Medellín, 18 de septiembre de 2025

Ingeniera
NATALIA ANDREA CALDERÓN
Directora de obra
CONSORCIO VIALMED 2025
Correo: directora.vialmed2025@gmail.com
Medellín

Asunto: Revisión y ajuste del diseño estructural de un pavimento
Obra: MALLA VIAL MEDELLÍN 2025 - CONTRATO 4600105052 DEL 2025

Cordial saludo.

Adjunto a la presente, se hace entrega del informe correspondiente a la revisión y ajuste del diseño correspondiente a la Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y calle 17 sur y que fue presentado en el informe CL-0431-25-623-01-04 Rev 0 del 10-04-2025 realizado por Inteinsa Pavimentos S.A.S.

Los resultados aquí presentados se refieren a la evaluación de la información entregada por el cliente, referente a los estudios existentes y los ajustes propuestos adecuados a las condiciones actuales del proyecto.

El presente informe no debe ser reproducido, excepto íntegramente, sin la aprobación por escrito de Evaltec S.A.S. Los resultados obtenidos se relacionan únicamente con la información revisada y referida en el estudio.

Agradeciendo la atención prestada, quedamos a la espera de cualquier aclaración o ampliación que considere conveniente.

Atentamente,

JORGE ALBERTO TOBÓN GARCÍA
Ingeniero Civil
Especialista en Patología de la construcción
Especialista en Geotecnia Vial y Pavimentos

Elaboró	*I.C. I.E. Stella Martinez Naranjo*	*Revisó*	*I.C. I.E. Jorge Alberto Tobón García*
Fecha	*Septiembre 18 de 2025*	*Fecha*	*Septiembre 18 de 2025*

EVALUACIÓN Y AJUSTE DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO

REVISIÓN DEL INFORME
CL-0431-25-623-01-04 REVISIÓN 0 (10-ABRIL-2025)

DISEÑO LA REHABILITACIÓN DE LA AVENIDA LAS VEGAS ENTRE CALLE 10 Y CALLE 18 SUR – CLAZADA OCCIDENTAL Y ORIENTAL MEDELLÍN, ANTIOQUIA
(CONTRATO MALLA VIAL 2024)
ELABORADO POR INTEINSA PAVIMENTOS S.A.S.

PROYECTO:

MALLA VIAL MEDELLIN 2025
CONTRATO 4600105052 DEL 2025

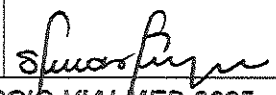
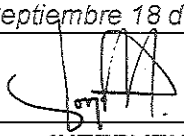
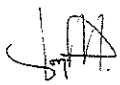
CLIENTE:

CONSORCIO VIALMED 2025

PROYECTO MALLA VIAL

INFORME CO-AP-9539-157-2025-N VERSIÓN 2
SEPTIEMBRE DE 2025

REVISIÓN Y APROBACIÓN DEL DOCUMENTO

EVALUACIÓN Y AJUSTE DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO (INFORME CL-0431-25-623-01-04 REV 0) – AVENIDA LAS VEGAS ENTRE CALLES 12 SUR Y 17 SUR MALLA VIAL MEDELLÍN 2025 - CONTRATO 4600105052 DEL 2025			
INFORME CO-AP-9539-157-2025-N EVALTEC S.A.S. Versión 2 – Septiembre 18 de 2025			
EVALTEC S.A.S.			
Datos	***Elaboró***	***Revisó***	***Aprobó***
Nombre	*Stella Martínez Naranjo*	*Jorge A. Tobón García*	*Jorge A.Tobón García*
Título	*I.C. Esp. en geotecnia vial y pavimentos*	*I.C. Esp. en geotecnia vial y pavimentos*	*I.C. Esp. en geotecnia vial y pavimentos*
Matrícula No.	*05202-73636 ANT*	*05202-21709 ANT*	*05202-21709 ANT*
Fecha	*Septiembre 18 de 2025*	*Septiembre 18 de 2025*	*Septiembre 18 de 2025*
Firma			 Firmado digitalmente por JORGE ALBERTO TOBON GARCIA
CONSORCIO VIALMED 2025		***INTERVENTORÍA / ENTE DE CONTROL***	
Datos	***Aprobó***	***Datos***	***Aprobó***
Nombre	*Ing. Natalia A. Calderón*	***Nombre***	
Cargo	*Directora de obra*	***Cargo***	
Fecha		***Fecha***	
Firma		***Firma***	
Observaciones:			

CONTROL DE CAMBIOS

EVALUACIÓN Y AJUSTE DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN PAVIMENTO (INFORME CL-0431-25-623-01-04 REV 0) – AVENIDA LAS VEGAS ENTRE CALLES 12 SUR Y 17 SUR MALLA VIAL MEDELLÍN 2025 - CONTRATO 4600105052 DEL 2025			
Versión	***Identificación del documento***	***Fecha de elaboración***	***Observaciones o cambios***
1	*Informe CO-AP-9539-155-2025*	*Septiembre 16 de 2025*	*Documento original*
2	*Informe CO-AP-9539-157-2025-N*	*Septiembre 18 de 2025*	*Se ajustan alternativas considerando no subir cotas*

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 7

1. OBJETIVO Y ALCANCE 7

2. METODOLOGÍA EMPLEADA 7

3. INFORMACIÓN SUMINISTRADA 8

4. IDENTIFICACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO E INSPECCIÓN DIRECTA 8

5. REVISIÓN DE ESTUDIOS 11

5.1 OBJETIVOS Y ALCANCES 11

5.2 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA 12

5.3 TRÁNSITO DE DISEÑO 19

5.4 TRABAJOS DE CAMPO 24

5.5 CÁLCULO DE LA DEFLECTOMETRÍA 28

5.6 CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO 32

5.7 PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN 34

5.7.1 Alternativas propuestas en diseño en revisión 35

5.7.2 Ajuste de alternativas según parámetros indicados 38

5.8 RESUMEN DE LAS INTERVENCIONES PROPUESTAS 44

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 46

7. LIMITACIONES 50

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 51

ANEXOS 51

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparativo de módulos empleados en diseño y obtenidos en laboratorio..... 16

Tabla 2. Valores de módulo de mezclas y coeficiente estructural, ajustados para las condiciones de operación de la vía..... 16

Tabla 3. Comparativo de Ley de fatiga de mezclas asfálticas empleadas en diseño y obtenidos en laboratorio para mezclas a emplear..... 17

Tabla 4. TPD establecido para el año 2010 – Estación 24 Carrera 48 por Politécnico 19

Tabla 5. Factores de daño por tipo de camión adoptados..... 20

Tabla 6. Resultado de la proyección del TPD – Estación 24: Carrera 48 por Politécnico 21

Tabla 7. Resultado del cálculo del total de ejes equivalentes a 80 kN en el carril y periodo de diseño- 22

Tabla 8. Resultado del cálculo del total de ejes equivalentes a 80 kN en el carril y periodo de diseño- 23

Tabla 9. Resumen de exploraciones de campo mediante apiques – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur..... 26

Tabla 10. Resumen de exploraciones de campo mediante núcleos – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur..... 26

Tabla 11. Exploraciones de campo complementarias – Septiembre 3 de 2025 – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur..... 27

Tabla 12. Resumen de exploraciones de campo – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur 27

Tabla 13. Estructuras representativas de cada sector – Avda. Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur 28

Tabla 14. Resultados obtenidos a partir de la deflectometría (diseño) – Avenida Las Vegas entre Calles 12 sur y 18C sur – Calzada Occidental..... 30

Tabla 15. Resultados obtenidos a partir de la deflectometría (diseño) – Avenida Las Vegas entre Calles 12 sur y 18C sur – Calzada Oriental 30

Tabla 16. Resultados verificados/ajustados a partir de la deflectometría – Avenida Las Vegas entre calle 12 sur y Calle 16ª sur – Calzada Occidental (Sector 1) 30

Tabla 17. Resultados verificados/ajustados a partir de la deflectometría – Conexión entre Glorieta calle 12 sur y Avenida Las Vegas – Calzada Occidental (Sector 2)..... 31

Tabla 18. Resultados verificados/ajustados a partir de la deflectometría – Avenida Las Vegas entre calle 12 sur y Calle 15 sur – Calzada Oriental (Sector 3)..... 31

Tabla 19. Resultados de parámetros de diseño – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 18C sur..... 32

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

Tabla 20. Caracterización de las estructuras por sectores homogéneos – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur 32

Tabla 21. Número estructural requerido por sectores homogéneos – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur 33

Tabla 22. Coeficiente estructural para las capas asfálticas existentes, recomendados por el INVIAS 34

Tabla 23. Estructuras definidas por AASHTO-93 y verificadas en diseño en revisión – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 18C sur – calzada occidental – Alternativa 1 35

Tabla 24. Estructuras definidas por AASHTO-93 y verificadas en diseño en revisión – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 18C sur – calzada occidental – Alternativa 2 36

Tabla 25. Estructuras definidas por AASHTO-93 y verificadas en diseño en revisión – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 18C sur – calzada oriental – Alternativa 1 37

Tabla 26. Estructuras definidas por AASHTO-93 y verificadas en diseño en revisión – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 18C sur – calzada oriental – Alternativa 2 38

Tabla 27. Planteamiento de alternativa por metodología AASHTO-93 para el sector 1 - Avenida Las Vegas entre calles 12 sur (después del puente) y 16ª Sur – Calzada Occidental 39

Tabla 28. Planteamiento de alternativa por metodología AASHTO-93 para el sector 2 – Conexión Glorieta de la calle 12 sur (La Aguacatala) a Avenida Las Vegas – Calzada Occidental 40

Tabla 29. Planteamiento de alternativa por metodología AASHTO-93 para el sector 3 – Avenida Las Vegas entre calles 15 sur (Primax) y calle 17 sur (Diagonal 47A) – Calzada Oriental 41

Tabla 30. Deformación radial admisible en la mezcla asfáltica 42

Tabla 31. Deformación y esfuerzo admisible por compresión en la subrasante 42

Tabla 32. Alternativas iniciales para revisión de esfuerzos y deformaciones – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y calle 17 sur - Medellín 43

Tabla 33. Verificación de esfuerzos y deformaciones para cada sector. Alternativas iniciales y ajustadas – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y calle 17 sur – Medellín 43

Tabla 34. Alternativas ajustadas– Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y calle 17 sur – Medellín 45

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.

Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del tramo en estudio – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur - Medellín 9

Figura 2. Factor de desplazamiento propuesto para evaluación de deformación por fatiga en mezclas 18

Figura 3. Identificación del abscisado ajustado de cada sector – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur - Medellín 25

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

INTRODUCCIÓN

En cumplimiento del trabajo solicitado, Évaltec S.A.S. ha realizado las actividades correspondientes, con el fin de evaluar y en caso de requerirse, ajustar el diseño estructural de pavimentos entregado por el municipio de Medellín al Consorcio Vialmed 2025, para la vía Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur del municipio de Medellín, teniendo como finalidad principal, revisar las premisas de diseño y verificar la posibilidad de cumplir con ellas con los materiales disponibles y, de ser necesario, recomendar ajustes o recomendaciones que permitan mejorar u optimizar los procesos constructivos.

1. OBJETIVO Y ALCANCE

Revisar técnicamente el informe identificado como CL-0431-25-623-01-04 Rev 0 del 10-04-2025 realizado por Inteinsa Pavimentos S.A.S., con el fin de evaluar y determinar la necesidad de complementar, actualizar y/o ajustar el diseño estructural de pavimentos existente para la vía, teniendo en cuenta las consideraciones de diseño y las características previstas de los materiales a emplear, en concordancia con los materiales disponibles actualmente para usar en el proyecto.

El tramo de evaluación está definido como:

- *Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 16A sur – Calzada Occidental*
- *Avenida Las Vegas entre calles 17 sur y 15 sur – Calzada Oriental*

No hacen parte de este trabajo, la revisión estudios geotécnicos detallados, ni de estabilidad, diseños de obras de contención, alcantarillas, estudios hidráulicos y de drenaje, estudios de tránsito, diseños geométricos, estudios de redes y demás obras complementarias, ni ningún otro que no se defina específicamente en el alcance de este informe.

2. METODOLOGÍA EMPLEADA

El trabajo se desarrolló según la siguiente metodología:

- *Inspección directa de la vía para evaluar condiciones actuales de la misma.*

- *Recopilación de información empleada para el diseño de pavimentos, revisión de los parámetros de diseño y evaluación y análisis de las alternativas planteadas.*

- *Elaboración de informe con los hallazgos, las observaciones, conclusiones y recomendaciones generales para la intervención de la vía, incluyendo posibles ajustes o complementaciones.*

3. INFORMACIÓN SUMINISTRADA

La información suministrada para revisión es la siguiente:

- *Informe CL-0431-25-623-01-04 Rev 0 del 10-04-2025, elaborado por Inteinsa Pavimentos. Estudio realizado para el contrato Malla Vial 2024 (incluye seis anexos, de los cuales solo fueron entregados para revisión dos anexos).*

4. IDENTIFICACIÓN DEL TRAMO EN ESTUDIO E INSPECCIÓN DIRECTA

La vía en estudio se desarrolla en el casco urbano del municipio de Medellín, en la comuna 14 El Poblado, específicamente en la Avenida Las Vegas (Carrera 48). El tramo en evaluación está definido específicamente así:

- *Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 16A sur – Calzada Occidental*
- *Avenida Las Vegas entre calles 17 sur y 15 sur – Calzada Oriental*

La avenida Las Vegas, entre la calle 10 y los límites con el municipio de Envigado, presenta múltiples intervenciones en años anteriores, dando lugar a zonas rehabilitadas, seguidas de zonas en mal estado. Un tramo sin intervenir es el localizado entra las calles 12 sur y calle 17 sur (Diagonal 47A), donde se presentan daños superficiales evidentes.

El tramo vial del sector occidental inicia desde la conexión del puente en la 12 sur a partir del retorno, el cual tiene manifestaciones de daño como disgregación aislada de mezclas, pérdida de ligante en superficie y grietas aisladas longitudinales. Al final del tramo se presenta un parcheo reciente, frente a Bosques de La Aguacatala. Desde

allí hacia la integración con los carriles principales (cruce con Calle 14) se aumenta el deterioro representado por fisuración y disgregación.

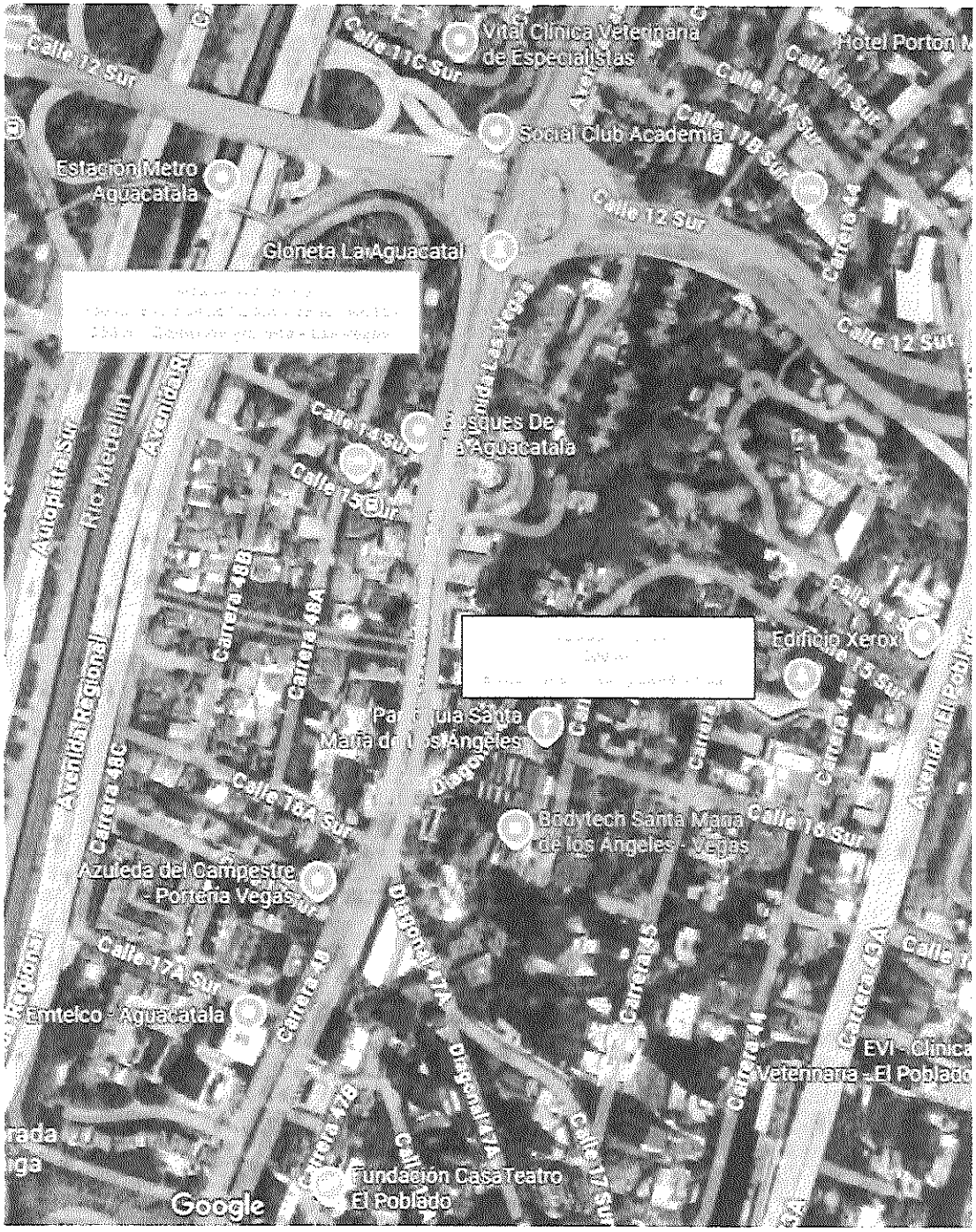


Figura 1. Localización del tramo en estudio – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur - Medellín
Fuente: Google Maps

Desde la calle 14 sur, el deterioro aumenta y las grietas erráticas se hacen más evidentes, las cámaras de inspección presentan afectaciones en su alrededor. El carril de integración con la calzada que llega desde el puente es deficiente presentando agrietamiento en forma de piel de cocodrilo. Desde la unión de carriles del puente con la conexión desde la glorieta, se cuenta con tres carriles y el pavimento muestra pérdida de finos, descascaramientos aislados y algunas juntas de construcción abiertas. El agrietamiento es moderado y son evidentes los daños asociados a redes de servicio y abundantes parcheos.

Del lado oriental, el cruce con la calle 17 sur (Diagonal 47A) es deficiente y continua hacia el norte un estado de deterioro importante, agrietamientos de variado tipo y pérdida de material fino en superficie. Los parcheos abundantes y se observan disgregaciones aisladas. Las cámaras de inspección no tienen nivel adecuado y alrededor de ellas se presentan daños.

Desde la calle 15 sur hacia el norte se encuentra una mezcla muy desgastada con pérdida severa de finos y menor cantidad de fisuras. Se observan zonas con desgaste severo con pérdida de material. Se observan parches mal ejecutados, juntas abiertas, grietas transversales abiertas y una apariencia envejecida. El proyecto se termina en la calle 15 sur (Hoy se encuentran en operación los comercios Presto y la estación de servicio Primax).

