQUINA DE LOS ÁNGELES (ASTM E 131 AASHTO T96-99)

OBJETO

Este método establece el procedimiento para determinar la resistencia al desgaste de los áridos mayores a 2,36 mm, de densidad neta entre 2.000 y 3.000 Kg/m³, mediante la máquina de Los Ángeles.

EQUIPOS Y MATERIALES

1. Máquina de Los Ángeles (ver Figura A0511_1)
 - a) Tambor de acero de 710 ± 6 mm de diámetro interior y de 510 ± 6 mm de longitud interior montado horizontalmente por sus vástagos axiales con una tolerancia de inclinación de 1 en 100, uno de los cuales debe tener un dispositivo de polea o similar, para acoplar un motor. En su manto cilíndrico debe tener una abertura para introducir la muestra, con una tapa provista de dispositivos para fijarla firmemente en su lugar y que asegure la estanqueidad del material sobre tamiz N° 50 (0,3 mm).
 - b) Debe llevar en su superficie interior una aleta consistente en una plancha de acero desmontable, fijada rígida y firmemente a todo lo largo de una generatriz del cilindro, de modo que se proyecte radialmente hacia el interior en 90 ± 3 mm. La distancia entre la aleta y la abertura, medida a lo largo de la circunferencia exterior del cilindro y en la dirección de rotación, debe ser igual o mayor que 1,25 m.
Nota 1. Es preferible utilizar una aleta de acero de sección rectangular montada independientemente de la tapa. Sin embargo, puede emplearse como esta una de las alas de un perfil, de acero laminado montado en el interior de la tapa, de modo que la carga se resista por la cara externa del ángulo. Cuando la aleta se deforma debe ser reparada o reemplazada.
 - c) La rotación debe estar comprendida entre 30 y 33 rpm, ser contrapesada e impulsada de modo de mantener una velocidad periférica uniforme y tener incorporado un dispositivo contador de revoluciones con detención automática.
Nota 2. Cualquier deslizamiento o punto muerto en el mecanismo de impulsión puede afectar los resultados de ensayo, lo que los hace no comparables con resultados obtenidos en una máquina que produzca una velocidad periférica uniforme.
2. Balanza
Con una capacidad superior a 10 kg y una precisión de 1 g.
3. Tamices
Deben cumplir con lo especificado en el Método A0506 numeral 6
4. Horno
Con circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensayo.
5. Esferas (Carga abrasiva)
Un juego de esferas de acero de aproximadamente 47 mm de diámetro y de masas diferentes, distribuidas en un rango entre 390 y 445 g.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Muestreo y preparación

6. Extraiga y prepare la muestra de acuerdo con los Métodos A0504 y A0505
7. Determine la granulometría de la muestra de acuerdo con el Método A0506

Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra (en kg) debe ser igual o mayor que $2 \cdot D_n$, en que D_n es el tamaño máximo nominal expresado en mm, y no menor que 50 kg para los grados 1 al 5 y 25 kg para los grados 6 y 7.

Acondicionamiento de la muestra de ensaye

Lave la muestra y séquela hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$.

8. Tamice la muestra obtenida, de acuerdo con el Método A0506, empleando la serie de tamices de aberturas nominales siguientes: 75 mm, 63 mm, 50 mm, 37,5 mm, 25 mm, 19 mm, 12,5 mm, 9,5 mm, 6,3 mm, 4,75 mm y 2,36 mm. Deje el material separado en las fracciones resultantes de este tamizado.
9. Elija de la Tabla A0511_1 el grado de ensaye que mejor represente la granulometría de la muestra. Para ello, sume los porcentajes parciales retenidos en los tamices correspondientes a cada uno de los grados y elija para el ensaye el que entregue una mayor suma.

Nota 3: En caso que alguna de las fracciones de grado elegido tenga un porcentaje parcial retenido muy bajo, que requiera tener una cantidad de material muy alta para componerlo, se considerará como grado de ensaye aquel que entregue la suma de porcentajes retenidos inmediatamente inferior a la del grado elegido. En el caso del grado 4 se entenderá como porcentaje parcial retenido muy bajo un valor igual o inferior que 4%.

10. Cuando se trate de áridos sin tratamiento ni selección, debe procesar la muestra a fin de componer la banda granulométrica adecuada al uso propuesto y elegir de la tabla el grado de ensaye correspondiente a dicha banda granulométrica.

PROCEDIMIENTO

11. Pese los tamaños de las fracciones correspondientes al grado elegido, de acuerdo con la Tabla A0511_1. Registre la masa del total de material por ensayar como masa inicial de la muestra (m_i), aproximando a 1 g.
12. Coloque la masa inicial de material en la máquina de Los Ángeles y ensaye de acuerdo con el grado elegido (número y masa de esferas, y número de revoluciones), según Tabla A0511_1.

Nota 4: Seleccione las esferas de manera tal que la suma de sus masas individuales cumpla con los valores estipulados en la Tabla A0511_1.

13. Una vez completado el número de revoluciones correspondiente, saque el material de la máquina evitando pérdidas y contaminaciones.
14. Separe la carga abrasiva.
15. Efectúe un primer tamizado en un tamiz de 2,36 mm o superior, a fin de evitar dañar el tamiz de corte (1,7 mm).
16. Tamice manualmente el material bajo 2,36 mm por tamiz de 1,7 mm (N° 12), según procedimiento de tamizado final descrito en el punto 14 del Método A0506.
17. Reúna todo el material retenido en ambos tamices, lávelo, séquelo hasta masa constante en horno a $100 \pm 5^\circ \text{C}$ y deje enfriar a temperatura ambiente.
18. Pese y registre la masa del material retenido como masa final de la muestra (m_f), aproximando a 1 g.

CÁLCULOS

Calcule el desgaste del árido como el porcentaje de pérdida de masa de la muestra, aproximando a un decimal, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$P(\%) = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} \cdot 100$$

Donde:

P : Pérdida de masa de la muestra (%).

m_i : Masa inicial de la muestra (g).

m_f : Masa final de la muestra (g).

Nota 5: Los resultados de ensaye de los grados 1, 2 y 3 con 1.000 revoluciones no tienen relación consistente con los resultados de los grados 4, 5, 6 y 7 con 500 revoluciones y, por lo tanto, no son comparables.

INFORME

El informe debe incluir al menos los siguientes antecedentes:

19. Nombre del contrato y empresa contratista

- d) Identificación de la muestra (tipo de material, procedencia, lugar y fecha de muestreo).
- e) Grado de ensaye elegido.
- f) Resultado del ensaye.
- g) Fecha del ensaye.
- h) Cualquier otra información específica relativa al ensaye o al árido analizado.
- i) La referencia a este método.

TABLA A0511.1 GRADOS DE ENSAYE (DEFINIDOS POR SUS RANGOS DE TAMAÑO, EN MM)

Tamaño de Partículas (mm)	1 (80-40)	2 (75-25)	3 (40-20)	4 (40-10)	5 (20-10)	6 (10-5)	7 (5-2,5)
	Tamaño de las fracciones (g)						
75 - 63	2.500 ± 50						
63 - 50	2.500 ± 50						
50 - 37,5	5.000 ± 50	3.000 ± 25					
37,5 - 25		5.000 ± 50	5.000 ± 25	1.250 ± 10			
25 - 19			5.000 ± 25	1.250 ± 25			
19 - 12,5				1.250 ± 10	2.500 ± 10		
12,5 - 8,5				1.250 ± 25	2.500 ± 10		
8,5 - 6,3						2.500 ± 10	
6,3 - 4,75						2.500 ± 10	
4,75 - 2,36							5.000 ± 10
Masa inicial de muestra (M)	10.000 ± 100	10.000 ± 75	10.000 ± 50	5.000 ± 10	5.000 ± 10	5.000 ± 10	5.000 ± 10
Esfueros							
- número	12		12		11	8	6
- masa (g)	5.00 ± 25		5.000 ± 25		4.504 ± 25	3.330 ± 25	2.500 ± 15
Número de revoluciones	1.000			500			

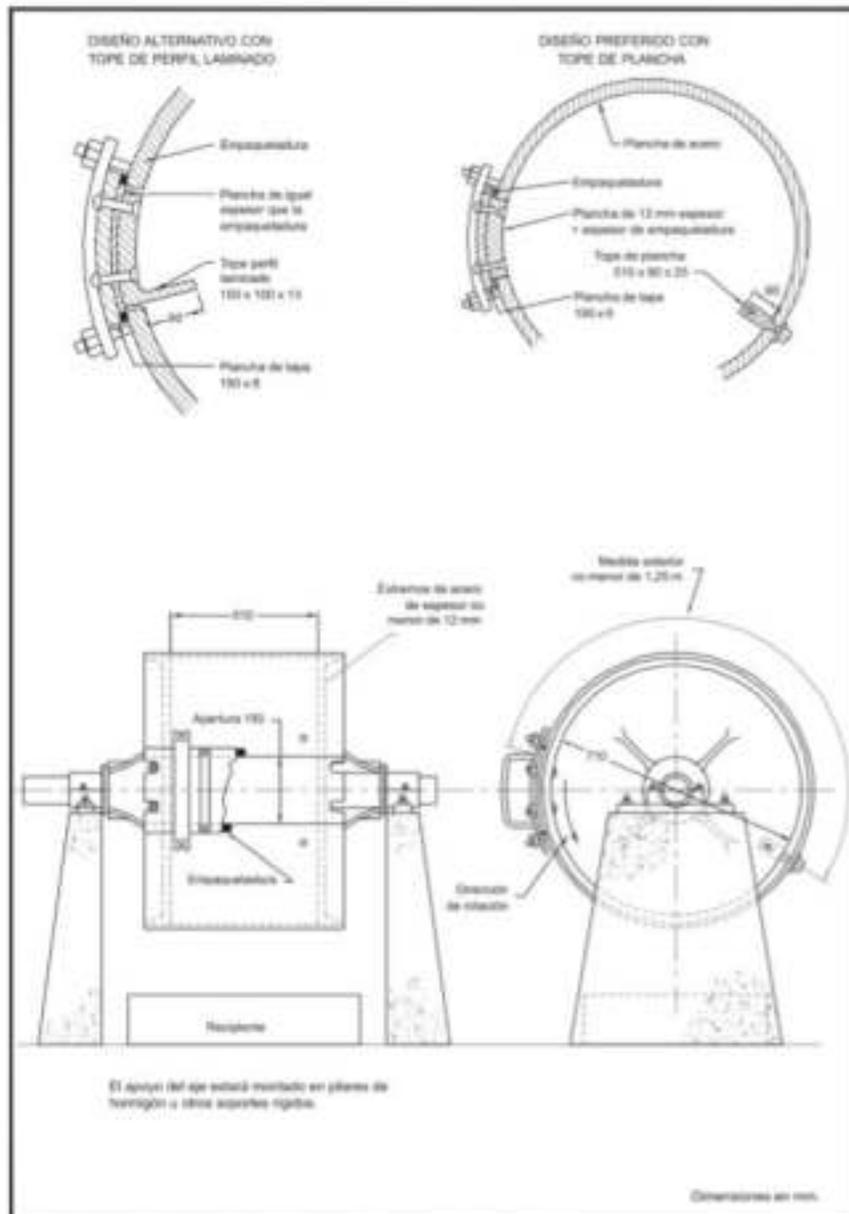


FIGURA A0511_1 MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

A0518. MÉTODOS PARA DETERMINAR LA DENSIDAD APARENTE (ASTM E 30 AASHTO T19M-00)

OBJETO

Este método establece los procedimientos para determinar la densidad aparente de los áridos. Es aplicable a los áridos que se emplean en la elaboración de morteros, hormigones, tratamientos superficiales y mezclas asfálticas.

DEFINICIONES

1. Huecos
Espacios vacíos entre las partículas de áridos.
2. Poros
Espacios vacíos interiores de una partícula de áridos.
 - a) Poro accesible: poro permeable o abierto.
 - b) Poro inaccesible: poro impermeable o cerrado.
3. Densidad (ρ)
Es el cociente entre la masa (m) de una sustancia y su volumen (v) a una temperatura especificada. Se expresa en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3).
 - a) Densidad aparente (Densidad a granel, Densidad bruta) (ρ_a): Densidad que considera el volumen macizo de las partículas de un pétreo más el volumen de los poros y de los huecos. Corresponde a la capacidad de la medida que lo contiene.
 - b) Densidad aparente compactada (ρ_m): Densidad aparente del pétreo compactado en la medida que lo contiene, según los procedimientos indicados en este método.
 - c) Densidad aparente suelta (ρ_{su}): Densidad aparente del pétreo vaciado en la medida que lo contiene, según el procedimiento indicado en este método.
4. Medida
Recipiente de capacidad volumétrica normal.
5. Secado hasta masa constante
Límite de secado en que dos pesadas sucesivas, separadas por una hora de secado en horno, difieren en un porcentaje igual o inferior al 0,1 % de la menor masa determinada.

EQUIPOS Y MATERIALES

6. Balanza
De capacidad superior a la masa de la medida llena con un árido de densidad aparente de 2.000 Kg/m^3 y una precisión de 0,1 g.
7. Horno
Con circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensayo.
8. Varilla pisón
Barra cilíndrica de acero liso de 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud, con sus extremos terminados en semiesferas de 16 mm de diámetro.
9. Medidas
Metálicas, impermeables y provistas de dos asas. Su forma interior debe ser un cilindro recto abierto por una de sus caras planas y rectificado para asegurar sus dimensiones.

- a) Dimensiones. Las dimensiones son las que se indican en la Tabla A0516_1 y podrán emplearse para áridos de tamaño máximo nominal igual o inferior a los señalados en la primera columna.

TABLA A0516_1 DIMENSIONES DE LAS MEDIDAS

Tamaño Máximo Normal del Árido (mm)	Capacidad Volumétrica		Diámetro Interior (mm)	Altura Interior (mm)	Espesor mínimo del metal	
	m ³	l			Borde (mm)	Pared (mm)
16	0,003	3	155 ± 2	160 ± 2	5	2,5
25	0,010	10	205 ± 2	205 ± 2	5	2,5
50	0,015	15	255 ± 2	295 ± 2	5	3,0
100	0,030	30	355 ± 2	395 ± 2	5	3,0

* Basado en tamices de abertura cuadrada de acuerdo con el Método A0506.

- b) Refuerzos. Además de cumplir con los espesores mínimos indicados en la Tabla A0516_1, las medidas de 15 y 30 litros serán reforzadas en sus bordes por una pleina de 3 a 5 mm de espesor y 40 mm de ancho, a fin de conservar su forma y dimensiones interiores en el trabajo brusco que requiera este ensayo.
- c) Determinación de la capacidad volumétrica de la medida. Determine el volumen de la medida con una precisión de 0,1%, pesando la masa de agua que llena la medida y dividiendo esta masa por la densidad del agua a la temperatura en que se encuentra.
10. Herramientas y accesorios
- Palas, poncha, brocha, caja para secado, etc., necesarias para los procedimientos establecidos en el presente método.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Extracción de muestras

Extraiga y prepare las muestras de acuerdo con los Métodos A0505 y A0504.

Tamaño de la muestra de ensayo

Será un volumen de árido aproximadamente igual al doble de la capacidad volumétrica de la medida correspondiente.

Preparación de la muestra de ensayo

- a) Pueden emplearse áridos provenientes del ensayo de tamizado, debidamente homogeneizados.
- b) Seque la muestra de ensayo hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ y homogenice la cuidadosamente, asegurando la incorporación de todas las partículas más finas que la componen.

PROCEDIMIENTO

Determinación de la densidad aparente compactada

11. Procedimiento por apisonado

Se aplica a áridos de tamaño nominal igual o menor que 50 mm.

- a) Llene la medida en tres capas de espesores aproximadamente iguales, teniendo la última capa un exceso de árido por sobre el borde de la medida.
- b) Empareje cada capa y compacte mediante 25 golpes de pisón uniformemente repartidos.
- c) Apisone la capa inferior en todo su espesor evitando dañar el fondo de la medida.
- d) Apisone las capas superiores haciendo penetrar el pisón en la capa inmediatamente inferior.
- e) Elimine el exceso de árido empleando la varilla pisón como regla de enrase, sin presionar (Nota 1).
- f) Determine y registre la masa (kg) del árido compactado que llena la medida, aproximando al 0,1 %.

Nota 1. En los áridos gruesos se considera que las pequeñas salientes de algunas partículas se compensan con los huecos que quedan hacia el interior en relación al plano del borde de la medida, por lo tanto evite retener dichos huecos agregando partículas menores.

12. Procedimiento por percusión

Se aplica a los áridos de tamaño máximo nominal o superior que 50 mm e igual o inferior que 100 mm.

- Llene la medida en tres capas de espesores aproximadamente iguales, teniendo la última capa un exceso de árido por sobre el borde de la medida.
- Empareje cada capa.
- Compacte cada capa levantando la medida alternativamente por sus asas opuestas, a una altura aproximada de 5 cm. y dejándola caer contra una base firme (por ejemplo un pavimento de hormigón).
- Repita hasta completar 50 percusiones dejando caer la medida 25 veces de cada asa.
- Elimine el exceso de árido empleando la varilla pisón como regla de enrase, sin presionar (Nota 1).
- Determine y registre la masa (kg) del árido compactado que llena la medida, aproximando al 0,1%.

Determinación de la Densidad Aparente Suelta

13. Procedimiento por simple vaciado

Se aplica a los pétreos de tamaño máximo nominal igual o inferior que 100 mm.

Nota 2: Este procedimiento es también aplicable a los pétreos finos en estado homado.

- Llene la medida con una pala, descargándola desde una altura de aproximadamente 5 cm sobre el borde superior de la medida.
- Desplace la pala o poruña alrededor del borde, distribuyendo uniformemente el vaciado.
- Elimine el exceso de árido empleando la varilla pisón como regla de enrase, sin presionar (Nota 1).
- Determine y registre la masa (kg) del árido suelto que llena la medida aproximando al 0,1%.

CÁLCULOS

14. Densidad aparente compactada (ρ_{ac})

Calcule la densidad aparente compactada para cada ensaye según la fórmula siguiente, aproximando a 1 kg/m³.

$$\rho_{ac} (\text{kg/m}^3) = \frac{m_c}{V}$$

Donde:

m_c : Masa de árido compactado que llena la medida (kg)

V : Capacidad volumétrica de la medida (m³).

15. Densidad aparente suelta (ρ_{as})

Calcule la densidad aparente suelta (Nota 3) para cada ensaye según la fórmula siguiente, aproximando a 1 kg/m³.

$$\rho_{as} (\text{kg/m}^3) = \frac{m_s}{V}$$

Donde:

m_s : Masa del pétreo suelto que llena la medida (kg)

V : Capacidad volumétrica de la medida (m³).

Calcule la densidad aparente como el promedio aritmético de dos ensayes sobre muestras gemelas, aproximando a 10 kg/m³.

ACEPTACIÓN DE RESULTADOS

16. Acepte la determinación de cada densidad aparente cuando la diferencia entre los dos resultados obtenidos por un mismo operador, en ensayes sobre muestras gemelas, sea igual o inferior que 30 kg/m³.

17. Ensaye dos nuevas muestras gemelas cuando no se cumpla con lo especificado en el párrafo anterior.

Nota 1: Para el uso de los áridos fríos en estado húmedo, calcule la densidad aparente suelta según la fórmula siguiente:

$$\rho_{s, \text{ húmeda}} (\text{Kg/m}^3) = \frac{m_{s, \text{ húmeda}}}{V}$$

Para aceptar la determinación, la diferencia entre resultados de ensaye sobre muestras gemelas deberá ser igual o inferior que 50 kg/m^3 .

Cuando se realice este ensaye, en el informe deberá indicarse también el contenido de humedad del árido expresado como porcentaje de la masa del árido seco.

