

**ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CALLE 18 ENTRE EL INTERCAMBIADOR  
VIAL AGUSTÍN AGUALONGO Y UNIVERSIDAD DE NARIÑO**



INGENIERO CIVIL OSCAR DAVID CHAMORRO MONTENEGRO  
INGENIERO CIVIL DIEGO FERNANDO PAZ VILLOTA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN  
SAN JUAN DE PASTO

2017

**ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CALLE 18 ENTRE EL INTERCAMBIADOR  
VIAL AGUSTÍN AGUALONGO Y UNIVERSIDAD DE NARIÑO**

INGENIERO CIVIL OSCAR DAVID CHAMORRO MONTENEGRO

INGENIERO CIVIL DIEGO FERNANDO PAZ VILLOTA

Trabajo Práctico Integrado para optar por el título de Especialistas en Patología de la  
Construcción.

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESPECIALIZACIÓN EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

SAN JUAN DE PASTO

2017

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

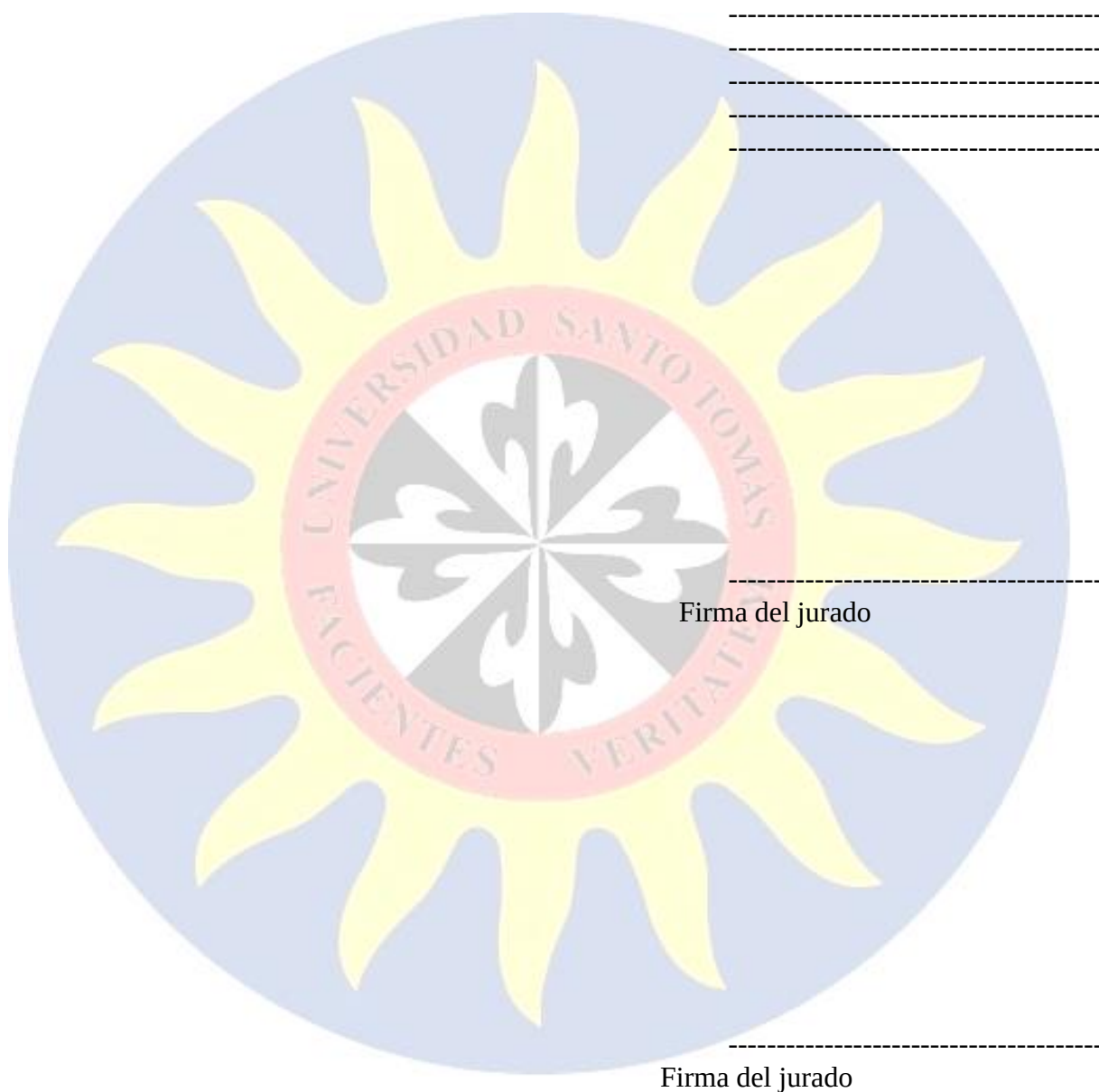
---

---

---

---

---

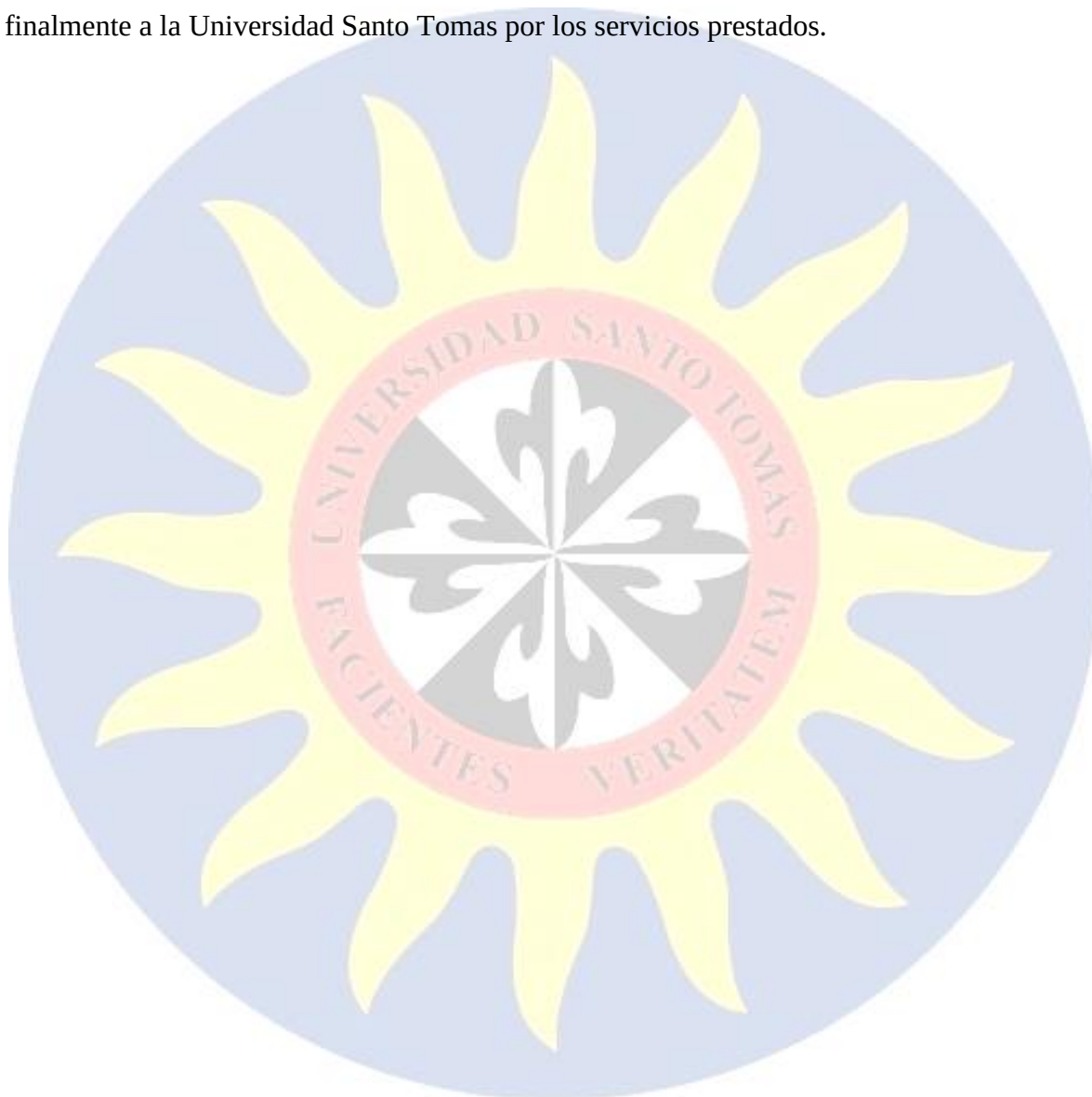


San Juan de Pasto, 17-06-2017

## AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a todos los docentes de la especialización de Patología de la Construcción, que aportaron con su conocimiento a formarnos como personas y profesionales capaces de ejercer éticamente nuestra labor.

Y finalmente a la Universidad Santo Tomás por los servicios prestados.



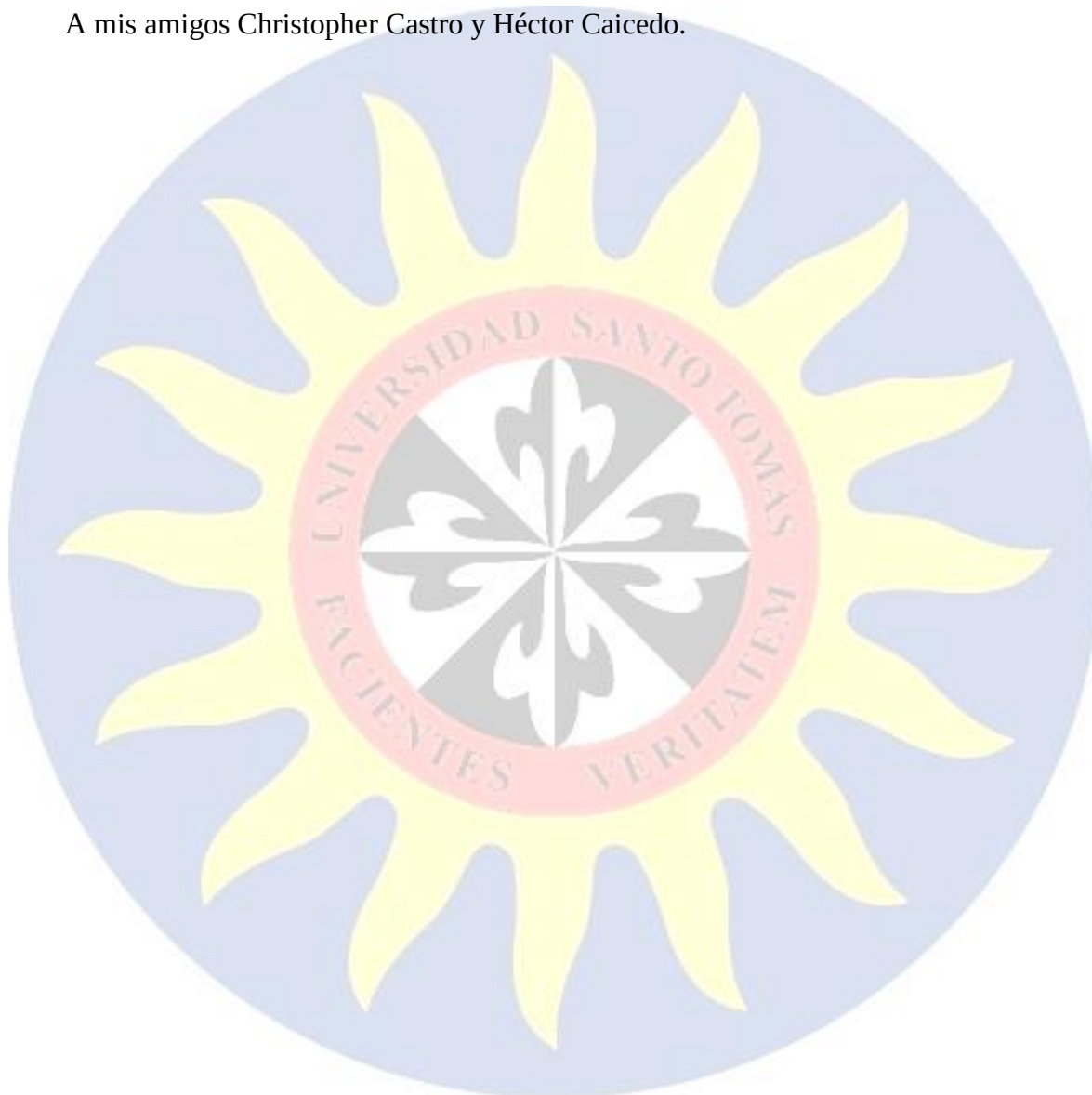
## DEDICATORIA

A mis padre Oscar Chamorro Urresta.

A mi madre Sandra Montenegro Bastidas.

A mi hermana Ángela Chamorro Montenegro.

A mis amigos Christopher Castro y Héctor Caicedo.



ING. OSCAR DAVID CHAMORRO MONTENEGRO.

## DEDICATORIA.

A mi madre Claudia Patricia Villota Cruz.

A mi padre Marco Aurelio Paz Caicedo (Q.E.P.D)

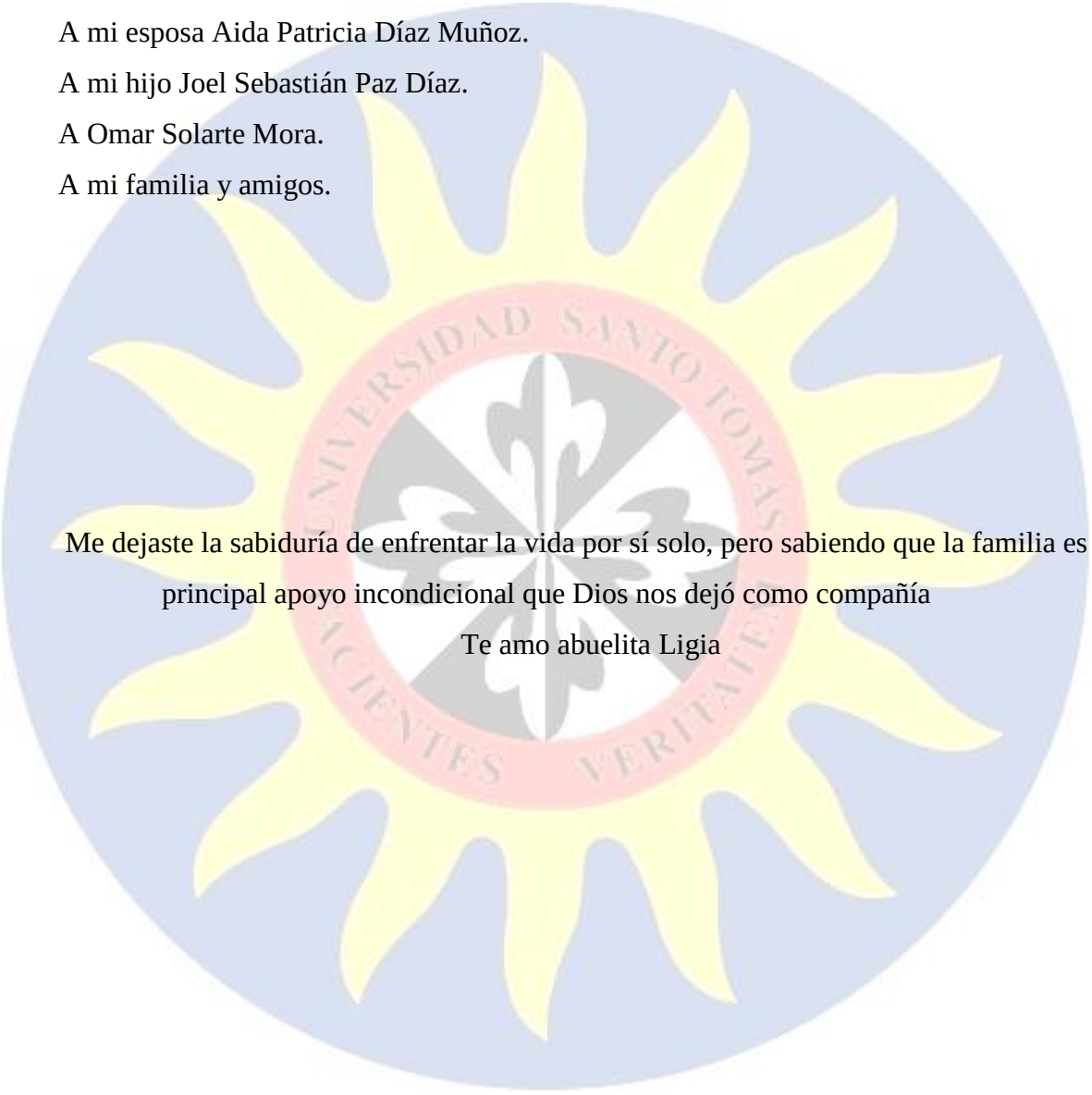
A mis abuelitos Julio Cesar Villota y Blanca Ligia Cruz (Q.E.P.D).

A mi esposa Aida Patricia Díaz Muñoz.

A mi hijo Joel Sebastián Paz Díaz.

A Omar Solarte Mora.

A mi familia y amigos.



Me dejaste la sabiduría de enfrentar la vida por sí solo, pero sabiendo que la familia es el principal apoyo incondicional que Dios nos dejó como compañía

Te amo abuelita Ligia

ING. DIEGO FERNANDO PAZ VILLOTA.

Pasto, Julio, 12, 2017.

Señores:

Centro de Recurso para el Aprendizaje y la Investigación

Universidad Santo Tomás Abierta y a Distancia

Bogotá

Estimados Señores:

Yo, **OSCAR DAVID CHAMORRO MONTENEGRO**, identificado con Cédula de Ciudadanía No. 1.088.732.695 de Samaniego (Nariño), autor del trabajo de grado titulado: **ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CALLE 18 ENTRE EL INTERCAMBIADOR VIAL AGUSTÍN AGUALONGO Y UNIVERSIDAD DE NARIÑO**, presentado y aprobado en el año 2017 como requisito para optar al título de **ESPECIALISTA EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN**, autorizo a la Biblioteca de la Universidad Santo Tomás, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad representado en este trabajo de grado, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como de las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Santo Tomás.
- Se permite la consulta, reproducción parcial, total o cambio de formato con fines de conservación, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

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.



Cordialmente, **OSCAR DAVID CHAMORRO MONTENEGRO**

C.C. No. 1.088.732.695 de Samaniego (Nariño)

Correo Electrónico: oscardavidchamorro@hotmail.com

Pasto, Julio, 12, 2017.

Señores:

Centro de Recurso para el Aprendizaje y la Investigación

Universidad Santo Tomás Abierta y a Distancia

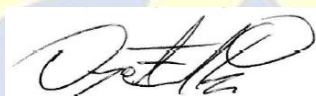
Bogotá

Estimados Señores:

Yo, **DIEGO FERNANDO PAZ VILLOTA**, identificado con Cédula de Ciudadanía No. 87.069.253 de Pasto, autor del trabajo de grado titulado: **ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CALLE 18 ENTRE EL INTERCAMBIADOR VIAL AGUSTÍN AGUALONGO Y UNIVERSIDAD DE NARIÑO**, presentado y aprobado en el año 2017 como requisito para optar al título de **ESPECIALISTA EN PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN**, autorizo a la Biblioteca de la Universidad Santo Tomás, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad representado en este trabajo de grado, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como de las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Santo Tomás.
- Se permite la consulta, reproducción parcial, total o cambio de formato con fines de conservación, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

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.



Cordialmente, **DIEGO FERNANDO PAZ VILLOTA**

C.C. No.87.069.253 de Pasto

Correo Electrónico: [diferpaz87@hotmail.com](mailto:diferpaz87@hotmail.com)

Pasto, Julio, 12, 2017.

Centro de Recurso para el Aprendizaje y la Investigación

Universidad Santo Tomás Abierta y a Distancia

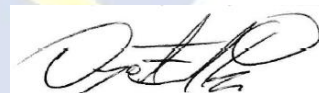
Bogotá

Estimados Señores:

Nosotros, **OSCAR DAVID CHAMORRO MONTENEGRO** y **DIEGO FERNANDO PAZ VILLOTA**, identificados con Cédula de Ciudadanía Nos. 1.088.732.695 de Samaniego (Nariño) y 87.069.253 de Pasto (Nariño), autores del trabajo de grado titulado: **ESTUDIO PATOLÓGICO DE LA CALLE 18 ENTRE EL INTERCAMBIADOR VIAL AGUSTÍN AGUALONGO Y UNIVERSIDAD DE NARIÑO**, presentado y aprobado en el año 2017 como requisito para optar al título de **ESPECIALISTAS EN PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, autorizamos a la Biblioteca de la Universidad Santo Tomás, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad representado en este trabajo de grado, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Santo Tomás.
- Se permite la consulta, reproducción parcial, total o cambio de formato con fines de conservación, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

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.



Cordialmente, **OSCAR DAVID CHAMORRO MONTENEGRO** y **DIEGO FERNANDO PAZ VILLOTA**

C.C. No. 1.088.732.695 de Samaniego (Nariño) y 87.069.253 de Pasto (Nariño).