El siguiente registro fotográfico, muestra la situación descrita:

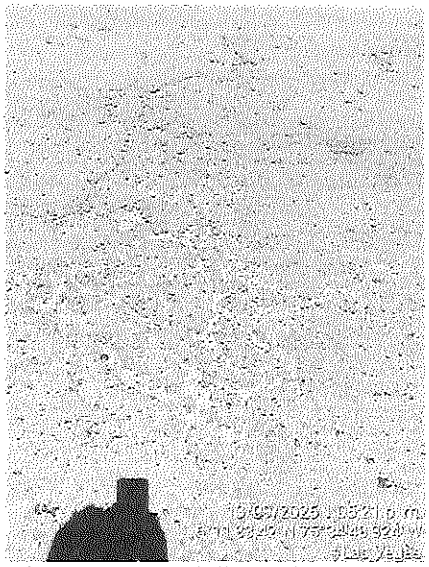


***Foto 1.** Aspecto de daños calzada occidental*

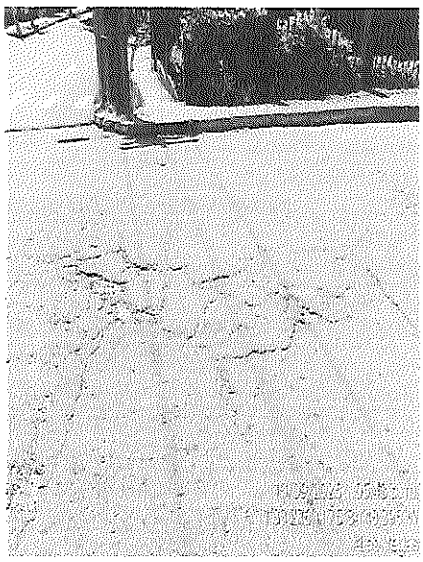


***Foto 2.** Aspecto de daños calzada occidental*



Foto 3. *Aspecto de daños calzada oriental*



Foto 4. *Aspecto de daños calzada oriental*

5. REVISIÓN DE ESTUDIOS

A continuación, se presentan los resultados de la actividad realizada sobre los estudios existentes y suministrados por el Municipio.

5.1 OBJETIVOS Y ALCANCES

Los objetivos y alcances planteados en el estudio se consideran que son adecuados y suficientes para el proyecto y consisten básicamente en presentar el diseño de la estructura del pavimento flexible del corredor, Avenida Las Vegas, específicamente entre la calle 12 sur y la calle 17 sur, considerando los siguientes aspectos: medición de deflexiones con deflectómetro de impacto (FWD), exploración de campo mediante núcleos y apiques, asignación del tránsito, cálculo de espesores de refuerzo en concreto asfáltico por medio de la metodología AASHTO 93 y la posterior verificación racional por esfuerzos y deformaciones, incluyendo recomendaciones de intervención.

5.2 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

La metodología empleada consiste en realizar el diseño de las estructuras por metodología AASHTO 93, previa medición de deflexiones y exploraciones de campo, y posteriormente, verificarlas por metodología racional (análisis de esfuerzos y deformaciones). Esta metodología se considera adecuada y suficiente para lograr los objetivos propuestos.

5.2.1 Metodología AASHTO 1993

Se emplea la metodología de refuerzo propuesta por AASHTO-93 que consiste en determinar el módulo resiliente de la subrasante y posteriormente, el número estructural efectivo, todo con base en las deflexiones medidas y las estructuras encontradas. Posteriormente, se establece el número estructural requerido para las condiciones específicas del proyecto y se compara con el SN efectivo, para establecer la necesidad o no de refuerzo.

Para estimar los módulos de las capas granulares y asfálticas, se emplean métodos de cálculo directo basados en las deflexiones y los espesores, como el del Departamento de Transporte del Estado de Washington para la capa granular y el propuesto en el documento FHWA-RD-05-152 para la capa asfáltica.

En el informe se plantea la siguiente expresión para la determinación del módulo de la capa granular:

$$\log E_G = 0.50634 + 0.03474\left[\frac{5.9}{H_{CA}}\right] + 0.12541\sqrt{\frac{5.9}{H_G}} + 0.51386\log E_0 + 0.2454\log\left[\frac{P \times A_1}{D_0^2}\right]$$

Al respecto, se requiere revisar si esta fue la expresión usada en los cálculos, dado que la ecuación referida como la del Departamento de Transporte del Estado de Washington es diferente a la mencionada:

$$\log E_G = 0.50634 + 0.03474\left[\frac{5.9}{H_{CA}}\right] + 0.12541\sqrt{\frac{5.9}{H_G}} - 0.09416\sqrt{\frac{H_{CA}}{H_G}} + 0.51386\log E_0 - 0.2454\log\left[\frac{P * A_1}{D_0^2}\right]$$

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

En el informe se plantean las siguientes expresiones para la determinación del módulo de las capas asfálticas:

$$E_{CA} = \frac{\left[E_P \times AF_{CA} \times k_3^{\left(\frac{1}{AF_{AC}}\right)}\right]}{k_3^2}$$

$$AF_{AC} = \left[\frac{k_2 - 1}{\left\{k_2 - \frac{AREA_{300}}{k_1}\right\}}\right]$$

Donde:

K1 = 6,81

K2 = 1,752

K3 = HCA/2ª

Al respecto, se requiere revisar si estas fueron las expresiones usadas en los cálculos, dado que la ecuación referida para el cálculo del factor de área AF_{AC} de la fuente referida es diferente a la mencionada:

$$AF_{AC} = \left[\frac{k_2 - 1}{\left\{k_2 - \frac{AREA_{300}}{k_1}\right\}}\right]^{1.35}$$

Donde: k_1 = 6.85

k_2 = 1.752

k_3 = H_{CA}/2a

Para el uso de la metodología AASHTO-93, se han definido los siguientes valores:

- *Se considera una vía principal a nivel urbano, por lo que se define una confiabilidad del 90%, para la cual corresponde un valor de desviación Zr = -1.282.*

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

La confiabilidad seleccionada se considera adecuada para las condiciones de la vía en estudio.

- *Error normal combinado So, que considera el error o desviación del diseño, la variación de las propiedades de los materiales de subrasante, la variación en la estimación del tránsito, la variación de las condiciones climáticas y la variación en la calidad de la construcción, para este caso se tomó como 0.45.*

  El error normal combinado seleccionado es recomendado para pavimentos flexibles nuevos. Para el caso de rehabilitaciones, usualmente es usado el valor de 0.49 que mejora las condiciones de confiabilidad del diseño.

- *El índice de serviciabilidad, tomado de las recomendaciones de la AASHTO, son:*

  Índice de servicio inicial = 4.2
  Índice de servicio final = 2.8

  Los valores de índices de servicio seleccionados se consideran adecuados para las condiciones iniciales, sin embargo, el valor final de 2.8 pareciera alto para una vía urbana como la que está en estudio, donde el principal tráfico está dado por vehículo livianos. Valores del orden de 2.8 se emplean usualmente para autopistas o carreteras principales. Se considera que el valor a emplear deberá estar entre 2.0 y 2.5 como máximo.

- *Se define la temperatura media anual ponderada de la zona como de 21.5°C y se estima con base en ella, la temperatura de la mezcla asfáltica (Tmezcla), para un espesor de mezcla asfáltica de 5 cm, obteniendo una Tmezcla de 33°C.*

  La temperatura de mezcla establecida corresponde a un espesor de 5 cm que seguramente será superado al establecer las alternativas de diseño, acorde a las condiciones de tránsito previstas, por lo que Tmezcla puede ser un poco menor, sin embargo, la consideración está por el lado de la seguridad del diseño.

- *Características de los materiales: Se define usar mezclas asfálticas MSC-19 con adición de fibras, MAM-25 y SMA, con las siguientes características:*

  - *MSC-19 Invías 2013 con fibra Forta-fi, con módulo de 4285 MPa (43693 kg/cm^2) para una temperatura de mezcla de 33°C y una frecuencia de 10 Hz y un coeficiente estructural de 0.50 (AASHTO-93).*

Consultoria en estudios, diseños y asesorias en ingenieria civil. Ensayos de laboratorio de suelos. pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

- *MAM-25 Invías 2013, con módulo de 5446 MPa (55531 kg/cm²) para una temperatura de mezcla de 33°C y una frecuencia de 10 Hz y un coeficiente estructural de 0.54 (AASHTO-93).*

- *SMA, con módulo de 967 MPa (9856 kg/cm²) para una temperatura de mezcla de 33°C y una frecuencia de 10 Hz y un coeficiente estructural de 0.24 (AASHTO-93). Se especifica que esta mezcla debe cumplir con especificación Invías 467-13,sin embargo ésta aplica solo para mezclas con asfalto modificado con grano de caucho reciclado.*

Al respecto se tienen las siguientes consideraciones:

La mezcla por emplear debería ajustarse a las especificaciones vigentes, es decir 2022.

Los valores de módulo establecidos se observan un poco más altos que los valores alcanzados por las mezclas a emplear, las cuales se ajustan a las especificaciones Invías artículo 450-22, específicamente las mezclas MSC-19 y MAM-25 y la mezcla SMA, diseñada bajo el protocolo AMAAC PA-CR 04/2015.

- *Mezcla MSC-19 con fibra, empleando los resultados del informe ITF-004-025, para una temperatura de 33°C y una frecuencia de 10 Hz, la mezcla alcanza un módulo dinámico de 2909 MPa.*

- *Mezcla MAM-25, empleando los resultados del informe ITF-003-025, para una temperatura de 33°C y una frecuencia de 10 Hz, la mezcla alcanza un módulo resiliente de 4854 MPa.*

- *Mezcla SMA tipo B, empleando los resultados de los informes ITF-019-019, IT-233-023, IT-166-019 e ITF-050-020, para una temperatura de 33°C y una frecuencia de 10 Hz, respectivamente, las mezclas alcanzan unos módulos resilientes de 842 MPa, 796 MPa, 757 MPa y 1580 MPa, con un valor promedio de 994 MPa.*

Consultoria en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

Este aspecto requiere ser evaluado dado que el módulo juega un papel muy importante en los análisis y la mayoría de las mezclas a emplear, no parecen alcanzar los valores planteados por el diseñador.

Tabla 1. *Comparativo de módulos empleados en diseño y obtenidos en laboratorio*

Mezcla	Módulos de mezcla a temperatura de 33°C y frecuencia de 10 Hz	
	Módulo considerado en diseño, MPa	Módulo que alcanzan materiales según ensayos disponibles, MPa
MSC-19 fibra	4285	2909
MAM-25	5446	4854
SMA	967	994

Fuente: archivo Evaltec S.A.S.

Así, para las condiciones generales de operación de la vía (velocidad aprox. de 50 km/h) se establecen los módulos a emplear para las mezclas asfálticas y los coeficientes estructuras definidos de acuerdo con la metodología AASHTO-93 con base en estos valores son los siguientes:

Tabla 2. *Valores de módulo de mezclas y coeficiente estructural, ajustados para las condiciones de operación de la vía*

Mezcla	Valores de módulo y coeficiente estructural para condiciones de operación de la vía	
	Módulo para condiciones de 33°C y 10 Hz	Coeficiente estructural de mezclas asfálticas
MSC-19 fibra	2909	0.43
MAM-25	4854	0.52
SMA	994	0.23

5.2.2 Metodología Racional

Se indica que el diseño racional permite verificar elásticamente el dimensionamiento empírico y sensibilizar o refinarlo.

Para la caracterización de los materiales se han empleado relaciones de Poisson de 0.35, 0.40 y 0.45 para capas asfálticas, granulares no tratados y subrasantes, respectivamente, los cuales se consideran valores adecuados.

Consultoria en estudios, diseños y asesorias en ingenieria civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellin – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

Parámetros admisibles

A continuación, se indican los parámetros admisibles empleados y los valores disponibles para las mezclas a emplear:

- ***ε_t, Deformación específica por tracción para las mezclas asfálticas***

Tabla 3. Comparativo de Ley de fatiga de mezclas asfálticas empleadas en diseño y obtenidos en laboratorio para mezclas a emplear

Mezcla	Ley de fatiga diseño	Deformación para 10^6 repeticiones - diseño	Ley de fatiga para mezcla a usar - ensayos	Deformación para 10^6 repeticiones - ensayos
MAM-25	$Ln(\varepsilon)=-0.1216\ Ln(N)+6.8724$	179.9	$Ln(\varepsilon)=-0.1063\ Ln(N)+6.3853$	136.6
MSC-19 Fibra	$Ln(\varepsilon)=-0.1836\ Ln(N)+7.3576$	124.1	$Ln(\varepsilon)=-0.1915\ Ln(N)+7.4367$	120.4
SMA	$Ln(\varepsilon)=-0.1061\ Ln(N)+7.2031$	310.2	$Ln(\varepsilon)=-0.0790\ Ln(N)+6.8420$	314.4
Donde N= tránsito en ejes equivalentes de 80 kN				

Para cada caso se presenta la deformación inicial ε estimada, correspondiente a una vida hasta la fatiga de 10^6 ciclos para el criterio de falla y las condiciones de ensayo elegidas, encontrando valores similares para las mezclas MSC-19 con fibra y SMA, sin embargo, los valores para MAM-25 obtenidos para la mezcla a emplear son menores a los considerados en el diseño, por lo que se requiere evaluar el efecto en la vida de la estructura.

Para la mezcla asfáltica existente se usa la expresión propuesta por Shell:

$$\varepsilon = 2.91x10^{-3}\ N^{-0.1626}$$

- ***σ_z, Esfuerzo de compresión de la subrasante:*** *Para determinar el esfuerzo admisible, se emplea la formulación de Kerhoven y Dormon, la cual se considera adecuada:*

$$\sigma_z = \frac{0.007 * E_{SR}}{1 + 0.7 * \log N}$$

- ***ε_z, Deformación por compresión de la subrasante:*** *Para determinar la deformación admisible, se emplea el criterio Shell para un nivel de confianza del 95%:*

$$\varepsilon_z = 1.8 * 10^{-2} * N^{-0.25}$$

Se considera que para el proyecto puede emplearse la expresión Shell establecida para un nivel de confianza del 85%, dado que los demás parámetros se establecen con algunos factores de seguridad, tal como se indica en cada caso. La expresión por emplear es:

$$\varepsilon_z = 2.1 \times 10^{-2} \times N^{0.25}$$

Al evaluar las estructuras, se encuentra que el diseñador considera que las capas granulares y de subrasante no están ligadas, es decir, que no existe fricción entre ellas, situación que afecta directamente la deformación por compresión de la subrasante. Esta consultoría, en sus análisis, establece que estas capas si tienen fricción entre ellas.

En cuanto al factor de desplazamiento, el diseñador propone lo siguiente:

La Guía Metodologica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras [3], presenta un rango en el factor de desplazamiento para el análisis de la deformación unitaria de fatiga de las capas asfálticas con valores que oscilan entre 10 y 20. En la ecuación del Instituto del Asfalto, el factor recomendado es 18.4. Unificando los criterios para la asignación del factor de desplazamiento y como cada ley de fatiga presentada fue calculada para las características propias de los materiales de la región, se propone un factor de desplazamiento en base a la confiabilidad utilizada para el proyecto de la siguiente manera:

Tabla 6. Valor del factor de desplazamiento en función del nivel de confiabilidad

CONFIABILIDAD	FACTOR DE DESPLAZAMIENTO
Mayor a 90%	12
Igual 90%	15
Menor a 90%	18

Para el proyecto **(confiabilidad del 90%)** se adopta un factor de desplazamiento de 15. Se considerará que las deformaciones por tracción calculadas en relación con las admisibles deben estar por debajo del 1; así mismo deberán estar los esfuerzos y las deformaciones en la interfaz entre las capas granulares y la subrasante en relación con los admisibles (Calculado/Admisible< 1), al igual que las deflexiones.

Figura 2. *Factor de desplazamiento propuesto para evaluación de deformación por fatiga en mezclas*
Fuente: Informe CL-0625-25-623-01-06 Rev 0 del 23-05-2025 realizado por Inteinsa Pavimentos S.A.S.

Respecto a este criterio, no es clara su determinación, pero se asemeja a los valores propuestos por el Instituto del Asfalto de 18.4, que se recomienda usar para las leyes de fatiga establecidas para las mezclas evaluadas en laboratorio.

Para la mezcla existente, dado que se plantea el uso de la expresión Shell, se recomienda usar el factor de acuerdo con el tipo de mezcla y temperatura de 8.25.

5.3 TRÁNSITO DE DISEÑO

Para establecer el tránsito de diseño, se ha tomado información de estudios previos del año 2010, encontrándose un valor para diseño de ejes equivalentes de 80 kN de $N_{80\ kN}$ = ***25'033,814*** *para un período de 10 años. Al respecto se hacen las siguientes consideraciones:*

- *Al realizar recorridos de inspección sobre la vía actual, se observa que el tránsito principal se relaciona principalmente con vehículos livianos, varias rutas de buses y en menor escala vehículos comerciales y de carga, por lo que los valores presentados parecen un poco altos para el tramo en estudio.*

- *Los buses que generalmente circulan por la vía son urbanos, con bajos factor de daño por carga, inferior a 1.0 (valor de 1.0 usado para buses grandes - interurbanos). Este parámetro afecta severamente el cálculo para esta vía, dado el alto componente de buses en el TPD.*

- *Los valores de tránsito presentados en el estudio del año 2010 para la estación 24 (Carrera 48 por politécnico) corresponden a TPD.*

Al realizar una revisión del tránsito actual del tramo, se presenta un análisis ajustando, considerando las observaciones previas realizadas:

Tabla 4. *TPD establecido para el año 2010 – Estación 24 Carrera 48 por Politécnico*

Código	Jerarquia	Dirección	TPD							
			AUTOS	BUSES	C2P	C2G	C3 Y C4	C5	C6	TOTAL
24	Arteria Mayor	Carrera 48 por Politécnico	41203	4616	316	166	89	4	11	46405

Fuente: Tabla 2 -Tránsito Promedio Diario TPD. Actualización del inventario y diagnóstico de la malla vial de la ciudad de Medellín-Fase 1. Estudio de tránsito. Determinación y asignación del TPD a los segmentos viales. CONSORCIO DIAGNÓSTICO MEDELLÍN. 2010.

Aplicando la metodología AASHTO 1993 para el diseño de la rehabilitación del pavimento flexible, inicialmente se requiere convertir el tránsito mixto (vehículos comerciales) de diferentes cargas por eje y diferentes configuraciones de éstos en un único número de repeticiones de ejes equivalentes a ejes simples de 80 kN en el mismo periodo. En este caso, dichas conversiones se realizan con los factores camión

promedio establecidos por la Universidad del Cauca en 1996, los cuales se indican a continuación.

Tabla 5. *Factores de daño por tipo de camión adoptados*

TIPO DE VEHÍCULO	FACTOR CAMIÓN
Buses	0.42
C2 P	1.14
C2 G	3.44
C3-C4	3.76
C5	4.4
>C5	4.72

Fuente: Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes

Posteriormente, mediante la siguiente ecuación, se calculan los ejes equivalentes a 80 kN acumulados durante la vida útil del tramo en estudio:

$$Número\ total\ de\ ejes\ equivalentes\ de\ 80\ kN\ en\ el\ carril\ de\ diseño_i = \sum FDN \times FC \times TPD_i \times FDCi$$

Donde:

- *i: tipo de vehículo considerado.*
- *FDN: Factor direccional.*
- *FC: Factor distribución por número de carriles.*
- *TPD: Tránsito promedio diario (para los buses y camiones) en el periodo de diseño.*
- *FDC: Factor de daño por tipo de camión.*

Tomando como base el tránsito promedio diario (TPD) correspondiente al año 2010, y teniendo en cuenta los siguientes parámetros, se realiza el cálculo los ejes equivalentes de 80 kN.

