MEMORIA DE INGENIERIA – PAQUETE ESTRUCTURAL

347 (Trescientos cuarenta y siete)

CONSORCIO
Control Ruta 5

Asunción, 31 de octubre de 2023

Señor
Ing. Juan Pintos Villate
Coordinador General Interino
UNE FOCEM – MOPC
Presente

Nota Nº 237/2023
Ref.: Llamado MOPC Nº 110/2019, "LICITACIÓN PÚBLICA INTERNACIONAL PARA SERVICIOS DE CONSULTORÍA PARA LA FISCALIZACIÓN DEL PROYECTO MEJORAS EN LA CONECTIVIDAD FÍSICA DEL DEPARTAMENTO DE SAN PEDRO, A SER EJECUTADA CON FINANCIAMIENTO DEL FOCEM". ID 369.718
Asunto: Memoria de Ingeniería - Propuesta de cambio de paquete estructural.

De nuestra mayor consideración:

Tenemos el agrado de dirigimos a usted, con relación a la Nota N/REF: 5676/23, a través de la cual la Contratista Ecomipa S.A., presenta a esta Fiscalización, la Memoria de Ingeniería con una propuesta de cambio de paquete estructural adecuada a las indicaciones recibidas del MOPC según Nota DV N° 2277/2023.

Al respecto, nuestra Asesoría Especializada, luego de revisar las documentaciones recibidas, indica que ha verificado que las mismas cumplen con los parámetros indicados por el MOPC y atienden a sus observaciones anteriores, por lo que, elevamos a la Contratante la propuesta de cambio de paquete estructural sin observaciones para su aprobación correspondiente, salvo mejor parecer.

Sin otro particular, hacemos propicia la ocasión para saludarlo a usted muy atentamente.

Ing. Miguel Ángel Torres
Representante Legal
CONSORCIO
CONTROL RUTA 5

Se adjuntan:
- Nota de la Contratista N/REF 5676/23 y sus anexos.

ECOMIPA
Empresa Constructora
Minera Paraguaya S.A.

346 (Trescientos cuarenta y seis

Avda. Gral. Artigas N° 1750
Asunción, Paraguay
+595 21 291 226 | 223 098
info@ecomipa.com.py

www.ecomipa.com.py

Asunción, 23 de octubre de 2023.-

Señor.
Ing. Miguel Ángel Torres
Representante Legal
Consorcio Control Ruta 5
Presente

N/REF.: 5676/23 Llamado N° 93/21. L.P.I. para la Contratación de Empresas Constructoras Especializadas en Obras Viales para el Proyecto de Mejoras en la Conectividad Física del Departamento de San Pedro, Financiada con Recursos Provenientes del FOCEM. ID N° 402448.

De nuestra consideración:

Nos dirigimos a Ud., en el marco del contrato de la obra de la referencia, que nos relaciona, y en respuesta a vuestra comunicación vía correo electrónico de fecha 02/10/23, mediante la cual realizan puntualizaciones a las Especificaciones Técnicas incluidas en la Memoria de Ingeniería V2.

A efectos de proseguir con los análisis y verificaciones correspondientes, adjuntamos una copia del citado documento en su versión 3, incluyendo correcciones indicadas.

Sin otro particular, hacemos propicia la ocasión, para saludarlo muy atentamente. -

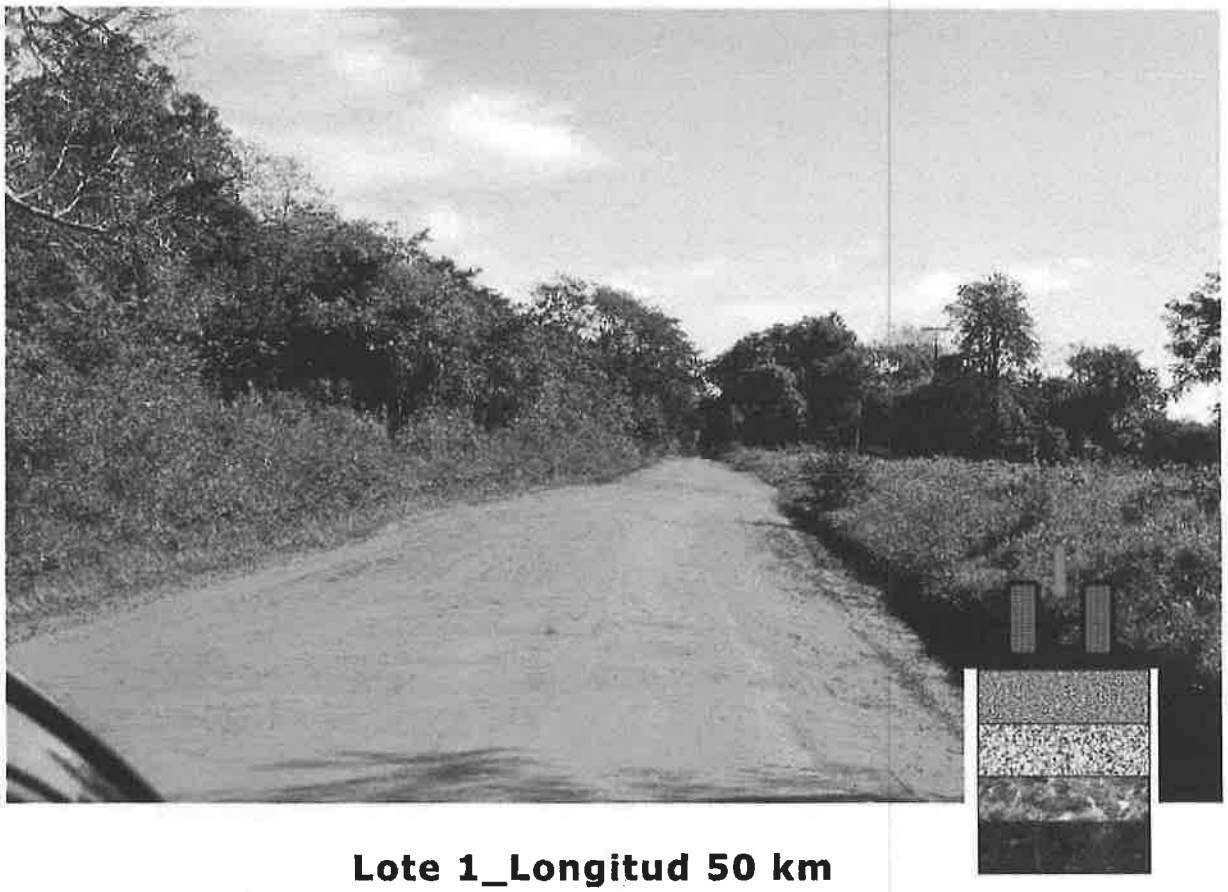
Diego Gonzalez
Ingeniero Civil
Reg. Prof. M.O.P.C. N° 2.678
23/10/23

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

345 (Trescientos cuarenta y cinco)

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

MEMORIA DE INGENIERÍA



Lote 1_Longitud 50 km

INICIO: km 0 Cruce Yacaré Ñe'e_Ruta PY11
FIN: km 50

OCTUBRE 2023

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

344 (Trescientos cuarenta y cuatro)

FICHA TÉCNICA DEL REPORTE

1. Título del Reporte Memoria de Estructura de Pavimento_ LOTE 1	**2. Fecha del Reporte** Octubre 2023
3. Proyecto PROYECTO DE MEJORAMIENTO EN LA CONECTIVIDAD FISICA DEL DEPARTAMENTO DE SAN PEDRO LOTE 1 , KM 0+000 - KM 50+000	**4. Versión** 03
5. Mandante ECOMIPA S.A.	**6. Contraparte Técnica** Ing. Hugo García
7. Elaborador por Métrica Ingeniería S.A.	**8. Director Proyecto** Ing. Josías Grau
	9. Especialista en Pavimento Ing. Fernando Paniagua

10. Resumen

Se analizó la estructura de Pavimento de referencia del Lote 1, así como características de los materiales locales o disponibles en la zona, principalmente los suelos y ripio. Se tomó en cuenta la estructura licitación y proyectos vecinos (Lote 2 y 3), siendo la estructura de referencia la sgte:

Capa	Espesor (cm)	
Carpeta de Concreto Asfáltico Convencional	6,0	Estructura
Base Granular CBR ≥ 100%	18,0	
Sub Base Suelo Cemento UCS ≥ 20kg/cm²	19,0	
30 cm de Subrasante Mejorada CBR ≥ 20% sobre Terraplén CBR ≥ 5%		Apoyo

De la estructura licitada y parámetros adoptados se realizó una verificación obteniéndose 2.283.300 EEq de oferta estructural, diferente a los 3.969.000 previstos en el Informe de Revisión de la Fiscalización cuya condición de apoyo previo un núcleo CBR 5% y Subrasante Mejorada CBR ≥20%. Luego de revisión y trabajos de geotecnia de campo se obtuvo suelos para el núcleo con CBR 8% y Subrasante Mejorada CBR ≥25% (Ripio Pitay), por lo que se propone un pavimento estructuralmente mejor al de licitación, con uso de materiales locales y que a la vez cubra los casi 4 mill de EEq, con parámetros de diseño (aceptado por el MOPC mediante Nota DV N° 2277/23 del 08_agosto_2023) más confiables que se justifica y resulta en:

Capas de Estructura Propuesta	Espesor (cm)
Carpeta de Concreto Asfáltico Modificado	7,0
Base Granular CBR ≥ 100%	19,0
Sub Base Suelo Cemento UCS ≥ 20kg/cm²	22,0
20 cm de Subrasante Mejorada CBR ≥ 25% sobre Coronamiento 30cm_CBR ≥ 10% y Nucleó Terraplén CBR ≥ 8%	

Con la estructura propuesta se mejoran tres aspectos técnicos que son los siguientes: el numero estructural (2,98_Referencial y 3,36_Propuesto), condición de apoyo, además de la incorporación de la carpeta con asfalto modificado con una equiparación de espesor de carpeta prevista en el Proyecto vecino a ejecutar (Lote 2). Esta equiparación o similitud estructural obedece a la importancia del tramo en lo referente a presencia de camiones de carga y trasganados que utilizan el mismo corredor Concecpion_Belen_Ruta11. Adicionalmente se realizó una verificación mecanicista como criterio final de cálculo, aclarando que no se asume una verificación de capas AASHTO a no ser que el MOPC lo instruya. Respecto a las capas o materiales nuevos se hace entrega de las EETT para **Concreto Asfaltico con Polímero,** siendo este el ítem nuevo.

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

343 (Trescientos cuarenta y tres)

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION 6
2. OBJETIVO 6
3. REVISION DE ANTECEDENTES 7
4. NORMATIVAS APLICADAS 9
5. CONSIDERACIONES DE LA ESTRUCTURA DE REFERENCIA 9
5.1. COEFICIENTES DE APORTE ESTRUCTURAL 10
5.2. CALCULO DE CONDICIÓN DE APOYO 10
5.3. ANALISIS DE LOS MATERIALES DE LA ZONA 13
6. PROPUESTA DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 16
6.1. EQUIVALENCIA ESTRUCTURAL (LICITACIÓN VERSUS PROPUESTA) 16
6.2. VERIFICACIÓN DE ESTRUCTURA MEDIANTE MÉTODO MECANICISTA 20
7. CONCLUSIONES 20
ANEXOS 22
ANEXO 1 - MEMORIA DE CALCULO_ METODOLOGÍA AASHTO 23
ANEXO 2 - MEMORIA DE CALCULO_ METODOLOGÍA E-M MEPAD 25
ANEXO 3 - EETT ITEM NUEVO 30
ANEXO 4 – RESULTADOS DE LABORATORIO 57

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

342 (Trescientos cuarenta y dos)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Ubicación del Proyecto 7

Figura 2 – Sección Transversal Tipo. Lote 1 7

Figura 3 – Impresión de Informe Inicial_ Revisión de Proyecto Consorcio Control Ruta 5 (Contrato 461/2020) 8

Figura 4 – Calculo de EEq según datos de licitación y parámetros adoptados 12

Figura 5 – Calculo de SN requerido o necesario según EEq y parámetros adoptados 17

Figura 6 – Calculo de SN según capas propuestas y SN necesario o requerido 17

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

341 (Trescientos cuarenta y uno)

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Generalidad del Pavimento para el Lote 1 6

Tabla 2 – Estructura de Pavimento Referencial o de Licitación para el Lote 1(km 0 al km 50) 6

Tabla 3 – Tramos del Llamado público, incluye el Lote 1, 2 y 3, con sus respectivos datos técnicos 8

Tabla 4 – Número Estructural Efectivo (en amarillo los parámetros de la Fiscalización en marrón parámetros asumidos por este especialista) 9

Tabla 5 – Coeficientes estructurales asumidos y calculados según MCPy 2019 10

Tabla 6 – Caracterización de suelos en traza según Fiscalización 11

Tabla 7 – Calculo de condición de apoyo o fundación de la estructura 12

Tabla 8 – Requerimientos precedentes del MOPC para el Ripio 13

Tabla 9 – Caracterización de suelos en traza 14

Tabla 10: Caracterización de materiales a lo largo de la traza 15

Tabla 11 – Comparativo de variables principales para el cálculo estructural 16

Tabla 12 – Modulo combinado de la Condición de apoyo según materiales disponibles 16

Tabla 13 – Estructura de Pavimento Referencial o Licitación 18

Tabla 14 – Estructura de Pavimento Propuesta 18

ANEXOS

- **Memoria de Calculo_ Metodología AASHTO**
- **Memoria de Calculo_ Metodología E-M mePAD**
- **EETT CONCRETO ASFALTICO CON POLIMERO**
- **Resultados de Laboratorio**

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

340 (Trescientos cuarenta)

1. INTRODUCCION

En el marco de la Pavimentación del Proyecto de Mejoramiento de Conectividad Física del Departamento de San Pedro para el Lote 1 de 50 kilómetros de longitud, la consultora METRICA INGENIERIA ha revisado los antecedentes, encargado ensayos en materiales de la zona y analizado las estructuras de pavimentos previstas, y a partir de ella se genera una propuesta que es puesta a consideración de los Responsables Técnicos del contrato. En el siguiente cuadro se muestran las generalidades correspondientes al Lote 1:

Estructuras de pavimentos referencial_ licitación Pavimentación BELEN_SAN PEDRO					
Lote	Contratista	Inicio	Fin	Longitud (km)	Estructura de Referencia
1	Ecomipa S.A.	Cruce Yacaré Ñe'e_Ruta PY11	km 50	50,00	

N°	Desc.	Espe.(cm)
1	Concreto Asfáltico	6
2	Base granular C.B.R. >=100%	18
3	Sub base suelo cemento, Fck>=20 Kg/cm2	19
4	Sub rasante mejorada, C.B.R. >=20%	30
5	Trat. Superficial Simple en banquina	1,5

Tabla 1 – Generalidad del Pavimento para el Lote 1

2. OBJETIVO

Analizar una estructura de pavimento que cumpla con los requerimientos técnicos establecidos en la licitación pública, mejorando los procesos constructivos según la disponibilidad de materiales en torno a la zona de proyecto, y que a su vez garantice desempeño bajo un abordaje de dimensionamiento de pavimentos según metodologías de cálculo y normativa reconocida localmente.

Para el cumplimento de los objetivos se toman en cuenta los siguientes insumos:

- Revisión de Antecedentes
- Estructura de pavimento referencial o de licitación
- Parámetros de dimensionamiento considerados en los estudios de revisión de proyecto
- Recorrido del tramo y geotecnia para evaluar materiales en torno a la zona de implantación
- Ensayos de laboratorio en materiales disponibles

La estructura licitada es la siguiente:

Capa		Espesor (cm)
	Carpeta de Concreto Asfáltico Convencional	6,0
	Base Granular CBR ≥ 100%	18,0
	Sub Base Suelo Cemento UCS ≥ 20kg/cm²	19,0
	30 cm de Subrasante Mejorada CBR ≥ 20% sobre Terraplén CBR ≥ 5%	

Tabla 2 – Estructura de Pavimento Referencial o de Licitación para el Lote 1(km 0 al km 50)

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Con el objeto de igualar o mejorar esta estructura, las tareas para cumplir con dicho objetivo han incluido ensayos en campo, acompañados de trabajos en gabinete. Los mismos se detallan más adelante. Sobre la estructura de referencia se cuestiona principalmente los parámetros adoptados para el cálculo debiéndose confirmar la consideración de la condición de apoyo núcleo y subrasante mejorada.