Correo Electrónico: oscardavidchamorro@hotmail.com - diferpaz87@hotmail.com

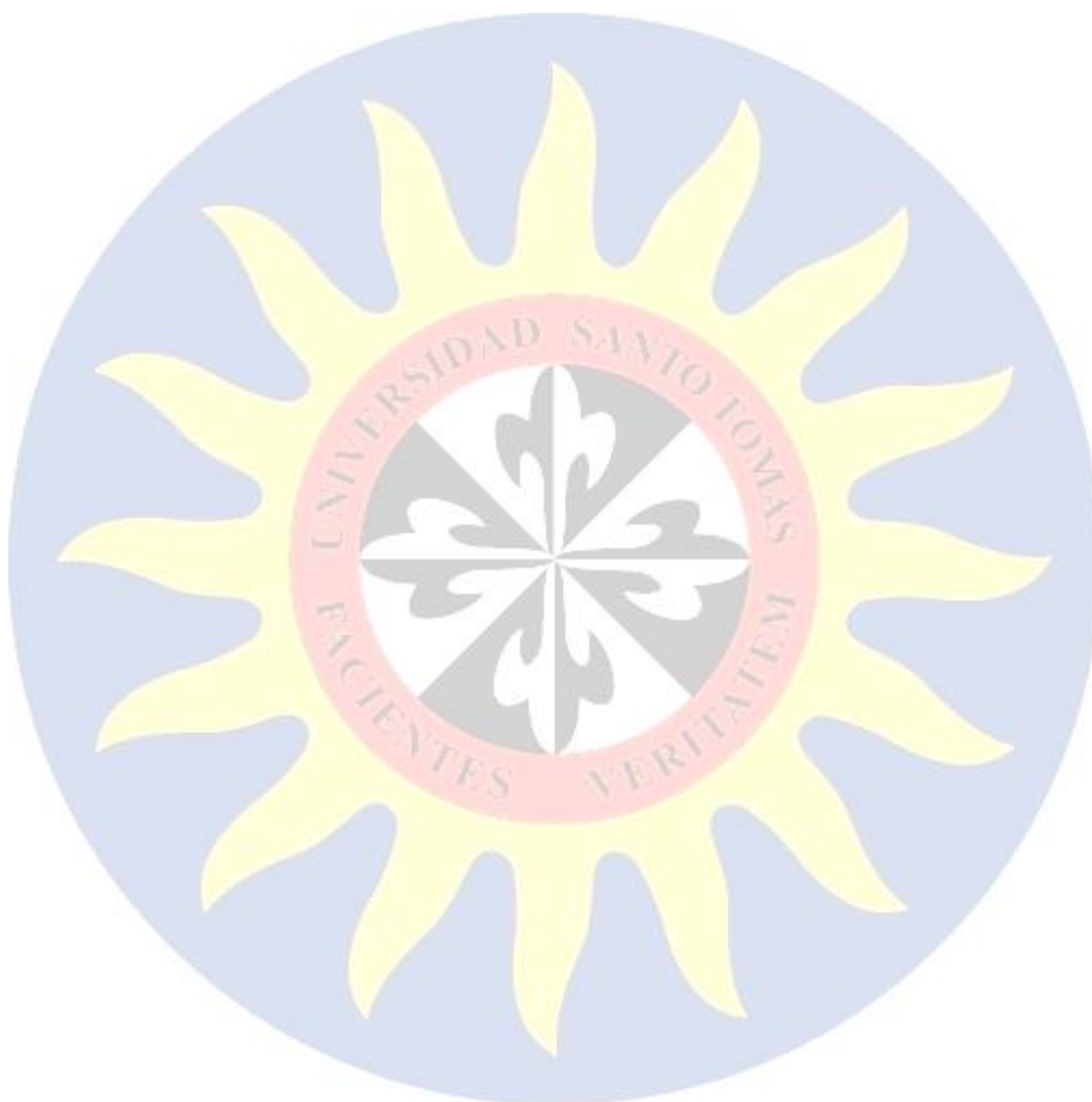
## Tabla de contenido

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Resumen Analítico en Educación. ....                                                     | 21 |
| Introducción. ....                                                                       | 24 |
| 1. El Problema.....                                                                      | 25 |
| 1.1 Definición del Problema. ....                                                        | 26 |
| 2. Justificación. ....                                                                   | 27 |
| 3. Alcance y Delimitación.....                                                           | 29 |
| 4. Objetivos.....                                                                        | 30 |
| 4.1 Objetivo General.....                                                                | 30 |
| 4.2 Objetivos Específicos.....                                                           | 30 |
| 5. Marco Teórico.....                                                                    | 32 |
| 5.1 Localización.....                                                                    | 32 |
| 5.2 Antecedentes.....                                                                    | 33 |
| 5.3 Enunciados de los supuestos teóricos.....                                            | 34 |
| 6. Marco Conceptual.....                                                                 | 36 |
| 6.1 Definición y funciones de los diferentes elementos que constituyen una obra vial. .. | 36 |
| 6.1.1 Explanación.....                                                                   | 36 |
| 6.1.2 Terreno de Fundación.....                                                          | 36 |
| 6.1.3 Pavimento.....                                                                     | 37 |
| 6.1.3.1 Características de un Pavimento.....                                             | 37 |
| 6.2 Pavimento Flexible.....                                                              | 38 |
| 6.2.1 Funciones de las capas de un Pavimento Flexible.....                               | 39 |
| 6.2.1.1 Sub-base.....                                                                    | 39 |
| 6.2.1.2 Base.....                                                                        | 40 |
| 6.2.1.3 Carpeta.....                                                                     | 41 |
| 6.3 Definición de los Tipos de Daños en Pavimentos Flexibles.....                        | 41 |
| 6.3.1 Fisuras.....                                                                       | 42 |
| 6.3.1.1 Fisuras longitudinales y transversales (FL y FT).....                            | 42 |
| 6.3.1.2 Fisuras en juntas de construcción (FCL y FCT).....                               | 43 |
| 6.3.1.3 Fisura por reflexión de juntas o grietas en placas de concreto (FJL y FJT).....  | 44 |
| 6.3.1.4 Fisuras en media luna (FML).....                                                 | 45 |

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| 6.3.1.5 Fisuras de borde (FBD).....                              | 46 |
| 6.3.1.6 Fisuras en bloque (FB).....                              | 46 |
| 6.3.1.7 Piel de cocodrilo (PC).....                              | 47 |
| 6.3.1.8 Fisuración por deslizamiento de capas (FDC).....         | 48 |
| 6.3.1.9 Fisuración incipiente (FIN).....                         | 48 |
| 6.3.2 Deformaciones. ....                                        | 49 |
| 6.3.2.1 Ondulación (OND).....                                    | 49 |
| 6.3.2.2 Abultamiento (AB). ....                                  | 50 |
| 6.3.2.3 Hundimiento (HUN). ....                                  | 51 |
| 6.3.2.4 Ahuellamiento (AHU). ....                                | 52 |
| 6.3.3 Pérdida de las capas de la estructura.....                 | 52 |
| 6.3.3.1 Descascaramiento (DC). ....                              | 52 |
| 6.3.3.2 Baches (BCH). ....                                       | 53 |
| 6.3.3.3 Parche (PCH). ....                                       | 54 |
| 6.3.4 Daños superficiales. ....                                  | 55 |
| 6.3.4.1 Desgaste superficial (DSU).....                          | 55 |
| 6.3.4.2 Pérdida de agregado (PA). ....                           | 56 |
| 6.3.4.3 Pulimiento del agregado (PU).....                        | 57 |
| 6.3.4.4 Cabezas duras (CD). ....                                 | 58 |
| 6.3.4.5 Exudación (EX). ....                                     | 59 |
| 6.3.4.6 Surcos (SU).....                                         | 60 |
| 6.3.5 Otros daños. ....                                          | 60 |
| 6.3.5.1 Corrimiento vertical de la berma (CVB). ....             | 60 |
| 6.3.5.2 Separación de la berma (SB).....                         | 61 |
| 6.3.5.3 Afloramiento de finos (AFI). ....                        | 62 |
| 6.3.5.4 Afloramiento de agua (AFA). ....                         | 63 |
| 6.4 Clasificación y cuantificación de los daños. ....            | 64 |
| 6.4.1 Método del Instituto Nacional de Vías. ....                | 65 |
| 6.4.1.1 Formato de levantamiento de daños. ....                  | 65 |
| 6.4.2 Método ASTM D 5340-98 PCI (Pavement Condition Index). .... | 66 |
| 6.4.2.1 Resumen del Método. ....                                 | 67 |
| 6.4.2.2 Uso y significado. ....                                  | 68 |

|                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.4.2.3 Herramientas.....                                                        | 68  |
| 6.4.2.4 Unidades de muestreo.....                                                | 69  |
| 6.4.2.5 Determinación de las unidades de muestreo para evaluación.....           | 69  |
| 7. Diseño Metodológico.....                                                      | 71  |
| 7.1 Tipo de estudio.....                                                         | 71  |
| 7.2 Revisión de fuentes bibliográficas.....                                      | 71  |
| 7.3 Recopilación de Información.....                                             | 72  |
| 7.4 Identificación de lesiones y digitación de planillas (Historia clínica)..... | 72  |
| 7.5 Procesamiento de resultados (Diagnóstico).....                               | 73  |
| 7.6 Propuesta de intervención.....                                               | 74  |
| 8. Historia Clínica.....                                                         | 75  |
| 8.1 Información general del proyecto.....                                        | 75  |
| 8.2 Información del paciente.....                                                | 80  |
| 8.3 Información obtenida en entidades municipales.....                           | 81  |
| 8.3.1 Topografía.....                                                            | 82  |
| 8.3.2 Ensayos de CBR.....                                                        | 83  |
| 8.3.3 Estudio de Tránsito.....                                                   | 84  |
| 8.4 Levantamiento e identificación de lesiones.....                              | 85  |
| 8.4.1 Levantamiento de lesiones por el método INVIAS.....                        | 85  |
| 8.4.1.1 Reporte de lesiones encontradas.....                                     | 93  |
| 8.4.1.2 Análisis de los resultados.....                                          | 96  |
| 8.4.2 Método PCI.....                                                            | 101 |
| 8.4.2.1 Análisis de Resultados.....                                              | 104 |
| 8.5 Estudios de Suelos.....                                                      | 105 |
| 8.6 Estudios detallados.....                                                     | 106 |
| 8.6.1 Toma de densidades.....                                                    | 106 |
| 8.6.2 Extracción de núcleos.....                                                 | 109 |
| 9. Diagnóstico.....                                                              | 110 |
| 10. Propuesta de intervención.....                                               | 113 |
| 11. Presupuesto.....                                                             | 116 |
| 11.1. Precios.....                                                               | 116 |
| 11.2. Transportes.....                                                           | 119 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 11.3. Estudios complementarios. .... | 119 |
| 11.4. Presupuesto general. ....      | 119 |
| 12. Conclusiones. ....               | 121 |
| 13. Bibliografía. ....               | 124 |



### Tabla de figuras

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Estructura típica de un Pavimento Flexible. Fuente: este trabajo.....                                                              | 38 |
| Figura 2. Fisura Longitudinal. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.....                                  | 42 |
| Figura 3. Fisura Transversal. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.....                                   | 43 |
| Figura 4. Fisura Longitudinal en Juntas de Construcción. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.....        | 43 |
| Figura 5. Fisura Transversal en Juntas de Construcción. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.....         | 44 |
| Figura 6. Fisura por Reflexión de Juntas en Placas de Concreto. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS..... | 45 |
| Figura 7. Fisura en Media Luna. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.....                                 | 45 |
| Figura 8. Fisura de Borde. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.....                                      | 46 |
| Figura 9. Fisura en Bloque. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.....                                     | 47 |
| Figura 10. Piel de Cocodrilo. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.....                                   | 47 |
| Figura 11. Fisuración por Deslizamiento de Capas. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. ....              | 48 |
| Figura 12. Fisuración Incipiente. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.....                               | 49 |

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 13. Ondulación. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. ....              | 50 |
| Figura 14. Abultamiento. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. ....            | 51 |
| Figura 15. Hundimiento. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. ....             | 51 |
| Figura 16. Ahuellamiento. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. ....           | 52 |
| Figura 17. Descascaramiento. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. ....        | 53 |
| Figura 18. Bache. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. ....                   | 54 |
| Figura 19. Parche. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. ....                  | 55 |
| Figura 20. Desgaste Superficial. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. ....    | 56 |
| Figura 21. Pérdida de Agregados. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. ....    | 57 |
| Figura 22. Pulimiento del Agregado. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. .... | 58 |
| Figura 23. Cabezas Duras. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. ....           | 59 |

|                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 24. Exudación. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. ....                                                 | 59 |
| Figura 25. Surcos. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. ....                                                    | 60 |
| Figura 26. Corrimiento Vertical de Berma. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. ....                             | 61 |
| Figura 27. Separación de la Berma. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. ....                                    | 62 |
| Figura 28. Afloramiento de Finos. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. ....                                     | 63 |
| Figura 29. Afloramiento de Agua. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. ....                                      | 64 |
| Figura 30. Formato de Levantamiento de daños en Pavimentos Flexibles. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS. .... | 66 |
| Figura 31. Índice de Condición de Pavimento (PCI). Fuente Norma ASTM 5340-98.....                                                                   | 67 |
| Figura 32. Ubicación geográfica del departamento de Nariño y San Juan de Pasto. Fuente: Instituto Nacional de Vías. ....                            | 76 |
| Figura 33. Zona de ubicación del proyecto. Fuente: Google Earth. ....                                                                               | 77 |
| Figura 34. Ubicación del tramo de vía dentro del inicio de la vía circunvalar al volcán Galeras. Fuente: Google Earth. ....                         | 77 |
| Figura 35. Levantamiento topográfico del tramo vial objeto de estudio. Fuente: AVANTE. ....                                                         | 83 |

Figura 36. Nomenclatura usada en la designación de las unidades de medición. Fuente:

Este trabajo..... 86

Figura 37. Análisis concerniente al porcentaje de área cubierto por las lesiones en cada uno de los tramos o unidades de medición de la calzada 1..... 96

Figura 38. Análisis del porcentaje de área que representa cada lesión sin especificar severidad en la calzada 1..... 97

Figura 39. Resultados del área que abarcan las lesiones de severidad baja en la calzada 1. .... 97

Figura 40. Resultados del área que abarcan las lesiones de severidad media en la calzada 1..... 98

Figura 41. Resultados del área que abarcan las lesiones de severidad alta en la calzada 1. .... 98

Figura 42. Análisis concerniente al porcentaje de área cubierto por las lesiones en cada uno de los tramos o unidades de medición de la calzada 2..... 99

Figura 43. Análisis del porcentaje de área que representa cada lesión sin especificar severidad en la calzada 2..... 99

Figura 44. Resultados del área que abarcan las lesiones de severidad baja en la calzada 2. .... 100

Figura 45. Resultados del área que abarcan las lesiones de severidad media en la calzada 2..... 100

Figura 46. Resultados del área que abarcan las lesiones de severidad alta en la calzada 2. .... 101

### Lista de Tablas.

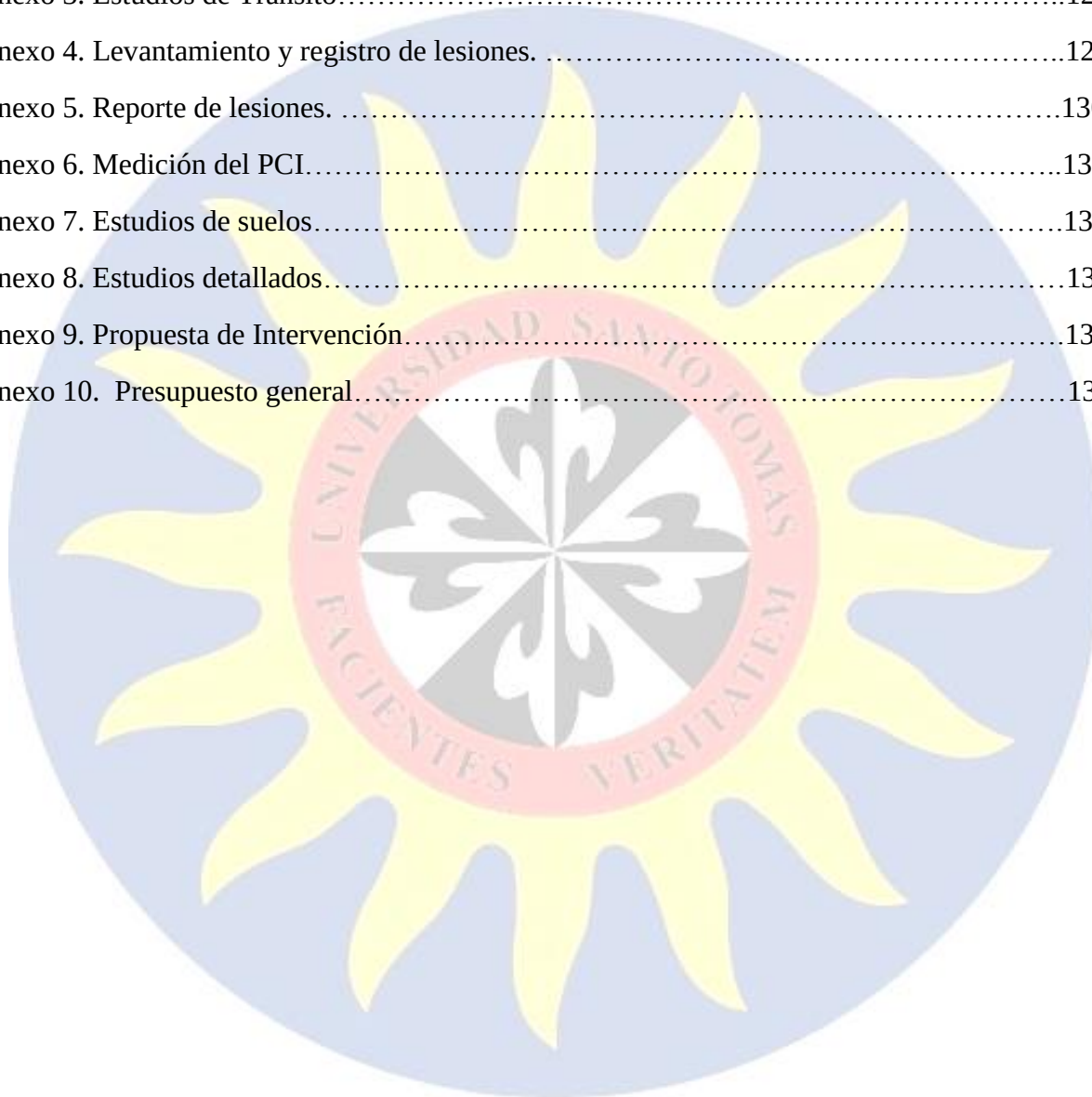
|                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1. Vida Residual del Pavimento de la Vía Circunvalar al Volcán Galeras. ....                                                                      | 34  |
| Tabla 2. Geología Estratigráfica. ....                                                                                                                  | 79  |
| Tabla 3. Ensayos de CBR realizados sobre la subrasante del tramo de vía evaluado.....                                                                   | 84  |
| Tabla 4. Resultados del estudio de tránsito proyectados al año 2015. ....                                                                               | 85  |
| Tabla 5. Reporte de Lesiones encontradas en la Calzada 1. ....                                                                                          | 94  |
| Tabla 6. Reporte de Lesiones encontradas en la Calzada 2. ....                                                                                          | 95  |
| Tabla 7. Resumen de los datos del índice PCI calculados para cada tramo unidad de medición de la calzada 1. ....                                        | 102 |
| Tabla 8. Resumen de los datos del índice PCI calculados para cada tramo unidad de medición de la calzada 2. ....                                        | 103 |
| Tabla 9. Ubicación de los apiques llevados a cabo durante la ejecución del proyecto...                                                                  | 105 |
| Tabla 10. Resultados de la compactación de campo obtenidos para la base granular de la calzada 1.....                                                   | 107 |
| Tabla 11. Resultados de la compactación de campo obtenidos para la base granular de la calzada 2.....                                                   | 108 |
| Tabla 12. Resultados de la extracción de núcleos para la determinación del contenido de asfalto usado en las mezclas, en cada una de las calzadas. .... | 109 |
| Tabla 13. Precios de Equipo .....                                                                                                                       | 117 |
| Tabla 14. Precios de Materiales .....                                                                                                                   | 118 |
| Tabla 15. Presupuesto general de la intervención. ....                                                                                                  | 120 |

### Lista de imágenes.

|                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Imagen 1. Tramo de Vía correspondiente al proyecto, visto a través de una imagen satelital. ....                                 | 32 |
| Imagen 2. Fisura transversal. Fuente: este trabajo. ....                                                                         | 87 |
| Imagen 3. Fisura de construcción longitudinal. Fuente: Este trabajo. ....                                                        | 87 |
| Imagen 4. Fisuras en bloque en la calzada 2. Fuente: Este trabajo. ....                                                          | 88 |
| Imagen 5. Piel de cocodrilo en calzada 1. Fuente: Este trabajo. ....                                                             | 89 |
| Imagen 6. Hundimiento en sentido longitudinal, calzada 1. Fuente: Este trabajo. ....                                             | 89 |
| Imagen 7. Descascaramiento en calzada 2. Fuente: Este trabajo. ....                                                              | 90 |
| Imagen 8. Bache en la calzada 1. Fuente: Este trabajo. ....                                                                      | 90 |
| Imagen 9. Parche con presencia de piel de cocodrilo. Fuente: Este trabajo. ....                                                  | 91 |
| Imagen 10. Desgaste superficial de la carpeta de rodadura. Fuente: Este trabajo. ....                                            | 92 |
| Imagen 11. Pulimento de agregados en mezcla asfáltica usada para fijación de reductores de velocidad. Fuente: Este trabajo ..... | 93 |

**Lista de Anexos.**

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| Anexo 1. Topografía. ....                           | 126 |
| Anexo 2. Ensayos de CBR.....                        | 127 |
| Anexo 3. Estudios de Tránsito.....                  | 128 |
| Anexo 4. Levantamiento y registro de lesiones. .... | 129 |
| Anexo 5. Reporte de lesiones. ....                  | 130 |
| Anexo 6. Medición del PCI.....                      | 131 |
| Anexo 7. Estudios de suelos.....                    | 132 |
| Anexo 8. Estudios detallados.....                   | 133 |
| Anexo 9. Propuesta de Intervención.....             | 134 |
| Anexo 10. Presupuesto general.....                  | 135 |



## Resumen Analítico en Educación.

### Estudio Patológico de la calle 18 entre el Intercambiador Vial Agustín Agualongo y Universidad de Nariño.

Autores:

- Oscar David Chamorro Montenegro.
- Diego Fernando Paz Villota.

Director:

- Miguel Ángel Granados Peñaranda.

San Juan de Pasto. Nariño

12 de Julio de 2017

135 hojas.

Facultad de Ciencia y Tecnología.

Especialización en Patología de la Construcción.

Palabras Clave:

- Patología.
- Vía.
- Pavimentos.
- Concreto.
- Asfalto.
- Grietas.

Descripción:

- El presente trabajo contiene las actividades realizadas con el fin de determinar las causas que originaron las lesiones presentes en el paciente de estudio, implementando una serie de normativas nacionales e internacionales para el levantamiento e identificación de daños

y lesiones. Adicionalmente se presenta el análisis de los resultados encontrados, en el cual se identifica con base en la evidencia recolectada, el origen de las lesiones, para posteriormente dar una solución y la metodología de intervención que permita al paciente recuperar sus características físicas y mecánicas, que le permitan volver a prestar un servicio adecuado.

#### Fuentes de Información:

American Society for Testing Materials. (1998). *ASTM 5340-98*. Estados Unidos.

Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2006). *Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*. Bogotá DC., Colombia.

Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2008). *Construcción de la Estructura de Pavimento, Carpeta Asfáltica y Obras Complementarias en el Sector Tambo - El Diviso (K1+165 a K4+265) en la vía Tambo - El Motilón*. El Tambo, Nariño, Colombia.

Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2013). *Especificaciones y Normas para la Construcción de Carreteras*. Bogotá DC., Colombia.

Varela, L. R. (2012). INGEPAV- Ingeniería de Pavimentos. *Explicación del Método PCI*. Manizales, Caldas, Colombia. Obtenido de <http://www.camineros.com/docs/cam036.pdf>

#### Contenido:

- **Etapas de Recolección de Información:** durante esta etapa se obtuvo información suministrada por las entidades municipales, tales como planos, estudios de suelos previos, y estudios de tránsito.
- **Levantamiento de Daños:** consiste en la aplicación de las normativas vigentes en el Instituto Nacional de Vías, además de normas internacionales, para ejecutar un reconocimiento visual de las lesiones presentes en las calzadas, especificando ubicaciones,

tipos y severidades en las mismas, para de esta manera poder efectuar en conjunto con los estudios de suelos, un diagnóstico.

- **Diagnóstico:** una vez creada la base de datos, con toda la información recolectada en las entidades municipales, y durante el levantamiento de daños, se procedió a hacer un análisis técnico, en el cual se consideraron todas las variables y se procedió a determinar las causas que originaron las lesiones.
- **Metodología de Intervención:** finalmente, y luego de tener el diagnóstico, se determinó cuáles serán las actividades encaminadas a restituir las características físicas y mecánicas de la estructura, para que esta vuelva a tener las condiciones para ofrecer un servicio adecuado al usuario.

**Metodología:** Investigación de campo aplicada.

**Conclusión:**

- El trabajo desarrollado, permitió concluir que la causa que originó las lesiones en ambas calzadas obedece a una falla estructural generalizada.

**Elaborado por:**

- Ingeniero Oscar David Chamorro Montenegro.
- Ingeniero Diego Fernando Paz Villota.

**Revisado por:**

- Ingeniero Miguel Angel Granados Peñaranda.

San Juan de Pasto.

12 de Julio de 2017.

## **Introducción.**

Existen diversos factores que afectan el nivel de calidad del servicio de las vías de una ciudad, entre los más influyentes se encuentran, las obras que se realizan por parte de empresas de servicios públicos, que disminuyen las cualidades de estas vías, y otra se da por el uso inadecuado de las mismas, excediendo las cargas de diseño para las cuales fueron diseñados sus pavimentos.

El oportuno y adecuado mantenimiento de una vía requiere un conjunto de operaciones durante su vida útil, realizando diferentes tipos de intervenciones para la conservación y clasificando estas actividades en categorías, para ejecutarlas de manera periódica, tales como evaluaciones oportunas, diagnósticos de fallas, restauraciones, entre otras.