- *Ejes equivalentes de 80 kN acumulados desde la etapa de entrada en servicio del pavimento, es decir para el periodo de diseño de 10 años (2026-2035).*

- *Factor de distribución direccional del 55%, dado que no se cuenta con información actualizada sobre el particular, se recomienda adoptar un DD = 0.55. Este valor es*

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos. pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

levemente conservativo y concuerda con el adoptado por defecto en la Guía de diseño AASHTO 2002[1].

- *Para la calzada oriental y para la conexión entre la glorieta de la calle 12 sur y la avenida Las Vegas en la calzada occidental, se adopta un factor carril del 90% para una calzada con dos carriles (generalmente sin contar con carriles o bahía intermitentes). Estos valores fueron acogidos según lo indicado en el numeral 2.1.1 del AASHTO Guide of Pavement Structures, página II-9.*

  Para el tramo de la calzada occidental desde la salida del puente de la calle 12 sur y hasta la calle 16ª sur, se toma un factor carril del 75%, según lo indicado en la Tabla 2.3.3. de la Guía Metodológica para el Diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras, para una vía con 3 carriles en sentido de circulación.

- *Factor de daño por camión, se adoptaron los valores presentados en la tabla 5.*

- *Tasa de crecimiento vehicular: Se emplea la tasa definida en el estudio en revisión (3.5%), que corresponde a valores típicos para tasas de crecimiento, según el tráfico de la vía.*

- *Una vez definido el periodo de diseño de 10 años y la tasa anual de crecimiento igual al 3.5%, se proyecta el TPD del año 2010 (estación 24) empleando el modelo exponencial. En la tabla se presenta el TPD proyectado para el carril y período de diseño.*

***Tabla 6.** Resultado de la proyección del TPD – Estación 24: Carrera 48 por Politécnico*

Año	Autos	Buses	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5	Total Camiones	Total TPD
2010	41203	4616	316	166	89	4	11	586	46405
2011	42645	4778	327	172	92	4	11	606	48029
2012	44138	4945	338	178	95	4	11	627	49710
2013	45683	5118	350	184	99	5	12	649	51450
2014	47282	5297	362	191	102	5	12	672	53251
2015	48936	5483	375	198	106	5	13	696	55115
2016	50649	5675	388	205	109	5	13	720	57044
2017	52422	5873	402	212	113	5	13	745	59040
2018	54257	6079	416	219	117	5	14	771	61107

[1] *Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. INVIAS. Segunda edición.2008. Tabla 2.3.3. Página 30.*

Año	Autos	Buses	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5	Total Camiones	Total TPD
2019	56156	6292	430	227	121	6	14	798	63246
2020	58121	6512	445	235	126	6	15	826	65459
2021	60155	6740	461	243	130	6	15	855	67750
2022	62261	6976	477	251	135	6	16	885	70122
2023	64440	7220	494	260	139	6	17	916	72576
2024	66695	7472	511	269	144	7	17	948	75116
2025	69030	7734	529	279	149	7	18	981	77745
2026	71446	8005	547	288	154	7	18	1016	80466
2027	73946	8285	566	299	160	7	19	1051	83282
2028	76535	8575	586	309	165	8	20	1088	86197
2029	79213	8875	607	320	171	8	20	1126	89214
2030	81986	9186	628	331	177	8	21	1165	92337
2031	84855	9507	650	343	183	8	22	1206	95569
2032	87825	9840	673	355	190	9	23	1248	98913
2033	90899	10184	696	367	196	9	23	1292	102375
2034	94080	10541	721	380	203	9	24	1337	105959
2035	97373	10910	746	393	210	10	25	1384	109667

Finalmente, en las siguientes tablas se presenta la estimación de los ejes equivalentes a 80 kN calculados durante el periodo de diseño (10 años), en el carril de diseño, desde el año adoptado como base para la proyección, hasta el año donde finaliza la vida útil de la estructura de pavimento. El cálculo se realiza según el factor carril adoptado, quedando de esta manera:

Tabla 7. *Resultado del cálculo del total de ejes equivalentes a 80 kN en el carril y periodo de diseño- Avda Las Vegas Calzada Oriental entre calle 12 sur y calle 17Sur y Conexión Glorieta calle 12 sur – Avenida Las Vegas en calzada occidental*

Proyección Ejes Equivalentes 80kN en el carril de diseño Avda Las Vegas Calzada Oriental entre calle 12 sur y calle 17Sur y Conexión Glorieta calle 12 sur – Avenida Las Vegas en calzada occidental									
Año	Buses	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5	NESE ANUAL	NESE ANUAL CONSIDERADO	NESE ACUMULADO
2025	586,885	108,906	173,237	101,357	5,485	15,086	990,956	247,739	247,739
2026	607,425	112,719	179,303	104,903	5,676	15,615	1,025,641	1,025,641	1,273,380
2027	628,685	116,663	185,580	108,572	5,875	16,160	1,061,535	1,061,535	2,334,915
2028	650,689	120,745	192,075	112,369	6,082	16,723	1,098,683	1,098,683	3,433,598
2029	673,463	124,972	198,800	116,303	6,296	17,312	1,137,146	1,137,146	4,570,744
2030	697,034	129,347	205,761	120,372	6,519	17,917	1,176,950	1,176,950	5,747,694
2031	721,431	133,874	212,965	124,584	6,749	18,548	1,218,151	1,218,151	6,965,845
2032	746,681	138,560	220,417	128,945	6,988	19,196	1,260,787	1,260,787	8,226,632
2033	772,814	143,410	228,130	133,456	7,234	19,870	1,304,914	1,304,914	9,531,546

Proyección Ejes Equivalentes 80kN en el carril de diseño Avda Las Vegas Calzada Oriental entre calle 12 sur y calle 17Sur y Conexión Glorieta calle 12 sur – Avenida Las Vegas en calzada occidental									
Año	Buses	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5	NESE ANUAL	NESE ANUAL CONSIDERADO	NESE ACUMULADO
2034	799,863	148,430	236,116	138,130	7,489	20,569	1,350,597	1,350,597	10,882,143
2035	827,858	153,624	244,382	142,967	7,751	21,286	1,397,868	1,397,868	12,280,011

Tabla 8. Resultado del cálculo del total de ejes equivalentes a 80 kN en el carril y periodo de diseño- Avda Las Vegas Calzada Occidental desde la salida del puente sobre la calle 12 sur hasta la calle 16ª sur

Proyección Ejes Equivalentes 80kN en el carril de diseño Avda Las Vegas Calzada Occidental desde la salida del puente sobre la calle 12 sur hasta la calle 16ª sur									
Año	Buses	C2P	C2G	C3-C4	C5	>C5	NESE ANUAL	NESE ANUAL CONSIDERADO	NESE ACUMULADO
2025	489,070	90,755	144,364	84,464	4,571	12,571	825,795	206,449	206,449
2026	506,188	93,932	149,419	87,419	4,730	13,012	854,700	854,700	1,061,149
2027	523,904	97,219	154,650	90,476	4,896	13,467	884,612	884,612	1,945,761
2028	542,241	100,621	160,063	93,641	5,068	13,936	915,570	915,570	2,861,331
2029	561,219	104,143	165,667	96,919	5,247	14,426	947,621	947,621	3,808,952
2030	580,862	107,789	171,468	100,310	5,432	14,931	980,792	980,792	4,789,744
2031	601,192	111,562	177,470	103,820	5,624	15,457	1,015,125	1,015,125	5,804,869
2032	622,234	115,467	183,680	107,454	5,823	15,997	1,050,655	1,050,655	6,855,524
2033	644,012	119,509	190,108	111,213	6,029	16,558	1,087,429	1,087,429	7,942,953
2034	666,552	123,692	196,764	115,108	6,241	17,141	1,125,498	1,125,498	9,068,451
2035	689,882	128,020	203,652	119,139	6,459	17,738	1,164,890	1,164,890	10,233,341

Una vez determinado el número de ejes equivalentes de 80 kN, se aplica una confiabilidad del 90%, tomando como referencia los errores encontrados por la AASHTO para estructuras de pavimentos flexibles, y asumiendo una distribución normal para la diferencia entre el tránsito real y estimado, se utiliza la siguiente expresión, con el fin de proporcionar la confianza requerida en la variable tránsito[1]:

$$N' = 10^{0.05\,Z_r} * N$$

Donde:

N': N corregido para proporcionar un determinado nivel de confianza.

Z_r: distribución normal y a la confiabilidad deseada.

N: número total de ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño.

[1] *Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito. INVIAS, 2016*

Para terminar, empleando la ecuación anterior con una confiabilidad del 90%, a la cual le corresponde un Z_r igual a 1.282, se adopta como ***valor de diseño:***

- ***Avda Las Vegas Calzada Oriental entre calle 12 sur y calle 17Sur y Conexión Glorieta calle 12 sur – Avenida Las Vegas en calzada occidental***

N' = 14'233,076 ejes equivalentes a 80 kN durante el periodo de diseño (10 años, 2026-2035).

- ***Avda Las Vegas Calzada Occidental desde la salida del puente sobre la calle 12 sur hasta la calle 16ª sur***

N' = 11'860,895 ejes equivalentes a 80 kN durante el periodo de diseño (10 años, 2026-2035).

5.4 TRABAJOS DE CAMPO

5.4.1 Deflectometría con deflectómetro de impacto (FWD)

Se cuenta con la medición de deflexiones con FWD, realizada el día 21 de marzo de 2025. Al respecto, se cuenta con una medida cada 50 m de calzada, es decir cada 100 m por carril, para un total de 21 datos en el corredor (13 en calzada occidental y 8 en calzada oriental), distribuidos en los dos carriles continuos de circulación (sobre las bahías y/o tercer carril no se cuenta con información). Esta información debe ser revisada en cuanto a la homogeneidad de los datos, para establecer, de acuerdo con la respuesta del pavimento, si es suficiente o requiere complementarse.

Dado que la deflectometría del informe en revisión se tomó para un tramo más largo, las abscisas que corresponden al sector en estudio son las siguientes:

- *Calzada occidental:*

  K2+200 después del puente de la calle 12 sur (k0+000 abscisa ajustada)
  K2+550 Calle 16 A sur (fin del tramo por la calzada occidental) – k0+350 abscisa ajustada

Conexión Glorieta – Avda Las Vegas
K0+390 a k0+590 (k0+000 a k0+250 abscisas ajustadas)

- *Calzada oriental*
  K2+550 Cruce con diagonal 47ª (calle 17 sur) – (k0+350 abscisa ajustada)
  K2+249 Inicio de rampa puente sobre calle 12 sur (k0+049 abscisa ajustada)

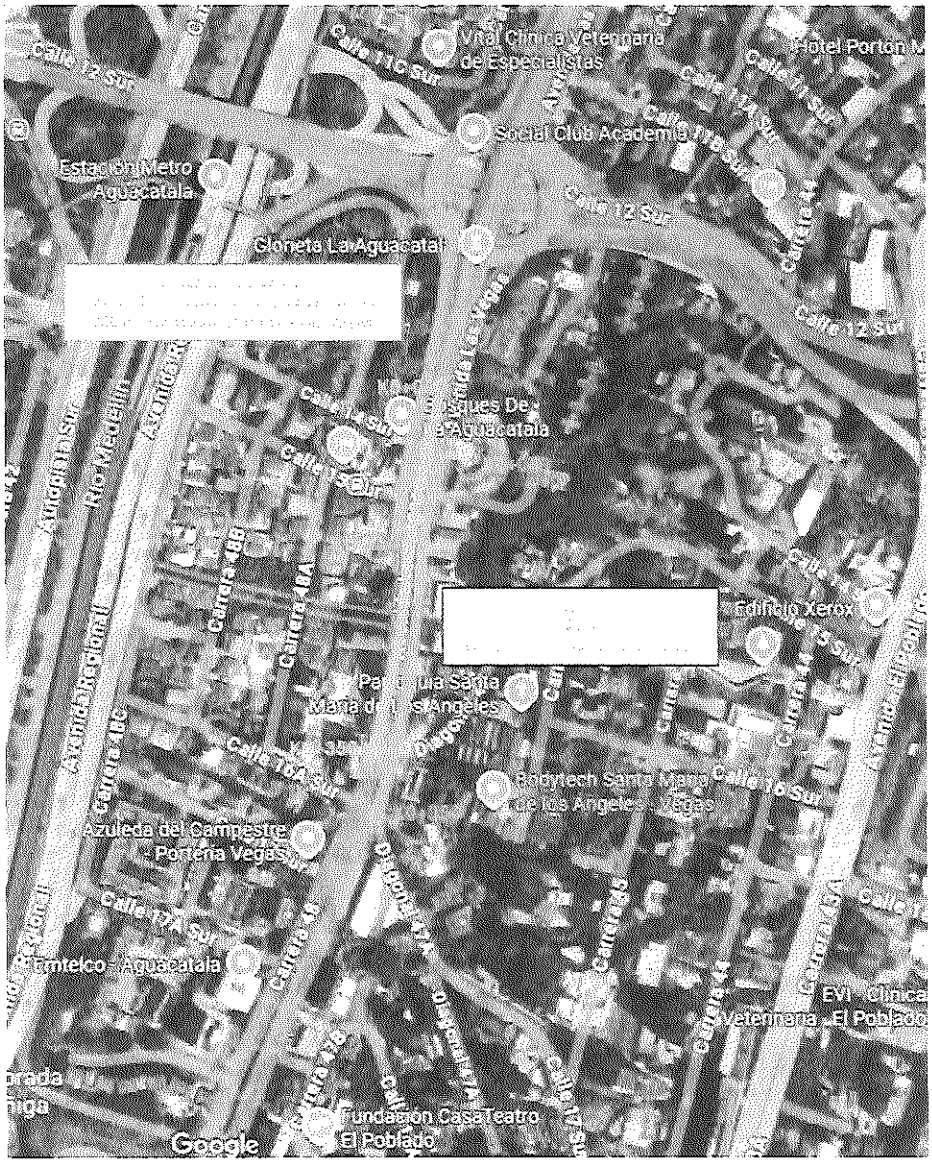


Figura 3. Identificación del abscisado ajustado de cada sector – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur - Medellín
Fuente: Google Maps

5.4.2 Exploración geotécnica

Para complementar la caracterización y conocimiento de los materiales existentes en el corredor vial, se realizaron dos apiques y tres núcleos en cada calzada de la vía en estudio, para conocer características de la mezcla asfáltica existente.

Los resultados de las exploraciones son los siguientes:

***Tabla 9.** Resumen de exploraciones de campo mediante apiques – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur*

		Espesor[cm]	
Localización	**Apiques**	**CA ext**	**MG ext**
Carrera 48# 16 Sur - 111 calzada occidental	AP-1	20	25
Carrera 48# 17A Sur 51 Calzada occidental	AP-2	25	19
Carrera 48# 16 Sur - 46 Calzada oriental	AP-3	24	22
Carrera 48# 16 Sur Clinica Genezen calzada oriental	AP-4	23	18

Fuente: Informe CL-0431-25-623-01-04 Rev 0 del 10-04-2025 realizado por Inteinsa Pavimentos S.A.S.

***Tabla 10.** Resumen de exploraciones de campo mediante núcleos – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur*

		Espesor[cm]
Localización	**Núcleos**	**CA ext**
Carrera 48 # 15 Sur - 39 Calzada occidental	N37	33,63
Carrera 48 # 16A Sur - 43 Calzada occidental	N38	32,03
Carrera 48 # 18C Sur Calzada occidental	N39	32,93
Carrera 48 # 17A Sur - 41 Calzada oriental	N40	21,45
Carrera 48 # Farmatodo Calzada oriental	N41	14,95
Carrera 48 # Primax Calzada oriental	N42	40,00

Fuente: Informe CL-0431-25-623-01-04 Rev 0 del 10-04-2025 realizado por Inteinsa Pavimentos S.A.S.

Se establece en el diseño en revisión, los siguientes espesores, usando el criterio del percentil del 90%:

- ***Calzada Occidental:** Carpeta asfáltica existente 22 cm y Material granular existente 19.6 cm.*

- ***Calzada Oriental:** Carpeta asfáltica existente 17.6 cm y Material granular existente 18.4 cm.*

Adicional a las exploraciones realizadas, el día 3 de septiembre de 2025, se hacen algunas exploraciones de campo adicionales, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 11. Exploraciones de campo complementarias – Septiembre 3 de 2025 – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur

Exploración	Ubicación	Resultado	
Sondeo 1	**Calz. Occidental** K0+100 desde la glorieta de la calle 12 sur (Conexión glorieta Av. Las Vegas)	0.0 m - 0.16 m 0.16 m - 0.80 m 0.80 m – 1.10 m	Mezcla asfáltica Grava limosa café, triturada T máx. 1½", compacta Arena limosa café - compacta
Sondeo 2	**Calz. Occidental** K0+350 – Frente No. 16sur-85 - Carril interno	0.0 m - 0.22 m 0.22 m - 0.30 m 0.30 m -	Mezcla asfáltica Reciclado asfáltico Estructura en concreto que no permite continuar la exploración
Sondeo 3	**Calz. Oriental** 20 m al norte del cruce de la calle 16ª Sur (Semáforo de giro Izquierdo de la calz. Occidental) – carril oriental	0.0 m - 0.14 m 0.14 m - 0.3 m 0.30 m – 0.60 m 0.60 m – 1.0 m	Mezcla asfáltica Grava limosa café, T máx. 1½", compactación media Grava arenosa café aluvial, con TM de 3", compactación media Limo arcilloso café oscuro
Sondeo 4	**Calz. Oriental** Frente al No. 15 sur -160 PWR Club - Carril interno (occidental)	0.0 m - 0.19 m 0.19 m - 0.40 m 0.40 m -1.0 m	Mezcla asfáltica Grava limosa aluvial, gris, compacta Arena limosa café

En la tabla siguiente se resumen todas las exploraciones disponibles para el corredor en estudio:

Tabla 12. Resumen de exploraciones de campo – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur

Calzada	Localización	Explo-ración	Realizado por	Espesores, cm			Observaciones
				Mezcla asfáltica	Reciclado	Granular	
Occidental	Conexión glorieta – Avda Las Vegas	Sondeo 1	Evaltec	16.0	-	64	Subrasante: Arena limosa
Occidental	15 Sur-39	N37	Inteinsa Pavimentos	33.6	-	-	
Occidental	16 sur-85	Sondeo 2	Evaltec	22.0	8.0	-	Estructura en concreto
Occidental	16 sur-111	AP-1	Inteinsa Pavimentos	20.0	-	25	Subrasante: suelo arcilloso
Occidental	16A sur-43	N38	Inteinsa Pavimentos	32.0	-	-	
Oriental	20m al norte del semáforo de la calle 16A sur	Sondeo 3	Evaltec	14.0	-	46	Subrasante: Limo arcilloso
Oriental	16asur-46	AP-3	Inteinsa Pavimentos	24.0	-	22	No reporta subrasante
Oriental	15sur-160 PWR Club	Sondeo 4	Evaltec	19.0	-	21	Subrasante: Arena limosa
Oriental	Farmatodo	N41	Inteinsa Pavimentos	15.0	-	-	
Oriental	15sur-92 Clinica Genezen	AP-4	Inteinsa Pavimentos	23.0	-	18	No reporta subrasante
Oriental	Frente a Primax	N42	Inteinsa Pavimentos	40.0	-	-	

De acuerdo con la información disponible, se establecen las siguientes estructuras representativas de cada sector:

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

Tabla 13. Estructuras representativas de cada sector – Avda. Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur

Sector	Espesor mezcla asfáltica, cm	Espesor granulares, cm	Subrasante
S1: Calz. Occidental – Cra 48 entre cl 12sur (Terminando Puente) y Cl 16ª sur	20	25	Suelos limo arcillosos
S2: Conexión Glorieta cl 12sur – Avda Las Vegas – Calz. Occidental	16	64	Arena limosa
S3: Calz. Oriental – Cra 48 entre cl.17 sur y Cl. 15 sur	15	20	Limos-arenas

5.5 CÁLCULO DE LA DEFLECTOMETRÍA

Se indica que se emplea el geófono 13 para la determinación del módulo de la subrasante, sin embargo, en los registros de deflexiones no se presenta una medición para dicho geófono, por lo que no es claro cómo se aplica la metodología descrita anteriormente, ya que no se presenta un anexo con la memoria de cálculo. Aparentemente, se toma una distancia r de 180 cm o 210 cm, muy alejada de la estructura del pavimento definida, por lo que los valores estimados para el módulo de la subrasante se están determinando a más de 150 cm de profundidad, situación que puede no ser representativa de las consideraciones previas, por lo que los valores pueden estarse subvalorando o sobrevalorando, según sean las características de los materiales que se encuentren a dicha profundidad.