INFORME

El informe incluirá lo siguiente:

- Nombre del contrato y contratista.
- Clase de árido.
- Procedencia de la muestra.
- Procedimiento del ensaye empleado.
- Resultado del ensaye.
- Fecha de ensaye.
- Cualquier otra información específica relativa al ensaye o al árido.

A0519. MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD REAL, LA DENSIDAD NETA Y LA ABSORCIÓN DE AGUA EN ÁRIDOS GRUESOS (ASTM E 127 AASHTO T85-91)

OBJETO

Este método establece los procedimientos para determinar la densidad real, la densidad neta y la absorción de agua en áridos gruesos.

Es aplicable a los áridos gruesos de densidad neta entre 2.000 y 3.000 kg/m³, que se emplean en el análisis de suelos, elaboración de hormigones y obras asfálticas.

DEFINICIONES

1. Árido Grueso

Material árido retenido en el tamiz de 4,75 mm (Nº 4) en el caso de suelos y hormigones, y en el tamiz de 2,36 mm (Nº 8) cuando se utiliza en asfaltos.

2. Huecos

Espacios vacíos entre las partículas de un material árido.

3. Poros

Espacios vacíos interiores de una partícula de material árido.

- a) Poro accesible: poro permeable o abierto.
- b) Poro inaccesible: poro impermeable o cerrado.

4. Densidad (ρ)

Es el cociente entre la masa (m) y el volumen (v) de un material pétreo a una temperatura especificada. Se expresa en kg/m³.

- a) Densidad real (ρ_s). Densidad en que se considera el volumen macizo de las partículas de material árido, más el volumen de los poros accesibles e inaccesibles de esas partículas.
 - Densidad real del árido seco (ρ_{sD}). Densidad real en que se considera solamente la masa del árido seco.
 - Densidad real del árido saturado superficialmente seco (ρ_{sT}). Densidad real en que se considera la masa del árido seco más la masa del agua que llena los poros accesibles.
- b) Densidad neta (ρ_N). Densidad en que se considera el volumen macizo de las partículas de material pétreo más el volumen de los poros inaccesibles.

5. Absorción de agua (α)

Masa de agua necesaria para llevar un material árido del estado seco al estado saturado superficialmente seco. Se expresa como porcentaje referido a la masa del pétreo seco.

6. Árido seco

Material secado en horno hasta masa constante. Esta condición se obtiene cuando dos pesadas sucesivas, separadas por 1 h de secado a $110 \pm 5^\circ \text{C}$, difieren en un porcentaje igual o inferior al 0,1 % de la menor masa determinada.

EQUIPOS Y MATERIALES

7. Balanza

De capacidad superior a la masa del canastillo portamuestra más la masa de la muestra de ensayo y una precisión mínima de 1 g.

8. Horno

Con circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensayo.

9. Canastillo portamuestra

De alambre de acero inoxidable lo suficientemente resistente para soportar el peso de la muestra, con malla de abertura igual o inferior que 2 mm y de capacidad igual o superior a 4 l. Además, debe estar provisto de un dispositivo que permita suspenderlo del platillo de la balanza.

10. Estanque

Impermeable, inoxidable, de forma y capacidad tal que permita contener totalmente y con holgura el canastillo portamuestra, de acuerdo con el procedimiento especificado en este método.

11. Recipientes

Deben estar limpios, de material resistente, estancos y de capacidad suficiente para contener la muestra de ensaye.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS**Extracción de muestras**

Extraiga y prepare las muestras de acuerdo con los Métodos A0504 y A0505.

Tamaño de la muestra de ensaye

La cantidad mínima de muestra para el ensaye se determina según la Tabla A0519_1, en función del tamaño máximo nominal del árido.

TABLA A0519_1 CANTIDAD MÍNIMA DE MUESTRA SEGÚN TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL ÁRIDO

Tamaño máximo nominal (mm)	Cantidad mínima de muestra (g)
12,5	2.000
19	3.000
25	4.000
37,5	5.000
50	8.000

Preparación de la muestra de ensaye

- Puede emplear el material proveniente del ensaye de tamizado, debidamente homogeneizado.
- Elimine por tamizado las partículas inferiores a 4,75 mm, en el caso de hormigones y suelos y las partículas inferiores a 2,36 mm, en el caso de asfaltos.
- Lave la muestra hasta remover el polvo superficial o cualquier materia extraña adherida a las partículas.
- Seque la muestra hasta masa constante en un horno a $110 \pm 5^\circ \text{C}$.
- Entré la muestra al aire a temperatura ambiente por un período de $24 \pm 4 \text{ h}$.
- Sumerja la muestra en agua a temperatura ambiente por un período de $24 \pm 4 \text{ h}$.

Nota 1: Se debe tener presente que existen áridos cuya saturación no se completa en 24 h. En ese caso se necesita continuar el control de absorción hasta que dos pesadas sucesivas, separadas por una hora de inmersión, difieran en un porcentaje igual o inferior que el 0,1 % de la menor masa determinada.

PROCEDIMIENTO

Efectúe las siguientes pesadas a la muestra de ensaye:

12. Pesada al aire ambiente del árido saturado superficialmente seco

- Retire la muestra del agua y seque superficialmente las partículas, haciéndolas rodar sobre un paño absorbente húmedo hasta que desaparezca la película visible de agua adherida. Seque individualmente las partículas mayores manteniendo el árido, ya secado superficialmente, cubierto por un paño húmedo hasta el momento de pesar. Efectúe toda la operación en el menor tiempo posible.
- Determine inmediatamente la masa del pétreo saturado superficialmente seco, por pesada al aire ambiente, aproximando a 1 g. Registre su valor como M_{as} .

13. Pesada sumergida

- Coloque la muestra inmediatamente en el canastillo porta muestra.
- Sumerja el canastillo en agua a $20 \pm 3^\circ \text{C}$, por un período de al menos 3 min.

- c) Determine la masa sumergida, aproximando a 1 g. Registre su valor como M_{31M} .

Nota 2: Mantenga el canastillo y su contenido totalmente sumergidos durante la operación. Debe procurarse que el elemento de suspensión del canastillo tenga la menor dimensión posible, a fin de minimizar su efecto sobre los resultados.

14. Pesada al aire ambiente del árido seco

- Retire la muestra del canastillo y vacíela completamente del recipiente, cuidando de no dejar partículas atrapadas.
- Seque la muestra hasta masa constante en horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$.
- Entré la muestra hasta temperatura ambiente, en lo posible dentro de un recipiente protegido, para evitar la absorción de humedad del aire.
- Determine la masa de la muestra seca, por pesada al aire ambiente, aproximando a 1 g. Registre su valor como M_2 .

CÁLCULOS

15. Densidad real (ρ_R)

- a) Densidad real del pétreo saturado superficialmente seco (ρ_{RT}). Calcule la densidad real del pétreo saturado superficialmente seco según la fórmula siguiente, aproximando a 1 kg/m^3 .

$$\rho_{RT} (\text{Kg/m}^3) = \frac{M_{333}}{M_{333} - M_{31M}} \cdot 1.000 (\text{Kg/m}^3)$$

- b) Densidad real del árido seco (ρ_{R2}). Calcule la densidad real del árido seco según la fórmula siguiente, aproximando a 1 Kg/m^3 .

$$\rho_{R2} (\text{Kg/m}^3) = \frac{M_2}{M_{333} - M_{31M}} \cdot 1.000 (\text{Kg/m}^3)$$

16. Densidad neta (ρ_N)

Calcule la densidad neta según la fórmula siguiente, aproximado a 1 kg/m^3 .

$$\rho_N (\text{Kg/m}^3) = \frac{M_2}{M_2 - M_{31M}} \cdot 1.000 (\text{Kg/m}^3)$$

17. Absorción de agua (α)

Calcule la absorción de agua según la fórmula siguiente, aproximando a la centésima en porcentaje.

$$\alpha (\%) = \frac{M_{333} - M_2}{M_2} \cdot 100$$

Donde:

ρ : Densidad (Kg/m^3)

α : Absorción (%)

M_{31M} : Masa del árido sumergida (g).

M_{333} : Masa del árido saturado superficialmente seco (g).

M_2 : Masa del árido seco (g).

Nota 3: Para efectos prácticos se considerará la densidad del agua como 1.000 kg/m^3 en lugar del valor real a 20°C que es 999.99 kg/m^3 .

Expresión de Resultados

- Determine la densidad real, la densidad neta y la absorción de agua de un árido como el promedio aritmético de dos ensayos sobre muestras gemelas.
- Expresar las densidades en kg/m^3 , aproximando a 1 kg/m^3 . Expresar la absorción en porcentaje, aproximando a la centésima.

PRECISIÓN

Acepte la determinación de densidad real, densidad neta y absorción de agua de los áridos gruesos, cuando la diferencia entre los valores obtenidos de los dos ensayos realizados por uno o más laboratoristas, sea

- a) Igual o inferior que 20 kg/m^3 en la determinación de densidades.
- b) Igual o inferior que 3 décimas porcentuales en la determinación de la absorción de agua.

INFORME

El informe debe incluir lo siguiente:

- a) Nombre del contrato y contratista.
- b) Identificación y procedencia de la muestra.
- c) Fecha de muestreo.
- d) Resultado del ensayo.
- e) Fecha de ensayo.
- f) Cualquier otra información específica relativa al ensayo o al árido analizado.
- g) Referencia a este método.

A0520. MÉTODO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD REAL, LA DENSIDAD NETA Y LA ABSORCIÓN DE AGUA EN ÁRIDOS FINOS (ASTM E 128 AASHTO T84-00)

OBJETO

- a) Este método establece los procedimientos para determinar la densidad real, la densidad neta y la absorción de agua de los áridos finos.
- b) Es aplicable a los áridos finos de densidad neta entre 2.000 y 3.000 kg/m³, que se emplean en la elaboración de hormigones y obras asfálticas.

DEFINICIONES

1. **Árido Fino**
Material pétreo que pasa el tamiz de 4,75 mm (N° 4) en el caso de hormigones, y que pasa el tamiz de 2,36 mm (N° 8) cuando se utiliza en asfaltos.
2. **Huecos**
Espacios vacíos entre las partículas de un material árido.
3. **Poros**
Espacios vacíos interiores de una partícula de material árido.
 - a) Poro Accesible: poro permeable o abierto.
 - b) Poro Inaccesible: poro impermeable o cerrado.
4. **Densidad**
Es el cociente entre la masa (m) y el volumen (v) de un material árido a una temperatura especificada. Se expresa en kg/m³.
 - a) **Densidad real (ρ_s)**: Densidad en que se considera el volumen macizo de las partículas de material árido, más el volumen de los poros accesibles e inaccesibles de esas partículas.
 - Densidad real del árido seco (ρ_{sD}): Densidad real en que se considera solamente la masa del árido seco.
 - Densidad real del árido saturado superficialmente seco (ρ_{sDf}): Densidad real en que se considera la masa del pétreo seco más la masa del agua que llena los poros accesibles.
 - b) **Densidad neta (ρ_y)**: Densidad en que se considera el volumen macizo de las partículas de material árido más el volumen de los poros inaccesibles.
5. **Absorción de agua**
Masa de agua necesaria para llevar un material árido del estado seco al estado saturado superficialmente seco. Se expresa como porcentaje referido a la masa del árido seco.
6. **Árido seco**
Material secado en horno hasta masa constante. Esta condición se obtiene cuando dos pesadas sucesivas, separadas por 1 hora de secado a 110 ± 5 °C, difieren en un porcentaje igual o inferior al 0,1 % de la menor masa determinada.

EQUIPOS Y MATERIALES

7. Balanza

De capacidad superior a 1 kg y una precisión mínima de 0,1 g.

8. Horno

Con circulación de aire y temperatura regulable para las condiciones del ensayo.

9. Recipientes

Limpios, de material resistente, estancos y de capacidad suficiente para contener la muestra del ensayo.

10. Matraz

Es un matraz aforado en el que se pueda introducir fácilmente la muestra de ensayo. Debe llevar una marca de calibración que indique el volumen contenido con una precisión de $\pm 0,1$ ml. Dicho volumen excederá a lo menos en un 50 % al volumen aparente de la muestra de pétreo fino. Se recomienda emplear un matraz de 500 cm³ de capacidad. También puede emplearse un picnómetro.

11. Molde

Con forma tronco - cónica, de 40 ± 3 mm de diámetro en la parte superior, 90 ± 3 mm de diámetro en la parte inferior y 75 ± 3 mm de altura. Confeccionado con una plancha metálica de un espesor igual o superior que 0,8 mm.

12. Pisón

Es una varilla metálica, con uno de sus extremos de sección plana y circular, de 25 ± 3 mm de diámetro. Debe tener una masa de 340 ± 15 g.

EXTRACCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Extracción de muestras

Extraiga y prepare las muestras de acuerdo con los Métodos A0504 y A0505.

Tamaño de la muestra de ensayo

Para cada ensayo se usará una cantidad de árido fino superior a 50 g e inferior a 500 g.

Preparación de la muestra de ensayo

- Corte el material retenido en tamiz de referencia (4,75 mm para hormigón o 2,36 mm para asfalto).
- Si la muestra de laboratorio contiene un porcentaje superior al 15 % de material retenido sobre el tamiz de referencia, considérela como un integral y determine los porcentajes de la fracción retenida y de la fracción que pasa respecto del total de dicha muestra.

Ensaye la fracción retenida de acuerdo con el Método A0519 y la fracción que pasa de acuerdo con este Método de ensayo.

- Reduzca por cuarteo, de acuerdo con el Método A0505, la muestra de terreno o la fracción que pasa indicada en "Preparación de la muestra de ensayo" punto b), a una cantidad de árido de aproximadamente el doble del tamaño de muestra de laboratorio requerido.

Nota 1. La muestra debe humedecerse antes de efectuar la reducción para evitar la segregación y pérdidas de peso.

- Seque el árido en horno a una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Cubra el árido en su totalidad con el mínimo de agua a temperatura ambiente, necesaria para asegurar su saturación en un período de 24 ± 4 h.

PROCEDIMIENTO

- Elimine paulatinamente el exceso de agua, evitando la pérdida de finos. Revuelva la muestra frecuentemente para asegurar un secado uniforme, hasta llevarla a su condición suelta.

Nota 2. La eliminación del exceso de agua de la muestra no se debe realizar a fuego directo, ni tampoco utilizar para ello fuentes calientes de aire.

- b) Coloque el molde cónico sujeto firmemente contra una superficie lisa, plana y no absorbente, con su diámetro mayor hacia abajo. Bénélo con el árido en condición suelta en una capa y enráselo.
- c) Compacte suavemente con 25 golpes de pisón uniformemente distribuidos sobre la superficie. En cada golpe deje caer el pisón libremente desde una altura de 5 mm sobre la superficie del árido. Dicha altura debe conservarse, ajustándola a la nueva elevación de la muestra después de cada golpe.
- d) Remueva cuidadosamente todo material sobrante en la superficie. Levante el molde verticalmente. Si hay humedad libre la muestra conservará la forma del cono. En este caso elimine el exceso de humedad, repitiendo el procedimiento, a intervalos frecuentes, desde a). Cuando, al retirar el molde, el árido caiga suavemente según su talud natural, será indicación que éste ha alcanzado la condición saturada superficialmente seca.

Nota 1. La primera verificación de humedad mediante el molde del cono debe hacerse cuando aún permanece un mínimo de agua libre, por lo tanto, si el cono se agienta en esta primera verificación, añada una pocas cm³ de agua con el árido y déjelo en un recipiente cubierto durante 20 min y pruébalo desde a).

- e) Inmediatamente que el árido alcance la condición de saturado superficialmente seco, obtenga el tamaño de muestra de ensaye requerido, pese y registre su masa.
- f) Coloque la muestra en el matraz y cúbrala con agua a una temperatura de 20 ± 3° C, hasta alcanzar aproximadamente 2/3 del volumen del matraz.
- g) Agite el matraz a fin de eliminar burbujas de aire golpeándolo ligeramente contra la palma de la mano. En caso de pétreos muy finos, se debe utilizar una bomba de vacío.
- h) Deje reposar durante 1 h manteniendo una temperatura de 20 ± 3° C.
- i) Llene con agua a 20 ± 3° C hasta la marca de calibración, agite y deje reposar un instante.
- j) Mida y registre la masa total del matraz con la muestra de ensaye y el agua (Mm).
- k) Saque la muestra del matraz, evitando pérdidas de material, y séquela hasta masa constante en horno a una temperatura de 110 ± 5° C. Déjela enfriar a temperatura ambiente. Determine y registre la masa de la muestra de ensaye en condición seca (ms).
- l) Llene el matraz solamente con agua a una temperatura de 20 ± 3° C hasta la marca de calibración. Mida y registre la masa del matraz con agua (Ma).

CÁLCULOS

13. Densidad real

- a) Densidad Real del árido saturado superficialmente seco (ρ_{sT}). Calcule la densidad real del árido saturado superficialmente seco, según la fórmula siguiente, aproximando a 1 kg/m³.

$$\rho_{sT} (\text{Kg/m}^3) = \frac{M_{sT}}{Ma + M_{sT} + M_w} \cdot 1.000 (\text{Kg/m}^3)$$

$$\rho_{sS} (\text{Kg/m}^3) = \frac{M_s}{Ma + M_{sT} - Mm} \cdot 1.000 (\text{Kg/m}^3)$$

- b) Densidad Real del árido Seco (ρ_{sS}). Calcule la densidad real del pétreo seco, según la fórmula siguiente, aproximando a 1 kg/m³.

14. Densidad Neta (ρ_N)

Calcule la densidad neta, según la fórmula siguiente, aproximando a 1kg/m³.

$$\rho_N (\text{Kg/m}^3) = \frac{M_s}{Ma + M_s - Mm} \cdot 1.000 (\text{Kg/m}^3)$$

15. Absorción de Agua (α)

Calcule la absorción de agua, según la fórmula siguiente, aproximando a la centésima, en porcentaje

$$\alpha (\%) = \frac{M_{sT} - M_s}{M_s} \cdot 100$$

Donde

- ρ : Densidad (kg/m³)
- α : Absorción (%)
- M_s : Masa de la muestra seca (g).

M_{IST} : Masa de la muestra saturada superficialmente seca (g).

M_c : Masa del matraz con agua hasta la marca de calibración (g).

M_m : Masa del matraz con la muestra más agua hasta la marca de calibración (g).

Expresión de resultados

- La densidad real, la densidad neta y la absorción de agua de un árido fino se determinan como el promedio aritmético de dos ensayos sobre muestras gemelas.
- En el caso de un integral, la densidad real, la densidad neta y la absorción de agua de los áridos se calculan como el promedio ponderado de la densidad real, densidad neta y la absorción de agua, respectivamente, obtenidas mediante el ensayo por separado de sus dos fracciones, de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$\rho(\text{Kg/m}^3) = \frac{1}{100} \cdot (\rho_r \cdot P_r + \rho_p \cdot P_p)$$

$$\alpha(\%) = \frac{1}{100} \cdot (\alpha_r \cdot P_r + \alpha_p \cdot P_p)$$

Donde:

ρ : Densidad (real o neta) del integral (kg/m^3).

ρ_r : Densidad (real o neta) de la fracción retenida (kg/m^3).

ρ_p : Densidad (real o neta) de la fracción que pasa (kg/m^3).

P_r : Porcentaje en masa de la fracción retenida (%).

P_p : Porcentaje en masa de la fracción que pasa, (%).

α : Absorción de agua del integral (%).

α_r : Absorción de agua de la fracción retenida (%).

α_p : Absorción de agua de la fracción que pasa (%).

- Expresar las densidades en kg/m^3 , aproximando a 1 kg/m^3 , y la absorción en porcentaje, aproximando a la centésima.

