

|                                                                                   |                                                                   |                |          |                 |             |                                                                                     |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------|----------|-----------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</b><br><b>GESTIÓN DE BIBLIOTECAS</b> |                |          |                 |             |  |               |
|                                                                                   | <b>CARTA DE AUTORIZACIÓN</b>                                      |                |          |                 |             |                                                                                     |               |
| <b>CÓDIGO</b>                                                                     | <b>AP-BIB-FO-06</b>                                               | <b>VERSIÓN</b> | <b>1</b> | <b>VIGENCIA</b> | <b>2014</b> | <b>PÁGINA</b>                                                                       | <b>1 de 2</b> |

Neiva, 13 DE septiembre DE 2023\_

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s):

Oscar David Useche Ardila \_\_\_\_\_, con C.C. No. 1075320471 \_\_\_\_\_,

Yonathan NerY Trujillo Tovar \_\_\_\_\_, con C.C. No. 1075473750 \_\_\_\_\_,

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado o \_\_\_\_\_

Titulado: EVALUACIÓN DEL ESTADO SUPERFICIAL Y POSTERIOR PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE UN TRAMO DE 2 KILOMETROS EN LA VÍA FORTALECILLAS-VILLAVIEJA EN EL HUILA.

presentado y aprobado en el año 2023 como requisito para optar al título de

INGENIERO CIVIL;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Oscar David Useche Ardila

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Yonathan Nery Trujillo Tovar

Firma:

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_

EL AUTOR/ESTUDIANTE:

Firma: \_\_\_\_\_

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.

|                                                                                   |                                                                   |                |          |                 |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------|----------|-----------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</b><br><b>GESTIÓN DE BIBLIOTECAS</b> |                |          |                 |             |     |               |
|                                                                                   | <b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>              |                |          |                 |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |               |
| <b>CÓDIGO</b>                                                                     | <b>AP-BIB-FO-07</b>                                               | <b>VERSIÓN</b> | <b>1</b> | <b>VIGENCIA</b> | <b>2014</b> | <b>PÁGINA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>1 de 4</b> |

**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO:** EVALUACIÓN DEL ESTADO SUPERFICIAL Y POSTERIOR PROPUESTA DE REHABILITACIÓN DE UN TRAMO DE 2 KILOMETROS EN LA VÍA FORTALECILLAS-VILLAVIEJA EN EL HUILA.

**AUTOR O AUTORES:**

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| Useche Ardila              | Oscar David              |
| Trujillo Tovar             | Yonathan Nery            |

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
| Polo Mendoza               | Rodrigo Ernesto          |

**ASESOR (ES):**

| Primero y Segundo Apellido | Primero y Segundo Nombre |
|----------------------------|--------------------------|
|                            |                          |

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO CIVIL**

**FACULTAD:** INGENIERÍA

**PROGRAMA O POSGRADO:** INGENIERÍA CIVIL

**CIUDAD:** NEIVA

**AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2023

**NÚMERO DE PÁGINAS:** 118

**TIPO DE ILUSTRACIONES** (Marcar con una X):

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.





UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 4

Diagramas X Fotografías X Grabaciones en discos X Ilustraciones en general     Grabados      
Láminas     Litografías     Mapas     Música impresa     Planos     Retratos     Sin ilustraciones     Tablas  
o Cuadros X

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento: PDF

**MATERIAL ANEXO:**

**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

| <u>Español</u>              | <u>Inglés</u>       | <u>Español</u>  | <u>Inglés</u> |
|-----------------------------|---------------------|-----------------|---------------|
| 1. Deterioros en pavimentos | Distress in asphalt | 6. Sobrecarpeta | Overlay       |
| 2. Intervención             | intervention        | 7. _____        | _____         |
| 3. PCI                      | PCI                 | 8. _____        | _____         |
| 4. AASHTO                   | AASHTO              | 9. _____        | _____         |
| 5. Reconstrucción           | Reconstruction      | 10. _____       | _____         |

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

La vía que comunica los municipios de Neiva y Villavieja es un eje vial importante en el departamento del Huila porque conduce a uno de los puntos turísticos más conocidos y visitados de Colombia, este es, el desierto de La Tatacoa, convirtiéndose en el eje central para el desarrollo del departamento y la región.

En este trabajo, se identificó la condición actual de la vía, se tomó un tramo muestral de dos kilómetros los cuales fueron divididos en 40 unidades muestrales; desde el cruce Cucará hacia el municipio de Villavieja; al cual en base a la metodología ASTM "Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys", se le realizó una inspección visual de fallas y una clasificación numérica de la condición de estas.

Los resultados obtenidos muestran que el 62.5% de las 40 unidades muestrales estudiadas se encuentran en condición destruida, lo que representa un peligro inminente para los vehículos y personas que transiten. Por otro lado, apenas el 5% se encuentra en condición satisfactoria (o en su versión anglosajona, "satisfactory"). Subsecuentemente, en base a los resultados del PCI y basados en AASHTO-93, se propuso dos tipos de rehabilitación. La primera es para estos tramos "failed" consiste en una reconstrucción estructural (i.e., base, subbase y carpeta asfáltica). El segundo tipo de

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



rehabilitación se planteó para los tramos en un estado menos deteriorado, la cual consiste en realizar labores previas de mantenimiento o de corrección de algunas fallas, para un posterior recapado asfáltico.

Finalmente, como conclusión general del proyecto, se determinó que la carretera debe ser intervenida y rehabilitada de manera urgente.

**ABSTRACT:** (Máximo 250 palabras)

The road that connects the municipalities of Neiva and Villavieja is a vital highway in the department of Huila because it leads to one of the best-known and most visited tourist spots in Colombia, i.e., the Tatacoa desert. Thus, this road becomes the central axis for the development of the department and the region.

In this investigation, the current condition of the road was assessed. For this purpose, a sample section of two kilometers was taken (from the Cucará junction towards the municipality of Villavieja), which was divided into 40 sample units. Based on the ASTM methodology "Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys", a visual inspection of failures and a numerical classification of their condition were carried out.

As a result, the study showed that 62.5% of the 40 sample units studied are in a failed condition, representing an imminent danger for vehicles and people in transit. Meanwhile, only 5% are in satisfactory condition. Subsequently, based on the results of the PCI and based on AASHTO-93, two types of rehabilitation were proposed. The first is for these "failed" sections, consisting of a structural reconstruction (i.e., base, subbase and asphalt layer). The second type of rehabilitation was proposed for the sections in a more amiable state, consisting of constructing an asphalt overlay.

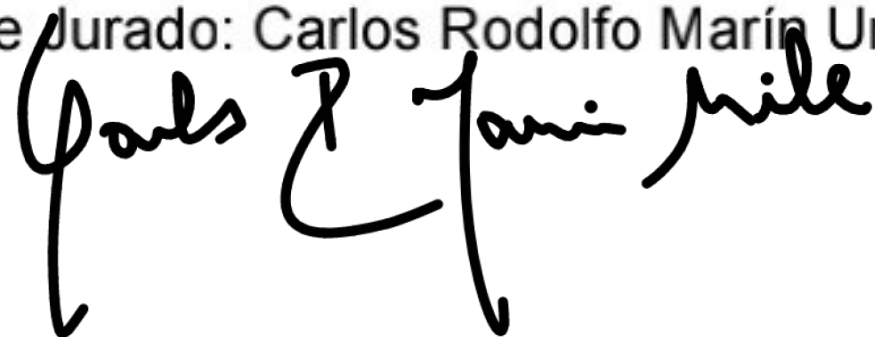
Finally, as a general conclusion of the project, it was determined that the road must be urgently intervened and rehabilitated.

**APROBACION DE LA TESIS**

Nombre Presidente Jurado: Jackson Gil Hernandez

Firma: 

Nombre Jurado: Carlos Rodolfo Marín Uribe

Firma: 

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



|                                                                                   |                                  |                |          |                 |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |               |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------|----------|-----------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--|--|
|  | <b>UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA</b> |                |          |                 |             |     |               |  |  |
|                                                                                   | <b>GESTIÓN DE BIBLIOTECAS</b>    |                |          |                 |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |               |  |  |
| <b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>                              |                                  |                |          |                 |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |               |  |  |
| <b>CÓDIGO</b>                                                                     | <b>AP-BIB-FO-07</b>              | <b>VERSIÓN</b> | <b>1</b> | <b>VIGENCIA</b> | <b>2014</b> | <b>PÁGINA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>4 de 4</b> |  |  |

Nombre Jurado: Jackson Andres Gil Hernandez

Firma: 

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional [www.usco.edu.co](http://www.usco.edu.co), link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



# **Evaluación del estado superficial y posterior propuesta de rehabilitación de un tramo de 2 kilómetros de la vía Fortalecillas-Villavieja en el Huila**

**Oscar David Useche Ardila**

**Yonathan Nery Trujillo Tovar**

Universidad Surcolombiana  
Facultad de Ingeniería, Ingeniería Civil  
Neiva-Huila, Colombia

2023

# **Evaluación del estado superficial y posterior propuesta de rehabilitación de un tramo de 2 kilómetros de la vía Fortalecillas-Villavieja en el Huila**

**Oscar David Useche Ardila**

**Yonathan Nery Trujillo Tovar**

Proyecto de grado presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director (a):

Magister en Ingeniería Civil, Rodrigo Ernesto Polo Mendoza

Línea de Investigación:

Ingeniería de Transporte, Vías y Pavimentos

Universidad Surcolombiana

Facultad de Ingeniería, Ingeniería Civil

Neiva, Colombia

2023



*Agradezco a Dios por concederme esta nueva victoria, también a mis padres Nery Trujillo y Marina Tovar, mi hermana Sara Trujillo Tovar, y a toda mi familia, por ser esa fuente de apoyo incondicional durante todo este bello proceso; agradezco de igual manera a los docentes de la Universidad Surcolombiana por el acompañamiento y la guianza durante estos años de preparación, profesional. Al ingeniero Rodrigo Polo, por dedicar sus esfuerzos para guiarnos en la elaboración de este informe.*

*A todos, muchas gracias y Dios los bendiga.*

**Yonathan Nery Trujillo Tovar**

*A mis padres y a mi hermana, por guiarme en el camino del esfuerzo, a mis abuelas que aunque ya no estén nos llenaron de sabiduría y amor, amigos, compañeros, profesores y familiares por acompañarme.*

**Oscar David Useche Ardila**

## Resumen

La vía que comunica los municipios de Neiva y Villavieja es un eje vial importante en el departamento del Huila porque conduce a uno de los puntos turísticos más conocidos y visitados de Colombia, este es, el desierto de La Tatacoa, convirtiéndose en el eje central para el desarrollo del departamento y la región.

En este trabajo, se identificó la condición actual de la vía, se tomó un tramo muestral de dos kilómetros los cuales fueron divididos en 40 unidades muestrales; desde el cruce Cucará hacia el municipio de Villavieja; al cual en base a la metodología ASTM “Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys”, se le realizó una inspección visual de fallas y una clasificación numérica de la condición de estas.

Los resultados obtenidos muestran que el 62.5% de las 40 unidades muestrales estudiadas se encuentran en condición destruida, lo que representa un peligro inminente para los vehículos y personas que transiten. Por otro lado, apenas el 5% se encuentra en condición satisfactoria (o en su versión anglosajona, “satisfactory”). Subsecuentemente, en base a los resultados del PCI y basados en AASHTO–93, se propuso dos tipos de rehabilitación. La primera es para estos tramos “failed” consiste en una reconstrucción estructural (i.e., base, subbase y carpeta asfáltica). El segundo tipo de rehabilitación se planteó para los tramos en un estado menos deteriorado, la cual consiste en realizar labores previas de mantenimiento o de corrección de algunas fallas, para un posterior recapado asfáltico.

Finalmente, como conclusión general del proyecto, se determinó que la carretera debe ser intervenida y rehabilitada de manera urgente.

**Palabras clave:** (deterioros en pavimento, intervención, PCI, AASHTO, reconstrucción, sobrecarpeta).



## Abstract

The road that connects the municipalities of Neiva and Villavieja is a vital highway in the department of Huila because it leads to one of the best-known and most visited tourist spots in Colombia, i.e., the Tatacoa desert. Thus, this road becomes the central axis for the development of the department and the region.

In this investigation, the current condition of the road was assessed. For this purpose, a sample section of two kilometers was taken (from the Cucará junction towards the municipality of Villavieja), which was divided into 40 sample units. Based on the ASTM methodology "Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys", a visual inspection of failures and a numerical classification of their condition were carried out.

As a result, the study showed that 62.5% of the 40 sample units studied are in a failed condition, representing an imminent danger for vehicles and people in transit. Meanwhile, only 5% are in satisfactory condition. Subsequently, based on the results of the PCI and based on AASHTO-93, two types of rehabilitation were proposed. The first is for these "failed" sections, consisting of a structural reconstruction (i.e., base, subbase and asphalt layer). The second type of rehabilitation was proposed for the sections in a more amiable state, consisting of constructing an asphalt overlay.

Finally, as a general conclusion of the project, it was determined that the road must be urgently intervened and rehabilitated.

**Keywords:** (distress in asphalt pavements, intervention, PCI, AASHTO, reconstruction, overlay).

# Contenido

|                                       | Pág. |
|---------------------------------------|------|
| Resumen.....                          | IV   |
| Lista de figuras .....                | VIII |
| Lista de tablas.....                  | X    |
| Capítulo 1 .....                      | 13   |
| 1. Introducción.....                  | 13   |
| 1.1 Antecedentes.....                 | 13   |
| 1.2 Justificación .....               | 14   |
| 1.3 Objetivos.....                    | 15   |
| 1.3.1 Objetivo general.....           | 15   |
| 1.3.2 Objetivos específicos .....     | 15   |
| 1.4 Alcances y limitaciones.....      | 16   |
| 1.5 Estructura del documento.....     | 16   |
| Capítulo 2 .....                      | 18   |
| 2. Metodología .....                  | 18   |
| 2.1 Ubicación geográfica .....        | 18   |
| 2.2 Resumen de la práctica .....      | 20   |
| 2.3 Procedimiento de inspección ..... | 20   |
| 2.4 Trabajo de campo.....             | 22   |
| 2.4.1 Hallazgos complementarios ..... | 25   |
| 2.5 Valores deducidos.....            | 25   |
| 2.6 Cálculo del PCI .....             | 31   |
| Capítulo 3 .....                      | 35   |
| 3. Marco teórico .....                | 36   |



|                   |                                                               |           |
|-------------------|---------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1               | Actividades de Rehabilitación para Pavimentos Flexibles ..... | 36        |
| 3.1.1             | Tratamiento de preparación .....                              | 37        |
| 3.1.2             | Restauración .....                                            | 38        |
| 3.1.3             | Refuerzo.....                                                 | 40        |
| 3.1.4             | Reconstrucción.....                                           | 43        |
| 3.2               | PCI.....                                                      | 44        |
| 3.3               | AASHTO .....                                                  | 44        |
| 3.4               | Software usado.....                                           | 45        |
| <b>Capítulo 4</b> | <b>.....</b>                                                  | <b>46</b> |
| <b>4.</b>         | <b>Diseño de la rehabilitación.....</b>                       | <b>46</b> |
| 4.1               | Conteo vehicular.....                                         | 46        |
| 4.2               | Variable Tránsito - NESE .....                                | 47        |
| 4.2.1             | Aplicación.....                                               | 48        |
| 4.3               | Structural Number (SN) .....                                  | 52        |
| 4.4               | Reconstrucción de la mezcla asfáltica .....                   | 54        |
| 4.4.1             | Espesor de la capas .....                                     | 54        |
| 4.4.2             | Verificación por método racional. ....                        | 56        |
| 4.5               | Espesor de la Sobrecarpeta .....                              | 58        |
| 4.5.1             | SN_futuro.....                                                | 59        |
| 4.5.2             | SN_efectivo .....                                             | 60        |
| 4.5.3             | a_ol .....                                                    | 61        |
| <b>Capítulo 5</b> | <b>.....</b>                                                  | <b>63</b> |
| <b>5.</b>         | <b>Análisis de resultados.....</b>                            | <b>63</b> |
| 5.1               | PCI.....                                                      | 63        |
| 5.2               | Aforo Vehicular.....                                          | 67        |
| 5.3               | Rehabilitación A: Reconstrucción .....                        | 70        |
| 5.3.1             | Verificación de los espesores.....                            | 71        |
| 5.4               | Rehabilitación B: Sobrecarpeta Asfáltica .....                | 73        |
| <b>Capítulo 6</b> | <b>.....</b>                                                  | <b>76</b> |
| <b>6.</b>         | <b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>                   | <b>76</b> |

## Lista de figuras

|                                                                                                                                              | <u>Pág.</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>Figura 2-1</b> Ubicación del municipio de Tello - Huila. ....                                                                             | 19          |
| <b>Figura 2-2</b> Ubicación aproximada de la zona de estudio. ....                                                                           | 19          |
| <b>Figura 2-3</b> Formato para las unidades de muestra del pavimento. ....                                                                   | 21          |
| <b>Figura 2-4</b> Tipología de daño con su código. ....                                                                                      | 21          |
| <b>Figura 2-5</b> Formato para el levantamiento de pavimento flexible. ....                                                                  | 23          |
| <b>Figura 2-6</b> Trabajo de campo. ....                                                                                                     | 24          |
| <b>Figura 2-7</b> Trabajo de campo. ....                                                                                                     | 24          |
| <b>Figura 2-8</b> Trabajo de campo. ....                                                                                                     | 24          |
| <b>Figura 2-9</b> Trabajo de campo. ....                                                                                                     | 24          |
| <b>Figura 2-10</b> Trabajo de campo. ....                                                                                                    | 24          |
| <b>Figura 2-11</b> Trabajo de campo. ....                                                                                                    | 24          |
| <b>Figura 2-12 a 3-17</b> Curvas tenidas en cuenta para hallar el valor deducido para asfalto. ...                                           | 26          |
| <b>Figura 2-13 a 3-23</b> Curvas tenidas en cuenta para hallar el valor deducido para asfalto. ...                                           | 27          |
| <b>Figura 2-14</b> Curvas tenidas en cuenta para hallar el valor deducido para asfalto. ....                                                 | 28          |
| <b>Figura 2-15</b> Curva de valor deducido para asfalto (Ahuellamiento). ....                                                                | 28          |
| <b>Figura 2-16</b> Curva de valor deducido para asfalto (Baches). ....                                                                       | 29          |
| <b>Figura 2-17</b> Curva de valor deducido para asfalto (Agrietamiento longitudinal/transversal).<br>.....                                   | 29          |
| <b>Figura 2-18</b> Curva de valor deducido para asfalto (Desintegración). ....                                                               | 30          |
| <b>Figura 2-19</b> Ajuste del número de valores deducidos. ....                                                                              | 31          |
| <b>Figura 2-20</b> Cálculo del valor PCI corregido. ....                                                                                     | 32          |
| <b>Figura 2-21</b> Valor deducido total. ....                                                                                                | 33          |
| <b>Figura 2-22</b> Valor deducido total 1, tramo de estudio 1. ....                                                                          | 34          |
| <b>Figura 2-23 y 3-34</b> Valor deducido total 1, tramo de estudio 1. ....                                                                   | 34          |
| <b>Figura 2-24 y 3-36</b> Valor deducido total 1-4, tramo de estudio 1. ....                                                                 | 35          |
| <b>Figura 3-1</b> Condición típica del ciclo de vida de un pavimento. ....                                                                   | 36          |
| <b>Figura 3-2</b> Fresado de un pavimento asfáltico. ....                                                                                    | 37          |
| <b>Figura 3-3</b> Sello de arena - <b>Figura 3-4</b> Ligante asfáltico. ....                                                                 | 38          |
| <b>Figura 3-5 y Figura 3-6</b> comparación de la mejora en la visibilidad y desagüe en un<br>pavimento asfáltico y una mezcla drenante. .... | 39          |
| <b>Figura 3-7</b> Sobrecarpeta asfáltica sobre pavimento existente agrietado. ....                                                           | 41          |
| <b>Figura 3-8</b> Geosintético con mezcla asfáltica. ....                                                                                    | 42          |
| <b>Figura 3-9</b> Mezcla asfáltica que requiere reconstrucción. ....                                                                         | 43          |
| <b>Figura 4-1</b> Formato para el conteo vehicular. ....                                                                                     | 47          |

|                    |                                                                      |    |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 4-2</b>  | Coeficiente de drenaje de la capa por tipo de suelo. ....            | 55 |
| <b>Figura 4-3</b>  | Coeficiente estructural de la capa por tipo de suelo. ....           | 55 |
| <b>Figura 4-4</b>  | Formato para el conteo vehicular. ....                               | 61 |
| <b>Figura 4-5</b>  | Coeficiente aol. ....                                                | 62 |
| <b>Figura 5-1</b>  | Valores PCI en las unidades muestrales evaluadas. ....               | 66 |
| <b>Figura 5-2</b>  | Frecuencia de valores PCI en las unidades muestrales evaluadas. .... | 66 |
| <b>Figura 5-3</b>  | Paquete estructural a evaluar en el software PITRA PAVE. ....        | 71 |
| <b>Figura 5-4</b>  | Propiedades de las capas ingresadas al software PITRA PAVE. ....     | 72 |
| <b>Figura 5-5</b>  | Propiedades de las cargas ingresadas al software PITRA PAVE. ....    | 72 |
| <b>Figura 5-6</b>  | Propiedades de las cargas ingresadas al software PITRA PAVE. ....    | 72 |
| <b>Figura 5-7</b>  | Valores entregados por el software PITRA PAVE. ....                  | 73 |
| <b>Figura 6-1</b>  | Agrietamiento de Cocodrilo, severidad alta. ....                     | 78 |
| <b>Figura 6-2</b>  | Sangrado o Exudación, severidad baja. ....                           | 79 |
| <b>Figura 6-3</b>  | Sangrado o Exudación, severidad alta. ....                           | 79 |
| <b>Figura 6-4</b>  | Agrietamiento de bloques, severidad alta. ....                       | 80 |
| <b>Figura 6-5</b>  | Abultamientos y hundimientos, severidad alta. ....                   | 80 |
| <b>Figura 6-6</b>  | Corrugación, severidad alta. ....                                    | 81 |
| <b>Figura 6-7</b>  | Depresión, severidad alta. ....                                      | 81 |
| <b>Figura 6-8</b>  | Grieta de borde, severidad alta. ....                                | 82 |
| <b>Figura 6-9</b>  | Grieta de reflexión de juntas, severidad media. ....                 | 82 |
| <b>Figura 6-10</b> | Desnivel carril/berma, severidad media. ....                         | 83 |
| <b>Figura 6-11</b> | Grieta longitudinal y/o transversal, severidad alta. ....            | 83 |
| <b>Figura 6-12</b> | Parche y/o acometida de servicios, severidad media. ....             | 84 |
| <b>Figura 6-13</b> | Pulimento de agregados. ....                                         | 84 |
| <b>Figura 6-14</b> | Hueco, severidad alta. ....                                          | 85 |
| <b>Figura 6-15</b> | Cruce de vía férrea, severidad media. ....                           | 85 |
| <b>Figura 6-16</b> | Ahuellamiento, severidad baja. ....                                  | 86 |
| <b>Figura 6-17</b> | Desplazamiento por empuje, severidad alta. ....                      | 86 |
| <b>Figura 6-18</b> | Grietas parabólicas / media luna, severidad media. ....              | 87 |
| <b>Figura 6-19</b> | Desprendimiento de agregados, severidad media. ....                  | 87 |
| <b>Figura 6-20</b> | Meteorización, severidad alta. ....                                  | 88 |



## Lista de tablas

Pág.

|                   |                                                                                           |    |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 2-1</b>  | Tabla de datos y valores deducidos, Tramo 1. Dominio propio. ....                         | 30 |
| <b>Tabla 2-2</b>  | Valores deducidos correspondientes al tramo 1. ....                                       | 31 |
| <b>Tabla 2-3</b>  | Resumen del cálculo de valor PCI corregido para tramo 1 de estudio. ....                  | 32 |
| <b>Tabla 3-1</b>  | Rehabilitación de pavimentos flexibles, reparación. ....                                  | 40 |
| <b>Tabla 4-1</b>  | Tabla resumen de los vehículos contados en cada día. (Elaboración Propia). ....           | 48 |
| <b>Tabla 4-2</b>  | Tabla resumen de los vehículos contados en cada día. ....                                 | 49 |
| <b>Tabla 4-3</b>  | Valores hallados de TPDs y %VC. ....                                                      | 50 |
| <b>Tabla 4-4</b>  | Parque automotor registrado en el Runt. ....                                              | 51 |
| <b>Tabla 4-5</b>  | Formato para el conteo vehicular. ....                                                    | 51 |
| <b>Tabla 4-6</b>  | Zr según tipo de vía y su ubicación. ....                                                 | 52 |
| <b>Tabla 4-7</b>  | S <sub>0</sub> según el tipo de proyecto. ....                                            | 53 |
| <b>Tabla 4-8</b>  | Valores de serviciabilidad final. ....                                                    | 53 |
| <b>Tabla 4-9</b>  | Valores para el cálculo de SNf para hallar NESE. ....                                     | 59 |
| <b>Tabla 4-10</b> | Valores para el cálculo de SNeff para hallar NESE. ....                                   | 60 |
| <b>Tabla 5-1</b>  | Valores deducidos en el tramo Pr+200. ....                                                | 63 |
| <b>Tabla 5-2</b>  | Máximo valor deducido y “M” en el tramo Pr+200. ....                                      | 63 |
| <b>Tabla 5-3</b>  | Tabla para hallar el valor de PCI en el tramo Pr+200. ....                                | 64 |
| <b>Tabla 5-4</b>  | Tabla para hallar el valor de PCI en el tramo Pr+200. ....                                | 64 |
| <b>Tabla 5-5</b>  | Tabla con los valores correspondientes a PCI en el total de las unidades muestrales. .... | 64 |
| <b>Tabla 5-6</b>  | Tabla resumen de la frecuencia de los valores de PCI en el tramo estudiado. ....          | 65 |
| <b>Tabla 5-7</b>  | Tabla 5 7 Formatos de aforo vehicular ....                                                | 67 |
| <b>Tabla 5-8</b>  | Formatos de aforo vehicular ....                                                          | 67 |
| <b>Tabla 5-9</b>  | Formatos de aforo vehicular ....                                                          | 68 |
| <b>Tabla 5-10</b> | Formatos de aforo vehicular ....                                                          | 68 |
| <b>Tabla 5-11</b> | Formatos de aforo vehicular ....                                                          | 68 |
| <b>Tabla 5-12</b> | Formatos de aforo vehicular ....                                                          | 69 |
| <b>Tabla 5-13</b> | Formatos de aforo vehicular ....                                                          | 69 |
| <b>Tabla 5-14</b> | Formatos de aforo vehicular ....                                                          | 69 |
| <b>Tabla 5-15</b> | Formatos de aforo vehicular ....                                                          | 70 |
| <b>Tabla 5-16</b> | Formatos de aforo vehicular ....                                                          | 70 |
| <b>Tabla 5-17</b> | Comparación entre las deformaciones unitarias admisibles y entregadas. ....               | 73 |

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 5-18</b> Espesor de la sobrecarpeta requerida por tramo. .... | 74  |
| <b>Tabla 5-19</b> Espesor de la sobrecarpeta requerida por tramo. .... | 75  |
|                                                                        |     |
| <b>Tabla B - 1</b> Formatos de inspección de fallas por tramo. ....    | 89  |
| <b>Tabla B - 2</b> Formatos de inspección de fallas por tramo. ....    | 90  |
| <b>Tabla B - 3</b> Formatos de inspección de fallas por tramo. ....    | 91  |
| <b>Tabla B - 4</b> Formatos de inspección de fallas por tramo. ....    | 92  |
| <b>Tabla B - 5</b> Formatos de inspección de fallas por tramo. ....    | 94  |
| <b>Tabla B - 6</b> Formatos de inspección de fallas por tramo. ....    | 95  |
| <b>Tabla B - 7</b> Formatos de inspección de fallas por tramo. ....    | 96  |
| <b>Tabla B - 8</b> Formatos de inspección de fallas por tramo. ....    | 97  |
| <b>Tabla B - 9</b> Formatos de inspección de fallas por tramo. ....    | 98  |
| <b>Tabla B - 10</b> Formatos de inspección de fallas por tramo. ....   | 99  |
| <b>Tabla B - 11</b> Formatos de inspección de fallas por tramo. ....   | 100 |
| <b>Tabla B - 12</b> Formatos de inspección de fallas por tramo. ....   | 101 |
|                                                                        |     |
| <b>Tabla C - 1</b> Valores deducidos por tramo. ....                   | 102 |
| <b>Tabla C - 2</b> Valores deducidos por tramo. ....                   | 102 |
| <b>Tabla C - 3</b> Valores deducidos por tramo. ....                   | 102 |
| <b>Tabla C - 4</b> Valores deducidos por tramo. ....                   | 103 |
| <b>Tabla C - 5</b> Valores deducidos por tramo. ....                   | 103 |
| <b>Tabla C - 6</b> Valores deducidos por tramo. ....                   | 103 |
| <b>Tabla C - 7</b> Valores deducidos por tramo. ....                   | 103 |
| <b>Tabla C - 8</b> Valores deducidos por tramo. ....                   | 103 |
| <b>Tabla C - 9</b> Valores deducidos por tramo. ....                   | 104 |
| <b>Tabla C - 10</b> Valores deducidos por tramo. ....                  | 104 |
| <b>Tabla C - 11</b> Valores deducidos por tramo. ....                  | 104 |
| <b>Tabla C - 12</b> Valores deducidos por tramo. ....                  | 104 |
| <b>Tabla C - 13</b> Valores deducidos por tramo. ....                  | 105 |
| <b>Tabla C - 14</b> Valores deducidos por tramo. ....                  | 105 |
| <b>Tabla C - 15</b> Valores deducidos por tramo. ....                  | 105 |
| <b>Tabla C - 16</b> Valores deducidos por tramo. ....                  | 105 |
| <b>Tabla C - 17</b> Valores deducidos por tramo. ....                  | 105 |
| <b>Tabla C - 18</b> Valores deducidos por tramo. ....                  | 106 |
| <b>Tabla C - 19</b> Valores deducidos por tramo. ....                  | 106 |
| <b>Tabla C - 20</b> Valores deducidos por tramo. ....                  | 106 |
| <b>Tabla C - 21</b> Valores deducidos por tramo. ....                  | 107 |
| <b>Tabla C - 22</b> Valores deducidos por tramo. ....                  | 107 |

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla C - 23</b> Valores deducidos por tramo. .... | 107 |
| <b>Tabla C - 24</b> Valores deducidos por tramo. .... | 108 |
| <b>Tabla C - 25</b> Valores deducidos por tramo. .... | 108 |
| <b>Tabla C - 26</b> Valores deducidos por tramo. .... | 108 |
| <b>Tabla C - 27</b> Valores deducidos por tramo. .... | 108 |
| <b>Tabla C - 28</b> Valores deducidos por tramo. .... | 109 |
| <b>Tabla C - 29</b> Valores deducidos por tramo. .... | 109 |
| <b>Tabla C - 30</b> Valores deducidos por tramo. .... | 109 |
| <b>Tabla C - 31</b> Valores deducidos por tramo. .... | 110 |
| <b>Tabla C - 32</b> Valores deducidos por tramo. .... | 110 |
| <b>Tabla C - 33</b> Valores deducidos por tramo. .... | 110 |
| <b>Tabla C - 34</b> Valores deducidos por tramo. .... | 110 |
| <b>Tabla C - 35</b> Valores deducidos por tramo. .... | 110 |
| <b>Tabla C - 36</b> Valores deducidos por tramo. .... | 111 |
| <b>Tabla C - 37</b> Valores deducidos por tramo. .... | 111 |
| <b>Tabla C - 38</b> Valores deducidos por tramo. .... | 111 |
| <b>Tabla C - 39</b> Valores deducidos por tramo. .... | 112 |
| <b>Tabla C - 40</b> Valores deducidos por tramo. .... | 112 |

# Capítulo 1

## 1. Introducción

La infraestructura vial de nuestro país cumple la importante y necesaria función de conectar entre sí las ciudades, municipios, veredas, corregimientos, centros poblados y centros de producción entre otros, razón por la cual merece una especial atención por parte de las entidades territoriales encargadas de garantizar su mantenimiento y mejoramiento en pro de las comunidades que las usan y del propio desarrollo de la economía del país.

La vía entre la ciudad de Neiva y el municipio de Villavieja es el eje central de uno de los destinos turísticos más visitados no solo del departamento del Huila sino también de Colombia por lo tanto presenta alta demanda de movilidad. Actualmente se encuentra muy deteriorada debido al alto tránsito de diversos tipos de vehículos, a las condiciones climáticas de la región, a la falta de obras hidráulicas complementarias en algunos sectores y a la falta de mantenimiento y atención por parte de las administraciones correspondientes. Este deterioro supone un riesgo inminente para las personas que transitan diariamente por este corredor vial, aumentando la cantidad de accidentes por la manera en que los conductores deben realizar maniobras para sortear los huecos poniendo en riesgo su integridad física y la de los demás. En resumen, la mala imagen del departamento que se llevan los visitantes que transitan por este importante corredor tiene un fundamento sólido en materia de movilidad.

### 1.1 Antecedentes

La metodología PCI ha sido utilizada por diferentes países en todos los continentes para la determinación del estado de pavimentos flexibles dispuestos en vías, pistas de aterrizaje, zonas de parqueadero y demás.

En el caso de estudio de *Santos et al.* [12] Aplicaron la metodología PCI para determinar el estado del pavimento de la pista principal del aeropuerto internacional Amílcar Cabral,



ubicado en la Isla de Cabo Verde; utilizando dos mecanismos distintos de recolección de datos, (a pie y con vehículo equipado). También, *Ghadi et al.* [13] Identificaron las principales características de tráfico que afectan la condición del estado del pavimento en un estacionamiento; estudio realizado en la ciudad de Ammán Jordania. De igual manera, *Zhao et al.* [14] analizaron y determinaron las afectaciones producidas por los factores ambientales y climáticos en el pavimento que se encuentra en la zona de Mongolia interior en China. Por otro lado, *Corazza et al.* [15] utilizaron el índice de condición de pavimento PCI, para realizar un diseño de gestión de mantenimiento del pavimento de las aceras en la ciudad de Roma en Italia. Así mismo, *Fuentes et al* [16] hicieron uso del índice PCI para realizar un modelado de la capacidad de servicio de las vías urbanas en la ciudad de Barranquilla Colombia, mediante la utilización de modelos probabilísticos y determinísticos. En la capital italiana (Roma), *Loprencipe et al* [17] realizaron la inspección y evaluación de la integridad estructural del pavimento en las vías urbanas de la ciudad, utilizando la metodología PCI y definiendo las patologías de mayor recurrencia mediante análisis estadísticos. También, *Wesołowski et al* [18] evaluaron la condición del concreto asfáltico presente en la pista principal del aeródromo del instituto de tecnología de la fuerza aérea de Polonia, en la ciudad de Varsovia; mediante el uso de la metodología PCI. De la misma manera, *Hosseini et al.* [19] Utilizaron el índice de condición de pavimento (PCI) para modelar el deterioro que sufren tres tipos diferentes de pavimentos (asfalto, concreto y compuesto) en el estado de Iowa en Estados Unidos. Finalmente, *Pujadas et al* [20] Desarrollaron un método flexible que permite abordar las diferentes áreas de pavimento que se pueden en las ciudades, y que a su vez éste sea adaptable a los diferentes entornos urbanos. Todo esto se realizó partiendo de las metodologías ya existentes, siendo la PCI una de ellas.

## 1.2 Justificación

En el Huila, la malla vial se encuentra en un estado deplorable, causando constantemente accidentes que resultan en pérdida de vidas humanas. Esto sumado al básico apoyo estatal deja como resultado que las vías y carreteras que tenían su uso en una duración de tiempo estimada tengan que seguir usándose en periodos que al menos merecerían revisiones, reparaciones y estudios de su uso constantes.

En la ley 80 de 1993, se establece que cualquier entidad estatal que haya contratado la ejecución de una obra civil está en la obligación de realizar revisiones periódicas a estas con el objetivo de comprobar la calidad ofrecida por el contratista. En el caso de las vías,

INVÍAS recomienda realizar primero una inspección visual del estado de la carpeta de rodadura y para ello pone a disposición de los interesados un documento técnico desarrollado juntamente con la UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA durante la ejecución del convenio 0587 de 2003 denominado: MANUAL PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES. Con el fin de seguir estándares internacionales, en este trabajo se utilizará “Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys”. Guía hecha por ASTM (*Designation: D6433–20*).