Los valores de módulos de las capas granulares se determinan empleando las ecuaciones de regresión del Departamento de Transporte del Estado de Washington, tal como se menciona en la metodología descrita.

Los valores que se obtienen para los módulos de las mezclas asfálticas se observan altos en algunos casos, sin embargo los valores de Percentil del 90% son de 33533 kg/cm² calzada occidental y 37610 kg/cm² calzada oriental, respecto a estos valores no es claro a que temperatura se estiman o si se corrigen. Por tanto, para evaluar y validar el parámetro para la revisión y ajuste, se hará uso de la metodología del Departamento de Transporte del Estado de Washington, mediante la siguiente ecuación de regresión (también contenida en la Guía Metodología para rehabilitación de pavimento – Invías 2008):

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

Capas asfálticas: *Log Eac = -4,13464 + 0,25726 (5,9/hac) + 0,92874 (5,9/hb)$^{0.5}$- 0,69727 (hac/hb)$^{0.5}$ - 0,96687 Log(Esr) + 1,88298 Log (P x A / Do^2)*

Donde:

P = Carga aplicada sobre una placa de 300 mm
hac = Espesor de capa asfáltica en pulgadas
hb = Espesor de las capas granulares en pulgadas
Eac = Módulo de la capa asfáltica en lb/pg^2
Esr = Módulo de la subrasante, lb/pg^2
D_o = Deflexión bajo el centro de aplicación de carga, pulgadas
A: Área aproximada bajo el cuenco de deflexión hasta una distancia de 900mm.

$$A = 2[2(D_0 + D_{200}) + (D_{200} + D_{300}) + 3(D_{300} + D_{600}) + 3(D_{600} + D_{900})]$$

Donde:

D_{200}: Deflexión a 200 mm del centro de aplicación de la carga (pulg.).
D_{300}: Deflexión a 300 mm del centro de aplicación de la carga (pulg.).
D_{600}: Deflexión a 600 mm del centro de aplicación de la carga (pulg.).
D_{900}: Deflexión a 900 mm del centro de aplicación de la carga (pulg.).

Los módulos dinámicos de las capas asfálticas determinados a partir de las deflexiones deben se ajustados si la temperatura del pavimento a la que se tiene la medida es diferente a la temperatura promedio ponderadas del pavimento del sitio.

Entonces, el valor del módulo en servicio del concreto asfáltico (Ea) se determina así:

$$E_a = E_{BC} \times FA$$

Donde:

- *E_{BC} = Módulo dinámico determinado a partir de las deflexiones.*
- *FA= Factor de ajuste, FA= (E_a/E_{BC})=1.054$^{(Tmezcla-Tmedición)}$*

En las tablas 14 y 15 se presentas los valores obtenidos en el diseño en revisión y en la tabla 16, 17 y 18 se presentan los valores revisados y calculados por esta consultoría, de acuerdo con las observaciones que se han realizado.

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

Tabla 14. *Resultados obtenidos a partir de la deflectometría (diseño) – Avenida Las Vegas entre Calles 12 sur y 18C sur – Calzada Occidental*

Resultados obtenidos de Deflectometría						
Carril	Abscisa	D0 [µm]	$SN_{efectivo}$ [in]	Mr [kg/cm²]	M. Granular [kg/cm²]	M. CA [kg/cm²]
Externo	k2+200	486	3,54	420	698	30837
Externo	k2+300	130	7,28	961	1466	187477
Externo	k2+401	134	7,54	781	1314	55809
Externo	k2+500	319	4,84	574	926	50327
Externo	k2+601	66	9,24	1129	1953	124297
Externo	k2+700	116	5,83	1354	1862	185929
Externo	k2+800	83	7,39	1439	2099	160783
Interno	k2+250	385	4,20	453	784	44814
Interno	k2+351	341	4,13	559	859	26149
Interno	k2+450	106	9,14	645	1323	199465
Interno	k2+552	340	4,30	518	866	51522
Interno	k2+651	119	5,41	1700	1978	54518
Interno	k2+750	141	5,79	1091	1581	85253
Percentil 90%			4,15	466	799	33535

Fuente: Informe CL-0431-25-623-01-04 Rev 0 del 10-04-2025 realizado por Inteinsa Pavimentos S.A.S.

Tabla 15. *Resultados obtenidos a partir de la deflectometría (diseño) – Avenida Las Vegas entre Calles 12 sur y 18C sur – Calzada Oriental*

Resultados obtenidos de Deflectometría						
Carril	Abscisa	D0 [µm]	$SN_{efectivo}$ [in]	Mr [kg/cm²]	M. Granular [kg/cm²]	M. CA [kg/cm²]
Externo	k2+200	526	3,37	348	650	45417
Externo	k2+298	186	6,25	627	1050	182812
Externo	k2+400	232	5,16	570	1024	103673
Externo	k2+500	255	5,68	436	879	84324
Externo	k2+600	201	5,50	631	1072	33861
Externo	k2+698	167	7,01	587	1127	99398
Externo	k2+800	131	5,25	1397	1825	58382
Interno	k2+249	424	3,69	458	794	49518
Interno	k2+349	412	3,73	436	773	35658
Interno	k2+449	140	8,42	301	1117	219256
Interno	k2+550	175	5,07	470	892	61128
Interno	k2+651	160	5,04	1093	1549	92568
Interno	k2+741	170	4,70	1262	1629	55971
Percentil 90%			3,67	440	777	37810

Fuente: Informe CL-0431-25-623-01-04 Rev 0 del 10-04-2025 realizado por Inteinsa Pavimentos S.A.S.

Tabla 16. *Resultados verificados/ajustados a partir de la deflectometría – Avenida Las Vegas entre calle 12 sur y Calle 16ª sur – Calzada Occidental (Sector 1)*

Localización		*Deflexiones normalizadas por temperatura a 20°C (µm) D(0)*	*Módulo resiliente de la subrasante corregido MR (kg/cm2)*	*SNeff AASHTO-93*	*Módulo de granulares (kg/cm2)*	*Módulo de mezclas asfálticas a Tmezcla de 33°C (kg/cm²)*
Abscisa	*Descripción*					
K0+000	*Externo*	*465.0*	*237.2*	*3.38*	*921*	*13937*
K0+050	*Interno*	*377.3*	*251.3*	*3.84*	*1,020*	*22922*
K0+100	*Externo*	*129.3*	*536.9*	*6.16*	*2,020*	*104524*
K0+151	*Interno*	*327.2*	*370.3*	*3.71*	*1,230*	*14419*

Localización		Deflexiones normalizadas por temperatura a 20°C (µm) D(0)	Módulo resiliente de la subrasante corregido MR (kg/cm2)	SNeff AASHTO-93	Módulo de granulares (kg/cm2)	Módulo de mezclas asfálticas a Tmezcla de 33°C (kg/cm²)
Abscisa	Descripción					
K0+201	Externo	131.4	688.1	5.53	2,169	53481
K0+250	Interno	101.9	560.2	7.00	2,182	153503
K0+300	Externo	314.5	321.3	4.02	1,208	25122
K0+352	Interno	330.8	273.1	4.05	1,100	27300
PERCENTIL 90%			**247.0**	**3.61**	**990.0**	**14,274**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Resultados verificados/ajustados a partir de la deflectometría – Conexión entre Glorieta calle 12 sur y Avenida Las Vegas – Calzada Occidental (Sector 2)

Localización		Deflexiones normalizadas por temperatura a 20°C (µm) D(0)	Módulo resiliente de la subrasante corregido MR (kg/cm2)	SNeff AASHTO-93	Módulo de granulares (kg/cm2)	Módulo de mezclas asfálticas a Tmezcla de 33°C (kg/cm²)
Abscisa	Descripción					
K0+010	Externo	733.6	167.5	4.15	709	10314
K0+060	Interno	300.5	220.3	6.18	1,071	63411
K0+110	Externo	245.1	691.0	5.80	1,846	15094
K0+160	Interno	147.8	682.5	7.20	2,116	45770
K0+210	Externo	311.6	377.5	5.59	1,341	25261
PERCENTIL 90%			**188.6**	**4.73**	**853.9**	**12,225.9**

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Resultados verificados/ajustados a partir de la deflectometría – Avenida Las Vegas entre calle 12 sur y Calle 15 sur – Calzada Oriental (Sector 3)

Localización		Deflexiones normalizadas por temperatura a 20°C (µm) D(0)	Módulo resiliente de la subrasante corregido MR (kg/cm2)	SNeff AASHTO-93	Módulo de granulares (kg/cm2)	Módulo de mezclas asfálticas a Tmezcla de 33°C (kg/cm²) Abscisa
Abscisa	Descripción					
K0+049	Interno	412.0	238.2	3.16	1,013	27921
K0+098	Externo	176.3	446.8	4.52	1,734	78840
K0+149	Interno	399.9	328.9	2.87	1,166	16869
K0+200	Externo	218.4	445.5	3.83	1,624	48346
K0+249	Interno	132.6	499.1	5.38	2,005	139144
K0+300	Externo	250.0	410.1	3.70	1,518	43218
K0+350	Interno	262.5	365.0	3.67	1,404	42023
PERCENTIL 90%			**292.6**	**3.05**	**1,104.8**	**23,499.9**

Fuente: Elaboración propia

Con excepción del módulo de las capas granulares, los demás valores determinados se encuentran por debajo de los valores establecidos en el diseño.

En la tabla 19 se presenta el resumen de parámetros determinados en el diseño en revisión para todo el tramo de la Carrera 48 entre calles 12sur y 18C sur, usando como criterio el percentil del 90%.

***Tabla 19.** Resultados de parámetros de diseño – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 18C sur*

Localización		$SN_{efectivo}$	Mr [kg/cm²]	Granular [MPa]	Granular [kg/cm²]
Occidental	PR 2+000 a PR 2+900	4.17	466.0	78.35	799
Oriental	PR 2+000 a PR 2+900	3.67	440.0	76.29	777

Fuente: Informe CL-0431-25-623-01-04 Rev 0 del 10-04-2025 realizado por Inteinsa Pavimentos S.A.S.

En la tabla 20 se presenta el resumen de parámetros determinados por esta consultoría para los sectores homogéneos definidos previamente, usando como criterio el percentil del 87.5% (recomendado por el Instituto del Asfalto para tránsitos superiores a $1x10^6$ ejes equivalentes) y el valor promedio, recomendado por la metodología AASHTO-93.

***Tabla 20.** Caracterización de las estructuras por sectores homogéneos – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur*

Parámetros		SECTOR 1 Avenida Las Vegas Calzada Occidental	SECTOR 2 Conexión Calle 12 sur con Av. Las Vegas – Calzada Occidental	SECTOR 3 Avenida Las Vegas Calzada Oriental
		K0+000 – k0+350	K0+000 – k0+250	K0+049 – k0+350
		Entre calle 12 sur (final de puente) y Calle 16ª sur	Entre Glorieta calle 12 sur y Avenida Las Vegas	Entre calle 12 sur y Calle 15 sur
Espesores considerados	**Capa Granular, cm**	**25**	**64**	**20**
	Mezcla asfáltica, cm	**20**	**16**	**15**
Módulo resiliente de la subrasante, kg/cm²	Promedio	404.8	427.8	390.5
	Percentil 87.5%	**249.5**	**193.9**	**306.3**
Módulo de capas granulares, kg/cm²	Promedio	1481	1416.6	1494.8
	Percentil 87.5%	**1007.2**	**890.1**	**1127.7**
Módulo de mezcla asfáltica, kg/cm²	Promedio	51900	31970	56623
	Percentil 87.5%	**14358**	**12704**	**25156**
Número estructural efectivo	Promedio	4.71	5.78	3.88
	Percentil 87.5%	**3.67**	**4.87**	**3.09**

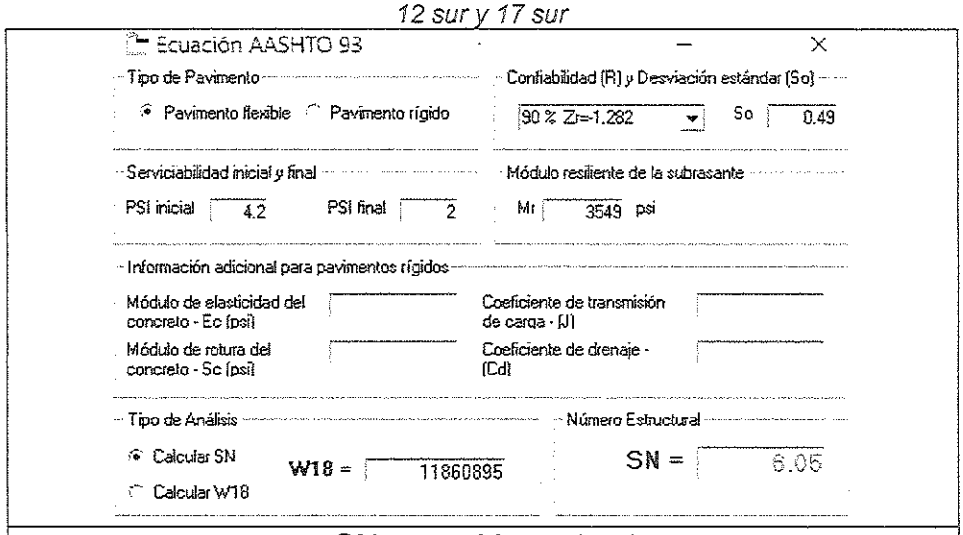
5.6 CÁLCULO DEL NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO

En el informe de diseño en revisión se establece un número estructural requerido de 6.21 para la calzada occidental y 6.32 para la calzada oriental. Sin embargo, teniendo

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

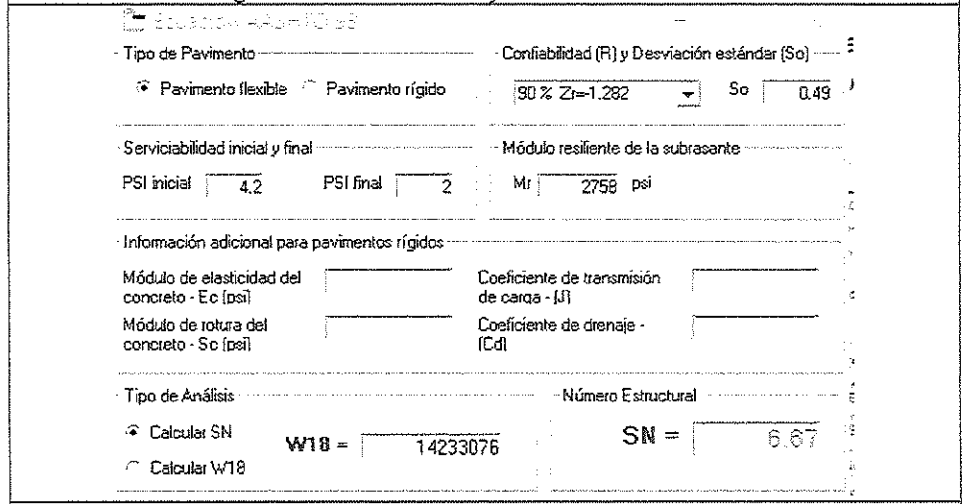
en cuenta las consideraciones presentadas anteriormente, se presenta al cálculo de los números estructurales para cada sector homogéneo.