PRECISIÓN

Acepte la determinación de densidad real, densidad neta y absorción de agua de los áridos finos, cuando la diferencia entre los valores obtenidos de los dos ensayos realizados por uno o más laboratoristas sea:

- Igual o inferior que 20 kg/m^3 en la determinación de densidades.
- Igual o inferior que 4 décimas porcentuales en la determinación de la absorción de agua.

INFORME

El informe debe incluir lo siguiente:

- Nombre del contrato y contratista.
- Identificación y procedencia de la muestra.
- Fecha de muestreo.
- Resultado del ensayo.
- Fecha de ensayo.
- Cualquier otra información específica relativa al ensayo o al árido analizado.
- Referencia a este método.

A0613. MÉTODO DE DISEÑO MARSHALL

OBJETO

Este procedimiento es aplicable a mezclas en caliente con cementos asfálticos que contengan áridos con tamaño máximo absoluto igual o inferior a 25 mm. Se puede usar tanto para el diseño en laboratorio como en el control de terreno, y describe una metodología para determinar el óptimo de asfalto en las mezclas.

DETERMINACIONES PREVIAS

1. Determine la densidad real seca de cada árido que participa en la mezcla y la del filler, si lo hubiere, de acuerdo a los Métodos A0519, A0520 según corresponda.
2. Determine la densidad del cemento asfáltico a 25 °C según Método A0102.
3. Determine la densidad máxima de la mezcla suelta según Método A0505, para un contenido de asfalto próximo al óptimo previsto.
4. Prepare las probetas según Método A0608.
5. Determine las densidades de las probetas compactadas, según Método A0606.
6. Mida la Estabilidad y la Fluencia de las mezclas usando el equipo Marshall, según Método A0608.

Nota: Dado que la densidad real seca del filler mineral es difícil de determinar en forma precisa, se recomienda utilizar el método de Le Chatelier.

CÁLCULOS

7. Cálculo de la densidad real seca ponderada de la mezcla de áridos

Cuando la mezcla está compuesta por dos o más áridos, todos con diferentes densidades reales, calcule la densidad real seca de la mezcla de áridos de acuerdo a la expresión:

$$\rho_{RS} = P_1 \cdot \rho_{RS1} + P_2 \cdot \rho_{RS2} + \dots + P_n \cdot \rho_{RSn}$$

Donde:

ρ_{RS} : Densidad real seca de la mezcla de agregados.
 P_1, P_2, \dots, P_n : Porcentajes en peso de los áridos 1, 2, ..., n, expresados en forma decimal.

$\rho_{RS1}, \rho_{RS2}, \dots, \rho_{RSn}$: Densidades reales secas de los áridos 1, 2, ..., n.

8. Cálculo de la densidad efectiva del árido.

Calcule la densidad efectiva del árido mediante la expresión:

$$\rho_E = \frac{100}{100 + P_1 \cdot \frac{D_{max}}{\rho_1}}$$

Donde:

ρ_E : Densidad efectiva del árido (kg/m³).
 P_1 : Porcentaje de asfalto referido al árido (%).
 D_{max} : Densidad máxima de la mezcla suelta (kg/m³).
 ρ_1 : Densidad del asfalto (kg/m³).

9. Cálculo del porcentaje de asfalto absorbido.

El asfalto absorbido se expresa como un porcentaje referido al árido y se calcula con la fórmula siguiente:

$$P_{3a} = \left(\frac{1}{\rho_{32}} - \frac{1}{\rho_2} \right) \times \rho_3 \times 100$$

Donde:

P_{3a} : Porcentaje de asfalto absorbido, referido al árido (%).

ρ_{32} : Densidad real seca del árido (kg/m^3).

ρ_2 : Densidad efectiva del árido (kg/m^3).

ρ_3 : Densidad del asfalto (kg/m^3).

10. Cálculo de la densidad máxima de la mezcla para distintos contenidos de asfalto.

Al calcular el porcentaje de huecos de aire en la mezcla, es necesario conocer D_{max} para cada porcentaje de asfalto considerado. Si bien esto se puede hacer a través del Método A0605 para cada contenido de asfalto, la precisión del ensaye es mejor cuando se aproxima al contenido de asfalto óptimo. Una vez obtenida la D_{max} para un determinado contenido de asfalto y calculada la densidad efectiva del árido, calcule la D_{max} de la mezcla para cualquier otro porcentaje de asfalto, de acuerdo a la fórmula:

$$D_{max} = \frac{100 + P_1}{\frac{100}{\rho_2} + \frac{P_1}{\rho_3}}$$

Donde:

D_{max} : Densidad máxima de la mezcla (kg/m^3).

P_1 : Porcentaje de asfalto referido al árido (%).

ρ_2 : Densidad efectiva del árido (kg/m^3), de acuerdo a 8.

ρ_3 : Densidad del asfalto (kg/m^3).

11. Contenido de asfalto útil

El contenido de asfalto útil (P_{3u}) de una mezcla, corresponde al contenido de asfalto total menos el contenido de asfalto absorbido por el árido. Se calcula de acuerdo a la fórmula:

$$P_{3u} = P_3 - P_{3a}$$

Donde:

P_{3u} : Porcentaje de asfalto útil referido al árido (%).

P_3 : Porcentaje de asfalto referido al árido (%).

P_{3a} : Porcentaje de asfalto absorbido referido al árido (%).

12. Cálculo de los Vacíos en el árido mineral

El porcentaje de vacíos en el árido mineral (VAM), se calcula de acuerdo a la fórmula:

$$VAM = 100 \times \left(1 - \frac{G}{\rho_{32}} \times \frac{100}{100 + P_1} \right)$$

Donde:

VAM: Porcentaje de vacíos en el árido mineral (%).

G: Densidad de la mezcla compactada (kg/m^3).

ρ_{32} : Densidad real seca del árido (kg/m^3).

P_1 : Porcentaje de asfalto referido al árido (%).

13. Cálculo del porcentaje de huecos de aire en la mezcla.

El porcentaje de huecos de aire en la mezcla (V_a), se calcula de acuerdo a la fórmula:

$$V_a = 100 \times \frac{D_{max} - G}{D_{max}}$$

Donde:

V_a : Porcentaje de huecos de aire en la mezcla (%).

D_{max} : Densidad máxima de la mezcla (kg/m^3), de acuerdo a 10.

G: Densidad de la mezcla compactada (kg/m^3).

14. Cálculo del porcentaje de huecos llenos con asfalto.

El porcentaje de huecos llenos con asfalto (V_{LL}), se calcula de acuerdo a la fórmula:

$$V_{LL} = 100 \times \left(1 - \frac{V_a}{VAM} \right)$$

Donde:

V_{LL} : Porcentaje de huecos llenos con asfalto (%).

V_a : Porcentaje de huecos de aire en la mezcla (%).

VAM: Porcentaje de vacíos en el árido mineral (%).

Acondicionamiento de los datos

15. Los valores de estabilidad obtenidos para probetas de espesores distintos a 63,5 mm deben corregirse, convirtiendo éstos a un valor equivalente a 63,5 mm, utilizando para ello los factores de corrección indicados en Tabla A0606_1 del Método A0606.
16. Calcule el valor promedio de la densidad, fluencia y estabilidad corregida, para todas las probetas con un mismo contenido de asfalto.
17. Confeccione los siguientes gráficos, uniendo mediante una curva suave todos los puntos obtenidos:
- Estabilidad vs porcentaje de asfalto.
 - Fluencia vs porcentaje de asfalto.
 - Densidad vs porcentaje de asfalto.
 - Huecos en la mezcla vs porcentaje de asfalto.
 - VAM vs porcentaje de asfalto.

Determinación del contenido óptimo de asfalto

18. Capa de Rodadura
- Determine el contenido óptimo de asfalto de la mezcla, considerando las curvas de densidad, estabilidad y huecos en la mezcla. De dichas curvas se determinan los porcentajes de asfalto (P_b) que entreguen:
 - Máxima estabilidad (P_{b1}).
 - Máxima densidad (P_{b2}).
 - Contenido de asfalto para un 5% de huecos (P_{b3}).

El contenido óptimo de asfalto se calcula como la media aritmética de los tres valores obtenidos, es decir:

$$P_b \text{ óptimo} = \frac{P_{b1} + P_{b2} + P_{b3}}{3}$$
 - Verifique que el contenido óptimo de asfalto, con una tolerancia de $\pm 0,3$ puntos porcentuales, cumpla con todos los requisitos de calidad exigidos a la mezcla. En caso contrario, confeccione una nueva serie de muestras.
19. Capa de Base y Capa Intermedia (Binder)

Seleccione como contenido óptimo de asfalto el porcentaje de ligante que, con una tolerancia de $\pm 0,5$ puntos porcentuales, cumpla con todos los requisitos de calidad exigidos a la mezcla.

INFORME

El informe debe incluir lo siguiente:

20. Identificación de los materiales

Indique procedencia, lugar y fecha de muestreo, tanto del asfalto como del árido.

21. Áridos

Indique los siguientes análisis para cada árido:

- a) Granulometría.
- b) Densidad aparente suelta.
- c) Densidad real seca.
- d) Densidad neta.
- e) Desgaste de Los Ángeles.
- f) Índice de Plasticidad.
- g) Equivalente de arena.
- h) Cubicidad de partículas.
- i) Dosificación de áridos.
- j) Granulometría de la mezcla de áridos.

Nota 2: En la confección del informe se debe incluir las correspondientes especificaciones de ensa

22. Asfalto

- a) Certificados de Control de Calidad.
- b) Densidad

23. Mezcla árido – asfalto

- a) Densidad máxima de la mezcla.
- b) Adherencia.
- c) Porcentaje de asfalto absorbido referido al árido.
- d) Temperatura de mezclado.
- e) Temperatura de compactación de las probetas.

24. Análisis Marshall

- a) Para cada contenido de asfalto considerado se debe incluir:
 - Densidad.
 - Huecos en la mezcla.
 - Vacíos en el agregado mineral (vam).
 - Estabilidad.
 - Fluencia
- b) Gráficos de Densidad, Huecos, VAM, Estabilidad y Fluencia con respecto a cada uno de los porcentajes de asfalto considerados.
- c) Fórmula de Trabajo
Esta comprende:
 - Banda de Trabajo, con las siguientes tolerancias:

Tamiz 4,75 mm (N° 4) y superiores.	± 5 puntos porcentuales.
Tamices 2,36 mm (N° 8) y 1,18 mm (N° 16).	± 4 puntos porcentuales.
Tamices 0,6 mm (N° 30) y 0,3 mm (N° 50).	± 3 puntos porcentuales.
Tamiz 0,15 mm (N° 100).	± 2 puntos porcentuales.
Tamiz 0,075 mm (N° 200).	± 1,5 puntos porcentuales.
Contenido óptimo de asfalto para capas de rodadura.	± 0,3 puntos porcentuales.
Contenido óptimo de asfalto para capas de base o intermedia.	± 0,5 puntos porcentuales.
 - Densidad de diseño.
 - Temperatura de mezclado.

Temperatura de inicio de compactación

Nota 3: La banda de trabajo podrá salirse de la especificada siempre que la curva granulométrica de diseño quede totalmente comprendida en la banda especificada.

CAPITULO 3

CONCRETO ASFÁLTICO SOBRE PAVIMENTO DE CONCRETO ASFÁLTICO

3.1. Introducción

Previo a la colocación de concreto asfáltico sobre un pavimento existente de concreto asfáltico deben tomarse en cuenta estas tareas:

- Reparación de áreas deterioradas y mejoras en el subdrenaje, si fuera necesario.
- Corrección del ahuellamiento superficial por fresado de la capa superficial o colocación de una capa de nivelación.
- Ensanche o construcción de carriles adicionales, si está previsto.
- Aplicación del riego de liga.
- Colocación de la sobrecarpeta de concreto asfáltico (incluyendo tratamiento de control de fisuras si fuera necesario).

3.2. Factibilidad

Este tipo de sobrecarpetas son comúnmente utilizadas, excepto cuando el pavimento existente esté tan deteriorado que justifique su remoción total. Los casos en que no es factible colocar el refuerzo de concreto asfáltico son:

- La cantidad de fisuras tipo piel de cocodrilo es muy grande que se impone una completa remoción y reemplaza de la superficie actual.
- Un ahuellamiento superficial excesivo que indique que los materiales del paquete tienen poca estabilidad para prevenir la recurrencia de este deterioro.
- La base granular o estabilizada existente muestra signos de importante deterioro y el repararla para proveer un soporte uniforme no es conveniente.
- La base granular debería ser removida y reemplazada debido a infiltración y a contaminación de material proveniente de una capa inferior de poca resistencia.
- El descascaramiento y disgregación de la carpeta indican que ésta debe ser reemplazada.

3.3. Reparaciones previas

Si de acuerdo al análisis realizado es todavía factible colocar un refuerzo, deben hacerse previamente las siguientes reparaciones cuya falla en su materialización podría incidir en la vida útil de la sobrecarpeta:

- Falla tipo piel de cocodrilo. Las áreas de fallas tipo piel de cocodrilo de gran severidad deben ser reparadas. Las áreas localizadas de fallas moderadas de piel de cocodrilo deben ser reparadas a menos que se implemente algún tipo de control de reflexión de fisuras. La reparación debe incluir la remoción de todo material débil que se encuentre por debajo.
- Fisuras lineales. Las fisuras lineales de alta severidad deben ser parchadas. Las fisuras con aberturas mayores de 6 mm deben ser rellenadas con una mezcla arena-asfalto. También debe preverse algún dispositivo de control de reflexión de fisuras para juntas transversales que experimenten movimientos de apertura y cierre.
- Ahuellamiento. Los ahuellamientos deben eliminarse mediante fresado o colocación de una capa niveladora. Cuando el ahuellamiento sea muy severo, mayor a 6 mm, se deberá realizar una investigación para determinar si se debe a fallas de capas inferiores, en cuyo caso habrá que remover toda la estructura fallada.
- Irregularidades superficiales. Depresiones, sobreelevaciones y ondulaciones requieren una investigación y tratamiento especial y, en determinados casos, remoción.

3.4. Control de reflexión de fisuras

La reflexión de fisuras en la sobrecarpeta se debe a la concentración de deformaciones debidas a movimientos en el pavimento subyacente por las cargas que producen tensiones de flexión o corte o en su caso por movimiento horizontal debida a cambios térmicos. El efecto de las cargas está influenciado por los espesores y resistencia de la sobrecarpeta y las capas inferiores y las características de los vehículos. La influencia de la temperatura depende de las variaciones diarias y estacionales, el coeficiente de expansión térmica y la separación de fisuras.

Entre los métodos para control de fisuras, además de parches y rellenos previos, se tienen:

- Las membranas sintéticas son muy efectivas en el control de reflexión de piel de cocodrilo con fisuración moderada. También pueden ser útiles para controlar reflexión de fisuras por temperatura, especialmente si están combinadas con relleno de fisuras. Sin embargo, son poco útiles para retardar reflexión de fisuras debidas a movimientos horizontales o verticales significativos.
- Las capas inhibidoras de reflexión con espesores mayores de 80 mm de espesor han sido efectivas para controlar la reflexión de fisuras debidas a grandes movimientos. Estas capas inhibidoras de reflexión están formadas por material granular de granulometría abierta y un pequeño porcentaje de cemento asfáltico.
- El cortado y sellado de juntas en el refuerzo de concreto asfáltico en correspondencia con fisuras rectilíneas del pavimento existente puede ser efectivo para control de reflexión. Este método es muy efectivo para sobrecarpetas de concreto asfáltico sobre pavimentos de hormigón con juntas cuando los cortes coinciden sobre la junta o fisura rectilínea dentro de 25 mm.
- Un incremento del espesor de la sobrecarpeta. Esta solución reduce las tensiones de flexión y corte vertical bajo cargas y también reduce la variación de temperatura en el pavimento existente. De esta manera, espesores mayores de sobrecarpetas de asfalto son más efectivas que las de menor espesor porque retrasan la ocurrencia y deterioro por reflexión de fisuras.

3.5 Subdrenaje

Para un adecuado desempeño de un pavimento de asfalto que va a recibir una sobrecarpeta de asfalto debe asegurarse una buena condición del subdrenaje. La clave está en remover el exceso de agua de la plataforma y evitar la erosión e incrementar la resistencia de subbase y subrasante reduciendo de esta manera las deflexiones en el pavimento. Adicionalmente las mejoras en la subrasante disminuirán la disgregación de la superficie.

3.6. Diseño de espesores

Cuando se coloca una sobrecarpeta para mejoras estructurales, el espesor a determinar depende de la capacidad estructural requerida para cubrir las demandas futuras de tráfico y el aporte que hace el pavimento existente.

La ecuación de diseño para sobrecarpeta es:

$$SN_{s1} = a_{s1} D_{s1} = SN_f - SN_e \quad (3.1)$$

donde:

SN_{s1} = número estructural requerido para la sobrecarpeta

a_{s1} = coeficiente estructural para la sobrecarpeta

D_{s1} = espesor de la sobrecarpeta

SN_f = número estructural requerido para el tránsito futuro

SN_e = número estructural efectivo del pavimento existente.

El espesor necesario de sobrecarpeta se obtiene siguiendo los pasos que se indican a continuación, los que proveen un método de diseño que recomienda hacer ensayos sobre el pavimento para obtener datos de entrada confiables. Si no es posible hacer esto, se puede encarar este problema mediante una observación visual de las fallas, obviando los pasos 4 y 5.

3.6.1. Diseño y construcción del pavimento existente (Paso 1)

Se debe recabar información sobre:

- Espesor de cada capa y tipo de material usado.
- Subrasante (registros durante la construcción, ensayos de suelos, etc.)

3.6.2. Análisis de tránsito (Paso 2)

- Cantidad de ESALs acumulados en el carril de diseño (N_p), para ser aplicado solamente si SN_e se obtiene por el método de vida remanente.
- Cantidad de ESALs previstos en el carril de diseño durante el período de diseño (N_f).

3.6.3. Observación del estado del pavimento existente (Paso 3)

Es necesario detectar, distinguir y medir los tipos de fallas presentes. En base a los mismos pueden determinarse los coeficientes estructurales. Se recomienda extraer muestras de los carriles más transitados para estimar estas cantidades. Se debe determinar:

- Porcentaje de superficie con piel de cocodrilo (baja, media y alta severidad).
- Número de fisuras transversales por 1.6 km (baja, media y alta severidad).
- Profundidad media del ahuecamiento.
- Evidencia de bombeo en fisuras y bordes de pavimentos.

3.6.4. Ensayos de deflexión (Paso 4)

Los ensayos de deflexión se recomiendan para analizar el pavimento de concreto asfáltico existente, especialmente para vías de alto volumen de tráfico. Las mediciones de deflexiones deben hacerse en correspondencia con la zona transitada por la rueda externa de los vehículos. Los intervalos varían entre 30 y 300 m. Se usan dispositivos que pueden transmitir cargas cerca a 40 kN. La carga puede ser pulsante o sinusoidal. Las deflexiones se miden en correspondencia con el centro de la carga y a ciertas distancias que se explican más adelante (Fig. 3.1).