339 (Trescientos treinta y nueve)

3. REVISION DE ANTECEDENTES

La información disponible son los datos de la licitación y memoria de ingeniería junto con la documentación gráfica de proyecto, los cuales se utilizan para no modificar las condiciones de licitación, por lo que se considera la estructura definida en la licitación que se muestra en la Tabla 2.

Respecto a la cantidad de ESALS o Ejes Equivalentes (EEq) se ha considerado un valor disponible (3.969.000) con sus respectivos parámetros para su uso en la Metodología AASHTO 93, los cuales más adelante no se asumen por aspectos de criterios considerados como no aceptables.

Los antecedentes técnicos se muestran a continuación y son principalmente los siguientes:

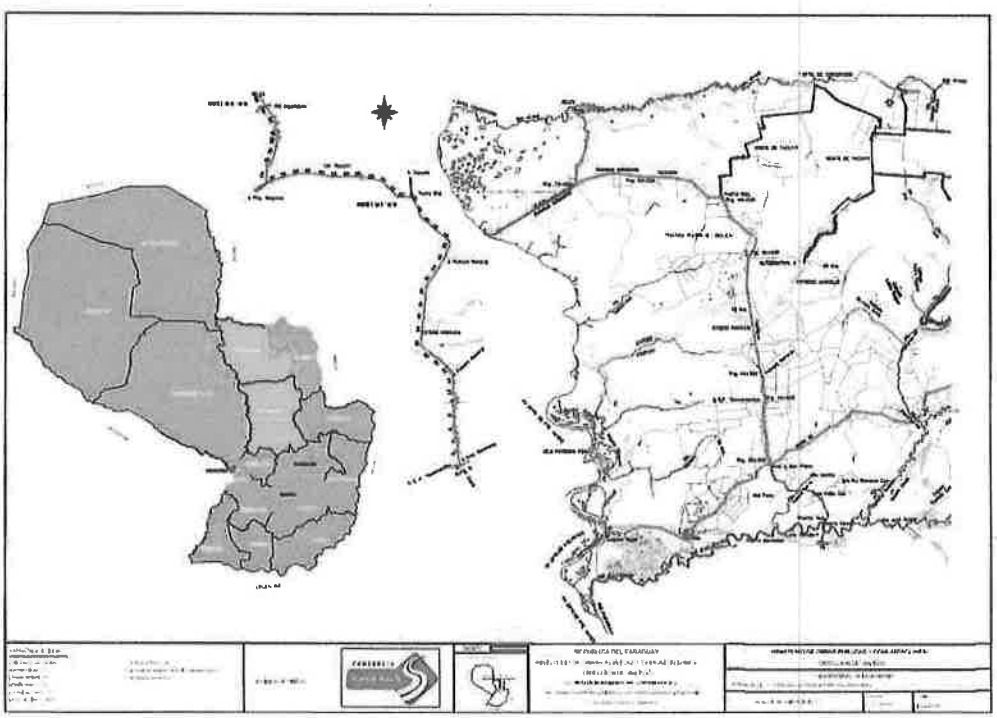


Figura 1 – Ubicación del Proyecto

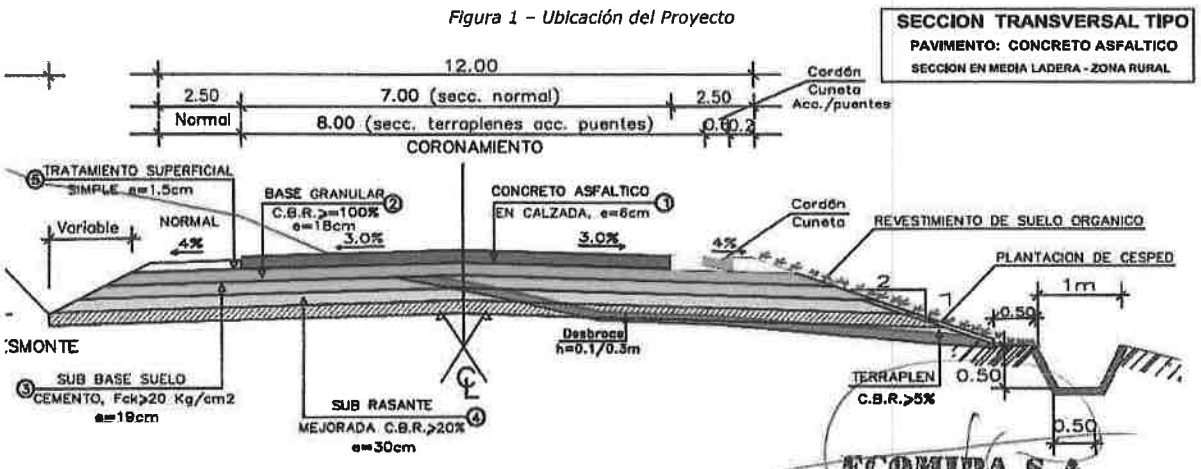


Figura 2 – Sección Transversal Tipo. Lote 1

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Además, se tuvo en cuenta la EETT y adendas donde se indican los requerimientos constructivos y de los materiales.

338 (trescientos treinta y ocho)

Como parte de la información disponible se muestran las estructuras de los otros dos lotes (2y3):

Estructuras de pavimentos referenciales Pavimentación BELEN_SAN PEDRO

Lote	Contratista	Inicio	Fin	Longitud (km)	Estructura de Referencia	SN	Eeq Referencia 10 años	Eeq Referencia 20 años
1	Ecomipa S.A.	Cruce Yacaré Ñe'e_Ruta PY11	km 50	50,00	N° / Desc. / Espe (cm) 1 Concreto Asfáltico 6 2 Base granular C.B.R. >=100% 18 3 Sub base suelo cemento, Fck>=20 Kg/cm2 19 4 Sub rasante mejorada, C.B.R. >=20% 30 5 Trat. Superficial Simple en banquina 1.5	3,11	3.968.995	7.661.755
2	Consorcio Vial Oriental (TR_DC)	km 50	km 88,8 (Belén)+ 17,2 Ripio y 200m puente	38,87	N° / Desc. / Espe (cm) 1 Concreto Asfáltico 7 2 Base granular C.B.R. >=100% 18 3 Sub base suelo cemento, Fck>=20 Kg/cm2 26 4 Sub rasante mejorada, C.B.R. >=20% 30 5 Trat. Superficial Simple en banquina 1.5	3,29	2.405.544	
3	Constructora Acaray S.A	km 0 de (Horqueta)	Belén hasta el km 43,9 (Concepción)	43,92	UCITACION Lote 3 Capa / Espesor 20 20 30 cm Subrasante Mejorada CBR > 10% sobre CBR 5% - CBR 7.5%	3,18		

Tabla 3 – Tramos del Llamado público, incluye el Lote 1, 2 y 3, con sus respectivos datos técnicos

En la Tabla 3 también se observa los Números estructurales y EEq previstos para todos los lotes.

Por otro lado, se ha revisado documentación técnica generada por la Fiscalización en la que se definieron y muestran los siguientes parámetros de cálculo mediante Metodología AASHTO 93 (ver Revisión de Fiscalización, páginas 16, 27 y 28) siendo:

Estos parámetros de diseño están relacionados por la expresión (I), con lo que se determinó el SN necesario 3,08. Lo que fue verificado por el programa AASHTO siguiente:

Ecuación AASHTO 93

Tipo de Pavimento: Pavimento flexible / Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So): 80 % Zr= 0.841 — So: 0.49

Serviciabilidad inicial y final: PSI inicial: 4.2 — PSI final: 2

Módulo resiliente de la subrasante: Mr: 14504 psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)

Coeficiente de transmisión de carga - J

Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)

Coeficiente de drenaje (Cd)

Tipo de Análisis: Calcular SN / Calcular W18 — W18 = 4000000

Número Estructural: SN = 3.08

Calcular — Salir

Módulo de la Subrasante según revisión Fiscalización:

Por lo que el Módulo de diseño será
Mrdis = 1.393 x 71.8 = 100.0 MPa = 14.504 psi
CBR dis = 15.5%

7.2.1.2 – Reformulación del número estructural efectivo (SN_n).

Dado que la estructura de pavimento propuesto esta subdimencionado para las condiciones geotécnicos y de la demanda de tránsito que tendrá durante su puesta en servicio, por lo que se reformulará el paquete de pavimento a los efectos de cumplir con la SN necesario

Tabla 8 – Número estructural efectivo reformulado – para 10 años

CAPA	Espesor (cm)	Coef. Est. (cm/cm)	SN efectivo	SN necesario
Capa concreto asfáltico	6	0,17	1,02	
Base con estabilizado granular - (CBR≥100%)	18	0,058	1,04	
Sub-base de suelo - cemento- (fr≥20kg/cm2)	19	0,055	1,05	
TOTAL SN efectivo			3,11	3,08

Verifica: SN efectivo > SN necesario (B.C.)

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Figura 3 – Impresión de Informe Inicial_ Revisión de Proyecto Consorcio Control Ruta 5 (Contrato 461/2020)

337 (Trescientos treinta y siete)

4. NORMATIVAS APLICADAS

Para el diseño de los pavimentos se ha tenido en cuenta lo recogido en las siguientes fuentes:

- Manual de Carreteras del Paraguay, Unidad 3, Volumen 3.2, Capítulo 3.2.2, Sección 3.2.2.3 Diseño de Pavimentos Flexibles. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. República del Paraguay (edición- 2019).
- Manual de Carreteras del Paraguay. Tomo 6 Normas para Materiales y Ensayos de Materiales, Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. República del Paraguay (a edición- 2019).
- Manual de Carreteras del Paraguay. Tomo 2. Volumen II: Especificaciones técnicas para la Construcción del Pavimento. Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. República del Paraguay (Primera edición- 2019).
- Guide for design of pavement Structures. American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO, Washington, D.C. (1993).

5. CONSIDERACIONES DE LA ESTRUCTURA DE REFERENCIA

Se pretende determinar la oferta estructural del pavimento licitado, teniendo en cuenta

- Numero Estructural según las capas y espesores definidos
- Condición de Apoyo o Fundación
- Ejes Equivalentes (EEq)

De manera a que el conjunto de estos tres aspectos ayude a definir la oferta estructural definida en la licitación, la cual pretende ser igualada o mejorada con capas de materiales a acorde a la disponibilidad y desempeño futuro. Se pasa a modelar la estructura de referencia licitación según el Numero Estructural de las capas _ materiales y espesores de la estructura de pavimento:

Capa		Espesor (cm)	Coef. de Aporte (asumido)	Coef. de Aporte (referencial)	Coef. de Drenaje	SN
	Carpeta de Concreto Asfáltico Convencional	6,0	0,170	0,170	-	1,02
	Base Granular CBR ≥ 100%	18,0	0,055	0,058	1	0,99
	Sub Base Suelo Cemento UCS ≥ 20kg/cm²	19,0	0,051	0,055	1	0,97
				3,11 (ver Figura 3)	SNeff =	2,98

Tabla 4 – Número Estructural Efectivo (en amarillo los parámetros de la Fiscalización en marrón parámetros asumidos por este especialista)

Para el cálculo del Número Estructural Efectivo del paquete estructural de referencia se utilizó la metodología indicada en la Guía AASHTO'93 como "SN efectivo". De acuerdo a esta metodología, el Número Estructural Efectivo (SNeff) se obtiene de la expresión:

$$SNeff = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3$$

Ecuación 1 – Número Estructural Efectivo (AASHTO, 1993)

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Donde:

D_1, D_2, D_3 = espesores de las diferentes capas del pavimento

a_1, a_2, a_3 = coeficientes de aporte de cada capa

m_2, m_3 = coeficientes de drenaje (Tabla 2.4 de la guía AASHTO '93)

336 (Trescientos treinta y seis)

5.1. COEFICIENTES DE APORTE ESTRUCTURAL

A continuación, se presentan las formulas y resultados obtenidos del cálculo numérico para la carpeta, base y sub base de la estructura de referencia según el Manual de Carreteras 2019:

Coef de Aporte	Formula	Parámetro	Valor
a1	$a_1 = 0{,}0078 \cdot EM^{0{,}441}$	Marshall 9000	0,170
a2	$a_2 = 0{,}032 \cdot (CBR)^{0{,}32}$	CBR 100 %	0,055
a2c	$a_2 = 0{,}0918 \cdot (f_c)^{0{,}514}$	UCS 20 kg/cm2	0,051

Tabla 5 – Coeficientes estructurales asumidos y calculados según MCPy 2019

Considerando las formulas del MCPy 2019 sobre las recomendaciones de la Guía AASHTO '93, se procedió al cálculo del valor numérico mediante las ecuaciones de coeficiente de aporte estructural para base (a2) y sub base cementada (a2c). Estos coeficientes calculados son multiplicados por el espesor previsto, dando el SN efectivo de 2,98 versus 3,11 de la revisión de la fiscalización, asumiendo que este último discrepa en los valores obtenidos, se opta por los considerar los valores más conservadores, por ende, el valor SN de la estructura de licitación asumida es de 2,98.

5.2. CALCULO DE CONDICIÓN DE APOYO

La licitación muestra una capa de apoyo de estructura de:

- Subrasante Mejorada: 30 cm CBR 20% sobre Terraplén CBR 5%.,

Si bien se cuestiona los valores de CBR 20% en lo referente a disponibilidad, igualmente se asume esto como condición de apoyo junto con el terraplén de CBR 5%. Dicho cuestionamiento se da por conocimiento de los materiales del lugar y de los mismos datos de la revisión de la Fiscalización que se muestran a continuación:

Características de los Suelos_ REVISION DE PROYECTO FISCALIZACION

Progresivas (Km)	Pasa Tamiz 200 (%)	IP	Clasificación HRB	CBR (%)
0+000	14	NP	A-2-4	
1+000	30	NP	A-2-4	
2+000	44	1	A-4	
3+000	53	3	A-4	9
4+000	54	4	A-4	
5+000	50	3	A-4	
6+000	46	2	A-4	8
7+000	44	4	A-4	
8+000	45	5	A-4	
9+000	34	2	A-2-4	
10+000	53	6	A-4	
11+000	62	9	A-4	

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

335 (trescientos treinta y cinco)

12+000	20	NP	A-2-4	
13+000	27	NP	A-2-4	24
14+000	52	5	A-4	
15+000	55	6	A-4	
16+000	50	5	A-4	
17+000	21	NP	A-2-4	25
18+000	24	NP	A-2-4	
19+000	46	5	A-4	
20+000	25	NP	A-2-4	
21+000	27	NP	A-2-4	
22+000	45	5	A-4	8
23+000	31	NP	A-2-4	
24+000	35	NP	A-2-4	
25+000	53	4	A-4	
26+000	25	NP	A-2-4	
27+000	67	5	A-4	
28+000	66	4	A-4	6
29+000	30	4	A-2-4	
30+000	23	NP	A-2-4	
31+000	22	NP	A-2-4	
32+000	24	NP	A-2-4	
33+000	26	NP	A-2-4	
34+000	23	NP	A-2-4	
35+000	37	NP	A-4	
36+000	47	2	A-4	
37+000	45	2	A-4	
38+000	47	2	A-4	
39+000	30	NP	A-2-4	
40+000	38	NP	A-4	13
41+000	31	NP	A-2-4	
42+000	19	NP	A-2-4	
43+000	51	6	A-4	
44+000	47	6	A-4	
45+000	53	4	A-4	8
46+000	47	4	A-4	
47+000	50	5	A-4	
48+000	51	4	A-4	9
49+000	49	4	A-4	
50+000	55	3	A-4	
			Promedio:	12,2
			Mínimo :	6,0
			Máximo:	25,0
			Percentil 80%:	8,0
			Desviación Estándar:	7,2

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Tabla 6 – Caracterización de suelos en traza según Fiscalización

334 (Trescientos treinta y cuatro)

Cuya estadística se muestra al final de la tabla, con un promedio de CBR 12%, y percentil 80 de CBR 8%, por lo que bajo consideraciones estadísticas podría considerarse un valor de 8%. La Fiscalización ha reportado mayormente suelos A4.