Tabla 21. *Número estructural requerido por sectores homogéneos – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 17 sur*



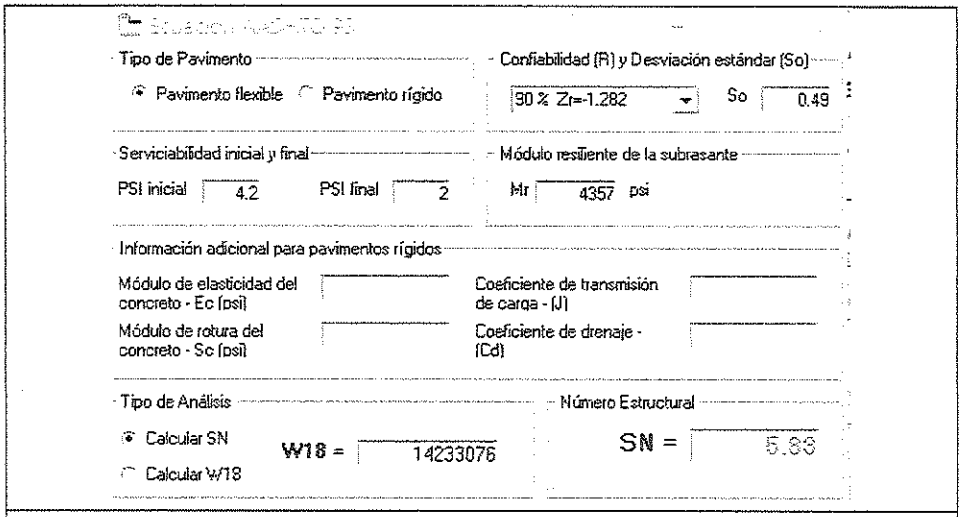
SN requerido sector 1

Avenida Las Vegas entre calle 12 sur y Calle 16ª sur – Calzada Occidental



SN requerido Sector 2

Conexión entre Glorieta calle 12 sur y Avenida Las Vegas – Calzada Occidental



SN requerido sector 3

Avenida Las Vegas entre calle 12 sur y Calle 15 sur – Calzada Oriental

5.7 PROPUESTAS DE REHABILITACIÓN

Para el planteamiento de las propuestas de intervención, se define el coeficiente estructural de la mezcla asfáltica existente como 0.25 para todo el corredor en estudio. Teniendo en cuenta los sectores homogéneos definidos, los módulos de mezcla estimados y el estado actual de la vía, se plantean los valores que se muestran más adelante:

***Tabla 22.** Coeficiente estructural para las capas asfálticas existentes, recomendados por el INVIAS*

MATERIAL	CONDICIÓN SUPERFICIAL	COEFICIENTE ESTRUCTURAL
Concreto asfáltico	No hay fisuras tipo piel de cocodrilo y/o hay solamente fisuras transversales de severidad baja.	0.35 a 0.40
Concreto asfáltico	<10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad baja y/o <5% de fisuras transversales de severidad media o alta	0.25 a 0.35
Concreto asfáltico	>10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad baja y/o <10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad media y/o 5 a 10% de fisuras transversales de severidad media o alta	0.20 a 0.30
Concreto asfáltico	>10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad media y/o <10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad alta y/o >10% de fisuras transversales de severidad media o alta.	0.14 a 0.20
Concreto asfáltico	>10% de fisuras tipo piel de cocodrilo de severidad alta y/o >10% de fisuras transversales de severidad alta.	0.08 a 0.15

Todos los sectores $a_i = 0.20$

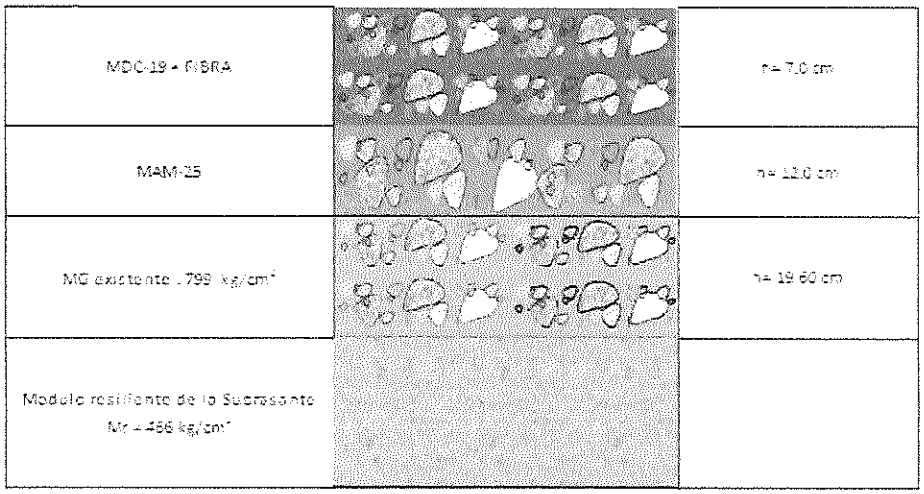
Fuente: Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras, Instituto Nacional de Vías, Segunda Ed. Bogotá, 2008.

5.7.1 Alternativas propuestas en diseño en revisión

- ***Calzada Occidental:*** *En el diseño, se plantean dos alternativas de intervención para todo el tramo, que consisten en fresar parcialmente la mezcla asfáltica existente y colocar sobre la superficie remanente una capa de mezcla tipo MAM - 25 y sobre esta, como rodadura una capa de MSC-19 con fibra para la alternativa 1 o SMA para la alternativa 2. El resumen de las alternativas se presenta a continuación:*

Tabla 23. *Estructuras definidas por AASHTO-93 y verificadas en diseño en revisión – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 18C sur – calzada occidental – Alternativa 1*

ALTERNATIVA 1



Alternativa Inicial					
Módulo Concreto Asfáltico	[kg/cm²]	10.244	Coef. Estructural Concreto Asfáltico	[in]	0.25
Espesor Fresado	[cm]	19.0	Aporte Estructural del Fresado	[in]	1.87
Módulo Granular	[kg/cm²]	799	Coef. Estructural Granular	[in]	0.07
Espesor Granular Fresado	[cm]	0.0	Aporte Estructural Granular Fresado	[in]	0.00
$SN_{efectivo}$	[in]	4.17	$SN_{requerido}$	[in]	6.21
Déficit Estructural	[in]	2.04	Déficit Estructural Total (+Fresado)	[in]	3.91

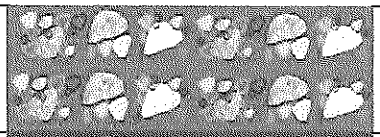
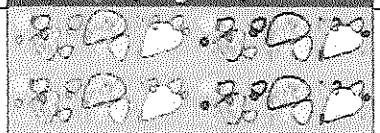
Alternativa 1			
Mezcla	Espesor/cm	Coeficiente Estructural	Aporte
MSC-19+ Fibra	7.0	0.50	1.38
MAM-25	12.0	0.54	2.55
$SN_{efectivo}$ de la estructura propuesta		[in]	6.23
Aumento de la nueva rasante en relación a la actual		[cm]	0.00

La Alternativa cumple parámetros admisibles según consideraciones de diseño – No requiere ajuste

Fuente: Informe CL-0431-25-623-01-04 Rev 0 del 10-04-2025 realizado por Inteinsa Pavimentos S.A.S.

Tabla 24. *Estructuras definidas por AASHTO-93 y verificadas en diseño en revisión – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 18C sur – calzada occidental – Alternativa 2*

ALTERNATIVA 2

SMA		h= 5.0 cm
MAM-25		h= 16.5 cm
MR existente 799 kg/cm²		h= 19.60 cm
Módulo resiliente de la Subrasante Mr = 466 kg/cm²		

Alternativa Inicial					
Módulo Concreto Asfáltico	[kg/cm²]	10.244	Coef. Estructural Concreto Asfáltico	[in]	0,25
Espesor Fresado	[cm]	19,0	Aporte Estructural del Fresado	[in]	1,87
Módulo Granular	[kg/cm²]	799	Coef. Estructural Granular	[in]	0,07
Espesor Granular Fresado	[cm]	0,0	Aporte Estructural Granular Fresado	[in]	0,00
$SN_{efectivo}$	[in]	4,17	$SN_{requerido}$	[in]	6,21
Déficit Estructural	[in]	2,04	Déficit Estructural Total (+Fresado)	[in]	3,91

Alternativa 2			
Mezcla	Espesor/cm	Coeficiente Estructural	Aporte
SMA	5,0	0,24	0,47
MAM-25	16,5	0,54	3,51
$SN_{efectivo}$ de la estructura propuesta		[in]	6,28
Aumento de la nueva rasante en relación a la actual		[cm]	2,50

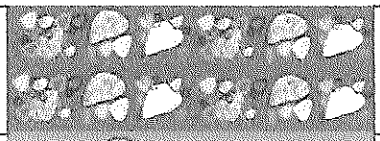
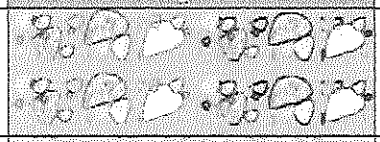
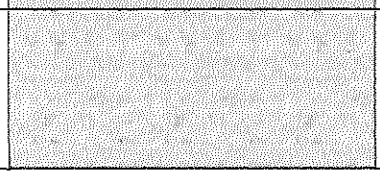
La Alternativa cumple parámetros admisibles según consideraciones de diseño – No requiere ajuste

Fuente: Informe CL-0431-25-623-01-04 Rev 0 del 10-04-2025 realizado por Inteinsa Pavimentos S.A.S.

- ***Calzada Oriental:*** *En el diseño, se plantean dos alternativas de intervención para todo el tramo, que consisten en fresar parcialmente la mezcla asfáltica existente y colocar sobre la superficie remanente una capa de mezcla tipo MAM -25 y sobre esta, como rodadura una capa de MSC-19 con fibra para la alternativa 1 o SMA para la alternativa 2. El resumen de las alternativas se presenta a continuación:*

Tabla 25. *Estructuras definidas por AASHTO-93 y verificadas en diseño en revisión – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 18C sur – calzada oriental – Alternativa 1*

ALTERNATIVA 1

MDC 19 – FIBRA		h= 7,5 cm
MAM-25		h= 12,0 cm
MG existente 777 kg/cm²		h= 18,40 cm
Módulo resiliente de la Subrasante Mr = 440 kg/cm²		

Alternativa Inicial					
Módulo Concreto Asfáltico	[kg/cm²]	10.244	Coef. Estructural Concreto Asfáltico	[in]	0,25
Espesor Fresado	[cm]	14,0	Aporte Estructural del Fresado	[in]	1,38
Módulo Granular	[kg/cm²]	777	Coef. Estructural Granular	[in]	0,07
Espesor Granular Fresado	[cm]	0,0	Aporte Estructural Granular Fresado	[in]	0,00
$SN_{efectivo}$	[in]	3,67	$SN_{requerido}$	[in]	6,32
Déficit Estructural	[in]	2,65	Déficit Estructural Total (+Fresado)	[in]	4,03

Alternativa 1			
Mezcla	Espesor/cm	Coeficiente Estructural	Aporte
MSC-19+ Fibra	7,5	0,50	1,48
MAM-25	12,0	0,54	2,55
$SN_{efectivo}$ de la estructura propuesta		[in]	6,32
Aumento de la nueva rasante en relación a la actual		[cm]	5,50

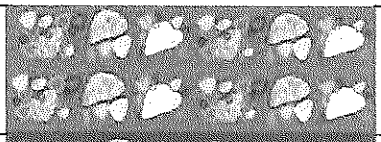
La Alternativa cumple parámetros admisibles según consideraciones de diseño – No requiere ajuste

Fuente: Informe CL-0431-25-623-01-04 Rev 0 del 10-04-2025 realizado por Inteinsa Pavimentos S.A.S.

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

Tabla 26. *Estructuras definidas por AASHTO-93 y verificadas en diseño en revisión – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y 18C sur – calzada oriental – Alternativa 2*

ALTERNATIVA 2

SMA		h= 5.0 cm
MAM-25		h= 17.0 cm
MG existente : 777 kg/cm²		h= 18.40 cm
Módulo resiliente de la Subrasante Mr = 440 kg/cm²		

Alternativa Inicial					
Módulo Concreto Asfáltico	[kg/cm²]	10.244	Coef. Estructural Concreto Asfáltico	[in]	0,25
Espesor Fresado	[cm]	14.0	Aporte Estructural del Fresado	[in]	1,38
Módulo Granular	[kg/cm²]	777	Coef. Estructural Granular	[in]	0,07
Espesor Granular Fresado	[cm]	0,0	Aporte Estructural Granular Fresado	[in]	0,00
$SN_{efectivo}$	[in]	3,67	$SN_{requerido}$	[in]	6,32
Déficit Estructural	[in]	2,65	Déficit Estructural Total (+Fresado)	[in]	4,03

Alternativa 2			
Mezcla	Espesor/cm	Coeficiente Estructural	Aporte
SMA	5.0	0,24	0,47
MAM-25	17,0	0,54	3,61
$SN_{efectivo}$ de la estructura propuesta		[in]	6,38
Aumento de la nueva rasante en relación a la actual		[cm]	8.00

La Alternativa cumple parámetros admisibles según consideraciones de diseño – No requiere ajuste

Fuente: Informe CL-0431-25-623-01-04 Rev 0 del 10-04-2025 realizado por Inteinsa Pavimentos S.A.S.

5.7.2 Ajuste de alternativas según parámetros indicados

Dado que a lo largo del documento se han planteado diversos aspectos para tener en cuenta en el diseño, a continuación, se presenta un diseño de alternativas ajustadas, considerando no incrementar la cota final del pavimento:

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

Tabla 27. *Planteamiento de alternativa por metodología AASHTO-93 para el sector 1 - Avenida Las Vegas entre calles 12 sur (después del puente) y 16ª Sur – Calzada Occidental*

AVENIDA LAS VEGAS ENTRE CALLE 12 SUR (SALIDA DEL PUENTE) Y CALLE 16A SUR - CALZADA OCCIDENTAL					
SECTOR HOMOGÉNEO	LOCALIZACIÓN	ABSCISAS			
1	Entre calle 12 sur (salida del puente) hasta calle 16A sur	K0+000 - K0+350			
CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE					
Módulo resiliente de la subrasante (psi):		3549	(249.5kg/cm2)		
Módulo del material granular (kg/cm2):		1007.2			
Módulo de capas asfálticas existentes (kg/cm2):		14358			
Coeficiente estructura de mezcla asfáltica existente, a_i		0.20			
Espesor de mezcla asfáltica existente (cm)		20.0			
Espesor de granulares existentes (cm)		25			
Número estructural existente, SN eff		3.67			
NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO - AASHTO -93					
Confiabilidad:		90%			
So:		0.49			
ΔPSI:		2.2			
Tránsito de diseño (10 años) - N80 kN:		11,860,895			
Número estructural requerido		6.05			
NÚMERO ESTRUCTURAL FALTANTE - AASHTO -93					
Espesor de fresado considerado (cm):		21.0			
Número estructural de material fresado, SNfresado		1.61			
Espesor de mezcla remanente luego de fresado (cm):		0.0			
Número estructural remanente después de fresar:		2.06			
Uso estructural de las capas asfáltica remanentes:		-			
Espesor de granulares considerado para los análisis (cm):		24			
Número estructural faltante (aporte)		3.99			
ALTERNATIVAS ESTRUCTURALES					
No.	Tipo	Mezcla	Espesor mm	Coeficiente estructural a1	Total aporte estructural
1	Rodadura	MSC-19 Fibra	80	0.43	1.354
	Base	MAM-25	130	0.52	2.661
	Total espesor, mm:		210	Total aporte SN:	4.02
	Incremento de nivel de rasante, cm:		0.0	CUMPLE:	CUMPLE

Tabla 28. *Planteamiento de alternativa por metodología AASHTO-93 para el sector 2 – Conexión Glorieta de la calle 12 sur (La Aguacatala) a Avenida Las Vegas – Calzada Occidental*

CONEXIÓN GLORIETA CALLE 12 SUR CON AVENIDA LAS VEGAS - CALZADA OCCIDENTAL					
SECTOR HOMOGÉNEO	LOCALIZACIÓN	ABSCISAS			
2	Lazo Glorieta Aguacatala - Avenida Las Vegas	K0+000 - K0+250			
CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE					
Módulo resiliente de la subrasante (psi):		2758	(193.9 kg/cm2)		
Módulo del material granular (kg/cm2):		890.1			
Módulo de capas asfálticas existentes (kg/cm2):		12704			
ciente estructura de mezcla asfáltica existente, a_i		0.20			
Espesor de mezcla asfáltica existente (cm)		16.0			
Espesor de granulares existentes (cm)		64			
Número estructural existente, SN eff		4.87			
NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO - AASHTO -93					
Confiabilidad:		90%			
So:		0.49			
ΔPSI:		2.2			
Tránsito de diseño (10 años) - N80 kN:		14,233,076			
Número estructural requerido		6.67			
NÚMERO ESTRUCTURAL FALTANTE - AASHTO -93					
Espesor de fresado considerado (cm):		16.0			
Número estructural de material fresado, SNfresado		1.26			
Espesor de mezcla remanente luego de fresado (cm):		0.0			
Número estructural remanente después de fresar:		3.61			
Uso estructural de las capas asfáltica remanentes:		No se considera en el análisis			
Espesor de granulares considerado para los análisis (cm):		64			
Número estructural faltante (aporte)		3.06			
ALTERNATIVAS ESTRUCTURALES					
No.	Tipo	Mezcla	Espesor mm	Coeficiente estructural a1	Total aporte estructural
1	Rodadura	MSC-19 Fibra	70	0.43	1.185
	Base	MAM-25	90	0.63	2.232
	Total espesor, mm:		160	Total aporte SN:	3.42
	Incremento de nivel de rasante, cm:		0.0	CUMPLE:	CUMPLE

Tabla 29. *Planteamiento de alternativa por metodología AASHTO-93 para el sector 3 – Avenida Las Vegas entre calles 15 sur (Primax) y calle 17 sur (Diagonal 47A) – Calzada Oriental*

AVENIDA LAS VEGAS ENTRE CALLE 15 SUR Y CALLE 17 SUR - CALZADA ORIENTAL					
SECTOR HOMOGÉNEO	LOCALIZACIÓN	ABSCISAS			
3	Entre Calle 15 sur (Primas) y calle 17 sur (Diagonal 47A)	K0+049 - K0+350			
CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE					
Módulo resiliente de la subrasante (psi):		4357	(306.3 kg/cm2)		
Módulo del material granular (kg/cm2):		1127.7			
Módulo de capas asfálticas existentes (kg/cm2):		25156			
ıctura de mezcla asfáltica existente, a_i		0.20			
Espesor de mezcla asfáltica existente (cm)		15.0			
Espesor de granulares existentes (cm)		20			
Número estructural existente, SN eff		3.09			
NÚMERO ESTRUCTURAL REQUERIDO - AASHTO -93					
Confiabilidad:		90%			
So:		0.49			
ΔPSI:		2.2			
Tránsito de diseño (10 años) - N80 kN:		14,233,076			
Número estructural requerido		5.83			
NÚMERO ESTRUCTURAL FALTANTE - AASHTO -93					
Espesor de fresado considerado (cm):		22.0			
Número estructural de material fresado, SNfresado		1.40			
Espesor de mezcla remanente luego de fresado (cm):		0.0			
Número estructural remanente después de fresar:		1.69			
Uso estructural de las capas asfáltica remanentes:		No se considera en el análisis			
Espesor de granulares considerado para los análisis (cm):		13			
Número estructural faltante (aporte)		4.14			
ALTERNATIVAS ESTRUCTURALES					
No.	Tipo	Mezcla	Espesor mm	Coeficiente estructural a1	Total aporte estructural
1	Rodadura	MSC-19 Fibra	90	0.43	1.524
	Base	MAM-25	130	0.52	2.661
	Total espesor, mm:		220	Total aporte SN:	4.19
	Incremento de nivel de rasante, cm:		0.0	CUMPLE:	CUMPLE

Cada una de las estructuras se verifica mediante la evaluación de esfuerzos y deformaciones, para lo cual se establecen los siguientes parámetros admisibles, según lo indicado previamente:

- *Deformación radial o por tracción en la mezcla asfáltica. ε_t*

***Tabla 30.** Deformación radial admisible en la mezcla asfáltica*

Mezcla	Sector	$N_{80\ kN}$	Factor desplazamiento	ε_t admisible
SMA	Sector 1	11,860,895	18.4	**3.25.E-04**
MSC-19 Fibra			18.4	**1.31.E-04**
MAM-25			18.4	**1.39.E-04**
Mezcla existente			8.25	**2.90.E-04**
SMA	Sectores 2 y 3	14,233,076	18.4	**3.21.E-04**
MSC-19 Fibra			18.4	**1.26.E-04**
MAM-25			18.4	**1.37.E-04**

- *Deformación y esfuerzo por compresión en la subrasante, ε_z y σ_z*

***Tabla 31.** Deformación y esfuerzo admisible por compresión en la subrasante*

Sector homogéneo	E (psi)	E (kg/cm²)	$N_{80\ kN}$	σ_z (kg/cm²)	σ_z (MPa)	ε_z
Sector 1 - Calz. Occidental	3,549	249.5	11,860,895	0.29346	**0.0288**	**3.578E-04**
Sector 2 - Conexión Glorieta - Las Vegas - C.Occidental	2,758	193.9	14,233,076	0.22595	**0.0222**	**3.419E-04**
Sector 3 - Calzada Oriental	4,357	306.3	14,233,076	0.35695	**0.0350**	**3.419E-04**

En resumen, las alternativas a evaluar son las siguientes:

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

Tabla 32. *Alternativas iniciales para revisión de esfuerzos y deformaciones – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y calle 17 sur - Medellín*

RESUMEN DE INTERVENCIONES INICIALES PROPUESTAS EN TRAMOS DE REHABILITACIÓN AVENIDA LAS VEGAS ENTRE CALLES 12 SUR Y 17 SUR - MEDELLÍN												
Sector homomgéneo				Alter-nativa	Retiro de capas asfálticas y granulares, cm	Mezcla asfáltica remanente considerada, cm	Tratamiento superficie actual o remanente después de fresar	Mezcla asfáltica		Espesor total (cm)	Incre-mento cota, (cm)
Calzada	No.	Descripción	Abscisa					Base	Rodadura		
								MAM-25	MSC-19 con fibra		
Occidental	1	Avda. Las Vegas entre Calle 12 sur (después del puente) y la Calle 16A Sur	K0+000 a K0+350	1	21.0	0.0	Retiro de mezcla remanente suelta y compactación superficial de granular. En sectores con mezcla remanente: parcheo de fallos y sello de grietas	13.0	8.0	21.0	0.0
	2	Conexión entre glorieta calle 12 sur (La Aguacatala) y Avda. Las Vegas	K0+000 a K0+250	1	16.0	0.0		9.0	7.0	16.0	0.0
Oriental	3	Avenida Las Vegas entre Calle 15 sur (Primax) y calle 17 sur (diagonal 47A)	K0+049 a K0+350	1	22.0	0.0		13.0	9.0	22.0	0.0

El resultado de la verificación elástica se resume en la tabla siguiente, donde se puede apreciar para cada condición que la relación de los valores actuantes sobre los admisibles, denominada como consumo de fatiga, se excede el 100% en algunos casos, los cuales se presentan resaltados en rojo y requieren ajuste, por lo que se presenta la estructura ajustada (valores en verde) y validada.