Debido a los anteriores aspectos nace la necesidad de realizar un estudio patológico de campo, con el propósito de determinar las fallas en lugares específicos localizados en la longitud del trazado desde el intercambiador vial Agustín Agualongo y la Universidad de Nariño ubicada en la calle 18 entre carreras 42 a la 49, en la ciudad de San Juan de Pasto, y de esta manera pasar a proponer un proceso de intervención que permita a la estructura de pavimento recuperar sus características físicas y mecánicas, y así garantizar que el flujo vehicular transite de manera eficaz, en condiciones de seguridad y comodidad para el usuario.

## 1. El Problema.

Las estructuras de pavimento obedecen a un diseño, en el cual se tiene en cuenta múltiples factores, tales como los geotécnicos, hidrológicos y el más importante, que es el estudio de tránsito, que haciendo uso a una serie de proyecciones estadísticas, calcula de la manera más aproximada posible, el número de vehículos que van a transitar por la estructura de pavimento en un tiempo determinado; todos estos factores, permiten elaborar un modelo matemático, que tiene en cuenta las propiedades físicas y mecánicas de distintos materiales, que servirán para diseñar y construir una estructura que soporte todas las solicitaciones, durante el periodo de diseño, de una manera eficaz y cómoda para el usuario.

Muchas veces, las estructuras de pavimento llegan a fallar antes de lo previsto, presentando patologías en áreas específicas, estas patologías se deben en muchas ocasiones a que el número de vehículos que se habían contemplado usaran la vía durante el tiempo del periodo de diseño, lo hicieron en un lapso mucho menor, reduciendo la calidad de la superficie de rodadura hasta el punto de destruir la estructura. Pero las fallas en los pavimentos no solo se deben a este factor, muchas veces las fallas son inherentes a diseños inadecuados, los cuales no contemplan las condiciones específicas del proyecto, sino que se basan en supuestos, y esto se ve reflejado en la aparición temprana de fallas en la estructura.

Adicionalmente, y siendo una constante en nuestras vías, las patologías aparecen por una combinación de malos materiales y procesos constructivos deficientes, a los cuales hay que sumarle el hecho de que las entidades estatales, encargadas de velar por el mantenimiento de las vías y servicios públicos, rara vez se coordinan, generando caos en el tránsito, puesto que se hace necesario demoler pavimentos que están en buenas condiciones, para poder hacer obras de instalación de redes hidráulicas, y luego de terminar estas obras, la reposición del pavimento no

se hace técnicamente, reduciendo al solo hecho de parchar la superficie de rodadura, dejando lesiones a nivel de base, que no son tratadas. Estos procesos son repetitivos, y por este motivo, es común ver que las vías carecen de uniformidad en sus superficies, puesto que estas pasan a ser una serie de retazos de parches sucesivos; por lo tanto el pavimento siempre termina fallando antes de lo previsto.

### **1.1 Definición del Problema.**

¿Es posible, teniendo en cuenta el estado actual de los dos carriles de la calle 18 entre el intercambiador vial Agustín Agualongo y la Universidad de Nariño, formular un proyecto que proporcione un método de rehabilitación que devuelva a la estructura de pavimento flexible sus condiciones iniciales?

Para esto, durante el desarrollo de este proyecto se hará el diagnóstico de las distintas patologías que presenta la estructura de pavimento de la calle 18 entre el intercambiador Agustín Agualongo y Universidad de Nariño (carreras 42 a 49), para identificar las causas que las originan y que están causando que la estructura del pavimento, presente una serie de deformaciones, fallas y lesiones que hacen que el tránsito vehicular en este tramo, fluya de manera irregular, causando represamientos e incomodidad en el tráfico; por esta razón, se hace necesario un estudio patológico, para proporcionar un método de intervención, que provea una solución a este problema, y devuelva a la estructura, sus características para de esa forma prestar un servicio en condiciones adecuadas y de comodidad al usuario.

## 2. Justificación.

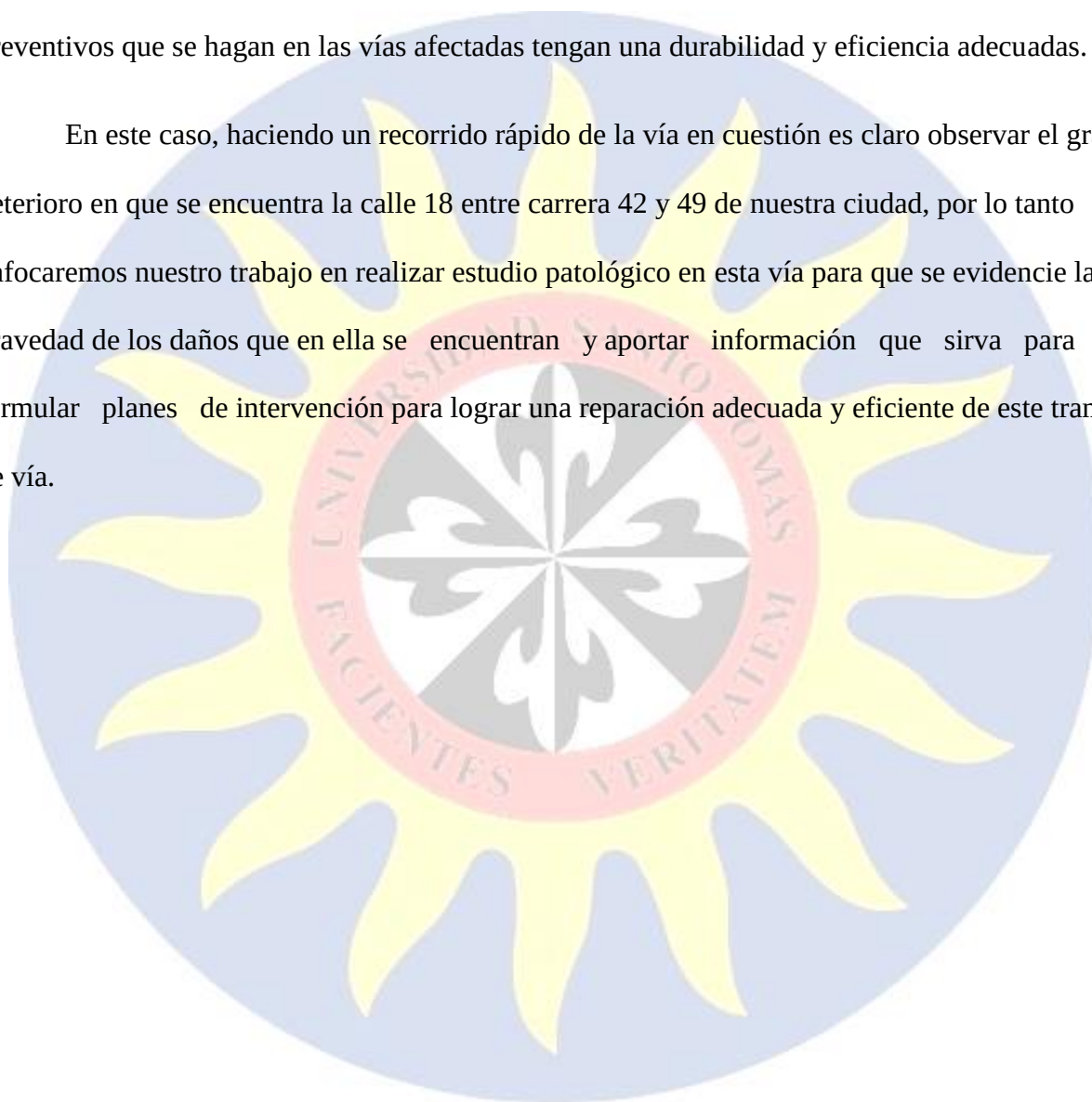
La realización del estudio patológico de la calle 18 entre carrera 42 y 49 de la ciudad de Pasto, pretende proporcionar información que permita programar futuras intervenciones de la estructura del pavimento así como también, concientizar a las entidades gubernamentales de que se debe programar las intervenciones contando con una base sólida y un conocimiento adecuado de las áreas críticas que se deben intervenir en las vías que conforman la red vial urbana y rural de la Ciudad.

Es frecuente observar que las entidades gubernamentales con el fin de solventar parcialmente los problemas que se presentan en estas calles realizan trabajos de parcheo en el mayor de los casos, para tratar de remediar los daños existentes, estos procesos se realizan de una forma desordenada y sin ninguna planificación, por esto es frecuente escuchar las quejas por la incomodidad de los usuarios de las vías cuando al mismo tiempo y sin ninguna planeación se realizan los trabajos en las diferentes calles de nuestra ciudad.

En general para las Calles de la ciudad de Pasto, no se cuenta con estudios similares al presente sobre los daños más considerables que se pueden presentar en una vía, ni tampoco de las posibles causas y el posible tratamiento que mejor se acomodaría al caso específico del deterioro a ser tratado, de tal forma que las actividades que se ejecutan como solución, generalmente no duran ya que no se ataca directamente el origen del problema el cual causa el deterioro y en cambio, se realizan mejoras parciales que en la mayoría de los casos no producen los resultados esperados y se presentan deterioros prematuros relacionados con las causas de los deterioros iniciales.

Por estas razones es evidente la necesidad de un estudio previo a las intervenciones como es la elaboración de un Estudio Patológico del estado actual de las calles construidas con pavimento asfáltico y rígido, y de esta forma obtener la información necesaria que lleve a realizar estudios detallados con el fin de garantizar que las reparaciones o mantenimientos preventivos que se hagan en las vías afectadas tengan una durabilidad y eficiencia adecuadas.

En este caso, haciendo un recorrido rápido de la vía en cuestión es claro observar el grave deterioro en que se encuentra la calle 18 entre carrera 42 y 49 de nuestra ciudad, por lo tanto enfocaremos nuestro trabajo en realizar estudio patológico en esta vía para que se evidencie la gravedad de los daños que en ella se encuentran y aportar información que sirva para formular planes de intervención para lograr una reparación adecuada y eficiente de este tramo de vía.



### 3. Alcance y Delimitación.

El estudio recopila las teorías existentes sobre los deterioros más frecuentes que se presentan en la estructura de pavimentos flexibles, y las posibles causas que los originan, llevando esto a la aplicación en la calle 18 entre carreras 42 y 49 de nuestra ciudad, permitiendo de esta manera que este proyecto pueda ser tomado como referencia por las entidades gubernamentales, y así poder formular y ejecutar procesos de intervención adecuados en vías afectadas por patologías similares.



## 4. Objetivos.

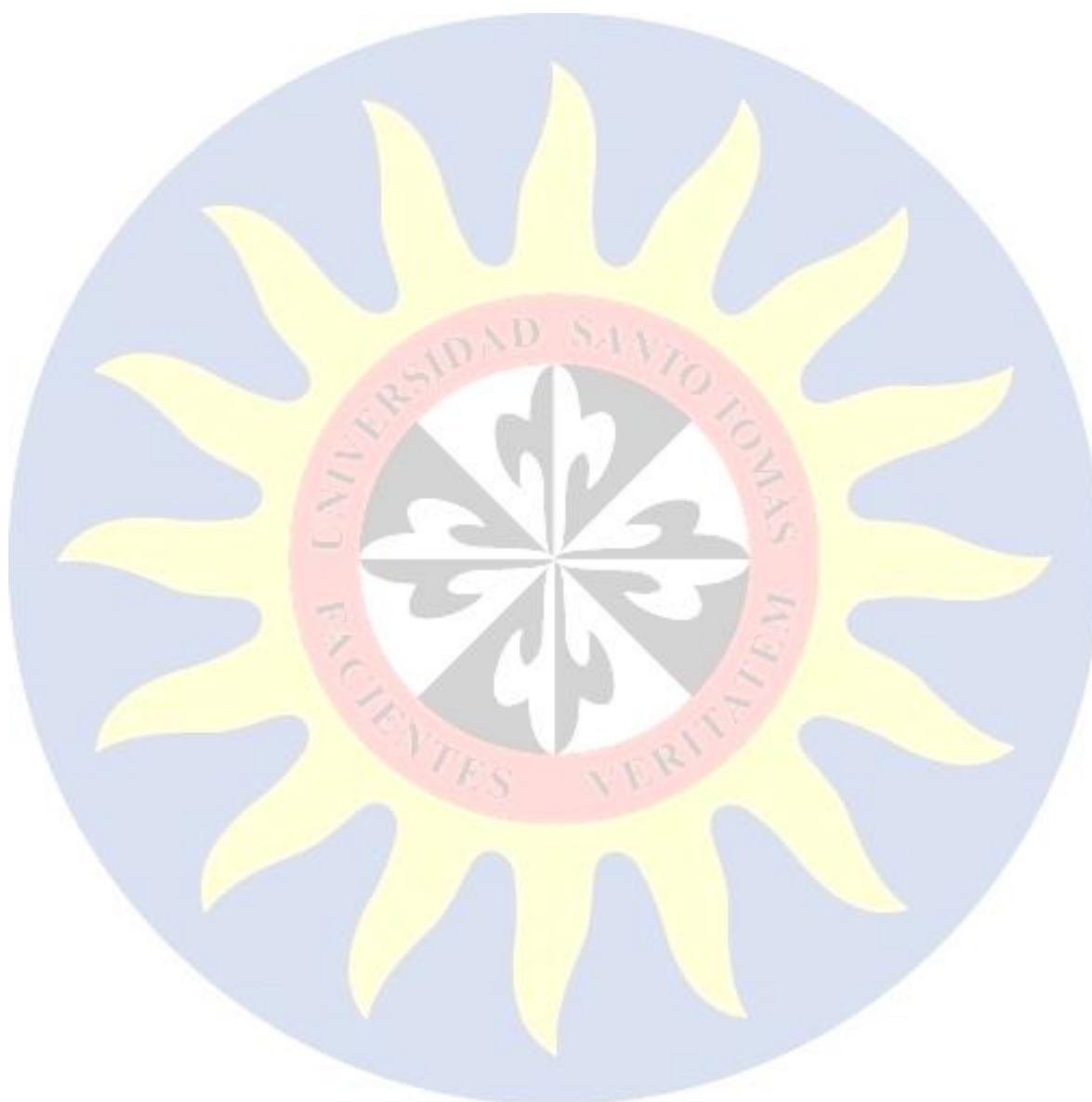
### 4.1 Objetivo General.

Realizar un estudio patológico del estado del pavimento flexible que conforma la calle 18 entre el intercambiador Vial Agustín Agualongo y la Universidad de Nariño de la ciudad de Pasto.

### 4.2 Objetivos Específicos.

- Determinar las distintas patologías que afectan el pavimento en la vía objeto de estudio.
- Diligenciar las fichas de inspección para las distintas patologías encontradas para llevar un control adecuado y eficaz de las zonas de la estructura que necesitan intervenir.
- Indagar sobre estudios de suelos, levantamientos topográficos, aforos vehiculares y planos record de las redes secas y de alcantarillado, para de esta manera poder proyectar una intervención adecuada, que permita tener en cuenta todos los factores que intervendrán en el adecuado funcionamiento de la estructura.
- Realizar estudios detallados para determinar el estado de la estructura de pavimento.
- Proponer un sistema para la intervención de la estructura de pavimento, que tenga en cuenta las recomendaciones provenientes de los resultados obtenidos en los

estudios de suelos y estudios detallados, de tal forma que la estructura pueda recuperar su funcionalidad y características físico-mecánicas.



## 5. Marco Teórico.

### 5.1 Localización.

El tramo de vía de análisis está localizado al noroccidente de la ciudad de San Juan de Pasto y pertenece a la salida principal hacia municipios tales como Nariño, La Florida, El Tambo, El peñol, Sandoná y Linares entre otros.

Este tramo de vía pertenece a una de las vías urbanas de la ciudad de Pasto calle 18, su inicio es en la carrera 42, sitio donde se ubica el intercambiador vial Agustín Agualongo y finaliza frente a la entrada vehicular de la Universidad de Nariño. Ver foto 1. El tramo de vía tiene una longitud de 700 metros, y posee un separador vial con un ancho de 1,90 metros, cada carril tiene un ancho de 6,80 metros.

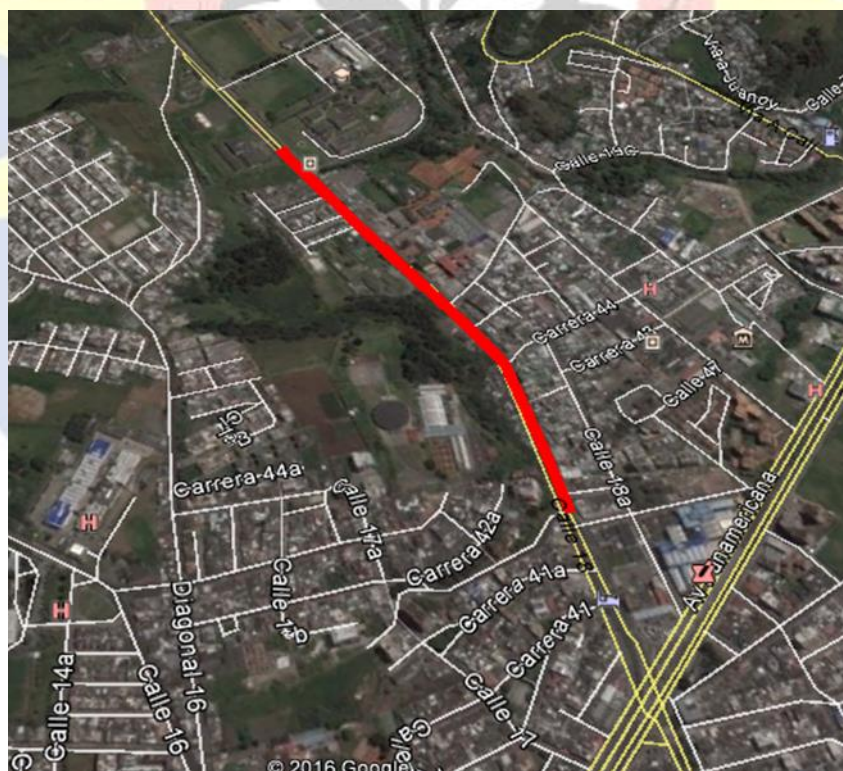


Imagen 1. Tramo de Vía correspondiente al proyecto, visto a través de una imagen satelital.

Fuente Google Earth.

## 5.2 Antecedentes.

El tramo de vía analizado es de tipo urbano, sin embargo se convierte en la conexión entre la ciudad de pasto y la vía Circunvalar al Galeras (Cebadal – Consacá–Sandoná – La Florida – Pasto (2501B)). Según información del Instituto Nacional de Vías (INVIAS, 2008), esta vía cuenta con sectores de vía pavimentados y distribuidos de la siguiente manera:

- PR15 – PR17 y los pasos nacionales por Consacá (PR30 – PR32) y Sandoná (PR45.6 – PR47.5) construidos en 1999, periodo de diseño 1999 – 2008.
- PR63 + 0400 y PR72 + 000 se terminó de pavimentar en octubre de 1999; periodo de diseño 1999 – 2008.
- Entre el PR72 + 000 y PR91 + 000 se terminó de pavimentar en 1996, periodo de diseño 1996 – 2005.

La información se resume y profundiza en a la tabla No 1. En la cual se puede observar que en el tramo comprendido entre el PR72 y PR91, en el cual se encuentra el tramo a evaluar, este tenía una vida residual de 3.6 años, lo cual indica que la vida útil del pavimento ya terminó, y en consecuencia le han realizado reparaciones para poder prolongar el servicio de la vía, sin embargo en el tramo analizado estas reparaciones no han sido suficientes por lo que se observa gran deterioro y variedad de daños que evidencian una intervención pronta con el fin de garantizar condiciones normales de tránsito.

Tabla 1. Vida Residual del Pavimento de la Vía Circunvalar al Volcán Galeras.

| Estación de Conteo  | Sector (PR)                     | Tránsito de Diseño (1999-2008) *(1996-2005) | Tránsito Servido (1999-2002) *(1996-2002) | Tránsito por Servir (2003-2008) *(2003-2005) | Vida Residual en Años |
|---------------------|---------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------|
| 308 Cebadal-Consacá | 15-17                           | 1.068.953                                   | 417.858                                   | 651.095                                      | 6,09                  |
| 308 Cebadal-Consacá | 30-32 Paso Nacional Consacá     | 1.068.953                                   | 417.858                                   | 651.095                                      | 6,09                  |
| 711 Consacá-Motilón | 45,6-47,5 Paso Nacional Sandoná | 242.639                                     | 90.232                                    | 152.407                                      | 6,28                  |
| 711 Consacá-Motilón | 64,4-72                         | 242.639                                     | 90.232                                    | 152.407                                      | 6,28                  |
| *312 Motilón-Pasto  | 72-91                           | 750.909                                     | 510.297                                   | 269.685                                      | 3,59                  |

### 5.3 Enunciados de los supuestos teóricos.

- La vía en análisis es de gran importancia tanto a nivel urbano como a nivel rural puesto que es una de las vías urbanas más concurridas de Pasto por servir de entrada y salida a la población estudiantil de establecimientos de educación media, superior y especial tales como: Universidad de Nariño, Universidad Cooperativa de Colombia, Sede de la policía Metropolitana de Pasto, Centro de Habilitación para el niño CEHANI, entre otros.
- La realización del estudio patológico de pavimento flexible proporciona la información adecuada para proporcionar una guía de diagnóstico, análisis e intervención a vías de iguales características, analizando el estado de deterioro actual de un tramo construido con pavimento asfáltico.

- Para la realización de este estudio patológico, se tomará en cuenta la normatividad vigente, que está reglamentada por el Instituto Nacional de Vías. En este trabajo se usará como base el Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles (INVIAS, 2007), el cual explica las distintas fallas que pueden aparecer en una estructura de pavimento con una carpeta de rodadura de concreto Asfáltico, además de sus manifestaciones, grado de severidad y la manera de llevar un control de estas a través de planillas.
- Los estudios de campo, sobre los materiales granulares, se harán teniendo en cuenta Las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Normas de Ensayo de Materiales en su versión 2013 (INVIAS, 2013), las cuales proveen la forma en que deberán llevarse a cabo los ensayos, equipos, cantidad de ensayos, y bases para el análisis de resultados.
- Con los resultados del estudio patológico de la vía objeto de estudio, es posible plantear un programa de intervención adecuado o tomar decisiones sobre las posibles alternativas de reparación de los tramos afectados.

## 6. Marco Conceptual.

### 6.1 Definición y funciones de los diferentes elementos que constituyen una obra vial.

Dentro de la planeación, diseño y construcción de un proyecto vial, un elemento muy importante después del diseño geométrico, es la estructura de pavimento, ya que esta es la que proporcionará a la vía, una superficie de rodadura adecuada para el tránsito vehicular, Muñoz Ricaurte (2005), en su libro de Pavimentos de Concreto Asfáltico, define los elementos que componen estas obras:

#### 6.1.1 Explanación.

Conjunto de cortes y terraplenes ejecutados hasta la superficie de la subrasante de acuerdo al proyecto. Su función es proporcionar apoyo al pavimento.

- **Corte:** es aquella parte de la estructura de una obra vial realizada por la excavación del terreno existente con el fin de formar las secciones previstas en el proyecto.
- **Terraplén:** es aquella parte de la estructura de una obra vial construida con material producto de un corte o un préstamo, la cual queda comprendida entre el terreno de fundación y el pavimento.

#### 6.1.2 Terreno de Fundación.

Es aquella parte de la corteza terrestre sobre la cual se apoya una obra vial, y que va a ser afectada por la misma. Su función es soportar dicha obra, o sea, servir de cimiento.

- **Subrasante:** es la correspondiente al terreno de fundación, quien llevará las secciones transversales y pendientes especificadas. Constituye la capa superior de las explanaciones sobre la cual se construye el pavimento, y como tal, quien soporta finalmente las cargas producidas por el tráfico.
- **Capa Subrasante:** subrasante mejorada.

### 6.1.3 Pavimento.

Estructura de una o más capas que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados sobre la subrasante de una vía, de manera que permita el rodamiento de los vehículos con rapidez, comodidad, seguridad y economía.