3.6.4.1 Módulo Resiliente de la subrasante

A ciertas distancias desde el lugar donde se aplica la carga, las deflexiones medidas en la superficie del pavimento se deben solamente a la subrasante y son independientes del diámetro del plato de carga. De esta manera, el Módulo Resiliente de la subrasante M_R puede ser retrocalculado con la medición de una simple deflexión y la magnitud de la carga, con el uso de la siguiente ecuación (AASHTO 1993)

$$M_R = \frac{0.24 P}{d_r r} \quad (3.2)$$

donde;

M_R = Módulo Resiliente retrocalculado

P = Carga aplicada

d_r = Deflexión a la distancia r medida desde el centro de la carga

r = Distancia desde el centro de carga

Debido a que la deflexión se debe solamente a la deformación de la subrasante, no se necesita hacer un ajuste de temperatura cuando se calcula el M_R

La deflexión usada para retrocalcular el módulo de subrasante debe ser medida a una distancia tal del plato de carga que se llegue a realizar una buena estimación del módulo resiliente, independientemente de los efectos en las capas superiores. Por otro lado, debe ser medida lo más

próximo posible de tal manera que no se pierda la precisión. La distancia mínima puede determinarse mediante la siguiente relación:

$$r \geq 0.7 a_s \quad (3.3)$$

donde:

$$a_s = \sqrt{a^2 + \left(D \sqrt{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2} \quad (3.4)$$

donde:

a_s = radio del bulbo de tensión en la interface pavimento subrasante

a = radio del plato de carga

D = espesor total del pavimento por encima de la subrasante

E_p = módulo efectivo de todas las capas del pavimento por encima de la subrasante

M_R = módulo resiliente de la subrasante

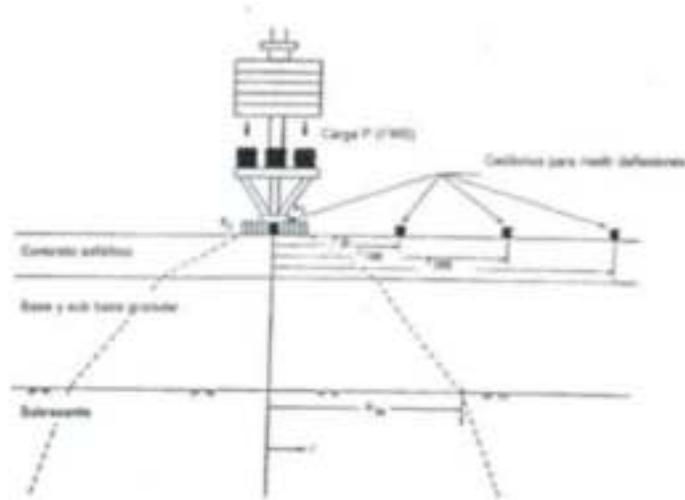


Fig. 3.1. Esquema de la zona sometida a tensiones en un ensayo FWD en un pavimento.

La expresión de la deflexión d , a la distancia r es:

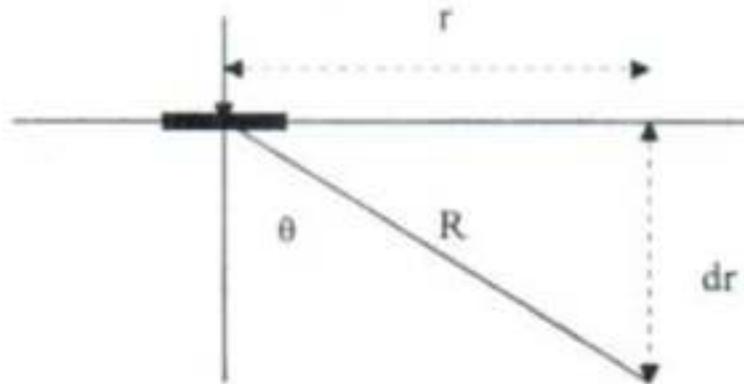


Fig.3.2. Distancia a la que la deflexión depende sólo de las propiedades de la subrasante.

3.6.4.2 Módulo efectivo del pavimento

Si el módulo resiliente de la subrasante y el espesor total de todas las capas que están ubicadas por encima de la subrasante son conocidas o asumidas, el módulo efectivo de toda la estructura del pavimento puede ser determinado de las deflexiones medidas en el centro del plato de carga usando la siguiente ecuación:

$$d_0 = 1.5pa \left[\frac{1}{M_R \sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \sqrt{\frac{E_p}{M_R}} \right)^2}} + \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{D}{a} \right)^2}}}{E_p} \right] \quad (3.5)$$

donde:

d_0 = deflexión medida en el centro del plato de carga y ajustada a una temperatura de 20°C.

p = presión en el plato de carga

a = radio del plato de carga

D = espesor total de las capas del pavimento por encima de la subrasante

M_R = módulo resiliente de la subrasante

E_p = módulo efectivo de todas las capas del pavimento que están por encima de la subrasante

Es necesario determinar la temperatura de la mezcla durante la medida de la deflexión, lo que puede hacerse en forma directa o estimada en base a las temperaturas del aire y de la superficie.

Para placas de carga de 5,9 pulg (150 mm) la fig. 3.3 permite determinar la relación E_p/M_R y E_p puede ser determinado para un valor conocido o supuesto de M_R . El manejo de este gráfico es muy sencillo: Se conocen el espesor D del pavimento y M_R ($M_R = 0,24 P/r d_o$), d_o se mide y se conoce $M_R d_o/P$ y con el valor de D se corta la curva correspondiente a E_p/M_R y luego se determina E_p .

Los valores de d_o deben ser ajustados por temperatura para llevarlos a una temperatura de referencia de 20°C (68°F). Para ello pueden usarse los gráficos de la fig. 3.4 si el pavimento tiene una base granular o estabilizada con asfalto o de fig. 3.5 si el pavimento tiene una base estabilizada con cemento y/o puzolanas.

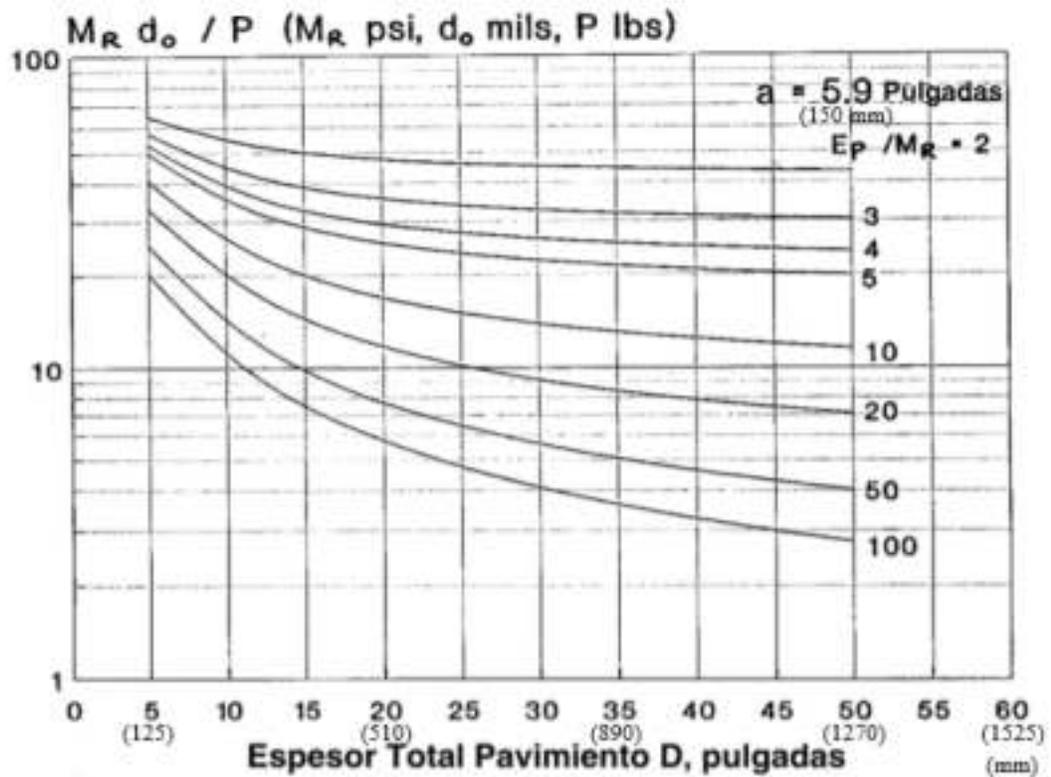


Fig. 3.3 Determinación de E_p/M_R

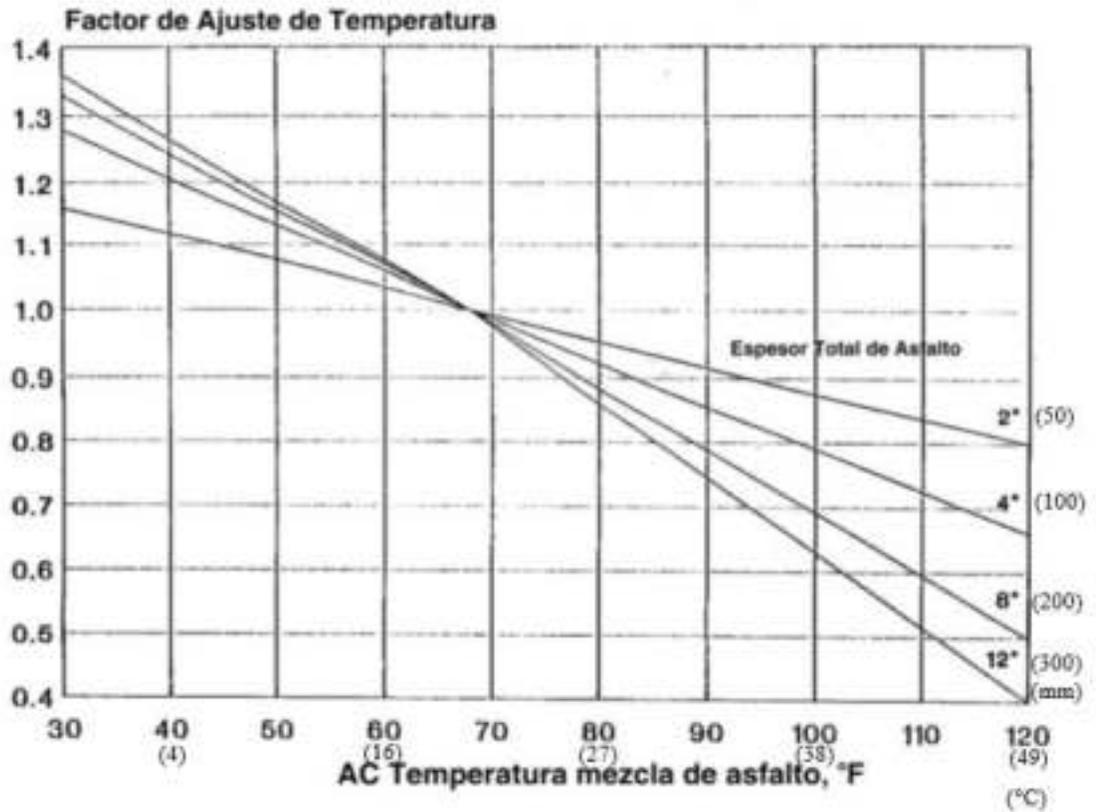


Fig. 3.4 Ajuste para d_s por temperatura para pavimento con base granular o tratada con asfalto.

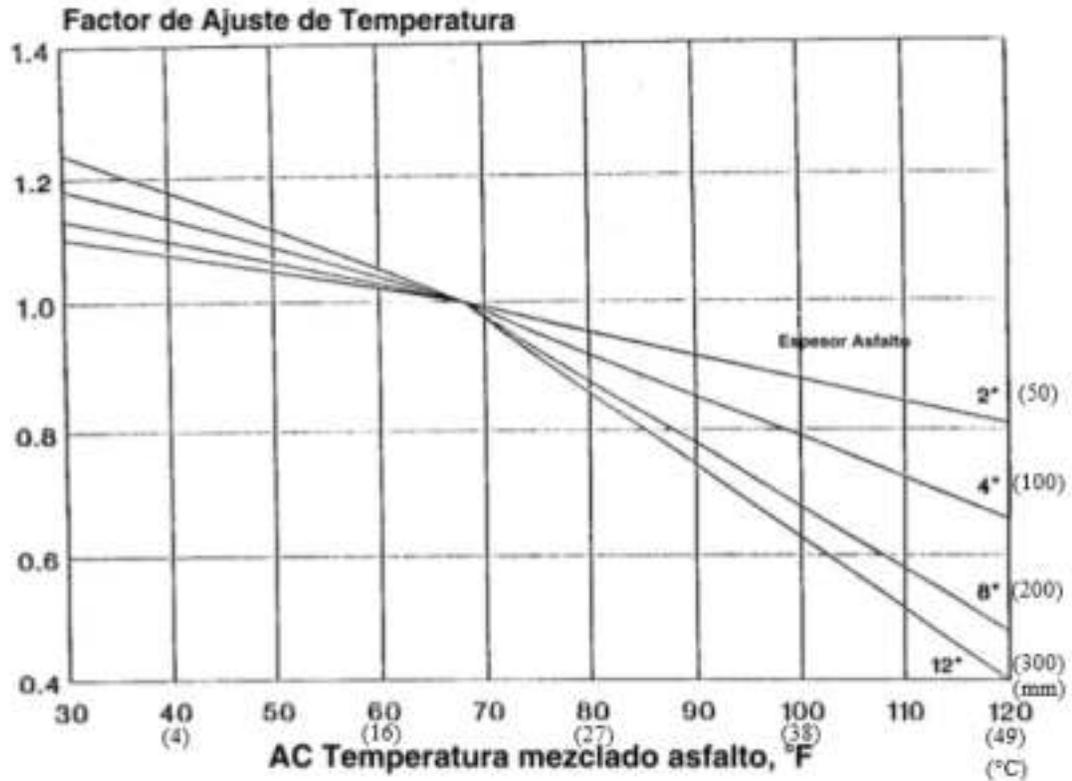


Fig. 3.5 Ajuste para d_f por temperatura para pavimento con base tratada con cemento y/o puzolanas.

3.6.4.3 Ejemplo

Las siguientes deflexiones fueron medidas en un pavimento de concreto asfalto existente usando el FWD con un plato de carga de 150 mm (5.9 pulgadas) y una carga de 40.5 kN (9,096 lb):

- Deflexión en el centro de plato de carga = 0.000650 m (0.02561 pulg)
- Deflexión a 305 mm (12 pulg) = 0.000439 m (0.01728 pulg)
- Deflexión a 610 mm (24 pulg) = 0.000320 m (0.01259 pulg)
- Deflexión a 914 mm (36 pulg) = 0.000228 m (0.00896 pulg)

El pavimento existente tiene un revestimiento de asfalto de 100 mm (4 pulg) sobre una base granular de 200 mm (8 pulg). La temperatura del concreto asfáltico al momento del ensayo fue de 13°C (55°F). Determinar el módulo resiliente de la subrasante (M_R) y el módulo efectivo del pavimento (E_p).

Solución:

Para obtener la estimación más precisa, la deflexión usada para calcular el M_R debe ser la más cercana al plato de carga como sea posible mientras se satisfaga el criterio de mínima distancia. De esta manera, la deflexión a 305 mm (12 pulg) se utiliza inicialmente.

$$M_R = (0.24 * 9,096) / (12 * 0.01728) = 10,500 \text{ lb/pulg}^2$$

Nótese que el cálculo de M_R requiere ajustes en las deflexiones por temperatura. De todas maneras, las deflexiones no necesitan ser ajustadas cuando se calcula E_p . El factor de ajuste por temperatura es 1.09 lo que debe multiplicarse por la deflexión para que se obtenga la deflexión ajustada de 0.02791 pulg. Con estos valores se determina la siguiente cifra:

$$M_R * d_0 / P = 10,500 * 27.91 / 9,096 = 32.2$$

Este valor se introduce en la fig 3.3 para obtener un valor de E_p / M_R de 5. De esta manera, E_p se calcula multiplicando M_R por 5 para obtener E_p de 52,500 lb/pulg². Los resultados se usan para verificar si se cumple con el criterio de distancia mínima.

$$a_e = (5.9^2 + (12 * (5)^{1/3})^2)^{0.5} = 21.4 \text{ pulg}$$

el valor mínimo permitido es 0.7 veces este valor, o sea 15 pulg. La deflexión fue medida a 12 pulg por lo que el valor calculado no es válido usando esta deflexión.

Debe repetirse el procedimiento usando la deflexión siguiente a 24 pulg de distancia desde el plato de carga. Repitiendo el procedimiento se obtiene los siguientes valores:

$$M_R = 7,200 \text{ lb/pulg}^2$$

$$E_p / M_R = 10$$

$$E_p = 72,000 \text{ lb/pulg}^2$$

$$a_e = 26.5 \text{ pulg}$$

Así, para una distancia mínima de 0.7 veces se se obtiene un valor de 18.6 pulg. Puesto que la deflexión fue medida a una distancia de 24 pulg desde el centro del plato de carga, el valor calculado es válido. Nótese que el valor M_R medido en este ejemplo será ajustado en las secciones siguientes para el diseño propiamente dicho.

3.6.5. Muestreo y ensayo de materiales (Paso 5)

La extracción de núcleos y ensayo de materiales son recomendados para analizar al pavimento existente, especialmente en caminos de alto volumen de tráfico.

3.6.5.1 Módulo resiliente de la subrasante y materiales de las distintas capas

En caso de no ejecutar el ensayo con el FWD, se puede determinar también a partir de ensayos de laboratorio (AASHTO T294-91I) con una tensión desviante de 6 psi (41 kPa o 0,42 Kg/cm²) para equipararlo con la usada para determinar el $M_R=21$ MPa (3000 psi) del AASHTO Road Test.

Alternativamente, otros ensayos como el valor R, el CBR o ensayos de clasificación de suelos pueden ser realizados para, por medio de correlaciones, determinar el valor de M_R .

El examen visual de probetas de concreto asfáltico (núcleos) permitirá conocer distintos grados de alteración, disgregación y erosión. Lo propio puede hacerse con las capas base y subbase para determinar principalmente el grado de degradación y la posible contaminación de finos de las capas inferiores.

Los espesores de cada uno de las capas componentes deben ser medidas como resultado final de este acápite.

3.6.6. Determinación del SN requerido para el tránsito futuro (Paso 6)

El Número Estructural requerido (SN_r) se calcula utilizando los conceptos de diseño para pavimento nuevo. A continuación se discuten cada una de las variables tomando en cuenta la adopción de valores medios para el diseño de una sobrecarpeta sobre un pavimento de sección uniforme. En la siguiente página se presenta un formulario para facilitar la entrada de datos, este mismo formulario se presenta en la parte final de los siguientes capítulos.

3.6.6.1 Módulo resiliente efectivo de la subrasante.

La determinación de este módulo puede hacerse por alguno de estos tres métodos.

- Ensayos de laboratorio como se han explicado en el paso 5
- Cálculo a partir de medidas de deflexiones. Este valor debe ser ajustado para que sea consistente con el valor usado en los conceptos de diseño de pavimentos flexibles AASHTO - 1993.
- Estimación a partir de información disponible sobre suelos y relaciones desarrolladas a partir de estudios del módulo resiliente. Debe considerarse los cambios por contenido de humedad e influencia por los cambios estacionales.

El valor hallado por alguno de los tres métodos anteriormente explicados debe ser corregido por un factor C que no debe ser mayor a 0.33. Esto se realiza para que el resultado sea consistente con el valor de suelos medido en laboratorio para AASHTO Road Test.

La presencia de una capa de alta resistencia (roca madre) dentro de los 4.6 m medidos desde la parte superior de la subrasante puede ocasionar que el valor del módulo resiliente sea muy alto. Cuando se dé esa situación un valor de C menor a 0.33 debe ser garantizada. Un valor superior a 20 MPa (3,000 psi) indica que el suelo es de más resistencia que el suelo fino A-6 del AASHTO Road Test y consecuentemente podrá proveer un soporte incrementado y una extensión en la vida del pavimento.

3.6.6.2 Pérdida de serviciabilidad de diseño

Resulta de la diferencia entre la serviciabilidad inmediatamente después de colocada la sobrecarpeta, P_1 , menos la serviciabilidad P_2 en el momento de la nueva rehabilitación.