De igual manera, de las dos capas de suelo asumidas la estructura de referencia con sus respectivos CBRs se obtiene el valor de la condición de apoyo a partir de la tenso-dependencia según formulas del MCPy 2019:

SITUACIÓN DE APOYO_ referencial									
Capa	Espesor cm	CBR (%)	Módulo (MPa)	Relación 1/F	Módulo Combinado (MPa)	Relación 1/F	Módulo Combinado (MPa)	Módulo Combinado (psi)	CBR Combinado (%)
SubRasante mejorada_20%	0,30	20,0	114,8	1,000	49,3	0,601	82,1	11.906,5	**11,1**
Terraplén_CBR 5%	0,30	5,0	49,3						
Terraplén_CBR 5%	-	5,0	49,3						

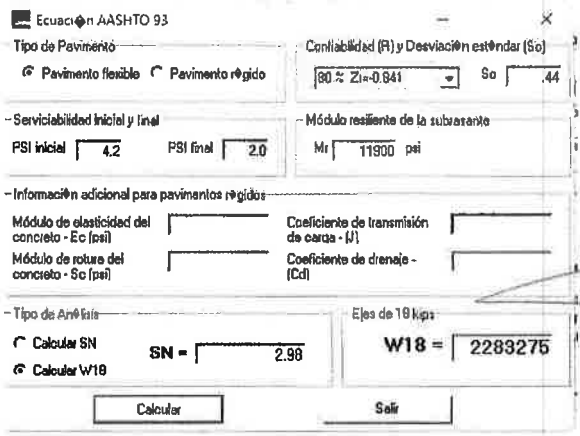
Tabla 7 – Calculo de condición de apoyo o fundación de la estructura

Obteniéndose un valor de apoyo de estructura de 11.907 psi, equivalente o aproximado a un módulo de 82,1 MPa o su correlación según formular MCPy 2019 de CBR 11%. Discrepando del calculo que se muestra en la Revisión de la Fiscalización cuyo valor de apoyo de estructura fue de CBR 15% o módulo 14504 psi.

Con el SN efectivo (2,98) del paquete estructural estimado y el módulo resiliente de subrasante = 11.906 psi (CBR 11%), se calculan los ejes equivalentes reales según los lineamientos de la AASHTO 93 y de este especialista.

Para el cálculo de EEq de oferta estructural se toma en cuenta la condición de apoyo y la estructura prevista, obteniéndose los EEq, cuyos parámetros de cálculo AASHTO también se asumen los siguientes parámetros de diseño igual estructural del Lote 1 hecha por la fiscalización.

- Confiabilidad ≥ 80% (se discrepa, debería ser 85%)
- La desviación normal del error combinado S0 ≤ 0,49 (parámetro Fiscalización)
- Índices de serviciabilidad ΔPSI = Pi – Pf = 4,2 – 2,0 = 2,2 (parámetro Fiscalización, se discrepa)
- Módulo resiliente de subrasante = 11.907 psi (CBR ≥11%) (parámetro modificado en este informe con ajustes de cálculo según Formulas del MCPy 2019)



ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Figura 4 – Calculo de EEq según datos de licitación y parámetros adoptados

333 (Trescientos treinta y tres)

Para la condición de apoyo de CBR 11%, parámetros adoptados y estructura prevista de la Licitación, se determinan los **EEq ≥ 2.284.000 (aproximadamente 2,3 millones).**

Hecho el cálculo de los EEq previstos o debe ser cubierto por la estructura de la licitación o requerimiento técnico, se procede a igualar o mejorar estos valores según las capas y espesores de una propuesta con consideraciones hacia el uso de materiales de la zona, específicamente:

- Suelo para Terraplén (núcleo)
- Ripio para Subrasante mejorada o capa estructural

Se adopta como criterio general los **4 millones de EEq (3.970.000)**, de manera a no modificar ningún parámetro de entrada considerado en la fase licitación, pero si se mejoran otros parámetros de cálculo.

5.3. ANALISIS DE LOS MATERIALES DE LA ZONA

El Contratista ha realizado una campaña de caracterización de los materiales disponibles en la zona de implantación del proyecto. Enfocados en dos materiales:

- Suelos en la traza
- Prestamos de Ripio cercanos a zona de obra

Se menciona previamente que, para el caso del Ripio existente se tienen ciertas exigencias por parte del MOPC en proyectos de la zona, mostrándose a continuación los requerimientos establecidos con los siguientes parámetros:

Ensayo	Norma MOPC	Norma ASTM	Norma AASHTO	REQUERIMIENTOS
Abrasión	MOPC	C 131	T 96	50 % máx.
CBR (1)	MOPC	D 1883	T 193	40 % mín.
Límite Líquido	MOPC	D 4318	T 89	25 % máx.
Índice de Plasticidad	MOPC	D 4318	T 89	6 % máx.
Equivalente de Arena	MOPC	D 2419	T 176	25 % mín.
Sales Solubles	MOPC	C 670	T 104	1 % máx.
Partículas Chatas y Alargadas (2)	MOPC	D 4791	T 88	20 % máx.

(1) Referido al 98% de la Densidad Máxima del Próctor de referencia (compactación para puesta en obra del material).

(2) La relación a emplearse para la determinación es 1/3 (espesor/longitud)

Tabla 8 – Requerimientos precedentes del MOPC para el Ripio

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Cercano a la traza o en área de proyecto, se muestran los resultados obtenidos de suelos de la Traza en la siguiente tabla, discriminado por suelos con CBR mayor o menor a 30%:

PLANILLA RESUMEN DE ENSAYOS

Fecha	Ubicación	Descripción	Profundidad (m)	Progresiva	Lado	Granulometría			Clasificación de los Suelos					Proctor		Ensayo CBR		
						Tamiz # 10	Tamiz # 40	Tamiz # 200	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad	Índice de Grupo	Clasificación	Dens. Seca Máx. (gr/cm3)	Humedad Óptima (%)	CBR <30%	Expansión	CBR >30%
09/10/2022	Préstamo	a 250 m del eje	0,20 - 2,50	13+200	Derecho	100,0	94,8	46,3	26,5	14,8	11,7	3	A-6	1.900	14,2	13,0	0,16	
09/10/2022	Préstamo	a 250 m del eje	0,20 - 2,50	13+200	Derecho	100,0	92,6	47,1	27	15	12	3	A-6	1.925	12,8	12,0	0,21	
19/10/2022	Préstamo	a 150 m del eje	0,20 - 2,50	13+200	Derecho	93,0	90,2	50,1	31,3	17,3	14	4	A-6	1.835	15,3	11,1	0,39	
21/10/2022	Préstamo	a 150 m del eje	0,20 - 2,50	13+600	Derecho	100,0	95,7	53,8	27,2	15,2	12	4	A-6	1.910	14,2	16,0	0,77	
25/10/2022	Préstamo Arenoso	a 7km de progresiva 0+000	0,20 - 2,50	0+000	-	98,4	92,8	40,3	22,3	15,3	7	0	A-4	2.100	9,0		0,56	59,4
26/10/2022	Préstamo Arenoso	a 7km de progresiva 0+000	0,10 - 0,60	0+000	-	99,9	94,18	35,14	17,5	11,6	5,9	0	A-4	2.130	8,7		0,39	51,4
25/10/2022	Préstamo Arenoso	a 7km de progresiva 0+000	0,60 - 1,20	0+000	-	46,9	29,5	18,5	23,5	15,6	7,9	0	A-1	2.070	12,7		0,34	93,4
26/10/2022	Préstamo Arenoso	a 7km de progresiva 0+000	1,20 - 2,50	0+000	-	60,3	49	26,5	31,3	17,2	14,1	1	A-1	2.120	13,7		0,39	38,3
03/11/2022	Préstamo	Compañía Moreira	0,30 - 1,20	-	-	43,6	29,8	12,4	30,8	19,4	11,4	0	A-1-b	1.955	14,3		0,39	62,3
08/10/2022	Préstamo	a 1300 m del eje	0,20 - 2,50	14+140	Derecho	97,7	85,5	40	37,2	15,4	21,8	4	A-6	1.880	14,1	18,3	0,48	
12/11/2022	Préstamo	Sta. Catalina a 2000 m del eje	0,20 - 3,00	-	Derecho	99,2	88,4	46,2	26,4	14,9	11,5	1	A-6	1.950	13,0	12,1	0,41	
12/11/2022	Préstamo	Cristino a 4500 m del eje	0,20 - 4,00	-	-	47,5	30,5	13,4	29,2	17,9	11,3	0	A-1	1.930	15,2		0,58	52,7
12/11/2022	Préstamo	a 200 m del eje	0,20 - 0,80	1+880	Derecho	99,9	88,3	20,4	NP	NP	NP	-	A-2-4	-	-	-	-	
12/11/2022	Préstamo	Sta. Catalina a 2000 m del eje	0,80 - 3,00	6+800	-	97,6	80,6	47	29,6	18,2	11,4	3	A-6	1.760	18,6	12,3	0,62	
14/11/2022	Préstamo	a 2000 m del eje	0,30 - 3,00	14+140	Derecho	100	96,4	48,1	28,4	17,2	11,2	3	A-6	1.825	15,7	18,4	0,51	
17/11/2022	Préstamo	Estancia Robinson	0,20 - 3,00	-	Izquierdo	91	80,9	52,5	31,9	18,6	13,3	5	A-6	1.770	18,9	8,9	0,33	
16/11/2022	Préstamo	Estancia Robinson	0,30 - 3,00	-	Izquierdo	99,7	89,5	56,5	34,3	16,3	18	6	A-6	1.775	18,0	9,0	0,30	
17/11/2022	Préstamo	Estancia Robinson	0,50 - 3,00	-	Izquierdo	98,5	78,1	46,9	28	15,9	12,1	3	A-6	1.845	16,6	9,9	0,34	
17/11/2022	Préstamo	Casimiro González	0,20 - 3,00	12+640	Derecho	99,5	95,3	59,7	31,4	18,2	13,2	6	A-6	1.825	16,6	8,9	0,46	
18/11/2022	Préstamo	Luis González	0,30 - 3,00	12+640	Derecho	98,3	92,3	51,4	28,1	14,9	13,2	4	A-6	1.860	14,7	8,7	0,30	

Suelo	Cantidad	%	Estadística			
A-2-4	1	5%	Promedio:	12,2	Promedio:	59,6
A-4	2	10%	Mínimo:	8,7	Mínimo:	38,3
A-1	3	15%	Máximo:	18,4	Máximo:	93,4
A-1-B	1	5%	Percentil 80%:	8,94	Percentil 80%:	51,4
A-6	13	65%	Desv. Estándar:	4,6	Desv. Estándar:	18,5
Total:	20	100%	CBR adoptado	8%	CBR adoptado	50%

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Tabla 9 – Caracterización de suelos en traza

Del muestreo y caracterización de suelos de traza se agruparon dos grupos, aquellos con CBR menor y mayor a 30% (Adoptándose 25%), resultando valores estadísticos de suelos con CBR 8% y de CBR 50%, en el primer caso pueden ser utilizables como parte del núcleo terraplén en coincidencia con los datos reportados por la Fiscalización según la Tabla Características de los Suelos_ REVISION DE PROYECTO FISCALIZACION. Se hace entrega de las planillas de resultados en el Anexo Resultados de Laboratorio, incluyéndose los valores de Ripio de Cantera.

332 (trescientos treinta y dos)

331 (Trescientos treint y uno)

En una segunda campaña de sondeos se han identificado los siguientes materiales del tipo ripio:

Tabla 10: Caracterización de materiales a lo largo de la traza

		Material
Necesidad:	**SUELO MEJORADO:**	RIPIO
	SUELO CEMENTO:	A-2-4
	BASE ESTABILIZADA:	ARENA DE YACIMIENTO

PROPIETARIO	MATERIAL	PROGRESIVA	CBR
FERNANDEZ ARCE (Existe 70.000 aprox)	RIPIO	0+000	Prof.: 0m -1m CBR: 141,9% Prof.: 1m - 2m CBR: 29,5% Prof.: 2m - 3m CBR: 43,9%
BAREIRO	RIPIO	12+000	CBR: 62,3%
IBARROLA	RIPIO	15+000	CBR: 125,7%
ANGEL TORRE Y HERMANO	RIPIO	15+000	CBR: 113%
PIERO CERATI	TOSCA PARA SUELO MEJORADO	19+300	CBR: 27,1%%
VERA BEJARANO	A-2-4	21+000	Prof.: 0m -1,5m CBR: 36%
LOS JUANES	A-2-4	29+000	CBR: 30,3%
LOS JUANES	A-2-4	33+000	CBR: 27,5%

		Material necesario
Necesidad:	**SUELO MEJORADO:**	RIPIO
	SUELO CEMENTO:	A-2-4
	BASE ESTABILIZADA:	ARENA DE YACIMIENTO

PROPIETARIO	MATERIAL	PROGRESIVA	CBR
SAUCEDO	A-2-4	0+600	CBR: 10,5%
ALONSO	A-2-4	3+000	CBR: 8,4%
JOSE CABALLERO	A-2-4	3+500	CBR: 22,5%
SOBRE LA TRAZA (21+300 - 24+000)	A-2-4	21+300	
VERA BEJARANO	A-2-4	21+000	
LOS JUANES	RIPIO	29+000	
LOS JUANES	A-2-4	33+000	
OCARIZ	A-2-4	39+000	
OCARIZ	A-2-4	39+000	CBR: 33,6%

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

330 (Trescientos treinta)

6. PROPUESTA DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

6.1. Equivalencia estructural (licitación versus propuesta)

Para realizar una propuesta se tiene en cuenta parámetros del proyecto de referencia con adopción de valores más conservadores y sobre todo mejore o compita con la estructura de licitación, para generar una propuesta que a criterio de este especialista resulta mejor. Para ello se toma en cuenta tres consideraciones de equiparación o compatibilidad estructural para realizar la equivalencia o mejora estructural:

Resumen comparativo de ESTRUCTURA DE PAVIMENTO		
Parámetro	**Licitación**	**Propuesta**
SN (Numero Estructural)	2,98	3,36
Condición de Apoyo_CBR%	CBR 11 % (Ver Condición de Apoyo de Referencial)	CBR 13% (Ver Calculo a continuación)
EEQ_Ejes Equivalentes	**4.000.000 (aproximado a 3.969.000)**	

Tabla 11 – Comparativo de variables principales para el cálculo estructural

Siendo la condición de apoyo de la estructura propuesta la siguiente manera:

Capa	Espesor cm	CBR (%)	Módulo (MPa)	Relación 1/F	Módulo Combinado (MPa)	Relación 1/F	Módulo Combinado (MPa)	Módulo Combinado (psi)	CBR Combinado (%)
Ripio CBR 0%	0,20	25,0	129,8	1,000	66,6	0,731	91,1	13214,1	**13,6**
Terraplén_CBR 8%	0,30	8,0	66,6						
Terraplén_CBR 8%	-	8,0	66,6						

Tabla 12 – Modulo combinado de la Condición de apoyo según materiales disponibles

Siendo una mejora en la condición de apoyo, mediante el uso de Suelo CBR≥25% (independiente de la existencia de ripio_pytai con valores CBR 30%), y a partir de esto el nuevo cálculo del Numero Estructural(SN) para cubrir los EEq mediante Metodología AASHTO 93:

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

329 (Trescientos - veintinueve)

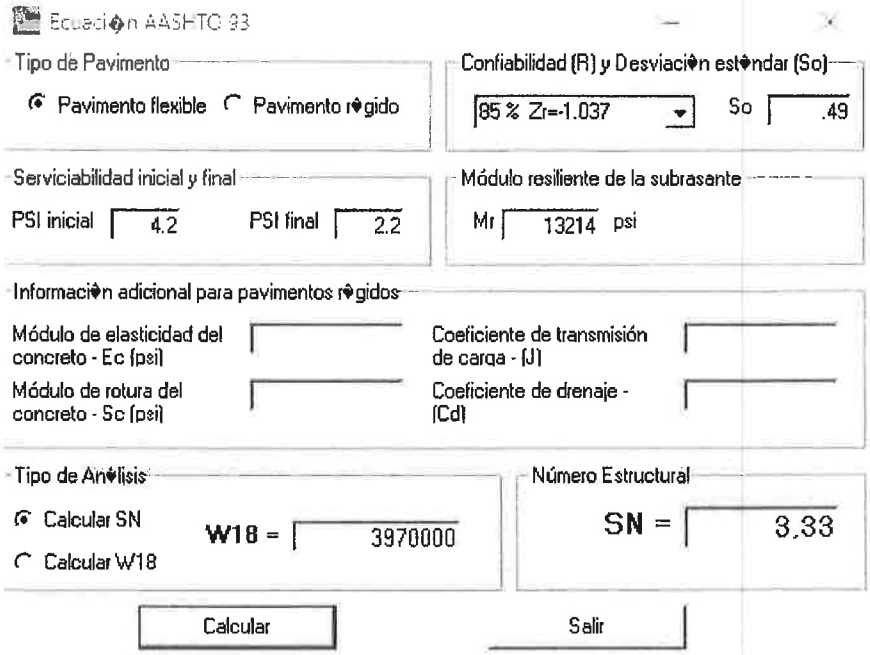


Figura 5 – Calculo de SN requerido o necesario según EEq y parámetros adoptados

Siendo el SN Necesario de 3,33 para una Estructura Equivalente, teniendo en cuenta la SubBase de Suelo Cemento, condición de apoyo resultante de combinar una capa de 20 cm de Ripio CBR 25% con un núcleo de terraplén CBR 8%, y la vez los EEq iguales, se propone la siguiente estructura:

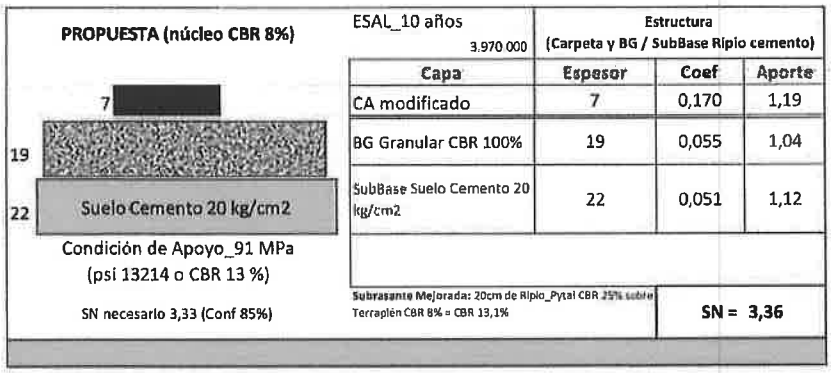


Figura 6 – Calculo de SN según capas propuestas y SN necesario o requerido

Requiriéndose 3,33 de Numero Estructural para el tránsito y condición de apoyo establecido, por lo que se propone una estructura de SN 3,36 en esta propuesta, la cual pasa a ser verificada nuevamente mediante metodología mecanicista. Donde el valor de la capa de Suelo Cemento se obtiene de (ripio con cemento):

Coef de Aporte	Formula	Parámetro	Valor
a cementada	$a_2 = 0{,}0918 \cdot (f_c)^{0.514}$	20 kg/cm2	0,051

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Por otro lado, atendiendo la necesidad de definir aspectos técnicos referentes ejecución de capas estructurales del pavimento y tomando como antecedente las consideraciones establecidas en la Licitación en la que el Informe Inicial (Revisión de Proyecto) estableció:

328 (Trescientos veintiocho)

a) Consideraciones geotécnicas en la Subrasante_Terraplén de CBR ≥ 5%(núcleo). (Ver Página 13)

b) Solicitaciones de Transito con Ejes Equivalentes (ESALs) de 3.968.995 (Ver Página 21)

Habiéndose reportado las características de los materiales mediante una campaña de geotecnia, obteniéndose como valor estadístico de referencia un Núcleo de Terraplén con Suelo CBR ≥ 8% y siendo aceptado el mejoramiento del coronamiento del terraplén con un CBR 10% para los últimos 30cm, se ha verificado con este especialista la condición de apoyo mediante las respectivas verificaciones:

- Metodología de la Guía AASHTO' 93
- Mecanicista Mecanicista MEPADS

Hecha la caracterización y justificación de materiales disponibles en la zona de implantación y otros proyectos vecinos, se propone como estructura, el uso o consideración de los siguientes materiales o capas en comparación al referencial:

Capas de Estructura Referencial		Espesor (cm)
	Carpeta de Concreto Asfáltico Convencional	6,0
	Base Granular CBR ≥ 100%	18,0
	Sub Base de Suelo Cemento ≥ 20kg/cm2	19,0
	30 cm de Subrasante Mejorada CBR ≥ 20% sobre Núcleo Terraplén CBR ≥ 5%	

Tabla 13 – Estructura de Pavimento Referencial o Licitación

Capas de Estructura Propuesta		Espesor (cm)
	Carpeta de Concreto Asfáltico Modificado	7,0
	Base Granular CBR ≥ 100%	19,0
	Sub Base Suelo Cemento UCS ≥ 20kg/cm²	22,0
	20 cm de Subrasante Mejorada CBR ≥ 25% sobre Coronamiento Terraplén 30cm_CBR ≥ 10% y Nucleó Terraplén CBR ≥ 8%	

Tabla 14 – Estructura de Pavimento Propuesta

Haciéndose realizadas las aclaraciones, véase que se consideró un núcleo con Terraplén CBR 8% (ver Tabla 9 y 10), con un coronamiento CBR 10% (no utilizado en el cálculo) y en el caso de la Subrasante mejorada se considerara un valor de CBR 25% (ripio pitay), todos ellos justificados en la campaña de caracterización de préstamos realizada por el contratista y que se muestra en la Tabla 8 donde se discriminan aquellos valores menores y mayores a CBR 30%, sin embargo, se adopta 25%, pudiendo ser 30%.

Se pone a consideración, que habiendo participado como especialista en pavimento para la definición de estructuras en los Lote 2 y Lote 3, destacando que ambos contratistas han revisado la disponibilidad de materiales existentes en la traza/zona y han adoptado parámetros de diseño bajo la Normativa Técnica legal vigente mediante el Manual de Carreteras del Paraguay 2019, por lo que en su atribución de presentar una propuesta mejor o igual a la establecida licitación, siempre y cuando se realiza la verificación bajo Metodología AASHTO 93 y respectivo análisis bajo metodología mecanicista, se puso a consideración del MOPC y la Fiscalización que, en ellos se han utilizado parámetros más conservadores y acordes al MCPy2019 (aceptado por el MOPC Nota DV N° 2277/23 del 08_agosto_2023) y en el dimensionamiento de sus respectivas estructuras de pavimentos, mencionándose las siguientes:

• Confiabilidad ≥ 85% (*mejora respecto a lo previsto_80%)

• La desviación normal del error combinado S0 ≤ 0,49

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

327 (Trescientos veintisiete)

• Índices de serviciabilidad ΔPSI = Pi – Pf = 4,2 – 2,2 = 2,0 (*previsto de 4,2- 2,0=2,2)

• Módulo resiliente de subrasante = Definido por la geotecnia de campo y combinación de núcleo terraplén (CBR 8%) y Subrasante mejorada (20 cm de CBR 25%)

Además de la aclaración respecto a la Estructura de Referencia, y de manera a no modificar las condiciones de la estructura de licitación se determinó una estructura del pavimento cubre los aspectos considerados en la licitación y los mejora según las consideraciones mencionas. Además de que los Coeficientes de Aporte Estructural resultantes de las formulas (MCPy 2019) y justificados para la carpeta, base_CBR 100% y sub base de ripio cementada_20kg/cm2 de la estructura de propuesta.

Habiéndose mencionando los parámetros considerados en los lotes vecinos (2y3) es importante tener en cuenta la mejora en las condiciones en referencia a la superficie en la banquina, donde ambos lotes han considerado carpeta de concreto asfaltico en sustitución de tratamiento superficial.

Debiéndose destacar la necesidad de dos consideraciones como tramo o corredor en general:

a) Considerar la Homogenización de capa de Rodadura de 7 cm (mínimo) con asfalto modificado para mejorar desempeño a largo plazo

b) Considerar mismos criterios de cálculo iguales o similares para disminución de riesgos en lo referente a parámetros de calculo

A esto se debe sumar el futuro tránsito de carga forestal que implicaría mayores solicitaciones de EEq en la red de caminos para suministro de la Planta Celulosa PARACEL,

Del cálculo desarrollado se resalta como primera observación que la estructura de referencia que, si bien prevé dos capas, una granular de 18 cm y otra cementada de 19 cm, con una condición de apoyo o fundación teórica, puede ser mejorado con el uso de material local y más favorable para la estructura.

En este caso se analizaron dos factores, disponibilidad de suelos en la traza y fuentes de ripio natural cuyos requisitos técnicos mínimos también se analizan y dan la factibilidad en el uso del ripio. Estos estudios tenerse en cuenta para garantizar en etapa construcción la homogeneidad o evitar variabilidad asociada al ripio. Por otro lado, y dado que se dispone de datos o memoria técnica que justifique un tránsito o ejes equivalentes, esto se analizó y determino que la Fiscalización consideró coeficientes quizá no adecuados o no realizo un adecuado cálculo, pero se realiza una propuesta mejor a la equivalente de la estructura licitada (EEq_Tramo 1 de 3,9 millones) bajo la metodología AASHTO.

También se hace mención a que la estructura para el lote 2 vecino, considera una carpeta de 7 cm, la cual se asume bajo un criterio de necesidad de homogenizar estructuras o tránsito, debiéndose discutir o ser abordarlo bajo mismos criterios para conveniencia y mejor consideración para el MOPC.

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Propuesta de uso de Pavimento con Concreto Asfaltico con Polímero.

Respecto a la propuesta de cambio del concreto asfaltico convencional por mezclas con cemento asfaltico modificado con polímeros, se hace mención a 4 consideraciones a tener en cuenta:

• Exigencias del MOPC en proyectos de pavimentación o en la mayoría de los contratos actuales y anteriores en los que se exige el uso de asfaltos modificados

• Condiciones de temperatura y gradiente de temperatura que obligan a mejorar desempeño de mezclas • Ventajas ante posibles patologías o fallas típicas localmente, como ahuellamiento o deformación permanente.

326 (trescientos veintiseis)

La propuesta de modificación del asfalto obedece a ofrecer mejor desempeño para lo cual se hace entrega de las **EETT del Pavimento con Concreto Asfaltico con Polímero.**

6.2. Verificación de Estructura Mediante método mecanicista

Es conveniente una verificación por Metodología Mecanicista, diferente a la Metodología AASHTO 93, siendo uno de los objetivos determinar la capa que futuramente fallaría para la correspondiente previsión de intervención o recursos por parte del MOPC, por lo que se optó por verificar mediante software multicapas, en este caso el MePADS, ya conocido regionalmente. Bajo la verificación mecanicista se pretende hacer un análisis extra, a modo de verificación de la estructura propuesta se utilizó los modelos de fatiga propuestos por el CSIR en su documento "OVERVIEW OF THE SOUTH AFRICAN MECHANISTIC PAVEMENTDESIGN METHOD", versión 2001.

Dado que el proyecto posee una cobertura asfáltica convencional, el análisis se basó en verificar si los EEq previstos, bajo consideraciones de fatiga (20% del pavimento agrietado) y falla por ahuellamiento (deformación superficial critica de 2 cm o 20 mm) y tensiones límites, que pudiesen ser un motivo de falla para cada una de las capas consideradas, carpeta, base, subbase y subrasante. Esta verificación tiene por objeto únicamente identificar y atender la capa más exigida en el tiempo, no siendo de estricto cumplimento dado que las consideraciones del proyecto de referencia los contempla de manera diferente, pero si corresponde sea mencionada en este análisis para que el MOPC, gestione o considere intervenciones o mantenimientos futuros. En el Anexo Memoria de Calculo_ Memoria de Calculo_ Metodología E-M mePAD se muestran los detalles de cálculo. Siendo los resultados los siguientes:

Capa	Espesor (cm)	Módulos Fase 1 (MPa)	Módulos Fase 2 (MPa)	EEq admisibles
Carpeta de Concreto Asfáltico Modificado	7,0	3.500	3.200	2.125.280
Base Granular CBR ≥ 100%	19,0	350	320	6.117.120
Sub Base Suelo Cemento UCS ≥ 20kg/cm²	22,0	500	200	11.400.150
Subrasante Mejorada CBR ≥ 25% sobre Terraplén CBR ≥ 8%= CBR 13%	Núcleo + 20 cm Subrasante mejorada	91	91	8.6e10

EEq de referencia: 3.970.000

Finalmente, se aclara que la estructura propuesta se definió utilizando el método AASHTO 93, la cual es verificada utilizando un método Empírico Mecanicista, tomando como criterios de falla la fatiga de la carpeta asfáltica (grietas superficiales) y la fatiga de la subrasante (deformación acumulada o Ahuellamiento).

Reiterando que la propuesta reconoce mejor la disponibilidad de materiales existentes en la traza/zona y la adopción de parámetros de diseño bajo la Normativa Técnica legal vigente mediante el Manual de Carreteras del Paraguay 2019, es atribución de esta contratista ofrecer o presentar una propuesta mejor o igual a la establecida licitación, siempre y cuando se realiza la verificación bajo Metodología AASHTO 93 y respectivo análisis bajo metodología mecanicista.

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

7. CONCLUSIONES

Se mencionan 3 (tres) conclusiones principales y una recomendación:

325 (Trescientos veinticinco)

Estructura Referencial o de Licitación: de la estructura de licitación prevista (6cm_CA+18cm_BG+19cm_SubBase Suelo Cemento) y respectiva condición de apoyo (30 cm de SubRasante mejorada con CBR 20% sobre núcleo CBR 5%) no cubre los EEq 3.970.000 mencionados, se cubre cerca de 2.400.000 aproximadamente.

Análisis de los Materiales de la Zona: la contratista ha realizado ensayos de laboratorio en materiales locales y cercanos a la traza, siendo caracterizados los suelos y ripios. Este primero (suelos) debe considerarse con valores de CBR≥8% para capas del terraplén y/o núcleo, adoptándose CBR 10% para los últimos 30 cm constructivamente dada recomendación de la Fiscalización, pero no a objeto de cálculo.

El ripio abundante o disponible para la Subrasante mejorada tiene las siguientes características principales:

- CBR≥25%, IP≤10, material suelo con presencia de granular de manera variable (no homogéneo), propuesto para SubRasante Mejorada

Atendiendo que en el caso de la Subrasante mejorada, Terraplén (Coronamiento y Núcleo) se exigen valores mayores en esta memoria respecto a los CBR se aclara que aplican las mismas EETT, por lo que se propone como único ITEM nuevo o diferente a lo previsto en la licitación:

- Concreto Asfaltico con Polímero

Estructura Propuesta: se propone una estructura mejor técnicamente a la de licitación, pero con materiales locales y disponibles en la zona, obteniéndose un Numero Estructural mejor bajo la metodología AASHTO, que si bien no verificada la metodología mecanicista en la capa asfáltica, esto se debe a una no consideración en el proyecto licitación, debiéndose reforzarse en un tiempo prudente según lo establezca el MOPC.

Respecto a las capas o materiales nuevos se hace entrega de las **EETTs, del Concreto Asfaltico con Polímero,** siendo este el Ítem nuevo propuesto y sobre los cuales se insiste en la necesidad de un control constante por parte del Contratista y otros responsables de obra.

Mencionar que la Metodología de Calculo y parámetros adoptados es correspondiente al MCPy2019 y cuyos valores fueron aceptados por el MOPC mediante Nota DV N° 2277/23 del 08_agosto_2023

Fernando Paniagua
Especialista en Pavimento
MÉTRICA INGENIERÍA S.A.

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

324 (Trescientos veintiocho)

ANEXOS

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

323 (Trescientos veintitres)

ANEXO 1 - Memoria de Calculo_ Metodología AASHTO

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

322 (Trescientos veintidós)

Memoria de Cálculo Diseño de Pavimento asfáltico Método AASHTO 1993

PROYECTO	:	LOTE 1 , KM 0+000 - KM 50+000	
TRAMO	:	Proyecto de 50 km	
PERIODO DE ANÁLISIS	:	10	años

1-Datos de diseño

Tránsito: EE acumulados	:	4.000.000	EE
CBR (%) Suelo de fundación	:	13	%

2-Datos del proyecto

Nivel de confiabilidad R	:	85	%
Desviación normal So	:	0,49	
Índice de serviciabilidad inicial p_i	:	4,2	
Indice de serviciabilidad final p_f	:	2,2	

3-Cálculo de parámetros Fórmula AASHTO 1993

Variación índice de serviciabilidad	:	2	
Módulo Resiliente de la Subrasante	:	90,59	MPa
Coeficiente de confiabilidad	:	1,037	

4-Numero Estructural requerido Verificar

NE requerido para carpeta asfáltica	:	5,84	cm
NE requerido para la estructura	:	7,59	cm

5-Diseño de la estructura del pavimento

5.1-Coeficientes estructurales

		Año 0		Año 10	
		a_i	m_i	a_i	m_i
Capa 1	Concreto Asfáltico en caliente. Marshall 9 kN.	0,432	-	0,41	-
Capa 2	Base Granular Estabilizada CBR 100%	0,140	1	0,13	1
Capa 3	SubBase Cementada 20kg/cm2	0,130	1	0,12	1
Capa 4					
Capa 5					

5.2-Diseño de espesores

		Espesor(cm)	a_i	m_i	NE_i(cm)	$a_{i10años}$	NEi10(cm)
Capa 1		7	0,43	-	3,02	0,41	0,00
Capa 2		19	0,14	1	2,65	0,13	2,39
Capa 3		22	0,13	1	2,85	0,12	2,71
Capa 4							
Capa 5							
	Suma	48	NE asfalto		3,02	No cumple	0,00
			NE estructura		8,53	OK	5,10

De igual manera se cumple la verificación completa con 4.000.000 EEq.