Así es que este trabajo busca proponer una inspección visual de la carpeta asfáltica, con el método PCI (explicado con mayores detalles en capítulo 3: Metodología), el cual busca establecer clase, severidad y cantidad de fallas en determinada área de carretera y en base a los resultados obtenidos por este método proponer una rehabilitación por medio de una nueva carpeta asfáltica que cumpla con las necesidades y duraciones propuestas.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Evaluar la condición superficial de un tramo de 2 kilómetros de la vía Fortalecillas-Villavieja con el propósito de establecer lineamientos iniciales para su mejoramiento.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Realizar el inventario de fallas de un tramo de 2 kilómetros de vía basados en el *ASTM D6433-20* en el que se explica la condición del pavimento.
- Determinar el tránsito promedio diario (T.P.D) del tramo mencionado mediante un aforo vehicular para establecer si el nivel de servicio de la vía es el apropiado.
- Calcular el valor PCI para cuantificar de forma objetiva el estado superficial del pavimento, incluyendo análisis de datos, la entrega de resultados y la presentación del informe final.
- Plantear recomendaciones para el mejoramiento estructural y funcional de la vía Fortalecillas-Villavieja.

## **1.4 Alcances y limitaciones**

Se pretende realizar la inspección visual e inventario de fallas, además de proponer un diseño de pavimento y rehabilitación para el tramo de vía de 2 kilómetros, ubicado desde el cruce de Cucará hacia el municipio de Villavieja en el departamento del Huila. Esto con la finalidad de determinar el estado actual de este tramo vial tan importante para el departamento del Huila y para la región en general; ya que mediante esta vía se llega al desierto de la Tatacoa, uno de los centros turísticos más importantes y reconocidos del país.

Mediante la utilización de la metodología Pavement Condition Index (PCI) se busca identificar y clasificar cada una de las diferentes tipos de fallas presentes en los 2 kilómetros de carretera que se van a estudiar, mediante el uso de estudios visuales; con el fin de a posteriori determinar de forma cuantificada la condición actual de la carpeta asfáltica y si es necesario, realizar un diseño de pavimento y rehabilitación de las unidades muestrales con mayores afectaciones.

Para la realización de este proyecto se debe llegar hasta el tramo de vía a estudiar y allí realizar la inspección visual e inventario de fallas, esta tarea se dificulta debido a que no se cuenta con las herramientas y equipos necesarios que permitan agilizar el proceso; es por ello por lo que este proceso se realiza únicamente con la ayuda de una cinta métrica, papel y lápiz.

De igual manera para el diseño del pavimento y la rehabilitación de las unidades muestrales más afectadas dentro de los 2 kilómetros de carretera se espera contar con algunos estudios de campo realizados con anterioridad al tramo de vía por la entidad responsable de la misma, que en este caso particular es la Gobernación del Huila; es así que se solicitarán los estudios anteriormente mencionados a la entidad encargada; ya que el alcance del proyecto no permite la elaboración de estudios de suelos y demás estudios necesarios para la determinación de espesores y calidades de las capas de suelo que presenta el tramo de vía. Si los estudios no son facilitados por la gobernación del Huila, generará una limitante mayor para el desarrollo del diseño de rehabilitación de la vía, ya que éstos son la base que permitirá que dicho diseño se realice.

## **1.5 Estructura del documento**

La presente investigación se desarrolla de la siguiente forma.

Capítulo 1. En el capítulo se realizó un breve resumen de la investigación, se planteó la problemática de la necesidad de esa vía en buen estado tanto para uso local, agrícola y turístico; se propuso la manera de identificar y abordar el problema, se realizó la

justificación del por qué se debe hacer una inspección en las vías del Huila y por último se elaboró un objetivo general y unos específicos.

Capítulo 2. En este capítulo se habla de la ubicación geográfica de la zona de estudio, luego, se sigue y explica el procedimiento dictado por el *ASTM D6433-20* empezando por un resumen de la práctica, seguido del procedimiento en el cual se diligenciaron los formatos de campo, la manera de hallar los valores deducidos.

Capítulo 3. En este capítulo se realizó el marco teórico o el estado del arte, aquí se comenzó hablando sobre la terminología, las mezclas asfálticas, los esfuerzos en pavimentos de asfalto, determinando, examinando y mostrando cada uno. Se habló de los tipos de mantenimiento, se hablaron de todas las actividades necesarias para su rehabilitación y sus respectivas posibilidades.

Capítulo 4. Mediante los textos nombrados, se explica la manera como se realizó el conteo vehicular, el cálculo de número de ejes equivalentes (NESE), la aplicación del número estructural (NS). A partir de estos se explican las variables necesarias para el cálculo de los sores de una nueva carpeta asfáltica y del espesor necesario para la sobrecarpeta.

Capítulo 5. Dados los procedimientos, explicaciones y contenido teórico dado en los capítulos anteriores, se dan los resultados obtenidos y se acompañan de un análisis de estos.

Capítulo 6. De acuerdo con el resultado de los análisis y el proceso metodológico se dan unas conclusiones respecto a los objetivos planteados en el capítulo 1. Además, en este se anexan tablas y formatos llenados para el desarrollo de la presente investigación y se plasman todos los documentos y artículos citados.

## Capítulo 2

### 2. Metodología

Continuando con lo establecido, este proyecto se basó en parámetros y uso imágenes, tablas y análisis del “Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys”, designado según el ASTM como *D6433-20*.

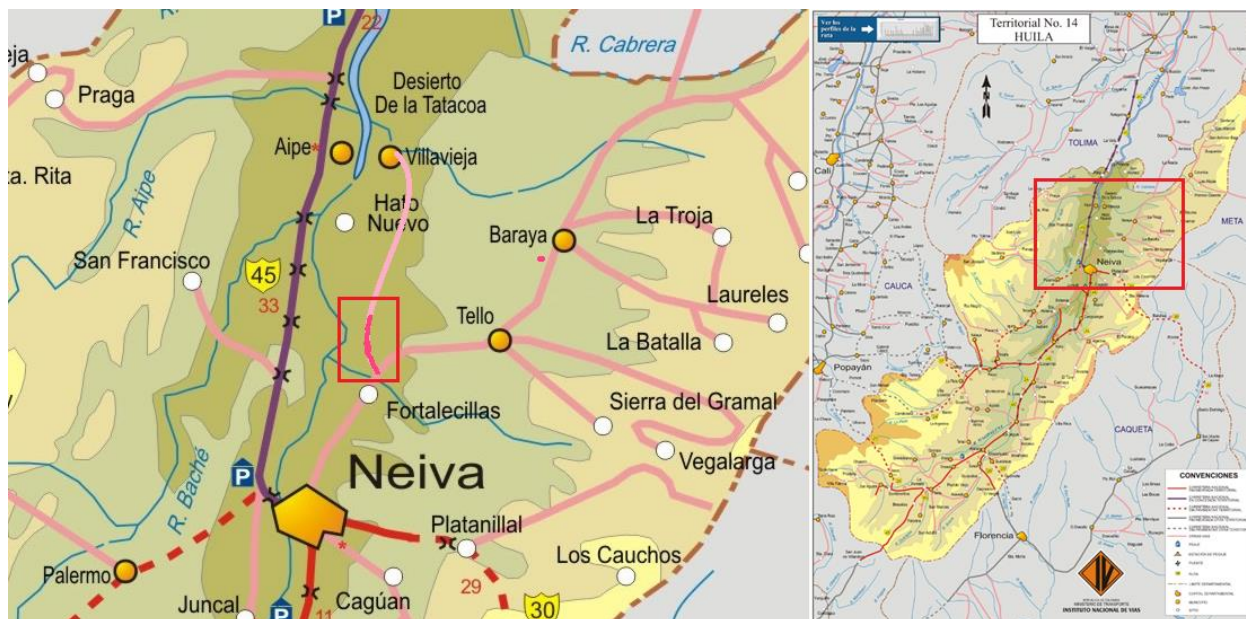
Se indica en el manual de práctica que se deben tomar unidades muestrales de UMP (unidad de muestra del pavimento) entre  $225\text{m}^2 \pm 90\text{m}^2$ . Esto significa que las áreas de las unidades muestrales que se tomen para el análisis de condición de pavimento deben oscilar entre  $135\text{ m}^2$  y  $315\text{ m}^2$ . Se debe tener claro la tipología de fallas (Deterioros en pavimentos de asfalto) para el correcto análisis y contar con el número correspondiente a cada falla para el llenado de los formatos. Con el fin de aclarar la relación con los esfuerzos en pavimentos y su número correspondiente se presenta la Figura 3-3.

El manual de práctica sugiere el uso del formato que se muestra en la Figura 3-4 para el llenado de las hojas de datos. Se debe conocer la historia, tráfico, condición y el uso del pavimento estudiado y si es distinto, dividir las secciones. Las UMP deben marcarse o identificarse para que los inspectores las puedan ubicar fácilmente en la superficie del pavimento.

#### 2.1 Ubicación geográfica

El tramo de vía escogido para el presente proyecto de grado es el que comunica a Villavieja con el desvío de la vía Fortalecillas – Tello, más conocido como Cucará. Empezando desde el desvío y finalizando 2 kilómetros después. La extensión de la vía estudiada se encuentra en el municipio de Tello. Tello se encuentra en el oriente del Departamento del Huila; a una altura de 575 m.s.n.m.; tiene una extensión territorial de poco más de  $589\text{ km}^2$  y una temperatura promedio de  $26^\circ\text{C}$



**Figura 2-1** Ubicación del municipio de Tello - Huila.**Figura 2-2** Ubicación aproximada de la zona de estudio.

Es importante tener en consideración que es una vía que conduce a un bosque seco tropical (llamado localmente “desierto”) por lo que es una zona muy árida, con bajísimas precipitaciones anuales.

Tomando el sistema de coordenadas de Google Maps, el cual es Grados Decimales Correctos, la medición empieza en [3.05202499418842, -75.23751122415344] y finaliza en [3.0674149964259674, -75.23150307611527]

## 2.2 Resumen de la práctica

Una vez que se identificó el ramal de pavimento y se definió la unidad de muestra de pavimento, se acudió al sitio de estudio para realizar la inspección visual, por medio de la cual se determinaron los tipos y la severidad del deterioro del pavimento. Para el desarrollo de la práctica, se contó con la ayuda de instrumentos de medición (cinta métrica de 30 metros y flexómetro de 5 metros) que permitieron determinar las medidas de cada una de las fallas que se presentaron, al igual que las dimensiones de las unidades muestrales como el largo y ancho de la vía. Durante el trabajo de campo, se diligenciaron los “Formatos de inspección de fallas”, en los cuales se dispuso la información de cada una de las fallas que se presentaron en las unidades muestrales, el carril en el que está la falla, la severidad de ésta, dimensiones y aclaraciones o comentarios relevantes.

Una vez que se realizó el trabajo de inspección visual en campo, se diligenciaron los formatos de campo y se recopiló toda la información relevante para el desarrollo del presente trabajo; se procedió a realizar el conjunto de cálculos que llevaron a hallar el valor PCI para cada una de las unidades muestrales estudiadas.

Con los datos de los daños de la carpeta asfáltica obtenidos, se procedió a realizar una propuesta de rehabilitación, variando el método, dependiendo el nivel de deterioro de cada una de las unidades muestrales; con el fin de cumplir con serviciabilidad y comodidad.

## 2.3 Procedimiento de inspección

Es necesario medir dos veces los esfuerzos o fallas presentes en cada UMP. Las mediciones se consideran precisas si las lineales tienen menos de 10% de diferencia las mediciones de área se encuentran dentro del 20%. Es necesario registrar en el formato de UMP tamaño de la unidad de muestra, inspección de fallas midiendo la cantidad de cada nivel de gravedad de cada tipo de falla presente. Cada avería debe corresponder al tipo y a la gravedad descrita en el Marco Teórico.

**Figura 2-3** Formato para las unidades de muestra del pavimento.

|                                                                                                                                                                                          |          |                             |  |                                      |  |                        |  |  |  |         |              |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------|--|--------------------------------------|--|------------------------|--|--|--|---------|--------------|-----------------|
| ASPHALY SURFACED ROADS AND PARKING LOTS CONDITION SURVEY DATA<br>SHEET FOR SAMPLE UNIT<br>BRANCH _____ SECTION _____ SAMPLE UNIT _____<br>SURVEYED BY _____ DATE _____ SAMPLE AREA _____ |          |                             |  |                                      |  |                        |  |  |  | SKETCH: |              |                 |
| 1.Alligator Cracking (Fatigue)                                                                                                                                                           |          | 6.Depression                |  | 11.Patching and Utility Cut Patching |  | 16.Shoving             |  |  |  |         |              |                 |
| 2.Bleeding                                                                                                                                                                               |          | 7.Edge Cracking             |  | 12.Polished Aggregate                |  | 17.Slippage Cracking   |  |  |  |         |              |                 |
| 3.Block Cracking                                                                                                                                                                         |          | 8.Joint Reflection Cracking |  | 13.Potholes                          |  | 18.Swell               |  |  |  |         |              |                 |
| 4.Bumps and Sags                                                                                                                                                                         |          | 9.Lane/Shoulder Drop-Off    |  | 14.Railroad Crossing                 |  | 19.Raveling/Weathering |  |  |  |         |              |                 |
| 5.Corrugation                                                                                                                                                                            |          | 10.Long & Trans Cracking    |  | 15.Rutting                           |  |                        |  |  |  |         |              |                 |
| DISTRESS<br>SEVERITY                                                                                                                                                                     | QUANTITY |                             |  |                                      |  |                        |  |  |  | TOTAL   | DENSITY<br>% | DEDUCT<br>VALUE |
|                                                                                                                                                                                          |          |                             |  |                                      |  |                        |  |  |  |         |              |                 |
|                                                                                                                                                                                          |          |                             |  |                                      |  |                        |  |  |  |         |              |                 |
|                                                                                                                                                                                          |          |                             |  |                                      |  |                        |  |  |  |         |              |                 |
|                                                                                                                                                                                          |          |                             |  |                                      |  |                        |  |  |  |         |              |                 |
|                                                                                                                                                                                          |          |                             |  |                                      |  |                        |  |  |  |         |              |                 |
|                                                                                                                                                                                          |          |                             |  |                                      |  |                        |  |  |  |         |              |                 |
|                                                                                                                                                                                          |          |                             |  |                                      |  |                        |  |  |  |         |              |                 |
|                                                                                                                                                                                          |          |                             |  |                                      |  |                        |  |  |  |         |              |                 |
|                                                                                                                                                                                          |          |                             |  |                                      |  |                        |  |  |  |         |              |                 |
|                                                                                                                                                                                          |          |                             |  |                                      |  |                        |  |  |  |         |              |                 |

**Figura 2-4** Tipología de daño con su código.

| Código<br>de Daño                         | Tipologías de Daño                   |                                     |
|-------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
|                                           | Nombre Oficial                       | Nombre Traducido                    |
| <i>Pavimento con Superficie Asfáltica</i> |                                      |                                     |
| 1                                         | Alligator Cracking (Fatigue)         | Piel de cocodrilo                   |
| 2                                         | Bleeding                             | Exudación                           |
| 3                                         | Block Cracking                       | Agrietamiento en bloque             |
| 4                                         | Bumps and Sags                       | Abultamiento y hundimientos         |
| 5                                         | Corrugation                          | Corrugación                         |
| 6                                         | Depression                           | Depresiones                         |
| 7                                         | Edge Cracking                        | Grieta de borde                     |
| 8                                         | Joint Reflection Cracking            | Grieta de reflexión de juntas       |
| 9                                         | Lane/Shoulder Drop-Off               | Desnivel de carril/berma            |
| 10                                        | Longitudinal and Transverse Cracking | Grieta longitudinal y/o transversal |
| 11                                        | Patching and Utility Cut Patching    | Parche y/o acometidas de servicios  |
| 12                                        | Polished Aggregate                   | Pulimiento de agregados             |
| 13                                        | Potholes                             | Hueco                               |
| 14                                        | Railroad Crossing                    | Cruce de vía férrea                 |
| 15                                        | Rutting                              | Ahuellamiento                       |
| 16                                        | Shoving                              | Desplazamiento por empuje           |
| 17                                        | Slippage Cracking                    | Grietas parabólicas                 |
| 18                                        | Swell                                | Hinchamiento                        |
| 19                                        | Raveling                             | Desprendimiento de agregados        |
| 20                                        | Weathering                           | Meteorización                       |

## 2.4 Trabajo de campo

Durante el trabajo de campo se realizaron las visitas al ramal de estudio, acorde a las fechas establecidas en el cronograma de trabajo; durante estas visitas se procedió a identificar y demarcar cada una de las unidades muestrales de estudio. Una vez se demarcaron las unidades muestrales, se identificaron y tomaron registros de cada uno de los tipos de falla presentes en el mismo, para ello se tomó como base la agrupación de fallas que estipula la *ASTM 6433-20*, y se llenaron los formatos de inspección de falla en base a lo evidenciado en el tramo, registramos de igual manera el estado general de las cunetas, la presencia o ausencia de actividades de rocería y en general cada uno de los pormenores del tramo.

Para la determinación de las unidades de cada una de las fallas se hace necesario el uso de una herramienta de medición, que en este caso fue una cinta métrica de 20 metros; ya que algunas fallas tienen unidad lineal de medida, mientras que otras se miden en áreas.

Este proceso de inspección visual y registro de fallas de los 2 kilómetros de carretera se realizó durante el periodo de tiempo establecido por el cronograma de actividades realizado con anterioridad y presentado en el documento de anteproyecto presentado al programa de ingeniería de la universidad Surcolombiana.

En cumplimiento a lo establecido en el cronograma de actividades, se realizó el aforo vehicular a todos aquellos vehículos motorizados que transitan por el tramo de carretera estudiado; para ello, se instaló el punto de conteo en el cruce Cucará y se registró el conteo de cada uno de los vehículos que transitaban por el tramo de vía, clasificándolos según su tamaño y número de ejes.

El ancho de la vía de los dos kilómetros de tramo es de 6 metros, por lo que se decidió tomar los UMP de 50 metros de largo y por los 6 de ancho, originando áreas de  $300\text{m}^2$ , cumpliendo con los parámetros establecidos según el *ASTM*. Con las dimensiones de manera clara, para el llenado de los formatos de campo, se nombró a cada UMP como la distancia lineal, tomando Pr+000 en el cruce de la vía mencionada.

A continuación, se muestran algunos de los formatos llenados para el trabajo de campo.

**Figura 2-5** Formato para el levantamiento de pavimento flexible.

| PATOLOGÍA  |      |       |           |           |           |           |      | Aclaraciones                                  |
|------------|------|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----------------------------------------------|
| Carril     | Tipo | Sever | Daño      |           | Repar     |           | Foto |                                               |
|            |      |       | Largo (m) | Ancho (m) | Largo (m) | Ancho (m) |      |                                               |
| Pr 1 + 010 |      |       |           |           |           |           |      |                                               |
| D          | PU   |       | 10        | 3         |           |           | 4911 | Ausencia de rosería                           |
|            | FDB  |       | 5,5       |           |           |           |      | Materia organica en la vía                    |
|            | FL   |       | 22        |           |           |           |      | Cuneta izquierda inexistente                  |
| I          | FL   |       | 6         |           |           |           |      | Obras hidráulicas                             |
|            | PU   |       | 10        | 3         |           |           |      |                                               |
|            | PC   |       | 6         |           |           |           |      |                                               |
| Pr 1 + 020 |      |       |           |           |           |           |      |                                               |
| D          | FDB  |       | 10        |           |           |           | 5525 | Estrías de gusano                             |
|            | PL   |       | 2         | 2,5       |           |           |      | Ausencia de rosería                           |
|            | PU   |       | 10        | 3         |           |           |      | Materia organica en la vía                    |
| I          | HUN  |       | 3         | 1,5       |           |           | 5414 | Cuneta izquierda inexistente                  |
|            | FDB  |       | 15        |           |           |           |      | Cuneta derecha agrietada y tapada             |
|            | FL   |       | 4         |           |           |           |      | Hundimiento a ambos lados                     |
|            | PC   |       | 1         | 2         |           |           |      |                                               |
|            | PU   |       | 10        | 3         |           |           |      |                                               |
| Pr 1 + 030 |      |       |           |           |           |           |      |                                               |
| D          | FDB  |       | 10        |           |           |           | 5947 | Ausencia de rosería                           |
|            | FL   |       | 10        |           |           |           |      | Materia organica en la vía                    |
|            | PU   |       | 10        | 3         |           |           |      | Cuneta izquierda inexistente                  |
|            | HUN  |       | 3         | 2,72      |           |           |      | Hundimiento por ambos lados                   |
| I          | HUN  |       | 4         | 3,75      |           |           |      |                                               |
|            | FDB  |       | 8         |           |           |           |      |                                               |
|            | PC   |       | 4         | 2         |           |           |      |                                               |
|            | PU   |       | 10        | 3         |           |           |      |                                               |
| Pr 1 + 040 |      |       |           |           |           |           |      |                                               |
| D          | FL   |       | 18        |           |           |           | 515  | Ausencia de rosería                           |
|            | PC   |       | 2         | 1,5       |           |           |      | Materia organica en la vía                    |
|            | PU   |       | 10        | 3         |           |           |      | Cuneta izquierda inexistente                  |
| I          | HUN  |       | 4         | 2         |           |           |      | Hundimiento doble                             |
|            | PC   |       | 4         | 2         |           |           |      | Carril izquierdo hundido al principio y final |
|            | FDB  |       | 3         |           |           |           |      |                                               |
| Pr 1 + 050 |      |       |           |           |           |           |      |                                               |
| D          | FL   |       | 6         |           |           |           | 805  | Ausencia de rosería                           |
|            | PU   |       | 10        | 3         |           |           |      | Materia organica en la vía                    |
| C          | PU   |       | 2         | 1         |           |           |      | Cuneta izquierda en total deterioro           |
| I          | HUN  |       | 3         | 1,64      |           |           |      | Cuneta derecha con materia orgánica           |
|            | PC   |       | 3         | 1,64      |           |           |      |                                               |
|            | FL   |       | 2         |           |           |           |      |                                               |
|            | PU   |       | 10        | 3         |           |           |      |                                               |



**Figura 2-7** Trabajo de campo.



**Figura 2-6** Trabajo de campo.



**Figura 2-9** Trabajo de campo.



**Figura 2-8** Trabajo de campo.



**Figura 2-11** Trabajo de campo.



**Figura 2-10** Trabajo de campo.





### 2.4.1 Hallazgos complementarios

- AAR-Vegetación alta, riesgo de accidente.
- Cunetas evidencias obstrucciones por residuos sólidos que no han sido removidos.
- Ausencia de señalizaciones.
- Ausencia de berma.

## 2.5 Valores deducidos

Para hallar los valores deducidos para cada una de las unidades muestrales, se tuvo en cuenta: tipo de falla, severidad y extensión.

Con estos datos se procedió a calcular la densidad teniendo en cuenta que:

Si la extensión de la falla está dada en metros cuadrados, la densidad se calcula respecto al área de la unidad, que para cada una las unidades muestrales son de 300 m<sup>2</sup>.

Si la extensión de la falla está dada en metros lineales, la densidad se calcula respecto al largo del tramo, que para cada uno de ellos es de 50 m.

Teniendo claro lo anteriormente expuesto, se calculó la densidad dividiendo el valor de la extensión entre 300 m<sup>2</sup> o 50 m, según correspondía y el resultado se multiplicó por 100.

Cálculo de valores deducidos para tramo 1. (Ver ecuación 3.1)

$$VD = \left( \frac{0.89m^2}{300m^2} \right) \cdot 100$$

$$VD = 0.30$$

$$VD = \left( \frac{0.79m^2}{300m^2} \right) \cdot 100$$

$$VD = 0.26$$

$$VD = \left( \frac{3.7m}{50m} \right) \cdot 100$$

$$VD = 7.4$$

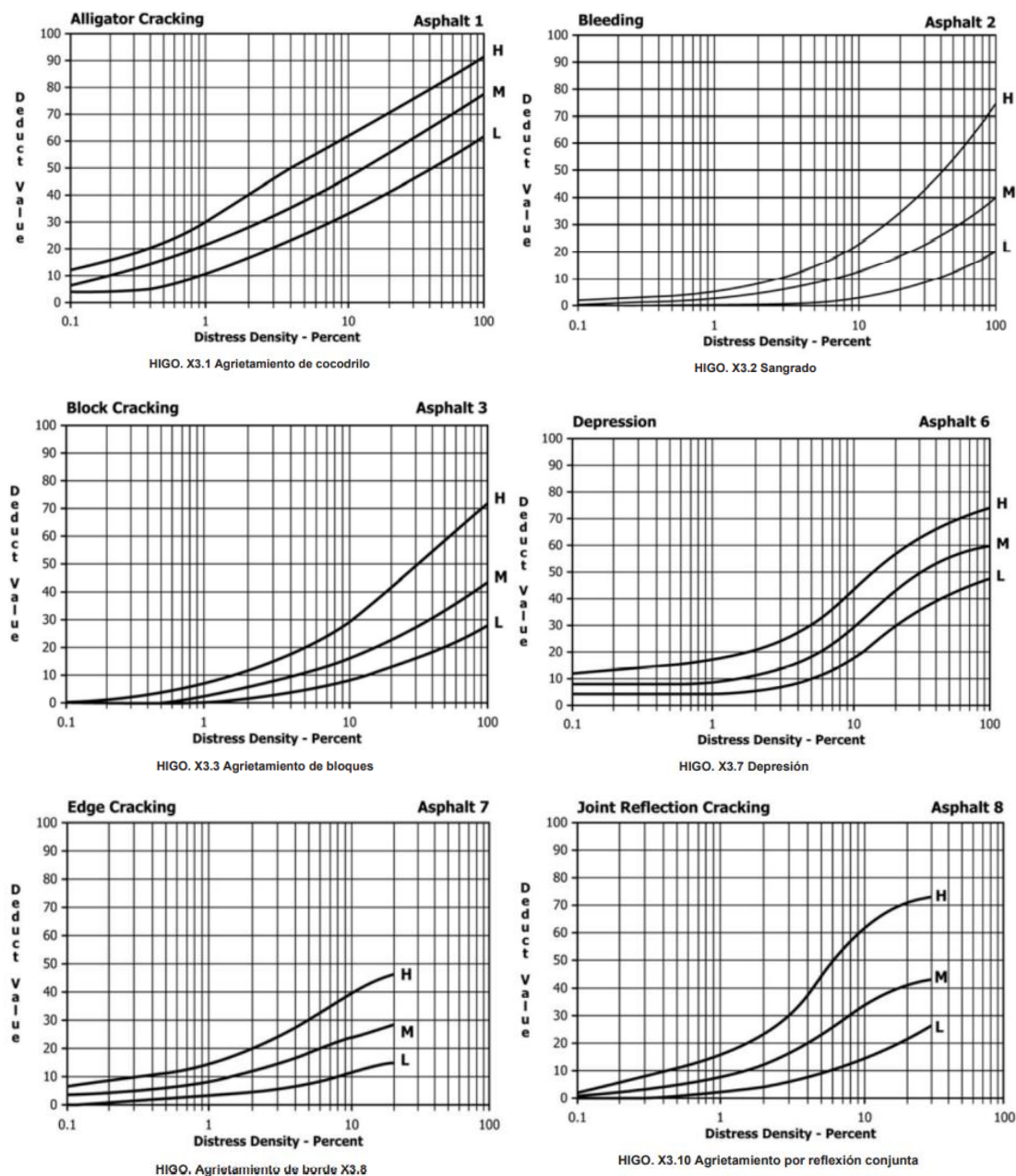
$$VD = \left( \frac{240m^2}{300m^2} \right) \cdot 100$$

$$VD = 80$$

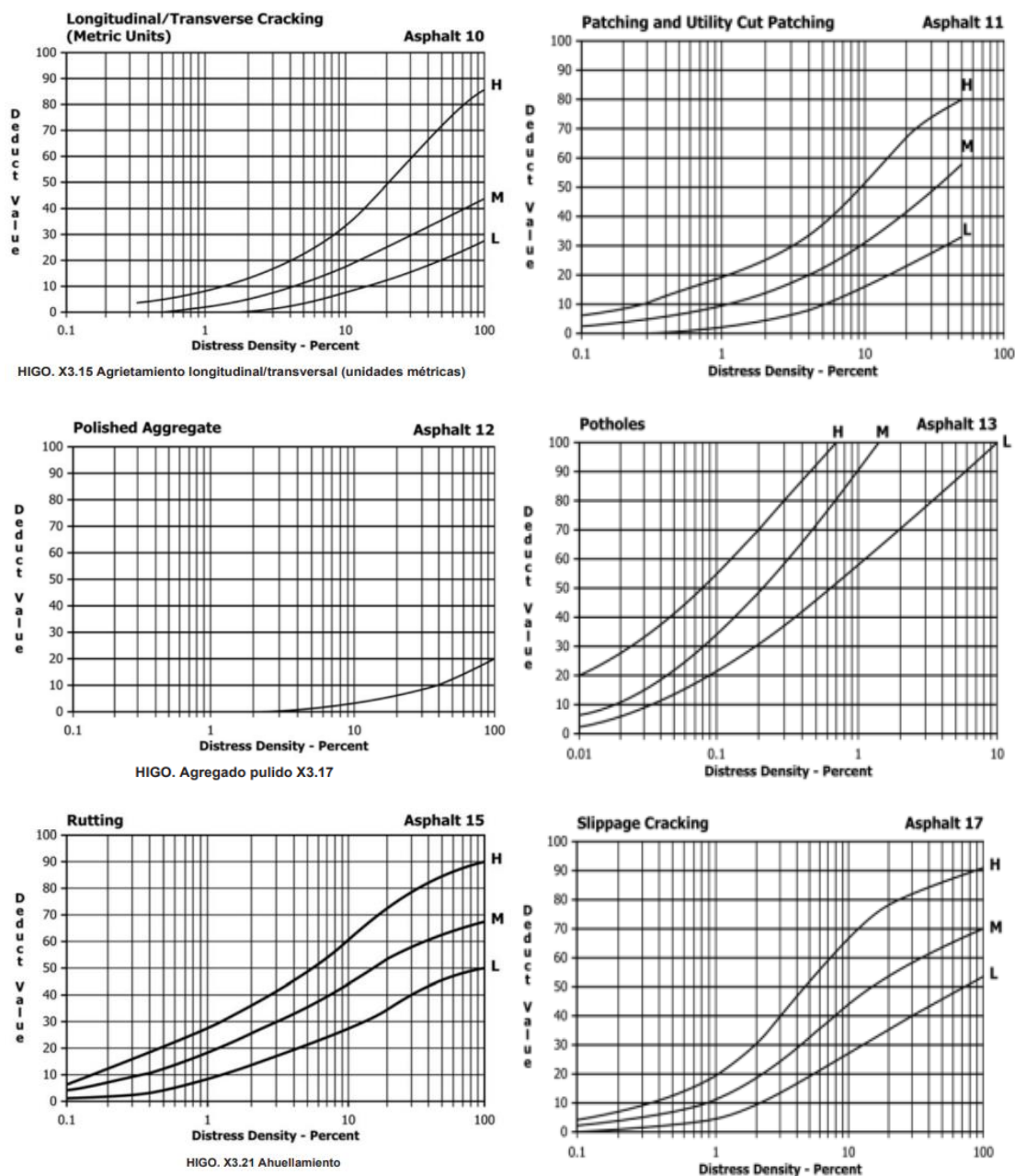
(3.1)

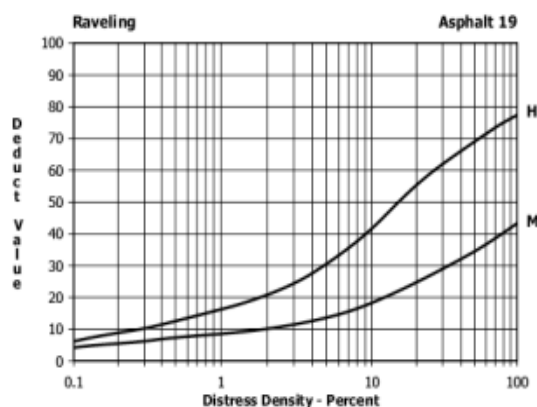
Con los valores de densidad hallados en el paso anterior, se acudió a las “*curvas de valor deducido para asfalto*” dispuestas en la norma ASTM D6433–20.

**Figura 2-12 a 3-17** Curvas tenidas en cuenta para hallar el valor deducido para asfalto.



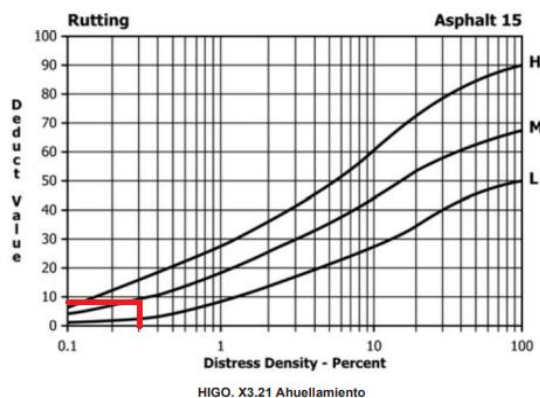
**Figura 2-138 a 2-23** Curvas tenidas en cuenta para hallar el valor deducido para asfalto.



**Figura 2-24** Curvas tenidas en cuenta para hallar el valor deducido para asfalto.

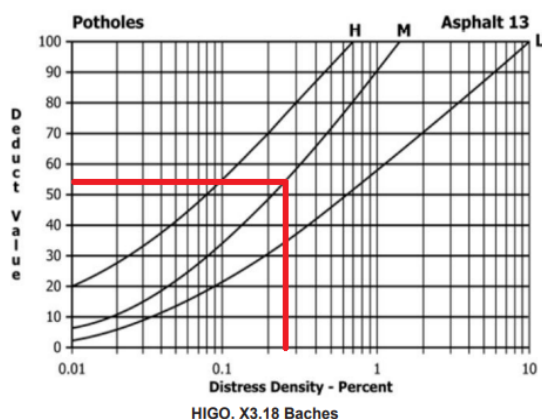
Para hallar el valor deducido en las tablas, primeramente, debimos identificar la tabla que corresponde al tipo de falla presente en el tramo, una vez se identificó, procedimos a ubicar en el eje X de la tabla el valor de la densidad que se calculó anteriormente, a continuación, se trazó una línea recta hasta que se interceptó con la curva que corresponde a la severidad de la falla, L (Low), M (Medium) o H (High), en español, baja, media y alta. Una vez que se interceptó a la curva de severidad, se trazó una recta en sentido horizontal y ahí se halló el valor deducido para cada una de las fallas presentes.

Determinación Valor deducido 1: Se presentó el tipo de falla por Ahuellamiento, con severidad media y un valor de densidad de 0.30; con esta información se acudió a la curva de valor deducido correspondiente al tipo de falla AHUELLAMIENTO, en la tabla se ubicó 0.30 en el eje X, se trazó la línea hasta interceptar con la curva de intensidad media (M) y por último se trazó otra línea recta en dirección al eje Y de la gráfica, donde se halló que el valor deducido es de 9.

**Figura 2-14** Curva de valor deducido para asfalto (Ahuellamiento).

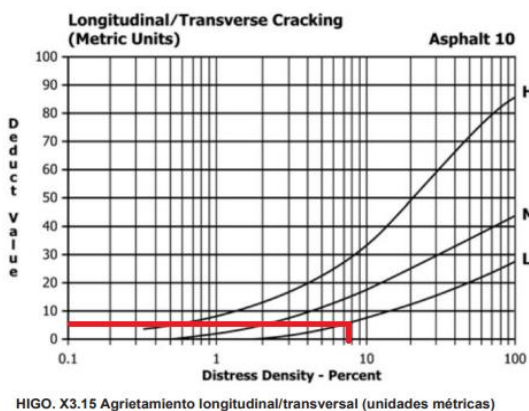
Determinación Valor deducido 2: Se presentó el tipo de falla BACHE, con severidad media y un valor de densidad de 0.26; con esta información se acudió a la curva de valor deducido correspondiente al tipo de falla BACHE, en la tabla se ubicó 0.26 en el eje X, se trazó la línea hasta interceptar con la curva de intensidad media (M) y por último se trazó otra línea recta en dirección al eje Y de la gráfica donde se halló que el valor deducido es de 54.