3.6.6.3 Confiabilidad R de la sobrecarpeta

La confiabilidad afecta directamente el espesor de la sobrecarpeta. Se aplican los mismos conceptos que en el diseño de pavimentos nuevos, ver tabla correspondiente para valores de confiabilidad en función de la clasificación funcional de la vía.

3.6.6.4 Desviación standard

Algunas fuentes de incertidumbre son diferentes para el diseño de una sobrecarpeta comparados con los del diseño de un pavimento nuevo. De esta manera, los valores recomendados para diseños nuevos no pueden ser apropiados para diseños de sobrecarpetas. Por tanto, se recomienda utilizar un valor mínimo de 0.49.

3.6.7. Determinación del efectivo SN_{ef} del pavimento existente

Hay tres métodos para determinar el Número Estructural efectivo SN_{ef} de una sobrecarpeta de asfalto sobre un pavimento de asfalto: método del Ensayo no Destructivo, método del Factor de Condición y método de Vida Remanente. Es conveniente usar los tres métodos para evaluar el pavimento, y luego seleccionar el valor de SN_{ef} basado en los resultados, haciendo uso del criterio ingenieril y de la experiencia.

3.6.7.1 Método de Ensayo no Destructivo (NDT)

En el método de Ensayo no Destructivo (NDT) se asume que la capacidad estructural del pavimento es una función de su espesor y rigidez totales. La relación entre SN_{ef} y E_p es:

$$SN_{ef} = 0,0045 D (E_p)^{1/3} \quad (3.6)$$

donde:

SN_{ef} = número estructural efectivo (pulg)

D = espesor total del paquete estructural (pulg)

E_p = módulo efectivo de todo el paquete (psi)

o, en unidades métricas:

$$SN_{ef} = 0,0024 D (E_p)^{1/3} \quad (3.7)$$

donde:

SN_{ef} = número estructural efectivo (mm)

D = espesor total del paquete estructural (mm)

E = módulo efectivo de todo el paquete (kPa)

E_p se determina a través de deflexiones como ya se ha explicado.

La fig. 3.6 muestra la relación expresada por la fórmula (Ec. 3.6) y (Ec. 3.7)

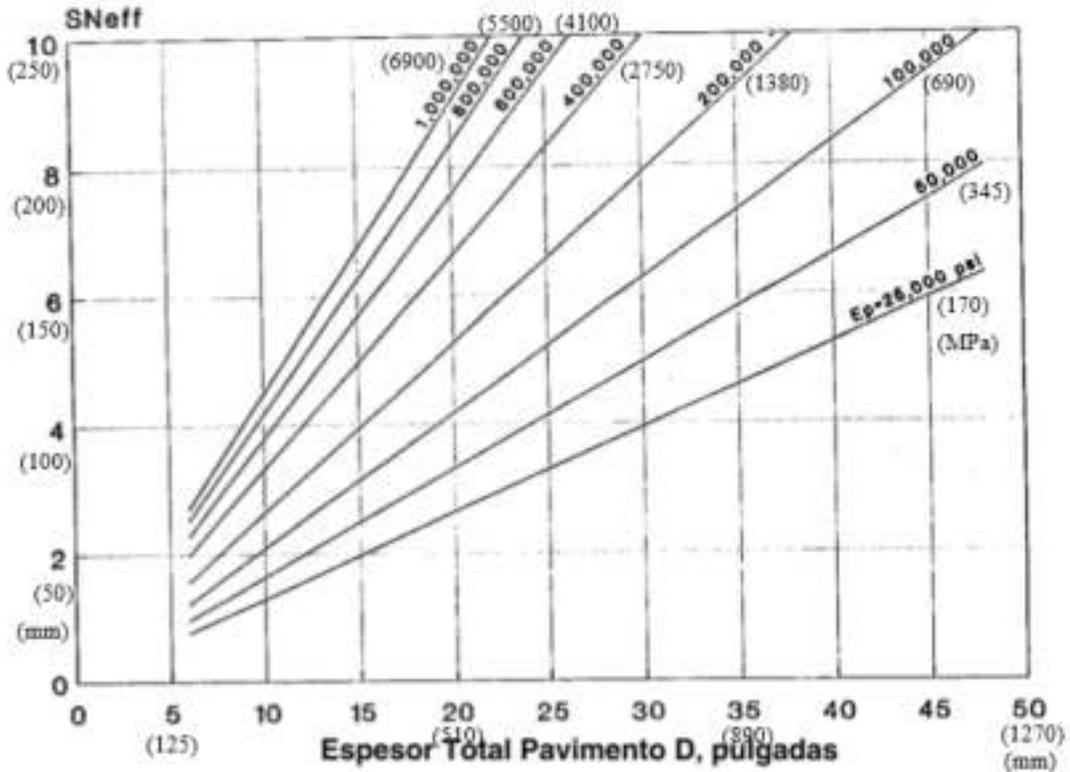


Fig. 3.6. SN_{eff} función de E_p (Método NDT)

3.6.7.2 Observación visual y ensayo de materiales

En el caso de usar el método de observación visual y ensayo de materiales, se debe analizar la ecuación del número estructural:

$$SN_{ef} = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 \quad (3.8)$$

D_1 , D_2 y D_3 son los espesores de cada capa y m_2 y m_3 se determinan de acuerdo a las condiciones de drenaje.

Los valores de a_1 , a_2 y a_3 serán menores que los que se consideran en un diseño nuevo debido al deterioro que presentan las capas. En la tabla 3.1 se da una sugerencia de los valores a adoptar para cada capa en función de su grado de deterioro.

Tabla 3.1
Valores sugeridos del coeficiente estructural para capas de pavimentos deteriorados

Material	Condición de Superficie	Coficiente
Concreto Asfáltico	Muy poca piel de cocodrilo y/o fisuras transversales de baja severidad.	0,35-0,40
	<10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <5% de fisuras transversales de media y alta severidad.	0,25-0,35
	>10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <10% de piel de cocodrilo de severidad medio y/o 5-10% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,20-0,30
	>10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o <10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,14-0,20
	>10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de alta severidad	0,20-0,35
Base Estabilizada	Muy poca piel de cocodrilo y/o fisuras transversales de baja severidad	0,20-0,35
	<10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <5% de fisuras transversales de media y alta severidad	0,15-0,25
	>10% de piel de cocodrilo de baja severidad y/o <10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o 5-10% de fisuras transversales de media y alta severidad.	0,15-0,20
	>10% de piel de cocodrilo de severidad media y/o <10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de media y alta severidad.	0,10-0,20
	>10% de piel de cocodrilo de alta severidad y/o >10% de fisuras transversales de alta severidad	0,08-0,15
Base o sub base granular	Sin evidencia de bombeo, degradación o contaminación por finos.	0,10-0,14
	Alguna evidencia de bombeo, degradación o contaminación por finos.	0,00-0,10

3.6.7.3 Vida remanente

En el caso de usar el método de la vida remanente se tiene:

$$\text{Vida remanente (\%)} \text{ RL} = 100 (1 - N_p / N_{1.5}) \quad (3.9)$$

$N_{1.5}$ se estima con la ecuación de diseño o con el ábaco de diseño, determinando el número de ESALs que producen una serviciabilidad final de 1,5 (falla del pavimento). En este caso se debe usar una confiabilidad $R=50\%$.

El SN_e se determina con la ecuación:

$$SN_e = CF * SN_0 \quad (3.10)$$

CF se obtiene de fig. 3.7 en función de RL.

SN_0 es el número estructural del pavimento, si éste fuera nuevamente construido.

El proyectista debe reconocer que calculando SN_{ef} por este método no refleja ningún beneficio por reparaciones en sobrecarpetas previas. La estimación de SN_{ef} obtenida debe considerar un valor límite bajo. El SN_{ef} del pavimento será más alto si las reparaciones en la sobrecarpeta previa con deterioro por cargas asociadas (piel de cocodrilo) se han realizado. Este método para determinar SN_{ef} no es aplicable, sin modificación, en pavimentos de asfalto que ya han recibido una o más sobrecarpetas.

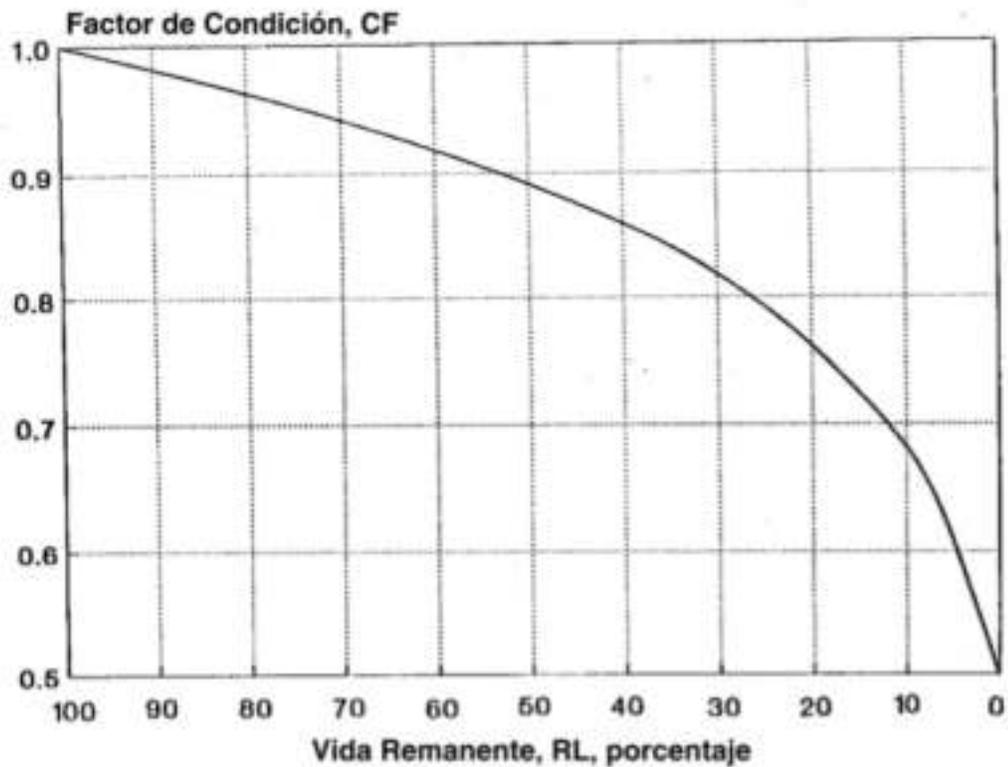


Fig. 3.7. Relación entre factor de condición y vida remanente (AASHTO - 93)

3.6.8. Determinación del espesor de la sobrecarpeta (Paso 8)

El espesor de la sobrecarpeta se determina con la expresión:

$$D_{ol} = \frac{SN_{ol}}{a_{ol}} = \frac{(SN_r - SN_{ef})}{a_{ol}} \quad (3.11)$$

donde:

SN_{ol} = número estructural requerido para la sobrecarpeta

a_d = coeficiente estructural de la sobrecarpeta de concreto asfáltico

D_d = espesor requerido de sobrecarpeta

SN_f = número estructural determinado en el paso 6

SN_e = número estructural efectivo del pavimento existente

3.7 Fresado superficial del pavimento existente

Si se fresa el pavimento en forma previa a la sobrecarpeta, la profundidad de fresado tiene que estar reflejada en el análisis de SN_e . No se debe hacer ningún ajuste si el SN_e se determina por NDT y si la profundidad de fresado no supera el mínimo necesario para remover los ahuellamientos superficiales. Si se fresa una profundidad mayor, se debe reducir el SN_e determinado por NDT en una cantidad igual a la profundidad fresada multiplicada por el coeficiente estructural de la capa de concreto asfáltico en el estado en que se encuentre.

Formulario para la determinación de espesores de sobrecarpeta

Tráfico

ESALs futuros de 80 KN en el carril de diseño

y el periodo de diseño = _____

Módulo resiliente efectivo de la subrasante

Módulo resiliente de diseño, M_R = _____ psi (kPa)

(Este valor debe ser ajustado por consistencia con el modelo de pavimento flexible y por variaciones estacionales. Típicamente el M_R de diseño tiene valores entre 15 y 75 MPa (2,000 a 10,000 psi) para suelos finos y entre 70 y 140 MPa (10,000 y 20,000 psi) para suelos granulares. El suelo del AASHTO Road Test utilizó un valor de 20 MPa (3,000 psi)).

Pérdida de serviciabilidad

Pérdida de serviciabilidad de diseño ($P_1 - P_2$) = _____

Confiabilidad de diseño

Confiabilidad de diseño, R = _____ %

Desviación estándar, S_0 = _____

Capacidad estructural futura

La capacidad estructural para tráfico futuro es determinada del nomograma de diseño de pavimentos flexibles

SN_f = _____

Formulario para la determinación de espesores de sobrecarpeta

Método NDT:

Espesor total de todas las capas del pavimento, D = _____ in (mm)

Módulo resiliente de subrasante retrocalculado, M_R = _____ psi (kPa)

Módulo elástico efectivo retrocalculado, E_p = _____ psi (kPa)

$$SN_d = 0.0045 D (E_p)^{1/3} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Método del factor de condición:

Espesor de carpeta de asfalto, D_1 = _____ in (mm)

Coef. estructural a_1 = _____

Espesor de capa base, D_2 = _____ in (mm)

Coef. estructural a_2 = _____

Coef. de drenaje, m_2 = _____

Espesor de capa subbase, D_3 = _____ in (mm)

Coef. estructural a_3 = _____

Coef. de drenaje, m_3 = _____

$$SN_d = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

Formulario para la determinación de espesores de sobrecarpeta

Método vida remanente:

ESALs pasados desde habilitación al tráfico, N_p = _____

ESALs hasta falla del pav. existente, $N_{1.5}$ = _____

Vida remanente (%) $RL=100 (1-N_p/N_{1.5}) =$ _____

Factor de condición, CF (figura 3.7) = _____

Espesor de carpeta de asfalto, D_1 = _____ in (mm)

Coef. estructural a_1 = _____

Espesor de capa base, D_2 = _____ in (mm)

Coef. estructural a_2 = _____

Coef. de drenaje, m_2 = _____

Espesor de capa subbase, D_3 = _____ in (mm)

Coef. estructural a_3 = _____

Coef. de drenaje, m_3 = _____

$SN_0 = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 =$ _____

$SN_d = CF \times SN_0 =$ _____

3.8 Bermas

La realización de sobrecarpetas en los carriles de tráfico implica generalmente el mismo procedimiento con las bermas para mantener una misma cota. Se debe considerar la extensión del deterioro en la berma existente y la cantidad de tráfico que la solicitará. Si ésta está en buenas condiciones, las áreas deterioradas deben repararse. Si por el contrario, está en condiciones pobres el bacheo no es recomendable ni económico, por tanto, deberá ser demolida y reemplazada.

3.9 Ensanchamiento

El ensanchamiento requiere que se coordine entre el diseño de la nueva sección y la sobrecarpeta. Ambos, el pavimento existente y la parte a ser ensanchada deben proveer superficies que sean funcionalmente adecuadas así como secciones estructuralmente resistentes.

3.10 Ejemplos de diseño

Problema 1:

Un pavimento está conformado por concreto asfáltico de 110 mm (4.25 pulg), una capa base granular de 200 mm (8 pulg) y una subbase granular de 200 mm (8 pulg). Este pavimento está emplazado en una calle colectora y necesita ser rehabilitado con una sobrecarpeta de asfalto. Éste ya ha soportado el paso de 400,000 ESALs, y se plantea soporte 2.4 millones de ESALs adicionales en el carril de diseño. Se ha realizado un ensayo con FWD con una carga de 40 kN (9,000 lb) produciéndose una deflexión de 0.000325 (0.0128 pulg) bajo el punto de aplicación de la carga y deflexiones de 0.000189, 0.000131 y 0.00090 (0.00743, 0.00515 y 0.00355 pulg) a distancias de 305, 610 y 914 mm (12, 24 y 36 pulg) desde el centro del plato de carga. La temperatura durante el ensayo fue de 20°C (68°F). Determinar con esta información el espesor de sobrecarpeta de asfalto usando los métodos: NDT, factor de condición y vida remanente.

Solución:

Las deflexiones a 305 mm (12 pulg) fueron usadas inicialmente, pero la mínima distancia entre sensores no fue adecuada. De esta manera, se usó la deflexión a 610 mm (24 pulg) con la cual se cumplió la condición de la ecuación 3.3. Utilizando los resultados para el ensayo NDT y reemplazando en la ecuación 3.2 se obtiene un M_R de 120 MPa (17,500 psi). Variando (E_p/M_R) en ecuación 3.5 hasta que la deflexión en el centro del plato de carga se iguale con el lado derecho de la misma ecuación se logra convergir con un valor de aproximadamente 7.5; este mismo valor se obtiene utilizando la figura 3.3. Conocido M_R , E_p llega a ser 920 MPa (133,000 psi). La distancia mínima entre sensores se verifica y se encuentra que es adecuada, de esta manera, M_R es válido.

Luego M_R se multiplica por el factor de corrección de 0.33 obteniéndose un M_R de 40 MPa (5,800 psi). En la tabla 3.2 se presentan los datos de ingreso, los que están basados en las consideraciones funcionales del pavimento, conocimiento de la calidad de construcción local y experiencia ingenieril. Con estos datos se obtiene para el Número Estructural futuro SN_f de 4.5.

Adicionalmente la tabla 3.2 presenta las entradas y cálculos para SN_{gr} . Asumiendo una sobrecarpeta de concreto asfáltico con un coeficiente estructural de 0.44, el espesor se calcula con la ecuación 3.11. Los resultados se resumen en la tabla 3.3.

Tabla 3.2 Determinación de SN_f y SN_e para problema 1**Tráfico**

ESALs futuros de 80 KN en el carril de diseño

y el periodo de diseño = 2,400,000

Módulo resiliente efectivo de la subrasante

Módulo resiliente de diseño, M_R = 5,800 psi (39,964 kPa)

(Este valor debe ser ajustado por consistencia con el modelo de pavimento flexible y por variaciones estacionales. Típicamente el M_R de diseño tiene valores entre 15 y 75 MPa (2,000 a 10,000 psi) para suelos finos y entre 70 y 140 MPa (10,000 y 20,000 psi) para suelos granulares. El suelo del AASHTO Road Test utilizó un valor de 20 MPa (3,000 psi)).