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

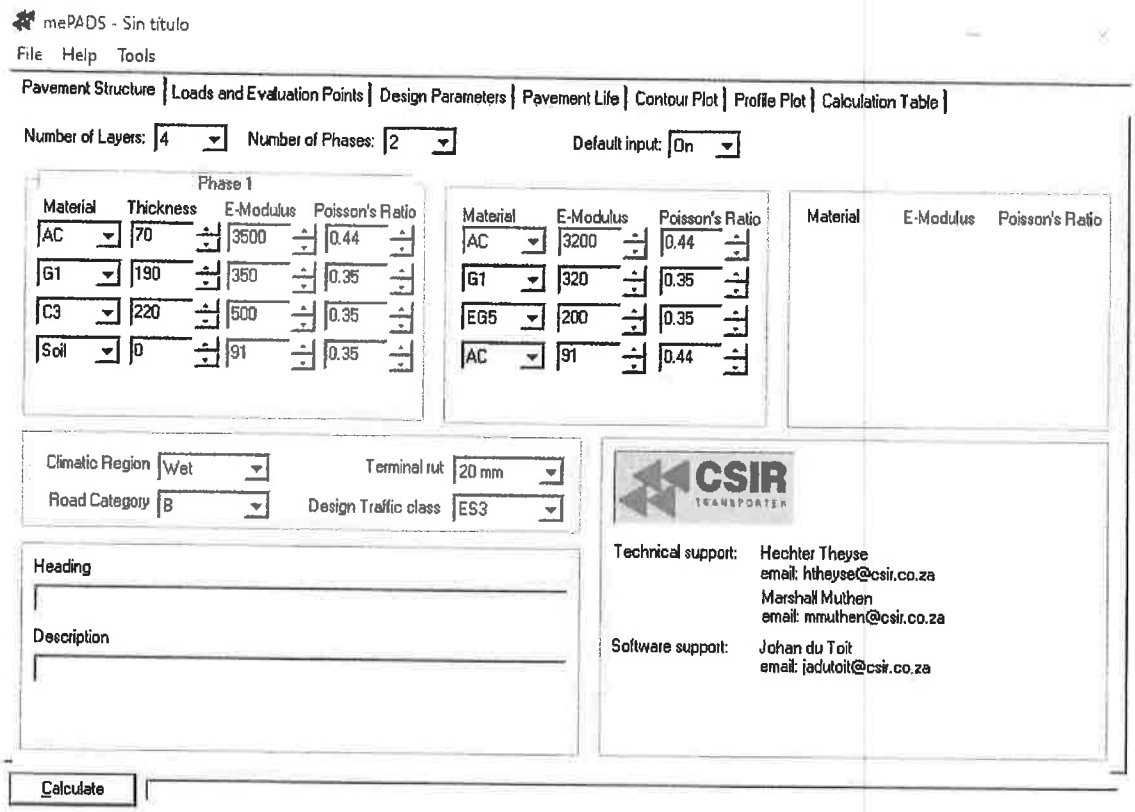
321 (Trescientos veintiuno)

ANEXO 2 - Memoria de Calculo_ Metodología E-M mePAD

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

320 (Trescientos veinte)

1- Datos de Entrada (introducidos manualmente)



2- Resultados obtenidos_ Valores Críticos (resultado del software)

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

319 (Trescientos diecinueve

mePADS - Sin título

File Help Tools

Pavement Structure | Loads and Evaluation Points | Design Parameters | Pavement Life | Contour Plot | Profile Plot | Calculation Table |

Layer No	ASPHALT Material Code	ASPHALT Horizontal Tensile Strain	CEMENTED Vertical Compressive Stress	CEMENTED Horizontal Tensile Strain	CEMENTED Stress Ratio	CEMENTED Strain Ratio	GRANULAR Major Principal Stress	GRANULAR Minor Principal Stress	GRANULAR Safety Factor	SUBGRADE Vertical Compressive Strain
1	AC	197.688								
2	G1						-151.9	-6.3	1.408	
3	C3		-87	117.974	0.944	0.944				
4	Soil									-288
5										
PHASE 2										
1	AC	229.751								
2	G1						-138.7	14.4	1.117	
3	EG5						-48.1	17.1	1.227	
4	AC	-0.000								
5										
PHASE 3										
1										
2										
3										
4										
5										

- Compression
+ Tension

Stresses are in kPa
Strains are in microstrains

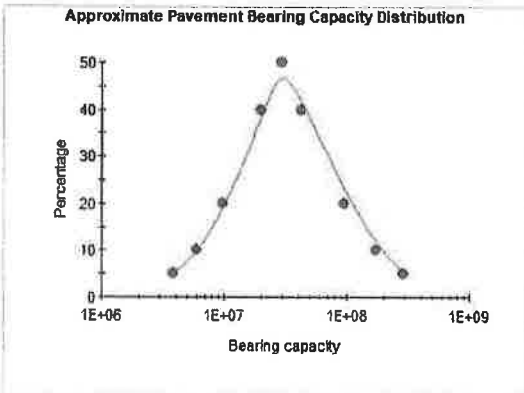
Calculate

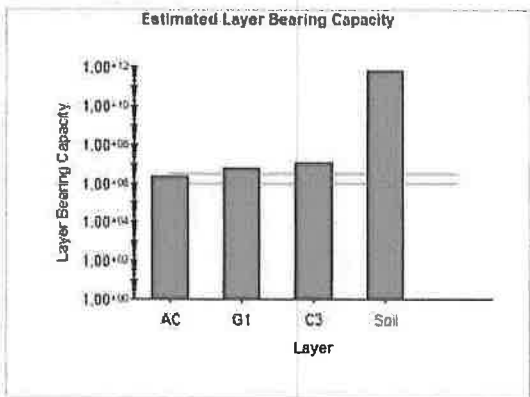
3- Distribución de aporte estructural de las capas del pavimento propuesto

mePADS - Sin título

File Help Tools

Pavement Structure | Loads and Evaluation Points | Design Parameters | Pavement Life | Contour Plot | Profile Plot | Calculation Table |





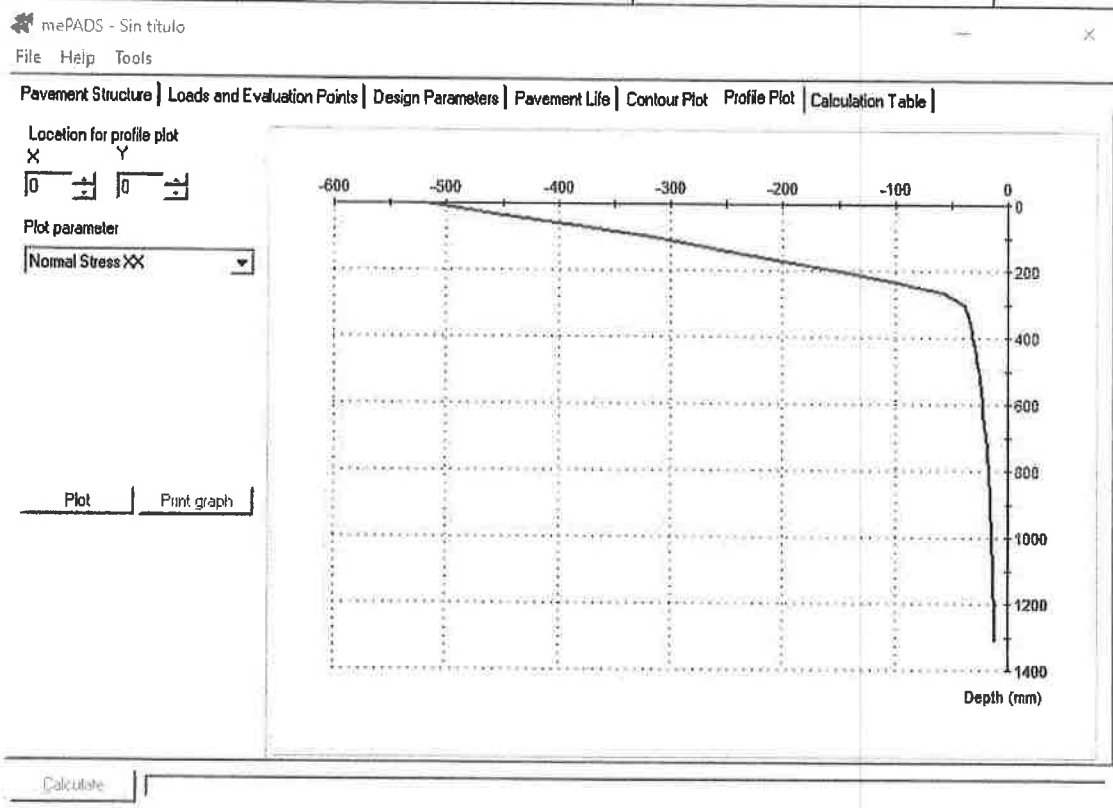
Layer	Layer Bearing Capacities: Life	Layer Bearing Capacities: Cemented Life	Crushing in Cemented Layers: Crush Init.	Crushing in Cemented Layers: Adv. crushing
AC	2.125e+006			
G1	5.987e+006			
C3	1.030e+007	2.125e+006	1.751e+007	8.346e+007
Soil	6.196e+011			

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

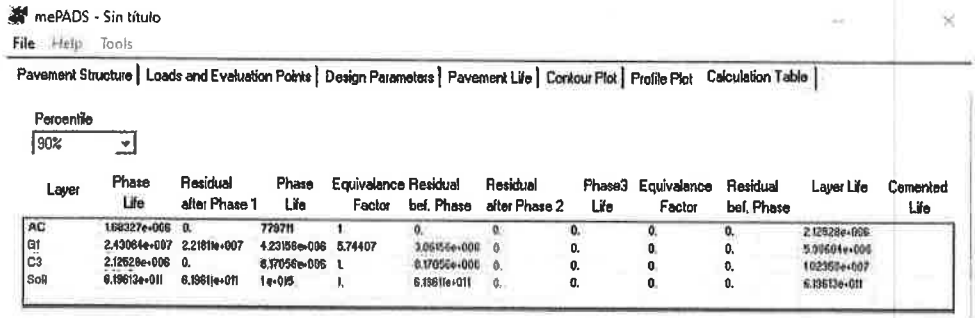
Calculate

4- Distribución tensiones según profundidad (para carga 8,2tn y presión de inflado)

318 (Trescientos dieciocho)



5- Tabla de Resultados del Calculo (software)



Layer	Phase Life	Residual after Phase 1	Phase Life	Equivalence Factor	Residual bef. Phase	Residual after Phase 2	Phase3 Life	Equivalence Factor	Residual bef. Phase	Layer Life	Cemented Life
AC	1.68327e+006	0.	779711	1	0.	0.	0.	0.	0.	2.12528e+006	
G1	2.43064e+007	2.21811e+007	4.23158e+006	5.74407	3.06156e+006	0	0.	0.	0.	5.09604e+006	
C3	2.12528e+006	0.	8.17056e+006	1.	8.17056e+006	0.	0.	0	0.	1.02350e+007	
Soil	6.19613e+011	6.19611e+011	1e+015	1.	6.19611e+011	0.	0.	0.	0.	6.19613e+011	

Clasificación de Materiales (sudafricano)

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

317 (Trescientos diecisiete)

T **h African Road-building Materials with their Material Codes**

Symbol	Code	Material	Abbreviated specification
	G1	Graded crushed stone	Dense-graded, unweathered crushed stone; Max size 37,5 mm; 88% apparent density; PI < 4,0 (min 6 tests)
	G2	Graded crushed stone	Dense-graded crushed stone; Max size 37,5 mm; 100 - 102 % mod. AASHTO or 85% bulk density; PI < 6,0 (min 6 tests)
	G3	Graded crushed stone	Dense-graded crushed stone and soil binder; max size 37,5 mm; 98 - 100% mod. AASHTO; PI < 6
	G4	Natural Gravel	CBR < 80; max size 53 mm; 98 - 100 mod. AASHTO; PI < 6; Swell 0,2 @ 100 % mod. AASHTO
	G5	Natural Gravel	CBR < 45; max size 63 mm or b of layer thickness; density as prescribed for layer of usage; PI < 10; Swell 0,5 @ 100 % mod. AASHTO
	G6	Natural Gravel	CBR < 25; max size 63 mm or b of layer thickness; density as prescribed for layer of usage; PI < 12 or 2(GM)−10; Swell 1,0 @ 100 % mod. AASHTO
	G7	Gravel-soil	CBR < 15; max size b of layer thickness; density as prescribed for layer of usage; PI < 12 or 2(GM)−10; Swell 1,5 @ 100 % mod. AASHTO
	G8	Gravel-soil	CBR < 10 at in-situ density; max size b of layer thickness; density as prescribed for layer of usage; PI < 12 or 2(GM)+10; Swell 1,5 @ 100 % mod. AASHTO
	G9	Gravel-soil	CBR < 7 at in-situ density; max size b of layer thickness; density as prescribed for layer of usage; PI < 12 or 2(GM)+10; Swell 1,5 @ 100 % mod. AASHTO
	G10	Gravel-soil	CBR < 3 at in-situ density; max size b of layer thickness; density as prescribed for layer of usage or 90% mod. AASHTO

Clasificación de caminos/Confiabilidad utilizada (sudafricano)

TABLE 1: Road Categories and Approximate Design Reliabilities used in South Africa

'gory	Description	Approximate design reliability (%)
A	Interurban freeways and major interurban roads	95
B	Interurban collectors and major rural roads	90
C	Rural roads	80
D	Lightly trafficked rural roads	50

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

316 (Trescientos dieciseis)

ANEXO 3 - EETT Item nuevo

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

315 (Treiscientos quince)

ITEM 8.1 – CARPETA DE CONCRETO ASFÁLTICO CON POLÍMERO

1 Descripción

Consiste en una serie de trabajos de elaboración, colocación, distribución y compactación de concreto asfaltico para carpeta en calzada y en banquina, elaborada y colocada en caliente con agregado pétreo virgen graduada triturado, cal como filler de aporte y cemento asfáltico modificado con polímero.

La mezcla será distribuida con terminadora asfáltica y compactada en caliente en el espesor de proyecto sobre la base con su correspondiente riego de liga. La mezcla para la carpeta, una vez compactada, deberá tener, la estabilidad y flexibilidad para alcanzar las propiedades mecánicas y volumétricas compatibles con el funcionamiento desempeño elástico de la estructura y condiciones de rugosidad que proporcionen comodidad y seguridad al tráfico. Esta descripción u requerimiento son para las mezclas asfálticas a colocar en calzada y banquina.

2 Preservación del Medio Ambiente

A los efectos de disminuir el impacto ambiental producido como consecuencia de la ejecución de los ítems que comprenden esta sección, deberá tenerse en cuenta todo lo mencionado al respecto en las ETAGs y lo indicado por la Fiscalización.

3 Materiales

3.1 Materiales pétreos y relleno mineral a emplear

El Contratista deberá presentar a la Fiscalización con antelación de 30 días del inicio de los trabajos indicados en el Cronograma de Trabajo aprobado por en el Diseño Final de Ingeniería, la dosificación de agregados pétreos y relleno mineral a emplear, adjuntando a tal efecto las muestras correspondientes y los resultados obtenidos con las mismas en los ensayos físicos y granulométricos realizados para someterlos a su aprobación, esta fórmula deberá cumplir con los requisitos establecidos en el presente documento.

La aprobación de los mismos será previa al comienzo de los trabajos, requiriéndose solicitarla nuevamente cada vez que se cambie la fuente de provisión.