**Figura 2-15** Curva de valor deducido para asfalto (Baches).



Determinación Valor deducido 3: Se presentó el tipo de falla GRIETA LONGITUDINAL, con severidad baja y un valor de densidad de 7.4; con esta información se acudió a la curva de valor deducido correspondiente al tipo de falla GRIETA LONGITUDINAL, en la tabla se ubicó 7.4 en el eje X, se trazó la línea hasta interceptar con la curva de intensidad media (M) y por último se trazó otra línea recta en dirección al eje Y de la gráfica donde se halló que el valor deducido es de 5.

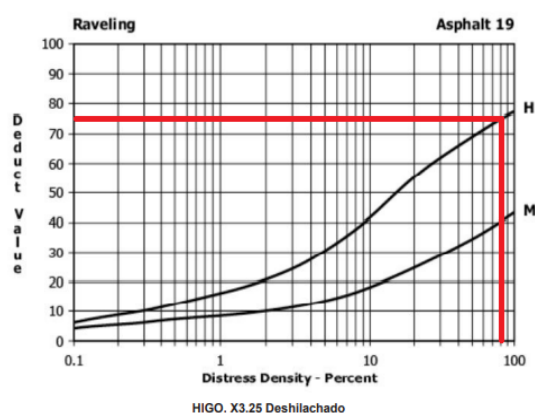
**Figura 2-16** Curva de valor deducido para asfalto (Agrietamiento longitudinal/transversal).





Determinación Valor deducido 4: Se presentó el tipo de falla DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS, con severidad baja y un valor de densidad de 7.4; con esta información se acudió a la curva de valor deducido correspondiente al tipo de falla DESPRENDIMIENTO DE AGREGADO, en la tabla se ubicó 80 en el eje X, se trazó la línea hasta interceptar con la curva de intensidad alta (H) y por último se trazó otra línea recta en dirección al eje Y de la gráfica donde se halló que el valor deducido es de 75.

**Figura 2-17** Curva de valor deducido para asfalto (Desintegración).



Este procedimiento debió repetirse para cada una de las fallas que se presentaron en las 40 unidades muestrales estudiadas, obteniendo de esta manera todos los valores deducidos con los cuales se procedió posteriormente a encontrar el valor de PCI.

**Tabla 2-1** Tabla de datos y valores deducidos, Tramo 1. Dominio propio.

| Tipo | Severidad | Extensión |    | Densidad (%) | Valor deducido |
|------|-----------|-----------|----|--------------|----------------|
| AHU  | M         | 0.89      | m2 | 0.30         | 9              |
| BCH  | M         | 0.79      | m2 | 0.26         | 54             |
| GL   | B         | 3.70      | mL | 7.40         | 5              |
| DA   | A         | 240.00    | m2 | 80.00        | 75             |

Los resultados de valores deducidos por tramo se muestran en el anexo B.

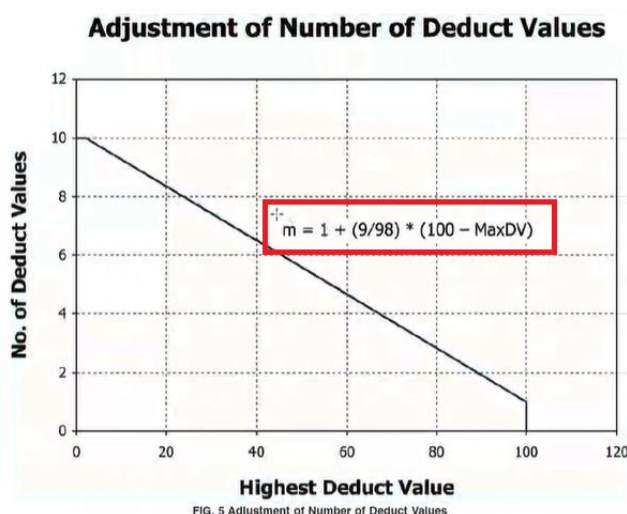
## 2.6 Cálculo del PCI

**Tabla 2-2** Valores deducidos correspondientes al tramo 1.

| Tipo | Severidad | Extensión | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |
|------|-----------|-----------|-----------|--------------|----------------|
| AHU  | M         | 0,89      | M2        | 0,30         | 9              |
| BCH  | M         | 0,79      | M2        | 0,26         | 54             |
| FL   | B         | 3,70      | ML        | 7,40         | 5              |
| PA   | A         | 240,00    | M2        | 80,00        | 75             |

Se parte de los valores deducidos hallados anteriormente, se toma el mayor y se calcula el “Ajuste del número de valores deducidos” (m) mediante la siguiente fórmula:

**Figura 2-18** Ajuste del número de valores deducidos.



Para determinar el máximo número de valores deducidos a analizar, debe emplearse el uso de la ecuación que nos permita hallar el valor “m”. (Ecuación 3.2)

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) \cdot (100 - MaxDV) \quad (3.2)$$

$MaxDV = \text{Mayor valor del tramo}$

$$m = 1 + \left(\frac{9}{98}\right) \cdot (100 - 75)$$

$$m = 3.3$$

El valor de “m” determina el máximo número de valores deducidos a analizar, para el caso del tramo 1 que se está revisando, “m” es igual a 3.3 lo que significa que se analizará los 3 valores deducidos de mayor valor, y el cuarto se analizará solamente considerando 0.3 de la unidad.

Esto quiere decir que los 3 valores deducidos mayores son 75, 54 y 9; y el cuarto valor deducido descendiente que es 5 se analizará teniendo en cuenta 0.3 de la unidad completa.

$$\text{Cuarto VD a analizar} = 0.3 \cdot 5$$

$$\text{Cuarto VD a analizar} = 1.5$$

La normativa establece que cuando el resultado sea inferior a 2, se debe aproximar a 2; pero cuando el resultado sea igual o mayor a 2, se conserva ese resultado y se analiza el valor deducido con ese resultado.

Para el ejercicio que se está realizando, se obtiene como resultado 1.5 lo cual por norma se aproxima a 2.

**Figura 2-19** Cálculo del valor PCI corregido.

$$m = 1 + (9/98) (100 - 25.1) = 7.9 < 8$$

Use highest 7 deducts and 0.9 of eighth deduct.

$$0.9 \times 5.3 = 4.8$$

| #  | Deduct Values |      |      |      |     |     |     |     | Total | q | CDV  |
|----|---------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-------|---|------|
| 1  | 25.1          | 23.4 | 17.9 | 11.2 | 7.9 | 7.5 | 6.9 | 4.8 | 104.7 | 8 | 51.0 |
| 2  | 25.1          | 23.4 | 17.9 | 11.2 | 7.9 | 7.5 | 6.9 | 2   | 101.9 | 7 | 50.0 |
| 3  | 25.1          | 23.4 | 17.9 | 11.2 | 7.9 | 7.5 | 2   | 2   | 96.0  | 6 | 46.0 |
| 4  | 25.1          | 23.4 | 17.9 | 11.2 | 7.9 | 2   | 2   | 2   | 90.5  | 5 | 47.0 |
| 5  | 25.1          | 23.4 | 17.9 | 11.2 | 2   | 2   | 2   | 2   | 84.6  | 4 | 48.0 |
| 6  | 25.1          | 23.4 | 17.9 | 2    | 2   | 2   | 2   | 2   | 75.4  | 3 | 48.0 |
| 7  | 25.1          | 23.4 | 2    | 2    | 2   | 2   | 2   | 2   | 59.5  | 2 | 44.0 |
| 8  | 25.1          | 2    | 2    | 2    | 2   | 2   | 2   | 2   | 38.1  | 1 | 38.0 |
| 9  |               |      |      |      |     |     |     |     |       |   |      |
| 10 |               |      |      |      |     |     |     |     |       |   |      |

**Tabla 2-3** Resumen del cálculo de valor PCI corregido para tramo 1 de estudio.

| # | Valores Deducidos |    |   |   | TOTA | q | CDV |
|---|-------------------|----|---|---|------|---|-----|
| 1 | 75                | 54 | 9 | 2 | 140  | 4 | 78  |
| 2 | 75                | 54 | 9 | 2 | 140  | 3 | 83  |
| 3 | 75                | 54 | 2 | 2 | 133  | 2 | 86  |
| 4 | 75                | 2  | 2 | 2 | 81   | 1 | 80  |

Como se aprecia en la tabla, en la primera columna se colocan el número de valores deducidos (4) en orden ascendente, para las columnas 2-4 se disponen los valores deducidos; en la primera se completa la totalidad con el valor deducido (75), para la segunda se llenan todas las casillas menos 1, la cual se rellena con el número 2; para la tercera se llena todas menos 2 casillas, las cuales se llenan con el número 2; y para la cuarta se rellena por completo con el número 2, debido a que el resultado que se obtuvo fue 1.5, es decir menor a 2, y por norma se debe aproximar a 2.

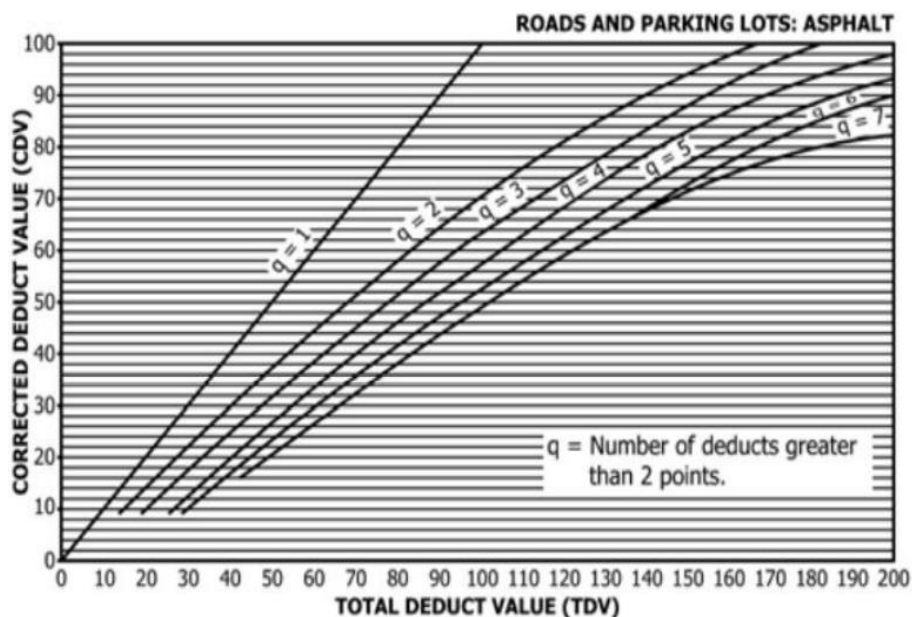
Una vez que se ha llenado la tabla de la manera explicada, se crea una nueva columna (TOTAL) donde se colocan los resultados de sumar cada uno de los valores deducidos dispuestos en las filas.

En la columna siguiente (q) se colocan el número de valores deducidos (4) de manera descendente.

Por último, se encuentra la columna CDV (Valores deducidos corregidos) en español.

El CDV se halla mediante la utilización de la figura de *Valor deducido total*, en la cual se halla el valor deducido total sobre el eje X, el valor deducido corregido sobre el eje Y, y 7 curvas sobre la figura enumeradas de q1 hasta q7.

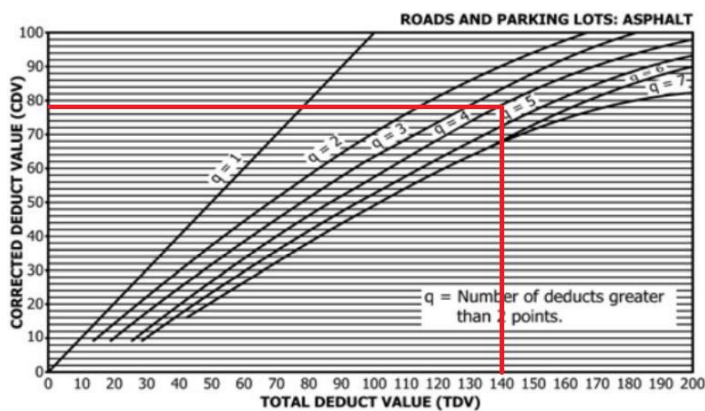
**Figura 2-20** Valor deducido total.



**HIGO. X3.27** Valor de deducción total

Para hallar el CDV se procede a ubicar el valor TOTAL sobre el eje X, se traza una línea vertical hasta interceptar la curva  $q_4$  y por último se traza una línea horizontal hasta encontrar el valor deducido corregido que se encuentra sobre el eje Y; tal y como se muestra en la figura.

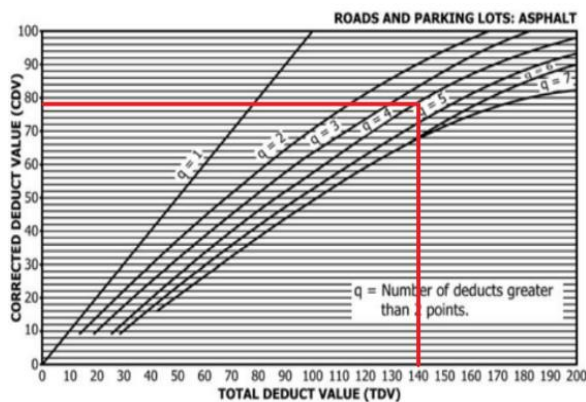
**Figura 2-21** Valor deducido total 1, tramo de estudio 1.



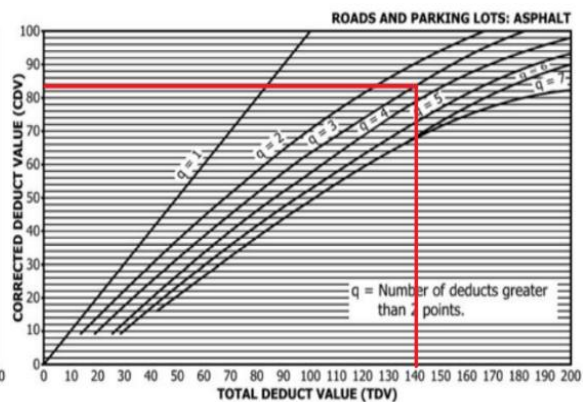
HIGO. X3.27 Valor de deducción total

Se realiza el mismo procedimiento para hallar cada uno de los CDV; obteniendo los siguientes resultados para el tramo 1:

**Figura 2-22 y 3-34** Valor deducido total 1, tramo de estudio 1.



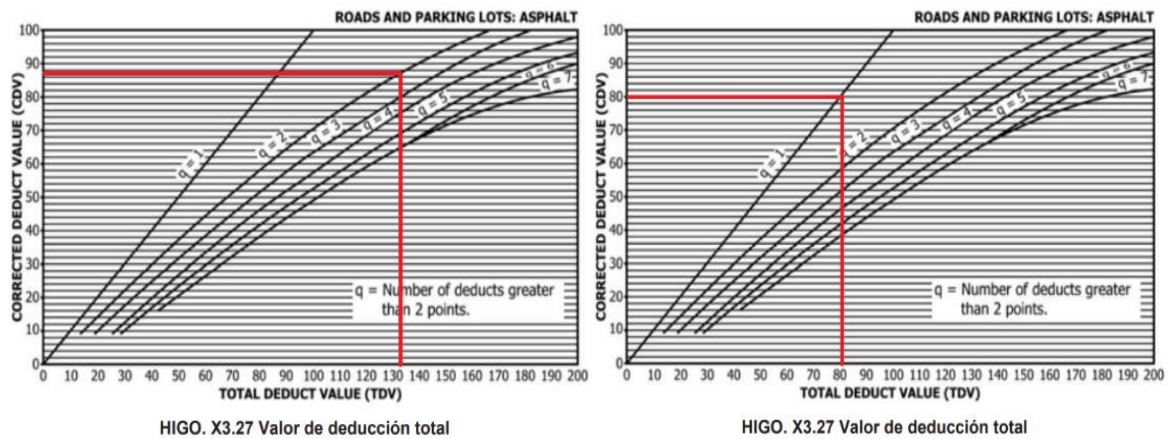
HIGO. X3.27 Valor de deducción total



HIGO. X3.27 Valor de deducción total



Figura 2-3523 y 3-36 Valor deducido total 1-4, tramo de estudio 1.



Una vez que se cuenta con los valores deducidos corregidos, se procede a calcular el PCI, el cual se halla mediante la aplicación de la fórmula:

$$PCI = 100 - MaxCDV$$

(3.3)

Mediante esta fórmula se halló el valor de PCI para cada una de las 40 unidades muestrales estudiadas.

Cada uno de los resultados se encuentra dispuestos en el capítulo 5 (Análisis de resultados) cuyos soportes se encuentran dispuestos en el capítulo de Anexos.

## Capítulo 3

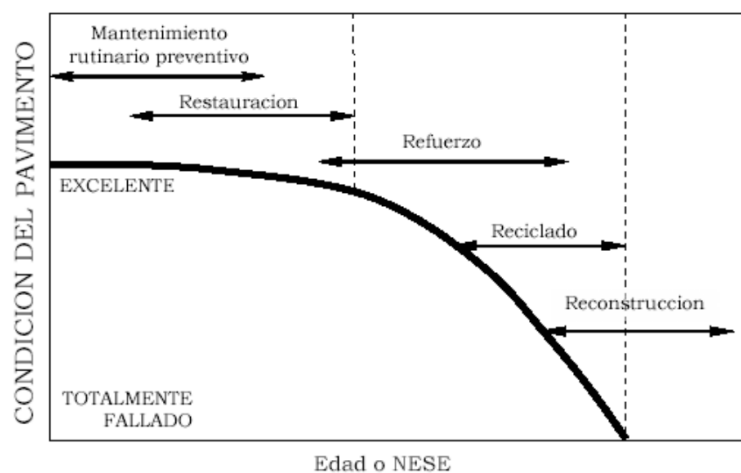
### 3. Marco teórico

Para el desarrollo del proyecto se presentan explicaciones relacionadas a la clasificación numérica de la condición de la superficie (PCI), rehabilitación y bibliografía y software para el diseño de una nueva superficie asfáltica.

#### 3.1 Actividades de Rehabilitación para Pavimentos Flexibles

Las curvas de evolución del deterioro del pavimento son muy útiles para saber qué tipo de rehabilitación necesita una vía. El INVIAS mediante su guía metodológica presenta una curva donde es importante apreciar que, al momento de recomendar el refuerzo, la condición del pavimento aún es eficiente, y entre peor se encuentra el concreto asfáltico, más caro se vuelve su tratamiento (figura 2-5).

**Figura 3-1** Condición típica del ciclo de vida de un pavimento.



Se debe tener en cuenta que para el usuario el costo se incrementa a medida que el nivel de servicio del pavimento disminuye. Estos costos incluyen los correspondientes a la operación y mantenimiento del vehículo, el tiempo de trayecto de los usuarios de la vía y los accidentes. El nivel de servicio al ir disminuyendo, aparecen nuevos deterioros, que necesitan reparaciones mayores, usualmente bacheos.

A continuación, se presentará un resumen de las distintas alternativas de rehabilitación. Se acompañará con una breve descripción de estas.

### 3.1.1 Tratamiento de preparación

**Sello de fisuras:** Consiste en su identificación, limpieza, y la aplicación de un producto bituminoso sellante. Se recomienda solo hacerlo en aquellas cuya abertura sea de más de 6 milímetros. No se recomienda para el tratamiento de “Agrietamiento de cocodrilo”.

**Parcheo y bacheo:** Este método corrige defectos relacionados con deterioro estructural o problemas de humedad, de materiales o de construcción. La intervención puede abarcar sólo las capas asfálticas (parcheo) o comprender también las granulares o estabilizadas hasta lograr un apoyo firme (bacheo).

**Capa de nivelación:** Se coloca sobre el pavimento existente para rellenar sus deformaciones.

**Fresado:** Consiste en la molienda de la parte superior de un pavimento para corregir sus perfiles longitudinal y transversal, removiendo abultamientos, baches, excesos de mezcla asfáltica.

**Figura 3-2** Fresado de un pavimento asfáltico.



### 3.1.2 Restauración

Los trabajos de restauración de un pavimento asfáltico están enfocados, típicamente, a solucionar una necesidad de tipo funcional. Sin embargo, ellos pueden cumplir varias funciones y así se ejecuten por una razón específica, suelen satisfacer simultáneamente otras necesidades. Aun así, al ser tratamientos superficiales, no solucionan requerimientos de daños estructurales o una eficiente distribución de esfuerzos.

**Sello tipo niebla o riego en negro:** Es la aplicación sobre la superficie del pavimento de una ligera emulsión asfáltica diluida. La dosificación debe establecerse con mucha precaución con el fin de evitar disminución de la resistencia al deslizamiento.

**Sello de arena – ligante asfáltico:** Consiste en la extensión y compactación de una delgada capa de arena justo después de aplicado un material bituminoso (figura 3-3 y 3-4), usualmente una emulsión de rotura rápida.

**Figura 3-3 y Figura 3-4** Sello de arena - Ligante asfáltico.



**Tratamiento superficial:** Es la aplicación consecutiva de una emulsión asfáltica de rotura rápida y capas de gravilla de tamaño uniforme.

**Lechada asfáltica:** Es la técnica donde en una superficie de pavimento se extiende la mezcla de emulsión de rotura lenta, agua, agregados y aditivos. Vida útil estimada: 3 a 5 años.

**Microaglomerado en frío:** Consiste en la aplicación de una lechada asfáltica con una emulsión de asfalto modificado con polímeros y un agregado pétreo de un tamaño máximo mayor al usado en la lechada convencional. Vida útil estimada: 5 años.

**Sello del Cabo (Cape seal):** Es después del tratamiento superficial, aplicar una lechada asfáltica con el fin de reducir la macrotextura macrorrugosa. Vida útil estimada: más de 8 años.

**Microaglomerado en caliente:** Consiste en una mezcla bituminosa caliente con agregados que presentan una discontinuidad granulométrica entre 2 mm y 5 mm. Está fabricada con

ligante asfáltico modificado con polímeros, fibras acrílicas o polvo de celulosa. Vida útil estimada: 5 a 8 años.

**Mezcla drenante:** Es una mezcla asfáltica con un elevado contenido de vacíos, la cual proporciona una superficie con elevada capacidad drenante (figura 3-5 y 3-6). Se deben emplear ligantes asfálticos modificados con polímeros. Vida útil estimada: 8 a 10 años.

**Figura 3-4 y Figura 3-5** comparación de la mejora en la visibilidad y desagüe en un pavimento asfáltico y una mezcla drenante.



**Sobrecapa delgada:** Consiste en la aplicación tipo denso en caliente de concreto asfáltico. Para ser considerado restauración, debe ser menos a 40 mm de espesor.

Con el fin de proporcionar información técnica y facilitar el propósito constructivo, se plasma la información pertinente en la tabla 3-1.

**Tabla 3-1** Rehabilitación de pavimentos flexibles, reparación.

| <b>TÉCNICAS</b>                           | <b>PROPÓSITOS</b>                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Riego en negro</b>                     | Sellado de la superficie<br>Rejuvenecimiento de la mezcla asfáltica oxidada                                                                                                                                                                             |
| <b>Sello de arena – ligante asfáltico</b> | Sellado de la superficie<br>Mejora temporal de la fricción superficial                                                                                                                                                                                  |
| <b>Tratamiento superficial</b>            | Suministra una superficie de rodamiento rejuvenecida<br>Mejora drenaje superficial de la calzada<br>Mejora las características de fricción superficial                                                                                                  |
| <b>Lechada Asfáltica</b>                  | Sellado de la superficie<br>Retarda la desintegración superficial del pavimento<br>Mejora la resistencia al deslizamiento                                                                                                                               |
| <b>Microaglomerado en frío</b>            | Sellado de la superficie<br>Retarda la desintegración superficial del pavimento<br>Mejora la resistencia al deslizamiento<br>Nivela áreas ahuelladas por poca profundidad                                                                               |
| <b>Sello de Cabo (Cape seal)</b>          | Suministra una superficie de rodamiento rejuvenecida<br>Mejora drenaje superficial de la calzada<br>Mejora las características de fricción superficial<br>Retarda la desintegración superficial del pavimento                                           |
| <b>Microaglomerado en caliente</b>        | Brinda una nueva superficie de rodamiento<br>Mejora el drenaje y la fricción superficial                                                                                                                                                                |
| <b>Mezcla drenante</b>                    | Suministra un adecuado drenaje superficial<br>Reduce la pérdida de tracción por el agua<br>Limita la proyección de aguas lluvias<br>Mejora la visibilidad en condiciones de lluvia<br>Incrementa la fricción superficial<br>Reduce el ruido de rodadura |
| <b>Sobrecapa delgada</b>                  | Brinda una nueva superficie de rodamiento<br>Retarda la desintegración superficial del pavimento                                                                                                                                                        |

### 3.1.3 Refuerzo

“Consiste en la colocación de capas de pavimento que proporcionan capacidad estructural adicional o mejoran el nivel de servicio a los usuarios” Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras, INVIAS, 2008.

La rehabilitación de pavimentos flexibles mediante la técnica de refuerzo es usada para mejorar la estabilidad y resistencia de las vías ya construidas. Comúnmente se usa en carreteras con prolongada exposición a condiciones climáticas muy fuertes, antiguas o por problemas de estabilidad o resistencia en la base del pavimento.

La sobrecarpeta de refuerzo ha constituido el método más generalizado para rehabilitar pavimentos asfálticos ya que es eficiente en costos y puede llegar a aumentar la capacidad estructural; aunque, el comportamiento de la sobrecarpeta puede fallar por:

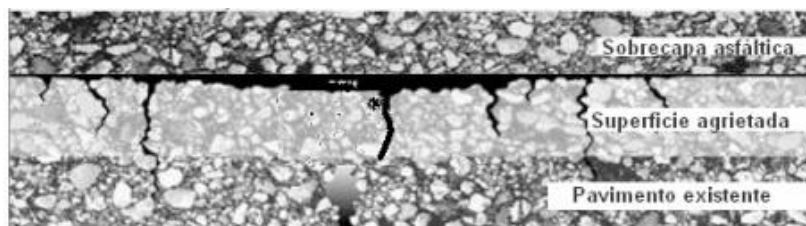
- Selección errónea de la sobrecarpeta como método de rehabilitación.



- Espesor insuficiente de la sobrecapa de la mezcla asfáltica.
- Fallas en el diseño y en la elaboración del pavimento.
- Reparación inadecuada de las áreas previas deterioradas.
- Inadecuado análisis de los esfuerzos que sufre el pavimento.
- Procesos constructivos deficientes.

Usualmente el refuerzo se realiza con mezclas densas en caliente de concreto asfáltico. El espesor, depende del daño en el área a reparar, pero va en el rango entre 40mm y 200mm. En la figura 3-7 se presenta una representación gráfica de la manera como queda la sobrecarpeta sobre el pavimento existente.

**Figura 3-6** Sobrecarpeta asfáltica sobre pavimento existente agrietado.



#### **Tratamiento previo al refuerzo**

Para que el refuerzo tenga un comportamiento deseado, el pavimento existente debe estar estructuralmente sano, libre de suciedad superficial y apto para adherirse al refuerzo. Se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Tipo de materiales por emplear en el refuerzo.
- Suficiencia estructural del pavimento existente.
- Tipos, extensiones y gravedades de los deterioros del pavimento.
- Tránsito esperado.
- Costos totales (tratamiento previo y refuerzo).

Una vez definido esto, se debe definir entre: realizar un bacheo en áreas afectadas antes de la sobrecarpeta o aumentar el espesor del refuerzo (si es necesario con capa de nivelación) para cumplir estructuralmente con el pavimento.

### **El problema con la reflexión de juntas**

Este problema debe ser muy tenido en cuenta a la hora de escoger la sobrecapa como método de refuerzo, ya que por las fisuras que se vayan a presentar en la superficie, va a haber un ingreso de agua. Esta tiende a ser como un solvente de la película ligante de la mezcla y así separar la sobrecapa de la capa subyacente; además el agua también pasa a las capas inferiores debilitándolas y disminuyendo la vida útil de la mezcla asfáltica.

La solución ideal para el problema de reflexión de juntas es eliminar los movimientos horizontales causados por los cambios de temperaturas y los verticales causados por el tránsito. Como esto no es imposible sin espesores exagerados, se busca utilizar tratamientos adicionales como Geosintéticos, membranas intercapa absorbentes de esfuerzos (SAMI) o capas asfálticas de alivio del reflejo de fisuras (crack-relief layers).

### **Tratamiento con geosintéticos:**

El proceso de refuerzo inicia con la preparación del pavimento, retirando escombros, material vegetal u otros objetos presentes en la superficie del pavimento ajenos a sus materiales de construcción. Del mismo modo, se reparan daños existentes en su superficie (tratamiento de grietas y parcheo y bacheo).

El proceso que continua es la colocación de una malla de refuerzo geosintético<sup>1</sup> en la base del pavimento. Este material se usa porque mejora la resistencia del pavimento a esfuerzos y aumenta la vida de la carretera. Por último, se compacta y revisan ejes longitudinales de la vía para asegurar que quedo plana y uniforme para los vehículos.

**Figura 3-7** Geosintético con mezcla asfáltica.



---

<sup>1</sup>Geosintético: se refiere a un producto que está hecho de materiales poliméricos, sintéticos diseñados para su aplicación en la construcción. Sus aplicaciones son elementos clave en una estructura o sistema para propósitos de ingeniería civil. Tomado de: [www.geoygeo.com/blog/geosinteticos-concepto-beneficios-funciones-y-clasificacion](http://www.geoygeo.com/blog/geosinteticos-concepto-beneficios-funciones-y-clasificacion)

### 3.1.4 Reconstrucción

Esta técnica trata de la remoción de la estructura del pavimento existente y el reemplazo parcial o total de la misma; continuando el alineamiento y explanación de la carretera.

**Figura 3-8** Mezcla asfáltica que requiere reconstrucción.



La reconstrucción, al ser la técnica que conlleva más tiempo, más esfuerzo y más dinero, se debe reservar para casos en los que la vida útil del pavimento esté agotada, su estructura sea o esté deficiente y presente elevados índices de deterioro superficial. Lo más significativo es determinar: cuáles capas deben ser escarificadas y removidas; y la capacidad portante de la estructura del pavimento, ya que esta va a seguir siendo la estructura para disipar los esfuerzos producidos por los vehículos.

#### **Reconstrucción de tipo flexible**

Consiste en remover toda la capa de rodadura y con la base descubierta, agregar más material granular y volver a construir la carpeta de mezcla asfáltica.

#### **Reconstrucción de tipo semiflexible o semirrígido**

La técnica es igual a la anterior, pero por encima de la capa “base” se le adiciona una nueva capa de rehabilitación conformada por estabilizaciones, normalmente con cemento portland, ligante asfáltico emulsionado o espumado.

#### **Reconstrucción de tipo rígido**

Es el retiro de capas de la carpeta asfáltica y posterior colocación de pavimento hidráulico. El espesor se debe determinar de acuerdo como si se estuviera diseñando un pavimento rígido nuevo.

#### **Recubrimiento blanco – whitetopping**

Al igual que el método anterior se coloca concreto hidráulico sobre el pavimento existente. Se deben colocar una capa de nivelación que aplane deformaciones existentes.

### 3.2 PCI

El índice de condición de pavimento PCI fue creado e introducido por primera vez por el ejército de los Estados Unidos de América, debido a la necesidad de establecer un método simple pero eficiente que les permitiera determinar si un tramo de carretera se encontraba en buen estado o requería un periodo de intervención.

Durante el transcurso de los años, la metodología se ha ido simplificando y categorizando de manera que su comprensión y uso sean más sencillos; es por ello que posterior a su introducción, fue estandarizada mediante la normativa ASTM internacional. De igual manera, la normativa ha clasificado las patologías presentes en un pavimento rígido en 19 tipos distintos, las cuales presentan tres tipos de severidad (baja, media y alta) en base a las dimensiones que presentan cada una de ellas.

La metodología categoriza el estado de los pavimentos flexibles en una escala de 0 a 100, siendo 0 el peor estado y 100 el mejor estado en el que se puede encontrar un tramo de pavimento y a su vez determina que en la práctica, un tramo de vía cuyo valor PCI sea inferior a 40, no debería usarse.

Gracias a la practicidad, fiabilidad y bajo costo; la metodología PCI se clasifica como la más completa a nivel mundial cuando de evaluación y determinación del estado de un pavimento flexible se refiere; siendo aplicada en todos los continentes y por aquellos países líderes en desarrollo técnico y tecnológico.

### 3.3 AASHTO

En el presente trabajo se utiliza la metodología AASHTO Guide for Design of Pavement Structures - 1993 (American Association Standards Highway Transportation Officials) para el diseño de la nueva estructura del pavimento en la reconstrucción y se usan parámetros y cálculos brindados por este para el diseño de la sobrecarpeta. Se utiliza esta metodología porque por medio de esta, se establecen estándares técnicos para el diseño en cualquiera de sus fases del transporte terrestre.

Se decide utilizar esta guía por su conveniencia a nivel internacional y ya que detalla construcción, mantenimiento y rehabilitación. Específicamente los temas en los que se enfoca esta guía son: Confiabilidad, Módulo Resiliente para Soporte de Suelo, Módulo Resiliente para Coeficientes de Capas de Pavimento Flexible, Drenaje, Consideraciones Ambientales Mejoradas, Carriles Ampliados de Concreto, Erosión de la subbase para Pavimentos Rígidos, Consideraciones de Costo del Ciclo de Vida, Rehabilitación, Gestión de Pavimento, Extensión de Valores de Cargas Equivalentes, Datos de Tráfico Mejorados,

---

Diseño de Pavimento para Bajos Volúmenes de Tráfico, Estado del Conocimiento sobre los Conceptos de Diseño Mecánico-Empírico.

### **3.4 Software usado**

Durante el desarrollo del documento fue necesario el uso del software PITRA PAVE para el cálculo y comprobación de los datos obtenidos. Este software se utiliza para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos basado un análisis de esfuerzos y deformaciones; evaluando la capacidad estructural de los pavimentos. Según la universidad de Costa Rica en LanammeURC (Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales) PITRA PAVE es un software de análisis estructural para pavimentos flexibles el cual con determinadas cargas permite obtener los esfuerzos, deformaciones y deflexiones que experimentaría esta estructura.

Funciona mediante la teoría multicapa, el cual es un método matemático que tiene en cuenta para cada capa sus propiedades elásticas y espesor, asumiendo nulo deslizamiento entre estas. Lo que significa que las tensiones y deformaciones pasan de una capa a la siguiente sin mayores interferencias.

Al aplicar la teoría multicapa en el análisis estructural de pavimentos, se puede obtener información detallada y precisa sobre el comportamiento del pavimento, lo que facilita el cumplimiento de los requerimientos estructurales.

En el capítulo 4.4.2 se explica a mayor detalle su aplicación a este proyecto.

## Capítulo 4

### 4. Diseño de la rehabilitación.

Según lo expuesto en el Capítulo 2 y los análisis mostrados anteriormente, se concluyó que la mejor alternativa para rehabilitación es la realización por separado de una sobrecarpeta asfáltica para los tramos con PCI entre 11 y 40 correspondientes a las clasificaciones de la condición del pavimento de *Poor*, *Very Poor* y *Serious*; y el planteamiento de una reconstrucción para los tramos con valores de PCI menores a 10 correspondientes a *Failed* o en la traducción “Destruído”.

A continuación, se ilustró el orden y manera de cómo se hicieron los cálculos para poder diseñar la reconstrucción de los tramos de una manera óptima y posteriormente obtener el espesor de la sobre carpeta.

#### 4.1 Conteo vehicular

Con el fin de tener datos precisos, se llevó a cabo durante 8 días el conteo de la cantidad de vehículos que transitaban por la zona de estudio y se clasificaron según su tipología. Se empezó el domingo 13 de noviembre y finalizó el domingo 20 de noviembre. El conteo de los vehículos se realizó con un formato modificado tomado del INVIAS, se presenta el primer formato lleno (figura 4-1). El conteo diario se realizó en ciclos de 8 horas, buscando que los periodos no se repitieran, así, la toma de datos más temprana registrada es a las 5:00 am y la última hora es a las 7:00 pm. Al analizar el formato se notó que no se discernía en la dirección del vehículo, esto hizo que el llenado del formato presentara menos complicaciones.