Pérdida de serviciabilidad

Pérdida de serviciabilidad de diseño ($P_1 - P_2$) = 1.70

Confiabilidad de diseño

Confiabilidad de diseño, R = 90 %

Desviación estándar, S_0 = 0.49

Capacidad estructural futura

La capacidad estructural para tráfico futuro es determinada del nomograma de diseño de pavimentos flexibles

SN_f = 4.50

Tabla 3.2 Determinación de SN_i y SN_e para problema 1 (continuación)

Método NDT:

Espesor total de todas las capas del pavimento, D	= 12.25 in (311 mm)
Módulo resiliente de subrasante retrocalculado, M_R	= 17,500 psi (120.6 MPa)
Módulo elástico efectivo retrocalculado, E_p	= 133,000 psi (916.4 MPa)

$$SN_e = 0.0045 D (E_p)^{1/3} = \underline{\quad 2.86 \quad}$$

Método del factor de condición:

Espesor de carpeta de asfalto, D_1	= 4.25 in (108 mm)
Coef. estructural a_1	= <u>0.35</u>
Espesor de capa base, D_2	= 8.00 in (203 mm)
Coef. estructural a_2	= <u>0.14</u>
Coef. de drenaje, m_2	= <u>1.0</u>
Espesor de capa subbase, D_3	= _____ in
Coef. estructural a_3	= _____
Coef. de drenaje, m_3	= _____

$$SN_e = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 = \underline{\quad 2.61 \quad}$$

Tabla 3.2 Determinación de SN_i y $SN_{e,i}$ para problema 1 (continuación)

Método vida remanente:

ESALS pasados desde habilitación al tráfico, N_p = 400,000

ESALS hasta falla del pav. existente, $N_{1.5}$ = 1,140,000

Vida remanente (%) $RL=100 (1-N_p/N_{1.5}) = 65$

Factor de condición, CF (figura 3.7) = 0.93

Espesor de carpeta de asfalto, D_1 = 4.25 in (108 mm)

Coef. estructural a_1 = 0.44

Espesor de capa base, D_2 = 8.00 in (200 mm)

Coef. estructural a_2 = 0.14

Coef. de drenaje, m_2 =

Espesor de capa subbase, D_3 = in (mm)

Coef. estructural a_3 =

Coef. de drenaje, m_3 =

$SN_0 = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 = 2.99$

$SN_{e,i} = CF \times SN_0 = 2.78$

Tabla 3.3 Espesor de diseño para problema 1

Método	SN_{ef}	Espesor sobrecarpeta mm (pulg)
NDT	2.86	91 (3.6)
Factor de condición	2.61	110 (4.2)
Vida Remanente	2.78	97 (3.8)

Problema 2:

Un pavimento está conformado por concreto asfáltico de 130 mm, una capa base granular de 150 mm y una subbase granular de 500 mm. Este pavimento necesita ser rehabilitado con una sobrecarpeta de asfalto. La carretera motivo de este estudio es rural y será sometida a 11 millones de Equivalentes en el carril de diseño. Se ha realizado un ensayo con FWD con una carga de 39.3 kN produciéndose una deflexión de 0.000653 (0.0257 pulg) bajo el punto de aplicación de la carga y deflexiones de 0.000417, 0.000243 y 0.000131 (0.0164, 0.00959 y 0.00516 pulg) a distancias de 300, 600 y 900 mm desde el centro del plato de carga. La temperatura durante el ensayo fue de 20°C (68°F). Usando DIPAV 2.0 determinar el espesor de sobrecarpeta usando los métodos de NDT y factor de condición.

Solución:

Con DIPAV 2.0 se calcula el Número estructural futuro que requiere el pavimento de acuerdo a la solicitud de 11 millones de ESALS. La pantalla de cálculo de este número se presenta en la figura 3.8, resultando un valor de 186 mm.

La determinación del M_R y E_p se realiza para el método NDT (figura 3.9), resultando un SN_{ef} de 115 mm (4,57 pulg).

De acuerdo al método de Análisis de Componentes se determina el SN_{ef} de 122 de acuerdo al aporte de cada una de las capas del pavimento existente (ver figura 3.10)

En la figura 3.11 se aprecia la pantalla que presenta los resultados para los métodos utilizados y calcula por diferencia entre el SN_i y el SN_{ef} el SN necesario para la sobrecarpeta.

En las dos siguientes figuras, 3.12 y 3.13 se presentan los espesores de 165 y 145 mm determinados para la alternativa de Ensayos no Destructivos y Análisis de Componentes respectivamente.

The screenshot shows a software window titled "DISEÑO 2.0" with a menu bar (Archivo, Herramientas, Proyecto, Ayuda) and a toolbar. The main area is titled "Caso 1: Número Estructural para Tráfico Futuro" and contains the following input fields:

- Sensibilidad Inicial (PSI): 4.2
- Sensibilidad Final (PSI): 2.5
- Módulo de Elasticidad de la Subcarpetas (MDPE) (psi): 30,000 (with a "psi" unit label and a "Calcular" button)
- Confianza (PSI): 99
- Desviación Estándar (Std): 1.48
- Número de Ejes Equivalentes Tránsito (ENET): 11,000,000 (with a "Calcular ENET" button)
- Número Estructural Futuro (SNF): 10

At the bottom, there are buttons for "Calcular", "Cancelar", and "Reservado".

Fig. 3.8 Número Estructural para tráfico futuro

The screenshot shows the same software window "DISEÑO 2.0" but with a different menu path: "Archivo de Componentes" > "Año Reservado" > "Verificación Constructiva". The main area is titled "Caso 1: Número Estructural para Tráfico Futuro" and contains the following input fields:

- Capacidad Total de Tránsito de Carretera (Capacidad de Pavimento Deseada D) (veh): 700
- Módulo de Elasticidad del Pavimento - Reservado (E) (psi): 200,000 (with a "psi" unit label and a "Calcular" button)
- Capacidad de Pavimento (veh): 5
- Número Estructural Modulo del Pavimento Reservado (SNMP) (psi): 10

At the bottom, there are buttons for "Calcular" and "Cancelar".

Fig. 3.9 Número Estructural efectivo para NDT

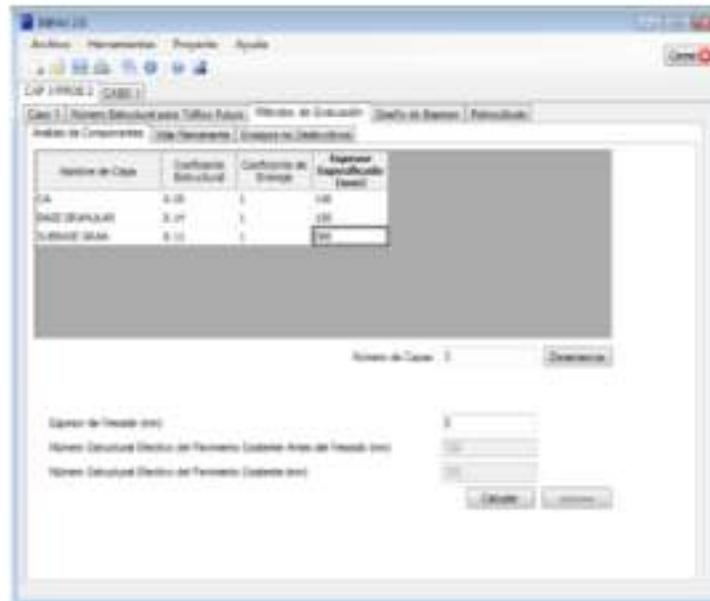


Fig. 3.10 Número Estructural efectivo – Método Análisis de Componentes

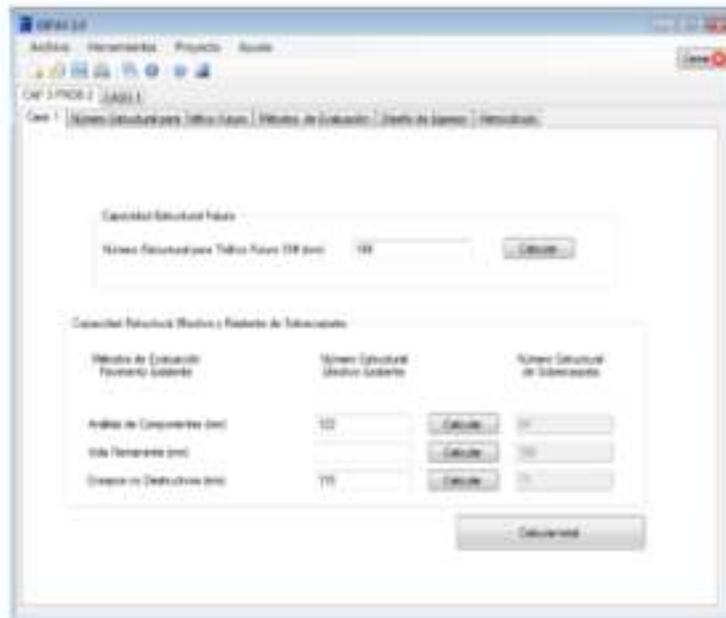


Fig. 3.11 Pantalla con resultados de Números Estructurales para NDT y Análisis de Componentes

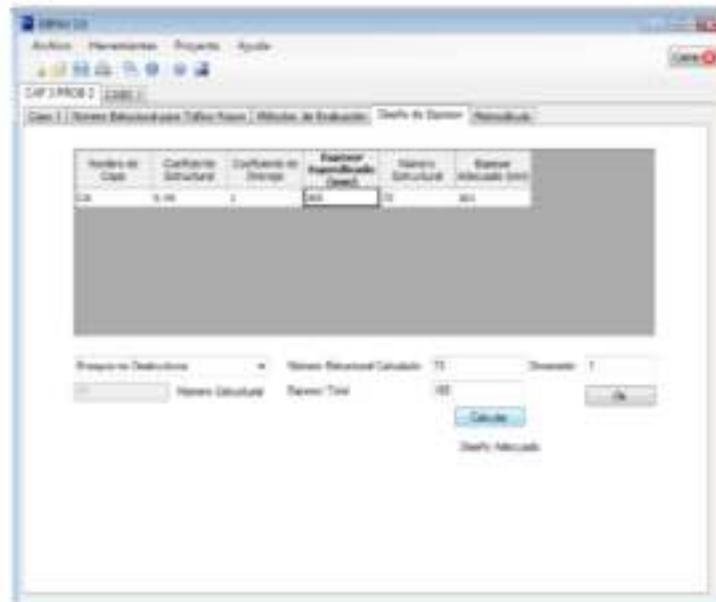


Fig. 3.12 Cálculo de espesores de capas – Ensayos no Destructivos



Fig. 3.13 Cálculo de espesores de capas – Análisis de Componentes

3.6. DISEÑO DE PAVIMENTO

Contenido

3.6.1 INTRODUCCIÓN	2
3.6.2. FUNCIÓN DEL PAVIMENTO	2
3.6.3. FACTORES DE DISEÑO.....	2
3.6.4. DISEÑO DE PAVIMENTOS EN EL TRAMO PUERTA DE CHACO- CANALETAS KM 9+504.60 A 24+840.60.....	3
3.6.4.1. METODOLOGÍA	3
3.6.4.2. DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGÚN MÉTODO AASHTO VERSIÓN 1997	3
3.6.4.2.1. ECUACIÓN DE DISEÑO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.-	4
3.6.4.2.2. ÁBACO DE DISEÑO AASHTO PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES.-	5
3.6.4.2.3. VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO	7
3.6.4.2.4. DETERMINACIÓN DE ESPESORES POR CAPAS.	16
3.6.4.2.4.1. COEFICIENTES ESTRUCTURALES O DE CAPA.-	19
3.6.4.2.5. CALCULO DEL REFUERZO DEL PAVIMENTO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.6.4.2.6. UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA DARWIN 3.01 Y RESULTADOS	24
3.6.4.2.7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

3.6. DISEÑO DE PAVIMENTO

3.6.1 INTRODUCCIÓN

En esta memoria se presenta el diseño del pavimento para el camino Puerta de Chaco-Canaletas prog. km 9+504.60 a 24+840.60. La longitud total de la carretera diseñada es de 15.337 kms, con un ancho de 3.65 m por carril y 1.5 m de berma a cada lado.

Considerando dicha situación, se realiza el estudio para el diseño de pavimentos de acuerdo a las recomendaciones de la norma Aashto.

3.6.2. FUNCIÓN DEL PAVIMENTO

El pavimento debe tener función estructural, funcional y de seguridad.

El propósito estructural de un pavimento es distribuir las cargas de las llantas aplicadas en áreas pequeñas a áreas más grandes sobre el suelo de fundación para prevenir esfuerzos excesivos.

La funcionalidad está dirigida a los requerimientos de los usuarios de tener buenas condiciones de viaje.

La seguridad en un pavimento está relacionada a la interacción entre la llanta y el pavimento. En otras palabras que tan resbalosa es la superficie. El factor de Seguridad no se toma en cuenta en el diseño de un pavimento, sin embargo se debe considerar en la construcción (la AASHTO publicó "Guidelines for Skid Resistance Pavement Design").

3.6.3. FACTORES DE DISEÑO

Los factores más importantes para el diseño de las capas de un pavimento son los siguientes:

- Tráfico
- Propiedades de la Subrasante
- Materiales de Construcción
- Condiciones Climáticas, Ambientales y Drenaje

Para el propósito de este estudio se realizaron estudios previos de Suelos y Materiales, Tráfico e Hidrología. Obteniendo los datos necesarios para el diseño del pavimento.

3.6.4. DISEÑO DE PAVIMENTOS EN EL TRAMO PUERTA DE CHACO-CANALETAS KM 9+504.60 A 24+840.60

3.6.4.1. METODOLOGÍA

Para el tipo de pavimento a elegir se consideraron 2 alternativas:

I. Pavimento Flexible 2 etapas CA + Refuerzo bituminoso

Consiste en el uso de una capa de rodadura de carpeta asfáltica con una vida útil de 15 años (2017 a 2031) y un refuerzo bituminoso a partir del año 2032.

II. Pavimento Flexible en 2 Etapas TST + Refuerzo bituminoso

Consiste en el uso de un Tratamiento Superficial Triple inicial con una vida útil de 7 años (2017-2023) y luego un refuerzo de carpeta asfáltica para completar el período de diseño 2024-2036.

Si bien se han planteado las 2 alternativas arriba mencionadas para este estudio dejando de lado el pavimento rígido en consideración de dar continuidad a lo ya construido en el tramo anterior como el posterior al estudiado que se encuentran con pavimento flexible; en la evaluación socioeconómica se definirá la alternativa más conveniente en función a los costos de construcción, mantenimiento y otros.

3.6.4.2. DISEÑO DE PAVIMENTOS SEGÚN MÉTODO AASHTO VERSIÓN 1997

A continuación se describe en detalle los procedimientos seguidos por el método de la AASHTO para el diseño estructural de pavimentos flexibles de carreteras. Este método establece que la superficie de rodamiento se resuelve solamente con concreto asfáltico y tratamientos superficiales, pues asume que tales estructuras soportarán niveles significativos de tránsito (mayores de 50,000 ejes equivalentes acumulados de 8.2 ton durante el período de diseño), dejando fuera pavimentos ligeros para tránsitos menores al citado, como son los caminos revestidos o de terracería.

En la versión de la Guía AASHTO-97 se puede resaltar que se puede trabajar con unidades inglesas y métricas. Para lo cual el número estructural deja de ser adimensional para tener dimensiones de longitud; en el sistema inglés viene expresado en pulgadas y en el sistema métrico en milímetros; los coeficientes estructurales son adimensionales.

El diseño está basado primordialmente en identificar o encontrar un “número estructural SN” y en función del mismo, se determinan los distintos espesores de capas que forman el paquete estructural. Para determinar el número estructural SN requerido, el método proporciona la ecuación general de diseño de pavimentos flexibles y/o el ábaco mostrado a continuación, que involucra los siguientes parámetros:

El tránsito en ejes equivalentes acumulados para el período de diseño seleccionado, “W18”.

El parámetro de confiabilidad, “R”.

La desviación estándar global, “So”.

El módulo de resiliencia efectivo, “Mr” del material usado para la subrasante.

La pérdida o diferencia entre los índices de servicios inicial y final deseados, “ΔPSI”.

La ecuación puede ser resuelta en forma manual, lo cual es muy tedioso. Si bien el uso de ábacos es mucho más rápido también es menos preciso por los errores al trazar las líneas con lápiz. Por esta razón es conveniente tener un programa de computación con lo cual se logra exactitud y rapidez en la obtención de los resultados.

Es así, que para la determinación de los espesores se utilizó el programa computarizado DARWin 3.01 y para su verificación el DIPAV 2.0, sin embargo con la finalidad de entender los principios y fundamentos del método ASSHTO, se explica a detalle la metodología que es utilizada para la obtención de espesores a través de este método, que a la vez son base del funcionamiento del programa computarizado.

3.6.4.2.1. Ecuación de Diseño para Pavimentos Flexibles.-

Con la siguiente fórmula de diseño se obtiene el número estructural SN y en función del mismo se determinan los distintos espesores de capas que forman el paquete estructural.

$$\log W_{18} = Z_R S_o + 9,36 \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log \left[\frac{\Delta PSI}{4,2 - 1,5} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \log M_R - 8,07$$

Donde:

W_{18} = Número de aplicaciones de carga de 80 kN.

Z_R = Desviación estándar normalizada.

S_o = Desvío estándar de las variables.

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño.

M_R = Módulo resiliente de la subrasante (psi).

SN = Número estructural.

Como se explicó anteriormente, con la implementación del programa DARWin 3.01 aparece una nueva modificación en el diseño de pavimentos flexibles al permitir dicho programa el cálculo en unidades inglesas o métricas. La modificación aparece en el número estructural que deja de ser adimensional para convertirse en un parámetro con unidades de longitud, que representa un espesor ficticio del pavimento. En unidades inglesas viene expresado en pulgadas y conserva el valor numérico obtenido con la fórmula antes mencionada. En el sistema métrico viene expresado en mm y su valor es igual a SN (en pulg) multiplicado por 25,4.

3.6.4.2.2. Ábaco de Diseño AASHTO para Pavimentos Flexibles.-

Debido a que la resolución de la ecuación del párrafo superior puede resultar algo tediosa, es que se elaboraron ábacos para la determinación de espesores. En la figura N° 1 se indica el ábaco de diseño para pavimentos flexibles, el mismo que permite la determinación de SN de forma gráfica.

Las variables de entrada en éste ábaco de diseño están expresadas en unidades inglesas y son:

- Tránsito estimado por trocha, W_{18} , a lo largo de la vida útil del pavimento.
- Confiabilidad, R (%).
- Desvío estándar de todas las variables S_o .

- Módulo resiliente efectivo de la subrasante M_R (psi).
- Pérdida de serviciabilidad ΔPSI .

La expresión que liga el número estructural con los espesores de capa es:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m_2 D_2 + a_3 m_3 D_3$$

Donde:

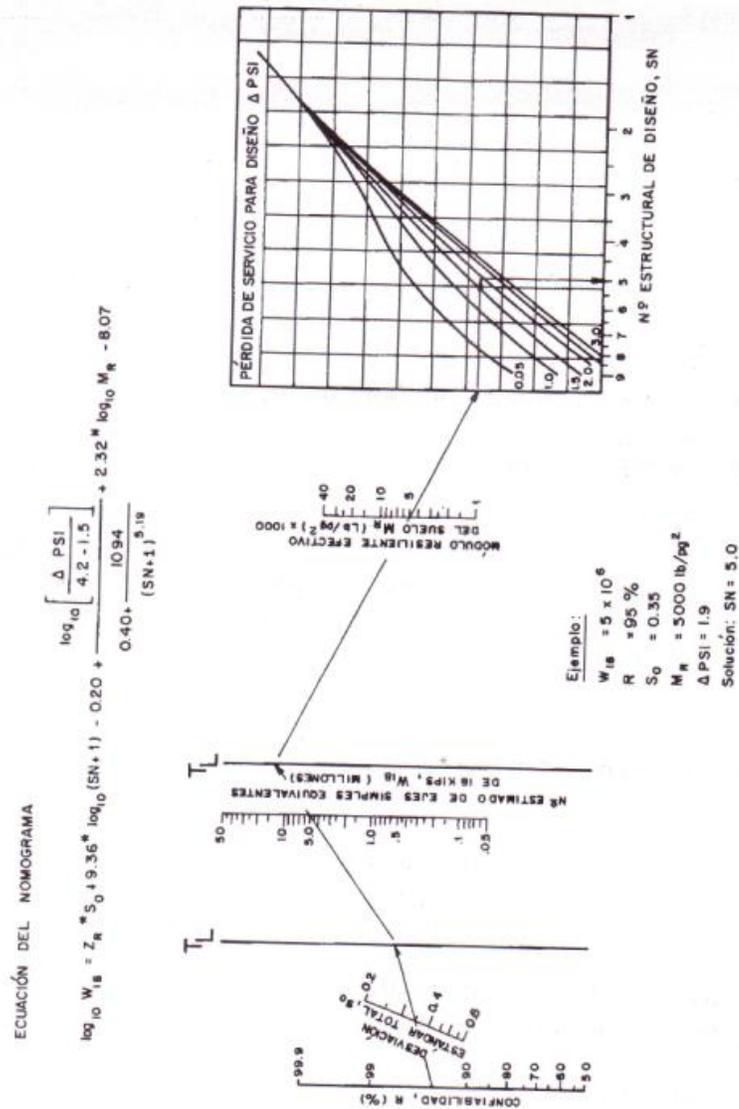
a_1, a_2, a_3 : Coeficientes de capa, adimensionales.

m_2, m_3 : Coeficientes de drenaje.