Los agregados pétreos de tamaño máximo nominal 19 mm se acopiarán para su empleo obligatoriamente en dos fracciones: 06 – 12 mm y 12 – 19 mm. Esta condición rige con independencia del tipo de planta asfáltica empleada para elaborar la mezcla.

i) Agregado pétreo grueso (retenido en el tamiz 2,36 mm (Nº 8)

La piedra utilizada en la trituración será sana y durable, libre de terrones de arcilla o materias extrañas.

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

314 (Trescientos catorce)

El agregado grueso provendrá exclusivamente de la trituración de roca sana aprobada por la Fiscalización, y deberá cumplir los requisitos indicados en la siguiente Tabla:

REQUISITOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS		
Ensayo	**Norma**	**Exigencia**
Partículas Trituradas	IRAM 1851	Como mínimo 75% de las partículas con 3 o más caras de fractura y el porcentaje restante, por lo menos con 2
Elongación	IRAM 1687	Determinación obligatoria
Índice de lajas	IRAM 1687-1	Carpeta de Rodadura ≤25% Base Asfáltica ≤30%
Durabilidad por ataque con Sulfato de Sodio	IRAM 1532	≤12%
Polvo Adherido	IRAM 1883	Carpeta de Rodadura ≤ 1,2 % Base Asfáltica ≤ 1,5%
Plasticidad	IRAM 10501	No Plástico
Coeficiente de desgaste "Los Ángeles"	IRAM 1532	Carpeta de Rodadura ≤ 25% Base Asfáltica ≤ 30%
Micro Deval	IRAM 1762	Obligatorio
Relación Vía Seca- Vía Húmeda de la fracción que pasa el tamiz 0,075	VN E7-65	≥50% (Si el pasante por el Tamiz 0.075 vía húmeda es mayor del 5%)
Análisis del Estado Físico de la Roca	IRAM 1702 IRAM 1703	Obligatorio
Limpieza		Exento de terrones de arcilla, materia vegetal, u otras materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa
Ensayo de Adherencia	IRAM 6842	Para el caso de que no de los ensayos arrojara un valor inferior del 95% de superficie cubierta, debe incorporarse a la mezcla asfáltica un aditivo mejorador de adherencia que permita superar dicho valor.

Cuando el agregado grueso provenga de yacimientos de "Tipo Basálticos", los mismos deben verificar también las exigencias de la Tabla siguiente:

REQUISITOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS "TIPO BASÁLTICOS"		
Ensayo	Norma	Exigencia
Ensayo de ebullición para los basaltos "Sonnenbrand"	UNE-EN 1367-3	Determinación obligatoria.

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

ii) Agregado pétreo fino (pasa por tamiz 2,36 mm (Nº 8))

El agregado fino puede ser arena proveniente de la trituración de roca o arenas sub-angulares de origen fluvial. No está permitido el empleo de arena silícea natural redondeada de cualquier origen ni su mezcla con otras arenas.

Sus partículas serán limpias, duras, sanas y libres de arcilla, polvo, materias orgánicas o cualquier otra substancia perjudicial y su índice de plasticidad será nulo.

Los agregados finos deberán cumplir con los requisitos indicados en la siguiente Tabla:

313 (Trescientos trece)

REQUISITOS DE LOS ÁRIDO FINO		
Ensayo	**Norma**	**Exigencia**
Procedencia	-	El árido fino debe proceder de la trituración de roca sana de cantera o grava natural.
Limpieza		Exento de terrones de arcilla, materia vegetal, u otras materias extrañas que puedan afectar a la durabilidad de la capa
Resistencia a la fragmentación	-	El material que se triture para obtener el árido fino, en todos los casos debe cumplir con el valor de Desgaste Los Ángeles < 25%
Equivalente de Arena	IRAM 1682	≥ 50%
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz 0,425	IRAM 10501	No Plástico
Plasticidad de la fracción que pasa el tamiz 0,075	IRAM 10501	≤ 4%
Relación Vía Seca- Vía Húmeda de la fracción que pasa el tamiz 0,075	VN E7-65	≥ 50% (Si el pasante por el Tamiz 0,075 vía húmeda es mayor del 5%)
Granulometría	IRAM 1501 IRAM 1505	Debe permitir encuadrar dentro del huso preestablecido, la gradación resultante junto con la composición de las restantes fracciones.

iii) Relleno mineral (filler)

Es obligatorio el empleo de relleno mineral de aporte el que estará constituido por minerales de naturaleza calcárea:

- Cal hidratada en polvo o
- Cal hidráulica hidratada en polvo
- Calcáreo molido (polvo calizo)

Estará libre de grumos, terrones o materiales orgánicos, y deberá cumplir con la siguiente granulometría al ser ensayado, siguiendo el método de ensayo IRAM 1505.

Debe cumplir con las siguientes exigencias:

- Densidad Aparente (D. Ap) en Tolueno (NLT-176): 0,5 g/cm3 < D.Ap < 0,8 g/cm3.
- Características Granulométricas

CARACTERÍSTICAS DEL RELLENO MINERAL DE APORTE	
Tamiz	Porcentaje en peso que pasa
425 µm (N° 40)	100%
150 µm (N° 100) mínimo	> 90%
75 µm (N° 200) mínimo	> 75%

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

3.2 Material bituminoso (Cemento Asfáltico Modificado con Polímero)

Deberá ser homogéneo, libre de agua y no deberá formar espuma al ser calentado a 175 °C. Deberá cumplir con las exigencias del del tipo AM3 preceptuadas en la Norma IRAM 6596.

312 (Trescientos doce)

Norma IRAM 6596 Requisitos particulares de los asfaltos modificados

Característica	Unidad	Tipo de asfalto modificado								Método de ensayo
		AM 1		AM 2		AM 3		AM 4		
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
Penetración (25 °C, 100 g, 5 s)	0,1 mm	20	40	50	80	50	80	120	150	IRAM 6576
Punto de ablandamiento	°C	60	–	60	–	65	–	60	–	IRAM 6841
Punto de ruptura Fraass	°C	–	-5	–	-10	–	-12	–	-15	IRAM 6831
Recuperación elástica por torsión total (a 5 °C)	%	10	–	40	–	70	–	60	–	IRAM 6830
Punto de inflamación	°C	230	–	230	–	230	–	230	–	IRAM IAPG A 6555

(*) la Recuperación elástica por torsión Total debe hacer a 25 °C, siendo válido todos los valores establecidos para 5°C en el cuadro anterior.

Requisitos para los asfaltos modificados, luego de someterlos al ensayo de Estabilidad al Almacenamiento según Norma IRAM 6840

Característica	Unidad	Tipo de asfalto modificado								Método de ensayo
		AM 1		AM 2		AM 3		AM 4		
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
Diferencia del punto de ablandamiento	°C	–	5	–	5	–	5	–	5	IRAM 6841
Diferencia de penetración	0,1 mm	–	8	–	10	–	10	–	15	IRAM 6576

Requisitos del residuo de película delgada RTFOT según Norma IRAM 6839

Característica	Unidad	Tipo de asfalto modificado								Método de ensayo
		AM 1		AM 2		AM 3		AM 4		
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	
Variación de masa (5 h, 163 °C)	%	–	1	–	1	–	1	–	1	IRAM 6839
Penetración residual (25 °C, 100 g, 5 s)	%	70	–	65	–	65	–	60	–	IRAM 6576
Variación del punto de ablandamiento	°C	-5 a 10		-5 a 10		-5 a 10		-5 a 10		IRAM 6841

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Adicionalmente después del ensayo de Película Delgada RTFOT, el Contratista podrá realizar en ensayo de Recuperación Elástica Torsional según norma IRAM 6830.

La viscosidad del cemento asfáltico modificado con polímero del Tipo AM3, debe ser compatible con la temperatura de elaboración de la mezcla asfáltica en planta, y debe obtenerse a temperaturas inferior a ciento ochenta grados Celsius (180 °C). Las temperaturas de mezclado y compactación serán las recomendadas por el fabricante a tal efecto el contratista deberá exigir dicha información y reportarla a

311 (Trescientos once)

la Fiscalización. La Fiscalización podrá modificar dichas temperaturas cuando lo crea conveniente, debiendo justificarlo técnicamente.

El Contratista debe asegurarse que el calentamiento del asfalto, antes de su mezcla con los agregados pétreos, impida la oxidación prematura del producto o degrade el polímero y se ajuste a las exigencias del ítem en ejecución.

Condiciones de Recepción e Identificación del Cemento Asfáltico Modificado

Cada cisterna de cemento asfáltico modificado con polímero que llegue a obra debe estar acompañado de dos elementos documentales que son los que se indican en la tabla siguiente:

CERTIFICADO DE CALIDAD DEL FABRICANTE O PROVEEDOR DE CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLÍMERO		
Protocolo con la siguiente información mínima sobre partidas que arriben a la obra:	Con cada partida.	Referencia del remito de la remesa o partida. Denominación comercial del cemento asfáltico. Valores de: Penetración estándar (0,1 mm). Recuperación elástica torsional (%). Entorno de temperaturas recomendadas para mezclado y compactación. Temperatura máxima de calentamiento.
	Con la primera partida y luego cada 200 toneladas métricas.	Valores de viscosidad rotacional ensayadas según Norma IRAM 6837 a: 135°C, 150°C 170°C y 190°C y la recuperación elástica lineal Según norma IRAM 6832 Valores de los ensayos luego del envejecimiento en película delgada rotativa según Norma IRAM 6839. Curva de peso específico en función de la temperatura. Valores del resto de las características de calidad especificadas para el material, en la tabla de características de los cementos asfálticos
Certificado de garantía de calidad:	Expresará el cumplimiento de las características exigidas que se han especificado en la tabla de características de los cementos asfálticos de la presente especificación técnica.	

El Contratista deberá contar en su laboratorio de obra, un viscosímetro rotacional para efectuar las mediciones de viscosidad del cemento asfáltico.

Nota aclaratoria: Índice de durabilidad: *El cálculo del índice de durabilidad como cociente de viscosidades antes y luego de exponer el cemento asfáltico modificado con polímetro al ensayo de envejecimiento acelerado, no resulta válido. En general la viscosidad disminuye y puede, equivocadamente, inferirse que el cemento asfáltico modificado se ha rejuvenecido. En realidad, disminuye la viscosidad como consecuencia de la alteración del polímetro. En cambio, sí puede realizarse un ensayo de durabilidad equivalente* ***comparando las respectivas recuperaciones elásticas, antes y después del envejecimiento.***

Los documentos indicados en la tabla no invalidan, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. La Fiscalización se debe abstener de aceptar el empleo de suministros de cementos asfálticos modificados, que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante indicado en la tabla precedente.

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Control de calidad del ligante

De cada partida suministrada, se deben tomar dos (2) muestras de al menos 2,5 Kg en la recepción de la misma. Sobre una de las muestras se deben realizar las determinaciones que se indican en la tabla siguiente. La otra muestra debe ser conservada en carácter de muestra para ensayos de contraste para cuando alguna de las partes manifieste disconformidad con los resultados iniciales. Si los resultados de

310 (Trescientos diez)

las pruebas de contraste no son satisfactorios, se debe rechazar el producto y las mezclas que eventualmente se hubiesen fabricado con él:

DETERMINACIONES DE CONTROL A REALIZAR SOBRE UNA DE LAS MUESTRAS EN LA RECEPCIÓN DEL PRODUCTO		
Ensayo	**Norma**	**Frecuencia**
Penetración estándar (25 °C; 100 g; 5 s)	IRAM 6576	En cada partida recibida
Punto de ablandamiento	IRAM 6841	
Recuperación elástica torsional	IRAM 6830	
Viscosidades rotacionales ensayadas según alas siguientes temperaturas: 135°C, 150°C 170°C y 190°C	IRAM 6837	
Recuperación elástica lineal	IRAM 6832	Con la primera partida y luego cada 200 toneladas métricas.

La Fiscalización, deberá presentar dicha información mensualmente en su Informe al Contratante, adjuntando a los ensayos realizados y los certificados del fabricante.

Depósito de Almacenamiento de Cemento Asfáltico Modificado

El cemento asfáltico modificado se debe almacenar en uno o varios tanques (preferentemente verticales), adecuadamente aislados entre sí, que deben estar provistos de bocas de ventilación para evitar que trabajen a presión y deben contar con los instrumentos de medida y seguridad necesarios, situados en puntos de fácil acceso. Además, deben contar con dispositivos de calentamiento que permitan mantener la temperatura adecuada del producto para su mezcla con los agregados, la caldera de calentamiento debe estar separada del tanque.

Los tanques deben estar aislados térmicamente y provistos de termómetros situados en puntos bien visibles. Deben contar con su propio sistema de calefacción, capaz de evitar que, por cualquier anomalía, la temperatura del producto se desvíe de la fijada para el almacenamiento en más de diez grados Celsius (10 °C). Deben disponer de una válvula adecuada para la toma de muestras. Debe evitarse los sobrecalentamientos localizados que pueden degradar el producto, para ello el sistema de caldera de aceite térmico debe estar separado de los tanques.

Cuando los tanques de almacenamiento no dispongan de medios de carga propios, las cisternas empleadas para el transporte de cemento asfáltico deben contar de medios neumáticos o mecánicos para el trasvase rápido de su contenido a los mismos. Cuando se empleen bombas en esta operación serán preferibles las de tipo rotativo a las centrífugas.

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Todas las tuberías y bombas utilizadas para el trasvase del cemento asfáltico modificado, desde la cisterna de transporte al tanque de almacenamiento y de éste al equipo de empleo, deben estar calefaccionadas, aisladas térmicamente. Además, deben estar dispuestas de modo que se puedan limpiar fácil y perfectamente después de cada aplicación y/o jornada de trabajo.

El tiempo máximo de almacenamiento y la necesidad o no, de disponer de sistemas de homogeneización en el transporte y en los tanques de almacenamiento, se debe determinar de acuerdo con las características del ligante modificado. No obstante, si el cemento asfáltico modificado con polímero hubiese estado almacenado en condiciones atmosféricas normales, durante un plazo superior a quince (15) días, antes de su empleo, se realizarán, como mínimo, sobre dos (2) muestras, una de la parte superior y otra de la inferior del depósito de almacenamiento, los siguientes ensayos:

309 (Trescientos nueve)

- Penetración estándar (25 °C; 100 g; 5 s) según Norma IRAM 6576
- Punto de ablandamiento IRAM 6841
- Recuperación elástica torsional IRAM 6830

En condiciones atmosféricas desfavorables o de obra anormales, La Fiscalización puede disminuir el plazo de quince (15) días, anteriormente indicado, para la comprobación de las condiciones de almacenamiento del cemento asfáltico modificado con polímeros.

Los depósitos deben contar con un sistema de recirculación del cemento asfáltico modificado caliente, el o los puntos de descarga dentro de los tanques debe encontrarse en la parte inferior de los mismos. Debe evitarse la exposición al aire para prevenir de la oxidación prematura del cemento asfáltico. Los depósitos deben poseer, además, los medios para incorporar aditivos mejoradores de adherencia y permitir su mezclado homogéneo en toda la masa del cemento asfáltico modificado almacenado.

Para el caso de decidirse su empleo, debe verificarse que el punto de ebullición de los aditivos mejoradores de adherencia se encuentre por sobre los 200 °C. En caso contrario pueden formar espuma a las temperaturas de trabajo del cemento asfáltico y obstaculizar los sistemas de impulsión y medición.

El Contratista debe observar las medidas apropiadas para dar cumplimiento a la legislación vigente en materia medioambiental, de seguridad laboral, almacenamiento y transporte de sustancias peligrosas.

La Fiscalización debe comprobar, con la frecuencia que crea necesaria, los sistemas de transporte y trasvase y las condiciones de almacenamiento en todo cuanto pudiera afectar a la calidad del material. De registrarse una inconformidad, debe suspenderse la utilización del contenido del tanque o cisterna correspondiente hasta la comprobación de las características que estime convenientes.

Al comparar con los resultados de los ensayos a la llegada a obra, deben cumplir las especificaciones de estabilidad. Si no cumpliera lo establecido para estas características, se debe proceder a su homogeneización y realización de nuevos ensayos, o a su retiro del obrador donde se encuentre depositado.