Tabla 33. *Verificación de esfuerzos y deformaciones para cada sector. Alternativas iniciales y ajustadas – Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y calle 17 sur – Medellín*

SECTOR	ALTER-NATIVA	CAPA	ESPESOR cm	PARÁMETRO	VALOR DE SERVICIO	VALOR ADMISIBLE	CONSUMO (Vs/Vadm) x 100	RESERVA (100 - CONSUMO)
SECTOR 1	1	MSC-19 Fibra	8.0	ε_t	3.75E-05	-1.31E-04	-28.63	128.63
		MAM-25	13.0	ε_t	-1.45E-04	-1.39E-04	104.32	-4.32
		Subrasante	-	ε_z	3.79E-04	3.58E-04	105.91	-5.91
			-	σ_z (kg/cm2)	1.34E-01	0.2935	45.52	54.48
SECTOR 1	1 AJUSTADA	MSC-19 Fibra	9.0	ε_t	2.77E-05	-1.31E-04	-21.15	121.15
		MAM-25	13.0	ε_t	-1.37E-04	-1.39E-04	98.56	1.44
		Subrasante	-	ε_z	3.56E-04	3.58E-04	99.49	0.51
			-	σ_z (kg/cm2)	0.12746	0.2935	43.43	56.57

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

SECTOR	ALTER-NATIVA	CAPA	ESPESOR cm	PARÁMETRO	VALOR DE SERVICIO	VALOR ADMISIBLE	CONSUMO (Vs/Vadm) x 100	RESERVA (100 - CONSUMO)
SECTOR 2	1	MSC-19 Fibra	7.0	ε_t	4.09E-05	-1.26E-04	-32.46	132.46
		MAM-25	9.0	ε_t	-1.87E-04	-1.37E-04	136.50	-36.50
		Subrasante	-	ε_z	3.72E-04	3.42E-04	108.80	-8.80
			-	σ_z (kg/cm2)	0.08555	0.2259	37.86	62.14
SECTOR 2	1 AJUSTADA	MSC-19 Fibra	8.0	ε_t	3.43E-05	-1.26E-04	-27.22	127.22
		MAM-25	13.0	ε_t	-1.35E-04	-1.37E-04	98.54	1.46
		Subrasante	-	ε_z	2.77E-04	3.42E-04	81.02	18.98
			-	σ_z (kg/cm2)	0.06567	0.2259	29.06	70.94
SECTOR 3	1	MSC-19 Fibra	9.0	ε_t	2.69E-05	-1.26E-04	-21.35	121.35
		MAM-25	13.0	ε_t	-1.38E-04	-1.37E-04	100.73	-0.73
		Subrasante	-	ε_z	3.43E-04	3.42E-04	100.32	-0.32
			-	σ_z (kg/cm2)	0.16519	0.3569	46.28	53.72
SECTOR 3	1 AJUSTADA	MSC-19 Fibra	10.0	ε_t	-9.28E-07	-1.26E-04	0.74	99.26
		MAM-25	13.0	ε_t	-1.31E-04	-1.37E-04	95.62	4.38
		Subrasante	-	ε_z	3.20E-04	3.42E-04	93.60	6.40
			-	σ_z (kg/cm2)	0.15703	0.3569	43.99	56.01

Tal como se observa en la tabla anterior, algunas de las estructuras iniciales no cumplen con los valores admisibles de deformación en la subrasante, por lo que se hace un ajuste y una nueva verificación (Espesores ajustados se resaltan en verde).

Las memorias de cálculo de los esfuerzos y deformaciones actuantes, que fueron obtenidos mediante el software DEPAV, se presentan en el anexo C.

5.8 RESUMEN DE LAS INTERVENCIONES PROPUESTAS

Finalmente, luego de verificar los espesores dimensionados a través de la metodología AASHTO 1993 y mediante el método racional, se realizaron ajustes con el fin de no exceder los parámetros de control:

El resumen de las alternativas obtenidas para los diferentes sectores. se presenta a continuación:

Tabla 34. *Alternativas ajustadas– Avenida Las Vegas entre calles 12 sur y calle 17 sur – Medellín*

RESUMEN DE INTERVENCIONES FINALES PROPUESTAS EN TRAMOS DE REHABILITACIÓN AVENIDA LAS VEGAS ENTRE CALLES 12 SUR Y 17 SUR - MEDELLÍN											
Sector homomgéneo				Alter-nativa	Retiro de capas asfálticas y granulares, cm	Mezcla asfáltica remanente considerada, cm	Tratamiento superficie actual o remanente después de fresar	Mezcla asfaltica		Espesor total (cm)	Incre-mento cota, (cm)
								Base	Rodadura		
Calzada	No.	Descripción	Abscisa					MAM-25	MSC-19 con fibra		
Occidental	1	Avda. Las Vegas entre Calle 12 sur (después del puente) y la Calle 16A Sur	K0+000 a K0+350	1	22.0	0.0	Retiro de mezcla remanente suelta y compactación superficial de granular. En sectores con mezcla remanente: parcheo de fallos y sello de grietas	13.0	9.0	22.0	0.0
	2	Conexión entre glorieta calle 12 sur (La Aguacatala) y Avda. Las Vegas	K0+000 a K0+250	1	22.0	0.0		13.0	9.0	22.0	0.0
Oriental	3	Avenida Las Vegas entre Calle 15 sur (Primax) y calle 17 sur (diagonal 47A)	K0+049 a K0+350	1	23.0	0.0		13.0	10.0	23.0	0.0

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para las actividades previstas, se atenderá todo lo enunciado en las Especificaciones generales de construcciones de carreteras del ***INVIAS 2022.*** *Se requieren diseños de mezclas actualizados, además se sugiere realizar la caracterización dinámica de la mezcla, que permita establecer su módulo y su ley de fatiga y realizar los ajustes que sean necesarios.*

Los materiales para usar en la estructura se identifican de la siguiente manera:

- *Mezcla asfáltica tipo MSC-19 con fibra, para rodadura para NT3, según Invías, artículo 450-22*

- *Mezcla asfáltica tipo MAM-25 como capa de base para NT3, según Invías, artículo 450-22*

Todos los materiales que se usen para la construcción de la estructura vial deberán cumplir con los requisitos de calidad establecidos en las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras del INVÍAS, versión 2022 para niveles de tránsito NT3 y se deberán realizar los controles allí exigidos, con la frecuencia normalizada.
Es necesario garantizar una rápida evacuación de las aguas superficiales en todas las etapas de la construcción, mediante la implementación de cunetas y obras provisionales que eviten el encharcamiento y la alteración de los materiales.

Los resultados de los análisis realizados, muestran un vía afectada superficialmente, viéndose comprometida la capacidad estructural del pavimento, lo cual se está reflejando en agrietamientos por fatiga, deformaciones y reparaciones, con severidad media y alta. Con base en esto, se plantea dentro de las recomendaciones de intervención, el retiro total o parcial de la carpeta asfáltica existente, según las condiciones encontradas en cada caso.

Se definen tres (3) sectores homogéneos, de acuerdo a su condición estructural evidenciada, así:

- *Sector 1: k0+000-k0+350. Calzada occidental de la avenida Las Vegas entre calle 12 sur (saliendo del puente) hasta la calle 16ª sur*
- *Sector 2: k0+000-k0+250. Calzada occidental – conexión de la glorieta de la calle 12 sur (La Aguacatala) con la Avenida Las Vegas.*

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

- *Sector 3: k0+049-K0+350. Calzada oriental de la Avenida Las Vegas entre la calle 15 sur (Primax) y la calle 17 sur (diagonal 47ª).*

El tránsito de diseño establecido para el período de diseño de 10 años parece alto al contrastar con las observaciones directas de campo, por lo que se recomienda hacer una evaluación de un aforo corto, que permita validar o ajustar el parámetro, dado que el valor de diseño considerado desde el estudio previo, fue de 25'033,814 ejes equivalentes de 80 kN en el carril de diseño.

En la revisión realizada al diseño suministrado, identificado como CL-0431-25-623-01-04 Rev 0 del 10-04-2025, se han encontrado algunos aspectos, que esta consultoría considera, deben ser ajustados, tales como:

- *Revisión del tránsito de diseño*
- *Expresiones empleadas para establecer el módulo de las capas granulares y asfálticas.*
- *Parámetros de evaluación a partir de la metodología AASHTO-93*
- *Metodología empleada para determinar módulo resiliente de subrasante, número estructural efectivo, pues no es claro el uso de las deflexiones para este fin y no se presentan memorias de cálculo.*
- *Sectorización del tramo por condiciones estructurales evidenciadas.*
- *Ajuste de módulos de las mezclas para las condiciones de operación de la vía y materiales disponibles.*
- *Criterios de evaluación elástica, referentes a la fricción de capas granulares con subrasante, situación que cambia considerablemente los resultados de la deformación por compresión de la subrasante.*

Así mismo, se recomienda realizar una evaluación de campo, previa a la intervención, donde se validen los espesores de las capas granulares y asfálticas existentes, encontradas en la exploración de campo del diseño existente, con el fin de minimizar la incertidumbre.

Se analizan diferentes alternativas de intervención y se plantea como adecuadas: el refuerzo previo fresado de la capa superficial de mezcla asfáltica y reposición de mezclas, empleando MSC-19 con fibra y MAM-25, según lo solicitado.

Debe tenerse en cuenta que se ha considerado un espesor de fresado promedio para cada tramo, sin embargo, algunos sectores pueden presentar algunos valores

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

inferiores y puede exponerse el material granular existente. Cuando se presente esta situación, debe garantizarse que se mantienen las condiciones del material granular, evitando su humedecimiento.

También debe tenerse el cuidado de sellar las grietas y reparar los daños remanentes después de fresar. .

Dado que las alternativas planteadas, generan incrementos de cota, debe garantizarse una transición adecuada, excavando la estructura propuesta, en un desarrollo longitudinal de aproximadamente 10 metros, con el fin de no disminuir la estructura requerida para atender el tránsito previsto. Además, debe garantizarse el adecuado drenaje superficial de la vía, garantizando que el agua llega a las estructuras de drenaje existentes.

Tal como es bien sabido, los resultados obtenidos en el diseño, deben ser sólo una guía para el constructor, quien debe hacer los ajustes necesarios y oportunos, a medida que avanza el trabajo.

En el proceso de fresado y retiro de la capa asfáltica, se requiere revisar la superficie remanente después de realizar la actividad, garantizando que los daños que permanezcan sean tratados previamente a la colocación de nuevas mezclas mediante bacheos profundos y en caso de ser expuesta la grava, debe hacerse un trabajo de recompactación de la misma. En caso de que la superficie expuesta al realizar el fresado, presente desprendimiento de capas asfálticas remanentes delgadas, se recomienda su retiro, dado que estas capas tan delgadas puede generar superficies débiles.

Adicionalmente, se sugiere revisar periódicamente la presencia de la capa de grava remanente, en el espesor considerado en el diseño, para lo cual se sugiere realizar exploraciones de campo previo al inicio del proceso de construcción.

De cualquier manera, las obras de pavimentación deberán precaver la acción del agua y evitar la alteración de los materiales que se expongan mediante los fresados, debido a la acción del agua y tránsito.

Se requieren todos los datos de producción actualizados, para asegurar que los materiales que se empleen cumplan los requisitos de calidad establecidos en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del INVÍAS 2022.

Antes de iniciar el trabajo de campo, deben definirse los ensayos y controles a realizar, la periodicidad, la forma de presentación, los responsables del trabajo y todo lo necesario, con el objeto de planear y coordinar personal y equipos, de tal forma que se obtengan rápidamente los datos necesarios.

La durabilidad de las mezclas asfáltica en rodadura no solo depende del diseño estructural adelantado, sino de las condiciones medioambientales, el tipo y calidad de los asfaltos utilizados, los cambios que pudiesen presentarse en el tipo y cargas permitidos para los vehículos en el tiempo y el mantenimiento de la vía principalmente.

El éxito de estos procesos radica en un control preciso de todos los parámetros involucrados, por lo que debe exigirse al constructor una infraestructura suficiente.

Los tramos en los que cambien las características de los materiales encontrados o los espesores de los mismos, deben ser revisados cuidadosamente, evaluando mediante ensayos de campo y laboratorio su comportamiento.

Cualquier cambio que se presente durante la ejecución de la obra, relacionado con los diseños ejecutados, deberá ser informado oportunamente a esta oficina, para realizar los ajustes a que haya lugar.

En caso de que se requiere tratar zonas mediante parcheos o bacheos, con o sin capas de pavimento continuas sobre ellos, se establecen las recomendaciones para realizar los parcheos estructurales:

- *La geometría de las zonas a intervenir debe ser de ángulos rectos y su tamaño debe ser tal que sea posible operar una máquina compactadora adecuada para los espesores a compactar, trabajando cómodamente.*

- *Las marcas deberán hacerse por fuera de las zonas falladas, por lo menos 0,30 metros, eliminando zonas débiles alrededor de los fallos.*

- *En lo posible, si hay fallos a lado y lado del eje, se recomienda tratar todo el ancho de la calzada.*

- *Se debe eliminar la grava de apoyo que se encuentre contaminada o excesivamente húmeda y remplazarla por materiales de base granular tipo Invias 2013. Si se definen pequeñas áreas y no puede lograrse el 100% de la densidad*

de la base granular, se recomienda colocar por lo menos 0,15 m de mezcla asfáltica.

- *Cuando se tiene un espesor igual o menor a 0,15 metros en la caja del bacheo, se deberá rellenar totalmente con mezcla asfáltica apropiada.*

- *El control de calidad de los parcheos o bacheos, deberá incluir la extracción de núcleos para medición de espesores y densidad, conforme la norma Invias 2022. Esto debe hacerse antes de la colocación de las capas asfálticas continuas, cuando aplique.*

- *Especial tratamiento requieren los parcheos existentes y que ya presentan lesiones evidentes, pues será necesario establecer el motivo de la falla reiterada, antes de volver a incurrir en el mismo problema. Si se requiere deberá realizarse un apique y si no se encuentra el problema o no se autoriza un tratamiento seguro, sería preferible no adelantar el trabajo, dado la incertidumbre del comportamiento futuro.*

- *En general, deberán seguirse con detalle las Especificaciones Generales de Carreteras Invias 2022*

Todo lo anterior deberá ser confrontado y complementado con las observaciones de campo durante la construcción y en caso de situaciones no previstas en este informe, deberá avisarse a esta oficina.

7. LIMITACIONES

El presente estudio se basa en la información disponible al momento, tanto de tránsito como las exploraciones y mediciones realizadas y la información de las mezclas asfálticas a emplear. Cualquier cambio en dicha información implica cambios en los diseños.

La información de tránsito disponible data del año 2010, por lo que debe ser verificado en detalle su vigencia, lo que está por fuera del alcance de este estudio.

Las observaciones, opiniones y recomendaciones presentadas, se basan en la experiencia y conocimientos de los profesionales que apoyan este trabajo.