#### 6.1.3.1 Características de un Pavimento.

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe tener las siguientes características:

- Resistencia a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Resistencia a los agentes de intemperismo.
- Textura apropiada para el rodamiento, con una fricción que evite el deslizamiento.
- Durabilidad.
- Facilidad de drenaje del camino.
- Economía.
- Color adecuado para evitar reflejos y deslumbramientos.
- Seguridad al tránsito.

## 6.2 Pavimento Flexible.

Teniendo en cuenta la definición de Tapia García (2010), en su libro del Curso de Pavimentos de la Universidad Nacional Autónoma de México, un pavimento flexible es aquel que cuenta con una capa de rodadura constituida por una mezcla asfáltica, por lo que también se les conoce como pavimentos asfálticos. Resultan más económicos en su construcción inicial, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil.

Los pavimentos flexibles están constituidos por 3 capas. Ver figura 1, las cuales están apoyadas sobre la subrasante:

- Sub-base.
- Base.
- Carpeta Asfáltica o de Rodadura.



Figura 1. Estructura típica de un Pavimento Flexible. Fuente: este trabajo.

El funcionamiento estructural de un pavimento flexible, según Becerra Salas (2012), se da de tal forma que las tensiones verticales generadas por el flujo vehicular son absorbidas en parte por la carpeta asfáltica, funcionando además como transmisor de estas, a través de las capas granulares hasta la subrasante.

### 6.2.1 Funciones de las capas de un Pavimento Flexible.

La estructura de un pavimento flexible está concebida de tal forma que sus capas no solo sirven para la transmisión de las tensiones verticales, Muñoz Ricaurte (2005), da una explicación de las distintas funciones que cumplen estas capas:

#### 6.2.1.1 Sub-base.

- **Económica:** una de las principales funciones de esta capa es netamente económica, en efecto, el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la subrasante sea igual o menor que su propia resistencia, puede ser construido con materiales de alta calidad, sin embargo, es preferible distribuir las capas más calificadas en la parte superior, y colocar en la parte inferior del pavimento la capa de menor calidad la cual es frecuentemente la más barata. Esta solución puede traer consigo un aumento en el espesor total del pavimento, y no obstante, resultar más económica.
- **Capa de Transición:** impide la penetración de los materiales que constituyen la base con los de la subrasante y por otra parte actúa como filtro de la base impidiendo que los finos de la subrasante la contaminen menoscabando su calidad.

- **Disminución de Deformaciones:** algunos cambios volumétricos de la capa de subrasante generalmente asociados a cambios en su cantidad de agua (expansiones) o cambios extremos de temperatura (heladas) pueden absorberse con la capa de sub-base, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.
- **Resistencia:** la sub-base debe soportar los esfuerzos transmitidos por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores y transmitirlos a un nivel adecuado a la subrasante.
- **Drenaje:** actuar como dren para desalojar el agua que se infiltre al pavimento, y además, impedir la ascensión capilar de agua procedente de la subrasante hacia la base.

#### 6.2.1.2 Base.

- **Resistencia:** la función fundamental de la base de un pavimento consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub-base y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada.
- **Económica:** respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica análoga a la que tiene la sub-base respecto a la base.
- **Drenaje:** en muchos casos la base, debe drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar.

### 6.2.1.3 Carpeta.

- **Superficie de Rodamiento:** proporcionar una superficie uniforme y estable al tránsito, con textura y color conveniente, además, resistir los efectos abrasivos del tráfico.
- **Impermeabilidad:** hasta donde sea posible, debe impedir, el paso del agua al interior del pavimento. En carpetas drenantes las cuales se utilizan para evitar el hidroplaneo, deben ir acompañadas de una capa impermeable que evite el paso del agua a las capas inferiores.
- **Resistencia:** dependiendo del tipo de carpeta asfáltica, esta deberá aportar resistencia a la estructura del pavimento, especialmente si su espesor es mayor de 3”.

Además de las anteriores, la carpeta asfáltica evita que se desgaste o se desintegre la base a causa del tránsito de los vehículos.

### 6.3 Definición de los Tipos de Daños en Pavimentos Flexibles.

En Colombia, se toma como referencia el “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2006), el cual describe las principales patologías que se presentan en este tipo de pavimentos además de proporcionar un modelo de formato de campo para el levantamiento de los daños y su posterior procesamiento.

### 6.3.1 Fisuras.

#### 6.3.1.1 Fisuras longitudinales y transversales (FL y FT).

Corresponden a discontinuidades en la carpeta asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversal a él. Ver figuras 2 y 3. Son indicio de la existencia de esfuerzos de tensión en algunas de las capas de la estructura, los cuales han superado la resistencia del material afectado.

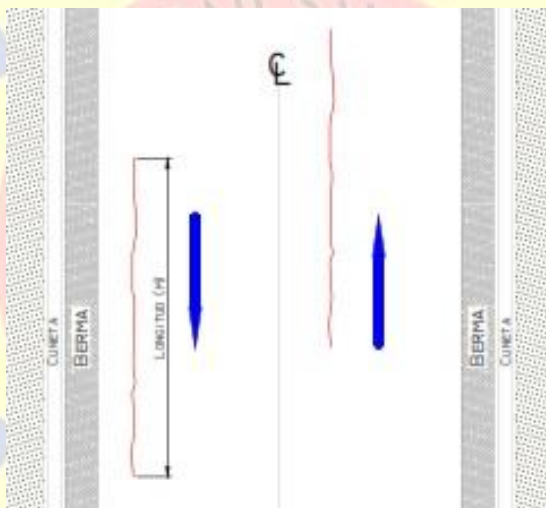


Figura 2. Fisura Longitudinal. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

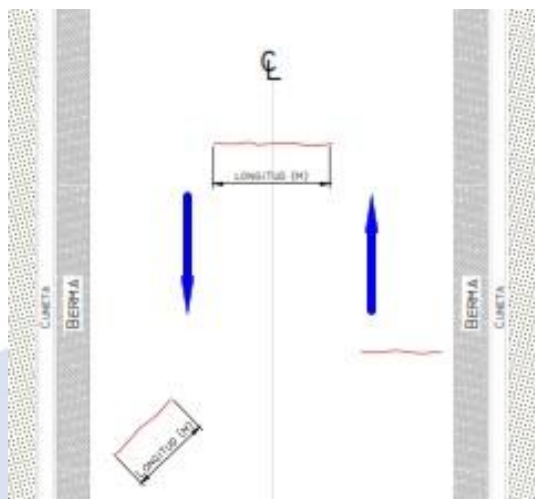


Figura 3. Fisura Transversal. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

#### 6.3.1.2 Fisuras en juntas de construcción (FCL y FCT).

Son fisuras longitudinales o transversales generadas por una mala ejecución de las juntas de construcción de la carpeta asfáltica o de las juntas en zonas de ampliación. Ver figuras 4 y 5. Generalmente esta localizada en el eje de la vía, coincidiendo con el ancho de los carriles, zonas de ensanche y en zonas de unión entre dos etapas de colocación de pavimento asfáltico.

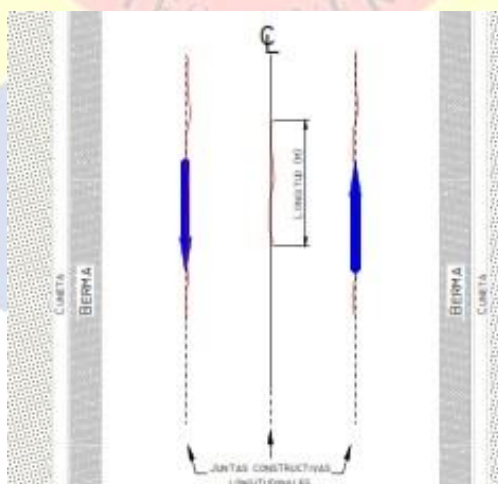


Figura 4. Fisura Longitudinal en Juntas de Construcción. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

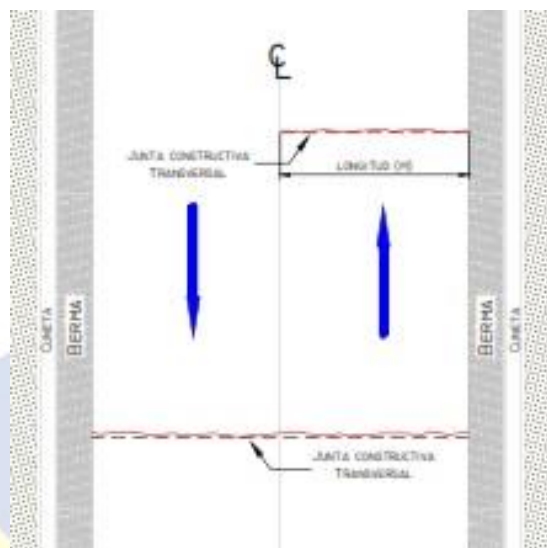


Figura 5. Fisura Transversal en Juntas de Construcción. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

#### 6.3.1.3 Fisura por reflexión de juntas o grietas en placas de concreto (FJL y FJT).

Este tipo de daño se presenta cuando hay una capa de concreto asfáltico sobre placas de concreto rígido; ver figura 6. Las fisuras aparecen como resultado de la proyección en la superficie de las juntas de estas placas, presentándose de esta manera en patrones regulares, similarmente se exteriorizan cuando hay grietas en las placas de concreto rígido, que se proyectan hasta la superficie, pero en este caso, las fisuras presentan patrones irregulares.

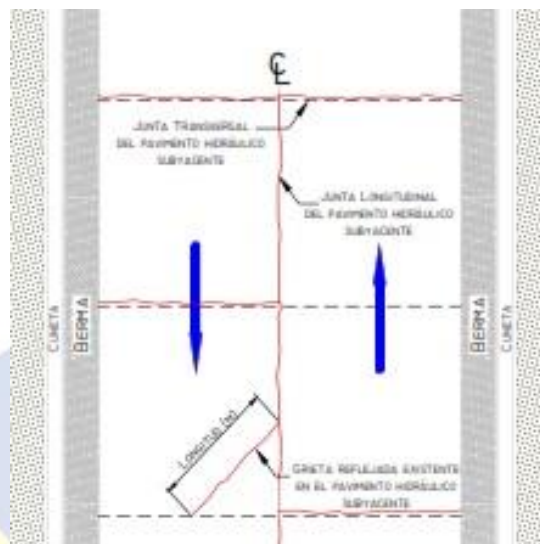


Figura 6. Fisura por Reflexión de Juntas en Placas de Concreto. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

#### 6.3.1.4 Fisuras en media luna (FML).

Son fisuras de forma parabólica asociadas al movimiento de la banca por lo que usualmente se presentan acompañadas de hundimientos. Ver figura 7.

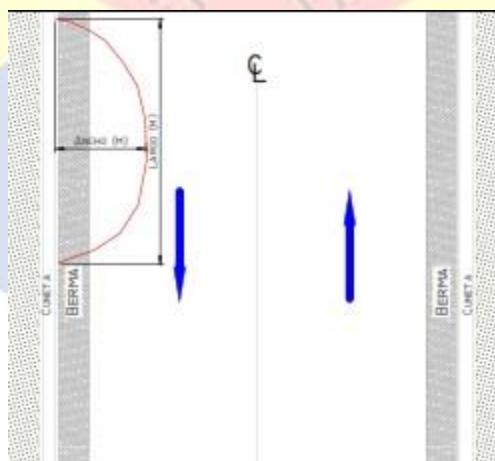


Figura 7. Fisura en Media Luna. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

### 6.3.1.5 Fisuras de borde (FBD).

Son fisuras con tendencia longitudinal a semicircular localizadas cerca del borde de la calzada, ver figura 8. Se presentan principalmente por la falta de berma o por la diferencia de nivel entre la berma y la calzada.

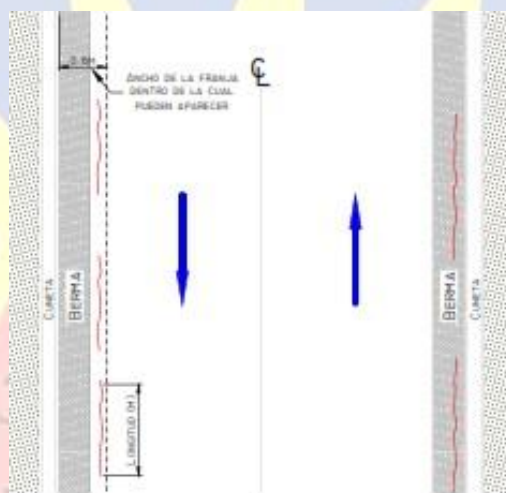


Figura 8. Fisura de Borde. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

### 6.3.1.6 Fisuras en bloque (FB).

Este tipo de daño se caracteriza porque la superficie del asfalto es seccionada en bloques de forma aproximadamente regular, los bloques tienen lados de aproximadamente 0,30 m. Ver figura 9. Hay que tener en cuenta que esta patología se diferencia de la piel de cocodrilo, en la medida en que esta se presenta en zonas no cargadas, mientras que la piel de cocodrilo sí.

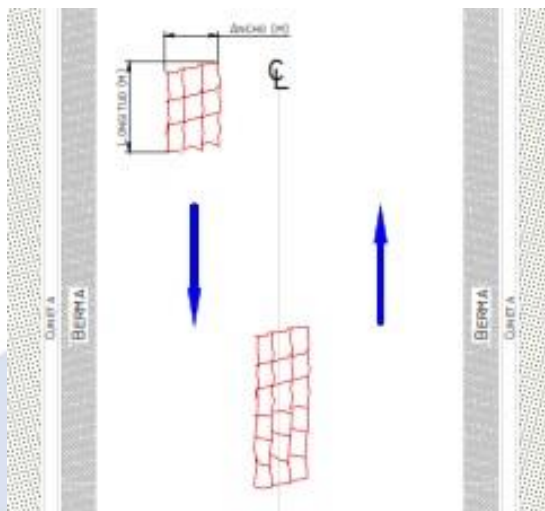


Figura 9. Fisura en Bloque. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

#### 6.3.1.7 Piel de cocodrilo (PC).

Corresponde a una serie de fisuras interconectadas con patrones irregulares, generalmente localizadas en zonas sujetas a repeticiones de cargas. Ver figura 10. La fisuración tiene a iniciarse en el fondo de la carpeta, donde los esfuerzos de tracción son mayores.

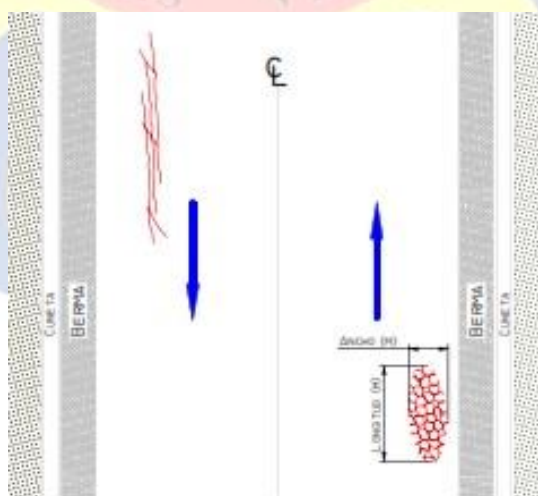


Figura 10. Piel de Cocodrilo. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

### 6.3.1.8 Fisuración por deslizamiento de capas (FDC).

Son fisuras con forma de semicírculo o medialuna, que presentan curvaturas definidas de acuerdo a la fuerza de tracción que produce la llanta sobre la carpeta (Por acción de acelerar o frenar). Ver figura 11. Estas acciones llevan a que la carpeta de rodadura se deslice y se deforme.

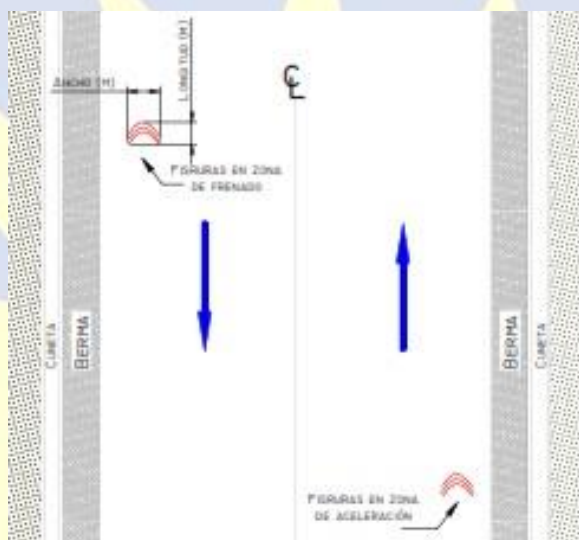


Figura 11. Fisuración por Deslizamiento de Capas. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

### 6.3.1.9 Fisuración incipiente (FIN).

Son una serie de fisuras contiguas y cerradas, que generalmente no se interceptan. Ver figura 12. Son daños superficiales leves y no presentan niveles de severidad asociada.

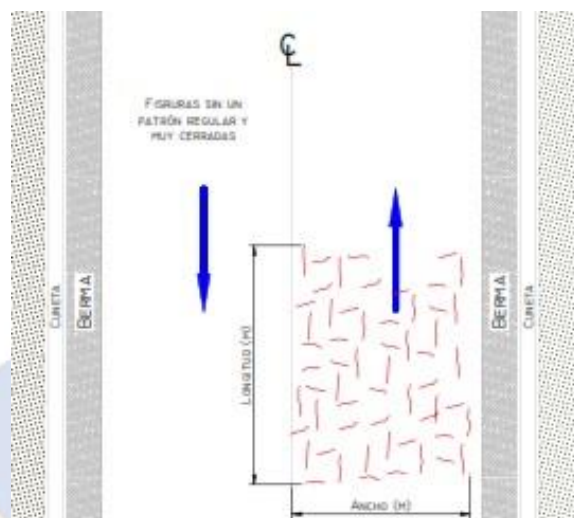


Figura 12. Fisuración Incipiente. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

### 6.3.2 Deformaciones.

#### 6.3.2.1 Ondulación (OND).

Se conoce también como corrugación o rizado, es una patología caracterizada por la presencia de ondas en la superficie del pavimento. Ver figura 13. Generalmente son perpendiculares a la dirección del tránsito, con longitudes entre las crestas de las ondas, menores a 1 metro.

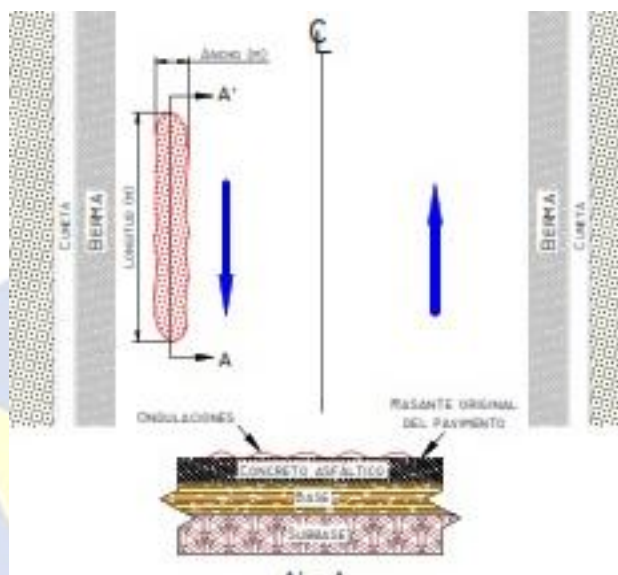


Figura 13. Ondulación. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

### 6.3.2.2 Abultamiento (AB).

Se llama así a los “abombamientos” o protuberancias que se presentan en la superficie del pavimento. Ver figura 14. Se pueden presentar en pequeñas áreas o gradualmente en áreas grandes, casi siempre acompañadas por fisuras.

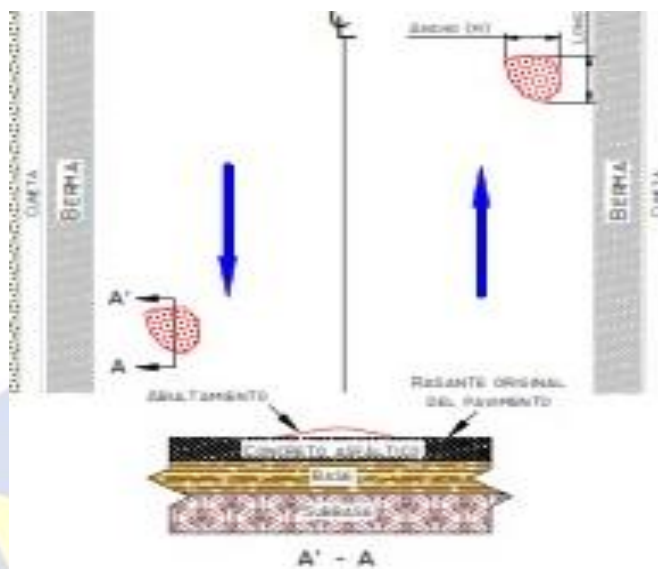


Figura 14. Abultamiento. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

### 6.3.2.3 Hundimiento (HUN).

Son depresiones localizadas en el pavimento con respecto al nivel de la rasante. Ver figura 15.

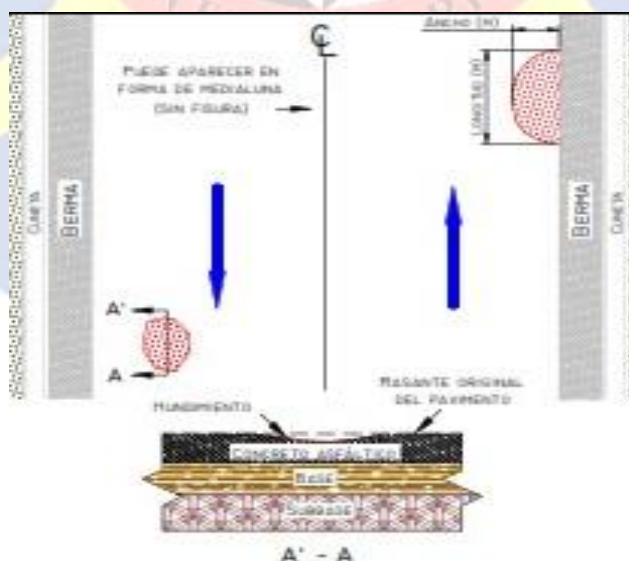


Figura 15. Hundimiento. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

#### 6.3.2.4 Ahuellamiento (AHU).

Es una depresión localizada en la trayectoria de las llantas. Ver figura 16. Se suele encontrar acompañada de una elevación de las áreas adyacentes a la zona deprimida y de fisuración.

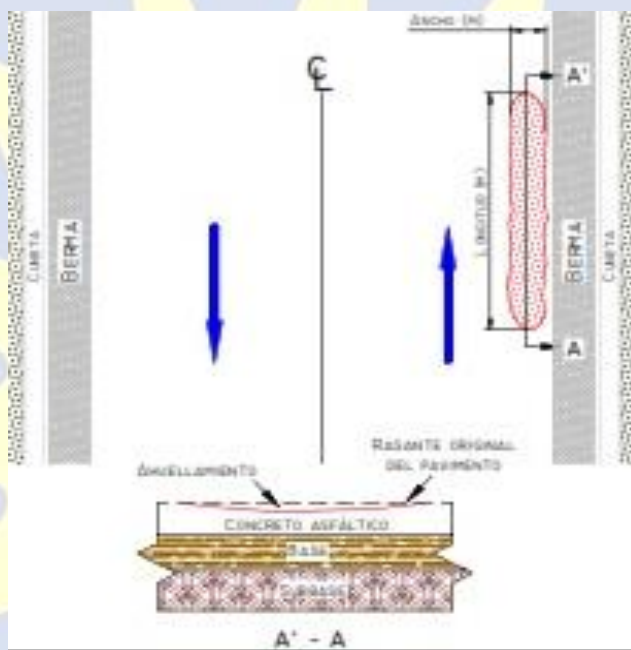


Figura 16. Ahuellamiento. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

### 6.3.3 Pérdida de las capas de la estructura.

#### 6.3.3.1 Descascaramiento (DC).

Esta lesión se debe al desprendimiento de parte de la capa asfáltica superficial, sin llegar a afectar las capas granulares inferiores. Ver figura 17.