D_1, D_2, D_3 : Espesores de las capas.

Esta ecuación no tiene una única solución, hay muchas combinaciones de espesores que la pueden satisfacer, no obstante existen normativas tendientes a dar espesores de capas que puedan ser construidas y protegidas de deformaciones permanentes por las capas superiores más resistentes.

Fig. N°1. Ábaco de Diseño AASHTO para Pavimentos Flexibles.



(Fuentes: AASTHO Guide for Design of Pavement Structures)

A continuación se describirá cada una de las variables que forman parte de esta ecuación de diseño.

3.6.4.2.3. Variables que intervienen en el diseño

a) Confiabilidad "R".

Con el parámetro de Confiabilidad "R", se trata de llegar a cierto grado de certeza en el método de diseño, para asegurar que las diversas alternativas de la sección estructural que se obtengan, durarán como mínimo el período de diseño. Se consideran posibles variaciones en las predicciones del tránsito en ejes acumulados y en el comportamiento de la sección diseñada.

El actual método AASHTO para el diseño de la sección estructural de pavimentos flexibles, recomienda valores desde 50 y hasta 99.9 para el parámetro “R” de confiabilidad, con diferentes clasificaciones funcionales, notándose que los niveles más altos corresponden a obras que estarán sujetas a un uso intensivo, mientras que los niveles más bajos corresponden a obras o caminos locales y secundarios.

Tabla N° 1 Valores de “R” de confiabilidad, con diferentes Clasificaciones funcionales.

*NIVELES DE CONFIABILIDAD	
CLASIFICACIÓN FUNCIONAL	NIVEL RECOMENDADO POR AASHTO PARA CARRETERAS
carretera Interestatal o Autopista	80-99,9
Red principal o Federal	75-95
Red secundaria o Estatal	75-95
red Rural o local	50-80

Para el presente proyecto, se adopta un nivel de confiabilidad del 85% que por etapa representaría el 92.2% debido a que se proyecta construirlo en 2 etapas.

b) Desviación estándar normalizada

La desviación estándar normalizada Z_R representa la abscisa correspondiente a un área igual a la confiabilidad R en la curva de distribución normalizada.

La distribución normal es útil para estudiar los efectos de la variabilidad en el rendimiento y el diseño de pavimentos.

La Tabla N°2 obtenida de la Guía AASHTO muestra valores de la desviación estándar normal Z_R correspondientes a valores seleccionados de confiabilidad.

**Tabla N°2
Valores de Desviación Estándar Normalizada**

CONFIABILIDAD	DESVIACIÓN	CONFIABILIDAD	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL
----------------------	-------------------	----------------------	-----------------------------------

R (%)	ESTÁNDAR NORMAL Z_R	R (%)	Z_R
50	0,000	93	- 1,476
60	- 0,253	94	- 1,555
70	- 0,524	95	- 1,645
75	- 0,674	96	- 1,751
80	- 0,841	97	- 1,881
85	- 1,037	98	- 2,054
90	- 1,282	99	- 2,327
91	- 1,340	99,9	- 3,090
92	- 1,405	99,99	- 3,750

Para el presente proyecto se adopta un valor de $Z_R = -1.037$ correspondiente a la confiabilidad adoptada.

c) Desviación estándar de las variables "S_o".-

La desviación estándar S_o, toma en cuenta la variabilidad asociada con el diseño, construcción y comportamiento del pavimento.

La Guía AASHTO' 97 aconseja valores para la desviación estándar S_o, desarrollados a partir de un análisis de varianza que existía en el AASHTO Road Test y en base a predicciones futuras de tránsito.

En la Tabla N°3 se dan los valores recomendados por AASHTO' 97 para pavimentos flexibles.

**Tabla N°3
Valores de Desviación Estándar**

Condición de Diseño	Desvío Estándar
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0,44
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito	0,49

Fuente: ASSHTO-97

Para el presente proyecto se ha adoptado un valor de $S_0 = 0.49$

d) Estimación de ejes equivalentes(ESALS)

El procedimiento de diseño para carreteras con volúmenes de tráfico tanto altos como bajos está basado en los ESALS acumulados esperados durante el período de diseño, donde el ESAL (Equivalent Simple Axial Load) es la conversión de las cargas, a un número de repeticiones de cargas equivalente de un eje simple de ruedas duales de carga estándar de 18,000 lb. Para la obtención de este valor es necesario el análisis a partir de la composición del tráfico.

Composición del Tráfico

Del estudio de tráfico presentado a detalle en el respectivo capítulo, se obtiene la siguiente información:

Tabla N°4
Tráfico total estimado

AÑO	Nº	LIVIANOS			BUSES			CAMIONES				OTROS	TOTAL	
		Automovil Vagoneta, Jeep	Camioneta	Minibus	Microbus	Mediano	Grande	Mediano	Grande 2 ejes	Grande 3 ejes	Semi- Remolque			Con Remolque
		NORMAL + GENERADO												
2013	0	134	54	2	2	16	20	36	33	32	6	11	0	346
2014	1	146	59	2	2	17	22	41	38	36	7	13	0	383
2015	2	158	64	2	2	19	24	47	43	42	8	14	0	423
2016	3	172	70	3	3	21	26	53	49	47	9	16	0	469
2017	4	224	91	4	4	26	34	73	67	65	12	23	0	623
2018	5	245	98	4	4	29	36	83	76	74	14	25	0	688
2019	6	266	107	4	4	32	40	95	86	84	16	29	0	763
2020	7	289	116	5	5	35	43	108	98	96	18	32	0	845
2021	8	314	127	5	5	37	47	124	113	109	20	37	0	938
2022	9	342	138	5	5	41	52	140	128	125	23	43	0	1042
2023	10	373	150	6	6	44	55	160	146	142	26	49	0	1157
2024	11	406	163	6	6	48	60	182	167	162	30	55	0	1285
2025	12	440	178	6	6	53	66	208	191	185	35	64	0	1432
2026	13	480	193	7	7	58	72	236	217	210	40	72	0	1592
2027	14	522	210	7	7	62	78	270	247	240	44	83	0	1770
2028	15	568	229	8	8	68	85	307	282	274	52	94	0	1975
2029	16	618	250	10	10	74	92	350	322	312	59	107	0	2204
2030	17	672	271	10	10	80	101	400	366	355	66	122	0	2453
2031	18	731	295	11	11	88	109	456	418	404	76	139	0	2738
2032	19	794	320	12	12	95	119	520	476	461	86	158	0	3053
2033	20	864	349	13	13	103	130	592	542	526	98	181	0	3411
2034	21	941	379	14	14	113	140	674	618	600	113	206	0	3812
2035	22	1024	413	16	16	122	152	769	704	683	128	235	0	4262
2036	23	1112	449	17	17	133	167	876	803	779	146	268	0	4767

Para el diseño del pavimento, se ha considerado el tráfico a partir del año 2017, donde se produciría la puesta en servicio de la carretera.

Configuración de Ejes de los Vehículos

A partir del estudio de tráfico, se puede indicar la siguiente configuración de ejes de vehículos:

Tabla N° 5 Configuración de Ejes de los Vehículos

Vehículo	Configuración de Ejes				
Automóviles, vagoneta, jeep	(11)	S	S		
Camionetas	(11)	S	S		
Minibús	(11)	S	S		
Microbús	(11)	S	S		
Bus mediano	(11)	S	SD		
Bus grande	(12)	S	D		
Camión mediano	(11)	S	S		
Camión grande 2 ejes	(11)	S	SD		
Camión grande 3 ejes	(12)	S	D		
Camión semirremolque	(112)	S	SD	D	
Camión con remolque	(1211)	S	D	SD	SD
Otros	(11)	S	S		

Fuente: Elaboración propia en función del estudio de Tráfico

Con SD: Simple Dual

(1): Eje Simple (S) o (SD)

(2): Eje Tándem (D)

(3): Eje Trídem (T)

Según el Decreto Supremo N° 25629, en el que se aprueba el reglamento de la ley de cargas N°1769 referente a pesos y dimensiones para vehículos de transporte de carga o pasajeros que circulan en el territorio nacional, se tienen los siguientes límites de cargas:

Tabla N° 6 Límites de Cargas según ley de cargas N°1769

Carga Máxima para Eje sencillo de 2 llantas	7.00 ton
Carga Máxima para Eje sencillo de 4 llantas	11.00 ton
Carga Máxima para Eje doble de 8 llantas	18.00 ton
Carga Máxima para Eje doble de 4 llantas	10.00 ton
Carga Máxima para Eje doble de 6 llantas	14.00 ton
Carga Máxima para Eje triple de 12 llantas	25.00 ton
Carga Máxima para Eje triple de 6 llantas	17.00 ton
Carga Máxima para Eje triple de 10 llantas	21.00 ton

Pese a que los vehículos livianos tienen poca influencia en la determinación del número total de ejes equivalentes para el diseño de pavimentos, estos han sido

considerados, asumiendo tonelajes normalmente utilizados en proyectos de carreteras en nuestro medio.

En cuanto a los vehículos pesados, es usual utilizar las cargas máximas permitidas en cada tipo de vehículo ante ausencia de un censo de cargas, sin embargo dicha consideración deriva de alguna manera a un sobredimensionamiento del paquete estructural. Es por eso, que se ha visto por conveniente afectar dichas cargas con el porcentaje más próximo superior yendo al lado de la seguridad y representativo del factor de ocupación ya sea de pasajeros o de carga según sea el caso, obtenidos con los datos proporcionados en las encuestas O/D y que de alguna manera representa el comportamiento del flujo vehicular de la zona. Con estos últimos valores se trabajará.

Tabla Nº 7 Cargas por ejes de flota vehicular (TON)

Vehículo	Eje Delantero	Eje Trasero	Semirremolque	Remolque
1. Automóviles, vagonetas, jeeps	0.7 (carga máxima)	0.8 (carga máxima)		
2. Camionetas	1.0 (carga máxima)	1.0 (carga máxima)		
3. Minibuses	3.0 (carga máxima)	4.0 (carga máxima)		
4. Microbuses	3.0 (carga máxima)	6.2 (carga máxima)		
	2.1 (Peso al 70% carga max, con la que se trabajará)	4,3 (Peso al 70% carga max, con la que se trabajará)		
5. Bus Mediano	7.0 (carga máxima)	11.0(carga máxima)		
	4,9 (Peso al 70% carga max, con la que se trabajará)	7,7 (Peso al 70% carga max, con la que se trabajará)		
6. Bus grande	7 (carga máxima)	18 (carga máxima)		
	6,0 (Peso al 85% carga max, con la que se trabajará)	15.3 (Peso al 85% carga max, con la que se trabajará)		
7. Camión mediano	7 (carga máxima)	7 (carga máxima)		
	3.5 (Peso al 50% carga max, con la que se trabajará)	3.5 (Peso al 50% carga max, con la que se trabajará)		
8. Camión grande 2 ejes	7 (carga máxima)	11(carga máxima)		
	4.6 (Peso al 65 % carga max, con la que se trabajará)	7.2 (Peso al 65% carga max, con la que se trabajará)		
9. Camión grande 3 ejes	7 (carga máxima)	18 (carga máxima)		
	4.6 (Peso al 65 % carga max, con la que se trabajará)	11.7 (Peso al 65% carga max, con la que se trabajará)		
10. Camiones semiremolque	7 (carga máxima)	11 (carga máxima)	18(carga máxima)	
	4.6 (Peso al 65% carga max, con la que se trabajará)	7.2 (Peso al 65% carga max, con la que se trabajará)	11.7 (Peso al 65% carga max, con la que se trabajará)	
11. Camiones remolque	7 (carga máxima)	18 (carga máxima)	11 (carga máxima)	11 (carga máxima)
	4.9 (Peso al 70% carga max, con la que se trabajará)	12.6 (Peso al 70% carga max, con la que se trabajará)	7.7 (Peso al 70% carga max, con la que se trabajará)	7.7 (Peso al 70% carga max, con la que se trabajará)
12. Otros	4 (carga máxima)	6 (carga máxima)		

Fuente: elaboración propia en base a Decreto Supremo N° 25629

A partir de esta estimación, se determinan los factores de equivalencia de carga y factor camión para cada tipo de vehículo permitiendo así estimar los ejes equivalentes acumulados necesarios para el diseño.

Factores de Equivalencia de Carga y Factor camión.

Como primera instancia para calcular los ESAL's que se aplicarán a una estructura de pavimento es necesario asumir un numero estructural (SN) que se considere adecuado a las cargas, también se tendrá que asumir el índice de serviciabilidad aceptable, de acuerdo con los programas de mantenimiento que se considere necesario según el tipo de carreteras. Las tablas indicadas en Anexos extraídas de la Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimentos publicada por la AASHTO,

muestran los distintos LEFs para distintos tipos de cargas por eje, para distintos tipos de pavimentos y distintos índices de serviciabilidad finales.

Previo a determinar el factor camión adoptado de cada vehículo, se tuvo que definir el SN absoluto a considerar para obtener esos valores. Inicialmente se ha calculado ejes equivalentes para el periodo de diseño (20 años) con distintos números estructurales asumidos y un nivel de serviciabilidad final de 2.5. A la vez se obtuvieron los respectivos SN en función a los ejes equivalentes calculados y otros parámetros indicados más adelante. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

SN asumido	EE obtenidos	SN obtenido
3	3,263,436.0	3.36
4	3,158,467.0	3.34

Analizado el cuadro anterior, se adoptó finalmente el SN=3 como absoluto para el cálculo de factores de equivalencia ya que entre este valor inicial asumido y el respectivo valor obtenido existe la menor diferencia entre ellos y es menor a 1" situación permitida y aconsejada por la AASHTO.

Por tanto, considerando para el cálculo un SN de 3.0 y un índice de serviciabilidad final de 2.5, se obtiene de acuerdo al peso que cada eje, el respectivo valor de equivalencia de carga.

En la determinación de los ESAL's se hace notar que se ha considerado un factor de distribución direccional igual a 0.5 (50%) que representa el mismo número de vehículos pesados circulando en ambas direcciones y un factor de distribución por carril igual a 1 (100%) por el número de carriles en una dirección.

En anexos, se detalla la obtención de ejes equivalentes, sin embargo a continuación se presenta el resumen de los resultados obtenidos:

Tabla N° 8 Cálculo ejes equivalentes

Alternativa carpeta asfáltica

Tramo	Para diseño Carpeta asf.	Para diseño del Refuerzo
Puerta de Chaco- Canaletas km 9+504.60 a 24+840.6	1,637,202	1,626,234

Fuente: Elaboración propia

**Tabla Nº 9 Calculo ejes equivalentes
Alternativa tratamiento superficial triple**

Tramo	Para diseño TST	Para diseño del Refuerzo
Puerta de Chaco- Canaletas km 9+504.60 a 24+840.6	427,939	2,835,497

Fuente: Elaboración propia

e) Pérdida de serviciabilidad de diseño "ΔPSI".-

La serviciabilidad es la capacidad de un pavimento para servir al tipo de tránsito para el cual ha sido diseñado. En el diseño de pavimentos se deben elegir la serviciabilidad inicial y final. La serviciabilidad inicial P_o es función del diseño del pavimento y de la calidad de construcción. La serviciabilidad final o terminal P_t es función de la categoría del camino y es adoptada en base a esta y al criterio del proyectista. Los valores recomendados por la AASHTO 97 están indicados a continuación:

Serviciabilidad Inicial

$P_o = 4,5$ para Pavimentos Rígidos

$P_o = 4,2$ para Pavimentos Flexibles

Serviciabilidad terminal:

$P_t = 2,5$ o más para caminos muy importantes

$P_t = 2,0$ para caminos de menor tránsito

Para el presente proyecto se han adoptado $P_o=4.2$ y $P_t=2.5$

Una vez que P_o y P_t son establecidos, la pérdida de serviciabilidad prevista en el diseño ΔPSI se puede determinar con la siguiente ecuación:

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

Por tanto la perdida de serviciabilidad prevista estimada es $\Delta PSI = 1.7$

f) Módulo Resiliente de la Subrasante.-

La base para la caracterización de los materiales de subrasante en este método, es el módulo resiliente o elástico. Este módulo se determina con un equipo especial que no es de fácil adquisición y por tal motivo se han establecido correlaciones para determinarlo a partir de otros ensayos como por ejemplo el CBR.

Existen varias correlaciones entre ellas:

$$M_R \text{ (psi)} = 1500 * \text{CBR} \quad (\text{suelos finos con CBR} < 10)$$

$$M_R \text{ (psi)} = 4326 * \ln (\text{CBR}) + 241 \text{ (Para los suelos granulares)}$$

Otras conocidas son las utilizadas en Chile:

$$M_R \text{ (MPa)} = 17.6 * \text{CBR}^{0.64} \text{ (CBR} < 12)$$

$$M_R \text{ (MPa)} = 22.1 * \text{CBR}^{0.55} \text{ (12} < \text{CBR} < 80)$$

O las desarrolladas en Sudáfrica:

$$M_R \text{ (psi)} = 3000 * \text{CBR}^{0.65} \text{ (7.2} < \text{CBR} < 20)$$

A partir de los valores de CBR de diseño definidos por el especialista de geotecnia en el respectivo estudio de suelos y materiales y utilizando las dos primeras fórmulas indicadas anteriormente que correlaciona el modulo resiliente y CBR, se han obtenido los módulos resilientes de la capa Subrasante a lo largo del tramo.

Tabla N°10. VALOR DE RESISTENCIA ASIGNADO Mr (KPa)

CAPA DEL PAQUETE ESTRUCTURAL	MODULO RESILIENTE OBTENIDO(KPa)
Subrasante terreno natural (CBR=18%)	87,871.98
Subrasante terreno natural (CBR=2.7% suelo expansivo)	27.923,778

Fuente: elaboración propia en base a estudio de suelos

La razón de utilizar las dos primeras formulas en la determinación del módulo resiliente es sencillamente porque las mismas arrojan valores más conservadores.

3.6.4.2.4. Determinación de espesores por capas.

Una vez que se ha obtenido el Número Estructural SN para cada sección estructural del pavimento, utilizando el gráfico o la ecuación general básica de diseño, (Figura N° 1) donde

se involucraron los parámetros anteriormente descritos (tránsito, R, So, MR, ΔPSI), se requiere ahora determinar una sección multicapa que en conjunto provea de suficiente capacidad de soporte equivalente al número estructural de diseño original. La siguiente ecuación puede utilizarse para obtener los espesores de cada capa, para la superficie de rodamiento o carpeta, base y subbase, haciéndose notar que el actual método de AASHTO, ya involucra coeficientes de drenaje particulares para la base y subbase.

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2m_2 + a_3D_3m_3$$

Donde:

SN= Número estructural requerido

a_1 , a_2 y a_3 = Coeficientes de capa representativos de carpeta, base y subbase respectivamente.

D_1 , D_2 y D_3 = Espesor de la carpeta, base y subbase respectivamente, en pulgadas.

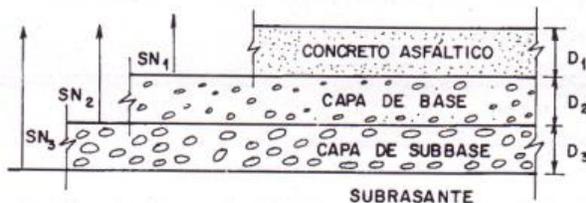
m_2 y m_3 = Coeficientes de drenaje para base y subbase, respectivamente.