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *Ara Inc, Eres Consultants Division (March 2004). Guide for mechanistic – empirical design of new and rehabilitated pavement structures. Final report, Part 2, Chapter 2, Champaign, Illinois.*
- *Instituto Nacional de Vías, Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras, Segunda Ed. Bogotá, 2008.*
- *Instituto Nacional de Vías. Especificaciones generales para construcción de carreteras. Bogotá, 2022*
- *AASTHO, American Association of State Highway and Transportation Officials. Guide for design of pavement structures 1993. Washington D.C., 1993*
- *Serrano Lean, Jorge. Auscultación de las características estructurales. Deflectómetros de impacto. Centro de Estudios de Carreteras, CEDEX, 2002*
- *Fernando Sánchez Sabogal, Fernando; Campagnoli Martínez, Sandra Ximena. Pavimentos asfálticos de carreteras: guía Práctica para los estudios y diseños.- Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2016.*

ANEXOS

A. *DETERMINACIÓN DE MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE Y NÚMERO ESTRUCTURAL EFECTIVO*
B. *DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE CAPAS GRANULARES Y ASFÁLTICAS*
C. *VERIFICACIÓN DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES*

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

ANEXO A

DETERMINACIÓN DE MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE Y NÚMERO ESTRUCTURAL EFECTIVO

DEFLEXIONES MEDIDAS

(c) ROAD SYSTEM 2018, Metric

Client Code:	Inteinsa Pavimentos S.A.S.
Road number:	Malla vial Medellín
Name of Client:	Inteinsa Pavimentos S.A.S.
Districtnumber:	Medellín, Ant
Road reference:	-
Start reference:	K0+000 calle 10
Date (dd/mm/yy):	21/03/2025
FWD Number:	Evaltech (1109-445)
Load plate radius [mm]	150

	R(2)	R(3)	R(4)	R(5)	R(6)	R(7)	R(9)	R(11)	R(12)	R(14)
Radial offset [cm]	0	20	30	45	60	90	120	150	180	210
Tolerance [%]	5	5	5	5	5	5	10	10	10	10
Correction [%]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Filter ON:	60 Hz									

MEDICIÓN DE DEFLEXIONES
DEFLEXIONES MALLA VIAL MUNICPIO DE MEDELLÍN
AV. LAS VEGAS ENTRE CALLES 12SUR Y 16A SUR – CALZADA OCCIDENTAL

Localización del punto		Coordenadas		Caída	Deflexiones (µm)										Carga kN	Esfuerzo kPa	Temperatura(°C)			Tiempo de Pulso (ms)	Observaciones
Carril	Abscisa	Latitud	l		D(2)	D(3)	D(4)	D(5)	D(6)	D(7)	D(9)	D(11)	D(12)	D(14)			Sup.	Aire	Man		
Externo	K2+200	6.193352	-75.579962	1	537.9	468.8	412.1	327.0	273.5	169.6	109.7	74.7	54.0	40.2	40.07	566.9	25.4	24.7	25.4	26.3	Después de puente
				2	513.1	445.6	394.4	313.2	261.2	163.6	105.9	72.1	53.0	39.5	38.55	545.4	25.4	24.7	25.4	26.3	
Externo	K2+300	6.192465	-75.580170	1	136.7	123.6	115.5	102.9	93.2	72.9	54.0	39.9	29.9	20.3	38.81	549.0	25.7	24.8	25.4	25.5	
				2	142.7	128.6	120.0	106.8	97.2	75.4	56.4	41.5	30.8	21.0	40.21	568.8	25.7	24.8	25.4	25.8	
Externo	K2+401	6.191540	-75.580268	1	137.3	108.5	96.6	83.1	75.1	56.8	41.5	33.5	27.3	21.7	38.51	544.8	25.7	25.2	25.4	26.0	
				2	145.0	110.5	99.0	85.1	75.8	57.7	43.3	34.5	28.1	22.2	39.45	558.1	25.7	25.2	25.4	25.8	
Externo	K2+500	6.190657	-75.580375	1	345.9	296.5	268.2	224.4	194.1	122.7	79.5	55.0	42.9	31.2	38.90	550.3	25.7	25.0	25.4	25.8	Tienda Domini Mercados
				2	347.0	301.3	272.5	227.9	196.6	124.6	80.8	55.9	42.1	30.8	39.77	562.6	25.7	25.0	25.4	26.0	
Interno	K2+250	6.192835	-75.579993	1	417.8	368.3	333.1	278.2	240.5	160.2	105.4	72.9	53.1	38.6	39.61	560.4	26.3	25.4	25.4	26.5	Después de puente
				2	416.3	364.5	329.7	275.9	238.9	158.4	105.9	72.9	53.0	38.5	39.53	559.2	26.3	25.4	25.4	26.3	
Interno	K2+351	6.191930	-75.580142	1	377.9	301.9	260.3	196.6	154.4	108.4	75.4	54.2	42.5	31.2	40.19	568.6	26.2	25.4	25.4	25.8	
				2	361.1	289.3	250.6	189.5	148.7	105.1	73.1	53.1	40.9	29.9	38.67	547.1	26.2	25.4	25.4	26.0	
Interno	K2+450	6.191052	-75.580283	1	113.3	100.1	92.8	85.7	79.4	66.6	52.0	43.2	35.0	26.5	38.48	544.4	26.4	25.6	25.4	26.0	
				2	112.5	100.7	92.9	85.7	81.1	66.6	52.1	42.8	34.4	25.8	38.64	546.6	26.4	25.6	25.4	25.5	
Interno	K2+552	6.190200	-75.580522	1	369.6	334.2	302.7	254.5	220.8	150.1	94.4	66.7	48.4	34.9	40.26	569.6	26.3	25.5	25.4	26.0	
				2	365.0	321.0	290.4	244.5	213.7	144.6	91.5	63.8	45.5	33.2	39.22	554.9	26.2	25.4	25.4	26.3	

MEDICIÓN DE DEFLEXIONES
DEFLEXIONES MALLA VIAL MUNICPIO DE MEDELLÍN
AV. LAS VEGAS ENTRE CALLES 15SUR Y 17 SUR – CALZADA ORIENTAL

Localización del punto		Coordenadas		Caída	Deflexiones (µm)										Carga kN	Esfuerzo kPa	Temperatura(°C)			Tiempo de Pulso (ms)	Observaciones
Carril	Abscisa	Latitud	Longitud		D(2)	D(3)	D(4)	D(5)	D(6)	D(7)	D(9)	D(11)	D(12)	D(14)			Sup.	Aire	Man		
Externo	K2+298	6.192367	-75.580000	1	201.4	174.5	155.6	132.2	118.1	88.8	65.9	52.7	42.2	31.4	39.31	556.1	26.0	25.7	25.4	26.3	
				2	191.4	167.9	149.6	127.1	113.2	86.1	64.2	50.9	40.4	30.4	38.24	540.9	26.0	25.7	25.4	26.0	
Externo	K2+400	6.191438	-75.580072	1	250.6	217.5	191.4	159.2	133.4	100.1	70.9	53.9	41.2	29.8	39.49	558.7	26.0	25.7	25.4	26.0	
				2	237.1	208.1	183.4	152.7	128.7	95.4	66.8	51.3	39.4	27.8	37.96	537.0	26.0	25.7	25.4	25.5	
Externo	K2+500	6.190533	-75.580262	1	261.9	223.6	199.4	165.7	140.6	104.1	75.9	60.8	49.0	37.5	38.34	542.4	25.8	25.7	25.4	25.8	
				2	271.4	232.8	207.6	172.7	145.9	109.4	80.1	63.8	51.1	39.5	39.62	560.6	25.8	25.7	25.4	26.5	
Interno	K2+249	6.192798	-75.580008	1	441.4	373.8	337.8	270.2	238.1	159.2	103.3	72.5	51.2	36.5	38.05	538.3	25.3	24.8	25.4	26.5	Después de puente
				2	447.3	382.1	345.1	276.2	248.3	162.5	105.3	73.7	52.7	36.7	39.17	554.2	25.3	24.8	25.4	26.5	
Interno	K2+349	6.191872	-75.580157	1	436.8	357.0	303.6	221.4	187.8	118.5	78.9	60.4	50.1	36.9	39.26	555.4	25.2	24.9	25.4	26.0	
				2	434.1	355.5	302.5	220.2	185.1	119.8	79.2	60.9	48.8	36.8	39.14	553.7	25.2	24.9	25.4	26.5	
Interno	K2+449	6.190962	-75.580192	1	152.4	134.7	124.2	102.6	99.6	80.9	64.5	52.7	43.5	34.2	39.63	560.7	25.2	24.9	25.4	26.3	Farmacéutica Farmatodo
				2	143.9	128.3	118.3	98.9	96.5	77.1	60.8	50.1	41.7	32.0	38.24	541.0	25.2	24.9	25.4	25.8	
Interno	K2+550	6.190085	-75.580437	1	286.7	233.3	211.6	169.8	158.4	114.6	82.6	62.0	47.3	34.6	38.32	542.1	25.0	24.7	25.4	25.8	
				2	285.0	235.9	213.5	173.5	159.6	116.2	84.1	62.6	47.5	34.7	38.59	545.9	25.0	24.7	25.4	26.5	

MEDICIÓN DE DEFLEXIONES
DEFLEXIONES MALLA VIAL MUNICPIO DE MEDELLÍN
ACCESOS GLORIETA LA AGUACATALA - CALZADA OCCIDENTAL

Localización del punto		Coordenadas		Caída	Deflexiones (µm)										Carga kN	Esfuerzo kPa	Temperatura(°C)			Tiempo de Pulso (ms)	Observaciones
Carril	Abscisa	Latitud	Longitud		D(2)	D(3)	D(4)	D(5)	D(6)	D(7)	D(9)	D(11)	D(12)	D(14)			Sup.	Aire	Man		
Externo	K0+390	6.194318	-75.579882	1	727.6	635.9	553.2	436.3	362.4	229.6	144.8	96.8	68.1	47.8	38.37	542.8	22.7	22.7	22.6	26.3	
				2	766.1	673.7	587.1	464.6	389.2	245.8	155.1	104.0	73.7	51.9	40.89	578.4	22.7	22.7	22.6	26.3	
Externo	K0+490	6.193462	-75.580028	1	258.5	191.2	164.8	122.7	96.3	61.0	42.2	32.6	26.7	20.2	42.15	596.3	22.7	22.4	22.6	25.8	
				2	255.9	189.4	163.2	121.9	93.8	61.1	42.0	32.8	26.6	20.3	41.95	593.5	22.7	22.4	22.6	25.5	
Externo	K0+590	6.192570	-75.580217	1	309.5	258.8	235.7	195.7	163.2	115.0	77.5	55.7	42.1	30.6	38.99	551.6	22.7	22.3	22.6	25.3	
				2	325.4	276.9	251.8	208.7	172.4	123.0	83.0	60.2	45.2	33.0	41.52	587.4	22.7	22.3	22.6	25.5	
Interno	K0+440	6.193908	-75.579847	1	312.0	300.5	283.6	258.0	239.0	184.1	136.2	100.3	73.3	50.2	39.76	562.5	23.1	22.6	22.6	26.0	
				2	313.9	299.9	283.8	258.1	239.3	184.8	136.5	100.8	73.5	50.5	39.84	563.6	23.1	22.6	22.6	25.8	
Interno	K0+540	6.193065	-75.580073	1	153.4	111.9	100.9	86.8	78.7	59.3	43.9	33.0	25.6	18.5	40.06	566.7	23.0	22.4	22.6	25.3	Bosques de la Aguacatala
				2	154.3	111.3	100.3	86.7	78.4	59.6	44.1	33.2	25.9	18.8	39.84	563.7	23.0	22.4	22.6	25.3	

DEFLEXIONES NORMALIZADAS POR CARGA Y TEMPERATURA

DEFLEXIONES NORMALIZADAS A 40KN Y 20°C

MALLA VIAL MUNICIPIO DE MEDELLÍN -AV. LAS VEGAS ENTRE CALLES 12SUR Y 16A SUR – CALZADA OCCIDENTAL

Localización		Deflexiones normalizadas por carga (µm)										Temperatura(°C)			Temperatura Pav. (°F)	Temperatura de normalización (°C)	Espesor mezcla asfáltica (cm)	Factor de corección por temperatura	Deflexiones máximas normalizadas por carga y temperatura (µm)
Abscisa	Carril	D(2)	D(3)	D(4)	D(5)	D(6)	D(7)	D(9)	D(11)	D(12)	D(14)	Sup.	Aire	Man.					D(1)
K0+000	Externo	532.3	462.4	409.2	324.9	271.0	169.8	109.8	74.8	55.0	41.0	25.4	24.7	25.4	78	20	20.0	0.906	482.4
K0+050	Interno	421.3	368.8	333.7	279.2	241.8	160.3	107.2	73.8	53.6	39.0	26.3	25.4	25.4	78	20	20.0	0.906	381.8
K0+100	Externo	142.0	127.9	119.4	106.3	96.7	75.0	56.2	41.3	30.6	20.9	25.7	24.8	25.4	78	20	20.0	0.906	128.7
K0+151	Interno	373.5	299.3	259.2	196.0	153.8	108.7	75.6	54.9	42.3	30.9	26.2	25.4	25.4	78	20	20.0	0.906	338.4
K0+201	Externo	147.0	112.1	100.3	86.3	76.9	58.5	43.9	35.0	28.5	22.5	25.7	25.2	25.4	78	20	20.0	0.906	133.2
K0+250	Interno	116.4	104.2	96.2	88.7	83.9	69.0	53.9	44.3	35.6	26.8	26.4	25.6	25.4	78	20	20.0	0.906	105.5
K0+300	Externo	349.0	303.1	274.0	229.2	197.7	125.3	81.3	56.2	42.4	30.9	25.7	25.0	25.4	78	20	20.0	0.906	316.3
K0+352	Interno	372.2	327.3	296.2	249.4	218.0	147.4	93.4	65.0	46.4	33.8	26.2	25.4	25.4	78	20	20.0	0.906	337.4

DEFLEXIONES NORMALIZADAS A 40KN Y 20°C

MALLA VIAL MUNICIPIO DE MEDELLÍN - ACCESO GLORIETA LA AGUACATALA - CALZADA OCCIDENTAL

Localización		Deflexiones normalizadas por carga (µm)										Temperatura(°C)			Temperatura Pav. (°F)	Temperatura de normalización (°C)	Espesor mezcla asfáltica (cm)	Factor de corección por temperatura	Deflexiones máximas normalizadas por carga y temperatura (µm)
Abscisa	Carril	D(2)	D(3)	D(4)	D(5)	D(6)	D(7)	D(9)	D(11)	D(12)	D(14)	Sup.	Aire	Man.					D(1)
K0+010	Externo	749.5	659.1	574.3	454.6	380.8	240.5	151.7	101.8	72.1	50.7	22.7	22.7	22.6	73	20	16.0	0.958	717.7
K0+060	Interno	315.1	301.1	284.9	259.1	240.3	185.5	137.1	101.2	73.8	50.7	23.1	22.6	22.6	73	20	16.0	0.958	301.8
K0+110	Externo	244.0	180.6	155.6	116.3	89.4	58.3	40.0	31.2	25.3	19.3	22.7	22.4	22.6	73	20	16.0	0.958	233.7
K0+160	Interno	154.9	111.7	100.7	87.1	78.8	59.8	44.2	33.3	26.0	18.8	23.0	22.4	22.6	73	20	16.0	0.958	148.3
K0+210	Externo	313.5	266.7	242.5	201.1	166.1	118.5	80.0	58.0	43.5	31.8	22.7	22.3	22.6	73	20	16.0	0.958	300.2

DEFLEXIONES NORMALIZADAS A 40KN Y 20°C

MALLA VIAL MUNICIPIO DE MEDELLÍN - AV. LAS VEGAS ENTRE CALLES 12SUR Y 17 SUR – CALZADA ORIENTAL

Localización		Deflexiones normalizadas por carga (µm)										Temperatura(°C)			Temperatura Pav. (°F)	Temperatura de normalización (°C)	Espesor mezcla asfáltica (cm)	Factor de corección por temperatura	Deflexiones máximas normalizadas por carga y temperatura (µm)
Abscisa	Carril	D(2)	D(3)	D(4)	D(5)	D(6)	D(7)	D(9)	D(11)	D(12)	D(14)	Sup.	Aire	Man.					D(1)
K0+049	Interno	456.7	390.1	352.3	282.0	253.6	165.9	107.5	75.3	53.8	37.5	25.3	24.8	25.4	78	20	15.0	0.921	420.7
K0+098	Externo	200.2	175.7	156.5	133.0	118.5	90.1	67.1	53.3	42.2	31.8	26.0	25.7	25.4	78	20	15.0	0.921	184.4
K0+149	Interno	443.7	363.3	309.2	225.1	189.2	122.4	80.9	62.2	49.9	37.6	25.2	24.9	25.4	78	20	15.0	0.921	408.7
K0+200	Externo	249.9	219.3	193.3	160.9	135.6	100.5	70.3	54.0	41.5	29.2	26.0	25.7	25.4	78	20	15.0	0.921	230.2
K0+249	Interno	150.5	134.2	123.8	103.5	101.0	80.7	63.6	52.4	43.6	33.5	25.2	24.9	25.4	78	20	15.0	0.921	138.7
K0+300	Externo	274.0	235.1	209.6	174.3	147.3	110.5	80.9	64.4	51.6	39.9	25.8	25.7	25.4	78	20	15.0	0.921	252.4
K0+350	Interno	295.4	244.5	221.3	179.8	165.5	120.4	87.2	64.9	49.2	36.0	25.0	24.7	25.4	78	20	15.0	0.921	272.1

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE Y NÚMERO ESTRUCTURAL EFECTIVO

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE - MÓDULO EFECTIVO DEL PAVIMENTO - NÚMERO ESTRUCTURAL EXISTENTE
MALLA VIAL MUNICIPIO DE MEDELLÍN - AV. LAS VEGAS ENTRE CALLES 12SUR Y 16A SUR – CALZADA OCCIDENTAL

Localización		Espesor carpeta (cm)	Espesor granulares (cm)	Espesor estructura pavimento D (pulg)	do (µm)	r (cm)	dr (µm)	Carga Aplicada P (lbf)	r (pulg)	dr (pulg)	MR Retrocálculo (psi)	do (pulg)	a (pulg)	p (psi)	Ep (psi)	Módulo resiliente de la subrasante corregido			SNeff AASHTO-93
Descripción	Abscisa															MR (Psi)	MR (kg/cm2)	MR (MPa)	
Externo	K0+000	20.0	25.0	17.72	465.0	90	163.6	8666.80	35.43	0.006442	9638.2	0.018305	5.91	79.10	76052.9	3373.4	237.2	23.3	3.38
Interno	K0+050	20.0	25.0	17.72	377.3	90	158.4	8886.52	35.43	0.006235	10210.8	0.014854	5.91	81.11	111600.1	3573.8	251.3	24.6	3.84
Externo	K0+100	20.0	25.0	17.72	129.3	90	75.4	9038.88	35.43	0.002968	21820.1	0.005092	5.91	82.50	461242.1	7637.0	536.9	52.7	6.16
Interno	K0+151	20.0	25.0	17.72	327.2	90	105.1	8693.94	35.43	0.004139	15048.2	0.012882	5.91	79.35	101067.5	5266.9	370.3	36.3	3.71
Externo	K0+201	20.0	25.0	17.72	131.4	90	57.7	8868.00	35.43	0.002272	27961.9	0.005172	5.91	80.94	333458.0	9786.7	688.1	67.5	5.53
Interno	K0+250	20.0	25.0	17.72	101.9	120	52.1	8685.87	47.24	0.002050	22764.8	0.004013	5.91	79.28	675499.2	7967.7	560.2	54.9	7.00
Externo	K0+300	20.0	25.0	17.72	314.5	90	124.6	8940.25	35.43	0.004905	13058.1	0.012380	5.91	81.60	127997.8	4570.3	321.3	31.5	4.02
Interno	K0+352	20.0	25.0	17.72	330.8	90	144.6	8817.25	35.43	0.005691	11099.6	0.013023	5.91	80.48	131036.3	3884.9	273.1	26.8	4.05

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE - MÓDULO EFECTIVO DEL PAVIMENTO - NÚMERO ESTRUCTURAL EXISTENTE
MALLA VIAL MUNICIPIO DE MEDELLÍN - ACCESO GLORIETA LA AGUACATALA - CALZADA OCCIDENTAL

Localización		Espesor carpeta (cm)	Espesor granulares (cm)	Espesor estructura pavimento D (pulg)	do (µm)	r (cm)	dr (µm)	Carga Aplicada P (lbf)	r (pulg)	dr (pulg)	MR Retrocálculo (psi)	do (pulg)	a (pulg)	p (psi)	Ep (psi)	Módulo resiliente de la subrasante corregido			SNeff AASHTO-93
Descripción	Abscisa															MR (Psi)	MR (kg/cm2)	MR (MPa)	
Externo	K0+010	16.0	54.0	27.56	733.6	90	245.8	9191.84	35.43	0.009677	6805.1	0.028881	5.91	83.90	37381.4	2381.8	167.5	16.4	4.15
Interno	K0+060	16.0	54.0	27.56	300.5	120	136.5	8955.67	47.24	0.005374	8954.3	0.011833	5.91	81.74	123476.2	3134.0	220.3	21.6	6.18
Externo	K0+110	16.0	54.0	27.56	245.1	90	61.1	9430.48	35.43	0.002406	28082.1	0.009649	5.91	86.07	102128.5	9828.7	691.0	67.8	5.80
Interno	K0+160	16.0	54.0	27.56	147.8	120	44.1	8956.85	47.24	0.001735	27736.9	0.005817	5.91	81.75	196045.6	9707.9	682.5	66.9	7.20
Externo	K0+210	16.0	54.0	27.56	311.6	120	83.0	9334.07	47.24	0.003269	15342.1	0.012267	5.91	85.19	91768.2	5369.7	377.5	37.0	5.59

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE - MÓDULO EFECTIVO DEL PAVIMENTO - NÚMERO ESTRUCTURAL EXISTENTE
MALLA VIAL MUNICIPIO DE MEDELLÍN - AV. LAS VEGAS ENTRE CALLES 12SUR Y 17 SUR – CALZADA ORIENTAL