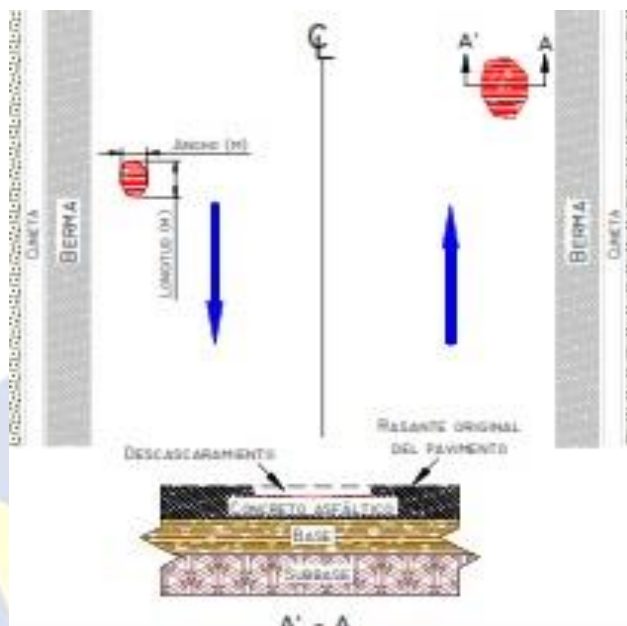


Figura 17. Descascaramiento. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

### 6.3.3.2 Baches (BCH).

Es la desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales de las capas granulares, lo cual lleva al aumento del área afectada y de su profundidad debido a la acción del tránsito. Ver figura 18. Dentro de este tipo de daños estas agrupados los ojos de pescado.

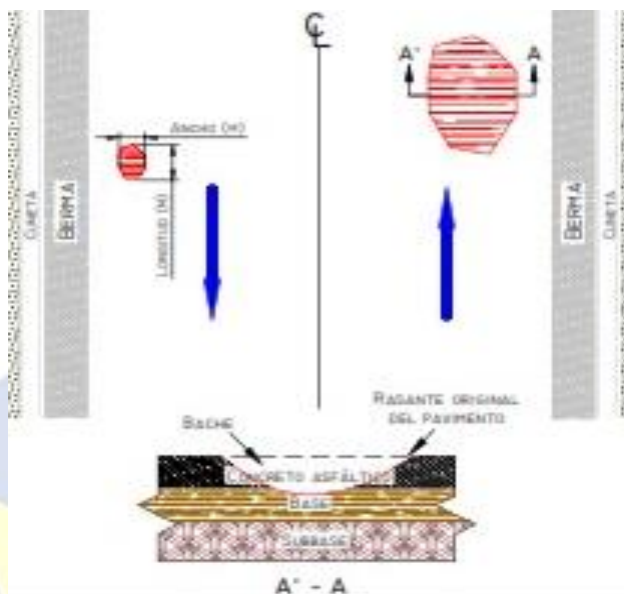


Figura 18. Bache. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

### 6.3.3.3 Parche (PCH).

Los parches son áreas donde el pavimento original fue removido y sustituido por un material similar o diferente (A nivel de carpeta asfáltica o hasta capas granulares). Ver figura 19. Los parches se hacen para reparar la estructura de pavimento o también cuando se hace necesario la instalación de alguna red de servicios y se es obligatorio hacer una excavación.

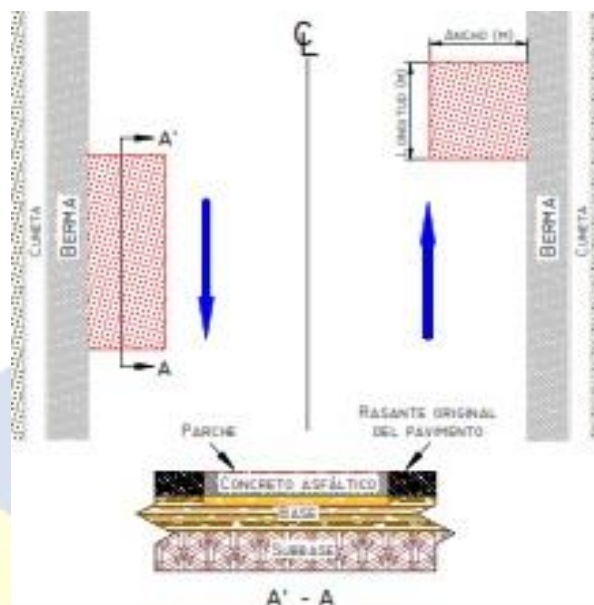


Figura 19. Parche. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

### 6.3.4 Daños superficiales.

#### 6.3.4.1 Desgaste superficial (DSU).

Es el deterioro del pavimento causado principalmente por la acción del tránsito. Ver figura 20. Se manifiesta mediante la pérdida del ligante asfáltico y mortero, es más evidente en las zonas más transitadas por los vehículos.

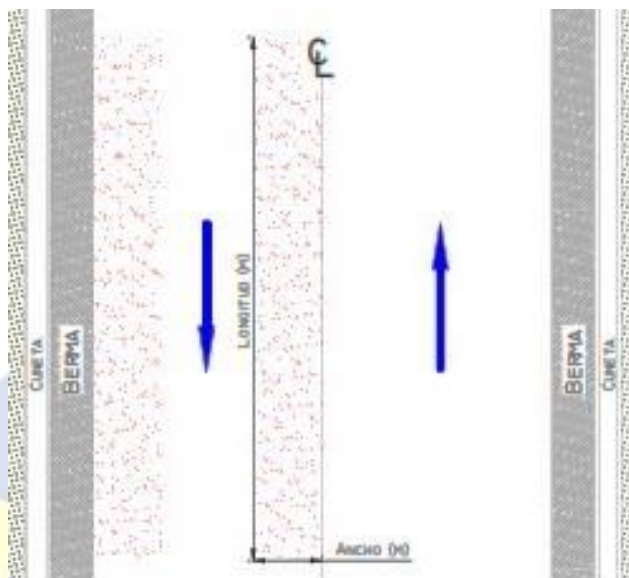


Figura 20. Desgaste Superficial. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

#### 6.3.4.2 Pérdida de agregado (PA).

Llamada también desintegración, es la disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados. Ver figura 21. La pérdida de agregados genera que la superficie de rodadura se vuelva más rugosa, y expone de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y agentes naturales.

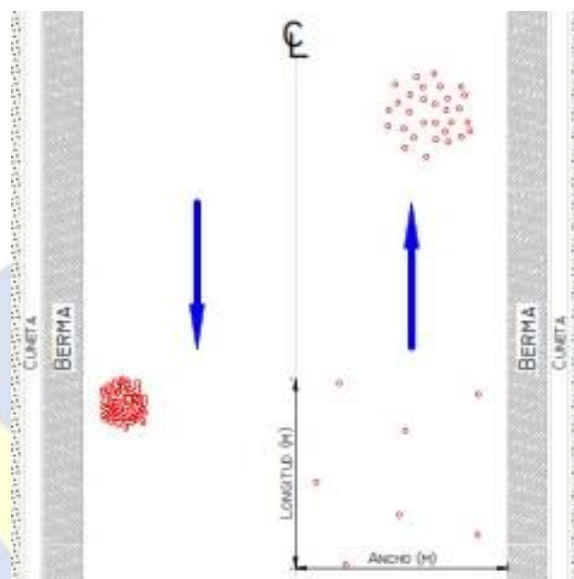


Figura 21. Pérdida de Agregados. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

#### 6.3.4.3 Pulimiento del agregado (PU).

Esta patología es muestra de la evidencia de agregados con caras planas que quedaron en la superficie de la carpeta asfáltica, o también significa que el agregado usado en la mezcla asfáltica es carente de agregados angulares. Ver figura 22. El pulimiento de los agregados puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento.

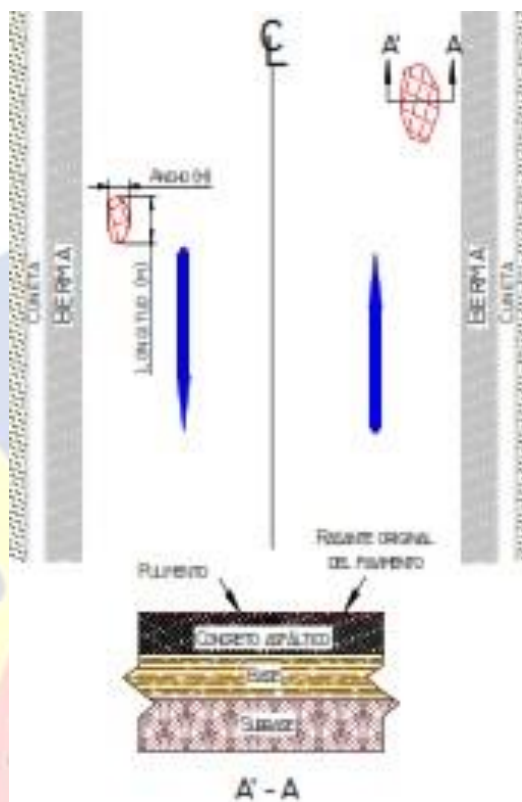


Figura 22. Pulimiento del Agregado. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

#### 6.3.4.4 Cabezas duras (CD).

Corresponde a la presencia de agregados expuestos fuera del mortero arena-asfalto, que puede llegar a aumentar la rugosidad del pavimento, provocando ruido excesivo para el conductor. Ver figura 23.

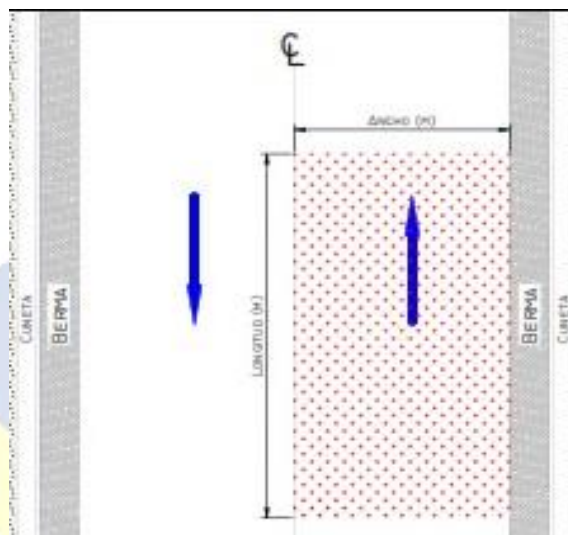


Figura 23. Cabezas Duras. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

#### 6.3.4.5 Exudación (EX).

Es la aparición o afloramiento del ligante asfáltico sobre la superficie del pavimento, generalmente es brillante, resbaladiza y pegajosa, puede llegar a afectar la resistencia al deslizamiento. Ver figura 24.

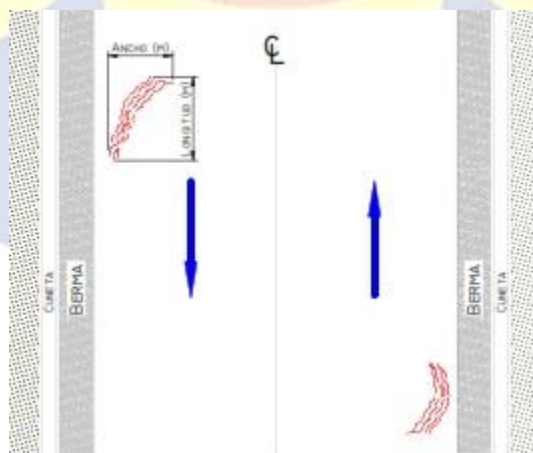


Figura 24. Exudación. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

#### 6.3.4.6 Surcos (SU).

Son franjas o canales longitudinales donde se han perdido los agregados de la mezcla asfáltica. Ver figura 25.

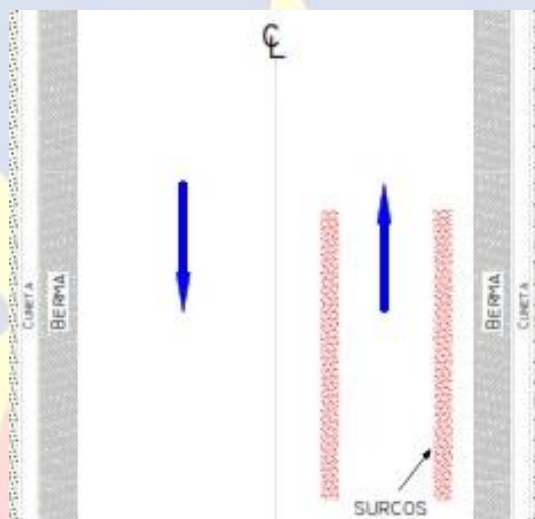


Figura 25. Surcos. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

#### 6.3.5 Otros daños.

##### 6.3.5.1 Corrimiento vertical de la berma (CVB).

Es una diferencia de elevación entre la calzada y la berma, generada por un desplazamiento de la berma. Ver figura 26. Estos daños facilitan la infiltración de agua hacia el interior de la estructura de pavimento, causando su deterioro.

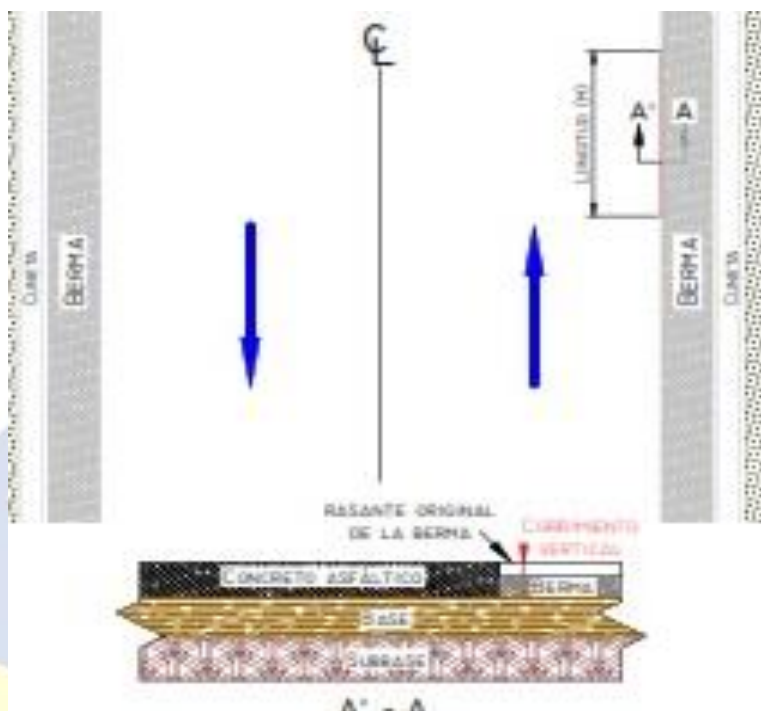


Figura 26. Corrimiento Vertical de Berma. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

#### 6.3.5.2 Separación de la berma (SB).

Esta patología es un indicativo del aumento de la separación de la junta existente entre la calzada y la berma. Ver figura 27. Esto permite la infiltración de agua al interior de la estructura causando su deterioro.

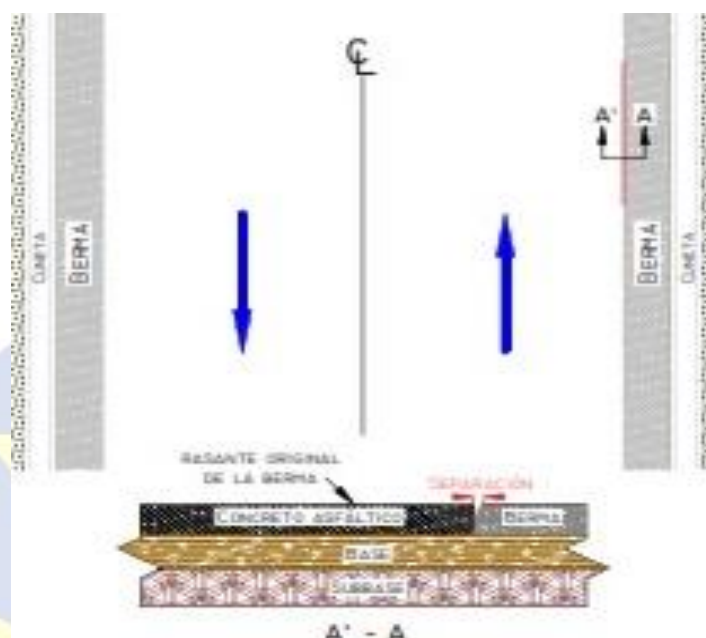


Figura 27. Separación de la Berma. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

### 6.3.5.3 Afloramiento de finos (AFI).

Se refiere a la salida de agua infiltrada, junto con material fino de las capas granulares, a través de las grietas, debido a la acción de las cargas vehiculares. Ver figura 28.

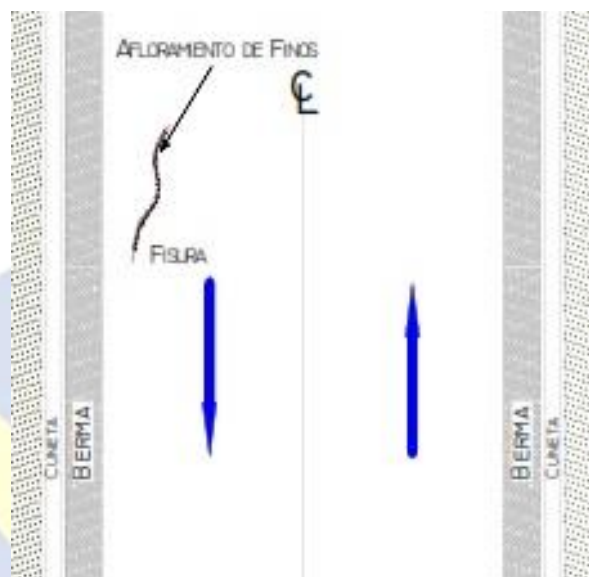


Figura 28. Afloramiento de Finos. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

#### 6.3.5.4 Afloramiento de agua (AFA).

Es la presencia del líquido en la superficie del pavimento, cuando el clima no es lluvioso.

Ver figura 29.

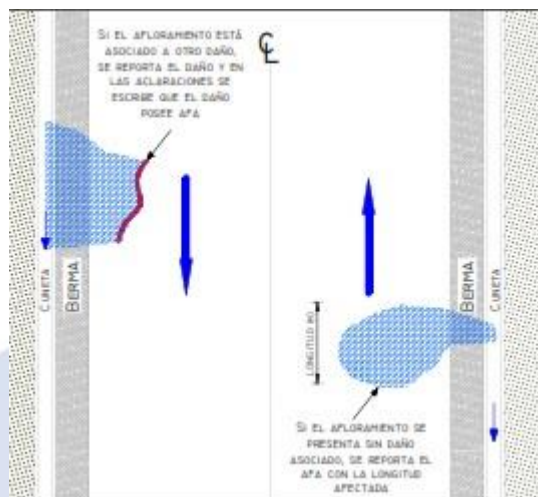


Figura 29. Afloramiento de Agua. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

#### 6.4 Clasificación y cuantificación de los daños.

Dentro de los procesos de rehabilitación de pavimentos flexibles, es necesario hacer un levantamiento o inventario de los daños encontrados, especificando su tipo, severidad y unidad de medición. Usualmente cada país tiene sus propias normas para hacer estos inventarios, normalmente basadas en reglamentos americanos, en Colombia, se hace uso del método de INVIAS, y adicionalmente se usa el método PCI, de la Asociación Americana de Ensayo de Materiales” ASTM”. En el desarrollo de este proyecto se hará uso de los dos métodos, puesto que el método INVIAS, permite una clasificación más meticulosa de los daños encontrados, ya que este obliga a describir todos y cada uno de estos, además de su localización dentro del tramo; pero el método PCI, a pesar de solo mostrar un valor general de las áreas afectadas, al final da un valor, el cual clasifica el estado del pavimento, dentro de unos rangos que describen el estado general de la estructura.

#### 6.4.1 Método del Instituto Nacional de Vías.

Este método permite la contabilización de las lesiones encontradas en el pavimento de acuerdo a su tipo y severidad. El *Manual de Inspección visual de Pavimentos Flexibles* (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2006), indica el tipo de lesiones que se pueden presentar en este tipo de estructuras, tal y como se lo especificó en el punto 6.3 de este trabajo.

Según este método, es necesario que el levantamiento de daños se haga en secciones homogéneas de 100 metros lineales; dentro de cada sección se hace una inspección meticulosa de los daños presentes, especificando sus dimensiones y el carril en el que se encuentran, además de la severidad del daño.

La severidad de los daños se clasifica en 3:

- Alta.
- Media.
- Baja.

Los criterios para identificar la severidad de los daños, son distintos para cada tipo de lesión. Al final se reportan las áreas de afectación de cada tipo de lesión, discriminándolas por severidad.

##### 6.4.1.1 Formato de levantamiento de daños.

El *Manual de Inspección visual de Pavimentos Flexibles* (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2006), provee de un formato modelo para el levantamiento de daños en campo, ver figura 30, en el cual hay que diligenciar los datos correspondientes a la identificación de la vía y su geometría, además facilita el diligenciamiento del tipo de lesiones indicando el carril en el que

se presenta, severidad y dimensiones, además de un apartado para indicar observaciones inherentes a la lesión, que se harán necesarias a la hora de analizar los resultados.

|                   |         |                |             |                |                                     |             |          |
|-------------------|---------|----------------|-------------|----------------|-------------------------------------|-------------|----------|
| TERRITORIAL:      | XXXXXXX | FECHA:         | 01-jun-06   | CONCESIÓN:     | <input type="checkbox"/>            | PR INICIAL: | PR63+400 |
| CÓDIGO DE LA VÍA: | XXXXXXX | CONTRATO No.:  | XXX de 2001 | MTTO INTEGRAL: | <input type="checkbox"/>            | PR FINAL:   | PR63+500 |
| NOMBRE DE LA VÍA: | XXXXXXX | LEVANTADO POR: | XXXXXXX     | A.M.V.:        | <input checked="" type="checkbox"/> | HOJA:       | 1 DE: 1  |

[illegible]

Figura 30. Formato de Levantamiento de daños en Pavimentos Flexibles. Fuente “Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles” del INVIAS.

### 6.4.2 Método ASTM D 5340-98 PCI (Pavement Condition Index).

El método PCI es uno de los métodos más empleados para hacer inventarios de daños en las vías, puesto que al ser un método visual no requiere de equipos especializados para su ejecución. El método se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente. Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido”, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad.

El PCI es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en excelentes condiciones. Existiendo rangos del PCI los

cuales tienen su correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento tal como se muestra en la figura 31.

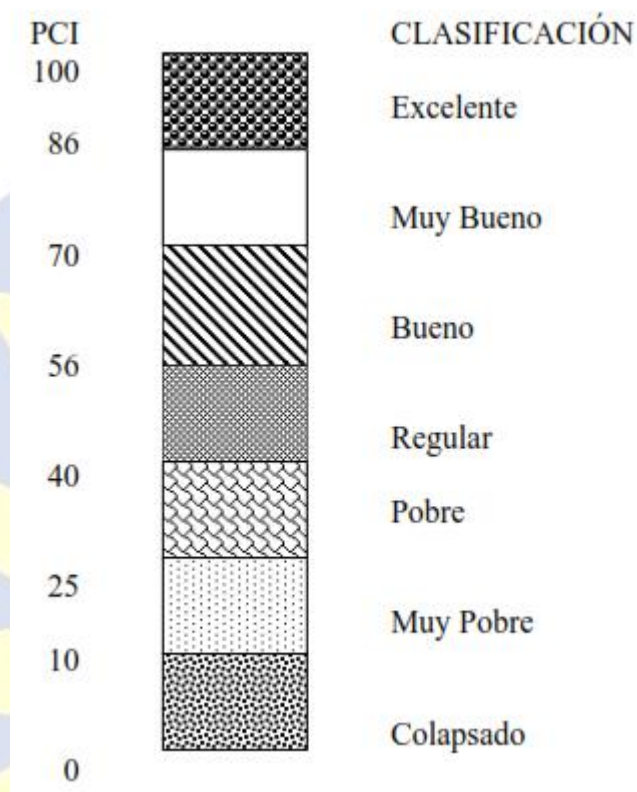


Figura 31. Índice de Condición de Pavimento (PCI), Fuente Norma ASTM 5340-98.