Figura 4-1 Formato para el conteo vehicular.

| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px; margin-bottom: 5px;"></div> </div> <div> <b>CONTEO VEHICULAR</b> </div> </div> |                        |                    |          |           |                    |            |                          |                 |                      |                         |           |       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------------|----------|-----------|--------------------|------------|--------------------------|-----------------|----------------------|-------------------------|-----------|-------|
| SENTIDO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                        |                    | FECHA    |           |                    | SECUENCIAL |                          |                 | CONTADOR DE TRÁFICO  |                         |           |       |
| 2 - 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                        |                    | 1: _____ |           |                    | 2 0 2 2    |                          |                 | COORDINADOR DE SITIO |                         |           |       |
| Hora                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | VEHICULOS DE PASAJEROS |                    |          |           | VEHICULOS DE CARGA |            |                          |                 |                      | OTROS VEHICULOS PESADOS |           |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Motos                  | Autos/Jeep<br>/SUV | Pick-Up  | Autobuses | Camiones           |            | Movimiento de materiales |                 |                      | Agrícolas               | Construc. | Otros |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                        |                    |          |           | Camión<br>ligero   | C2/C4      | Volqueta                 | Carro<br>Tanque | Tractomula           |                         |           |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                        |                    |          |           |                    |            |                          |                 |                      |                         |           |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                        |                    |          |           |                    |            |                          |                 |                      |                         |           |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                        |                    |          |           |                    |            |                          |                 |                      |                         |           |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                        |                    |          |           |                    |            |                          |                 |                      |                         |           |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                        |                    |          |           |                    |            |                          |                 |                      |                         |           |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                        |                    |          |           |                    |            |                          |                 |                      |                         |           |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                        |                    |          |           |                    |            |                          |                 |                      |                         |           |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                        |                    |          |           |                    |            |                          |                 |                      |                         |           |       |

## 4.2 Variable Tránsito - NESE

Siguiendo con el método *AASHTO-93* se ofrecen alternativas para cuantificar las cargas de tránsito que circulan por la vía en el carril de diseño durante el periodo de diseño. Para este trabajo de grado se usó el método de *Ejes Equivalentes de 8.2 ton*.

Para este método, se debe calcular el número de ejes simple equivalentes “NESE”, o *equivalent simple axial load “ESAL”* (ver ecuación (4.1)), que es la relación entre carros/buses/camiones.

$$NESE = \left[ \sum_{j=1}^m [TPDa * VC]_j * FC_j * \frac{(1+i)^n - 1}{\ln(1+i)} \right] * fd * fc * 365 \quad (4.1)$$

Donde:

- TPDa: Tránsito promedio diario anual.
- %VC: Porcentaje de vehículos comerciales.
- FC: Factor camión del tipo de vehículo.
- i: Crecimiento anual del parque automotor.
- n: Los años tenidos en cuenta para el crecimiento del parque automotor.
- fd: Factor direccional de la vía.
- fc: Factor carril de la vía.

Los datos hallados durante el conteo vehicular son TDi (Tránsito Diario para cada uno de los 8 días de conteo) (tabla 5-7 a 5-16), y posteriormente TPDs (Tránsito Promedio Diario semanal); por lo que para poder convertir estos datos en TPDa, se aplican las siguientes fórmulas:

$$TPDa = TPDs \pm \frac{Z * S}{\sqrt{d}} \sqrt{\frac{N - d}{N - 1}} \quad (4.2)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(TDi - TPDs)^2}{d - 1}} \quad (4.3)$$

Donde:

- Z: Confianza de la distribución normal.
- d= Tamaño de la muestra (días)
- N=tamaño de la población

### 4.2.1 Aplicación

Para hallar correctamente el valor NESE, se hace necesario hallar el total de tránsito vehicular por día (TDi) y conocer de qué manera se van a separar los vehículos de acuerdo con su posible peso (aplicación de cargas directas sobre el pavimento). Revisar para mayor entendimiento (tabla 4-1).

**Tabla 4-1** Tabla resumen de los vehículos contados en cada día. (Elaboración Propia).

| Fecha          | Motos | Autos/jee<br>p/suv | Pick-Up | Autobuse<br>s | Camion<br>ligero | C2/C3 | Volqueta | Carro<br>tanque | tractomul<br>a | Agrícolas | construcc | otros | TDI |
|----------------|-------|--------------------|---------|---------------|------------------|-------|----------|-----------------|----------------|-----------|-----------|-------|-----|
| 30 de Octubre  | 634   | 374                | 73      | 40            | 24               | 37    | 10       | 0               | 2              | 0         | 0         | 0     | 560 |
| 31 de Octubre  | 302   | 118                | 51      | 14            | 13               | 16    | 11       | 6               | 2              | 1         | 1         | 0     | 233 |
| 1 de Noviembre | 336   | 146                | 43      | 24            | 23               | 20    | 8        | 4               | 3              | 1         | 1         | 0     | 273 |
| 2 de Noviembre | 366   | 171                | 43      | 9             | 21               | 20    | 7        | 3               | 2              | 1         | 0         | 0     | 277 |
| 3 de Noviembre | 335   | 97                 | 85      | 14            | 15               | 14    | 7        | 2               | 4              | 1         | 2         | 0     | 241 |
| 4 de Noviembre | 319   | 139                | 64      | 10            | 27               | 13    | 12       | 1               | 2              | 1         | 1         | 0     | 270 |
| 5 de Noviembre | 441   | 223                | 79      | 41            | 51               | 42    | 11       | 0               | 1              | 1         | 4         | 0     | 453 |
| 6 de Noviembre | 617   | 363                | 87      | 37            | 24               | 19    | 10       | 1               | 2              | 1         | 3         | 0     | 547 |
| <b>TOTAL</b>   | 3350  | 1631               | 525     | 189           | 198              | 181   | 76       | 17              | 18             | 7         | 12        | 0     |     |

Aunque en el formato para el conteo vehicular se presenta el ítem de motos, dichos datos no son tenidos en cuenta para el diseño de la rehabilitación, debido a que la carga que

estas aportan a la estructura del pavimento es insignificante. Se determinó que la relación entre autos/buses/camiones se tendría así:

Autos: Autos/ jepp/ suv + Pick up

Buses: Autobuses

Camiones: Camión ligero+C2/C3+Volqueta+Carro Tanque+ Tractomula+ Agrícolas+ Construcción+ Otros.

### Cálculo de TPDa

Para el cálculo de TPDa se tomó el TDi de la tabla 4-1, se halló el promedio y en la tercera columna se expresa "Error Cuadrado= (TDi-promedio)<sup>2</sup>" esto con el fin de hallar la desviación estándar (tabla 4-2).

**Tabla 4-2** Tabla resumen de los vehículos contados en cada día.

|          | TDI    | Error Cuadrado |
|----------|--------|----------------|
| Dia1     | 560    | 41311          |
| Dia2     | 233    | 15314          |
| Dia3     | 273    | 7014           |
| Dia4     | 277    | 6360           |
| Dia5     | 241    | 13398          |
| Dia6     | 270    | 7526           |
| Dia7     | 453    | 9264           |
| Dia8     | 547    | 36195          |
| PROMEDIO | 356,75 | 0              |

Tomando la ecuación (4.3) se obtiene que  $S=139.5817$ .

Ahora se toma la ecuación (4.2), se rempazan valores tomando  $d=8$ , ya que son 8 días tomados y  $Z=1.96$  obtenido de la tabla de distribución normal. Se obtiene un valor para **TPDa=452.540**.

### Cálculo de NESE - ESAL

Para el cálculo del valor NESE, se pondrán primero los datos y luego la manera como se hallaron.

El valor TPDs se halló sumando los valores totales de la relación antes nombrada de Autos/Buses/Camiones. Estos TPDs se sumaron y por medio de esta, se determinó el %VC de cada uno; Con el fin de verificar los valores, se suman y da 100% (tabla 4-3).

**Tabla 4-3** Valores hallados de TPDs y %VC.

|      | Autos | Autobuses | Camiones | Total |
|------|-------|-----------|----------|-------|
| TPDs | 2156  | 189       | 509      | 2854  |
| %VC  | 75,5  | 6,6       | 17,8     | 100   |

Los valores de “i” utilizados en la formula (4.1) se hallaron en dos fuentes distintas ya que no se encontró un informe oficial del crecimiento anual del parque automotor del 2012 al 2022; por lo que se halló el número total del parque automotor en Colombia año tras año para así poder hallar “i”.

El número total de vehículos registrados del 2012 al 2016 se hallaron en “*INFORME ANUAL, Parque vehicular en la Comunidad Andina, 2008-2017*” y del 2017 al 2022 se hallaron en “*PARQUE AUTOMOTOR REGISTRADO EN RUNT*” (tabla 4-4). Para el tratamiento de los datos recolectados se usaron dos alternativas distintas. A ambas se les aplicó la fórmula del crecimiento poblacional compuesto (formula 4.4) en:

- 1) año 2012 y 2022
- 2) sus años consecutivos y promedio de este crecimiento.

$$P_t = P_0(1 + r)^t$$

**(4.4)**

Dónde:

$P_t$ : Población en t años.

$P_0$ : Población inicial.

i: Tasa de crecimiento de la población total.

t: Tiempo en años.

Como se conoce  $P_0$ ,  $P_t$  y n, se debe despejar “r”. A continuación se muestra la tabla (4-4) donde se muestra el tamaño del parque automotor, el año y el crecimiento del parque automotor “i”.

**Tabla 4-4** Parque automotor registrado en el Runt.

| Año  | Parque Automotor | i       |
|------|------------------|---------|
| 2012 | 8'536 000        |         |
| 2013 | 9'796 000        | 0.14761 |
| 2014 | 11'143 000       | 0.13751 |
| 2015 | 12'110 000       | 0.08678 |
| 2016 | 12'858 000       | 0.06177 |
| 2017 | 13'637 592       | 0.06063 |
| 2018 | 14'486 716       | 0.06226 |
| 2019 | 15'337 965       | 0.05876 |
| 2020 | 16'042 336       | 0.04592 |
| 2021 | 17'020 451       | 0.06097 |
| 2022 | 18'082 451       | 0.06240 |

El promedio de “i” calculado entre años consecutivos es 0.07846 y el “i” calculado solo teniendo en cuenta los valores del parque Automotor de los años 2012 y 2022 es de 0.07795 por lo que para el valor en la formula (4.1) se tomará como un promedio de estos dando  $i = 0.078207$ .

Para el valor en la fórmula (4.1) “n” se tomó 10 años;  $n=10$ .

Los valores de FC (factor camión) se hallaron en “Manual de Diseño De Pavimentos Asfálticos en Vías con medios y altos Volúmenes De Tránsito”, INVIAS, 2018; en los factores FDV (llamado por el INVIAS factor de daño vehicular). Quedando: autos: 0.2; autobuses: 1.8; camiones 4.5. Y se determinaron  $fd=1$  y  $fc=1$  mediante la siguiente tabla (tabla 4-5).

**Tabla 4-5** Formato para el conteo vehicular.

| Clasificación de la Vía                                       | fd  | fc   |
|---------------------------------------------------------------|-----|------|
| Autopistas y vías multicarril con tres carriles por dirección | 0.5 | 0.75 |
| Autopistas y vías multicarril con dos carriles por dirección  | 0.5 | 0.9  |
| Carreteras anchas y de dos direcciones                        | 0.5 | 1    |
| Carreteras de ancho medio y de dos direcciones                | 1   | 0.75 |
| Carreteras estrechas y de dos direcciones                     | 1   | 1    |

Una vez todos los valores definidos, se reemplazan en la ecuación (4.1) y se obtiene como resultado:

$$\sum_{autos} = 452.54 * 0.755 * 0.2 * \frac{(1 + 0.078)^{10} - 1}{\ln(1 + 0.078)} = 1020$$

$$\Sigma_{autobuses} = 452.54 * 0.066 * 1.8 * \frac{(1 + 0.078)^{10} - 1}{\ln(1 + 0.078)} = 805$$

$$\Sigma_{camiones} = 452.54 * 0.178 * 4.5 * \frac{(1 + 0.078)^{10} - 1}{\ln(1 + 0.078)} = 5418$$

$$NESE = [1020 + 805 + 5418] * 1 * 1 * 365$$

**NESE=2 643 696**

### 4.3 Structural Number (SN)

A continuación, se hallará un valor de medida que describe el comportamiento del pavimento, teniendo en cuenta la seguridad y comodidad que se brinda al usuario al momento de transitar sobre la vía. Este método calcula en SN para garantizar la serviciabilidad deseada. Este factor se debe retroalimentar calculando la siguiente expresión (ecuación (4.5)).

$$\log(NESE) = Z_r * S_o + 9.36 \log(SN + 1) - 0.2 + \left[ \frac{\log \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} \right] + 2.3 \log(Mr) - 8.07 \quad (4.5)$$

**Z<sub>r</sub>:** Ley normal centrada

Es un parámetro estadístico que depende de la confiabilidad (tabla 4-6).

**Tabla 4-6** Z<sub>r</sub> según tipo de vía y su ubicación.

| R (%)                               |  | Zona Urbana |  | Zona Rural |  |
|-------------------------------------|--|-------------|--|------------|--|
| Autopistas y carreteras importantes |  | 85-99.9     |  | 80-99.9    |  |
| Arterias principales                |  | 80-99.9     |  | 75-95      |  |
| Colectoras                          |  | 80-95       |  | 75-96      |  |
| Locales                             |  | 50-80       |  | 50-81      |  |

| R (%)          | 50 | 70     | 75     | 80     | 85     | 90     | 92     | 94     | 95     | 98     | 99.99 |
|----------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Z <sub>r</sub> | 0  | -0.524 | -0.674 | -0.841 | -1.037 | -1.282 | -1.405 | -1.555 | -1.645 | -2.054 | -3.75 |

Se toma R (%) correspondiente al 95% de confianza por ser a un valor de parámetro estadístico común, correspondiendo en Z<sub>r</sub>=-1.645

**S<sub>0</sub>:** Error normal combinado

Es un parámetro estadístico que depende del tipo del proyecto (tabla 4-7).



**Tabla 4-7**  $S_0$  según el tipo de proyecto. (Tomado de AASHTO-93)

| Proyecto de Pavimentación | $S_0$    |          |
|---------------------------|----------|----------|
|                           | Flexible | Rígido   |
| Construcción Nueva        | 0.45     | 0.3-0.35 |
| Sobre-Carpeta             | 0.5      | 0.4      |

Se toma el valor  $S_0=0.5$

$\Delta PSI$ : Índice de serviciabilidad

Es la diferencia entre las estimaciones de serviciabilidad inicial y final del pavimento.

$$\Delta PSI = P_o - P_f$$

**$P_o$** : Estado inicial del Pavimento, índice de serviciabilidad

Se debe tomar un valor entre 4.0 y 4.2 según AASHTO-93

Se toma  $P_o=4.0$

**$P_f$** : Estado último de confiabilidad

Valor donde ocurre la falla funcional del pavimento (tabla 4-8).

**Tabla 4-8** Valores de serviciabilidad final.

| Tipo de vía                    | $P_f$   |
|--------------------------------|---------|
| Autopistas                     | 2.5-3.0 |
| Colectoras                     | 2.0-2.5 |
| Pavimento para Zona Industrial | 1.5-2.0 |

Considerando que la vía tiene un flujo vehicular relativamente bajo, tanto en magnitud como en carga soportada, además no representa un corredor vial vital, se decidió otorgar un valor de seveciabilidad final,  $P_f=1$ . Si bien este valor es más bajo de lo normalmente recomendado, si es representativo de la zona y de las prácticas de mantenimientos típicas desarrolladas por la entidad estatal administrativa. (Consultar ANEXO D).

**Mr:** Módulo resiliente de la subrasante  
Módulo resiliente del suelo. Se toma Mr=6000 PSI. (Consultar ANEXO D).

Una vez todos los valores definidos, se reemplazan en la ecuación (4.4), se despeja y se obtiene como resultado:

**SN= 4.34**

## **4.4 Reconstrucción de la mezcla asfáltica**

### **4.4.1 Espesor de la capas**

Con el fin de determinar el espesor de las diferentes capas de la mezcla asfáltica se usó SN, o *structural number* (ver ecuación (4.6)), que es la relación entre los coeficientes estructurales de las distintas capas, espesor de las capas y coeficientes de drenajes de las capas granulares.

$$SN = a_1 t_1 + a_2 t_2 m_2 + a_3 t_3 m_3 \quad (4.6)$$

Donde:

- $a_i$ : Coeficiente de la Capa.
- $t_i$ : Espesor de la capa (pulgadas).
- $m_i$ : Coeficiente de drenaje de la capa.
- 1: Carpeta Asfáltica.
- 2: Base Granular.
- 3: Sub-base Granular.

**m:** Coeficiente de drenaje de la capa.

**Figura 4-2** Coeficiente de drenaje de la capa por tipo de suelo.

| Clasificación climática por humedad | $m_i$ |
|-------------------------------------|-------|
| Árido                               | 1.15  |
| Semi-árido                          | 1.05  |
| Sub-húmedo                          | 1.00  |
| Húmedo                              | 0.95  |
| Muy húmedo                          | 0.85  |

Para el desarrollo de la ecuación (4.6) se utilizó:

$m_2$ : Semi-árido = 1.05;

$m_3$ : Semi-árido = 1.05.

**a:** Coeficiente estructural de la Capa.

**Figura 4-3** Coeficiente estructural de la capa por tipo de suelo.

| Tipo de capa                                               |              | Clasificación climática por temperatura | $a_i$ |
|------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------|-------|
| Descripción de la capa                                     | Nomenclatura |                                         |       |
| Mezcla asfáltica densa en caliente tipo 2                  | MDC-2        | Frío                                    | 0.44  |
|                                                            |              | Templado                                | 0.41  |
|                                                            |              | Caliente                                | 0.37  |
| Mezcla asfáltica densa en frío tipo 2                      | MDF-2        | Frío                                    | 0.40  |
|                                                            |              | Templado                                | 0.37  |
|                                                            |              | Caliente                                | 0.34  |
| Suelo estabilizado con emulsión asfáltica                  | BEE-3        | Todas las categorías                    | 0.14  |
| Suelo estabilizado con cemento portland                    | BEC          | Todas las categorías                    | 0.14  |
| Base granular                                              | BG           | Todas las categorías                    | 0.14  |
| Subbase granular                                           | SBG          | Todas las categorías                    | 0.12  |
| Afirmado que cumple la especificación INV: Artículo 311    | AFR-1        | Todas las categorías                    | 0.08  |
| Afirmado que no cumple la especificación INV: Artículo 311 | AFR-2        | Todas las categorías                    | 0.06  |

Para el desarrollo de la ecuación (4.6) se utilizó:

$a_1$ : Mezcla asfáltica densa en caliente tipo 2 (Cálido) = 0.37;

$a_2$ : Base granular = 0.14;

$a_3$ : Sub-base granular = 0.12.

Estos coeficientes estructurales también se usaran en las ecuaciones (4.9) (4.10) y (4.11).

#### 4.4.2 Verificación por método racional.

Teniendo en cuenta el orden estructural de las capas de la mezcla asfáltica de pavimento flexible, se realizó una verificación de los esfuerzos y deformaciones producidos en la estructura del pavimento. Se usará el software PITRA PAVE, desarrollado en la Universidad de Costa Rica (UCR) por el Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (Lanamme). Los resultados de este software permiten determinar si el orden estructural de capas es resistente a los principales mecanismos de daño del pavimento flexible.

**Agrietamiento por fatiga:** Se determina mediante la deformación unitaria a tracción en la fibra inferior de la carpeta asfáltica ( $\epsilon_t$ ). Si la  $\epsilon_t$  generada es mayor a la admisible, el pavimento fallara por agrietamiento por fatiga.

$$\epsilon_t = \epsilon_6 \left( \frac{NESE}{10^6} \right)^b * kc \quad (4.7)$$

(Tomado de: Rondón Quintana, 2015)

**$\epsilon_6$ :** Es la amplitud de la deformación necesaria para que la mezcla asfáltica falle a  $10^6$  ciclos de carga. Es un dato particular para cada mezcla, por tanto, debería ser medido en laboratorio. Para este caso se asume un valor típico,  $9 \times 10^{-4}$ .

**$b$ :** Corresponde a la pendiente de la ley de fatiga. Es un dato particular para cada mezcla asfáltica, por tanto, debe ser medido en laboratorio. En este caso se asume un valor típico, 0.2.

**$kc$ :** Es el parámetro de corrección por uso. En el caso de mezclas asfálticas usadas como carpeta de rodadura se asume de 1.1.

$$\epsilon_t = 1,20248E-03 = 0,00120248$$

**Ahuellamiento:** Se evalúa con la deformación unitaria vertical en la fibra superior de la subrasante ( $\epsilon_z$ ). Si la  $\epsilon_z$  generada es mayor que la admisible, el pavimento fallará por ahuellamiento.

$$\epsilon_z = 0.016(NESE)^{-0.222}$$

(4.8)

$$\epsilon_z = 6,00329 \text{ E-}04 = 0,000600329$$

**Datos de entrada:**

Adicional a la información ya calculada, se necesita el Coeficiente de Poisson ( $\nu$ ) y el módulo elástico de los materiales. Para  $\nu$ , se otorgarán los valores recomendados por (Rondón Quintana, 2015):

0.30, para la base y subbase granular.

0.35, para la mezcla asfáltica.

0.4, para la subrasante de tipo arena.

El software también pide para el cálculo de las deformaciones de las capas estructurales el módulo de elasticidad ( $E$ ) de cada material, por lo tanto, se deberán hallar mediante correlaciones a partir de los coeficientes estructurales exigidos por INVIA.

$$a_1 = 0.184 \ln(E_1) - 1.9547$$

$$a_2 = 0.249 \log(E_2) - 0.977$$

$$a_3 = 0.227 \log(E_3) - 0.839$$

(4.9)(4.10)(4.11)

Donde

$a_i$  = es el coeficiente estructural de la capa (evaluado en 4.4.1)

Aplicando las ecuaciones (4.9), (4.10) y (4.11) obtenemos:

$$E_1 = 306888 \text{ psi} = 2115.918 \text{ MPa};$$

$$E_2 = 30616 \text{ psi} = 211.089 \text{ MPa};$$

$$E_3 = 16775 \text{ psi} = 115.659 \text{ MPa};$$

$$E_4 = 6000 \text{ psi} = 41.368 \text{ MPa (Evaluado en capítulo 4.3).}$$

**Cargas:**

Con el fin de determinar la carga representativa se siguen los lineamientos presentes (Rondón Quintana, 2015):

Si tenemos en cuenta que la medida de tráfico se estableció con ejes equivalentes 8.2 toneladas, entonces cada neumático soportaría una carga de 2.05 toneladas (2050 kg).

Al multiplicar esta carga por la aceleración debida a la gravedad ( $9.8 \text{ m/s}^2$ ), se obtiene un peso de 20090 N.

Suponiendo que el área de contacto tenga una forma circular con un diámetro típico de 25 cm, se genera una presión de contacto de 409688 Pa.

#### Coordenadas de cargas:

La evaluación de esfuerzos y deformaciones se llevará a cabo en el punto donde se aplica la carga, que corresponde a la coordenada ( $X=0$ ,  $Y=0$ ). Se harán análisis en dos profundidades diferentes: la fibra inferior de la capa asfáltica y la fibra superior de la subrasante.

Lo que se debe hacer para la verificación de los espesores es comparar los datos obtenidos hallando mediante las fórmulas (4.6) y (4.7) y estos resultados compararlos con los entregados por el software. Los resultados hallados mediante las fórmulas da la información de lo máximo que puede soportar esta estructura y los entregados por el software son las cargas aplicadas mediante el método de ejes equivalentes de 8.2 ton.

### 4.5 Espesor de la Sobrecarpeta

Para determinar el espesor, se utilizará el método propuesto por: *AASHTO - Guide for Design of Pavement Structures, 1993*; acompañado por: *A model for predicting the deterioration of the pavement condition index, 2020*.

*AASHTO-93* indica (ecuación (4.5))  $D_{ol}$  para determinar el espesor de la sobrecarpeta asfáltica.

$$D_{ol} = \frac{(SN_f - SN_{eff})}{a_{ol}} \quad (4.12)$$

Donde:

- $D_{ol}$ : Espesor requerido de la sobrecarpeta, pulgadas
- $SN_f$ : Número estructural para el tráfico futuro
- $SN_{eff}$ : Número estructural del pavimento existente
- $a_{ol}$ : Coeficiente estructural de sobrecarpeta en asfalto



### 4.5.1 SN\_futuro

Para el cálculo de  $SN_f$  se necesitan los parámetros nombrados en subcapítulos anteriores con sus respectivos valores y se utilizó para la variable  $P_f=1$ .

Se encontró la resolución 003624-10 emitida por el Ministerio de Transporte la cual es el contrato de esta entidad para rehabilitación de la vía que se está estudiando en este proyecto. En la resolución, también se indica que el TPDa es de 390.

La ecuación de NESE (4.1) se utilizó de la siguiente manera:

$n$ = años de diseño faltante + vida de servicio aportada por la rehabilitación

- Años de diseño faltante= (2010-2023) =7
- vida de servicio aportada por la rehabilitación=5. Se establece que las rehabilitaciones realizadas con sobrecarpeta asfáltica generan un aumento en la vida de servicio del pavimento de hasta 5 años. Consecuentemente, se consideró este valor como el representativo de nuestra propuesta.
- $n=7+5$

Como la resolución no tenía información del porcentaje del tipo de vehículo, se utilizó la información recolectada.

Para el cálculo de NESE correspondiente a  $SN_f$  se usaron las siguientes variables (tabla 4-9).

**Tabla 4-9** Valores para el cálculo de  $SN_f$  para hallar NESE.

|                  |            |
|------------------|------------|
| TPD <sub>a</sub> | 390.0      |
| %A               | 0.75543097 |
| %B               | 0.06622285 |
| %C               | 0.17834618 |
| fd               | 1          |
| fc               | 1          |
| n                | 12         |
| i autos          | 0.051878   |
| i buses          | 0.047322   |
| i camiones       | 0.054552   |
| FC.autos         | 0.2        |
| FC.buses         | 1.8        |
| FC.camiones      | 4.5        |
| ESAL             | 2 544 723  |

Ya hallado el valor de NESE, Se halla SN (4.4), la cual nos da un resultado:

$SN_f = 4.05$

### 4.5.2 SN\_efectivo

Para el cálculo de  $SN_{eff}$  se debe tener la variable NESE de acuerdo con la actualidad y en cada tramo se debe cambiar el valor Pf.

#### NESE

- Para el cálculo de NESE se tomó TPD<sub>a</sub> calculado en el subcapítulo 4.2.2 y un valor n de 5, por lo explicado anteriormente.

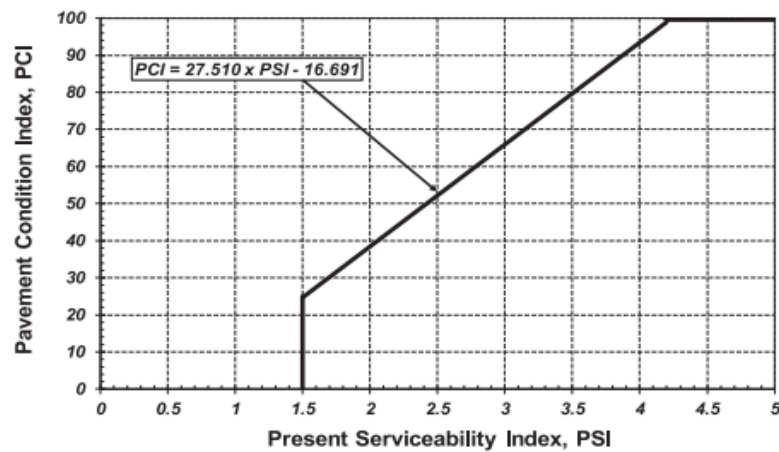
Para el cálculo de NESE correspondiente a  $SN_{eff}$  se usaron las siguientes variables (tabla 4-10).

**Tabla 4-10** Valores para el cálculo de  $SN_{eff}$  para hallar NESE.

|                  |            |
|------------------|------------|
| TPD <sub>a</sub> | 452.5      |
| %A               | 0.75543097 |
| %B               | 0.06622285 |
| %C               | 0.17834618 |
| fd               | 1          |
| fc               | 1          |
| n                | 5          |
| i autos          | 0.051878   |
| i buses          | 0.047322   |
| i camiones       | 0.054552   |
| FC.autos         | 0.2        |
| FC.buses         | 1.8        |
| FC.camiones      | 4.5        |
| ESAL             | 1 011 908  |

**Po: PSI inicial**

- Para el cálculo de Po se utiliza la siguiente gráfica (figura 4-4)

**Figura 4-4** Formato para el conteo vehicular.

- Si está dentro de la pendiente se utiliza (ecuación (4.6)).

$$Po = PSI \text{ inicial} = \frac{PCI + 16.691}{27.51} \quad (4.13)$$

En modo de ejemplo se va a hallar  $NS_{eff}$  para el tercer tramo (Pr+150):

Pr+150 tiene un  $PCI=10$ , lo que corresponde con un estado "Grave". Se debe despejar el PSI mediante la ecuación (4.6) y así se obtiene  $Po= 1.11$  que como es menor a 1.5, queda  $Po=1.5$

En el cálculo de SN se obtiene un valor  $SN_{eff}=3.75$

**4.5.3 a<sub>ol</sub>**

El cálculo de  $a_{ol}$  (figura 4-4) es la indicación de si en el tramo de vía estudiado hay fallas tipo grieta de cocodrilo, o agrietamiento transversal.

**Figura 4-5** Coeficiente aol.

| <b>Suggested Layer Coefficients for Existing AC Pavement Layer Material</b>                                                                           |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| <b>SURFACE CONDITION</b>                                                                                                                              | <b>COEFFICIENT</b> |
| Little or no alligator cracking and/or only low-severity transverse cracking                                                                          | 0.35 to 0.40       |
| <10% low-severity alligator cracking and/or<br><5% medium- and high-severity transverse cracking                                                      | 0.25 to 0.35       |
| >10% low-severity alligator cracking and/or<br><10% medium-severity alligator cracking and/or<br>>5-10% medium- and high-severity transverse cracking | 0.20 to 0.30       |
| >10% medium-severity alligator cracking and/or<br><10% high-severity alligator cracking and/or<br>>10% medium- and high-severity transverse cracking  | 0.14 to 0.20       |
| >10% high-severity alligator cracking and/or<br>>10% high-severity transverse cracking                                                                | 0.08 to 0.15       |

## Capítulo 5

### 5. Análisis de resultados.

#### 5.1 PCI

Para obtener los valores de PCI de cada una de las unidades muestrales estudiados, se tuvieron que realizar

**Tabla 5-1** Valores deducidos en el tramo Pr+200.

| Pr+200 |           |           |    |              |                |
|--------|-----------|-----------|----|--------------|----------------|
| Tipo   | Severidad | Extensión |    | Densidad (%) | Valor deducido |
| FL     | A         | 6.00      | ml | 12.00        | 64             |
| FT     | B         | 1.05      | ml | 2.10         | 5              |
| PA     | A         | 60.00     | m2 | 20.00        | 55             |
| PC     | B         | 0.1       | m2 | 0.03         | 4              |
| PC     | M         | 0.85      | m2 | 0.28         | 20             |

**Tabla 5-2** Máximo valor deducido y “M” en el tramo Pr+200.

| Valores deducidos tramo 4 |     |
|---------------------------|-----|
| 64                        |     |
| 5                         |     |
| 55                        |     |
| 4                         |     |
| 20                        |     |
| Máximo valor              | 64  |
| M                         | 4.3 |

**Tabla 5-3** Tabla para hallar el valor de PCI en el tramo Pr+200.

| # | VALORES DEDUCIDOS |    |    |   |   | TOTAL | q | CDV |
|---|-------------------|----|----|---|---|-------|---|-----|
| 1 | 64                | 55 | 20 | 5 | 2 | 146   | 5 | 74  |
| 2 | 64                | 55 | 20 | 5 | 2 | 146   | 4 | 80  |
| 3 | 64                | 55 | 20 | 2 | 2 | 143   | 3 | 84  |
| 4 | 64                | 55 | 2  | 2 | 2 | 125   | 2 | 84  |
| 5 | 64                | 2  | 2  | 2 | 2 | 72    | 1 | 72  |

**Tabla 5-4** Tabla para hallar el valor de PCI en el tramo Pr+200.

|                 |    |
|-----------------|----|
| PCI=100-MAX CDV |    |
| PCI=            | 16 |

**Tabla 5-5** Tabla con los valores correspondientes a PCI en el total de las unidades muestrales.

| PR      | PCI | ESTADO       |
|---------|-----|--------------|
| PR+050  | 14  | Serious      |
| PR+100  | 10  | Failed       |
| PR+150  | 24  | Serious      |
| PR+200  | 16  | Serious      |
| PR+250  | 36  | Very Poor    |
| PR+300  | 6   | Failed       |
| PR+350  | 26  | Very Poor    |
| PR+400  | 8   | Failed       |
| PR+450  | 0   | Failed       |
| PR+500  | 0   | Failed       |
| PR+550  | 0   | Failed       |
| PR+600  | 72  | Satisfactory |
| PR+650  | 28  | Very Poor    |
| PR+700  | 22  | Serious      |
| PR+750  | 0   | Failed       |
| PR+800  | 0   | Failed       |
| PR+850  | 24  | Serious      |
| PR+900  | 2   | Failed       |
| PR+950  | 0   | Failed       |
| PR1+000 | 5   | Failed       |

|         |     |              |
|---------|-----|--------------|
| PR1+050 | 8   | Failed       |
| PR1+100 | 0   | Failed       |
| PR1+150 | 0   | Failed       |
| PR1+200 | 1.5 | Failed       |
| PR1+250 | 0   | Failed       |
| PR1+300 | 0   | Failed       |
| PR1+350 | 24  | Serious      |
| PR1+400 | 1   | Failed       |
| PR1+450 | 0   | Failed       |
| PR1+500 | 0   | Failed       |
| PR1+550 | 0   | Failed       |
| PR1+600 | 41  | Poor         |
| PR1+650 | 50  | Poor         |
| PR1+700 | 78  | Satisfactory |
| PR1+750 | 70  | Fair         |
| PR1+800 | 20  | Serious      |
| PR1+850 | 0   | Failed       |
| PR1+900 | 0   | Failed       |
| PR1+950 | 0   | Failed       |
| PR2+000 | 1   | Failed       |

Con la información agrupada sobre los valores PCI hallados para cada una de las unidades muestrales estudiadas, se aprecia cómo la gran mayoría de la unidad muestral se encuentra en condiciones deplorables, que podrían dar origen a otras problemáticas de consideración (accidentes, pérdidas patrimoniales, pérdidas humanas).

Realizando el ejercicio matemático, se halló que el valor PCI promedio para los 2 kilómetros de carretera estudiada es de apenas 14.68 lo cual se considera como un estado SERIO; esto según la Escala de calificación que aporta la normativa PCI.