Para la obtención de los coeficientes de capa a_1 , a_2 y a_3 deberán utilizarse las figuras N° 3 a figura N°5.

Siendo el pavimento un sistema multicapa, la distribución de los espesores debe hacerse de acuerdo con los principios que muestra la siguiente figura.

Figura N°2

Determinación de los espesores de las capas mediante aproximaciones.



$$D_1^* \geq \frac{SN_1}{a_1}$$

$$SN_1^* = a_1 D_1^* \geq SN_1$$

$$D_2^* \geq \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 m_2}$$

$$SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

$$D_3^* \geq \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 m_3}$$

- 1) a , D , m y SN como se definen en el texto son los valores mínimos requeridos.
- 2) Un asterisco en D o SN indica que representa el valor realmente usado, el cual debe ser mayor o igual al requerido.

Determinación de los espesores de las capas mediante aproximaciones.
(Fuente: AASHTO Guide for Design of Pavement Structures))

Calculamos el SN requerido sobre la subrasante. Del mismo modo, se hallan los SN necesarios sobre las capas de subbase y base, usando los valores aplicables de resistencia en cada caso. Trabajando con las diferencias entre los SN calculamos como necesarios sobre cada capa, el espesor máximo permisible de cada uno.

En el caso de ser necesario la incorporación de una capa de subrasante mejorada en sectores definidos, como es el caso del presente estudio, a la fórmula arriba descrita deberá añadirse los valores $a_4 D_4 m_4$ que corresponden a dicha capa, quedando la fórmula:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 + a_4 D_4 m_4$$

Por lo que para determinar el espesor D_4 de la subrasante mejorada, hacemos el siguiente análisis:

$$SN_r = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 + a_4 \times D_4 \times m_4$$

0

$$SN_r = SN_o + a_4 \times D_4 \times m_4$$

Con los valores determinados a_4 y m_4 , se puede calcular el espesor efectivo D_4 de la subrasante mejorada, con la siguiente expresión:

$$D_4 = (SN_r - SN_o) / (a_4 \times m_4)$$

SN_r = Número estructural requerido del pavimento con subrasante regular, buena o muy buena, según se requiera mejorar.

SN_o = Número estructural del pavimento con subrasante muy pobre o pobre.

m_4 = coeficiente de drenaje para la subrasante mejorada.

a_4 = Coeficiente estructural de la capa de subrasante mejorada.

En anexos se detalla la obtención del espesor de la capa de subrasante mejorada (cambio de material) para las alternativas estudiadas.

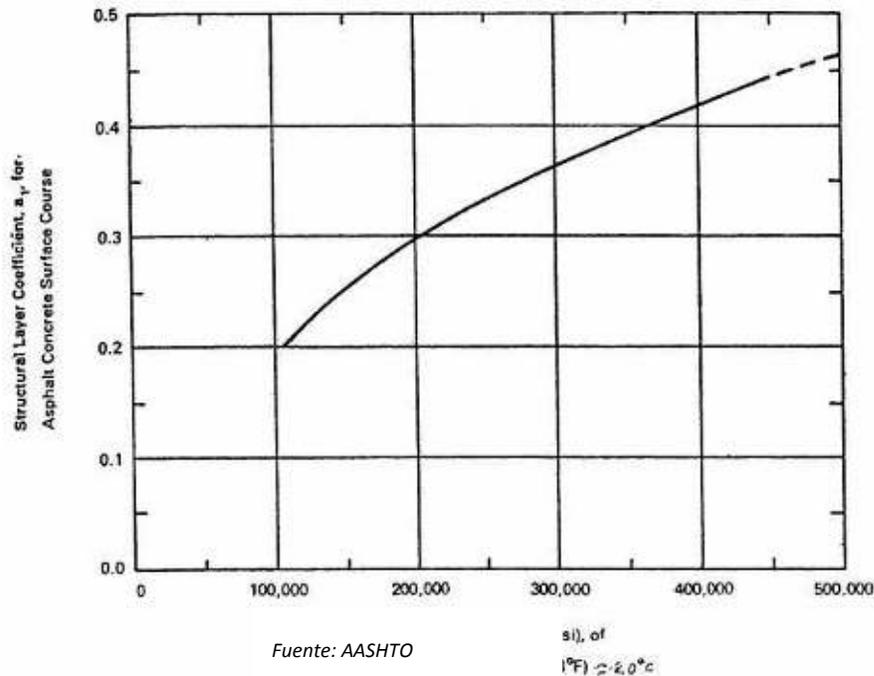
3.6.4.2.4.1. Coeficientes estructurales o de capa.-

Estos coeficientes son una medida de la capacidad relativa de cada capa como componente estructural de un pavimento, aunque directamente no sean un índice de la resistencia del material. No obstante a ello, estos coeficientes están correlacionados con distintos parámetros resistentes.

a) Coeficiente Estructural para la Capa de Rodadura “ a_1 ”.-

La figura N°3 proporciona un gráfico para estimar el coeficiente estructural para capas asfálticas, donde este coeficiente “ a_1 ” están en función del modulo resiliente adoptado.

Figura N°3: Gráfico para determinar el coeficiente estructural de capas asfálticas en función del modulo resiliente adoptado



Para un modulo resiliente adoptado de 425,000.0 psi, se obtiene un coeficiente estructural para la Carpeta Asfáltica de:

$$a_1 = 0.43$$

Para el caso de la alternativa de tratamiento superficial triple el coeficiente estructural de la capa tiene un valor $a_1=0$, ya que el tratamiento superficial no proporciona aporte estructural.

El C.A recomendado es el de tipo 85-100, de acuerdo a las condiciones climáticas del lugar principalmente, el mismo que equivale a una clasificación xxx que de acuerdo a la metodología del Performance Grade PG.

b) Coeficiente Estructural para la Capa Base " a_2 ".-

En la figura N°4 se muestra el ábaco para determinar el coeficiente estructural " a_2 " para bases granulares (definida para el proyecto, por los buenos materiales que se tiene en los bancos de préstamo cercanos). Este coeficiente está en función de distintos parámetros resistentes.

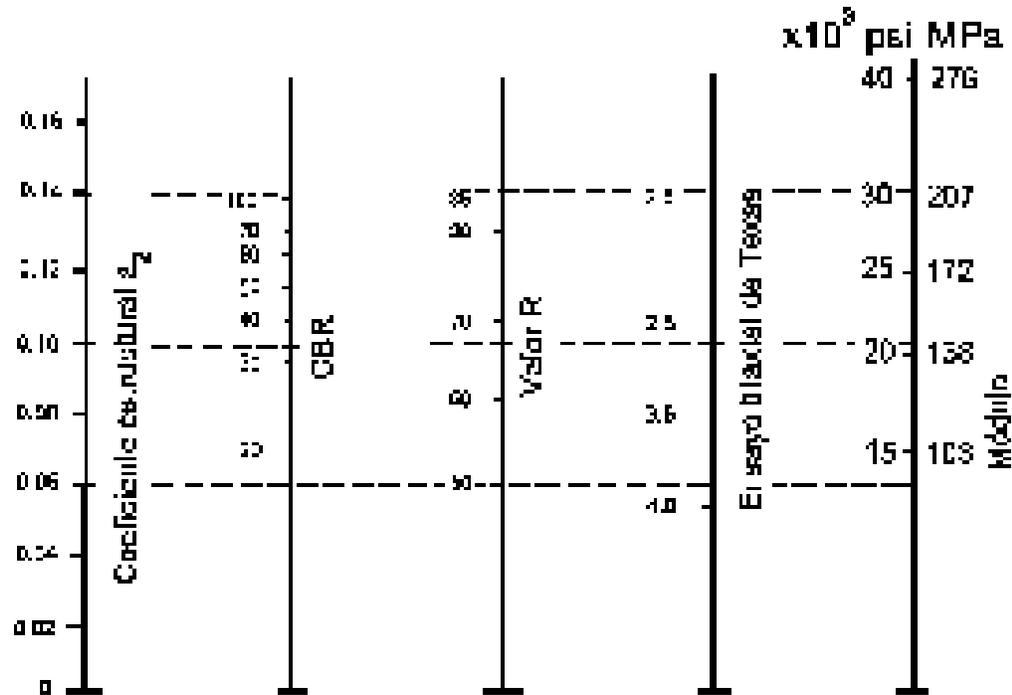


Fig. N°4.- Relación entre el coeficiente estructural para base granular y distintos parámetros resistentes

Para el presente proyecto, se adopta un CBR igual a 80% para el material de la capa base de acuerdo a la exigencia mínima solicitada en especificaciones. Por lo tanto el coeficiente estructural para la capa Base Granular es:

$$a_2 = 0.133$$

c) Coeficiente Estructural para la Capa Sub-Base "a₃".-

Para la estimación del coeficiente de capa "a₃" para sub-base granular se utiliza el ábaco de la figura N°5, que relaciona este coeficiente con distintos parámetros resistentes.

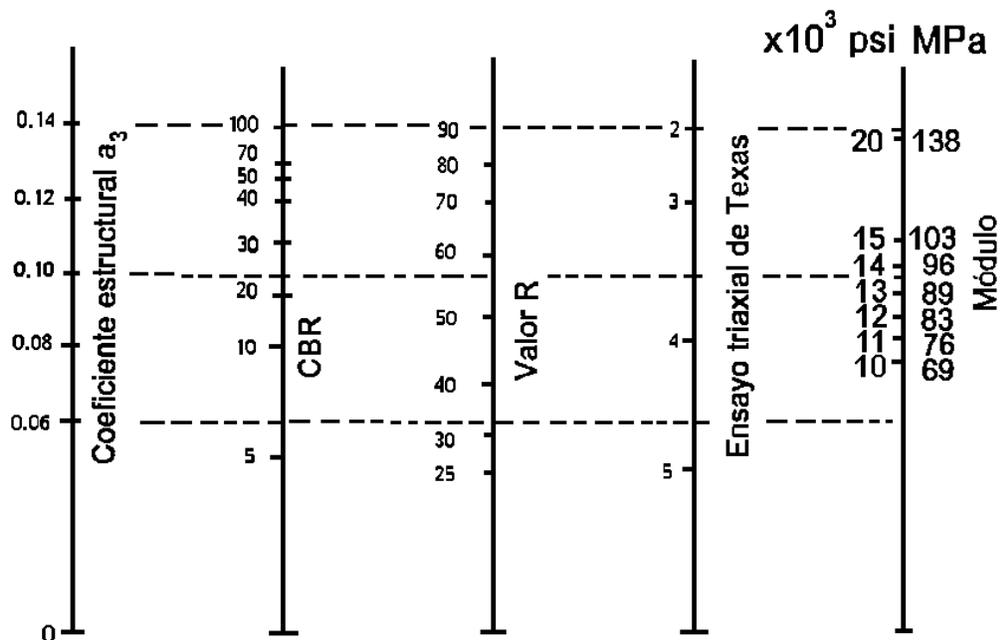


Fig.Nº5.- Relación entre el coeficiente estructural para sub-base granular y distintos parámetros resistentes

Para el presente proyecto, se adopta un CBR igual a 40% de acuerdo a lo mínimo solicitado en especificaciones. Por lo tanto el coeficiente estructural para la capa Sub base Granular es :

$$a_3 = 0.12$$

d) Coeficiente Estructural para la capa de subrasante mejorada "a4".-

Para la estimación del coeficiente de capa "a4" para subrasante mejorada se ha considerado los valores ya establecidos en la bibliografía especializada en el tema, considerando un valor:

$$a_4 = 0.030$$

El mismo que es recomendado para reemplazar la subrasante muy pobre y pobre, por una subrasante buena con CBR entre 11% y 19%, en la que se enmarca el CBR especificado mínimo para el presente estudio (18% según especificaciones).

e) Coeficientes de drenaje "mi".-

Los coeficientes de drenaje que afectan a las capas no ligadas, tienen por objeto tomar en cuenta los efectos de distintos niveles de eficiencia de drenaje en el comportamiento de la estructura.

Es sabido que un buen drenaje aumenta la capacidad portante de la subrasante (el modulo resiliente aumenta cuando baja el contenido de humedad), mejorando la calidad del camino y permitiendo el uso de capas más delgadas.

En la Tabla N°11 se indican los tiempos de drenaje recomendados por AASHTO. Estas recomendaciones están basadas en el tiempo requerido para drenar la capa base hasta un grado de saturación del 50%. Sin embargo, el criterio del 85% de saturación reduce en forma significativa el tiempo real usado para seleccionar la calidad del drenaje.

Tabla N°11
Tiempo de Drenaje

CALIDAD DE DRENAJE	50% SATURACIÓN EN:	85% SATURACIÓN EN:
Excelente	2 horas	2 horas
Bueno	1 día	2 a 5 horas
Regular	1 semana	5 a 10 horas
Pobre	1 mes	Más de 10 horas
Muy Pobre	El agua no drena	Mucho más de 10 horas

Fuente: Asshto 97

Esta calidad se expresa en la formula de dimensionado (Numero estructural) a través de unos coeficientes de drenaje m_i que afectan a las capas no ligadas (Tabla N°12)

Tabla N°12
Coefficientes de drenaje para pavimentos flexibles

CALIDAD DE DRENAJE	% de Tiempo que el pavimento está expuesto a Niveles de Humedad Próximos a la Saturación			
	< 1%	1 - 5 %	5 - 25 %	> 25 %
Excelente	1,40 - 1,35	1,35 - 1,30	1,30 - 1,20	1,20
Bueno	1,35 - 1,25	1,25 - 1,15	1,15 - 1,00	1,00
Regular	1,25 - 1,15	1,15 - 1,05	1,00 - 0,80	0,80
Pobre	1,15 - 1,05	1,05 - 0,80	0,80 - 0,60	0,60
Muy Pobre	1,05 - 0,95	0,95 - 0,75	0,75 - 0,40	0,40

Fuente: ASSHTO 97

Los valores considerados como coeficientes de drenaje en función a una calidad del drenaje regular obtenido y un porcentaje entre el 5% y 25% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad, son los siguientes:

- Base Granular $m_2=1.0$
- Subbase Granular $m_3=1.0$
- Subrasante mejorada $m_4=1.00$

3.6.4.2.6. Utilización del programa DARWin 3.01 y resultados

Como se indicó párrafos arriba, para el presente proyecto en el diseño del pavimento y sobrecarpeta se utilizó el programa computarizado DARWin® 3.01 y la verificación se realizó con el programa DIPAV 2.0.

En término simples DARWin (Design, Analysis, and Rehabilitation for Windows) es una versión computarizada de los modelos de diseño de pavimentos presentado en la publicación Guide for the Design of Pavement Structures escrita por la AASHTO.

Los datos que se introdujeron en el programa tanto para el cálculo del paquete estructural como para la determinación del espesor de la sobrecarpeta para ambas alternativas analizadas, fueron mencionados anteriormente. En anexos se adjuntan los respaldos de los cálculos, sin embargo a continuación se detalla los resultados obtenidos del análisis realizado para ambas alternativas:

**Tabla Nº17 Espesores determinados
Alternativa 1: carpeta asfáltica**

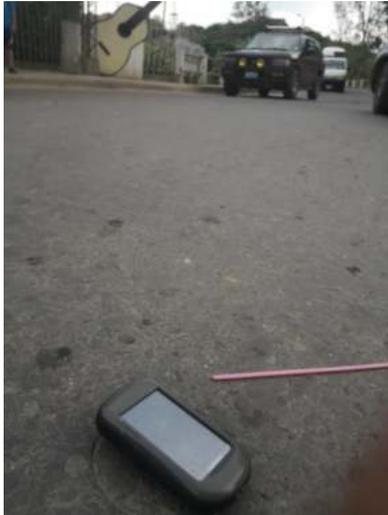
Prog. 0+000-3+830, prog. 4+060-4+200, prog. 4+260-4+580, prog. 4+700-4+770, prog. 5+280-5+620, prog. 5+920-7+139.345, prog. 7+240-14+620 y prog. 14+760-15+336.7695:

CAPA	(cm)
carpeta asfáltica	6.0
capa base	20.0
capa sub base	25.0
BERMAS	
carpeta asfáltica	3.0
capa base	20.0
capa sub base	25.0

ANEXO 10

Reporte fotográfico de coordenadas de los núcleos extraídos de los tramos de estudio

TRAMO 1: PUENTE DE TOMATITAS CARRETERA A SAN LORENZO



COORDENADAS

NÚCLEO N° 1



NÚCLEO N° 2



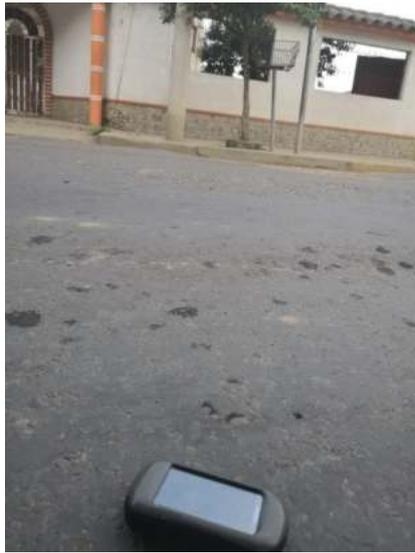
NÚCLEO N°3



NÚCLEO N° 4



NÚCLEO N° 5



NÚCLEO N° 6



NÚCLEO N° 7



NÚCLEO N° 8



NÚCLEO N° 9



NÚCLEO N° 10



TRAMO 2: PUERTA DEL CHACO – PUENTE JARCAS



COORDENADAS

NÚCLEO N° 1



NÚCLEO N°2



NÚCLEO N°3



NÚCLEO N°4



NÚCLEO N° 5



NÚCLEO N° 6



NÚCLEO N°7



NÚCLEO N° 8



NÚCLEO N° 9



NÚCLEO N° 10



TRAMO 3: PIEDRA LARGA - CANALETAS



COORDENADAS

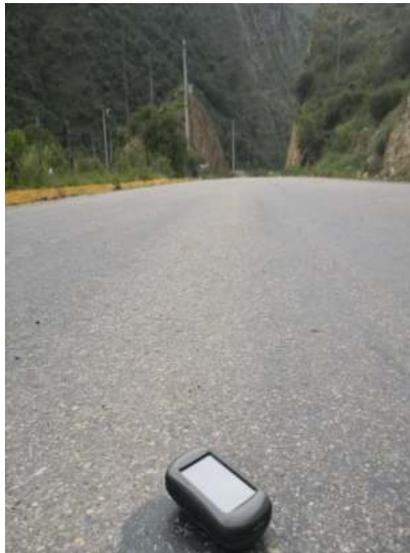
NÚCLEO N° 1



NÚCLEO N° 2



NÚCLEO N° 3



NÚCLEO N° 4



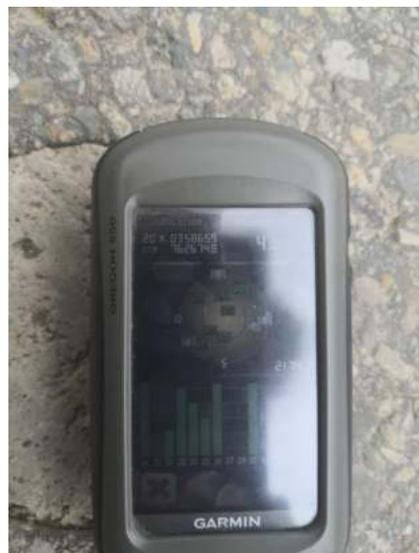
NÚCLEO N° 5



NÚCLEO N° 6



NÚCLEO N° 7



NÚCLEO N° 8



NÚCLEO N° 9



NÚCLEO N° 10