#### 6.4.2.1 Resumen del Método.

El método requiere que el pavimento se divida en componente, que a su vez se dividen en secciones, cada sección es dividida en unidades de muestra. El tipo y grado de severidad de las fallas en el pavimento son establecidos mediante la inspección visual de las unidades de muestra. Las fallas se miden de acuerdo al tipo y severidad, obteniendo para cada uno de estos un valor total en metros cuadrados. La información sobre las fallas es utilizada para calcular el PCI de

cada unidad de muestra. El PCI de la sección de pavimento se determina en base a los valores del PCI determinados para cada una de las unidades de muestra.

#### **6.4.2.2 Uso y significado.**

El PCI es un indicador numérico que le da una calificación a las condiciones superficiales del pavimento. El PCI proporciona una medición de las condiciones actuales del pavimento basada en las fallas observadas en su superficie, indicando también su integridad estructural y condiciones operacionales (rugosidad localizada y seguridad). El PCI no puede medir la capacidad estructural del pavimento, y tampoco proporciona determinación directa sobre el coeficiente de resistencia a la fricción (resistencia al resbalamiento) o la rugosidad general. Proporciona una base objetiva y racional para determinar las necesidades y prioridades de reparación y mantenimiento. Un monitoreo continuo del PCI es utilizado para establecer el ritmo de deterioro del pavimento, a partir del cual se identifican con la debida anticipación las necesidades de rehabilitación mayores. El PCI proporciona información sobre el rendimiento del pavimento para su validación o para incorporar mejoras en su diseño y procedimientos de mantenimiento.

#### **6.4.2.3 Herramientas.**

Las herramientas usadas en este método son:

- Formato de reporte de daños (Varía dependiendo si es pavimento flexible o rígido.
- Odómetro.
- Flexómetro.

- De ser posible se aconseja usar planos de la vía objeto de estudio.

#### 6.4.2.4 Unidades de muestreo.

Teniendo en cuenta las recomendaciones de (Varela, 2012), en vías cuya estructura de pavimento sea de concreto asfáltico y cuyo ancho sea menor a 7,30 metros, el área de las unidades de muestreo debe estar en el rango de  $(230 \pm 93) \text{ m}^2$ .

#### 6.4.2.5 Determinación de las unidades de muestreo para evaluación.

Citando de nuevo el trabajo de (Varela, 2012), en la “**Evaluación de una Red**” vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

En la “**Evaluación de un Proyecto**” se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la ecuación 1, la cual produce un estimado del  $\text{PCI} \pm 5$  del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

- $n$ : número mínimo de unidades a evaluar.
- $N$ : número total de unidades de muestreo en la sección de pavimento.
- $e$ : error admisible en el estimativo del PCI de la sección ( $e= 5\%$ ).
- $\sigma$ : desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar del PCI es de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35) En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse. Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ( $n < 5$ ), todas las unidades deberán evaluarse. Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

## **7. Diseño Metodológico.**

### **7.1 Tipo de estudio.**

El presente trabajo se desarrolla bajo la modalidad de trabajo práctico investigativo, ya que en el desarrollo del mismo se hace necesario indagar sobre las características del paciente, buscando información de distintas fuentes, e interpretando las evidencias encontradas en campo, para poder elaborar de esta forma un modelo tanto de las condiciones ideales del paciente, como de su estado actual bajo el efecto de las distintas lesiones; permitiendo de esta manera poder aplicar procesos racionales y técnicamente efectivos para así elaborar una metodología de intervención acorde a las distintas normativas, tanto de la calidad de materiales, como del diseño y procesos constructivos.

### **7.2 Revisión de fuentes bibliográficas.**

Para el desarrollo de este trabajo se toman como base de estudio, los planteamientos presentados por el Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2006), y la norma estadounidense ASTM 5340-98 (American Society for Testing Materials, 1998), para la inspección visual e identificación de patologías presentes en las estructuras de pavimento flexible, ya que además proporcionan la clasificación de estas con base en su estructura y severidad. Estas fuentes proporcionan también, modelos de fichas de inspección, que se toman en cuenta y se modifican de acuerdo a las necesidades del proyecto, llevando así, un registro adecuado del trabajo en campo y el levantamiento de daños.

Adicionalmente se hace necesario consultar la Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008), como también las Especificaciones para la Construcción de Carreteras y Normas de Ensayos de Materiales (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), para de esta manera conocer el estado de los materiales que componen la estructura, y así dar soporte a la evidencia visual encontrada en las inspecciones.

### **7.3 Recopilación de Información.**

En esta etapa, se procede a consultar fuentes de información tales como la secretaría de planeación de la alcaldía municipal, EMPOPASTO (entidad encargada del sistema de alcantarillado y acueducto), CEDENAR, etc. Con el fin de recopilar planos topográficos además de planos record de acueducto y alcantarillado, redes secas y posibles estudios previos que sirvan de base para entender mejor el tiempo y el uso que se le ha dado a esta vía.

### **7.4 Identificación de lesiones y digitación de planillas (Historia clínica).**

Durante esta actividad se establece el origen de un sistema de abscisado, e inmediatamente se procede a hacer una inspección del paciente, reconociendo el estado del pavimento e identificando lesiones, de las cuales se llevará un control en un sistema de planillas de inspección, en las cuales se les asignará un código, además se digitará la ubicación, severidad y adicionalmente se llevará un registro fotográfico de la misma.

Para complementar la historia clínica, se hace necesario, la realización de un estudio de suelos en el tramo objeto de estudio, valiéndose para esto, de la normatividad del Instituto Nacional de Vías. El estudio de suelos contemplará una serie de apiques, de tal manera que faciliten una visión amplia de la estructura del terreno; los resultados esperados de estos estudios, proporcionaran la estratigrafía del terreno, espesores, posibles niveles freáticos, límites de consistencia y capacidades portantes del terreno.

Adicionalmente se harán estudios detallados de la estructura de pavimento, tales como extracciones de núcleos para la caracterización de la mezcla usada, como también la toma de densidades, con el objetivo de determinar el estado de la carpeta de rodadura y capas granulares, ampliando de esta manera, la visión que se tiene del estado de la estructura, y comprobando las posibles hipótesis que se formularon desde el momento de la inspección visual.

#### **7.5 Procesamiento de resultados (Diagnóstico).**

Una vez se obtengan los resultados de los estudios de suelos y estudios detallados, en conjunto con la evidencia recabada durante la inspección visual, se procede a hacer un análisis minucioso, considerando todos y cada uno de los detalles, formulando de esta manera un diagnóstico, que explique de manera coherente y racional la causa del origen de las lesiones encontradas a lo largo del tramo de esta vía.

## 7.6 Propuesta de intervención.

Una vez se haya determinado las causas que originaron las lesiones presentes en la estructura de pavimento, se procederá a hacer una propuesta de intervención, teniendo en cuenta las recomendaciones provenientes de los ensayos y del análisis de la información recopilada en las planillas, considerando la viabilidad técnica, ambiental y económica, y de esta manera poder establecer el proceso de intervención que se seguirá y que permitirá a la estructura recuperar su funcionalidad en el menor tiempo posible.



## 8. Historia Clínica.

### 8.1 Información general del proyecto.

- **Nombres de los profesionales a cargo del proyecto.**

Ingeniero Civil Oscar David Chamorro Montenegro.

Ingeniero Civil Diego Fernando Paz Villota.

- **Fecha de realización del proyecto.**

Junio de 2016 a Mayo de 2017.

- **Nombre.**

Estudio patológico de la calle 18 entre el intercambiador vial Agustín Agualongo y Universidad de Nariño.

- **Fecha de Construcción.**

No se cuenta con información acerca de la fecha exacta de la construcción de la vía, y por la información recolectada por la gente que habita el sector de influencia, se conoce que la vía hasta aproximadamente 25 años, era destapada, con eventuales mantenimientos concernientes a perfilados de la rasante con recebo, y que solo a partir de mediados de los años 90 se pavimentó el tramo con concreto asfáltico, pero que el mantenimiento no fue el adecuado, y solo consistió en sucesivos parcheos y bacheos, para mejorar la superficie de rodadura.

- **Localización geográfica.**

El proyecto se encuentra ubicado en la ciudad de San Juan de Pasto, departamento de Nariño, al sur occidente de la región Andina; el tramo de vía objeto de este estudio se ubica específicamente en la calle 18, entre el Intercambiador vial Agustín Agualongo, y la Universidad de Nariño, tal y como se indica en las figuras 32,33 y 34. El tramo de vía hace parte del sistema vial que comunica a la ciudad de Pasto con el occidente del departamento.



Figura 32. Ubicación geográfica del departamento de Nariño y San Juan de Pasto. Fuente: Instituto Nacional de Vías.

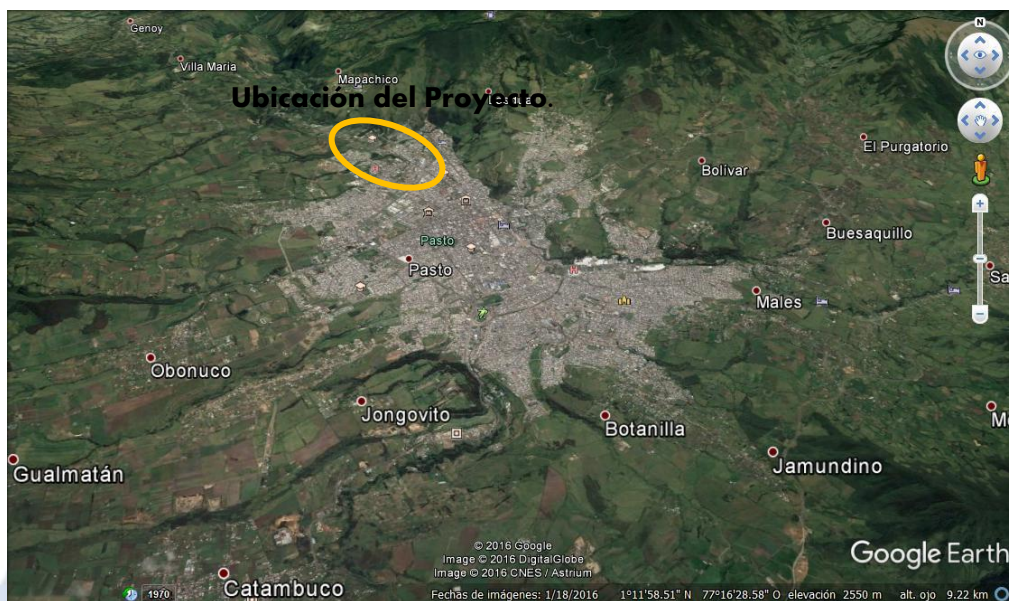


Figura 33. Zona de ubicación del proyecto. Fuente: Google Earth.

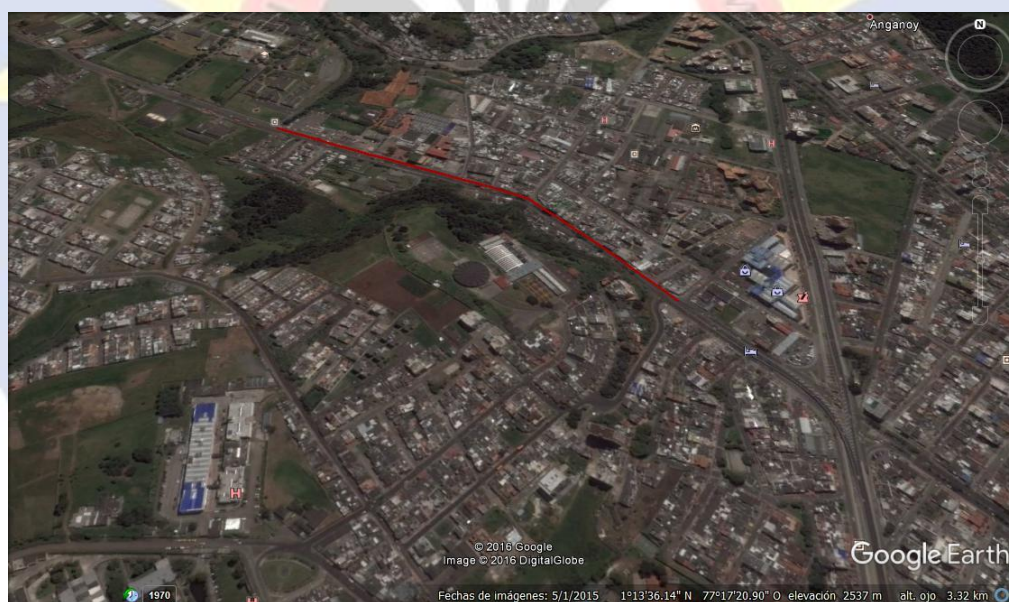


Figura 34. Ubicación del tramo de vía dentro del inicio de la vía circunvalar al volcán Galeras. Fuente: Google Earth.

- Geología.

La ciudad de San Juan de Pasto presenta unas condiciones geológicas particulares, al encontrarse situada en el macizo colombiano, sector caracterizado por la presencia de volcanes activos, como también por una elevada presencia de fallas geológicas. Teniendo en cuenta la información presentada por la Alcaldía Municipal (2004) en la Agenda Ambiental, la cual tiene un aparte de la geología estructural de la zona, las estructuras presentes en el municipio se enmarcan en la cordillera Centro-Oriental, definidas a partir de los trabajos realizados por INGEOMINAS, determinando la presencia de fallas a nivel regional que ejercen control estructural sobre la morfología de la misma; el estrechamiento-levantamiento de las depresiones interandinas responde a esfuerzos compresivos típicos en zonas de convergencia destructiva de placas litosféricas como es la acción de la Placa de Nazca que subduce al bloque Andino. Encontramos los siguientes sistemas de fallas: **sistema falla frontal de la cordillera oriental, sistema de fallas de romeral: entre las que se encuentran la falla de Buesaco, falla de Pasto, falla de Tescual y la falla de San Ignacio.**

En cuanto a la estratigrafía presente en la zona, el mismo informe, toma como referente la información brindada por INGEOMINAS, y se presenta un resumen de la misma, en la tabla No. 2.

Tabla 2. Geología Estratigráfica.

| ERA             | PERIODO     | FORMACION                          | CARACTERISTICAS                                                         | AREA      |       |
|-----------------|-------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|
|                 |             |                                    |                                                                         | Has.      | %     |
| PRECAMBRICA     |             | PEmct                              | Complejo Migmatítico de la Cocha – Río Téllez                           | 12636.5   | 11.4  |
| PALEOZOICA      |             | Pzic                               | Gneis de la Cocha                                                       | 4119.046  | 3.7   |
| MESOZOICA       |             | Kv                                 | Formación villeta                                                       | 282.2     | 0.3   |
| CENOZOICA       | Terciario   | Tig                                | Cuarzodiorita del Guamués                                               |           |       |
| CENOZOICA       |             | Tid                                | Materiales holocristalinos faneríticos homogéneos                       | 210.37    | 0.2   |
|                 |             | Tha                                | Materiales holocristalinos andesíticos – dioríticos faneríticos masivos | 709.78    | 0.6   |
|                 |             | TQvic                              | Lavas y cenizas.                                                        | 27442.76  | 24.7  |
|                 |             | TQva                               | Avalanchas, ardientes y de escombros                                    | 181.2655  | 0.2   |
|                 |             | TQvp                               | Afloramientos volcánicos tipo piroclastos                               | 3657.90   | 31.7  |
|                 |             | Tqvpa                              | Afloramientos volcánicos tipo piroclastos                               | 946.8     | 0.9   |
|                 |             | TQvl                               | Lavas andesíticas                                                       | 35266.15  | 31.7  |
|                 |             | TQvf                               |                                                                         | 2818.26   | 2.5   |
|                 | TQvll       | Flujos de ceniza, escoria y pumita | 941.61                                                                  | 0.8       |       |
|                 | Cuaternario | Qsgf                               | Depósitos glaciares y fluvio-glaciares                                  | 150       | 0.1   |
|                 |             | Qc                                 | Depósitos Coluviales                                                    | 1506.29   | 1.4   |
|                 |             | Qvc                                | Lluvias de Ceniza                                                       | 4552.35   | 4.1   |
|                 |             | Qal                                | Depósitos Fluviales                                                     | 1407.31   | 1.3   |
|                 |             | Qal-Ql                             | Depósitos Fluvio – Lacustres                                            | 6707.79   | 6     |
|                 |             | Ql                                 | Sedimentos de origen limnico                                            | 2028.05   | 1.8   |
|                 |             | Qcal                               | Depósitos Coluviales y Aluviales                                        | 837.44    | 0.8   |
|                 |             | Qt                                 | Depósitos recientes en terrazas                                         | 430.78    | 0.4   |
| TOTAL           |             |                                    |                                                                         | 106832.7  | 96.1  |
| Cuerpos De Agua |             |                                    |                                                                         | 4.385,1   | 3,9   |
| GRAN TOTAL      |             |                                    |                                                                         | 111.217,8 | 100,0 |

- Clima y Pluviosidad.

La ciudad de San Juan de Pasto, se encuentra a una altura de 2527 metros sobre el nivel del mar, y al estar en el macizo colombiano, tiene influencia de 3 regiones geográficas del país, estas regiones son la Andina, Pacífica y la Amazónica.

Según la información brindada por el Plan de Ordenamiento territorial (2016), la ciudad de San Juan de Pasto tiene una temperatura promedio anual de 13,8°C, y una precipitación media anual de 1273 mm; el mes con la mayor temperatura es abril con una media de 14,3°C, y el mes con la menor temperatura media es julio

con 13,3°C. El mes con la mayor precipitación es noviembre, con una media de 185 mm, mientras que julio es el mes con la menor cantidad de precipitaciones, con una media de 26 mm.

## 8.2 Información del paciente.

- **Propietario.**

El propietario es el municipio de San Juan de Pasto, por lo tanto, todas las actividades y manejos sobre el mismo, corresponden a la alcaldía municipal y AVANTE (Organización descentralizada de orden municipal, encargada del sistema estratégico de transporte público).

- **Uso Actual y Previsto.**

Según el POT del municipio, esta vía es un eje urbano secundario, y hace parte de la centralidad de escala subregional “Torobajo” (CS2), ya que presta el servicio a toda el área municipal, para comunicar la ciudad con los municipios vecinos alrededor del área de influencia del volcán Galeras, adicionalmente sirve como única ruta para comunicar la ciudad con la Universidad de Nariño, Universidad Cooperativa, y unidades residenciales ubicadas al lado de la vía.

Adicionalmente, esta zona presenta restricciones para el desarrollo de actuaciones urbanísticas, puesto que el sector se encuentra ubicado dentro de la zona de amenaza volcánica media.

- **Importancia.**

La importancia de esta carretera radica en que es la única vía que comunica a la ciudad con los municipios de la zona occidental del departamento, tales como Nariño, La Florida, Sandoná, Ancuyá y Linares, sin tener que tomar vías alternas.

- **Longitud y área del Tramo.**

El tramo de la vía a evaluar, tiene una longitud de 700 metros lineales, con un ancho de calzada promedio de 6,8 metros, un separador vial de 1,9 metros de ancho, y dos carriles, convirtiendo a este tramo en una vía multicarril.

- **Sistema Estructural.**

El sistema estructural de la vía, corresponde a un pavimento flexible con una capa de rodadura con espesores entre 5 y 10 cm. Presumiblemente hay 2 capas granulares, una de base y otra de subbase.

### **8.3 Información obtenida en entidades municipales.**

Durante la primera etapa de la recolección de información se recurrió a la Alcaldía Municipal de Pasto, específicamente a la Secretaría de Planeación e Infraestructura, en la cual se informa que esta vía está bajo el manejo de AVANTE, entidad descentralizada que se encarga del manejo y control del sistema integrado de transporte y del mantenimiento de la malla vial primaria de la ciudad. La entidad aprueba el permiso para la ejecución del estudio patológico del paciente, con ciertas restricciones, además de que facilita información correspondiente a un levantamiento topográfico, un estudio de tránsito y 4 ensayos de CBR realizados en la misma.

### 8.3.1 Topografía.

La información correspondiente a topografía, se compone de un levantamiento topográfico planimétrico, con curvas de nivel cada metro, y también de un perfil, correspondiente al terreno real y al eje de la vía existente, también con puntos cada metro, ver figura 35. La extensión del levantamiento topográfico es de aproximadamente 1050 metros, medidos desde el sitio donde termina el intercambiador vial Agustín Agualongo, hasta los límites de la Universidad de Nariño y el predio de POSTOBON.

Durante la etapa de recolección de información en las entidades municipales, se recurrió a CEDENAR y EMPOPASTO, que son las entidades encargadas del manejo de redes eléctricas y de acueducto y alcantarillado respectivamente; se solicitó información de levantamientos y planos record de la situación de estas redes, pero la respuesta por parte de ambas fue negativa, debido a que esta información actualmente se encuentra en actualización en algunas zonas, mientras que en otras la información es inexistente; por lo tanto el plano topográfico facilitado por AVANTE, contiene un levantamiento que contempla la ubicación tanto de postes como también de tapas de alcantarillado, tal y como se especifica en el anexo 1.

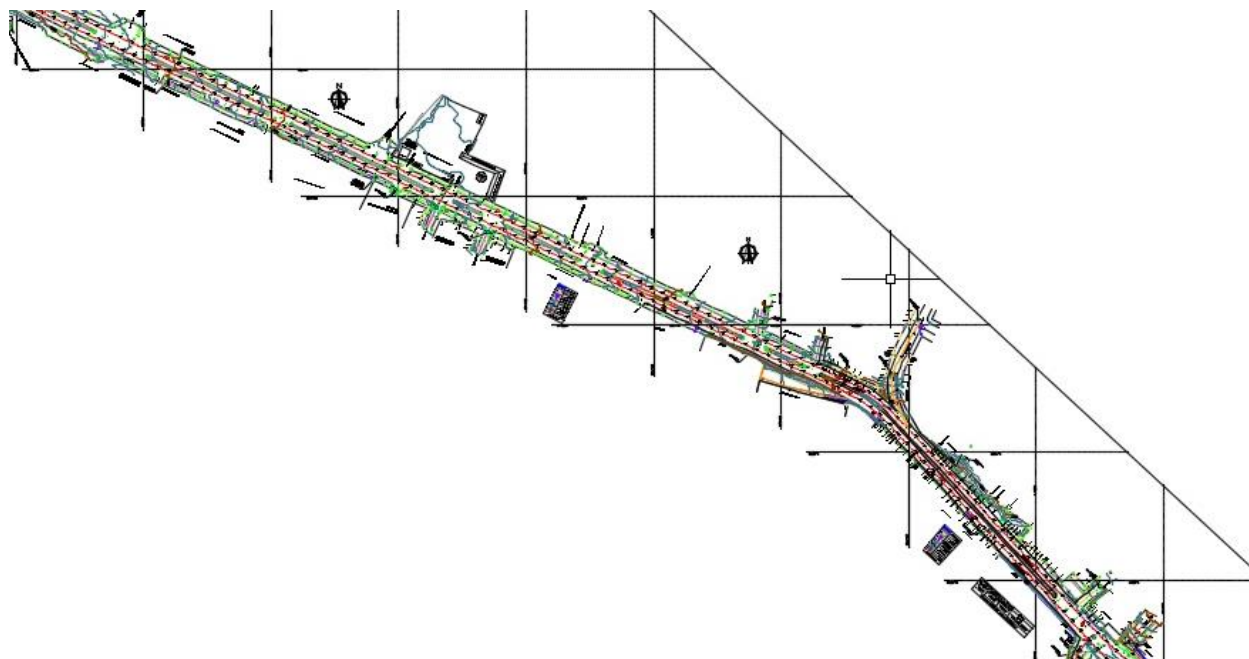


Figura 35. Levantamiento topográfico del tramo vial objeto de estudio. Fuente: AVANTE.