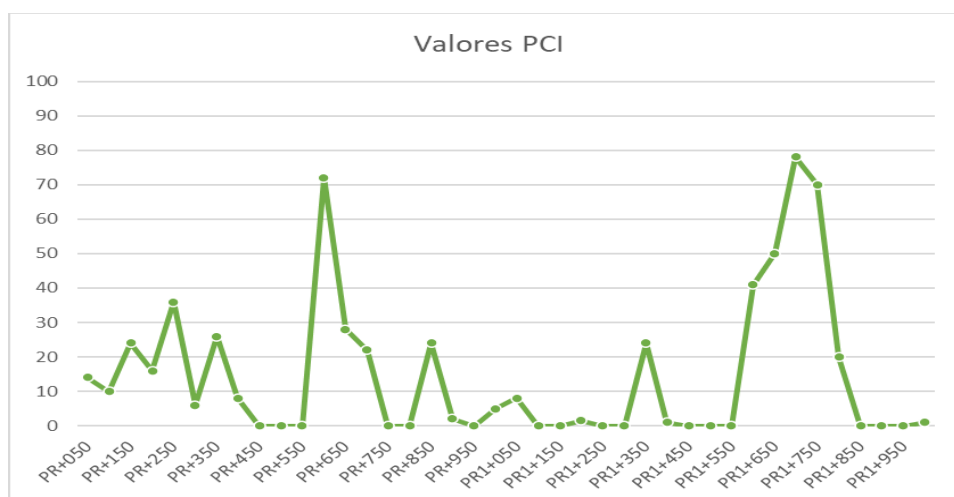
**Tabla 5-6** Tabla resumen de la frecuencia de los valores de PCI en el tramo estudiado.

| Escala de Clasificación Oficial del PCI (ASTM D6433) |                |                |                  | Número de repeticiones | Proporción (%) |
|------------------------------------------------------|----------------|----------------|------------------|------------------------|----------------|
| Rango Inferior                                       | Rango Superior | Nombre Oficial | Nombre traducido |                        |                |
| 0                                                    | 10             | Failed         | Destruído        | 25                     | 62.5           |
| 11                                                   | 25             | Serious        | Grave            | 7                      | 17.5           |
| 26                                                   | 40             | Very Poor      | Muy Pobre        | 3                      | 7.5            |
| 41                                                   | 55             | Poor           | Pobre            | 2                      | 5              |
| 56                                                   | 70             | Fair           | Aceptables       | 1                      | 2.5            |
| 71                                                   | 85             | Satisfactory   | Satisfactorio    | 2                      | 5              |
| 86                                                   | 100            | Good           | Bueno            | 0                      | 0              |
| Total                                                |                |                |                  | 40                     | 100            |

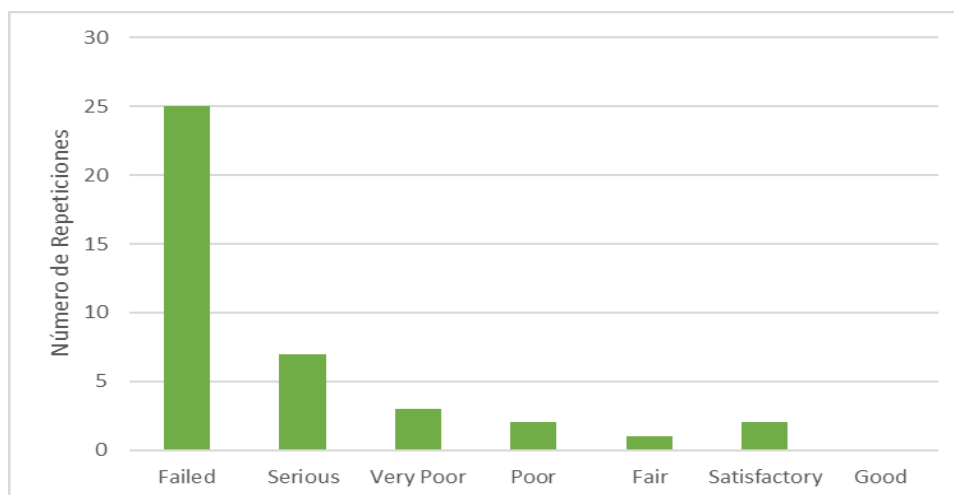
La escala de clasificación oficial PCI nos muestra la condición en la que se encuentran las 40 unidades muestrales estudiadas; y de esta manera se encuentra que 25 de estas se encuentran en la peor condición posible “*failed*”, lo que representa más del 60% del total de las unidades muestrales estudiadas; mientras que no hay ni una sola unidad muestral que se encuentre dentro de la mejor condición “*good*”. Apenas el 5% se encuentra dentro del rango “*satisfactory*” lo que se traduce como 2 unidades muestrales. Los rangos “*serious*” y “*very poor*” completan el podio detrás de “*failed*”, siendo las condiciones en las que el 87.5% de las unidades muestrales se encuentran ubicados.

Estos resultados nos encaminan a concluir que el tramo de vía estudiado amerita y requiere una rehabilitación urgente de toda su estructura, para de esta manera poder garantizar que la vía no representa un peligro inminente para quienes la transitan a diario.



**Figura 5-1** Valores PCI en las unidades muestrales evaluadas.

La gráfica nos muestra de manera detallada los valores PCI de cada una de las 40 unidades muestrales evaluadas, es por ello que se puede apreciar que el tramo que se encuentra en mejores condiciones según el análisis PCI es el PR1+700, alcanzando un valor de PCI de 78, lo que lo ubica como tramo en condición SATISFACTORY; mientras que 15 unidades muestrales obtuvieron un valor PCI de 0, esto se traduce al 37.5%.

**Figura 5-2** Frecuencia de valores PCI en las unidades muestrales evaluadas.

La figura nos permite concluir que el 62.5% de las unidades muestrales se encuentran clasificadas como “*failed*”, el 17.5% como “*serious*”, el 7.5% como “*very poor*”, el 5% como “*poor*”, el 2.5% como “*fair*” y el 5% como “*satisfactory*”. Es decir que ninguno de las

unidades muestrales estudiadas se encuentra dentro de la clasificación “good”, la cual corresponde a la mejor condición en la que se puede encontrar un tramo de vía, según PCI. Tener más del 60% de las unidades muestrales en condición crítica, determina que la condición actual de la vía representa un riesgo altísimo para los actores viales que la utilizan constantemente, es por lo que se recomienda realizar a la mayor brevedad posible los estudios que den pie al proyecto de intervención y rehabilitación del tramo de carretera.

## 5.2 Aforo Vehicular

A continuación, se ilustran los formatos utilizados para hallar TPDi por el cual posteriormente se halló TPDs y TPDa. Estos formatos se llenaron durante 8 días consecutivos y 8 horas diarias.

**Tabla 5-7** Tabla 5 7 Formatos de aforo vehicular

| CONTEO VEHICULAR |                        |                |         |            |                    |                     |                          |                      |            |                         |           |       |
|------------------|------------------------|----------------|---------|------------|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|------------|-------------------------|-----------|-------|
| SENTIDO          |                        | FECHA          |         | SECUENCIAL |                    | CONTADOR DE TRÁFICO |                          | COORDINADOR DE SITIO |            |                         |           |       |
| 1 - 2            |                        | 13-nov         |         | 2 0 2 2    |                    |                     |                          |                      |            |                         |           |       |
| Hora             | VEHICULOS DE PASAJEROS |                |         |            | VEHICULOS DE CARGA |                     |                          |                      |            | OTROS VEHICULOS PESADOS |           |       |
|                  | Motos                  | Autos/Jeep/SUV | Pick-Up | Autobuses  | Camiones           |                     | Movimiento de materiales |                      |            | Agrícolas               | Construc. | Otros |
|                  |                        |                |         |            | Camión ligero      | C2/C3               | Volqueta                 | Carro Tanque         | Tractomula |                         |           |       |
| 10:00            | 68                     | 43             | 10      | 3          | 2                  | 6                   | 0                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 11:00            | 60                     | 53             | 14      | 2          | 6                  | 6                   | 0                        | 0                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |
| 12:00            | 63                     | 50             | 9       | 7          | 6                  | 6                   | 3                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 13:00            | 69                     | 50             | 7       | 9          | 3                  | 10                  | 2                        | 0                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |
| 14:00            | 86                     | 38             | 13      | 6          | 1                  | 6                   | 3                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 15:00            | 95                     | 57             | 11      | 4          | 1                  | 1                   | 0                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 16:00            | 99                     | 47             | 3       | 5          | 3                  | 2                   | 1                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 17:00            | 94                     | 36             | 6       | 4          | 2                  | 0                   | 1                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |

**Tabla 5-8** Formatos de aforo vehicular

| CONTEO VEHICULAR |                        |                |         |            |                    |                     |                          |                      |            |                         |           |       |
|------------------|------------------------|----------------|---------|------------|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|------------|-------------------------|-----------|-------|
| SENTIDO          |                        | FECHA          |         | SECUENCIAL |                    | CONTADOR DE TRÁFICO |                          | COORDINADOR DE SITIO |            |                         |           |       |
| 1 - 2            |                        | 14-nov         |         | 2 0 2 2    |                    |                     |                          |                      |            |                         |           |       |
| Hora             | VEHICULOS DE PASAJEROS |                |         |            | VEHICULOS DE CARGA |                     |                          |                      |            | OTROS VEHICULOS PESADOS |           |       |
|                  | Motos                  | Autos/Jeep/SUV | Pick-Up | Autobuses  | Camiones           |                     | Movimiento de materiales |                      |            | Agrícolas               | Construc. | Otros |
|                  |                        |                |         |            | Camión ligero      | C2/C3               | Volqueta                 | Carro Tanque         | Tractomula |                         |           |       |
| 6:00             | 54                     | 3              | 4       | 3          | 1                  | 0                   | 1                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 7:00             | 49                     | 17             | 12      | 3          | 2                  | 3                   | 0                        | 1                    | 0          | 0                       | 1         | 0     |
| 8:00             | 39                     | 15             | 5       | 1          | 1                  | 1                   | 2                        | 2                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 9:00             | 33                     | 8              | 1       | 0          | 3                  | 2                   | 1                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 10:00            | 36                     | 7              | 4       | 3          | 2                  | 2                   | 3                        | 0                    | 0          | 1                       | 0         | 0     |
| 11:00            | 27                     | 23             | 10      | 1          | 3                  | 4                   | 1                        | 1                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |
| 12:00            | 32                     | 24             | 13      | 2          | 0                  | 4                   | 2                        | 2                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |
| 13:00            | 32                     | 21             | 2       | 1          | 1                  | 0                   | 1                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |

Tabla 5-9 Formatos de aforo vehicular

| CONTEO VEHICULAR |                        |                 |         |            |                    |                     |                          |                      |            |                         |           |       |
|------------------|------------------------|-----------------|---------|------------|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|------------|-------------------------|-----------|-------|
| SENTIDO          |                        | FECHA           |         | SECUENCIAL |                    | CONTADOR DE TRÁFICO |                          |                      |            |                         |           |       |
| 1 - 2            |                        | 15-nov          |         | 2 0 2 2    |                    |                     |                          | COORDINADOR DE SITIO |            |                         |           |       |
| Hora             | VEHICULOS DE PASAJEROS |                 |         |            | VEHICULOS DE CARGA |                     |                          |                      |            | OTROS VEHICULOS PESADOS |           |       |
|                  | Motos                  | Autos/Jeep /SUV | Pick-Up | Autobuses  | Camiones           |                     | Movimiento de materiales |                      |            | Agrícolas               | Construc. | Otros |
|                  |                        |                 |         |            | Camión ligero      | C2/C3               | Volqueta                 | Carro Tanque         | Tractomula |                         |           |       |
| 9:00             | 31                     | 12              | 1       | 2          | 3                  | 2                   | 1                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 10:00            | 36                     | 27              | 7       | 3          | 2                  | 2                   | 2                        | 0                    | 0          | 1                       | 0         | 0     |
| 11:00            | 29                     | 25              | 5       | 0          | 2                  | 3                   | 1                        | 1                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 12:00            | 35                     | 18              | 9       | 2          | 1                  | 5                   | 3                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 13:00            | 37                     | 14              | 9       | 1          | 3                  | 2                   | 0                        | 1                    | 1          | 0                       | 1         | 0     |
| 14:00            | 59                     | 24              | 1       | 4          | 5                  | 1                   | 1                        | 1                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |
| 15:00            | 47                     | 1               | 8       | 10         | 4                  | 4                   | 0                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 16:00            | 62                     | 25              | 3       | 2          | 3                  | 1                   | 0                        | 1                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |

Tabla 5-10 Formatos de aforo vehicular

| CONTEO VEHICULAR |                        |                 |         |            |                    |                     |                          |                      |            |                         |           |       |
|------------------|------------------------|-----------------|---------|------------|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|------------|-------------------------|-----------|-------|
| SENTIDO          |                        | FECHA           |         | SECUENCIAL |                    | CONTADOR DE TRÁFICO |                          |                      |            |                         |           |       |
| 1 - 2            |                        | 16-nov          |         | 2 0 2 2    |                    |                     |                          | COORDINADOR DE SITIO |            |                         |           |       |
| Hora             | VEHICULOS DE PASAJEROS |                 |         |            | VEHICULOS DE CARGA |                     |                          |                      |            | OTROS VEHICULOS PESADOS |           |       |
|                  | Motos                  | Autos/Jeep /SUV | Pick-Up | Autobuses  | Camiones           |                     | Movimiento de materiales |                      |            | Agrícolas               | Construc. | Otros |
|                  |                        |                 |         |            | Camión ligero      | C2/C3               | Volqueta                 | Carro Tanque         | Tractomula |                         |           |       |
| 10:00            | 32                     | 11              | 7       | 0          | 2                  | 2                   | 2                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 11:00            | 44                     | 26              | 5       | 0          | 2                  | 3                   | 1                        | 1                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 12:00            | 43                     | 22              | 6       | 3          | 2                  | 5                   | 1                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 13:00            | 45                     | 22              | 0       | 2          | 5                  | 2                   | 1                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 14:00            | 43                     | 25              | 1       | 0          | 4                  | 0                   | 1                        | 1                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |
| 15:00            | 33                     | 36              | 15      | 3          | 1                  | 6                   | 0                        | 0                    | 0          | 1                       | 0         | 0     |
| 16:00            | 67                     | 19              | 9       | 1          | 3                  | 2                   | 1                        | 1                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 17:00            | 59                     | 10              | 0       | 0          | 2                  | 0                   | 0                        | 0                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |

Tabla 5-11 Formatos de aforo vehicular

| CONTEO VEHICULAR |                        |                 |         |            |                    |                     |                          |                      |            |                         |           |       |
|------------------|------------------------|-----------------|---------|------------|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|------------|-------------------------|-----------|-------|
| SENTIDO          |                        | FECHA           |         | SECUENCIAL |                    | CONTADOR DE TRÁFICO |                          |                      |            |                         |           |       |
| 1 - 2            |                        | 17-nov          |         | 2 0 2 2    |                    |                     |                          | COORDINADOR DE SITIO |            |                         |           |       |
| Hora             | VEHICULOS DE PASAJEROS |                 |         |            | VEHICULOS DE CARGA |                     |                          |                      |            | OTROS VEHICULOS PESADOS |           |       |
|                  | Motos                  | Autos/Jeep /SUV | Pick-Up | Autobuses  | Camiones           |                     | Movimiento de materiales |                      |            | Agrícolas               | Construc. | Otros |
|                  |                        |                 |         |            | Camión ligero      | C2/C3               | Volqueta                 | Carro Tanque         | Tractomula |                         |           |       |
| 5:00             | 42                     | 12              | 7       | 2          | 2                  | 1                   | 0                        | 1                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 6:00             | 55                     | 6               | 10      | 1          | 0                  | 1                   | 1                        | 0                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |
| 7:00             | 56                     | 13              | 18      | 4          | 1                  | 4                   | 1                        | 1                    | 1          | 0                       | 1         | 0     |
| 8:00             | 43                     | 8               | 12      | 4          | 1                  | 1                   | 2                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 9:00             | 33                     | 6               | 1       | 0          | 4                  | 2                   | 1                        | 0                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |
| 10:00            | 40                     | 19              | 8       | 1          | 2                  | 2                   | 0                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 11:00            | 36                     | 17              | 12      | 0          | 3                  | 2                   | 0                        | 0                    | 1          | 1                       | 0         | 0     |
| 12:00            | 30                     | 16              | 17      | 2          | 2                  | 1                   | 2                        | 0                    | 0          | 0                       | 1         | 0     |

Tabla 5-12 Formatos de aforo vehicular

| CONTEO VEHICULAR |                        |                |         |            |                    |                     |                          |                      |            |                         |           |       |
|------------------|------------------------|----------------|---------|------------|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|------------|-------------------------|-----------|-------|
| SENTIDO          |                        | FECHA          |         | SECUENCIAL |                    | CONTADOR DE TRÁFICO |                          |                      |            |                         |           |       |
| 1 - 2            |                        | 18-nov         |         | 2 0 2 2    |                    |                     |                          | COORDINADOR DE SITIO |            |                         |           |       |
| Hora             | VEHICULOS DE PASAJEROS |                |         |            | VEHICULOS DE CARGA |                     |                          |                      |            | OTROS VEHICULOS PESADOS |           |       |
|                  | Motos                  | Autos/Jeep/SUV | Pick-Up | Autobuses  | Camiones           |                     | Movimiento de materiales |                      |            | Agrícolas               | Construc. | Otros |
|                  |                        |                |         |            | Camión ligero      | C2/C3               | Volqueta                 | Carro Tanque         | Tractomula |                         |           |       |
| 8:00             | 46                     | 19             | 3       | 1          | 6                  | 3                   | 3                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 9:00             | 30                     | 8              | 2       | 2          | 6                  | 1                   | 1                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 10:00            | 44                     | 15             | 6       | 1          | 2                  | 2                   | 2                        | 0                    | 0          | 0                       | 1         | 0     |
| 11:00            | 27                     | 23             | 12      | 1          | 4                  | 3                   | 1                        | 0                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |
| 12:00            | 38                     | 21             | 8       | 2          | 1                  | 1                   | 3                        | 0                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |
| 13:00            | 44                     | 22             | 7       | 0          | 1                  | 0                   | 0                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 14:00            | 50                     | 18             | 11      | 2          | 3                  | 2                   | 0                        | 1                    | 0          | 1                       | 0         | 0     |
| 15:00            | 40                     | 13             | 15      | 1          | 4                  | 1                   | 2                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |

Tabla 5-13 Formatos de aforo vehicular

| CONTEO VEHICULAR |                        |                |         |            |                    |                     |                          |                      |            |                         |           |       |
|------------------|------------------------|----------------|---------|------------|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|------------|-------------------------|-----------|-------|
| SENTIDO          |                        | FECHA          |         | SECUENCIAL |                    | CONTADOR DE TRÁFICO |                          |                      |            |                         |           |       |
| 1 - 2            |                        | 18-nov         |         | 2 0 2 2    |                    |                     |                          | COORDINADOR DE SITIO |            |                         |           |       |
| Hora             | VEHICULOS DE PASAJEROS |                |         |            | VEHICULOS DE CARGA |                     |                          |                      |            | OTROS VEHICULOS PESADOS |           |       |
|                  | Motos                  | Autos/Jeep/SUV | Pick-Up | Autobuses  | Camiones           |                     | Movimiento de materiales |                      |            | Agrícolas               | Construc. | Otros |
|                  |                        |                |         |            | Camión ligero      | C2/C3               | Volqueta                 | Carro Tanque         | Tractomula |                         |           |       |
| 8:00             | 46                     | 19             | 3       | 1          | 6                  | 3                   | 3                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 9:00             | 30                     | 8              | 2       | 2          | 6                  | 1                   | 1                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 10:00            | 44                     | 15             | 6       | 1          | 2                  | 2                   | 2                        | 0                    | 0          | 0                       | 1         | 0     |
| 11:00            | 27                     | 23             | 12      | 1          | 4                  | 3                   | 1                        | 0                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |
| 12:00            | 38                     | 21             | 8       | 2          | 1                  | 1                   | 3                        | 0                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |
| 13:00            | 44                     | 22             | 7       | 0          | 1                  | 0                   | 0                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 14:00            | 50                     | 18             | 11      | 2          | 3                  | 2                   | 0                        | 1                    | 0          | 1                       | 0         | 0     |
| 15:00            | 40                     | 13             | 15      | 1          | 4                  | 1                   | 2                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |

Tabla 5-14 Formatos de aforo vehicular

| CONTEO VEHICULAR |                        |                |         |            |                    |                     |                          |                      |            |                         |           |       |
|------------------|------------------------|----------------|---------|------------|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|------------|-------------------------|-----------|-------|
| SENTIDO          |                        | FECHA          |         | SECUENCIAL |                    | CONTADOR DE TRÁFICO |                          |                      |            |                         |           |       |
| 1 - 2            |                        | 18-nov         |         | 2 0 2 2    |                    |                     |                          | COORDINADOR DE SITIO |            |                         |           |       |
| Hora             | VEHICULOS DE PASAJEROS |                |         |            | VEHICULOS DE CARGA |                     |                          |                      |            | OTROS VEHICULOS PESADOS |           |       |
|                  | Motos                  | Autos/Jeep/SUV | Pick-Up | Autobuses  | Camiones           |                     | Movimiento de materiales |                      |            | Agrícolas               | Construc. | Otros |
|                  |                        |                |         |            | Camión ligero      | C2/C3               | Volqueta                 | Carro Tanque         | Tractomula |                         |           |       |
| 8:00             | 46                     | 19             | 3       | 1          | 6                  | 3                   | 3                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 9:00             | 30                     | 8              | 2       | 2          | 6                  | 1                   | 1                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 10:00            | 44                     | 15             | 6       | 1          | 2                  | 2                   | 2                        | 0                    | 0          | 0                       | 1         | 0     |
| 11:00            | 27                     | 23             | 12      | 1          | 4                  | 3                   | 1                        | 0                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |
| 12:00            | 38                     | 21             | 8       | 2          | 1                  | 1                   | 3                        | 0                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |
| 13:00            | 44                     | 22             | 7       | 0          | 1                  | 0                   | 0                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 14:00            | 50                     | 18             | 11      | 2          | 3                  | 2                   | 0                        | 1                    | 0          | 1                       | 0         | 0     |
| 15:00            | 40                     | 13             | 15      | 1          | 4                  | 1                   | 2                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |

Tabla 5-15 Formatos de aforo vehicular

| CONTEO VEHICULAR |                        |                |         |            |                    |                     |                          |                      |            |                         |           |       |
|------------------|------------------------|----------------|---------|------------|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|------------|-------------------------|-----------|-------|
| SENTIDO          |                        | FECHA          |         | SECUENCIAL |                    | CONTADOR DE TRÁFICO |                          | COORDINADOR DE SITIO |            |                         |           |       |
| 1 - 2            |                        | 19-nov         |         | 2 0 2 2    |                    |                     |                          |                      |            |                         |           |       |
| Hora             | VEHICULOS DE PASAJEROS |                |         |            | VEHICULOS DE CARGA |                     |                          |                      |            | OTROS VEHICULOS PESADOS |           |       |
|                  | Motos                  | Autos/Jeep/SUV | Pick-Up | Autobuses  | Camiones           |                     | Movimiento de materiales |                      |            | Agrícolas               | Construc. | Otros |
|                  |                        |                |         |            | Camión ligero      | C2/C3               | Volqueta                 | Carro Tanque         | Tractomula |                         |           |       |
| 7:00             | 67                     | 44             | 3       | 9          | 5                  | 7                   | 3                        | 0                    | 0          | 0                       | 2         | 0     |
| 8:00             | 57                     | 29             | 2       | 8          | 8                  | 6                   | 2                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 9:00             | 42                     | 17             | 13      | 2          | 6                  | 4                   | 1                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 10:00            | 50                     | 25             | 8       | 3          | 2                  | 6                   | 2                        | 0                    | 0          | 0                       | 2         | 0     |
| 11:00            | 52                     | 23             | 24      | 4          | 7                  | 4                   | 2                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 12:00            | 52                     | 27             | 23      | 6          | 9                  | 7                   | 1                        | 0                    | 0          | 1                       | 0         | 0     |
| 13:00            | 55                     | 26             | 5       | 3          | 7                  | 6                   | 0                        | 0                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |
| 14:00            | 66                     | 32             | 1       | 6          | 7                  | 2                   | 0                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |

Tabla 5-16 Formatos de aforo vehicular

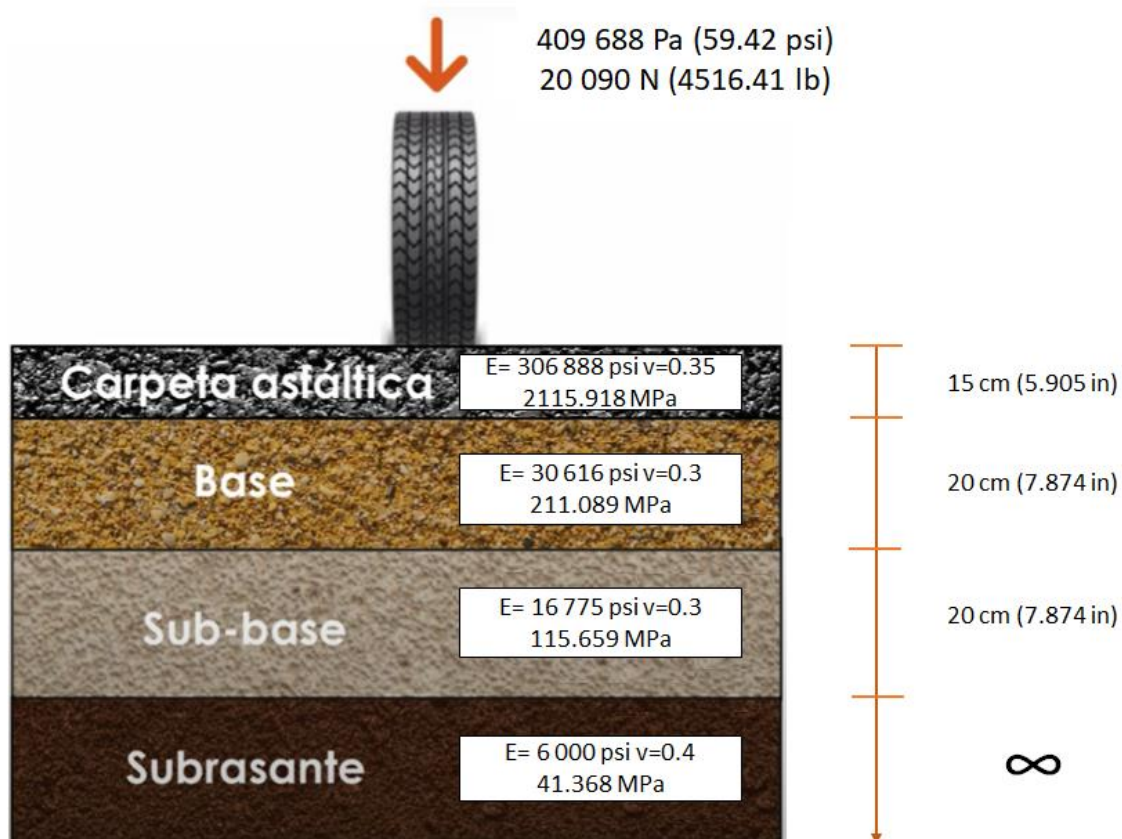
| CONTEO VEHICULAR |                        |                |         |            |                    |                     |                          |                      |            |                         |           |       |
|------------------|------------------------|----------------|---------|------------|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|------------|-------------------------|-----------|-------|
| SENTIDO          |                        | FECHA          |         | SECUENCIAL |                    | CONTADOR DE TRÁFICO |                          | COORDINADOR DE SITIO |            |                         |           |       |
| 1 - 2            |                        | 20-nov         |         | 2 0 2 2    |                    |                     |                          |                      |            |                         |           |       |
| Hora             | VEHICULOS DE PASAJEROS |                |         |            | VEHICULOS DE CARGA |                     |                          |                      |            | OTROS VEHICULOS PESADOS |           |       |
|                  | Motos                  | Autos/Jeep/SUV | Pick-Up | Autobuses  | Camiones           |                     | Movimiento de materiales |                      |            | Agrícolas               | Construc. | Otros |
|                  |                        |                |         |            | Camión ligero      | C2/C3               | Volqueta                 | Carro Tanque         | Tractomula |                         |           |       |
| 12:00            | 58                     | 58             | 15      | 8          | 5                  | 8                   | 2                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 13:00            | 77                     | 56             | 14      | 10         | 4                  | 2                   | 2                        | 0                    | 1          | 0                       | 0         | 0     |
| 14:00            | 76                     | 33             | 22      | 5          | 3                  | 4                   | 3                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 15:00            | 24                     | 65             | 1       | 3          | 0                  | 0                   | 0                        | 1                    | 1          | 1                       | 0         | 0     |
| 16:00            | 106                    | 44             | 11      | 3          | 5                  | 1                   | 1                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 17:00            | 100                    | 43             | 0       | 2          | 3                  | 1                   | 0                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |
| 18:00            | 95                     | 30             | 18      | 3          | 2                  | 1                   | 1                        | 0                    | 0          | 0                       | 3         | 0     |
| 19:00            | 81                     | 34             | 6       | 3          | 2                  | 2                   | 1                        | 0                    | 0          | 0                       | 0         | 0     |

### 5.3 Rehabilitación A: Reconstrucción

Para el diseño de la reconstrucción como se explicó anteriormente se utilizó el valor hallado de  $SN=4.17$  a este valor se aplicó la (formula 4.6) y se asumieron valores estándar para el espesor de las nuevas capas de la mezcla asfáltica (tabla 5.17), donde se expresa el coeficiente estructural (a), coeficiente de drenaje (m) y el espesor (t [pulgadas]). Obtenido este resultado se expresa gráficamente para mejor comprensión, y se le expresa la carga que será tenida en cuenta en el software PITRA PAVE (figura 5-3).

**Tabla 5-17** Valores asignados para las capas estructurales

|         |          |
|---------|----------|
| SN      | 4,33     |
| a1      | 0,37     |
| t1 (in) | 5,905512 |
| m1      | 1        |
| a2      | 0,14     |
| t2 (in) | 7,874016 |
| m2      | 1,05     |
| a3      | 0,12     |
| t3 (in) | 7,874016 |
| m3      | 1,05     |

**Figura 5-3** Paquete estructural a evaluar en el software PITRA PAVE.

### 5.3.1 Verificación de los espesores

Según lo planteado en 4.4.2 se utilizó el software PITRA PAVE con el fin de realizar un análisis de los espesores hallados mediante método racional.

Los datos de entrada en el software PITRA PAVE son los siguientes (figura 5-3 y figura 5-4):

**Figura 5-4** Propiedades de las capas ingresadas al software PITRA PAVE.

Capas de la estructura de pavimento

Introduzca las propiedades de las capas: ? ✓

Número: 4

| # | Módulo E (Pa) | Poisson v (1) | Espesor h (m) | Descripción       |
|---|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| 1 | 2115918000    | .35           | .15           | Mezcla Asfáltica  |
| 2 | 211089000     | .3            | .2            | Base Granular     |
| 3 | 115659000     | .3            | .2            | Sub-base Granular |
| 4 | 41368000      | .4            |               | Subrasante        |

**Figura 5-5** Propiedades de las cargas ingresadas al software PITRA PAVE.

Cargas sobre el pavimento

Introduzca las propiedades de las cargas circulares: ? ✓

Número: 1

| # | Carga P (N) | Presión q (Pa) | X (m) | Y (m) |
|---|-------------|----------------|-------|-------|
| 1 | 20090       | 409688         | 0     | 0     |

Se realizó análisis en dos profundidades diferentes: la fibra inferior de la capa asfáltica, ubicada a una profundidad de 0.149 m, y la fibra superior de la subrasante, situada a una profundidad de 0.551 m (véase figura 5-6).

**Figura 5-6** Propiedades de las cargas ingresadas al software PITRA PAVE

Puntos de medición en el pavimento

Introduzca las propiedades de los puntos: ? ✓

Número: 2

| # | X (m) | Y (m) | Z (m) | Capa # |
|---|-------|-------|-------|--------|
| 1 | 0     | 0     | .149  |        |
| 2 | 0     | 0     | .551  |        |



A continuación, los resultados de la evaluación en PITRAPAVE (véase Figura 5-7).

**Figura 5-7** Valores entregados por el software PITRA PAVE.

| Esfuerzos    Deformaciones    Deflexiones |             |             |            |
|-------------------------------------------|-------------|-------------|------------|
| #                                         | Exx (1)     | Eyy (1)     | Ezz (1)    |
| 1                                         | -1,5523e-04 | -1,5523e-04 | 1,9394e-04 |
| 2                                         | -1,1061e-04 | -1,1061e-04 | 2,6462e-04 |

A continuación, en la **tabla 5-17** se realiza una comparación entre las deformaciones unitarias admisibles y generadas.

**Tabla 5-18** Comparación entre las deformaciones unitarias admisibles y entregadas.

|           | Admisible   | Generado   | Comparación        |
|-----------|-------------|------------|--------------------|
| <b>ft</b> | 0,001202479 | 0,00015523 | Admisible>Generado |
| <b>fz</b> | 0,000600329 | 0,00026462 | Admisible>Generado |

La Tabla 5.7 muestra que las deformaciones unitarias ( $\epsilon_t$  y  $\epsilon_z$ ) generadas son inferiores a las admisibles, lo que indica que el paquete estructural evaluado (figura 5.3) cumple con los requisitos de resistencia a los mecanismos de falla, incluyendo el agrietamiento por fatiga y la acumulación de deformaciones permanentes o ahuellamiento.

## 5.4 Rehabilitación B: Sobrecarpeta Asfáltica

No se debe olvidar que para que la sobrecarpeta sea óptima y cumpla con su función, es necesario realizarle el mantenimiento rutinario a los tramos que no van a ser reconstruidos (capítulo 3.1). Se debería empezar control de vegetación, despedrado, limpieza de calzadas, bermas y separadores, relleno de erosiones, reparación de señales, operaciones de perfilado y nivelación de bermas. Estas son las actividades iniciales de mantenimiento rutinario, aun así, es importante tener en cuenta la reparación de grietas que consiste en identificación, limpieza y la aplicación del producto sellante. Parcheo se refiere al deterioro estructural solo para la carpeta de rodadura y bacheo se refiere cuando las capas granulares también se ven afectadas.

El INVIAS resalta que para el método de sobrecarpeta asfáltica, el espesor mínimo de esta, debe ser 40mm y el máximo de 200mm. Según lo explicado anteriormente los tramos con la condición del pavimento por la que se decidió que las unidades muestrales con estados “poor”, “very poor” y “serious” recibirían esta técnica de rehabilitación, se deben descartar otros unidades muestrales en los que siguiendo los procesos para hallar el espesor de las sobrecarta dio menor al mínimo indicado.

Al este ser un estudio de evaluación y propuesta de rehabilitación, a las unidades muestrales con PCI: fair (1 tramo), satisfactory (2 tramos) y good (0 tramos) se les recomienda actividades de mantenimiento a las nombradas anteriormente.

**Tabla 5-19** Espesor de la sobrecarpeta requerida por tramo.

| TRAMO   | PCI | ESTADO       | REHABILITACIÓN | Sobrecarpeta (mm) |
|---------|-----|--------------|----------------|-------------------|
| PR+050  | 14  | Serious      | Sobrecarpeta   | 73,7              |
| PR+100  | 10  | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR+150  | 24  | Serious      | Sobrecarpeta   | 102,3             |
| PR+200  | 16  | Serious      | Sobrecarpeta   | 102,3             |
| PR+250  | 36  | Very Poor    | Sobrecarpeta   | 70,3              |
| PR+300  | 6   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR+350  | 26  | Very Poor    | Sobrecarpeta   | 99,3              |
| PR+400  | 8   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR+450  | 0   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR+500  | 0   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR+550  | 0   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR+600  | 72  | Satisfactory | No requiere    |                   |
| PR+650  | 28  | Very Poor    | Sobrecarpeta   | 71                |
| PR+700  | 22  | Serious      | Sobrecarpeta   | 73,7              |
| PR+750  | 0   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR+800  | 0   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR+850  | 24  | Serious      | Sobrecarpeta   | 127,3             |
| PR+900  | 2   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR+950  | 0   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR1+000 | 5   | Failed       | Reconstrucción |                   |

**Tabla 5-20** Espesor de la sobrecarpeta requerida por tramo.

| TRAMO   | PCI | ESTADO       | REHABILITACIÓN | Sobrecarpeta (mm) |
|---------|-----|--------------|----------------|-------------------|
| PR1+050 | 8   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR1+100 | 0   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR1+150 | 0   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR1+200 | 1,5 | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR1+250 | 0   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR1+300 | 0   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR1+350 | 24  | Serious      | Sobrecarpeta   | 73,7              |
| PR1+400 | 1   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR1+450 | 0   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR1+500 | 0   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR1+550 | 0   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR1+600 | 41  | Poor         | Sobrecarpeta   | 60,8              |
| PR1+650 | 50  | Poor         | Sobrecarpeta   | 50                |
| PR1+700 | 78  | Satisfactory | No requiere    |                   |
| PR1+750 | 70  | Fair         | No requiere    |                   |
| PR1+800 | 20  | Serious      | Sobrecarpeta   | 79,6              |
| PR1+850 | 0   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR1+900 | 0   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR1+950 | 0   | Failed       | Reconstrucción |                   |
| PR2+000 | 1   | Failed       | Reconstrucción |                   |

## Capítulo 6

### 6. Conclusiones y recomendaciones

En este trabajo se realizó un estudio para determinar el estado superficial de un tramo de vía de pavimento asfáltico, para posteriormente proponer estrategias de mantenimiento y/o rehabilitación. Para estos propósitos, se aplicó la metodología PCI y las recomendaciones que el INVIAS ha suministrado en sus diversos manuales y documentos técnicos para después con la metodología de la AASHTO proponer una reconstrucción en los peores tramos y una rehabilitación con sobrecarpeta para los que requieren intervención. Como resultado de este estudio, se han podido obtener las siguientes conclusiones y recomendaciones generales:

1. Se encontraron 13 tipos distintos de fallas (según clasificación *ASTM D6433–20*) en los dos kilómetros de vía estudiada, siendo la pérdida de agregado y las fisuras (longitudinal y transversal) las más reiterativas.
2. Se puede concluir que la mayor parte del tramo evaluado se encuentra en muy mal estado
3. La rehabilitación (basada totalmente en AASHTO-93) se dividió entre reconstrucción total y sobrecarpeta con actividades de mantenimiento rutinarias antes de esta. La primera, con espesor de la carpeta asfáltica correspondiente a 150mm, 200mm de base y 200mm correspondientes a sub-base. La sobrecarpeta con espesor máximo de 127.3 mm; debido a los valores PCI encontrados para cada uno de los tramos, esto con el fin de aminorar el impacto económico que generaría tomar la decisión de realizar una reconstrucción total para todos los tramos afectados.
4. La entidad encargada de la vía debe cumplir de forma obligatoria con una programación eficiente, siguiendo las recomendaciones del INVIAS en su guía, para asegurar la realización efectiva del mantenimiento preventivo.