Aditivo mejorador de adherencia

De no lograrse buena adhesividad entre el material bituminoso y el agregado, según ensayo Norma IRAM IRAM

6842, deberá ser empleado un mejorador de adherencia. En este caso, el Contratista proveerá un agente mejorador de adherencia que se usará como aditivo al material bituminoso para prevenir la separación del asfalto del

agregado. El aditivo deberá ser utilizado según las recomendaciones del fabricante. El costo del aditivo mejorador

de adherencia será subsidiado en el costo de la carpeta de concreto asfáltico modificado con polímero, ya que no se hará pago adicional por el aditivo.

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

4 Mezcla

4.1 Mezcla de los agregados pétreos

La composición del concreto asfáltico, deberá satisfacer los requisitos del cuadro siguiente:

308 (Trescientos ocho)

HUSOS GRANULOMÉTRICOS		
Tamiz	Porcentaje que pasa	
	Espesor de la capa	
	Igual o mayor a 5 cm	Igual o menor a 4 cm
25 mm (1")	100	---
19 mm (3/4")	83 - 100	100
12,5 mm (1/2")	---	80 - 95
9,5 mm (3/8")	58 – 74	71 - 86
4,75 mm (Nº 4)	42 – 57	47 - 62
2,36 mm (Nº 8)	29 – 44	30 - 45
600 µm (Nº 30)	14 - 24	15 - 25
300 µm (Nº 50)	9 – 18	10 – 18
75 µm (Nº 200)	4 – 8	4 - 8

Ambos husos granulométricos pueden utilizarse en mezclas para carpetas de rodamiento o capas inferiores. La mezcla asfáltica realizada con estos entornos, proveen de macrotextura en la superficie, por lo que debe evitarse el "recebado" de la misma que disminuye dicha característica. Además, en la capa de superficie, debe emplearse como primer equipo de compactación detrás de la terminadora, un rodillo metálico liso.

Nota: Si existiese una diferencia entre los pesos específicos de las fracciones utilizadas, incluida el filler, superior al 0,2 la dosificación se debe hacer en volumen.

La fracción de granulometría total indicada en el cuadro anterior que pasa el tamiz de 425 µm (Nº 40) tendrá índice de plasticidad nulo.

El contenido de humedad de la mezcla en seco de los agregados pétreos exclusivamente será inferior al medio por ciento (0,50%) una vez que han pasado por el dispositivo secador.

Relación espesor de la capa - tamaño máximo nominal La relación entre el espesor de la capa asfáltica a colocar y el tamaño máximo nominal para el tipo de mezcla considerada debe cumplir con la siguiente premisa:

- e > 2,5 * TMN
- e ≤ 6,0 * TMN

Donde:

- e: espesor de la capa
- TMN: tamaño máximo nominal de la combinación de agregados.

Tamaño máximo nominal, en milímetros, del huso granulométrico. Se entiende como tamaño máximo nominal al tamiz (de la serie normalizada IRAM de tamices) con menor abertura de malla que retiene hasta el diez por ciento (10 %) de la mezcla de agregados.

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

4.2 Requisitos para la Mezcla Bituminosa

a. Ensayada la mezcla por el método Marshall IRAM 6845, deberá acusar los siguientes valores:

307 (Trescientos Siete)

REQUISITOS DE DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA		
Parámetro		**Exigencia**
Ensayo Marshall IRAM 6845	Nº golpes por cara (*)	75
	Estabilidad (kN)	≥ 10 kN
	Porcentaje de Vacíos en mezcla	3% - 5%
	Porcentaje de Vacíos del Agregado Mineral (VAM)	TMN 19 mm ≥ 14 % TMN 12 mm ≥ 15 %
	Porcentaje Relación Betún-Vacíos (Proporción en que el volumen de asfalto efectivo ocupa los VAM)	70% – 78%
Resistencia conservada mediante el ensayo Lottman modificado (ASTM D 4867 o AASHTO T 283		> 80%

REQUISITOS DE DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA	
Parámetro	**Exigencia**
Evaluación de la resistencia al ahuellamiento (ensayo de rueda cargada) (**) Ver nota al pie del cuadro	Determinación obligatoria en todas las capas de mezcla asfálticas
Porcentaje de Árido Fino no triturado en mezcla	0% (cero) en capa de rodamiento
Porcentaje mínimo Cal Hidratada en peso sobre mezcla de áridos	1%
Relación en peso Filler / Asfalto	0,8 - 1,3
Proporciones máximas de filler en mezclas/Concentración crítica de filler	Cv / Cs < 1,1 Se limita la proporción relativa de rellenos minerales cuya concentración crítica sea inferior a 0,22 (Cs < 0,22) a un máximo de 2% en peso de la mezcla
Temperatura máxima de elaboración de las mezclas	≤ 180 °C

Notas:

(*) Para ligantes asfálticos modificados, la temperatura de compactación para la elaboración de las Probetas Marshall debe estar comprendida dentro del rango 160°C – 165 °C; o bien la recomendada por el proveedor del ligante asfáltico.

(**) El Contratista deberá contar con un equipo de medición de ahuellamiento de laboratorio para evaluar las mezclas asfálticas (Wheel Tracking Test o Hamburgo Test). De no contar con dicho equipo lo podrá hacer mediante laboratorio externo. Deberá presentar un Informe indicando que los parámetros obtenidos y justificando que dicha mezcla no presentará Problemas de ahuellamiento para el tránsito de proyecto. La Fiscalización abalará o no dicho informe justificando su decisión. En caso de realizar los ensayos a través de un laboratorio externo deberá presentar las calibraciones vigentes del equipo a la fecha de la prueba.

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Composición de la Mezcla

El Contratista deberá presentar a la Fiscalización con antelación de 30 días del inicio de los trabajos indicados en el Cronograma de Trabajo aprobado por en el Diseño Final de Ingeniería, la "Fórmula de obra para la mezcla asfáltica modificada con polímero".

La fórmula debe cumplirse durante todo el proceso constructivo de la obra, siempre que se mantengan las características de los materiales que la componen y el proceso constructivo. Toda vez que cambie alguno de los materiales que integran la mezcla, se excedan sus tolerancias de calidad o cambie el

306 (trescientos seis)

proceso, su composición debe ser reformulada. Por lo tanto, debe excluirse el concepto de "fórmula de obra única e inamovible".

La fórmula debe incluir como mínimo las siguientes características según se consigna en la tabla.

REQUISITOS QUE DEBE REUNIR LA FÓRMULA DE OBRA PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLIMERO	
Parámetro	**Información que debe ser consignada**
Requisitos de dosificación	Los valores exigidos en las tablas precedentes que indica los mismos.
Áridos y rellenos	Identificación, características y proporción de cada fracción del árido y rellenos minerales (filler) en la alimentación y, en su caso, después de su clasificación en caliente. Granulometría por lavado de los áridos combinados, incluido el o los rellenos minerales. Se

REQUISITOS QUE DEBE REUNIR LA FÓRMULA DE OBRA PARA LA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLIMERO	
Parámetro	**Información que debe ser consignada**
minerales	debe determinar la densidad relativa, densidad aparente y absorción de agua de acuerdo con las Normas IRAM 1520 e IRAM 1533. Desgaste Los Ángeles, equivalente de arena, etc.
Ligante asfáltico y aditivos	Identificación, características y proporción en la mezcla respecto de la masa total de los áridos, incluido el o los rellenos minerales. Cuando se empleen aditivos debe indicarse su denominación, características y proporción empleada respecto de la masa de cemento asfáltico.
Calentamiento y mezclado	Tiempos requeridos para el secado y el mezclado de los áridos, y para la mezcla de los áridos con el cemento asfáltico. Las temperaturas máxima y mínima de calentamiento previo de áridos y ligante. (En ningún caso se introducirá en el mezclador, áridos a una temperatura superior a la del asfalto en más de 15 °C). Las temperaturas máxima y mínima de la mezcla al salir del mezclador.
Temperatura para la compactación	Deben indicarse la temperatura mínima de la mezcla asfáltica al iniciar la compactación y la mínima al terminarla. Estas temperaturas surgen a partir del tramo de prueba.
Ajustes en el tramo de prueba	La fórmula informada debe incluir los posibles ajustes realizados durante el tramo de prueba.

Si la "Fórmula de obra para la mezcla asfáltica modificada con polímero" fuera aprobada por la Fiscalización, el Contratista estará obligado a suministrar una mezcla bituminosa que cumpla con las proporciones y granulometría fijadas, con una tolerancia de los siguientes porcentajes en peso:

TOLERANCIAS GRANULOMÉTRICAS PARA LOS ÁRIDOS			
Tamices	2,36 mm (N° 8) y superiores	Entre tamices 2,36 (N° 8) y 75 µm (N° 200)	Pasante 75 µm (N° 200) o menos
Tolerancia	± 4 %	± 3 %	± 1,5%

- Para el material bituminoso: más o menos 0,2 % (dos décimas de por ciento).

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Para los valores resultantes del ensayo de estabilidad Marshall no habrá tolerancia sobre las cifras especificadas. Las tolerancias detalladas no justificarán valores fuera de lo establecido en los distintos párrafos precedentes.

305 (Trescientos cinco)

Tramo de Prueba

Aprobada la Formula de obra y antes de iniciarse la puesta en obra de colocación de la mezcla, se deben realizar los tramos de ajuste del proceso de elaboración, distribución y compactación necesarios hasta alcanzar la conformidad total acorde con las exigencias de la presente especificación. A tales efectos, el Contratista debe ajustar la producción de la mezcla diseñada, los procesos de elaboración, transporte, uniformidad y dotación del riego de liga, extensión y compactación de la mezcla asfáltica, adoptando para ello las medidas de seguridad y señalización. Se debe informar por escrito los ajustes llevados a cabo, adjunto a la formulación de obra a emplear.

La pista de prueba se debe realizar sobre un tramo del proyecto a definir por la Contratista con la aprobación previa de la Fiscalización.

El Tramo de Prueba se debe realizar sobre una longitud no menor a la definida por la Contratista y aprobada por la Fiscalización de, nunca menor a la longitud correspondiente a ciento ochenta toneladas (180 tn) de mezcla asfáltica.

En dicho tramo también se evaluará el ensayo de adherencia entre capas según lo indicada en el Ítem 5.5 Riego de Liga.

Una vez obtenidos y analizados los resultados, la Fiscalización debe decidir:

• Si es aceptable o no, la Fórmula de Obra. En el primer caso, se puede iniciar la elaboración de la mezcla bituminosa. En el segundo, el Contratista debe proponer las actuaciones a seguir (estudio de una nueva fórmula, corrección parcial de la misma, correcciones en el proceso de elaboración, etc.), de modo de cumplimentar con las exigencias establecidas, en este caso se debe repetir la ejecución del Tramo de Prueba.

• Si son aceptables o no, los equipos propuestos por el Contratista para llevar adelante los procesos de elaboración, transporte, colocación, compactación y control de dichos procesos. No se debe proceder a la producción, colocación y compactación de la mezcla asfáltica sin que la Fiscalización haya autorizado el inicio de las mismas.

Los Tramos de Prueba en los que se verifique el cumplimiento de las condiciones de ejecución y puesta en obra de las mezclas asfálticas, como así también se verifiquen los requisitos de la unidad terminada definidos en el presente ítem de Especificaciones Técnicas para el Tramo de Prueba, pueden ser aceptados como parte integrante de la obra.

La metodología de compactación adoptado en el tramo de prueba deberá ser respetado durante toda ejecución de la obra, salvo que se cambie la fórmula de obra la que también tendrá que ser aprobada por la Fiscalización, previa ejecución de un NUEVO tramo de prueba en idénticas condiciones que el Tramo de prueba inicial. Aprobado lo señalado precedentemente se puede dar comienzo a la ejecución del ítem Carpeta de Concreto

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Asfáltico Modificado con polímero.

Para el caso que la capa de rodadura se ejecute con la misma mezcla asfáltica que la capa asfáltica de apoyo solo se verificará en el tramo de prueba el contenido del Riego de Liga indicado en el ítem 5.5 apartado Tasa de aplicación para Riegos de Liga, en caso que la mezcla asfáltica de rodadura presente una dosificación distinta a la capa de apoyo, se debe realizar un nuevo tramo de prueba como se indicó precedentemente.

304 (Trescientos cuatro)

5 Equipo

Planta Asfáltica

El concreto asfáltico modificado con polímero, se debe fabricar en plantas que se ajusten a los requisitos que se establece en la tabla siguiente.

REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LAS PLANTAS ASFÁLTICAS	
Característica	**Requisitos**
Capacidad de producción	Mínimo 100 toneladas horarias.
Calibración de la planta	El Contratista debe presentar un informe escrito detallado de la calibración de cada elemento de la planta actualizado y previa a la ejecución del tramo de prueba.

REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LAS PLANTAS ASFÁLTICAS	
Característica	**Requisitos**
Alimentación de agregados pétreos	Cantidad de silos de dosificación en frío al menos igual al número de fracciones de los áridos que componen la fórmula de obra adoptada. Contar con dispositivos que eviten la contaminación de las distintas fracciones entre tolvas. Durante la producción cada tolva en uso debe mantenerse con material entre el 50% y el 100% de su capacidad. Debe contar con zaranda de rechazo de agregados que excedan el tamaño máximo.
Almacenamiento y alimentación de ligante asfáltico	Debe poder mantener la temperatura de empleo. Debe contar con recirculación constante. El sistema de calefacción debe evitar sobrecalentamientos. Debe contar con elementos precisos para calibrar la cantidad de ligante asfáltico que se incorpora a la mezcla.
Alimentación de filler de aporte	Debe disponer de instalaciones para el almacenamiento y adición controlada a la mezcla. El filler de aporte debe ser incorporado a través de silos independientes de los silos en frío para áridos.
Calentamiento y mezclado	Debe posibilitar la obtención de una mezcla homogénea, con las proporciones ajustadas a la respectiva fórmula de trabajo y a la temperatura adecuada para el transporte y colocación. Debe evitar sobrecalentamientos que afecten los materiales. Debe posibilitar la difusión homogénea del ligante asfáltico. El proceso de calentamiento no debe contaminar con residuos de hidrocarburos no quemados a la mezcla.
Almacenamiento y descarga de la mezcla	Tanto en el almacenamiento como en la descarga de la mezcla asfáltica debe evitarse la separación de materiales (segregación de materiales) y la pérdida de temperatura localizada en partes de la mezcla (segregación térmica).
Emisiones	Debe contar con elementos que eviten la emisión de polvo mineral a la atmósfera.

a. Tanques de almacenaje de asfalto

Tendrán capacidad suficiente para cinco días de trabajo. Estarán equipados con serpentinas de circulación de aceite capaces de elevar y controlar la temperatura del material asfáltico entre 145 °C y 175 °C no se permitirá que sea aplicado fuego directamente al tanque.

El sistema de movimiento del material bituminoso será adecuado para permitir una exacta y continua circulación del mismo durante el periodo de funcionamiento.

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

b. Recuperador de finos

La planta tendrá un sistema de recolección de finos tipo "filtro de mangas" con posibilidad de reingresar el filler de recuperación a la mezcla. Transporte de la Mezcla Bituminosa

303 (Trescientos tres)

El transporte de la mezcla bituminosa se hará en camiones volquetes equipados con caja metálica de descarga trasera. Para evitar que la mezcla bituminosa se adhiera a la caja, podrá untarse la misma con agua jabonosa, lechada de agua y cal o productos antiadherentes. Los productos antiadherentes deberán ser efectivos, no contaminantes y deberán ser aprobados por la Fiscalización, estos productos no recibirán ni compensación ni pago alguno y deberán estar subsidiados en el precio del presente ítem. Se encuentra terminantemente prohibido el uso de nafta, kerosén o productos similares para este objeto.

Los elementos de transporte de mezclas asfálticas deben ajustarse a los requisitos que se indican en la tabla siguiente.

REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS ELEMENTOS DE TRANSPORTE DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	
Características	**Requisitos**
Capacidad de transporte	El número y capacidad de los camiones deben ser acordes al volumen de producción de la planta asfáltica.
Caja de transporte	Debe rociarse con un producto que evite la adherencia de la mezcla asfáltica a la caja de los camiones. Podrá untarse la misma con agua jabonosa, lechada de agua y cal o productos antiadherentes No debe emplearse a este fin agentes que actúen como solventes del ligante asfáltico. La forma y altura debe ser tal que: - durante la descarga al equipo de trasferencias la pueda hacer correctamente. - durante la descarga en la terminadora, el camión sólo toque a ésta a través de los rodillos provistos al efecto.
Cubierta de protección	La caja de los camiones de transporte debe cubrirse con elementos (lona o cobertor adecuado) que impidan la circulación de aire sobre la mezcla. Dicha cubierta debe alcanzar un solape mínimo con la caja, tanto lateral como frontalmente, de no menos de treinta centímetros (30 cm). La cobertura debe mantenerse durante el transporte debidamente ajustados a la caja. Esta condición debe observarse con independencia de la temperatura ambiente. No se admite el empleo de coberturas que posibiliten la circulación del aire sobre la mezcla (tipo media sombra).