Localización		Espesor carpeta (cm)	Espesor granulares (cm)	Espesor estructura pavimento D (pulg)	do (µm)	r (cm)	dr (µm)	Carga Aplicada P (lbf)	r (pulg)	dr (pulg)	MR Retrocálculo (psi)	do (pulg)	a (pulg)	p (psi)	Ep (psi)	Módulo resiliente de la subrasante corregido			SNeff AASHTO-93
Descripción	Abscisa															MR (Psi)	MR (kg/cm2)	MR (MPa)	
Interno	K0+049	15.0	20.0	13.78	412.0	60	248.3	8806.88	23.62	0.009776	9680.7	0.016221	5.91	80.38	132627.1	3388.2	238.2	23.4	3.16
Externo	K0+098	15.0	20.0	13.78	176.3	90	86.1	8595.99	35.43	0.003392	18157.9	0.006940	5.91	78.46	386337.4	6355.3	446.8	43.8	4.52
Interno	K0+149	15.0	20.0	13.78	399.9	90	119.8	8799.03	35.43	0.004716	13367.1	0.015743	5.91	80.31	99501.2	4678.5	328.9	32.3	2.87
Externo	K0+200	15.0	20.0	13.78	218.4	60	128.7	8533.79	23.62	0.005065	18105.0	0.008599	5.91	77.89	235998.1	6336.8	445.5	43.7	3.83
Interno	K0+249	15.0	20.0	13.78	132.6	90	77.1	8596.30	35.43	0.003036	20283.6	0.005219	5.91	78.46	653312.0	7099.3	499.1	48.9	5.38
Externo	K0+300	15.0	20.0	13.78	250.0	60	145.9	8907.63	23.62	0.005744	16666.2	0.009843	5.91	81.30	212889.8	5833.2	410.1	40.2	3.70
Interno	K0+350	15.0	20.0	13.78	262.5	60	159.6	8675.57	23.62	0.006285	14833.6	0.010336	5.91	79.18	207200.8	5191.8	365.0	35.8	3.67

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

ANEXO B

DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE CAPAS GRANULARES Y ASFÁLTICAS

MÓDULO DE LAS CAPAS GRANULARES Y ASFÁLTICAS

DETERMINACIÓN DE MÓDULOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS Y MATERIALES GRANULARES EXISTENTES (ECUACIONES DE REGRESIÓN DEL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE DEL ESTADO DE WASHINGTON
MALLA VIAL MUNICIPIO DE MEDELLÍN - AV. LAS VEGAS ENTRE CALLES 12SUR Y 16A SUR – CALZADA OCCIDENTAL

Localización		Deflexiones en pulgadas a 20°C					HCA	HG	Área aproximada bajo el cuenco de deflexión distancia de 900mm	Módulo de granulares (psi)	Módulo de granulares ajustado (x0,62) (psi)	Módulo de granulares (kg/cm2)	Módulo de mezclas asfálticas (psi)	Módulo de mezclas asfálticas (kg/cm²)	T mezcla °C	Factor de ajuste E20/Etm	Módulo de mezclas asfálticas a Tmezcla (kg/cm²)
Abscisa	Descripción	D0	D200	D300	D600	D900	pulg	pulg									
K0+000	Externo	0.018305	0.015899	0.014070	0.010283	0.006442	7.87	9.84	0.443	21,126	13,098	921	392,722	27,611	33	1.98	13937
K0+050	Interno	0.014854	0.013005	0.011765	0.009406	0.006235	7.87	9.84	0.382	23,390	14,502	1,020	645,912	45,412	33	1.98	22922
K0+100	Externo	0.005092	0.004587	0.004262	0.003825	0.002968	7.87	9.84	0.146	46,337	28,729	2,020	2,945,420	207,084	33	1.98	104524
K0+151	Interno	0.012882	0.010323	0.008940	0.005854	0.004139	7.87	9.84	0.280	28,220	17,496	1,230	406,303	28,566	33	1.98	14419
K0+201	Externo	0.005172	0.003943	0.003531	0.002985	0.002272	7.87	9.84	0.122	49,765	30,854	2,169	1,507,064	105,957	33	1.98	53481
K0+250	Interno	0.004013	0.003591	0.003315	0.003192	0.002624	7.67	9.84	0.118	50,056	31,035	2,182	4,325,603	304,120	33	1.98	153503
K0+300	Externo	0.012380	0.010751	0.009721	0.007739	0.004905	7.87	9.84	0.314	27,705	17,177	1,208	707,923	49,772	33	1.98	25122
K0+352	Interno	0.013023	0.011452	0.010362	0.008414	0.005691	7.87	9.84	0.339	25,241	15,650	1,100	769,288	54,085	33	1.98	27300

DETERMINACIÓN DE MÓDULOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS Y MATERIALES GRANULARES EXISTENTES (ECUACIONES DE REGRESIÓN DEL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE DEL ESTADO DE WASHINGTON
MALLA VIAL MUNICIPIO DE MEDELLÍN - ACCESO GLORIETA LA AGUACATALA - CALZADA OCCIDENTAL

Localización		Deflexiones en pulgadas a 20°C					HCA	HG	Área aproximada bajo el cuenco de deflexión distancia de 900mm	Módulo de granulares (psi)	Módulo de granulares ajustado (x0,62) (psi)	Módulo de granulares (kg/cm2)	Módulo de mezclas asfálticas (psi)	Módulo de mezclas asfálticas (kg/cm²)	T mezcla °C	Factor de ajuste E20/Etm	Módulo de mezclas asfálticas a Tmezcla (kg/cm²)
Abscisa	Descripción	D0	D200	D300	D600	D900	pulg	pulg									
K0+010	Externo	0.028881	0.025397	0.022133	0.015324	0.009677	6.30	21.26	0.687	16,269	10,087	709	290,634	20,434	33	1.98	10314
K0+060	Interno	0.011833	0.011306	0.010697	0.009422	0.007275	6.30	21.26	0.357	24,571	15,234	1,071	1,766,873	125,630	33	1.98	63411
K0+110	Externo	0.009649	0.007141	0.006153	0.003692	0.002406	6.30	21.26	0.189	42,346	26,254	1,846	425,342	29,905	33	1.98	15094
K0+160	Interno	0.005817	0.004196	0.003781	0.003088	0.002346	6.30	21.26	0.130	48,547	30,099	2,116	1,289,776	90,680	33	1.98	45770
K0+210	Externo	0.012267	0.010438	0.009491	0.006786	0.004841	6.30	21.26	0.298	30,758	19,070	1,341	711,827	50,046	33	1.98	25261

DETERMINACIÓN DE MÓDULOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS Y MATERIALES GRANULARES EXISTENTES (ECUACIONES DE REGRESIÓN DEL DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE DEL ESTADO DE WASHINGTON
MALLA VIAL MUNICIPIO DE MEDELLÍN - AV. LAS VEGAS ENTRE CALLES 12SUR Y 17 SUR – CALZADA ORIENTAL

Localización		Deflexiones en pulgadas a 20°C					HCA	HG	Área aproximada bajo el cuenco de deflexión distancia de 900mm	Módulo de granulares (psi)	Módulo de granulares ajustado (x0,62) (psi)	Módulo de granulares (kg/cm2)	Módulo de mezclas asfálticas (psi)	Módulo de mezclas asfálticas (kg/cm²)	T mezcla °C	Factor de ajuste E20/Etm	Módulo de mezclas asfálticas a Tmezcla (kg/cm²)
Abscisa	Descripción	D0	D200	D300	D600	D900	pulg	pulg									
K0+049	Interno	0.016221	0.013856	0.012514	0.009776	0.006398	5.91	7.87	0.404	23,236	14,407	1,013	786,782	55,316	33	1.98	27921
K0+098	Externo	0.006940	0.006089	0.005426	0.004458	0.003392	5.91	7.87	0.182	39,784	24,666	1,734	2,221,649	156,197	33	1.98	78840
K0+149	Interno	0.015743	0.012891	0.010971	0.007287	0.004716	5.91	7.87	0.344	26,749	16,585	1,166	475,354	33,421	33	1.98	16869
K0+200	Externo	0.008599	0.007547	0.006651	0.005065	0.003757	5.91	7.87	0.216	37,258	23,100	1,624	1,362,343	95,782	33	1.98	48346
K0+249	Interno	0.005219	0.004651	0.004290	0.003800	0.003036	5.91	7.87	0.147	45,986	28,511	2,005	3,920,969	275,672	33	1.98	139144
K0+300	Externo	0.009843	0.008444	0.007529	0.005744	0.004309	5.91	7.87	0.245	34,823	21,590	1,518	1,217,856	85,624	33	1.98	43218
K0+350	Interno	0.010336	0.008555	0.007743	0.006285	0.004573	5.91	7.87	0.257	32,203	19,966	1,404	1,184,165	83,255	33	1.98	42023

ANEXO C

VERIFICACIÓN DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

SECTOR 1 – ALTERNATIVA 1

Código Proyecto : AV. VEGAS S1-V2

Descripción : CALZADA OCCIDENTAL CALLE 12 SUR - CALLE 16A SUR

ALTERNATIVAS

Datos de Entrada

VARIABLE	VALOR
Número de Capas (1..6) :	4
Radio de Carga (cm) :	10.8
Presión de Contacto (Kg/cm²) :	5.6
Distancia entre Ejes de Llantas (cm) :	32.4

# Capa	Módulo de Elasticidad E (Kg/cm²)	Relación de Poisson (u)	Espesor (cm)	Interfase Ligada (S/N)
1	29884	0.35	8	S
2	49497	0.35	13	S
3	1007.2	0.4	24	S
4	249.5	0.5		
5				
6				

Resultados

# Capa	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm²)
1	0	1.6300E-004 C	9.6603E-000 B	-1.3700E-004 C	9.5982E-000 A
	8	3.7500E-005 C	3.4282E-000 B	-3.9200E-005 C	4.1910E-000 B
2	8	3.7500E-005 C	4.2012E-000 B	-4.4400E-005 C	4.1910E-000 B
	21	-1.4500E-004 C	-5.7759E-000 B	1.3400E-004 B	2.8795E-001 B
3	21	-1.4500E-004 C	-2.7838E-002 C	2.9500E-004 B	2.8795E-001 B
	45	-2.0000E-004 C	-2.3567E-001 C	3.1500E-004 C	1.3358E-001 C
4	45	-2.0000E-004 C	2.7627E-002 C	3.7500E-004 C	1.3358E-001 C

Deflexión (mm/100) 72.760

SECTOR 1 – ALTERNATIVA 1 AJUSTADA

DEPAV

Doctores Terminal

Código Proyecto : AV. VEGAS S1-V2

Descripción : CALZADA OCCIDENTAL CALLE 12 SUR - CALLE 16A SUR

ALTERNATIVAS

Datos de Entrada

VARIABLE	VALOR
Número de Capas (1..6) :	4
Radio de Carga (cm) :	10.8
Presión de Contacto (Kg/cm²) :	5.5
Distancia entre Ejes de Llantas (cm) :	32.4

# Capa	Módulo de Elasticidad E (Kg/cm²)	Relación de Poisson (u)	Espesor (cm)	Interfase Ligada (S/N)
1	29564	0.35	9	S
2	49497	0.35	13	S
3	1007.2	0.4	23	S
4	246.5	0.5		
5				
6				

Resultados

# Capa	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm²)
1	0	1.5500E-004 C	5.5852E-000 B	-1.2500E-004 C	5.5562E-000 A
	9	2.7700E-005 C	2.8798E-000 B	-2.7400E-005 C	3.9055E-000 B
2	9	2.7700E-005 C	3.3654E-000 B	-3.3400E-005 C	3.9055E-000 B
	22	-1.3700E-004 C	-9.2487E-000 C	1.2700E-004 B	2.6208E-001 B
3	22	-1.3700E-004 C	-3.2039E-002 C	2.7500E-004 B	2.6208E-001 B
	45	-1.8900E-004 C	-2.2127E-001 C	2.9800E-004 C	1.2748E-001 C
4	45	-1.8900E-004 C	3.7015E-002 C	3.5800E-004 C	1.2748E-001 C

Deflexión (mm/100) : 70.470

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

SECTOR 2 – ALTERNATIVA 1

DEPAV

Opciones Terminar

Código Proyecto : AV. VEGAS S2

Descripción : CONEXION GLORIETA - AV LAS VEGAS - CALZADA OCCIDENTAL

ALTERNATIVAS

Datos de Entrada

VARIABLE	VALOR
Número de Capas (1..6) :	4
Radio de Carga (cm) :	10.8
Presión de Contacto (Kg/cm²) :	5.8
Distancia entre Ejes de Llantas (cm) :	32.4

# Capa	Módulo de Elasticidad E (Kg/cm²)	Relación de Poisson (u)	Espesor (cm)	Interfase Ligada (S/N)
1	25554	0.35	7	S
2	49457	0.35	9	S
3	350.1	0.4	54	S
4	162.9	0.5		
5				
6				

Resultados

# Capa	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm²)
1	0	2.1700E-004 C	1.1525E-001 B	-1.7100E-004 C	5.5552E-000 A
	7	-4.0900E-005 C	5.5232E-000 B	-4.1900E-005 C	4.0554E-000 B
2	7	4.0900E-005 C	4.4256E-000 B	-4.5200E-005 C	4.0554E-000 B
	16	-1.5700E-004 C	-1.2544E-001 B	1.7500E-004 B	5.2540E-001 B
3	16	-1.5700E-004 C	1.1525E-001 C	4.9000E-004 B	5.2540E-001 B
	50	-1.5100E-004 C	-2.2127E-001 C	2.5300E-004 C	5.5553E-002 C
4	50	-1.5100E-004 C	1.2548E-002 C	3.7200E-004 C	5.5553E-002 C

Deflexión (mm*100) : 85.820

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

SECTOR 2 – ALTERNATIVA 1 AJUSTADA

Opciones Terminar

Código Proyecto : AV. VEGAS S2-V2

Descripción : CONEXIÓN GLORIETA - AV. LAS VEGAS - CALZADA OCCIDENTAL

ALTERNATIVAS

Datos de Entrada

VARIABLE	VALOR
Número de Capas (1..6) :	4
Radio de Carga (cm) :	10.8
Presión de Contacto (Kg/cm²) :	5.8
Distancia entre Ejes de Llantas (cm) :	32.4

# Capa	Módulo de Elasticidad E (Kg/cm²)	Relación de Poisson (u)	Espesor (cm)	Interfase Ligada (S/N)
1	29684	0.35	9	S
2	49497	0.35	13	S
3	890.1	0.4	58	S
4	193.9	0.5		
5				
6				

Resultados

# Capa	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm²)
1	0	1.4800E-004 C	6.1875E-000 B	-1.1400E-004 C	5.5982E-000 A
	9	2.5600E-005 C	2.7640E-000 B	-2.5100E-005 C	3.9156E-000 B
2	9	2.5600E-005 C	3.2620E-000 B	-3.1200E-005 C	3.9156E-000 B
	22	-1.2900E-004 C	-6.5899E-000 B	1.1900E-004 B	3.0897E-001 C
3	22	-1.2900E-004 C	3.8341E-002 C	3.0300E-004 B	3.0897E-001 C
	80	-1.4400E-004 C	-1.5519E-001 C	2.2300E-004 C	8.8014E-002 C
4	80	-1.4400E-004 C	1.3052E-002 C	2.5100E-004 C	8.8014E-002 C

Deflexión (mm/100) : 72.150

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co

SECTOR 3 – ALTERNATIVA 1

DEPAV

Opciones Terminal

Código Proyecto : AV. VEGAS S3-V2

Descripción : AV. LAS VEGAS ENTRE CALLES 12 SUR Y 17 SUR (DIAGONAL 47A) - CALZADA ORIENTAL

ALTERNATIVAS

Datos de Entrada

VARIABLE	VALOR
Número de Capas (1..6) :	4
Radio de Carga (cm) :	10.8
Presión de Contacto (Kg/cm²) :	8.8
Distancia entre Ejes de Llantas (cm) :	32.4

# Capa	Módulo de Elasticidad E (Kg/cm²)	Relación de Poisson (u)	Espesor (cm)	Interfase Ligada (S/N)
1	28854	0.35	9	S
2	49497	0.35	13	S
3	1127.7	0.4	13	S
4	306.3	0.5		
5				
6				

Resultados

# Capa	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm²)
1	0	1.5400E-004 C	9.5942E-000 B	-1.2800E-004 C	5.5982E-000 A
	9	2.6900E-005 C	2.6346E-000 B	-2.5700E-005 C	3.6983E-000 B
2	9	2.6900E-005 C	3.3242E-000 B	-3.2600E-005 C	3.6983E-000 B
	22	-1.2600E-004 C	-9.2997E-000 C	1.2700E-004 B	2.4983E-001 B
3	22	-1.2600E-004 C	-7.0481E-002 C	2.5700E-004 B	2.4983E-001 B
	35	-1.8800E-004 C	-2.2535E-001 C	2.5700E-004 C	1.8519E-001 C
4	35	-1.8800E-004 C	5.9899E-002 C	3.4300E-004 C	1.8519E-001 C

Deflexión (mm/100) : 63.350

SECTOR 3 – ALTERNATIVA 1 AJUSTADA

DEPAV

Opciones Terminar

Código Proyecto : AV. VEGAS S3-V2

Descripción : AV. LAS VEGAS ENTRE CALLES 12 SUR Y 17 SUR (DIAGONAL 47A) - CALZADA ORIENTAL

ALTERNATIVAS

Datos de Entrada

VARIABLE	VALOR
Número de Capas (1..5) :	4
Radio de Carga (cm) :	10.8
Presión de Contacto (Kg/cm²) :	5.6
Distancia entre Ejes de Llantas (cm) :	32.4

# Capa	Módulo de Elasticidad E (Kg/cm²)	Relación de Poisson (u)	Espesor (cm)	Interfase Ligada (S/N)
1	29564	0.35	10	S
2	49497	0.35	13	S
3	1127.7	0.4	12	S
4	308.3	0.5		
5				
6				

Resultados

# Capa	Z (cm)	Epsilon T	Sigma T (Kg/cm²)	Epsilon Z	Sigma Z (Kg/cm²)
1	0	1.4600E-004 C	9.2793E-000 B	-1.2000E-004 C	5.5982E-000 A
	10	-9.2800E-007 A	2.9999E-000 B	-1.6500E-005 C	3.5999E-000 B
2	10	-9.2800E-007 A	2.6410E-000 B	-2.3100E-005 C	2.5999E-000 B
	23	-1.3100E-004 C	-8.8510E-000 C	1.2000E-004 B	2.2739E-001 B
3	23	-1.3100E-004 C	-7.2807E-002 C	2.3900E-004 B	2.2739E-001 B
	35	-1.7800E-004 C	-2.0804E-001 C	2.7800E-004 C	1.5703E-001 C
4	35	-1.7800E-004 C	5.5778E-002 C	3.2000E-004 C	1.5703E-001 C

Deflexión (mm/100) : 61.230

Consultoría en estudios, diseños y asesorías en ingeniería civil. Ensayos de laboratorio de suelos, pavimentos, concretos y materiales de construcción.
Cll 32E No. 80B – 117 / Contacto: 317 509 70 82 / Medellín – Colombia / consultoria@evaltec.com.co / pruebasyensayos@evaltec.com.co
www.evaltec.com.co