- 
5. Se recomienda realizar un mantenimiento rutinario exhaustivo para mantener un drenaje adecuado de la calzada, específicamente el mantenimiento general de las cunetas. También realizar las actividades de rocería y limpieza.

## **A. Anexo 1: Patologías en pavimentos asfálticos según PCI**

### **AGRIETAMIENTO DE COCODRILO – FATIGA (1)**

El agrietamiento por fatiga o cocodrilo es una serie de grietas interconectadas causadas por la falla por fatiga de la superficie del concreto asfáltico bajo cargas de tráfico repetidas. El agrietamiento comienza en la parte inferior de la superficie asfáltica, o base estabilizada, donde la tensión y la deformación por tracción son más altas bajo la carga de una rueda. Las grietas se propagan a la superficie inicialmente como una serie de grietas longitudinales paralelas. Después de repetidas cargas de tráfico, las grietas se conectan, formando piezas de ángulos agudos de muchos lados que desarrollan un patrón que se asemeja a la tela metálica o la piel de un caimán. Las piezas generalmente tienen menos de 0.5 m (1.5 pies) en el lado más largo.

**Figura 6-1** Agrietamiento de Cocodrilo, severidad alta.



### **SANGRADO – EXUDACIÓN (2)**

El sangrado es una película de material bituminoso sobre la superficie del pavimento que crea una superficie reflectante brillante, similar al vidrio, que por lo general se vuelve bastante pegajosa. El sangrado es causado por cantidades excesivas de cemento asfáltico o alquitrán en la mezcla, aplicación excesiva de un sellador bituminoso o bajo contenido de vacíos de aire, o una combinación de ambos. Ocurre cuando el ligante asfáltico llena los

vacíos de la mezcla durante el clima cálido y luego se expande sobre la superficie del pavimento. Dado que el proceso de sangrado no es reversible durante el clima frío, el ligante asfáltico o el alquitrán se acumularán en la superficie

**Figura 6-2** Sangrado o Exudación, severidad baja.



**Figura 6-3** Sangrado o Exudación, severidad alta.



### **AGRIETAMIENTO DE BLOQUES (3)**

Son grietas interconectadas que dividen el pavimento en partes rectangulares. Los bloques pueden variar en tamaño desde aproximadamente 0.3x0.3 m hasta 3x3 m. El agrietamiento del bloque es causado principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos diarios de temperatura, lo que resulta en ciclos diarios de esfuerzo/deformación. No está asociado a la carga. El agrietamiento del bloque generalmente indica que la mezcla asfáltica se ha endurecido significativamente. El agrietamiento del bloque normalmente ocurre en una gran parte del área del pavimento, pero a veces ocurrirá solo en áreas sin tráfico.



**Figura 6-4** Agrietamiento de bloques, severidad alta.



#### **ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS (4)**

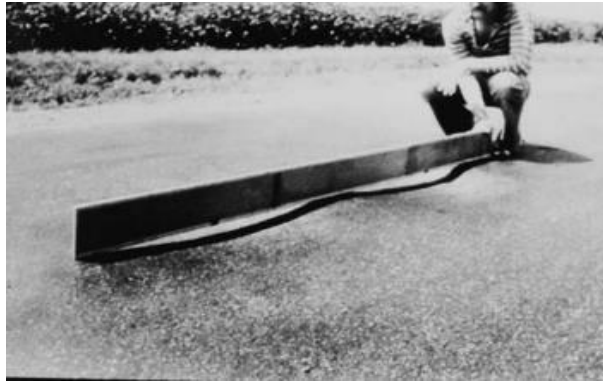
Los abultamientos son pequeños desplazamientos ascendentes localizados en la superficie del pavimento. Los hundimientos son pequeños desplazamientos hacia abajo, abruptos, de la superficie del pavimento.

**Figura 6-5** Abultamientos y hundimientos, severidad alta.



#### **CORRUGACIÓN (5)**

La ondulación, también conocida como "tabla de lavado", es una serie de crestas y valles (ondulaciones) estrechamente espaciados que ocurren a intervalos bastante regulares, generalmente a menos de 3 m a lo largo del pavimento. Las crestas son perpendiculares a la dirección del tráfico. Este tipo de deterioro generalmente es causado por la acción del tráfico combinada con una superficie o base de pavimento inestable.

**Figura 6-6** Corrugación, severidad alta.**DEPRESIONES (6)**

Las depresiones son áreas superficiales de pavimento localizadas con elevaciones ligeramente más bajas que las del pavimento circundante. Las depresiones son creadas por el asentamiento del suelo de los cimientos o son el resultado de una construcción inadecuada. Las depresiones causan cierta rugosidad y, cuando son lo suficientemente profundas o están llenas de agua, pueden causar pérdida de tracción.

**Figura 6-7** Depresión, severidad alta.**GRIETA DE BORDE (7)**

Las grietas en los bordes son paralelas y, por lo general, dentro de 0.3 a 0.5 m del borde exterior del pavimento. Esta falla es acelerada por la carga del tráfico y puede ser causada por una base o subrasante debilitada por las heladas cerca del borde del pavimento. El área entre la grieta y el borde del pavimento se clasifica como deshilachada si se rompe (a veces hasta el punto de que se quitan las piezas).

**Figura 6-8** Grieta de borde, severidad alta.**GRIETA DE REFLEXIÓN DE JUNTAS (8)**

Esta falla ocurre solo en pavimentos con superficie asfáltica que se han colocado sobre una losa de PCC. No incluye fisuras de reflexión de cualquier otro tipo de base, es decir, estabilizadas con cemento o cal; estas grietas son causadas principalmente por el movimiento térmico o inducido por la humedad de la losa de PCC debajo de la superficie del AC. Esta angustia no está relacionada con la carga; sin embargo, la carga de tráfico puede provocar una ruptura de la superficie de CA cerca de la grieta.

**Figura 6-9** Grieta de reflexión de juntas, severidad media.**DESNIVEL CARRIL/BERMA (9)**

El desnivel de carril/berma es una diferencia de elevación entre el borde del pavimento y la berma. Esta falla es causada por la erosión de la berma, el asentamiento de la berma o por la construcción de la calzada sin ajustar el nivel de la berma.

**Figura 6-10** Desnivel carril/berma, severidad media.



### **GRIETA LONGITUDINAL Y/O TRANSVERSAL (10)**

Las grietas longitudinales son paralelas a las del pavimento. línea central o dirección de colocación. Pueden ser causados por:

- Una junta de carril de pavimentación mal construida.
- Contracción de la superficie del hormigón asfáltico debido a bajas temperaturas o endurecimiento de este, o ciclos diarios de temperatura, o ambos.
- Las grietas transversales se extienden a través del pavimento aproximadamente en ángulo recto con respecto a la línea central del pavimento o la dirección de colocación. Estos tipos de grietas no suelen estar asociadas a la carga.

**Figura 6-11** Grieta longitudinal y/o transversal, severidad alta.



### **PARCHE Y/O ACOMETIDA DE SERVICIOS (11)**

Un parche es un área de pavimento que ha sido reemplazada con material nuevo para reparar el pavimento existente. Un parche se considera un defecto sin importar qué tan bien esté funcionando (un área parcheada o un área adyacente por lo general no funciona

tan bien como una sección de pavimento original). Generalmente, cierta aspereza se asocia con esta angustia.

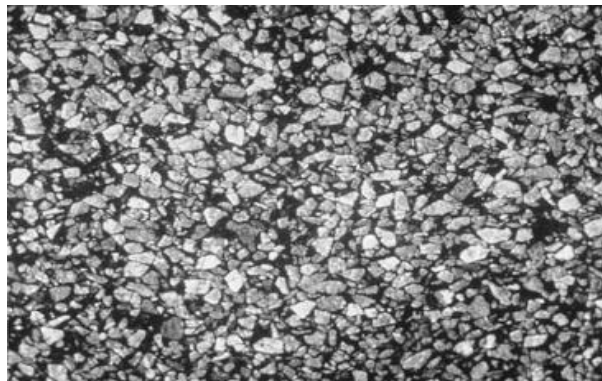
**Figura 6-12** Parche y/o acometida de servicios, severidad media.



### **PULIMENTO DE AGREGADOS (12)**

Este problema es causado por aplicaciones de tránsito repetidas. El agregado pulido está presente cuando un examen minucioso de un pavimento revela que la porción de agregado que se extiende sobre el hormigón asfáltico es muy pequeña o que no hay partículas de agregado ásperas o angulares que proporcionen una buena resistencia al deslizamiento. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con los neumáticos de los vehículos se reduce considerablemente.

**Figura 6-13** Pulimento de agregados.



### **HUECO (13)**

Los baches son pequeñas depresiones en forma de cuenco en la superficie del pavimento, por lo general de menos de 750 mm (30 pulgadas) de diámetro. Usualmente, tienen bordes afilados y lados verticales cerca de la parte superior del agujero.

**Figura 6-14** Huevo, severidad alta.



#### **CRUCE DE VÍA FÉRREA (14)**

Los defectos de cruce de ferrocarril son depresiones o golpes alrededor o entre las pistas, o ambos.

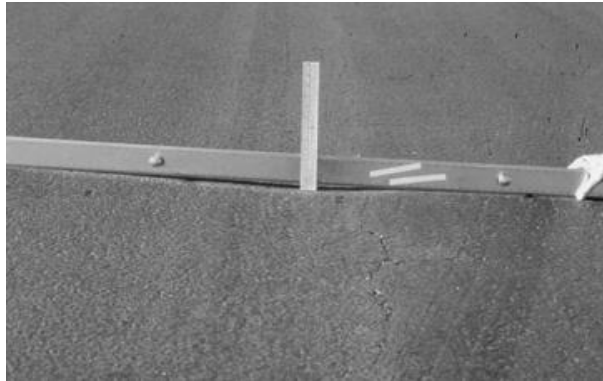
**Figura 6-15** Cruce de vía férrea, severidad media.



#### **AHUELLAMIENTO (15)**

Un ahuellamiento es una depresión superficial en las trayectorias de las ruedas. El levantamiento del pavimento puede ocurrir a lo largo de los lados de la rodera, pero, en muchos casos, las roderas se notan solo después de una lluvia cuando los caminos están llenos de agua. La formación de surcos surge de una deformación permanente en cualquiera de las capas de pavimento o subrasantes, generalmente causada por el movimiento consolidado o lateral de los materiales debido a la carga del tráfico.

**Figura 6-16** Ahuellamiento, severidad baja.



### **DESPLAZAMIENTO POR EMPUJE (16)**

Es un desplazamiento longitudinal permanente de un área localizada de la superficie del pavimento causado por la carga del tráfico. Cuando el tráfico empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie del pavimento. Esta falla normalmente ocurre sólo en pavimentos de mezcla asfáltica líquida inestable (reducción o emulsión).

**Figura 6-17** Desplazamiento por empuje, severidad alta.



### **GRIETAS PARABÓlicas / MEDIA LUNA (17)**

Son grietas en forma de medialuna, generalmente transversales a la dirección de desplazamiento. Se producen cuando las ruedas al frenar o girar hacen que la superficie del pavimento se deslice o se deforme. Este problema suele ocurrir en los traslapes cuando existe una mala adherencia entre la superficie y la siguiente capa de la estructura del pavimento.

**Figura 6-18** Grietas parabólicas / media luna, severidad media.



### **HINCHAMIENTO (18)**

El hinchamiento se caracteriza por un abultamiento hacia arriba en la superficie del pavimento, una onda larga y gradual de más de 3 m (10 pies) de largo. El hinchamiento puede ir acompañado de grietas en la superficie. Esta falla generalmente es causada por la acción de las heladas en la subrasante o por la expansión del suelo.

### **RAVELING - DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS (19)**

El desprendimiento es el desalojo de partículas de agregado grueso. El desmoronamiento puede ser causado por un aglomerante asfáltico insuficiente, mala calidad de la mezcla, compactación, segregación o decapado insuficientes.

**Figura 6-19** Desprendimiento de agregados, severidad media.



### **METEORIZACIÓN (20)**

El desgaste del ligante asfáltico y la matriz de agregado fino. La pérdida o el desalojo de agregado grueso está cubierto por Raveling. El desgaste de la superficie normalmente es causado por la oxidación, la compactación inadecuada, el contenido insuficiente de ligante



asfáltico, el exceso de arena natural, la erosión del agua superficial y el tráfico. La meteorización ocurre más rápido en áreas con alta radiación solar.

**Figura 6-20** Meteorización, severidad alta.



## B. Anexo 2: Formatos de campo

Se presentan los formatos de campo utilizados para la inspección e identificación de fallas.

**Tabla B - 1** Formatos de inspección de fallas por tramo.

| PATOLOGÍA |      |       |           |           |            |           |        | Aclaraciones                                                                                                                         |
|-----------|------|-------|-----------|-----------|------------|-----------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Carril    | Tipo | Sever | Daño      |           | Reparación |           | Foto   |                                                                                                                                      |
|           |      |       | Largo (m) | Ancho (m) | Largo (m)  | Ancho (m) |        |                                                                                                                                      |
| PR+50     |      |       |           |           |            |           |        |                                                                                                                                      |
| I         | BCH  | M     | 0.7       | 1.13      |            |           | TR1-1  | Bache parcialmente relleno con grava, presenta una profundidad máxima de 2.8 mm                                                      |
| I         | AHU  | M     | 5.9       | 0.15      |            |           | TR1-2  | Ahuellamiento sobre el borde del izquierdo                                                                                           |
| I         | FL   | B     | 3.7       | 0.01      |            |           | TR5-1  | Presencia de fisura longitudinal sobre el carril izquierdo                                                                           |
| I         | PA   | A     | 40        | 3         |            |           | TR2-1  | Se presenta pérdida de agregado sobre todo el tramo de vía, con una severidad alta; ausencia de berma a ambos lados de la vía .      |
| I         | PB   | A     | 0.8       | 0.12      |            |           | TR5-2  | Pérdida del borde de vía; ausencia de berma y presencia de obra hidráulica a ambos lados de la vía.                                  |
| D         | PB   | A     | 1.9       | 0.7       |            |           | TR3-1  | Se evidencia la pérdida de borde del carril derecho; ausencia de berma a ambos lados de la vía y ausencia de actividades de rocería. |
| D         | PA   | A     | 40        | 3         |            |           |        | Se presenta pérdida de agregado sobre todo el tramo de vía, con una severidad alta; ausencia de berma a ambos lados de la vía.       |
| PR+100    |      |       |           |           |            |           | TR6-1  | Ausencia de berma a ambos lados de la vía, ausencia de actividades de rocería.                                                       |
| D         | FL   | A     | 14.6      | 0.015     |            |           | TR7-1  |                                                                                                                                      |
| D         | FT   | M     | 0.2       | 0.003     |            |           | TR8-1  |                                                                                                                                      |
| I         | PB   | A     | 2.6       | 0.3       |            |           | TR9-1  |                                                                                                                                      |
| I         | PCH  | M     |           |           | 5.35       | 2.3       | TR10-1 | Parche presente sobre el carril izquierdo, presenta un nivel medio de severidad de desgaste.                                         |
| PR+150    |      |       |           |           |            |           |        | Ausencia de berma a ambos lados de la vía, ausencia de actividades de rocería.                                                       |
| I         | PA   | A     | 10        | 3         |            |           | TR12-1 |                                                                                                                                      |
| D         | PA   | A     | 10        | 3         |            |           |        |                                                                                                                                      |
| D         | PC   | M     | 3.35      | 0.75      |            |           | TR13-1 |                                                                                                                                      |
| I         | PC   | A     | 1.8       | 1.6       |            |           | TR14-1 |                                                                                                                                      |
| I         | PCH  | M     |           |           | 6.75       | 2         | TR15-1 |                                                                                                                                      |
| D         | DC   | A     | 1.1       | 0.9       |            |           | TR15-2 |                                                                                                                                      |
| I         | DC   | M     | 2.37      | 2.9       |            |           |        |                                                                                                                                      |
| PR+200    |      |       |           |           |            |           |        |                                                                                                                                      |
| D         | PA   | A     | 10        | 3         |            |           | TR16-1 | Obra hidráulica presente en el tramo                                                                                                 |
| D         | FT   | B     | 0.8       | 0.003     |            |           | TR17-1 |                                                                                                                                      |
| D         | PC   | B     | 0.3       | 0.3       |            |           | TR17-3 |                                                                                                                                      |
| D         | PC   | M     | 1.7       | 0.5       |            |           | TR18-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía.                                                       |
| I         | FT   | B     | 0.33      | 0.002     |            |           | TR18-2 |                                                                                                                                      |
| I         | PA   | A     | 10        | 3         |            |           |        | Se presenta pérdida de agregado en todo el tramo de vía, ausencia de berma a ambos lados, ausencia de cuneta a ambos lados de la vía |
| I         | FL   | A     | 6         | 0.01      |            |           | TR17-2 |                                                                                                                                      |
| PR+250    |      |       |           |           |            |           |        |                                                                                                                                      |
| I         | PA   | 8     | 3         |           |            |           | TR21-1 |                                                                                                                                      |
| I         | FT   | B     | 0.3       | 0.002     |            |           | TR22-1 | Ausencia de berma a ambos lados de la vía, ausencia de actividades de rocería.                                                       |
| D         | FT   | B     | 0.4       | 0.001     |            |           | TR24-1 |                                                                                                                                      |
| D         | FL   | M     | 0.5       | 0.002     |            |           | TR24-2 |                                                                                                                                      |
| D         | PA   | A     | 20        | 3         |            |           | TR25-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía.                                                       |
| PATOLOGÍA |      |       |           |           |            |           |        | Aclaraciones                                                                                                                         |
| Carril    | Tipo | Sever | Daño      |           | Reparación |           | Foto   |                                                                                                                                      |
|           |      |       | Largo (m) | Ancho (m) | Largo (m)  | Ancho (m) |        |                                                                                                                                      |
| PR+300    |      |       |           |           |            |           |        |                                                                                                                                      |
| D         | PA   | A     | 50        | 3         |            |           | TR26-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía.                                                       |
| D         | BCH  | A     | 1         | 0.9       |            |           | TR26-2 |                                                                                                                                      |
| PR+350    |      |       |           |           |            |           |        | Pérdida de agregado en el área total del carril izquierdo, ausencia de actividades de rocería, ausencia de cunetas.                  |
| D         | PA   | A     | 20        | 3         |            |           |        |                                                                                                                                      |
| D         | FL   | B     | 7         | 0.015     |            |           | TR32-1 | Presencia de fisuras longitudinales durante la mayoría del tramo, ausencia de actividades de rocería.                                |
| D         | FL   | M     | 6         | 0.02      |            |           | TR33-1 | Pérdida de agregado en todo el tramo, ausencia de actividades de rocería                                                             |
| I         | PA   | M     | 20        | 3         |            |           |        | Pérdida de agregado en todo el tramo, ausencia de actividades de rocería                                                             |
| PR+400    |      |       |           |           |            |           | TR36-1 | Ausencia de berma a ambos lados de la vía, ausencia de actividades de rocería.                                                       |

|        |     |   |      |       |   |   |        |                                                                                                                                    |
|--------|-----|---|------|-------|---|---|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I      | PA  | A | 40   | 3     |   |   | TR37-1 | Ausencia de cunetas a ambos lados de la vía. La pérdida de agregado se presenta enfáticamente únicamente sobre el carril izquierdo |
| I      | FB  | A | 21   | 2     |   |   | TR38-1 | Ausencia de berma en ambos sentidos de la vía.                                                                                     |
|        | FCL | A | 12.5 | 0.01  |   |   | TR39-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía.                                                     |
| I      | FBD | M | 6    | 0.003 |   |   | TR40-1 |                                                                                                                                    |
| PR+450 |     |   |      |       |   |   |        | Ausencia de berma y cuneta en ambos sentidos de la vía                                                                             |
| I      | FB  | A | 17   | 3.5   |   |   | TR41-1 |                                                                                                                                    |
|        | FCL | M | 17   | 0.003 |   |   | TR42-1 | Pérdida de agregado en todo el tramo, ausencia de actividades de rocería                                                           |
| I      | PC  | A | 8.5  | 1.5   |   |   | TR43-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía.                                                     |
| D      | PA  | A | 40   | 3     |   |   | TR44-1 |                                                                                                                                    |
| D      | FL  | A | 8    | 0.03  |   |   |        |                                                                                                                                    |
| D      | FT  | A | 3.5  | 0.005 |   |   | TR45-1 |                                                                                                                                    |
| D      | FB  | A | 7    | 3     |   |   |        |                                                                                                                                    |
|        | FCL | A | 9    | 0.01  |   |   | TR45-2 | Pérdida de agregado en todo el tramo, ausencia de actividades de rocería, materia orgánica en la vía.                              |
| D      | PC  | A | 9    | 3     |   |   |        |                                                                                                                                    |
| I      | PCH | M |      |       | 6 | 3 |        | Ausencia de berma, ausencia de actividades de rocería.                                                                             |
| PR+500 |     |   |      |       |   |   |        |                                                                                                                                    |
| I      | PA  | A | 10   | 3     |   |   |        |                                                                                                                                    |
| I      | FL  | M | 7    | 0.002 |   |   |        | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de cunetas en ambos sentidos de la vía.                                               |
| D      | FB  | A | 51   | 3     |   |   | TR46-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de cunetas en ambos sentidos de la vía.                                               |
| D      | FCL | A | 17   | 0.02  |   |   | TR47-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía.                                                     |
| D      | FL  | A | 5    | 0.02  |   |   | TR48-1 |                                                                                                                                    |
| D      | PA  | A | 31   | 2     |   |   | TR49-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de cunetas en ambos sentidos de la vía.                                               |
| D      | FT  | A | 11   | 0.015 |   |   |        |                                                                                                                                    |
| D      | FCL | M | 7    | 0.003 |   |   | TR50-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía.                                                     |

**Tabla B - 2** Formatos de inspección de fallas por tramo.

| PATOLOGÍA |      |       |           |           |            |           |        | Aclaraciones                                                                                                         |
|-----------|------|-------|-----------|-----------|------------|-----------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Carril    | Tipo | Sever | Daño      |           | Reparación |           | Foto   |                                                                                                                      |
|           |      |       | Largo (m) | Ancho (m) | Largo (m)  | Ancho (m) |        |                                                                                                                      |
| PR+550    |      |       |           |           |            |           |        |                                                                                                                      |
| D         | FB   | A     | 36        | 3         |            |           | TR51-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de cunetas en ambos sentidos de la vía.                                 |
| D         | PA   | A     | 50        | 3         |            |           | TR52-1 | Notable severidad en el desgaste por pérdida de agregado y fisuras en bloque muy notorias y con severidad muy alta.  |
| I         | PA   | A     | 50        | 3         |            |           | TR53-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de cunetas en ambos sentidos de la vía.                                 |
| I         | FT   | A     | 0.6       | 0.01      |            |           | TR53-2 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de cunetas en ambos sentidos de la vía.                                 |
|           | FCL  | A     | 11        | 0.1       |            |           | TR55-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía.                                       |
| D         | PC   |       | 2         | 1         |            |           | TR56-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de cunetas en ambos sentidos de la vía.                                 |
| D         | FT   | A     | 15        | 0.01      |            |           | TR57-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía.                                       |
| D         | FL   | A     | 6         | 0.02      |            |           | TR58-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de cunetas en ambos sentidos de la vía.                                 |
| PR+600    |      |       |           |           |            |           |        | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de cunetas en ambos sentidos de la vía.                                 |
| D         | PA   | A     | 20        | 3         |            |           |        |                                                                                                                      |
| D         | FML  | A     | 1         | 0.63      |            |           |        |                                                                                                                      |
| I         | PA   | A     | 10        | 3         |            |           |        |                                                                                                                      |
| I         | PU   | A     | 30        | 3         |            |           |        |                                                                                                                      |
| D         | PU   | A     | 30        | 3         |            |           |        |                                                                                                                      |
| PR+650    |      |       |           |           |            |           |        |                                                                                                                      |
| D         | PA   | A     | 50        | 3         |            |           | TR61-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de cunetas en ambos sentidos de la vía.                                 |
| I         | PU   | A     | 40        | 3         |            |           |        |                                                                                                                      |
| I         | PA   | A     | 10        | 3         |            |           | TR65-1 |                                                                                                                      |
| PR+700    |      |       |           |           |            |           |        |                                                                                                                      |
| I         | PA   | A     | 50        | 3         |            |           |        | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía.                                       |
| D         | PA   | A     | 50        | 3         |            |           |        | Desgaste en todo el tramo, ausencia de actividades de rocería, ausencia de cunetas en ambos sentidos de la vía       |
| PR+750    |      |       |           |           |            |           |        |                                                                                                                      |
| I         | PA   | A     | 50        | 3         |            |           | TR74-1 | Desgaste en todo el tramo, ausencia de actividades de rocería, ausencia de cunetas en ambos sentidos de la vía       |
| D         | PA   | A     | 50        | 3         |            |           |        | Presencia de cuneta en el carril derecho de 1 metro de ancho                                                         |
| D         | BCH  | A     |           |           | 1          | 1         | TR74-2 | Bache sobre el borde del carril derecho, presenta severidad alta y afectación a la cuneta.                           |
| D         | FL   | A     | 8         | 0.015     |            |           | TR75-1 | Presencia de cuneta únicamente en el carril derecho, la cual presenta empozamiento de agua y falta de mantenimiento. |
| PR+800    |      |       |           |           |            |           |        | Ausencia de actividades de rocería, presencia de cuneta en el carril derecho                                         |

|        |     |   |    |       |  |  |        |                                                                                                               |
|--------|-----|---|----|-------|--|--|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| D      | PA  | A | 50 | 3     |  |  | TR78-1 |                                                                                                               |
| I      | PA  | A | 40 | 3     |  |  | TR79-1 |                                                                                                               |
|        | FCL | A | 11 | 0.015 |  |  |        | Ausencia de berma a ambos lados de la vía, ausencia de actividades de rocería.                                |
| D      | FL  | A | 11 | 0.015 |  |  | TR80-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía, materia orgánica sobre la vía. |
| I      | PCH | M | 10 | 2     |  |  |        | Ausencia de actividades de rocería, materia orgánica sobre la vía, presencia de cuneta derecha                |
| I      | FL  | A | 4  | 0.025 |  |  |        |                                                                                                               |
| PR+850 |     |   |    |       |  |  |        |                                                                                                               |
| D      | PA  | A | 50 | 3     |  |  | TR83-1 | Ausencia de actividades de rocería, materia orgánica sobre la vía, presencia de cuneta derecha                |
| I      | PA  | A | 50 | 3     |  |  |        |                                                                                                               |

**Tabla B - 3** Formatos de inspección de fallas por tramo.

| PATOLOGÍA |      |       |           |           |            |           |         | Aclaraciones                                                                                                                                      |
|-----------|------|-------|-----------|-----------|------------|-----------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Carril    | Tipo | Sever | Daño      |           | Reparación |           | Foto    |                                                                                                                                                   |
|           |      |       | Largo (m) | Ancho (m) | Largo (m)  | Ancho (m) |         |                                                                                                                                                   |
| PR+900    |      |       |           |           |            |           |         |                                                                                                                                                   |
| D         | PA   | A     | 30        | 3         |            |           | TR86-1  | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía.                                                                    |
| I         | PA   | A     | 20        | 3         |            |           | TR87-1  | Ausencia de actividades de rocería, cuneta derecha en mal estado.                                                                                 |
| I         | FL   | A     | 8         | 0.015     |            |           | TR88-1  | En sólo 5 metros del tramo hay presencia de cuneta sobre el carril izquierdo, a partir de ahí se presenta ausencia de la cuneta.                  |
| I         | PU   | A     | 30        | 3         |            |           |         |                                                                                                                                                   |
| D         | PU   | A     | 20        | 3         |            |           |         | Ausencia de actividades de rocería, cuneta derecha en notable mal estado.                                                                         |
|           | FCL  | A     | 9         | 0.015     |            |           | TR89-1  | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía.                                                                    |
| I         | FT   | A     | 5         | 0.02      |            |           | TR90-1  |                                                                                                                                                   |
| D         | FL   | A     | 5         | 0.02      |            |           |         |                                                                                                                                                   |
| PR+950    |      |       |           |           |            |           |         |                                                                                                                                                   |
| I         | FL   | A     | 25        | 0.02      |            |           | TR91-1  | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía, cuneta sobre carril derecho                                        |
| I         | FT   | A     | 7         | 0.015     |            |           | TR92-1  |                                                                                                                                                   |
| I         | PU   | A     | 50        | 3         |            |           | TR93-1  | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía, cuneta sobre carril derecho presenta obstrucción por rocas         |
| D         | FL   | A     | 25        | 0.015     |            |           | TR94-1  |                                                                                                                                                   |
| D         | PU   | A     | 20        | 3         |            |           |         |                                                                                                                                                   |
| I         | PC   | M     | 1         | 1         |            |           | TR95-1  | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía, cuneta sobre carril derecho                                        |
| I         | FDB  | A     | 10        | 0.022     |            |           |         |                                                                                                                                                   |
| D         | FT   | A     | 13        | 0.015     |            |           |         |                                                                                                                                                   |
| D         | PA   | A     | 30        | 3         |            |           |         | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía, materia orgánica sobre la vía                                      |
|           | FCL  | A     | 6         | 0.015     |            |           |         |                                                                                                                                                   |
| D         | FB   | A     | 3         | 2.5       |            |           |         | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía.                                                                    |
| PR+1000   |      |       |           |           |            |           |         |                                                                                                                                                   |
| D         | FIN  |       | 6         | 2         |            |           | TR96-1  | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía.                                                                    |
| D         | FL   | A     | 34        | 0.01      |            |           | TR96-2  |                                                                                                                                                   |
| D         | FT   | A     | 4         | 0.008     |            |           | TR96-3  | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía, materia orgánica sobre la vía, agrietamiento sobre cuneta derecha. |
| D         | PU   | A     | 44        | 2         |            |           | TR97-1  |                                                                                                                                                   |
| I         | FBD  | A     | 28        | 0.01      |            |           | TR97-2  | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía.                                                                    |
| I         | FL   | A     | 30        | 0.012     |            |           | TR98-1  |                                                                                                                                                   |
| I         | PU   | A     | 30        | 3         |            |           |         |                                                                                                                                                   |
|           | FCT  | A     | 6         | 0.005     |            |           |         | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía, materia orgánica sobre la vía.                                     |
|           | FCL  | A     | 6         | 0.008     |            |           | TR99-1  |                                                                                                                                                   |
| D         | PC   | A     | 19        | 3         |            |           |         |                                                                                                                                                   |
| I         | DC   | A     | 1         | 1         |            |           | TR100-1 | Ausencia de actividades de rocería, ausencia de berma a ambos lados de la vía.                                                                    |

Tabla B - 4 Formatos de inspección de fallas por tramo.