Equipos para Riego de Liga

Deben cumplir lo requerido en el ÍTEM Riego de Liga

Equipo de trasferencia de Mezcla Asfálticas

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Al menos para la capa de rodadura, la mezcla asfáltica deberá alimentarse a la terminadora asfáltica mediante un equipo de trasferencia con las siguientes características:

REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR EL EQUIPO DE TRANFERENCIA PARA LA DISTRIBUCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	
Característica	**Requisitos**
Peso básico de operación y características	El peso total del equipo en condiciones de trabajo no debe ser inferior a 24 Tn, equipado con techo abatible, cinta transportadora de material con protección y aislación térmica, pivotante a ambos lados con un ángulo de 45° mínimo.
Unidad motriz	Con potencia mínima de 170 HP. Deberá contar con acceso al compartimiento motor de ambos lados.
Operación	El avance se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad de avance a la producción de la planta y la velocidad de la terminadora, de modo de reducir las detenciones al mínimo. En caso de detención se comprobará que la

302 (Trescientos dos)

REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR EL EQUIPO DE TRANFERENCIA PARA LA DISTRIBUCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	
Característica	**Requisitos**
	temperatura de la mezcla que quede sin distribuir, en la tolva de la terminadora y en la caja de distribución, no descienda de la indicada para el inicio de la compactación. En caso contrario se ejecutará una junta transversal y se debe desechar la mezcla defectuosa.
Tolva receptora de la mezcla asfáltica	El Equipo deberá tener una tolva delantera para la recepción de material con una capacidad compatible con la producción de la planta, deberá tener un ancho mínimo de 2,90 m, y una altura que permita la descarga de las unidades de trasporte.
Tolva de almacenamiento de remezclado de la mezcla asfáltica	Tendrá una capacidad mínima de 15 tn, contará con sinfines con paso variable con diferentes ángulos e inclinación para lograr el perfecto remezclado del material, los sinfines debe cubrir todo el ancho de la tolva para arrastre de la mezcla asfáltica a la cinta de transporte de material. Luego de este proceso el material trasportado a la terminadora no deberá presentar segregación térmica ni segregación de los agregados. Las pérdidas de temperatura en este proceso deben ser mínimas
Puesto de operación	Que se pueda acceder al puesto de operación por detrás de la máquina, con asientos del conductor amortiguado, un asiento a cada lado de la máquina, con columna de mando inclinable y desplazable de lado a lado, con indicadores de todas las funciones del alimentador (temperatura, otros), el techo se debe poder abatir cuando la maquina se transporta para mayor seguridad y tener voladizos desplazables para protección de los operadores del equipo, tanto del lado derecho como izquierdo.

Terminadoras Asfálticas

Los equipos de distribución de la mezcla asfáltica (terminadoras asfálticas), deben ajustarse a los requisitos que se indican en la tabla siguiente.

REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR EL EQUIPO DE DISTRIBUCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS - TERMINADORAS ASFÁLTICAS	
Característica	**Requisitos**
Sensores de uniformidad de distribución	Debe contar con equipamiento que permita tomar referencias altimétricas destinadas a proveer regularidad en la superficie de la mezcla distribuida. Este equipamiento será del tipo **"viga suspendida con no menos de tres sensores de ultrasonido".** Debe contarse con una viga a cada lado de la terminadora.
Alimentación de la mezcla	Debe poder abastecer de mezcla asfáltica a la caja de distribución en la forma más constante posible. Debe poseer los elementos necesarios para poder ser abastecida la mezcla desde el equipo de trasferencia.
Operación de distribución transversal de la mezcla	Los tornillos helicoidales deben tener una extensión tal que lleguen a 0,20 – 0,30 metros de los extremos de la caja de distribución, exceptuando el empleo en ensanches o ramas de acceso/egreso de reducida longitud, para terminadoras con plancha telescópica. Debe procurarse que el tornillo sinfin gire en forma lenta y continua. La mezcla debe mantener una altura uniforme dentro de la caja de distribución, coincidente con la posición del eje de los tornillos helicoidales.

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

301 (Trescientos uno)

REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR EL EQUIPO DE DISTRIBUCIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS - TERMINADORAS ASFÁLTICAS	
Característica	**Requisitos**
Caja de distribución	La porción de la caja de distribución que excede el chasis de la terminadora debe contar con cierre frontal (contra-escudo), en tanto que la parte inferior de tal dispositivo debe contar con una cortina de goma que alcance la superficie de la calzada durante la operación de distribución.
Tornillos helicoidales	Se debe procurar que la altura del tornillo sinfín sea tal que su parte inferior se sitúe aproximadamente 5 cm por sobre el nivel de la plancha. Los tornillos helicoidales deben ser accionados mediante motores hidrostáticos, no está permitido el uso de terminadoras con empleo de transmisión a engranajes y cadenas.
Plancha	La posición altimétrica de la plancha debe poder ser regulada en forma automática mediante sensores referenciados a la capa de base u otro medio que permita distribuir la mezcla con la mayor homogeneidad del perfil longitudinal. El calentamiento de la plancha debe ser homogéneo, evitando sobrecalentamientos localizados de la misma. El enrasador tendrá dispositivos de compactación por impacto (tamper) y/o vibratorios de manera de lograr una superficie terminada de textura uniforme. El equipo debe contar con bloqueo automático de la plancha en correspondencia con las detenciones en el avance de la colocación de mezcla asfáltica. Debe además, poder operarse manualmente.
Homogeneidad de la distribución	El equipo debe poder operar sin que origine segregación de ningún tipo (granulométrica y/o térmica), ni arrastre de materiales. Debe poder regularse de modo que la superficie de la capa extendida resulte lisa y uniforme, sin segregaciones ni arrastres y con un espesor tal que, una vez compactada, se ajuste a la rasante y sección transversal indicadas en los Planos de Proyecto.
Operación	El avance se realizará con la mayor continuidad posible, ajustando la velocidad a la producción de la planta, de modo de reducir las detenciones al mínimo. En caso de detención se comprobará que la temperatura de la mezcla que quede sin distribuir, en la tolva de la terminadora y en la caja de distribución, no descienda de la indicada para el inicio de la compactación. En caso contrario se ejecutará una junta transversal y se debe desechar la mezcla defectuosa.

Equipo de Compactación

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

Los equipos de compactación deben ajustarse a los requisitos indicados en la tabla siguiente:

REQUISITOS QUE DEBEN CUMPLIR LOS EQUIPOS DE COMPACTACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MODIFICADAS CON POLIMERO	
Característica	**Requisitos**
Número y tipo de equipo	El número y las características de los equipos de compactación deben ser acordes a la superficie y espesor de mezcla que se debe compactar; y serán como mínimo los definidos en el tramo de prueba.
Operación	La operación debe ser en todo momento sistemática y homogénea, acompañando el avance de la terminadora. El peso estático de los equipos o la operación vibratoria, no debe producir la degradación granulométrica de los agregados pétreos. Deben poder invertir la marcha mediante una acción suave. Deben poder obtener una superficie homogénea, sin marcas o desprendimiento de la mezcla asfáltica. No se permite la detención prolongada de los equipos sobre la mezcla caliente. En las capas de rodamiento los rodillos lisos operarán en primer término, inmediatamente detrás de la terminadora (condición de macrotextura). En capas intermedias o base es indistinto el orden de pasaje de los equipos de compactación.
Condiciones de operación	Los rodillos metálicos deben mantener húmeda la superficie de los cilindros, sin excesos de agua. Los rodillos neumáticos deben contar con protecciones de lona u otro material de modo de generar recintos que limiten el enfriamiento de los neumáticos. Tales elementos deben extenderse en la parte frontal y lateral de cada conjunto de neumáticos y alcanzar la menor altura posible respecto de la superficie de la mezcla que se compacta.

300 (Trescientos)

Elementos varios

Durante la construcción de la capa asfáltica se dispondrá en obra de: palas, rastrillos, carretilla, capillos de piasava de mangos largos, regadores de material bituminoso, compactadores vibratorios de placa de reducidas dimensiones, pisones metálicos de mano, de manera que la totalidad de los trabajos detallados en esta especificación sean realizados con el máximo de eficiencia.

6 Procedimiento Constructivo

6.1 Limpieza de la superficie imprimada

Como tarea previa a la ejecución de la capa de concreto asfáltico se procederá a barrer la superficie existente que debe presentarse totalmente limpia, seca y desprovista de material suelto para poder iniciar las tareas.

Para tal efecto, todo vehículo que se retire del sector de obra debe ser sometido a una limpieza de los neumáticos, de manera tal que no marque ni ensucie tanto la calzada como la demarcación existente.

6.2 Ejecución del riego de liga

Conforme a lo indicado en el Riego de liga y lo obtenido en el tramo de prueba para la capa correspondiente.

6.3 Preparación de la mezcla bituminosa

El material asfáltico se calentará uniformemente en toda su masa, debiendo mantenerse con una variación máxima de 10 °C durante su empleo.

La humedad en los agregados pétreos se reducirá en forma tal de no pasar el 0,5% y la temperatura de los mismos estará comprendida entre 155 °C y 180 °C, en el momento de efectuarse la mezcla.

Los materiales componentes de la mezcla bituminosa se introducirán en el siguiente orden para plantas discontinuas: los agregados pétreos ya calentados y medidos por peso o volumen se introducen en primer término, procediéndose a mezclarlos en seco por un breve tiempo para uniformarlos; a continuación, se introduce el relleno mineral continuándose el mezclado en seco, cuya duración total no será inferior a 15 (quince) segundos. Finalmente, se incorpora el material bituminoso caliente, previamente medido en peso o volumen, continuándose con el mezclado total: esta última y fundamental fase del mismo tendrá una duración no inferior a 30 (treinta) segundos.

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

6.4 Distribución de la mezcla

Esta operación no se efectuará durante lluvias; si éstas caen de improviso se esperará hasta que la superficie haya secado.

La distribución de la mezcla se efectuará en capas según indiquen los Planos, las cuales deberán cumplir las condiciones de lisura y conformación especificadas más adelante

Para efectuar la distribución se volcará la mezcla dentro de la tolva del dispositivo terminador a fin de ser posteriormente desparramada en el espesor suelto necesario para obtener el espesor compactado que se ha especificado.

En el caso de la capa de rodadura se volcará la mezcla dentro de la tolva del dispositivo mediante equipo de trasferencia (el que no transitará en ningún momento sobre el riego de liga en la zona a colocar la capa asfáltica). En este caso, no se permite transitar a ningún equipo sobre el riego de liga.

Tanto las juntas longitudinales como transversales, que se producen durante la progresión del trabajo y al término de la jornada, deberán tratarse cortando los bordes respectivos en forma vertical. En tanto el riego de liga en la pared vertical debe ser de una dotación del doble respecto de las superficies horizontales.

En intersecciones, empalmes, secciones irregulares de calzadas, etc., donde no pueda trabajarse con métodos mecánicos se podrán llevar a cabo las tareas empleando métodos manuales, volcando previamente la mezcla bituminosa en chapas metálicas ubicadas fuera de la zona donde se desparramará. La distribución previa se hará con palas calientes y el desparrame, utilizando rastrillos también calientes.

Para formar las juntas, efectuado el corte vertical de los bordes se pintarán los mismos en toda su altura con riego de liga, de modo tal que la dotación de cemento asfáltico residual resulte aproximadamente el doble de la dotación normal en superficies horizontales.

Cuando en una misma progresiva se coloque más de una capa, el sentido de colocación en las sucesivas capas será opuesto. Ej. En dos capas la primera colocada en sentido creciente de las progresivas, la segunda en sentido contrario.

6.5 Compactación de la mezcla

La compactación de las mezclas ejecutadas con ligantes asfálticos modificados se debe realizar con compactadores metálicos. Se admite el uso de compactadores neumáticos, previa aprobación de la Fiscalización, en el que caso que el Contratista demuestre que el ligante asfáltico no se adhiere a los neumáticos del mismo y que su uso no genera ningún efecto negativo sobre la mezcla asfáltica, durante el proceso constructivo.

La compactación se debe realizar de manera longitudinal, continua y sistemáticamente, acompañando el avance de la terminadora; de acuerdo al plan de compactación aprobado en el Tramo de Prueba (cantidad y tipo de equipos, número de pasadas, velocidad, temperatura mínima de compactación, etc.). Las presiones de contacto, estáticas o dinámicas, de los diversos tipos de compactadores deben ser las necesarias para conseguir la densidad adecuada y homogénea de la mezcla asfáltica en todo su espesor, sin producir roturas del agregado, ni arrollamientos de la mezcla asfáltica. El peso estático de los equipos o la operación vibratoria u oscilatoria, no debe producir la degradación granulométrica de los agregados pétreos. No se permitirá la detención de los equipos sobre la mezcla caliente.

Los compactadores deben llevar su rueda motriz del lado más cercano a la terminadora; a excepción de los sectores de rampa en ascenso, donde puede invertirse. Los cambios de dirección se deben realizar sobre mezcla ya compactada y los cambios de sentido se deben efectuar con suavidad, sin los efectos de vibrado u oscilado.

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

La temperatura de la mezcla al inicio y al final de la compactación debe estar comprendida dentro del rango de temperatura indicado en la Fórmula de Obra aprobada y vigente. No se permite extender mezcla para su compactación que este por debajo de la temperatura mínima para inicio de compactación.

En ningún caso se permite colocar mezcla asfáltica por delante de la terminadora.

La mezcla asfáltica descartada en el proceso de colocación deberá ser acopiada y retirada del frente de trabajo y se está prohibido reincorporarla a la terminadora.

Para mezclas asfálticas tipo carpeta de concreto asfaltico con asfalto modificado con polímero, se debe suspender la acción de vibrado y/u oscilación de los rodillos metálicos cuando la temperatura de la mezcla sea inferior a la mínima al terminar la compactación indicada en la tabla de la especificación.

Las depresiones que se produzcan durante la compactación se corregirán eliminado la parte defectuosa mediante fresado y agregando nueva hasta eliminar las irregularidades.

- Compactación de juntas transversales Las juntas transversales se deben compactar transversalmente con rodillo liso metálico disponiendo los apoyos adecuados fuera de la capa para el desplazamiento del rodillo. Se debe iniciar la compactación apoyando aproximadamente el noventa por ciento (90%) del ancho del rodillo en la capa ya compactada. Debe trasladarse paulatinamente el rodillo de modo tal que, en no menos de cuatro pasadas, el mismo termine apoyado completamente en la capa caliente. Cumplimentado este punto, se debe iniciar la compactación en sentido longitudinal.

- Compactación de juntas longitudinales y bordes libres Si la extensión de la mezcla asfáltica se realiza por franjas, en los casos en que la franja a compactar resulte la primera (es decir, sin otras franjas contiguas ya compactadas) o bien sea un borde libre de la calzada, la compactación se debe realizar desde los bordes hacia el centro, apoyando un noventa por ciento (90 %) del ancho del rodillo en la franja y dejando el diez por ciento (10 %) restante del rodillo sin apoyar ("en voladizo"). Esta tarea se debe realizar con el rodillo metálico, sin vibración ni oscilación. Para los casos en los cuales la franja en ejecución se coloque contigua a otra franja ya compactada, se debe comenzar la compactación de la misma apoyando un noventa por ciento (90 %) del ancho del rodillo sobre la franja ya compactada y el por ciento (10 %) restante sobre la franja a compactar. Esta tarea se debe realizar con el rodillo metálico, sin vibración ni oscilación.

6.6 Habilitación al tránsito de la capa asfáltica

Terminadas las operaciones constructivas de la capa asfáltica, ésta podrá librarse al tránsito después de su completo enfriamiento, con la autorización de la Fiscalización.

6.7 Limitaciones impuestas por el clima

Los trabajos de la capa asfáltica no podrán llevarse a cabo cuando la temperatura a la sombra sea inferior a 8 °C o durante días lluviosos.

ECOMIPA S.A.
Jorge Luis Oyola
Representante Legal

7 Exigencias y Controles de Calidad

7.1 Materiales