### 8.3.2 Ensayos de CBR.

Durante la consecución de información ante las entidades municipales, AVANTE facilitó un estudio previo realizado sobre este vía, correspondiente a una serie de ensayos de medición de la capacidad de soporte de la subrasante mediante el ensayo de CBR inalterado, realizado bajo los parámetros establecidos en el artículo I.N.V.E. 148 de las Normas y Especificaciones para la Construcción de Carreteras (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013).

Los ensayos fueron realizados por un laboratorio de la ciudad en el año 2014, como parte de una serie de actividades encaminadas a evaluar la factibilidad de la realización de un nuevo diseño y construcción de una estructura de pavimento, pero como se puede constatar en el presente trabajo, hasta la fecha aún no se han realizado. Los resultados entregados por el laboratorio, están presentes en el anexo 2, pero a continuación se presenta la tabla 3, la cual

resume los resultados obtenidos, además de que presenta la clasificación de la subrasante, con base en los resultados de CBR obtenidos.

Tabla 3. Ensayos de CBR realizados sobre la subrasante del tramo de vía evaluado.

| Ensayos de CBR inalterado |            |            |                                |
|---------------------------|------------|------------|--------------------------------|
| Abscisa                   | CBR a 0,1" | CBR a 0,2" | Clasificación de la Subrasante |
| K0+010                    | 4,2        | 3,3        | Muy mala                       |
| K0+100                    | 3,9        | 3,07       | Muy mala                       |
| K0+200                    | 4,1        | 3,47       | Muy mala                       |
| K0+700                    | 2,6        | 2,8        | Muy mala                       |

### 8.3.3 Estudio de Tránsito.

Además de la topografía y los ensayos de CBR, AVANTE llevó a cabo un estudio de tránsito, ante la falta de un registro histórico del flujo vehicular que por esta vía transita, se instalaron 6 estaciones de conteo a lo largo de 1 km, desde el intercambiador vial Agustín Agualongo que en ese entonces estaba en construcción y aún era conocido como glorieta de las banderas, hasta la universidad de Nariño. Para la proyección del tránsito promedio diario, se usó como el porcentaje de la tasa de crecimiento poblacional de la cabecera municipal de la ciudad, la cual es del 2%.

El estudio de tránsito (Ver anexo 3) al haberse llevado a cabo durante el año 2014, contempló una proyección del tránsito promedio diario anual hasta el año 2015, para que la entidad pudiese tener uno de los parámetros para el diseño de un pavimento, el tránsito vehicular en su mayoría está compuesto por vehículos tipo automóvil y buses de transporte urbano, y en

una menor medida, por camiones, la tabla 4 presenta la descripción del TPDa para el año 2015, detallando el tipo de vehículo.

Tabla 4. Resultados del estudio de tránsito proyectados al año 2015.

| Proyección del Tránsito para el año 2015 |     |       |       |       |          |      |      |      |     |     |     |
|------------------------------------------|-----|-------|-------|-------|----------|------|------|------|-----|-----|-----|
| Año                                      |     | TPDA  | Autos | Buses | Camiones | C2-P | C2-G | C3   | C4  | C5  | >C5 |
| 2015                                     | N ° | 12923 | 10313 | 2404  | 206      | 105  | 46   | 49   | 1   | 2   | 3   |
|                                          | %   | 100   | 79,8  | 18,6  | 1,6      | 50,7 | 22,2 | 23,7 | 0,7 | 1,1 | 1,6 |

#### 8.4 Levantamiento e identificación de lesiones.

El levantamiento de lesiones se realizó usando la metodología propuesta en el Manual de Inspección Visual de Pavimentos flexibles del Instituto Nacional de Vías (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2008), como también la metodología PCI de la ASTM (American Society for Testing Materials, 1998). Ambos métodos se caracterizan por ser meramente visuales e identifican el mismo tipo de lesiones, aunque se diferencian en la medida en que el método INVIAS toma unidades de medición de 100 metros de longitud e identifica todas y cada una de las lesiones y las reporta de manera individual, mientras que en el método PCI las unidades de medición dependen del área total del paciente, tal y como se explicó anteriormente; para ambos métodos lo único que se necesitó fue la ayuda de un odómetro, pintura en aerosol para demarcar las unidades de medición y el catálogo de lesiones.

##### 8.4.1 Levantamiento de lesiones por el método INVIAS.

Durante esta etapa se usó el catálogo de lesiones que se presenta en el Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles, y siguiendo los parámetros establecidos por este, se

determinaron unidades de medición de 100 metros en cada carril, a partir de la abscisa K0+000, designando para practicidad del método, las calzadas como 1 o 2 ( en la calzada 1 el flujo vehicular se dirige hacia la universidad de Nariño, mientras que en la calzada 2, el flujo vehicular tiene sentido contrario y se dirige hacia el intercambiador vial), en cada una de las calzadas, se asigna el número 1 ó 2 e izquierdo y derecho a los carriles, tal y como se indica en la figura 36.

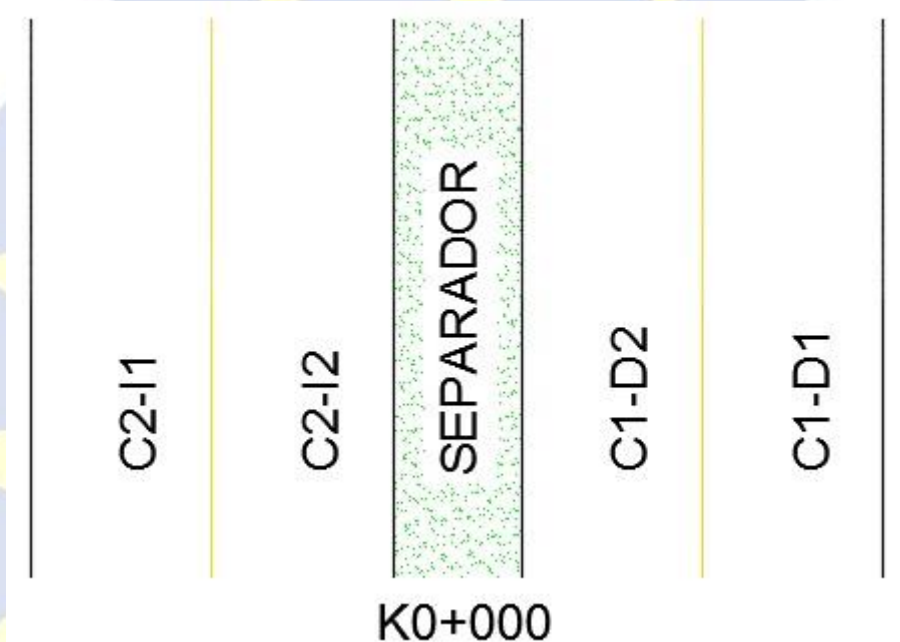


Figura 36. Nomenclatura usada en la designación de las unidades de medición. Fuente: Este trabajo.

El levantamiento de daños se registró en planillas cada una de las lesiones encontradas, indicando para cada una su abscisa, carril, ubicación dentro del carril, dimensiones y severidad (Ver Anexo 4 “*Levantamiento y registro de lesiones*”), llevándose adicionalmente un registro fotográfico de todas y cada una de las lesiones como también un plano en el que se plasman todas y cada una de las lesiones. Las lesiones típicas encontradas se enumeran a continuación.

- **Fisuras Transversales (FT):** se encontraron fisuras trasversales en algunos sectores donde se han hecho trabajos de instalación de redes para el sistema de semaforización, y parcheos discontinuos, ver imagen 2.



Imagen 2. Fisura transversal. Fuente: este trabajo.

- **Fisuras en juntas de construcción longitudinales (FCL):** se encontraron estas fisuras generalmente en sitios donde hay intersecciones y cambio de etapas en la construcción del pavimento, ver imagen 3.



Imagen 3. Fisura de construcción longitudinal. Fuente: Este trabajo.

- **Fisuras en bloque (FB):** este tipo de fisuras se encontraron en la calzada 2, carril izquierdo 1, sector que, por cuestiones de la geometría de la vía y el tráfico, es el que menos carga vehicular tiene ver imagen 4.



Imagen 4. Fisuras en bloque en la calzada 2. Fuente: Este trabajo.

- **Piel de Cocodrilo (PC):** este tipo de lesión fue de las comunes y se presenta en áreas bastante extensas, en algunos puntos la severidad de esta era tan alta que estaba evolucionando a pérdidas de capa y descascaramiento, ver imagen 5.



Imagen 5. Piel de cocodrilo en calzada 1. Fuente: Este trabajo.

- **Hundimiento (HUN):** esta lesión se encontró en la calzada 1, tiene sentido longitudinal, y teniendo en cuenta la evidencia recolectada, el origen de esta se puede deber a deficientes procesos de compactación en los continuos parcheos que se han llevado a cabo en este sector, ver imagen 6.



Imagen 6. Hundimiento en sentido longitudinal, calzada 1. Fuente: Este trabajo.

- **Descascaramiento (DC):** el descascaramiento por lo general se encontró en sitios donde hay presencia de piel de cocodrilo, que ha presentado una evolución en su severidad, causando la pérdida de la carpeta asfáltica, ver imagen 7.



Imagen 7. Descascaramiento en calzada 2. Fuente: Este trabajo.

- **Baches (BCH):** corresponden a la pérdida total de la carpeta de rodadura, dejando expuestas las capas granulares, estas lesiones ocasionan que las aguas lluvias se infiltren en la estructura de pavimento, causando un daño mayor, y así el área afectada aumente progresivamente, ver imagen 8.



Imagen 8. Bache en la calzada 1. Fuente: Este trabajo.

- **Parches (PCH):** aunque no son lesiones como tal, puesto que estos son sectores de la estructura de pavimento que han sido reemplazadas por diversas causas, tales como excavaciones para instalación de tuberías, reposición de pavimento fallado, etc. Es necesario aclarar que estos se encuentran en mal estado, puesto que presentan avanzados estados de deterioro, tales como fisuras y pieles de cocodrilo, además los cortes necesarios para la ejecución de los parches, se hicieron de manera inadecuada, puesto que la geometría de los mismos es irregular en muchos casos, causando la presencia de muchas aristas, que como bien es sabido, pueden originar más fisuras, ver imagen 9.



Imagen 9. Parche con presencia de piel de cocodrilo. Fuente: Este trabajo.

- **Desgaste superficial (DSU):** el desgaste superficial de la estructura de pavimento, es una lesión que se encontró en los primeros metros del tramo, precisamente entre las abscisas K0+000 a K0+010, en la calzada 2, una lesión causada aparentemente por las aguas que escurren desde la carrera 42, la cual

intercepta la calle 18 en contrapendiente, ocasionando que el agua se convierta en un agente abrasivo, que acelera el proceso de desgaste generado por el tráfico, ver imagen 10.



Imagen 10. Desgaste superficial de la carpeta de rodadura. Fuente: Este trabajo.

- **Pulimento del agregado (PU):** esta lesión se encontró en el sitio donde se hizo una intervención en el pavimento, para la instalación de reductores de velocidad, aledaño al acceso peatonal de la Universidad Cooperativa; convirtiéndose en una probable evidencia del uso de una mezcla asfáltica con características mecánicas deficientes, ver imagen 11.



Imagen 11. Pulimento de agregados en mezcla asfáltica usada para fijación de reductores de velocidad.  
Fuente: Este trabajo

#### **8.4.1.1 Reporte de lesiones encontradas.**

Después de ejecutar el levantamiento de lesiones en las dos calzadas, se procedió a hacer un análisis meticuloso de los datos reportados en cada calzada, clasificando las lesiones por tipo, severidad y área que abarcan en cada una de las unidades de medición (Ver Anexo 5 “*Reporte de Lesiones*”). La información de esta actividad se resume en las tablas 5 y 6.



Tabla 6. Reporte de Lesiones encontradas en la Calzada 2.

| Tramo                         | Abscisas |     | Área tramo (m²) | Lesiones encontradas en la estructura de pavimento. |     |       |    |    |     |    |   |     |     |   |      |                                                |    |    |    |   |     |     |    |   |   |   |   |         |        | Total  | %Afectación por tramo |
|-------------------------------|----------|-----|-----------------|-----------------------------------------------------|-----|-------|----|----|-----|----|---|-----|-----|---|------|------------------------------------------------|----|----|----|---|-----|-----|----|---|---|---|---|---------|--------|--------|-----------------------|
|                               |          |     |                 | PCH                                                 |     |       | PC |    |     | DC |   |     | FCL |   |      | FB                                             |    |    | FT |   |     | DSU |    |   |   |   |   |         |        |        |                       |
|                               | B        | M   |                 | A                                                   | B   | M     | A  | B  | M   | A  | B | M   | A   | B | M    | A                                              | B  | M  | A  | B | M   | A   | B  | M | A | B | M | A       |        |        |                       |
| 1                             | 0        | 100 | 680             | 48,4                                                | 10  |       |    |    | 318 |    |   |     |     |   |      |                                                |    |    |    |   |     |     | 55 |   |   |   |   |         | 431,4  | 63,44% |                       |
| 2                             | 100      | 200 | 680             |                                                     | 240 | 68    |    |    | 42  |    |   | 2,5 |     |   |      |                                                | 10 |    |    |   |     |     |    |   |   |   |   |         | 362,5  | 53,31% |                       |
| 3                             | 200      | 300 | 680             |                                                     | 60  | 68,75 |    |    | 160 |    |   |     |     |   | 24,6 |                                                |    |    |    |   |     |     |    |   |   |   |   |         | 313,35 | 46,08% |                       |
| 4                             | 300      | 400 | 680             |                                                     |     | 40    |    | 20 | 348 |    |   |     |     |   | 60   |                                                |    |    |    |   |     |     |    |   |   |   |   |         | 468    | 68,82% |                       |
| 5                             | 400      | 500 | 680             | 4                                                   | 21  | 12    |    |    | 144 |    |   | 3   |     |   | 60   |                                                |    | 24 |    |   | 7,2 |     |    |   |   |   |   |         | 275,2  | 40,47% |                       |
| 6                             | 500      | 600 | 680             |                                                     |     |       |    |    | 468 |    |   | 1,5 |     |   | 60   |                                                |    |    |    |   |     |     |    |   |   |   |   |         | 529,5  | 77,87% |                       |
| 7                             | 600      | 700 | 680             |                                                     |     |       |    |    | 540 |    |   |     |     |   | 60   |                                                |    |    |    |   |     |     |    |   |   |   |   |         | 600    | 88,24% |                       |
|                               |          |     |                 |                                                     |     |       |    |    |     |    |   |     |     |   |      |                                                |    |    |    |   |     |     |    |   |   |   |   |         |        |        |                       |
|                               |          |     |                 |                                                     |     |       |    |    |     |    |   |     |     |   |      |                                                |    |    |    |   |     |     |    |   |   |   |   |         |        |        |                       |
|                               |          |     |                 |                                                     |     |       |    |    |     |    |   |     |     |   |      |                                                |    |    |    |   |     |     |    |   |   |   |   |         |        |        |                       |
| Área total inspeccionada (m²) |          |     | 4760            |                                                     |     |       |    |    |     |    |   |     |     |   |      | Área total afectada y porcentaje de afectación |    |    |    |   |     |     |    |   |   |   |   | 2979,95 | 62,60% |        |                       |

### 8.4.1.2 Análisis de los resultados.

Luego de resumir la información en las tablas de resultados, se procedió a hacer un análisis de estos, clasificando por cada calzada, y en cada uno de los 7 tramos o unidades de medición, los porcentajes de áreas afectadas, áreas afectada por cada tipo de patología y la distribución de daños por cada tipo de severidad.

- **Calzada 1:** el resultado del análisis de los datos encontrados en esta calzada, se resumen en las figuras 37,38,39,40 y 41.

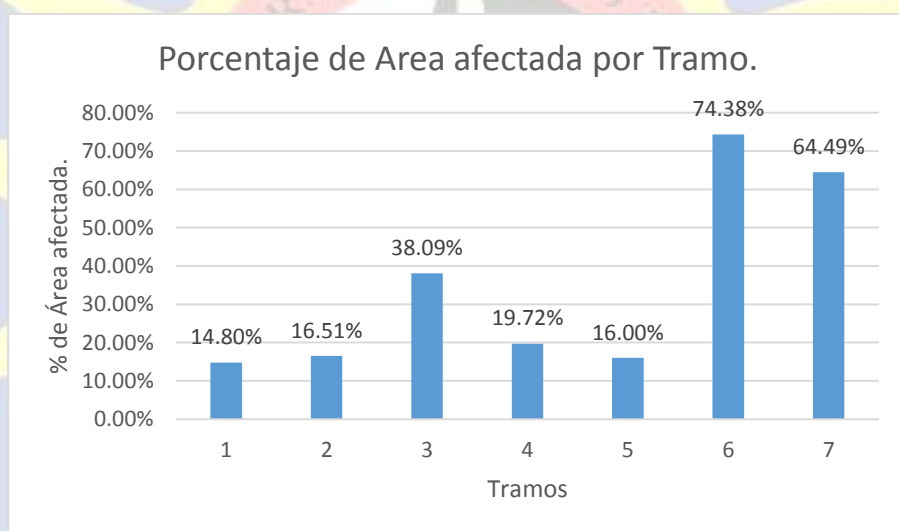


Figura 37. Análisis concerniente al porcentaje de área cubierto por las lesiones en cada uno de los tramos o unidades de medición de la calzada 1.

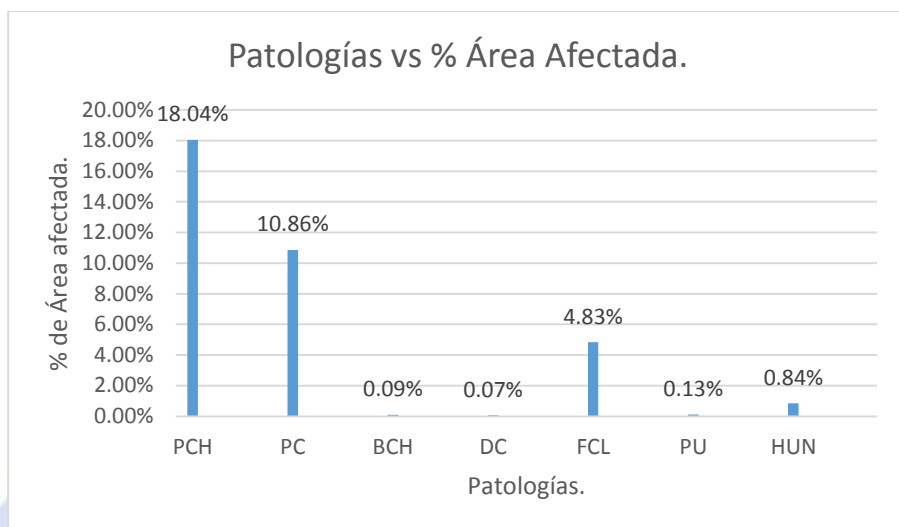


Figura 38. Análisis del porcentaje de área que representa cada lesión sin especificar severidad en la calzada 1.

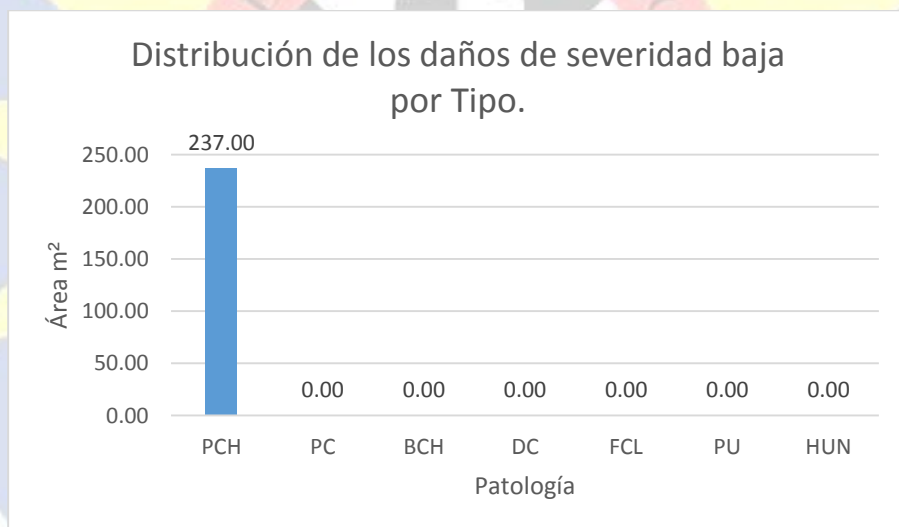


Figura 39. Resultados del área que abarcan las lesiones de severidad baja en la calzada 1.

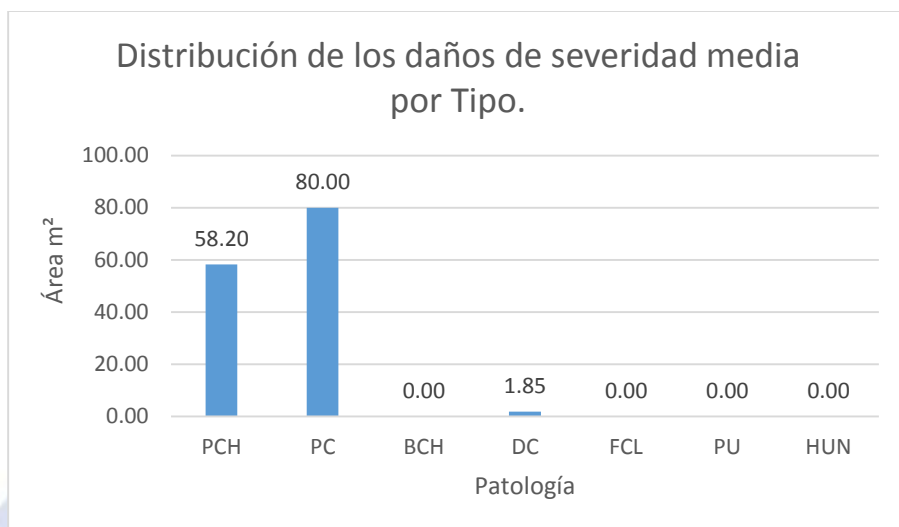


Figura 40. Resultados del área que abarcan las lesiones de severidad media en la calzada 1.

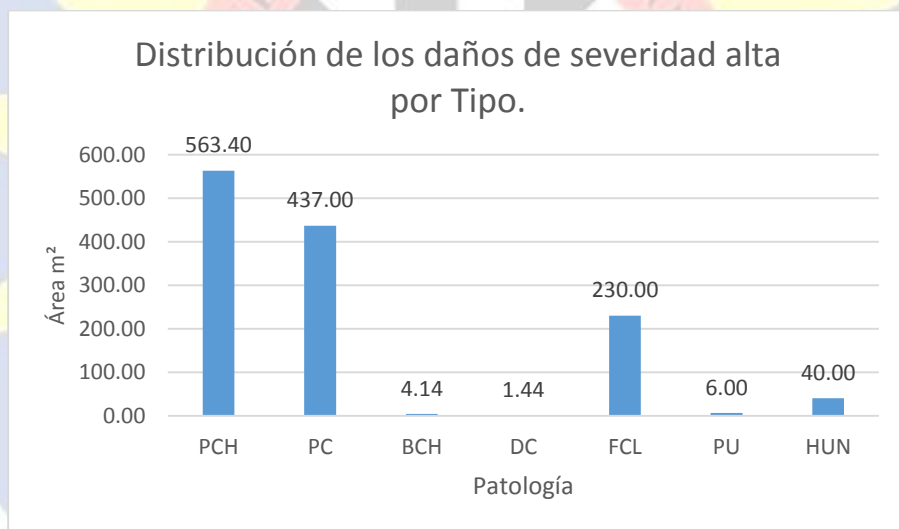


Figura 41. Resultados del área que abarcan las lesiones de severidad alta en la calzada 1.