| PATOLOGIA  |      |       |           |           |              |           |      |                                               |
|------------|------|-------|-----------|-----------|--------------|-----------|------|-----------------------------------------------|
| Carril     | Tipo | Sever | Daño      |           | Repar        |           | Foto | Aclaraciones                                  |
|            |      |       | Largo (m) | Ancho (m) | Largo (m)    | Ancho (m) |      |                                               |
| Pr 1 + 010 |      |       |           |           |              |           |      |                                               |
| D          | PU   |       | 10        | 3         |              |           | 4911 | Ausencia de rosería                           |
|            | FDB  |       | 5,5       |           |              |           |      | Materia organica en la vía                    |
|            | FL   |       | 22        |           |              |           |      | Cuneta izquierda inexistente                  |
| I          | FL   |       | 6         |           |              |           |      | Obras hidráulicas                             |
|            | PU   |       | 10        | 3         |              |           |      |                                               |
|            | PC   |       | 6         |           |              |           |      |                                               |
| Pr 1 + 020 |      |       |           |           |              |           |      |                                               |
| D          | FDB  |       | 10        |           |              |           | 5525 |                                               |
|            | PL   |       | 2         | 2,5       |              |           |      | Ausencia de rosería                           |
|            | PU   |       | 10        | 3         |              |           |      | Materia organica en la vía                    |
| I          | HUN  |       | 3         | 1,5       |              |           | 5414 | Cuneta izquierda inexistente                  |
|            | FDB  |       | 15        |           |              |           |      | Cuneta derecha agrietada y tapada             |
|            | FL   |       | 4         |           |              |           |      | Hundimiento a ambos lados                     |
|            | PC   |       | 1         | 2         |              |           |      |                                               |
|            | PU   |       | 10        | 3         |              |           |      |                                               |
| Pr 1 + 030 |      |       |           |           |              |           |      |                                               |
| D          | FDB  |       | 10        |           |              |           | 5947 | Ausencia de rosería                           |
|            | FL   |       | 10        |           |              |           |      | Materia organica en la vía                    |
|            | PU   |       | 10        | 3         |              |           |      | Cuneta izquierda inexistente                  |
|            | HUN  |       | 3         | 2,72      |              |           |      | Hundimiento por ambos lados                   |
| I          | HUN  |       | 4         | 3,75      |              |           |      |                                               |
|            | FDB  |       | 8         |           |              |           |      |                                               |
|            | PC   |       | 4         | 2         |              |           |      |                                               |
|            | PU   |       | 10        | 3         |              |           |      |                                               |
| Pr 1 + 040 |      |       |           |           |              |           |      |                                               |
| D          | FL   |       | 18        |           |              |           | 515  | Ausencia de rosería                           |
|            | PC   |       | 2         | 1,5       |              |           |      | Materia organica en la vía                    |
|            | PU   |       | 10        | 3         |              |           |      | Cuneta izquierda inexistente                  |
| I          | HUN  |       | 4         | 2         |              |           |      | Hundimiento doble                             |
|            | PC   |       | 4         | 2         |              |           |      | Carril izquierdo hundido al principio y final |
|            | FDB  |       | 3         |           |              |           |      |                                               |
| Pr 1 + 050 |      |       |           |           |              |           |      |                                               |
| D          | FL   |       | 6         |           |              |           | 805  | Ausencia de rosería                           |
|            | PU   |       | 10        | 3         |              |           |      | Materia organica en la vía                    |
| C          | PU   |       | 2         | 1         |              |           |      | Cuneta izquierda en total deterioro           |
| I          | HUN  |       | 3         | 1,64      |              |           |      | Cuneta derecha con materia orgánica           |
|            | PC   |       | 3         | 1,64      |              |           |      |                                               |
|            | FL   |       | 2         |           |              |           |      |                                               |
|            | PU   |       | 10        | 3         |              |           |      |                                               |
| Pr 1 + 060 |      |       |           |           |              |           |      |                                               |
| D          | PC   |       | 5         | 2,4       |              |           | 929  | Ausencia de rosería                           |
|            | HUN  |       | 5         | 2,4       |              |           |      | Materia organica en la vía                    |
|            | FL   |       | 6         |           |              |           |      | Cuneta izquierda en buen estado               |
|            | PU   |       | 10        | 3         |              |           |      | Cuneta derecha con materia orgánica           |
| I          | EX   |       | 2         | 1,5       |              |           |      | Cambio de sección                             |
|            | FL   |       | 4         |           |              |           |      |                                               |
|            | PU   |       | 5         | 3         | (1era mitad) |           |      |                                               |
|            | PA   |       | 5         | 3         | (2da mitad)  |           |      |                                               |
| Pr 1 + 070 |      |       |           |           |              |           |      |                                               |
| D          | PA   |       | 10        | 3         |              |           | 1607 | Ausencia de rosería                           |
|            | HUN  |       | 2         | 1,5       |              |           |      | Materia organica en la vía                    |
|            | PC   |       | 2         | 1,5       |              |           |      | Cuneta izquierda en total deterioro           |
|            | FL   |       | 3         |           |              |           |      | Cuneta derecha en total deterioro             |
| I          | PC   |       | 4         | 1,5       |              |           |      |                                               |
|            | FB   |       | 4         | 1,5       |              |           |      |                                               |
|            | FL   |       | 2         |           |              |           |      |                                               |
|            | PA   |       | 10        | 3         |              |           |      |                                               |
| Pr 1 + 080 |      |       |           |           |              |           |      |                                               |
| D          | PA   |       | 10        | 3         |              |           | 2012 | Ausencia de rosería                           |
|            | FL   |       | 5         |           |              |           |      | Materia organica en la vía                    |
| C          | FCL  |       | 8         |           |              |           |      | Cuneta derecha existente                      |
| I          | FB   |       | 3,5       | 4,3       |              |           |      | Cuneta izquierda existente                    |
|            | PU   |       | 10        | 3         |              |           |      |                                               |
|            | FT   |       |           | 3         |              |           |      |                                               |
| Pr 1 + 090 |      |       |           |           |              |           |      |                                               |
| D          | FL   |       | 18        |           |              |           | 2626 | Ausencia de rosería                           |
|            | PA   |       | 10        | 3         |              |           |      | Materia organica en la vía                    |
| I          | FCL  |       | 4         |           |              |           |      | Cuneta izquierda en total deterioro           |
|            | FL   |       | 3         |           |              |           | 2354 | Obra hidráulica                               |
| Pr 1 + 100 |      |       |           |           |              |           |      |                                               |
| D          | FDB  |       | 8         |           |              |           | 2648 | Ausencia de rosería                           |
|            | FL   |       | 10        |           |              |           |      | Materia organica en la vía                    |
|            | PA   |       | 10        | 3         |              |           |      |                                               |
| I          | FDB  |       | 3         |           |              |           |      |                                               |
|            | PU   |       | 10        | 3         |              |           |      |                                               |
|            | FL   |       | 3         |           |              |           |      |                                               |

|            |          |  |      |     |  |      |                                              |
|------------|----------|--|------|-----|--|------|----------------------------------------------|
| Pr 1 + 110 |          |  |      |     |  |      |                                              |
| D          | FDB      |  | 3    |     |  | 3657 | Ausencia de rosería                          |
|            | FL       |  | 3    |     |  |      | Materia organica en la vía                   |
|            | PA       |  | 3    | 3   |  |      |                                              |
|            | FT-Junta |  | 3    |     |  |      |                                              |
| I          | FDB      |  | 2    |     |  |      |                                              |
|            | FL       |  | 2,5  |     |  |      |                                              |
| Pr 1 + 120 |          |  |      |     |  |      |                                              |
| D          | PA       |  | 10   | 3   |  | 9119 | Ausencia de rosería                          |
| I          | PA       |  | 10   | 3   |  |      | Materia organica en la vía                   |
|            |          |  |      |     |  |      | No hay cunetas                               |
|            |          |  |      |     |  |      | Vía en buen estado                           |
| Pr 1 + 130 |          |  |      |     |  |      |                                              |
| D          | PA       |  | 10   | 3   |  | 9119 | Ausencia de rosería                          |
| I          | PA       |  | 10   | 3   |  |      | Materia organica en la vía                   |
|            |          |  |      |     |  |      | No hay cunetas                               |
|            |          |  |      |     |  |      | Vía en buen estado                           |
| Pr 1 + 140 |          |  |      |     |  |      |                                              |
| C          | DES      |  | 0,4  | 0,2 |  | 4152 | Ausencia de rosería                          |
| D          | PA       |  | 10   | 3   |  |      | Materia organica en la vía                   |
| I          | PA       |  | 10   | 3   |  |      | Cuneta izquierda inexistente                 |
| Pr 1 + 150 |          |  |      |     |  |      |                                              |
| D          | PA       |  | 10   | 3   |  | 4152 | Ausencia de rosería                          |
| I          | PA       |  | 10   | 3   |  |      | Materia organica en la vía                   |
|            |          |  |      |     |  |      | Cuneta izquierda inexistente                 |
|            |          |  |      |     |  |      | Vía en buen estado                           |
| Pr 1 + 160 |          |  |      |     |  |      |                                              |
| D          | PA       |  | 10   | 3   |  | 4152 | Ausencia de rosería                          |
| I          | PA       |  | 10   | 3   |  |      | Materia organica en la vía                   |
|            |          |  |      |     |  |      | Cuneta izquierda inexistente                 |
|            |          |  |      |     |  |      | Vía en buen estado                           |
| Pr 1 + 170 |          |  |      |     |  |      |                                              |
| C          | PC       |  | 3,86 | 1,3 |  | 4850 | Ausencia de rosería                          |
|            | HUN      |  | 3    | 4   |  |      | Materia organica en la vía                   |
|            | DES      |  | 2    | 1   |  |      | Perdida de banca por deslizamiento de tierra |
|            | BACHE    |  | 0,6  | 0,5 |  |      |                                              |
| Pr 1 + 180 |          |  |      |     |  |      |                                              |
| D          | PA       |  | 10   | 3   |  | 5447 | Ausencia de rosería                          |
| I          | PA       |  | 10   | 3   |  |      | Materia organica en la vía                   |
|            |          |  |      |     |  |      | Cuneta izquierda inexistente                 |
|            |          |  |      |     |  |      | Cuneta derecha inexistente                   |
|            |          |  |      |     |  |      | Taponamiento de banca por deslizamiento      |
| Pr 1 + 190 |          |  |      |     |  |      |                                              |
| D          | PA       |  | 10   | 3   |  | 5447 | Ausencia de rosería                          |
| I          | PA       |  | 10   | 3   |  |      | Materia organica en la vía                   |
|            |          |  |      |     |  |      | Cuneta izquierda inexistente                 |
|            |          |  |      |     |  |      | Cuneta derecha inexistente                   |
|            |          |  |      |     |  |      | Taponamiento de banca por deslizamiento      |
| Pr 1 + 200 |          |  |      |     |  |      |                                              |
| D          | PA       |  | 10   | 3   |  | 5447 | Ausencia de rosería                          |
| I          | PA       |  | 10   | 3   |  |      | Materia organica en la vía                   |
|            |          |  |      |     |  |      | Cuneta izquierda inexistente                 |
|            |          |  |      |     |  |      | Cuneta derecha inexistente                   |
|            |          |  |      |     |  |      | Taponamiento de banca por deslizamiento      |

**Tabla B - 5** Formatos de inspección de fallas por tramo.

|            |     |      |      |  |       |                                                    |
|------------|-----|------|------|--|-------|----------------------------------------------------|
| Pr 1 + 210 |     |      |      |  |       |                                                    |
| D          | PA  | 10   | 3    |  | 5447  | Ausencia de rosería                                |
| I          | PA  | 10   | 3    |  |       | Materia organica en la vía                         |
|            | FL  | 7    |      |  |       | Cuneta izquierda inexistente                       |
|            |     |      |      |  |       | Cuneta derecha inexistente                         |
|            |     |      |      |  |       | Taponamiento de banca por deslizamiento            |
| Pr 1 + 220 |     |      |      |  |       |                                                    |
| D          | PA  | 10   | 3    |  | --    | Ausencia de rosería                                |
| I          | PA  | 10   | 3    |  |       | Materia organica en la vía                         |
|            |     |      |      |  |       | Cuneta izquierda inexistente                       |
|            |     |      |      |  |       | Cuneta derecha inexistente                         |
| Pr 1 + 230 |     |      |      |  |       |                                                    |
| D          | PA  | 10   | 3    |  | --    | Ausencia de rosería                                |
| I          | PA  | 10   | 3    |  |       | Materia organica en la vía                         |
|            |     |      |      |  |       | Cuneta izquierda inexistente                       |
|            |     |      |      |  |       | Cuneta derecha inexistente                         |
| Pr 1 + 240 |     |      |      |  |       |                                                    |
| D          | PA  | 10   | 3    |  | '0144 | Ausencia de rosería                                |
| I          | FL  | 11   |      |  |       | Materia organica en la vía                         |
|            | FT  |      | 10   |  |       | Cuneta izquierda inexistente                       |
|            | FCL | 2    |      |  | '0205 | Obra hidráulica en estado deplorable               |
|            | PA  | 10   | 3    |  |       |                                                    |
| Pr 1 + 250 |     |      |      |  |       |                                                    |
| D          | PA  | 10   | 3    |  | '0437 | Ausencia de rosería                                |
| I          | FB  | 10   | 2,5  |  |       | Materia organica en la vía                         |
|            | FCL | 3,5  |      |  |       | Cuneta izquierda inexistente                       |
|            | PU  | 10   | 3    |  |       | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra       |
| Pr 1 + 260 |     |      |      |  |       |                                                    |
| D          | PA  | 10   | 3    |  | '0539 | Ausencia de rosería                                |
|            | PC  | 1,32 | 1,48 |  |       | Materia organica en la vía                         |
| I          | PU  | 10   | 3    |  |       | Cuneta izquierda inexistente                       |
|            |     |      |      |  |       | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra       |
| Pr 1 + 270 |     |      |      |  |       |                                                    |
| D          | PA  | 10   | 3    |  | 1454  | Ausencia de rosería                                |
|            | FDB | 2    |      |  |       | Materia organica en la vía                         |
| I          | FB  | 10   | 2,6  |  |       | Cuneta derecha con mucha materia orgánica o tierra |
|            | FCL | 4    |      |  |       | Cuneta derecha cortada                             |
|            | PA  | 10   | 3    |  |       | Cuneta izquierda inexistente                       |
| Pr 1 + 280 |     |      |      |  |       |                                                    |
| D          | FDB | 6    |      |  | 1824  | Ausencia de rosería                                |
|            | PA  | 10   | 3    |  |       | Materia organica en la vía                         |
|            | FCL | 8    |      |  |       | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra       |
| I          | FB  | 9,85 | 2,84 |  |       | Cuneta izquierda inexistente                       |
|            | PU  | 10   | 3    |  |       |                                                    |
| Pr 1 + 290 |     |      |      |  |       |                                                    |
| D          | PA  | 10   | 3    |  | 2026  | Ausencia de rosería                                |
|            | FCL | 6    |      |  |       | Materia organica en la vía                         |
| I          | FB  | 6    | 2,5  |  |       | Cuneta derecha con mucha materia orgánica o tierra |
|            | PC  | 1    | 2    |  |       | Cuneta izquierda inexistente                       |
|            | PU  | 10   | 3    |  |       |                                                    |
| Pr 1 + 300 |     |      |      |  |       |                                                    |
| D          | PA  | 10   | 3    |  | --    | Ausencia de rosería                                |
| I          | FT  |      | 3    |  |       | Materia organica en la vía                         |
|            | PU  | 10   | 3    |  |       | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra       |
|            |     |      |      |  |       | Cuneta izquierda inexistente                       |

**Tabla B - 6** Formatos de inspección de fallas por tramo.

|            |               |      |      |  |  |      |                                                                       |
|------------|---------------|------|------|--|--|------|-----------------------------------------------------------------------|
| Pr 1 + 310 |               |      |      |  |  |      |                                                                       |
| D          | PA            | 10   | 3    |  |  | 2323 | Ausencia de rosería                                                   |
| I          | PU            | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía                                            |
|            |               |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente                                          |
|            |               |      |      |  |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                          |
| Pr 1 + 320 |               |      |      |  |  |      |                                                                       |
| D          | PA            | 10   | 3    |  |  |      | Ausencia de rosería                                                   |
| I          | PU            | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía                                            |
|            |               |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente                                          |
|            |               |      |      |  |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                          |
|            |               |      |      |  |  | 2500 | Obra hidráulica                                                       |
| Pr 1 + 330 |               |      |      |  |  |      |                                                                       |
| D          | PA            | 10   | 3    |  |  | 3646 | Ausencia de rosería                                                   |
| I          | PA            | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía                                            |
|            |               |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente                                          |
|            |               |      |      |  |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                          |
| Pr 1 + 340 |               |      |      |  |  |      |                                                                       |
| D          | PA            | 10   | 3    |  |  | 3646 | Ausencia de rosería                                                   |
| I          | PA            | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía                                            |
|            |               |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente                                          |
|            |               |      |      |  |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                          |
| Pr 1 + 350 |               |      |      |  |  |      |                                                                       |
| D          | PA            | 10   | 3    |  |  | 3646 | Ausencia de rosería                                                   |
| I          | PA            | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía                                            |
|            |               |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente                                          |
|            |               |      |      |  |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                          |
| Pr 1 + 360 |               |      |      |  |  |      |                                                                       |
| D          | FCL           | 10   |      |  |  | 3614 | Ausencia de rosería                                                   |
|            | FB            | 3    | 2    |  |  |      | Materia organica en la vía                                            |
|            | FT            |      | 5    |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente                                          |
|            | PU            | 10   | 3    |  |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                          |
| I          | FDB           | 5    |      |  |  |      |                                                                       |
|            | FB            | 3,42 | 2,64 |  |  |      |                                                                       |
|            | FT            |      | 7    |  |  |      |                                                                       |
|            | PU            | 10   | 3    |  |  |      |                                                                       |
| Pr 1 + 370 |               |      |      |  |  |      |                                                                       |
| D          | FCL           | 8    |      |  |  | 4045 | Ausencia de rosería                                                   |
|            | FL            | 6    |      |  |  |      | Materia organica en la vía                                            |
|            | PA            | 10   | 3    |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente                                          |
| I          | FL            | 15   |      |  |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                          |
|            | FT            |      | 6    |  |  |      |                                                                       |
|            | PU            | 10   | 3    |  |  |      |                                                                       |
| Pr 1 + 380 |               |      |      |  |  |      |                                                                       |
| D          | FL            | 9    |      |  |  | 4111 | Ausencia de rosería                                                   |
|            | FT            |      | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía                                            |
|            | PC            | 1,5  | 1,62 |  |  |      | Cuneta izquierda y derecha inexistente                                |
| I          | FT            |      | 3    |  |  |      | Vía en terraplen, se caba el asfalto y pendiente negativa a cada lado |
|            | FL            | 2    |      |  |  |      |                                                                       |
| Pr 1 + 390 |               |      |      |  |  |      |                                                                       |
| D          | FCL           | 3    |      |  |  | 4622 | Ausencia de rosería                                                   |
|            | FT-Junta      |      | 6    |  |  |      | Materia organica en la vía                                            |
|            | PC            | 1    | 1    |  |  |      | Cuneta izquierda y derecha en estado deplorable                       |
|            | PU            | 3    | 1,34 |  |  | 4347 | Obra hidráulica con muro de contención                                |
| I          | PU            | 3,2  | 1,26 |  |  |      |                                                                       |
|            | DESCARAMIENTO | 0,2  | 0,2  |  |  |      |                                                                       |
| Pr 1 + 400 |               |      |      |  |  |      |                                                                       |
| D          | FCT           | 6    |      |  |  | 5119 | Ausencia de rosería                                                   |
|            | FCL           | 6    |      |  |  |      | Materia organica en la vía                                            |
|            | FL            | 10   | 3    |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente                                          |
|            | PA            | 8,73 | 3    |  |  |      |                                                                       |
| I          | FL            | 2    |      |  |  |      |                                                                       |
|            | FT            |      | 2,5  |  |  |      |                                                                       |
|            | PA            | 8,73 | 3    |  |  |      |                                                                       |



**Tabla B - 7** Formatos de inspección de fallas por tramo.

|            |     |      |      |  |  |      |                                        |
|------------|-----|------|------|--|--|------|----------------------------------------|
| Pr 1 + 410 |     |      |      |  |  |      |                                        |
| D          | FL  | 50   |      |  |  | 5326 | Ausencia de rosería                    |
|            | PA  | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía             |
| I          | FCL | 7    |      |  |  |      | Cuneta izquierda y derecha inexistente |
|            | FL  | 4    |      |  |  |      |                                        |
|            | FT  |      | 3    |  |  |      |                                        |
|            | PA  | 10   | 3    |  |  |      |                                        |
| Pr 1 + 420 |     |      |      |  |  |      |                                        |
| D          | FL  | 16   |      |  |  | 5352 | Ausencia de rosería                    |
|            | PA  | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía             |
|            | FDB | 6    |      |  |  |      | Cuneta izquierda y derecha inexistente |
| I          | FCL | 10   |      |  |  |      |                                        |
|            | FT  | 12   |      |  |  |      |                                        |
|            | FB  | 1    | 1    |  |  |      |                                        |
|            | PA  | 10   | 3    |  |  |      |                                        |
| Pr 1 + 430 |     |      |      |  |  |      |                                        |
| D          | PU  | 10   | 3    |  |  | 5832 | Ausencia de rosería                    |
| I          | PU  | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía             |
|            |     |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda y derecha inexistente |
| Pr 1 + 440 |     |      |      |  |  |      |                                        |
| D          | PU  | 10   | 3    |  |  | 5832 | Ausencia de rosería                    |
| I          | PU  | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía             |
|            |     |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda y derecha inexistente |
| Pr 1 + 450 |     |      |      |  |  |      |                                        |
| D          | PU  | 10   | 3    |  |  | 5832 | Ausencia de rosería                    |
| I          | PU  | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía             |
|            |     |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda y derecha inexistente |
| Pr 1 + 460 |     |      |      |  |  |      |                                        |
| D          | FL  | 15   |      |  |  | 0007 | Ausencia de rosería                    |
|            | PA  | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía             |
|            | FT  |      | 2    |  |  |      | Inicia entrada a una finca             |
| I          | PA  | 10   | 3    |  |  |      | Cuneta izquierda y derecha inexistente |
| Pr 1 + 470 |     |      |      |  |  |      |                                        |
| D          | FT  |      | 8    |  |  | 0135 | Ausencia de rosería                    |
|            | FL  | 7    |      |  |  |      | Materia organica en la vía             |
|            | PA  | 10   | 3    |  |  |      | Cuneta izquierda y derecha inexistente |
| I          | FCL | 6    |      |  |  |      | Continua entrada a una finca           |
|            | PA  | 10   | 3    |  |  |      |                                        |
| Pr 1 + 480 |     |      |      |  |  |      |                                        |
| D          | FCL | 6    |      |  |  | 0353 | Materia organica en la vía             |
|            | FT  |      | 8    |  |  |      | Cuneta izquierda y derecha inexistente |
|            | FL  | 6    |      |  |  |      | Continua entrada a una finca           |
|            | PA  | 10   | 3    |  |  |      |                                        |
| I          | PA  | 10   | 3    |  |  |      |                                        |
| Pr 1 + 490 |     |      |      |  |  |      |                                        |
| D          | PA  | 10   | 3    |  |  | —    | Materia organica en la vía             |
| I          | PA  | 10   | 3    |  |  |      | Cuneta izquierda y derecha inexistente |
|            |     |      |      |  |  |      | Continua entrada a una finca           |
| Pr 1 + 500 |     |      |      |  |  |      |                                        |
| D          | PA  | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía             |
| I          | FCL | 3    |      |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente           |
|            | FB  | 4,06 | 2,24 |  |  | 0727 | Fin entrada finca                      |
|            | PC  | 3,02 | 1,3  |  |  | 0756 | Inicio cuneta derecha                  |
|            | PA  | 10   | 3    |  |  |      |                                        |
|            | FL  | 5    |      |  |  |      |                                        |
|            | FT  |      | 2    |  |  |      |                                        |

**Tabla B - 8** Formatos de inspección de fallas por tramo.

|            |                 |      |      |                   |  |      |                                                      |
|------------|-----------------|------|------|-------------------|--|------|------------------------------------------------------|
| Pr 1 + 510 |                 |      |      |                   |  |      |                                                      |
| D          | PA              | 10   | 3    |                   |  | 3644 | Ausencia de rosería                                  |
| I          | FCL             | 4,5  |      |                   |  |      | Materia organica en la vía                           |
|            | PC              | 1,96 | 0,53 |                   |  |      | Cuneta izquierda inexistente                         |
|            | FL              | 9    |      |                   |  |      | Cuneta derecha con mucha materia orgánica o tierra   |
|            | FT              |      | 8    |                   |  |      |                                                      |
|            | PA              | 10   | 3    |                   |  |      |                                                      |
| Pr 1 + 520 |                 |      |      |                   |  |      |                                                      |
| D          | PA              | 10   | 3    |                   |  | 4107 | Ausencia de rosería                                  |
| I          | PA              | 10   | 3    |                   |  |      | Materia organica en la vía                           |
|            | FT              |      | 4    |                   |  |      | Cuneta izquierda inexistente                         |
|            | FL              | 8    |      |                   |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra         |
| Pr 1 + 530 |                 |      |      |                   |  |      |                                                      |
| D          | PA              | 10   | 3    |                   |  | 4514 | Ausencia de rosería                                  |
|            | FL              | 1,5  |      |                   |  |      | Materia organica en la vía                           |
| I          | FL              | 9    |      |                   |  |      | Cuneta izquierda con materia orgánica o tierra       |
|            | FT              |      | 6    |                   |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra         |
|            | PA              | 10   | 3    |                   |  |      |                                                      |
| Pr 1 + 540 |                 |      |      |                   |  |      |                                                      |
| D          | FL              | 3    |      |                   |  | 4733 | Ausencia de rosería                                  |
|            | PA              | 10   | 3    |                   |  |      | Cuneta izquierda y derecha inexistente               |
| I          | PC              | 1,54 | 1,3  |                   |  |      | Junta transversal de tramo                           |
|            | PA              | 1    | 3    | EN MUY MAL ESTADO |  |      |                                                      |
|            | PA              | 9    | 3    |                   |  |      |                                                      |
| Pr 1 + 550 |                 |      |      |                   |  |      |                                                      |
| D          | PU              | 10   | 3    |                   |  | 5700 | Ausencia de rosería                                  |
| I          | PU              | 10   | 3    |                   |  |      | Cuneta ambos lados                                   |
| Pr 1 + 560 |                 |      |      |                   |  |      |                                                      |
| D          | PU              | 10   | 3    |                   |  | --   | Ausencia de rosería                                  |
| I          | PU              | 10   | 3    |                   |  |      | Cuneta izquierda inexistente                         |
| Pr 1 + 570 |                 |      |      |                   |  |      |                                                      |
| D          | PU              | 10   | 3    |                   |  | 5743 | Ausencia de rosería                                  |
| I          | PU              | 10   | 3    |                   |  |      | Cuneta izquierda y derecha inexistente               |
| Pr 1 + 580 |                 |      |      |                   |  |      |                                                      |
|            | PARCHE          | 1,9  | 1,8  |                   |  | 0708 | Ancho 5,5m                                           |
|            | FISURA JUNTA    |      | 4,2  |                   |  |      | Sin berma                                            |
| D          | PA              | 6    | 2,75 |                   |  |      | Ausencia de rosería                                  |
|            | PU              | 4    | 2,75 |                   |  |      | Materia organica en la vía                           |
| I          | PA              | 6    | 2,75 |                   |  |      | Cuneta izquierda inexistente                         |
|            | PU              | 4    | 2,75 |                   |  |      | Cuneta derecha en buen estado                        |
| Pr 1 + 590 |                 |      |      |                   |  |      |                                                      |
| D          | PU              | 10   | 3    |                   |  | 1317 | Ausencia de rosería                                  |
| I          | PU              | 10   | 3    |                   |  |      | A los 5m empieza cuneta izquierda, estado deplorable |
|            |                 |      |      |                   |  |      | cuneta derecha con 5m en estado deplorable           |
| Pr 1 + 600 |                 |      |      |                   |  |      |                                                      |
| D          | PU              | 10   | 3    |                   |  | 1411 | Ausencia de rosería                                  |
|            | FISURA MEDIALUN | 1    | 0,5  |                   |  |      | Cuneta izquierda y derecha inexistente               |
| I          | PU              | 10   | 3    |                   |  |      |                                                      |

**Tabla B - 9** Formatos de inspección de fallas por tramo.

|            |            |    |     |  |      |                                                                |  |
|------------|------------|----|-----|--|------|----------------------------------------------------------------|--|
| Pr 1 + 610 |            |    |     |  |      |                                                                |  |
| D          | PU         | 10 | 3   |  | 1543 | Ausencia de rosería                                            |  |
| I          | PU         | 10 | 3   |  |      | Materia orgánica en la vía                                     |  |
|            |            |    |     |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                   |  |
|            |            |    |     |  |      | Cuneta izquierda con materia orgánica o tierra                 |  |
| Pr 1 + 620 |            |    |     |  |      |                                                                |  |
| D          | FT         |    | 1   |  | 1608 | Ausencia de rosería                                            |  |
|            | FL         | 1  |     |  |      | Cuneta derecha muy agrietada y con materia orgánica o tierra   |  |
|            | PU         | 10 | 3   |  |      | Cuneta izquierda muy agrietada y con materia orgánica o tierra |  |
| I          | PU         | 10 | 3   |  |      |                                                                |  |
| Pr 1 + 630 |            |    |     |  |      |                                                                |  |
| D          | FDB        | 3  |     |  | 1846 | Ausencia de rosería                                            |  |
|            | PU         | 10 | 3   |  |      | Cuneta derecha muy agrietada y con materia orgánica o tierra   |  |
| I          | PU         | 10 | 3   |  |      | Cuneta izquierda muy agrietada y con materia orgánica o tierra |  |
| Pr 1 + 640 |            |    |     |  |      |                                                                |  |
| D          | PU         | 10 | 3   |  | 1964 | Ausencia de rosería                                            |  |
| I          | PU         | 10 | 3   |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                   |  |
|            |            |    |     |  |      | Cuneta izquierda con materia orgánica o tierra                 |  |
| Pr 1 + 650 |            |    |     |  |      |                                                                |  |
| D          | PU         | 10 | 3   |  | 2115 | Ausencia de rosería                                            |  |
| I          | PU         | 10 | 3   |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                   |  |
|            |            |    |     |  |      | Cuneta izquierda con materia orgánica o tierra                 |  |
| Pr 1 + 660 |            |    |     |  |      |                                                                |  |
| D          | PU         | 10 | 3   |  | --   | Ausencia de rosería                                            |  |
| I          | PU         | 10 | 3   |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                   |  |
|            |            |    |     |  |      | Cuneta izquierda con materia orgánica o tierra                 |  |
| Pr 1 + 670 |            |    |     |  |      |                                                                |  |
| D          | MEDIA LUNA | 3  | 0,5 |  | 2248 | Ausencia de rosería                                            |  |
|            | PU         | 10 | 3   |  |      | Cuneta derecha muy agrietada y con materia orgánica o tierra   |  |
| I          | PU         | 10 | 3   |  |      | Cuneta izquierda muy agrietada y con materia orgánica o tierra |  |
| Pr 1 + 680 |            |    |     |  |      |                                                                |  |
| D          | PU         | 10 | 3   |  | 3005 | Ausencia de rosería                                            |  |
| I          | PU         | 10 | 3   |  |      | Cuneta derecha agrietada y con materia orgánica o tierra       |  |
|            |            |    |     |  |      | Cuneta izquierda agrietada y con materia orgánica o tierra     |  |
| Pr 1 + 690 |            |    |     |  |      |                                                                |  |
| D          | PU         | 10 | 3   |  | --   | Ausencia de rosería                                            |  |
| I          | PU         | 10 | 3   |  |      | Cuneta derecha agrietada y con materia orgánica o tierra       |  |
|            |            |    |     |  |      | Cuneta izquierda agrietada y con materia orgánica o tierra     |  |
| Pr 1 + 700 |            |    |     |  |      |                                                                |  |
| D          | PU         | 10 | 3   |  | --   | Ausencia de rosería                                            |  |
| I          | PU         | 10 | 3   |  |      | Cuneta derecha agrietada y con materia orgánica o tierra       |  |
|            |            |    |     |  |      | Cuneta izquierda agrietada y con materia orgánica o tierra     |  |

**Tabla B - 10** Formatos de inspección de fallas por tramo.

|            |     |      |      |  |  |      |                                                             |
|------------|-----|------|------|--|--|------|-------------------------------------------------------------|
| Pr 1 + 710 |     |      |      |  |  |      |                                                             |
| D          | PU  | 10   | 3    |  |  | 3053 | Ausencia de rosería                                         |
| I          | PU  | 10   | 3    |  |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                |
|            |     |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda con materia orgánica o tierra              |
| Pr 1 + 720 |     |      |      |  |  |      |                                                             |
| D          | PU  | 10   | 3    |  |  | --   | Ausencia de rosería                                         |
| I          | PU  | 10   | 3    |  |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                |
|            |     |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda con materia orgánica o tierra              |
| Pr 1 + 730 |     |      |      |  |  |      |                                                             |
| C          | FCL | 2    |      |  |  | 3248 | Ausencia de rosería                                         |
| D          | PU  | 10   | 3    |  |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                |
| I          | PU  | 10   | 3    |  |  |      | Cuneta izquierda con materia orgánica o tierra              |
| Pr 1 + 740 |     |      |      |  |  |      |                                                             |
| D          | PU  | 10   | 3    |  |  |      | Ausencia de rosería                                         |
| I          | PU  | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía                                  |
|            |     |      |      |  |  | 3406 | Cuneta izquierda y derecha se expanden para obra hidráulica |
| Pr 1 + 750 |     |      |      |  |  |      |                                                             |
| D          | PU  | 10   | 3    |  |  | 3734 | Ausencia de rosería                                         |
| I          | PU  | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía                                  |
|            |     |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda con materia orgánica o tierra              |
|            |     |      |      |  |  |      | Cuneta derecha inexistente por entrada a finca              |
| Pr 1 + 760 |     |      |      |  |  |      |                                                             |
| D          | PU  | 10   | 3    |  |  | --   | Ausencia de rosería                                         |
| I          | PU  | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía                                  |
|            |     |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda con materia orgánica o tierra              |
|            |     |      |      |  |  |      | Cuneta derecha inexistente por entrada a finca              |
| Pr 1 + 770 |     |      |      |  |  |      |                                                             |
| D          | PA  | 10   | 3    |  |  | 3938 | Ausencia de rosería                                         |
| I          | PA  | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía                                  |
|            |     |      |      |  |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                |
|            |     |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda con materia orgánica o tierra              |
| Pr 1 + 780 |     |      |      |  |  |      |                                                             |
| D          | FL  | 1,5  |      |  |  | 4052 | Ausencia de rosería                                         |
|            | PA  | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía                                  |
| I          | PA  | 10   | 3    |  |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                |
|            |     |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda con materia orgánica o tierra              |
| Pr 1 + 790 |     |      |      |  |  |      |                                                             |
| D          | PA  | 10   | 3    |  |  | 4238 | Ausencia de rosería                                         |
| I          | PA  | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía                                  |
|            |     |      |      |  |  |      | Cuneta derecha en buen estado                               |
|            |     |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda con materia orgánica o tierra              |
| Pr 1 + 800 |     |      |      |  |  |      |                                                             |
| D          | PC  | 1    | 0,5  |  |  | 4330 | Ausencia de rosería                                         |
|            | FB  | 4,75 | 2,54 |  |  | 4406 | Materia organica en la vía                                  |
|            | PA  | 10   | 3    |  |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                |
| I          | PA  | 10   | 3    |  |  |      | Cuneta izquierda con materia orgánica o tierra              |

**Tabla B - 11** Formatos de inspección de fallas por tramo.

|            |               |      |      |  |  |      |                                                              |
|------------|---------------|------|------|--|--|------|--------------------------------------------------------------|
| Pr 1 + 810 |               |      |      |  |  |      |                                                              |
| D          | FCL           | 4    |      |  |  |      | Ausencia de rosería                                          |
|            | FL            | 12   |      |  |  |      | Materia organica en la vía                                   |
|            | PC            | 4,67 | 2,16 |  |  | 4737 | Cuneta derecha muy agrietada y con materia orgánica o tierra |
|            | FT            |      | 5    |  |  |      | Cuneta derecha muy agrietada y con materia orgánica o tierra |
|            | PARCHE        | 1    | 2,1  |  |  |      |                                                              |
|            | PA            | 10   | 3    |  |  |      |                                                              |
| I          | PA            | 10   | 3    |  |  |      |                                                              |
| Pr 1 + 820 |               |      |      |  |  |      |                                                              |
| D          | FCL           | 8    |      |  |  | 5750 | Ausencia de rosería                                          |
|            | FL            | 3    |      |  |  |      | Materia organica en la vía                                   |
|            | FT            | 5    |      |  |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                 |
|            | PA            | 10   | 3    |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente por entrada a finca             |
| I          | FL            | 1    |      |  |  |      |                                                              |
|            | PA            | 10   | 3    |  |  |      |                                                              |
| Pr 1 + 830 |               |      |      |  |  |      |                                                              |
| D          | FCL           | 5    |      |  |  | 0126 | Ausencia de rosería                                          |
|            | PC            | 0,5  | 0,5  |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente                                 |
|            | FL            | 10   |      |  |  |      | Cuneta derecha en buen estado                                |
|            | FT            |      | 3    |  |  |      |                                                              |
|            | PARCHE        | 2    | 5    |  |  | 0317 |                                                              |
|            | PA            | 10   | 3    |  |  |      |                                                              |
| I          | PA            | 10   | 3    |  |  |      |                                                              |
| Pr 1 + 840 |               |      |      |  |  |      |                                                              |
| D          | FCL           | 8    |      |  |  | 0424 | Ausencia de rosería                                          |
|            | PARCHE        | 8    | 2    |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente                                 |
|            | FL            | 10   |      |  |  |      | Cuneta derecha agrietada                                     |
|            | FT            | 8    |      |  |  |      |                                                              |
|            | PA            | 10   | 3    |  |  |      |                                                              |
| I          | PA            | 10   | 3    |  |  |      |                                                              |
| Pr 1 + 850 |               |      |      |  |  |      |                                                              |
| D          | FCL           | 7    |      |  |  | 1033 | Ausencia de rosería                                          |
|            | DESCARAMIENTO | 0,3  | 0,2  |  |  |      | Materia organica en la vía                                   |
|            | FL            | 9    |      |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente                                 |
|            | FT            |      | 12   |  |  |      | Cuneta derecha agrietada                                     |
|            | FB            | 1,76 | 1,13 |  |  |      |                                                              |
|            | PA            | 10   | 3    |  |  |      |                                                              |
| I          | PA            | 10   | 3    |  |  |      |                                                              |
| Pr 1 + 860 |               |      |      |  |  |      |                                                              |
| D          | FL            | 3    |      |  |  | 1243 | Ausencia de rosería                                          |
|            | PA            | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía                                   |
| I          | FDB           | 3    |      |  |  |      | Cuneta derecha agrietada                                     |
|            | PA            | 10   | 3    |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente                                 |
| Pr 1 + 870 |               |      |      |  |  |      |                                                              |
| D          | PA            | 10   | 3    |  |  | 1416 | Ausencia de rosería                                          |
| I          | PA            | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía                                   |
|            | FDB           | 4    |      |  |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra                 |
|            |               |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente                                 |
| Pr 1 + 880 |               |      |      |  |  |      |                                                              |
| D          | PA            | 10   | 3    |  |  | 1655 | Ausencia de rosería                                          |
| I          | PA            | 10   | 3    |  |  |      | Cuneta derecha inexistente                                   |
|            |               |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente                                 |
| Pr 1 + 890 |               |      |      |  |  |      |                                                              |
| D          | PA            | 10   | 3    |  |  | --   | Ausencia de rosería                                          |
| I          | PA            | 10   | 3    |  |  |      | Cuneta derecha inexistente                                   |
|            |               |      |      |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente                                 |
| Pr 1 + 900 |               |      |      |  |  |      |                                                              |
| D          | PA            | 10   | 3    |  |  | 2008 | Ausencia de rosería                                          |
| I          | PA            | 10   | 3    |  |  |      | Materia organica en la vía                                   |
|            | FDB           | 12   |      |  |  |      | Cuneta derecha inexistente                                   |
|            | FL            | 5    |      |  |  |      | Cuneta izquierda inexistente                                 |

**Tabla B - 12** Formatos de inspección de fallas por tramo.

|            |               |      |      |  |      |                                                |
|------------|---------------|------|------|--|------|------------------------------------------------|
| Pr 1 + 910 |               |      |      |  |      |                                                |
| D          | PU            | 10   | 3    |  | 2830 | Ausencia de rosería                            |
| I          | FDB           | 10   |      |  |      | Materia organica en la vía                     |
|            | FL            | 12   |      |  |      | Cuneta derecha inexistente                     |
|            | PA            | 10   | 3    |  |      | Cuneta izquierda inexistente                   |
| Pr 1 + 920 |               |      |      |  |      |                                                |
| D          | PA            | 10   | 3    |  | 3146 | Ausencia de rosería                            |
|            | PC            | 1,4  | 0,6  |  | 3216 | Materia organica en la vía                     |
| I          | FDB           | 25   |      |  |      | Cuneta derecha inexistente                     |
|            | FL            | 7    |      |  |      | Cuneta izquierda inexistente                   |
|            | PA            | 10   | 3    |  |      |                                                |
| Pr 1 + 930 |               |      |      |  |      |                                                |
| D          | PA            | 10   | 3    |  | 3544 | Ausencia de rosería                            |
|            | PC            | 2,2  | 0,6  |  |      | Materia organica en la vía                     |
|            | FL            | 8    |      |  |      | Cuneta derecha inexistente                     |
|            | FT            |      | 3    |  |      | Cuneta izquierda inexistente                   |
| I          | FCL           | 6    |      |  |      |                                                |
|            | GDB           | 12   |      |  |      |                                                |
|            | FL            | 3    |      |  |      |                                                |
|            | PA            | 10   | 3    |  |      |                                                |
| Pr 1 + 940 |               |      |      |  |      |                                                |
| D          | PA            | 10   | 3    |  | 3606 | Ausencia de rosería                            |
|            | FL            | 4444 |      |  |      | Materia organica en la vía                     |
|            | PC            | 1,5  | 1,1  |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra   |
|            | PC            | 3,5  | 1,1  |  |      | Cuneta izquierda con materia orgánica o tierra |
|            | FT            |      | 2    |  |      |                                                |
| I          | FCL           | 4    |      |  |      |                                                |
|            | FDB           | 8    |      |  | 3632 |                                                |
|            | FL            | 3    |      |  |      |                                                |
|            | PA            | 10   | 3    |  |      |                                                |
| Pr 1 + 950 |               |      |      |  |      |                                                |
| D          | FCL           | 1,5  |      |  | 3749 | Ausencia de rosería                            |
|            | BACHE         | 1    | 1    |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra   |
|            | PC            | 1,82 | 1,38 |  |      | Cuneta izquierda con materia orgánica o tierra |
|            | PA            | 10   | 3    |  |      | Rocas de distintos diametros en la vía         |
| I          | DICIPIENTE    | 1,8  | 1,12 |  | 4022 |                                                |
|            | PA            | 10   | 3    |  |      |                                                |
|            | FB            | 4,56 | 1,76 |  |      |                                                |
| Pr 1 + 960 |               |      |      |  |      |                                                |
| D          | PA            | 10   | 3    |  | 4206 | Ausencia de rosería                            |
| I          | PA            | 10   | 3    |  |      | Materia organica en la vía                     |
|            |               |      |      |  |      | Cuneta derecha inexistente                     |
|            |               |      |      |  |      | Cuneta izquierda inexistente                   |
|            |               |      |      |  |      | Rocas de distintos diametros en la vía         |
| Pr 1 + 970 |               |      |      |  |      |                                                |
| D          | PA            | 10   | 3    |  | 4337 | Ausencia de rosería                            |
| I          | PA            | 10   | 3    |  |      | Materia organica en la vía                     |
|            |               |      |      |  |      | Cuneta derecha inexistente                     |
|            |               |      |      |  |      | Cuneta izquierda inexistente                   |
|            |               |      |      |  |      | Rocas de distintos diametros en la vía         |
| Pr 1 + 980 |               |      |      |  |      |                                                |
| D          | PA            | 10   | 3    |  | 4337 | Ausencia de rosería                            |
|            | FDB           | 6    |      |  |      | Materia organica en la vía                     |
| I          | DICIPIENTE    | 3,59 | 1,68 |  |      | Cuneta derecha inexistente                     |
|            | PA            | 10   | 3    |  |      | Cuneta izquierda inexistente                   |
|            |               |      |      |  | 4509 | Obra hidráulica                                |
| Pr 1 + 990 |               |      |      |  |      |                                                |
| D          | PA            | 10   | 3    |  |      | Ausencia de rosería                            |
| I          | FDB           | 2    |      |  | 4719 | Materia organica en la vía                     |
|            | FL            | 3    |      |  |      | Cuneta derecha inexistente                     |
|            | PA            | 10   | 3    |  |      | Cuneta izquierda inexistente                   |
| Pr 2 + 000 |               |      |      |  |      |                                                |
| D          | FDB           | 4    |      |  | 1111 | Ausencia de rosería                            |
|            | PA            | 10   | 3    |  |      | Materia organica en la vía                     |
| I          | FCL           | 6    |      |  |      | Cuneta derecha con materia orgánica o tierra   |
|            | HUN- FISURADO | 3,2  | 1,5  |  |      | Cuneta izquierda con materia orgánica o tierra |
|            | FL            | 20   |      |  |      |                                                |
|            | PA            | 10   | 3    |  |      |                                                |

## C. Anexo 3: Valores deducidos

**Tabla C - 1** Valores deducidos por tramo.

|        |           |           |              |                |    |
|--------|-----------|-----------|--------------|----------------|----|
| PR+050 |           |           |              |                |    |
| Tipo   | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |    |
| 10     | B         | 3,70      | ML           | 7,40           | 5  |
| 13     | M         | 0,79      | M2           | 0,26           | 54 |
| 15     | M         | 0,89      | M2           | 0,30           | 9  |
| 19     | A         | 240,00    | M2           | 80,00          | 75 |

**Tabla C - 2** Valores deducidos por tramo.

|        |           |           |              |                |    |
|--------|-----------|-----------|--------------|----------------|----|
| PR+100 |           |           |              |                |    |
| Tipo   | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |    |
| 10     | A         | 14,60     | ML           | 29,20          | 87 |
| 10     | M         | 0,20      | ML           | 0,40           | 3  |
| 11     | M         | 12,31     | M2           | 4,10           | 20 |

**Tabla C - 3** Valores deducidos por tramo.

|        |           |           |    |              |                |
|--------|-----------|-----------|----|--------------|----------------|
| PR+150 |           |           |    |              |                |
| Tipo   | Severidad | Extensión |    | Densidad (%) | Valor deducido |
| 1      | H         | 2,88      | M2 | 0,96         | 30             |
| 1      | M         | 2,51      | M2 | 0,84         | 20             |
| 11     | M         | 13,50     | M2 | 4,50         | 21             |
| 13     | L         | 6,87      | M2 | 2,29         | 21             |
| 13     | L         | 0,99      | M2 | 0,33         | 10             |
| 19     | H         | 60,00     | M2 | 20,00        | 55             |

**Tabla C - 4** Valores deducidos por tramo.

|        |           |           |    |              |                |
|--------|-----------|-----------|----|--------------|----------------|
| PR+200 |           |           |    |              |                |
| Tipo   | Severidad | Extensión |    | Densidad (%) | Valor deducido |
| 1      | L         | 0,1       | M2 | 0,03         | 4              |
| 1      | M         | 0,85      | M2 | 0,28         | 20             |
| 10     | H         | 6,00      | ML | 12,00        | 64             |
| 10     | L         | 1,05      | ML | 2,10         | 5              |
| 19     | H         | 60,00     | M2 | 20,00        | 55             |

**Tabla C - 5** Valores deducidos por tramo.

|        |           |           |              |                |    |
|--------|-----------|-----------|--------------|----------------|----|
| PR+250 |           |           |              |                |    |
| Tipo   | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |    |
| 10     | M         | 0,50      | ML           | 1,00           | 9  |
| 10     | L         | 0,70      | ML           | 1,40           | 3  |
| 19     | H         | 84,00     | M2           | 28,00          | 61 |

**Tabla C - 6** Valores deducidos por tramo.

|        |           |           |              |                |    |
|--------|-----------|-----------|--------------|----------------|----|
| PR+300 |           |           |              |                |    |
| Tipo   | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |    |
| 13     | H         | 0,90      | M2           | 0,30           | 80 |
| 19     | H         | 150,00    | M2           | 50,00          | 69 |

**Tabla C - 7** Valores deducidos por tramo.

|        |           |           |              |                |    |
|--------|-----------|-----------|--------------|----------------|----|
| PR+350 |           |           |              |                |    |
| Tipo   | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |    |
| 10     | L         | 7,00      | ML           | 14,00          | 20 |
| 10     | M         | 6,00      | ML           | 12,00          | 32 |
| 19     | H         | 60,00     | M2           | 20,00          | 55 |
| 19     | M         | 60,00     | M2           | 20,00          | 24 |

**Tabla C - 8** Valores deducidos por tramo.

|        |           |           |              |                |    |
|--------|-----------|-----------|--------------|----------------|----|
| PR+400 |           |           |              |                |    |
| Tipo   | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |    |
| 3      | H         | 42,00     | M2           | 14,00          | 35 |
| 7      | M         | 6,00      | ML           | 12,00          | 23 |
| 8      | H         | 12,50     | ML           | 25,00          | 52 |
| 19     | H         | 120,00    | M2           | 40,00          | 67 |



**Tabla C - 9** Valores deducidos por tramo.

| PR+450 |           |           |              |                |  |
|--------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| Tipo   | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 1      | H         | 39,75 M2  | 13,25        | 64             |  |
| 3      | H         | 80,50 M2  | 26,83        | 47             |  |
| 8      | M         | 17,00 ML  | 34,00        | 33             |  |
| 8      | H         | 9,00 ML   | 18,00        | 44             |  |
| 10     | H         | 8,00 ML   | 16,00        | 72             |  |
| 10     | H         | 3,50 ML   | 7,00         | 52             |  |
| 11     | M         | 18,00 M2  | 6,00         | 24             |  |
| 19     | H         | 120,00 M2 | 40,00        | 67             |  |

**Tabla C - 10** Valores deducidos por tramo.

| PR+500 |           |           |              |                |  |
|--------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| Tipo   | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 3      | H         | 153,00 M2 | 51,00        | 59             |  |
| 8      | H         | 17,00 ML  | 34,00        | 60             |  |
| 8      | M         | 7,00 ML   | 14,00        | 19             |  |
| 10     | M         | 7,00 ML   | 14,00        | 34             |  |
| 10     | H         | 5,00 ML   | 10,00        | 62             |  |
| 10     | H         | 11,00 ML  | 22,00        | 81             |  |
| 19     | H         | 92,00 M2  | 30,67        | 64             |  |

**Tabla C - 11** Valores deducidos por tramo.

| PR+550 |           |           |              |                |  |
|--------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| Tipo   | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 1      | H         | 2,00 M2   | 0,67         | 25             |  |
| 3      | H         | 108,00 M2 | 36,00        | 51             |  |
| 8      | H         | 11,00 ML  | 22,00        | 50             |  |
| 10     | H         | 6,00 ML   | 12,00        | 65             |  |
| 10     | H         | 15,60 ML  | 31,20        | 88             |  |
| 19     | H         | 300,00 M2 | 100,00       | 77             |  |

**Tabla C - 12** Valores deducidos por tramo.

| PR+600 |           |           |              |                |  |
|--------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| Tipo   | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 12     | H         | 180,00 M2 | 60,00        | 12             |  |
| 17     | H         | 0,63 M2   | 0,21         | 7              |  |
| 19     | H         | 90,00 M2  | 30,00        | 24             |  |

**Tabla C - 13** Valores deducidos por tramo.

|        |           |           |              |                |  |
|--------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| PR+650 |           |           |              |                |  |
| Tipo   | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 12     | H         | 120,00    | M2 40,00     | 10             |  |
| 19     | H         | 180,00    | M2 60,00     | 71             |  |

**Tabla C - 14** Valores deducidos por tramo.

|        |           |           |              |                |  |
|--------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| PR+700 |           |           |              |                |  |
| Tipo   | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 19     | H         | 300,00 M2 | 100,00       | 77             |  |

**Tabla C - 15** Valores deducidos por tramo.

|        |           |           |              |                |    |
|--------|-----------|-----------|--------------|----------------|----|
| PR+750 |           |           |              |                |    |
| Tipo   | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |    |
| 10     | H         | 8,00      | ML           | 16,00          | 72 |
| 13     | H         | 1,00      | M2           | 0,33           | 82 |
| 19     | H         | 300,00    | M2           | 100,00         | 77 |

**Tabla C - 16** Valores deducidos por tramo.

|        |           |           |              |                |  |
|--------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| PR+800 |           |           |              |                |  |
| Tipo   | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 8      | H         | 11,00 ML  | 22,00        | 50             |  |
| 10     | H         | 11,00 ML  | 22,00        | 81             |  |
| 11     | M         | 20,00 M2  | 6,67         | 26             |  |
| 19     | H         | 270,00 M2 | 90,00        | 76             |  |

**Tabla C - 17** Valores deducidos por tramo.

|        |           |           |              |                |  |
|--------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| PR+850 |           |           |              |                |  |
| Tipo   | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 19     | H         | 300,00 M2 | 100,00       | 77             |  |

**Tabla C - 18** Valores deducidos por tramo.

| PR+900 |           |           |    |              |                |
|--------|-----------|-----------|----|--------------|----------------|
| Tipo   | Severidad | Extensión |    | Densidad (%) | Valor deducido |
| 8      | H         | 9,00      | ML | 18,00        | 46             |
| 10     | H         | 13,00     | ML | 26,00        | 85             |
| 10     | H         | 5,00      | ML | 10,00        | 61             |
| 12     | H         | 150,00    | M2 | 50,00        | 12             |
| 19     | H         | 150,00    | M2 | 50,00        | 69             |

**Tabla C - 19** Valores deducidos por tramo.

| PR+950 |           |           |    |              |                |
|--------|-----------|-----------|----|--------------|----------------|
| Tipo   | Severidad | Extensión |    | Densidad (%) | Valor deducido |
| 1      | M         | 1,00      | M2 | 0,33         | 12             |
| 3      | H         | 7,50      | M2 | 2,50         | 12             |
| 7      | H         | 10,00     | ML | 20,00        | 46             |
| 8      | H         | 6,00      | ML | 12,00        | 33             |
| 10     | H         | 50,00     | ML | 100,00       | 90             |
| 10     | H         | 20,00     | ML | 40,00        | 89             |
| 12     | H         | 210,00    | M2 | 70,00        | 16             |
| 19     | H         | 90,00     | M2 | 30,00        | 62             |

**Tabla C - 20** Valores deducidos por tramo.

| PR1+000 |           |           |    |              |                |
|---------|-----------|-----------|----|--------------|----------------|
| Tipo    | Severidad | Extensión |    | Densidad (%) | Valor deducido |
| 1       | H         | 57,00     | M2 | 19,00        | 70             |
| 7       | H         | 28,00     | ML | 56,00        | 49             |
| 8       | H         | 6,00      | ML | 12,00        | 33             |
| 8       | H         | 6,00      | ML | 12,00        | 33             |
| 10      | H         | 50,00     | ML | 100,00       | 90             |
| 10      | H         | 4,00      | ML | 8,00         | 55             |
| 12      | H         | 178,00    | M2 | 59,33        | 12             |
| 13      | L         | 1,00      | M2 | 0,33         | 10             |

**Tabla C - 21** Valores deducidos por tramo.

| PR1+050 |           |           |    |              |                |
|---------|-----------|-----------|----|--------------|----------------|
| Tipo    | Severidad | Extensión |    | Densidad (%) | Valor deducido |
| 1       | H         | 12,92     | M2 | 4,31         | 50             |
| 1       | M         | 22,00     | M2 | 7,33         | 42             |
| 1       | L         | 2,00      | M2 | 0,67         | 7              |
| 6       | M         | 36,08     | M2 | 12,03        | 31             |
| 6       | L         | 4,50      | M2 | 1,50         | 4              |
| 7       | H         | 36,50     | ML | 73,00        | 48             |
| 7       | M         | 15,00     | ML | 30,00        | 22             |
| 10      | H         | 50,00     | ML | 100,00       | 90             |
| 10      | M         | 4,00      | ML | 8,00         | 27             |
| 12      | H         | 272,00    | M2 | 90,67        | 19             |

**Tabla C - 22** Valores deducidos por tramo.

| PR1+100 |           |           |    |              |                |
|---------|-----------|-----------|----|--------------|----------------|
| Tipo    | Severidad | Extensión |    | Densidad (%) | Valor deducido |
| 1       | H         | 21,00     | M2 | 7,00         | 57             |
| 2       | M         | 3,00      | M2 | 1,00         | 2              |
| 3       | H         | 21,05     | M2 | 7,02         | 23             |
| 6       | M         | 15,00     | M2 | 5,00         | 18             |
| 7       | H         | 11,00     | ML | 22,00        | 34             |
| 8       | H         | 12,00     | ML | 24,00        | 82             |
| 10      | H         | 50,00     | ML | 100,00       | 89             |
| 10      | H         | 3,00      | ML | 6,00         | 48             |
| 12      | H         | 105,00    | M2 | 35,00        | 9              |
| 19      | H         | 165,00    | M2 | 55,00        | 70             |

**Tabla C - 23** Valores deducidos por tramo.

| PR1+150 |           |           |    |              |                |
|---------|-----------|-----------|----|--------------|----------------|
| Tipo    | Severidad | Extensión |    | Densidad (%) | Valor deducido |
| 7       | H         | 5,00      | ML | 10,00        | 23             |
| 10      | H         | 5,50      | ML | 11,00        | 63             |
| 10      | H         | 2,50      | ML | 5,00         | 44             |
| 13      | L         | 0,50      | M2 | 0,17         | 8              |
| 19      | H         | 120,00    | M2 | 40,00        | 66             |
| 19      | M         | 129,00    | M2 | 43,00        | 32             |

**Tabla C - 24** Valores deducidos por tramo.

|         |           |           |              |                |  |
|---------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| PR1+200 |           |           |              |                |  |
| Tipo    | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 1       | H         | 6,50 M2   | 2,17         | 40             |  |
| 6       | H         | 12,00 M2  | 4,00         | 27             |  |
| 10      | H         | 3,00 ML   | 6,00         | 24             |  |
| 13      | H         | 0,30 M2   | 0,10         | 55             |  |
| 13      | L         | 2,00 M2   | 0,67         | 13             |  |
| 19      | H         | 240,00 M2 | 80,00        | 74             |  |

**Tabla C - 25** Valores deducidos por tramo.

|         |           |           |              |                |  |
|---------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| PR1+250 |           |           |              |                |  |
| Tipo    | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 3       | H         | 25,00 M2  | 8,33         | 26             |  |
| 8       | L         | 5,50 ML   | 11,00        | 15             |  |
| 10      | H         | 18,00 ML  | 36,00        | 88             |  |
| 10      | H         | 10,00 ML  | 20,00        | 80             |  |
| 19      | H         | 300,00 M2 | 100,00       | 78             |  |

**Tabla C - 26** Valores deducidos por tramo.

| PR1+300 |           |           |              |                |  |
|---------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| Tipo    | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 1       | H         | 3,95 M2   | 1,32         | 32             |  |
| 3       | H         | 68,97 M2  | 22,99        | 43             |  |
| 7       | H         | 8,00 ML   | 16,00        | 29             |  |
| 8       | H         | 14,00 ML  | 28,00        | 72             |  |
| 8       | M         | 4,00 ML   | 8,00         | 30             |  |
| 10      | H         | 3,00 ML   | 6,00         | 48             |  |
| 12      | H         | 120,00 M2 | 40,00        | 10             |  |
| 19      | H         | 180,00 M2 | 60,00        | 71             |  |

**Tabla C - 27** Valores deducidos por tramo.

|         |           |           |              |                |  |
|---------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| PR1+350 |           |           |              |                |  |
| Tipo    | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 12      | H         | 60,00 M2  | 20,00        | 6              |  |
| 19      | H         | 240,00 M2 | 80,00        | 74             |  |

**Tabla C - 28** Valores deducidos por tramo.

| PR1+400 |           |           |              |                |    |
|---------|-----------|-----------|--------------|----------------|----|
| Tipo    | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |    |
| 1       | H         | 3,43      | M2           | 1,14           | 30 |
| 3       | H         | 15,03     | M2           | 5,01           | 19 |
| 7       | H         | 5,00      | ML           | 10,00          | 23 |
| 8       | H         | 27,00     | ML           | 54,00          | 73 |
| 8       | H         | 6,00      | ML           | 12,00          |    |
| 10      | H         | 42,00     | ML           | 84,00          | 88 |
| 10      | M         | 2,00      | ML           | 4,00           | 20 |
| 10      | H         | 8,50      | ML           | 17,00          | 74 |
| 12      | H         | 98,05     | M2           | 32,68          | 9  |
| 13      | L         | 0,60      | M2           | 0,20           | 9  |
| 19      | H         | 82,38     | M2           | 27,46          | 60 |

**Tabla C - 29** Valores deducidos por tramo.

| PR1+450 |           |           |              |                |    |
|---------|-----------|-----------|--------------|----------------|----|
| Tipo    | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |    |
| 3       | H         | 1,00      | M2           | 0,33           | 2  |
| 7       | H         | 6,00      | ML           | 12,00          | 25 |
| 8       | H         | 17,00     | ML           | 34,00          | 73 |
| 10      | H         | 50,00     | ML           | 100,00         | 90 |
| 10      | H         | 15,00     | ML           | 30,00          | 87 |
| 12      | H         | 120,00    | M2           | 40,00          | 10 |
| 19      | H         | 180,00    | M2           | 60,00          | 71 |

**Tabla C - 30** Valores deducidos por tramo.

| PR1+500 |           |           |    |              |                |
|---------|-----------|-----------|----|--------------|----------------|
| Tipo    | Severidad | Extensión |    | Densidad (%) | Valor deducido |
| 1       | H         | 3,93      | M2 | 1,31         | 32             |
| 3       | H         | 9,09      | M2 | 3,03         | 14             |
| 8       | H         | 9,00      | ML | 18,00        | 70             |
| 8       | M         | 6,00      | ML | 12,00        | 34             |
| 10      | H         | 33,00     | ML | 66,00        | 89             |
| 10      | H         | 20,00     | ML | 40,00        | 86             |
| 19      | H         | 300,00    | M2 | 100,00       | 78             |

**Tabla C - 31** Valores deducidos por tramo.

| PR+550 |           |           |              |                |  |
|--------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| Tipo   | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 1      | H         | 3,04 M2   | 1,01         | 30             |  |
| 8      | H         | 4,50 ML   | 9,00         | 60             |  |
| 10     | H         | 30,50 ML  | 61,00        | 87             |  |
| 10     | H         | 22,00 ML  | 44,00        | 86             |  |
| 12     | H         | 60,00 M2  | 20,00        | 6              |  |
| 19     | H         | 240,00 M2 | 80,00        | 74             |  |

**Tabla C - 32** Valores deducidos por tramo.

|         |           |           |              |                |  |
|---------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| PR1+600 |           |           |              |                |  |
| Tipo    | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 8       | H         | 4,30 ML   | 8,60         | 30             |  |
| 11      | M         | 3,42 M2   | 1,14         | 10             |  |
| 12      | H         | 262,00 M2 | 87,33        | 18             |  |
| 17      | H         | 0,50 M2   | 0,17         | 7              |  |
| 19      | H         | 33,00 M2  | 11,00        | 41             |  |

**Tabla C - 33** Valores deducidos por tramo.

|         |           |           |              |                |  |
|---------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| PR1+650 |           |           |              |                |  |
| Tipo    | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 7       | H         | 3,00 ML   | 6,00         | 18             |  |
| 10      | H         | 1,00 ML   | 2,00         | 27             |  |
| 10      | H         | 1,00 ML   | 2,00         | 27             |  |
| 12      | H         | 300,00 M2 | 100,00       | 20             |  |

**Tabla C - 34** Valores deducidos por tramo.

|         |           |           |              |                |  |
|---------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| PR1+700 |           |           |              |                |  |
| Tipo    | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 12      | H         | 300,00 M2 | 100,00       | 20             |  |
| 17      | M         | 1,50 M2   | 0,50         | 2              |  |

**Tabla C - 35** Valores deducidos por tramo.

|         |           |           |    |              |                |
|---------|-----------|-----------|----|--------------|----------------|
| PR1+750 |           |           |    |              |                |
| Tipo    | Severidad | Extensión |    | Densidad (%) | Valor deducido |
| 10      | M         | 2,00      | ML | 4,00         | 20             |
| 12      | H         | 300,00    | M2 | 100,00       | 20             |

**Tabla C - 36** Valores deducidos por tramo.

| PR1+800 |           |           |              |                |  |
|---------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| Tipo    | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 1       | H         | 0,50 M2   | 0,17         | 14             |  |
| 3       | H         | 12,07 M2  | 4,02         | 18             |  |
| 10      | H         | 1,50 ML   | 3,00         | 33             |  |
| 12      | H         | 60,00 M2  | 20,00        | 6              |  |
| 19      | H         | 240,00 M2 | 80,00        | 74             |  |

**Tabla C - 37** Valores deducidos por tramo.

| PR1+850 |           |           |              |                |    |
|---------|-----------|-----------|--------------|----------------|----|
| Tipo    | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |    |
| 1       | H         | 10,34     | M2           | 3,45           | 48 |
| 3       | H         | 1,99      | M2           | 0,66           | 4  |
| 8       | H         | 32,00     | ML           | 64,00          | 78 |
| 10      | H         | 45,00     | ML           | 90,00          | 88 |
| 10      | H         | 13,00     | ML           | 26,00          | 84 |
| 11      | H         | 28,10     | M2           | 9,37           | 50 |
| 13      | L         | 0,60      | M2           | 0,20           | 9  |
| 19      | H         | 300,00    | M2           | 100,00         | 77 |

**Tabla C - 38** Valores deducidos por tramo.

|         |           |           |              |                |  |
|---------|-----------|-----------|--------------|----------------|--|
| PR1+900 |           |           |              |                |  |
| Tipo    | Severidad | Extensión | Densidad (%) | Valor deducido |  |
| 7       | H         | 19,00 ML  | 38,00        | 47             |  |
| 10      | H         | 8,00 ML   | 16,00        | 71             |  |
| 19      | H         | 300,00 M2 | 100,00       | 77             |  |



**Tabla C - 39** Valores deducidos por tramo.

| PR1+950 |           |           |    |              |                |
|---------|-----------|-----------|----|--------------|----------------|
| Tipo    | Severidad | Extensión |    | Densidad (%) | Valor deducido |
| 13      | H         | 1,00      | M2 | 0,33         | 82             |
| 1       | H         | 10,17     | M2 | 3,39         | 48             |
| 3       | H         | 8,03      | M2 | 2,68         | 13             |
| 7       | H         | 43,00     | ML | 86,00        | 46             |
| 7       | H         | 12,00     | ML | 24,00        | 47             |
| 8       | H         | 11,50     | ML | 23,00        | 51             |
| 10      | H         | 37,00     | ML | 74,00        | 88             |
| 10      | H         | 5,00      | ML | 10,00        | 61             |
| 12      | H         | 30,00     | M2 | 10,00        | 3              |
| 19      | H         | 270,00    | M2 | 90,00        | 76             |

**Tabla C - 40** Valores deducidos por tramo.

| PR2+000 |           |           |    |              |                |
|---------|-----------|-----------|----|--------------|----------------|
| Tipo    | Severidad | Extensión |    | Densidad (%) | Valor deducido |
| 6       | M         | 4,80      | M2 | 1,60         | 9              |
| 7       | H         | 6,00      | ML | 12,00        | 26             |
| 7       | M         | 6,00      | ML | 12,00        | 13             |
| 8       | H         | 6,00      | ML | 12,00        | 51             |
| 10      | H         | 23,00     | ML | 46,00        | 88             |
| 19      | H         | 300,00    | M2 | 100,00       | 77             |

## **D. Solicitud de documentos**

**Neiva Huila, 01 de febrero de 2023**

Señores:

**SECRETARIA DE VIAS E INFRAESTRUCTURA DEL HUILA**

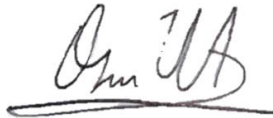
**Asunto:** SOLICITUD DE ESTUDIOS TÉCNICOS REALIZADOS SOBRE EL TRAMO DE VÍA (CRUCE CUCARA VILLAVIEJA)

Yo, Oscar David Useche, identificado con cédula de ciudadanía número 1075320471 expedida en Neiva, Huila y domiciliado en calle 24 #40-108 reservas de Avichente, Neiva Huila, estudiante de décimo semestre del programa de ingeniería civil en la universidad Surcolombiana, me encuentro actualmente realizando el proyecto de grado “INSPECCIÓN VISUAL E INFORME DE TIPO DE DAÑOS EN LA CARPETA ASFALTICA DE UN TRAMO DE 2 KILÓMETROS DE LA VÍA FORTALECILLAS-VILLAVIEJA EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA” juntamente con mi compañero Yonathan Trujillo Tovar, identificado con la cédula de ciudadanía N° 1.117.554.832 expedida en el municipio de Florencia Caquetá.

Por lo tanto, con base en lo esbozado en el acápite anterior, solicito la siguiente

**PETICIÓN:** Estudios técnicos existentes, espesores de la estructura de pavimento que actualmente se encuentra construido (espesores de base, subbase y de carpeta asfáltica del tramo de vía), al igual que la caracterización de los materiales presentes en el tramo de vía en la actualidad; (CRUCE CUCARA VILLAVIEJA) en el departamento del Huila. Lo anterior, se realiza con el objetivo de utilizar dicha información para fines netamente académicos.

**NOTIFICACIONES:** Recibiré notificaciones en la Calle 24 #40-108 reservas de Avichente, Neiva Huila, correo electrónico **oscardaviduseche31@gmail.com**, celular 300 5060241



**Nombre del peticionario:** Oscar David Useche

**Cédula:** 1075320471

Al contestar, por favor cite estos datos

Radicado:  
2023CS014922-1  
Fecha: 2023-02-23

2023PQR00003369

**GOBERNACION DEL HUILA**  
**Secretaría de Vías e Infraestructura**



2023SAL00016686

Neiva, Febrero 23 de 2023

Señor:  
OSCAR DAVID USECHE ARDILA  
PARTICULAR  
Calle 24 No. 49 - 108  
Tel: 3005060241  
Neiva / Huila

Asunto: RESPUESTA A SOLICITUD DE INFORMACION DE ESTUDIOS TECNICOS  
REALIZADOS SOBRE LA VIA CRUCE CUCARA-VILLAVIEJA.

Cordial saludo;

Mediante oficio enviado por Oscar David Useche Ardilla, estudiante de decimo semestre del programa de Ingeniería Civil en la Universidad Surcolombiana, solicita estudios técnicos existentes en la vía denominada Cruce Cucara – Villavieja, con el fin de complementar su proyecto de grado.

Con respecto a lo anterior nos permitimos informar que actualmente se encuentra en aprobación el producto de la consultoría de los estudios y diseños de dicho tramo en mención, una vez se finalice con esta etapa se estará compartiendo la información requerida para fines netamente académicos.

Atentamente,

**A PAOLA CONDE GUTIERREZ**  
**ELIANA PAOLA CONDE GUTIERREZ**  
**Secretaria de Vías e Infraestructura**

**Proyecto:** Ing. Nelson Arias Villareal- Profesional Universitaria SV1  
Supervisor Infraestructura Vial Huila - Zona Norte



SGN-C054-F04

## Bibliografía

1. Instituto Nacional de Vías, “Especificaciones generales de construcción de carreteras”, [www.invias.gov.co](http://www.invias.gov.co), Bogotá D. C., 2013
2. ASTM, “Standard Practice for Roads and Parking Lots Pavement Condition Index Surveys; Designation: D6433 – 20”, 2020
3. AASHTO - American Association of State Highway and Transportation Officials (1986, 1993). Guide for Design of Pavement Structures. Washington, D. C.  
<https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf>
4. Rondón Quintana, H. (2015). Pavimentos: materiales, construcción y diseño. 1st ed. Bogotá, Colombia. ISBN: 978-958-771-175-2
5. Instituto Nacional de Vías, “Manual de Mantenimiento de carreteras”, Volumen 1, aspectos informativos, 2016
6. Instituto Nacional de Vías, “Manual de Diseño De Pavimentos Asfálticos en Vías con medios y altos Volúmenes De Tránsito”, [www.invias.gov.co](http://www.invias.gov.co), Bogotá D. C., 2018
7. Instituto Nacional de Vías, “Manual de Diseño De Pavimentos Asfálticos Para Vías con Bajos Volúmenes De Tránsito”, [www.invias.gov.co](http://www.invias.gov.co), Bogotá D. C., 2018
8. Instituto Nacional de Vías, “Manual para la Inspección Visual de pavimentos flexibles”, [www.invias.gov.co](http://www.invias.gov.co), Bogotá D. C., 2003
9. Instituto Nacional de Vías, “Guía Metodológica para el Diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras”, [www.invias.gov.co](http://www.invias.gov.co), Bogotá D. C., 2008

10. Arie Sidess, Amnon Ravina & Eyal Oged (2020): A model for predicting the deterioration of the pavement condition index, *International Journal of Pavement Engineering*
11. Resolución 003624 de 2009, “Por el cual se establece el diseño y los parámetros que deben contener las obras publicas que contrate el INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS -INVIAS- y el INSTITUTO NACIONAL DE CONCESIONES -INCO-”, ministerio de transporte, 2009
12. Bertha Santos, Pedro G. Almeida, Ianca Feitosa, Débora Lima, Validation of an indirect data collection method to assess airport pavement condition, *Case Studies in Construction Materials*.
13. Ghadi MQ, Ahmad H, Jannoud I. Influence of Traffic Characteristics on Pavement Performance of Parking Lots. *Infrastructures*. 2023; 8(4):65. <https://doi.org/10.3390/infrastructures8040065>
14. Kaiwen Zhao, Xianyong Ma, Hongwei Zhang, Zejiao Dong, Performance zoning method of asphalt pavement in cold regions based on climate Indexes: A case study of Inner Mongolia, China, *Construction and Building Materials*.
15. Maria Vittoria Corazza, Paola Di Mascio, Laura Moretti, Managing sidewalk pavement maintenance: A case study to increase pedestrian safety, *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, Volume 3, Issue 3, 2016, Pages 203-214, ISSN 2095-7564, <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2016.04.001>.
16. Luis Fuentes, Rafael Camargo, Julián Arellana, Claudia Velosa & Gilberto Martinez (2021) Modelling pavement serviceability of urban roads using deterministic and probabilistic approaches, *International Journal of Pavement Engineering*, 22:1, 77-86, DOI:10.1080/10298436.2019.1577422
17. Loprencipe G, Pantuso A. A Specified Procedure for Distress Identification and Assessment for Urban Road Surfaces Based on PCI. *Coatings*. 2017; 7(5):65. <https://doi.org/10.3390/coatings7050065>
18. Wesolowski M, Iwanowski P. Evaluation of Asphalt Concrete Airport Pavement Conditions Based on the Airfield Pavement Condition Index (APCI) in Scope of Flight Safety. *Aerospace*. 2020; 7(6):78. <https://doi.org/10.3390/aerospace7060078>

19. Hosseini SA, Alhasan A, Smadi O. Use of Deep Learning to Study Modeling Deterioration of Pavements a Case Study in Iowa. *Infrastructures*. 2020; 5(11):95. <https://doi.org/10.3390/infrastructures5110095>
20. P. Pujadas, S.H.P. Cavalaro & A. Aguado (2019) Mives multicriteria assessment of urban-pavement conditions: application to a case study in Barcelona, *Road Materials and Pavement Design*, 20:8, 1827-1843, DOI: 10.1080/14680629.2018.1474788.