- Calzada 2: al igual que en la calzada 1, los datos reportados, se analizaron y se los reportó en las figuras 42,43,44,45 y 46

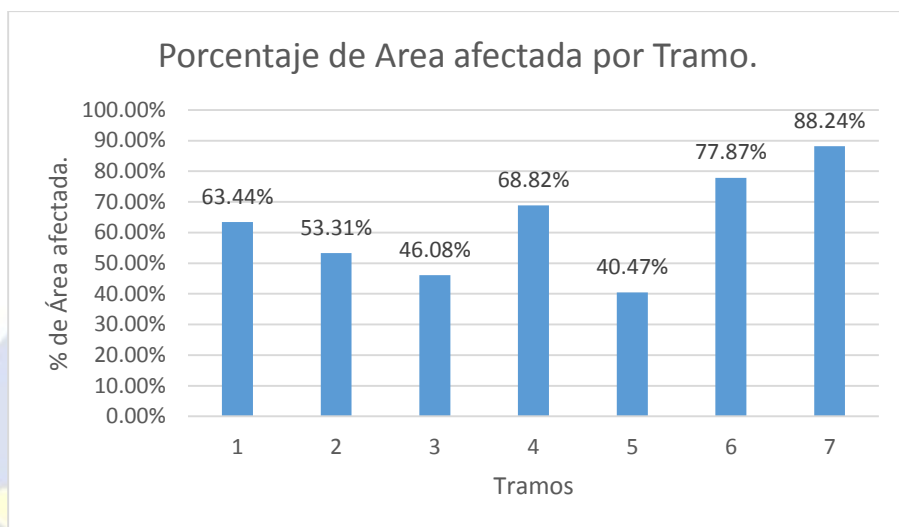


Figura 42. Análisis concerniente al porcentaje de área cubierto por las lesiones en cada uno de los tramos o unidades de medición de la calzada 2.

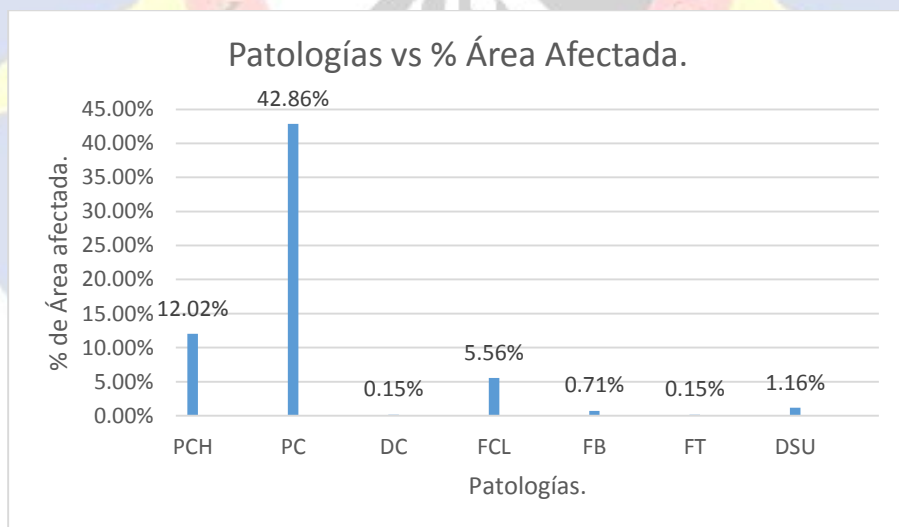


Figura 43. Análisis del porcentaje de área que representa cada lesión sin especificar severidad en la calzada 2.

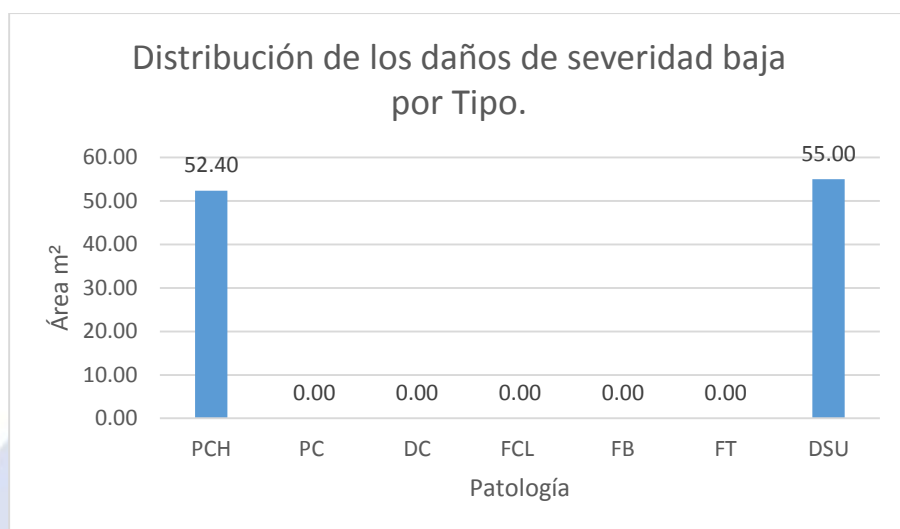


Figura 44. Resultados del área que abarcan las lesiones de severidad baja en la calzada 2.

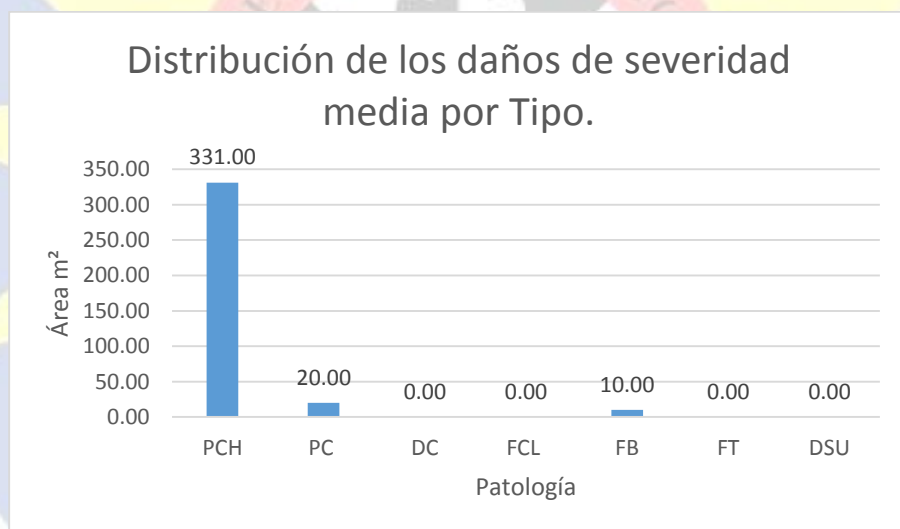


Figura 45. Resultados del área que abarcan las lesiones de severidad media en la calzada 2.

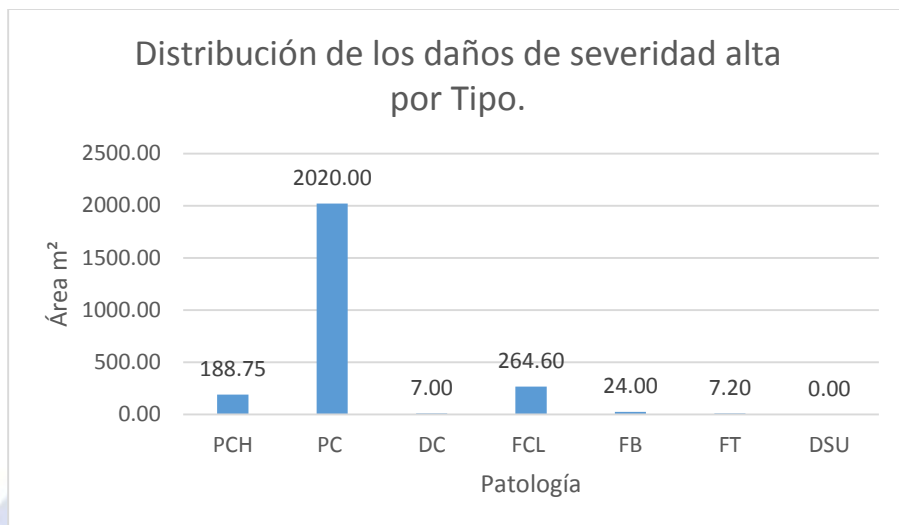


Figura 46. Resultados del área que abarcan las lesiones de severidad alta en la calzada 2.

#### 8.4.2 Método PCI.

El método PCI, aunque identifica el mismo tipo de lesiones que el método INVIAS, permite calificar el estado general de toda la calzada objeto de estudio, considerando todas las lesiones encontradas con sus distintas severidades; además se diferencia en que este método contempla la necesidad de dividir el tramo de vía, en muchas más unidades de medición, unidades basadas en un área mínima, para este caso el área mínima fue de 238 m<sup>2</sup>, basada en un largo de 35 metros por el ancho promedio de cada calzada, el cual es de 6,8 m. los resultados de la medición del índice PCI se encuentran en el anexo 6 ( *Medición del PCI*), pero los resultados para cada una de las calzadas se resumen en las tablas 7 y 8.

Tabla 7. Resumen de los datos del índice PCI calculados para cada tramo unidad de medición de la calzada 1.

| Cálculo del PCI Calzada 1 |      |             |
|---------------------------|------|-------------|
| Tramo                     | PCI  | PCI Calzada |
| 1                         | 69   | 43,9        |
| 2                         | 33   |             |
| 3                         | 77,5 |             |
| 4                         | 17   |             |
| 5                         | 86   |             |
| 6                         | 24   |             |
| 7                         | 49   |             |
| 8                         | 38,7 |             |
| 9                         | 33   |             |
| 10                        | 57,5 |             |
| 11                        | 48   |             |
| 12                        | 55   |             |
| 13                        | 68   |             |
| 14                        | 71   |             |
| 15                        | 66   |             |
| 16                        | 18   |             |
| 17                        | 18   |             |
| 18                        | 10   |             |
| 19                        | 20   |             |
| 20                        | 19   |             |

Tabla 8. *Resumen de los datos del índice PCI calculados para cada tramo unidad de medición de la calzada 2.*

| Cálculo del PCI Calzada 2 |     |             |
|---------------------------|-----|-------------|
| Tramo                     | PCI | PCI Calzada |
| 1                         | 19  | 18,7        |
| 2                         | 11  |             |
| 3                         | 15  |             |
| 4                         | 11  |             |
| 5                         | 40  |             |
| 6                         | 43  |             |
| 7                         | 6,5 |             |
| 8                         | 17  |             |
| 9                         | 33  |             |
| 10                        | 19  |             |
| 11                        | 10  |             |
| 12                        | 20  |             |
| 13                        | 46  |             |
| 14                        | 18  |             |
| 15                        | 8,5 |             |
| 16                        | 8,5 |             |
| 17                        | 17  |             |
| 18                        | 10  |             |
| 19                        | 8,5 |             |
| 20                        | 13  |             |

#### 8.4.2.1 Análisis de Resultados.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en cada una de las calzadas, y considerando los parámetros establecidos por la norma ASTM 5340-98 (American Society for Testing Materials, 1998), el índice PCI para la calzada 1, en la cual el flujo vehicular se dirige desde el intercambiador vial Agustín Agualongo hasta la Universidad de Nariño, indica que el estado de la estructura de pavimento es “*regular*”, mientras que para la calzada número 2, en la cual el sentido del flujo vehicular va desde la Universidad de Nariño hacia el intercambiador, el estado de la estructura de pavimento es considerado como “*muy pobre*”.

Los resultados coinciden con lo reportado en el plano del levantamiento de daños y con los resultados del método INVIAS. Con esto es posible deducir que a pesar de que la calzada 1 tiene una menor área de afectación y un índice PCI que indica un mejor estado que la calzada 2, esto se puede deber a que la calzada 1 ha tenido más de intervenciones de reposición de carpeta asfáltica, debido a que sobre esta calzada se encuentran un mayor número de viviendas y proyectos de edificación recientes, que han tenido la necesidad de hacer excavaciones sobre la vía para poder hacer las instalaciones domiciliarias de acueducto y alcantarillado, y que por lo tanto han hecho constantes reposiciones de carpeta asfáltica mediante el sistema de parcheos.

### 8.5 Estudios de Suelos.

Para la ejecución de los estudios de suelos y estudios detallados, se solicitó un permiso a la Alcaldía municipal, obteniéndose una respuesta afirmativa con ciertas restricciones, ya que al tratarse de la única vía que sirve de comunicación con el occidente del departamento, el tráfico vehicular es elevado y por lo tanto no puede verse interrumpido. Se aprobaron todos los ensayos que se solicitaron, pero el número de estos tuvo que limitarse a 6 apiques, 60 tomas de densidades (30 por cada carril), con la condición de reponer el punto donde se rompió la carpeta de pavimento, usando mezcla de concreto o asfalto, y por ultimo 4 extracciones de núcleos. La mayoría de la toma de muestras se realizó en fines de semana.

Los estudios de suelos que se ejecutaron durante el estudio de este proyecto corresponden a 6 sondeos, para la obtención de perfiles estratigráficos, límites de consistencia y posibles niveles freáticos (Ver Anexo 7 “*Estudios de Suelos*”). Los sitios donde se ejecutaron los ensayos corresponden al separador vial y andenes, para evitar interrumpir el flujo vehicular, la tabla 9 indica los puntos específicos donde se llevaron a cabo los apiques.

Tabla 9. *Ubicación de los apiques llevados a cabo durante la ejecución del proyecto.*

| Apiques para el estudio de suelos |         |                       |
|-----------------------------------|---------|-----------------------|
| Apique                            | Abscisa | Ubicación             |
| 1                                 | K0+700  | Separador vial.       |
| 2                                 | K0+600  | Anden de la calzada 2 |
| 3                                 | K0+500  | Anden de la calzada 1 |
| 4                                 | K0+300  | Separador vial.       |
| 5                                 | K0+200  | Separador vial.       |
| 6                                 | K0+080  | Separador vial.       |

Los estudios de suelos mostraron como resultado, que en general la composición del suelo en el tramo, es de gravas pobremente gradadas y que el nivel freático en los apiques 1,4 y 5 se encuentra después de los 2,5 metros de profundidad. Un factor que se debe tener en cuenta, es que, en la mayoría de los apiques, se encontraron algunos estratos de color negro y café, indicando la presencia de material orgánico, aunque la presencia de estos estratos según los perfiles estratigráficos entregados por el laboratorio, están por debajo de los 1,2 metros en el caso más crítico.

## **8.6 Estudios detallados.**

Los estudios detallados comprenden la ejecución de tomas de densidades y extracción de núcleos en las dos calzadas (Ver Anexo 8 “*Estudios Detallados*”).

### **8.6.1 Toma de densidades.**

La toma de densidades se llevó a cabo en las dos calzadas, el inicio de la toma de densidades coincide con la abscisa K0+000, y estas se llevaron a cabo cada 23 metros. La toma de densidades se hizo teniendo en cuenta el artículo I.N.V.E 161 “*Densidad y peso unitario del suelo por el Método del Cono y Arena*”, enmarcado en las Normas y Especificaciones para la construcción de carreteras (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013). Para la ejecución de esta actividad, y ante la falta de información de la caracterización de materiales granulares, específicamente de las densidades de bases, se tomó por recomendación de laboratoristas e ingenieros dedicados a la construcción y diseño de pavimentos en la ciudad, un promedio de los resultados obtenidos para las canteras locales, dato con el cual se calculó el porcentaje de compactación. Los resultados obtenidos para las dos calzadas se resumen en las tablas 10 y 11.

Tabla 10. Resultados de la compactación de campo obtenidos para la base granular de la calzada 1.

| Toma de Densidades |           |                               |
|--------------------|-----------|-------------------------------|
| Abscisa            | Ubicación | Compactación del terreno en % |
| K0+000             | EJE       | 96,73                         |
| K0+023             | DERECHA   | 94,76                         |
| K0+046             | IZQUIERDA | 96,17                         |
| K0+069             | EJE       | 102,85                        |
| K0+092             | DERECHA   | 96,33                         |
| K0+115             | IZQUIERDA | 85,84                         |
| K0+138             | EJE       | 94,65                         |
| K0+161             | DERECHA   | 97,75                         |
| K0+184             | IZQUIERDA | 105,46                        |
| K0+207             | EJE       | 94,22                         |
| K0+230             | DERECHA   | 93,93                         |
| K0+253             | IZQUIERDA | 90,10                         |
| K0+276             | EJE       | 98,16                         |
| K0+299             | DERECHA   | 93,35                         |
| K0+322             | IZQUIERDA | 89,87                         |
| K0+345             | EJE       | 94,91                         |
| K0+368             | DERECHA   | 93,47                         |
| K0+391             | IZQUIERDA | 93,31                         |
| K0+414             | EJE       | 89,69                         |
| K0+437             | DERECHA   | 96,11                         |
| K0+460             | IZQUIERDA | 95,91                         |
| K0+483             | EJE       | 94,05                         |
| K0+506             | DERECHA   | 99,91                         |
| K0+529             | IZQUIERDA | 100,54                        |
| K0+552             | EJE       | 101,09                        |
| K0+575             | DERECHA   | 103,59                        |
| K0+598             | IZQUIERDA | 101,46                        |
| K0+621             | EJE       | 99,11                         |
| K0+644             | DERECHA   | 99,64                         |
| K0+667             | IZQUIERDA | 101,71                        |

Tabla 11. *Resultados de la compactación de campo obtenidos para la base granular de la calzada 2.*

| Toma de Densidades |           |                               |
|--------------------|-----------|-------------------------------|
| Abscisa            | Ubicación | Compactación del terreno en % |
| K0+000             | EJE       | 93,09                         |
| K0+023             | DERECHA   | 99,48                         |
| K0+046             | IZQUIERDA | 106,34                        |
| K0+069             | EJE       | 84,17                         |
| K0+092             | DERECHA   | 97,59                         |
| K0+115             | IZQUIERDA | 93,48                         |
| K0+138             | EJE       | 92,81                         |
| K0+161             | DERECHA   | 89,50                         |
| K0+184             | IZQUIERDA | 93,64                         |
| K0+207             | EJE       | 91,90                         |
| K0+230             | DERECHA   | 100,53                        |
| K0+253             | IZQUIERDA | 91,59                         |
| K0+276             | EJE       | 94,89                         |
| K0+299             | DERECHA   | 97,52                         |
| K0+322             | IZQUIERDA | 90,92                         |
| K0+345             | EJE       | 100,71                        |
| K0+368             | DERECHA   | 99,80                         |
| K0+391             | IZQUIERDA | 98,15                         |
| K0+414             | EJE       | 101,62                        |
| K0+437             | DERECHA   | 102,64                        |
| K0+460             | IZQUIERDA | 99,27                         |
| K0+483             | EJE       | 98,09                         |
| K0+506             | DERECHA   | 103,64                        |
| K0+529             | IZQUIERDA | 102,15                        |
| K0+552             | EJE       | 104,10                        |
| K0+575             | DERECHA   | 101,46                        |
| K0+598             | IZQUIERDA | 103,79                        |
| K0+621             | EJE       | 102,87                        |
| K0+644             | DERECHA   | 101,63                        |
| K0+667             | IZQUIERDA | 104,55                        |

### 8.6.2 Extracción de núcleos.

La extracción de núcleos, surge por la necesidad de conocer las características de la mezcla asfáltica utilizada en las calzadas de la vía, para de esta manera poder corroborar las hipótesis surgidas durante la etapa del levantamiento de daños. Se hicieron 8 extracciones de núcleos, distribuidos 4 por carril. A los núcleos extraídos, se les hizo practicar los ensayos I.N.V.E 213 “*Análisis granulométrico de los agregados grueso y fino*” e I.N.V.E 732 “*Extracción cuantitativa del asfalto en mezclas para pavimentos*” de las Especificaciones y Normas para la construcción de carreteras (Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 2013), y así determinar si las mezclas usadas a lo largo de la vida del pavimento, cumplen con los parámetros establecidos en las especificaciones INVIAS. En la tabla 12 se indican la ubicación y porcentaje de asfalto de cada uno de los puntos donde se extrajeron núcleos.

Tabla 12. *Resultados de la extracción de núcleos para la determinación del contenido de asfalto usado en las mezclas, en cada una de las calzadas.*

| Ensayo de Determinación del Contenido de Asfalto |         |                        |
|--------------------------------------------------|---------|------------------------|
| Abscisa                                          | Calzada | Contenido de Asfalto % |
| K0+000                                           | 1       | 5,12%                  |
| K0+220                                           | 1       | 4,97%                  |
| K0+440                                           | 1       | 5,07%                  |
| K0+660                                           | 1       | 4,97%                  |
| K0+110                                           | 2       | 4,98%                  |
| K0+330                                           | 2       | 5,02%                  |
| K0+550                                           | 2       | 5,01%                  |
| K0+700                                           | 2       | 4,96%                  |

## 9. Diagnóstico.

Durante el estudio patológico efectuado sobre la calle 18 entre el intercambiador vial Agustín Agualongo y la Universidad de Nariño, se llevaron a cabo una serie de actividades, que tuvieron como fin dar a conocer el estado actual de la estructura de pavimento, identificando y caracterizando los componentes de la estructura, todo esto basado en un levantamiento de daños, como también estudios de suelos, tomas de densidades y extracciones de núcleos.

El levantamiento de daños, a pesar de ser un método meramente visual, permitió identificar todas y cada una de las lesiones presentes en la carpeta de rodadura, y que no son más que la manifestación de una lesión que se originó en las capas inferiores. El levantamiento bajo la metodología INVIAS, evidenció que las lesiones presentes más comunes, son la piel de cocodrilo, los parches y las fisuras de construcción longitudinal. Tomando como base, el levantamiento de daños, se hizo un análisis con la metodología PCI, para ambos carriles, ya que este método, permitió dar un puntaje para el estado de la estructura de pavimento, y en ambos casos, el resultado arrojó que el estado de esta, era malo, ya que las áreas afectadas representan un porcentaje elevado del área total del tramo.

Después de identificar las lesiones, se procedió a cotejar la información con los resultados obtenidos durante los ensayos de suelos y de caracterización de materiales para visualizar de una manera más clara lo que está sucediendo con la estructura de pavimento. En primer lugar, los sondeos llevados a cabo durante los estudios de suelos, presentan resultados satisfactorios, debido a que, en los 6 sondeos, el nivel freático del suelo, está por debajo de los 2,5 metros, además de que la presencia de material orgánico es muy baja, pero durante la toma de densidades, se obtuvieron resultados inesperados, debido a que los porcentajes de compactación en algunos sitios sobrepasaron el 100%. Adicionalmente los resultados obtenidos

en las extracciones de núcleos, mostraron un porcentaje de asfalto bajo, inferior al 5,1% en algunos casos. También durante estos ensayos se encontró que la carpeta de rodadura presentó espesores bastante variables, a lo largo del trayecto en ambos carriles.

Después del análisis realizado a la información recopilada durante la etapa de historia clínica, se consideró pertinente que el diagnóstico que se dé, no se haga para algunos tramos de la vía, sino para toda la estructura en general, puesto que, al tener áreas tan grandes afectadas por lesiones, y que son comunes a lo largo de todo el tramo, en las dos calzadas, es evidente que el origen de las lesiones es el mismo para todo el paciente. Por lo tanto, se procede a dar un diagnóstico del estado del paciente:

Tomando en cuenta los resultados de las tomas de densidades, en los cuales los resultados del nivel de compactación son altos, y sobrepasan el 100%, son compatibles con los sitios donde se presentan pieles de cocodrilo y bloques de fisuras, debido a que la capa granular inmediatamente inferior, por efectos del desgaste mecánico, se rigidizó en su parte superior, causando que la carpeta asfáltica no pueda trabajar de manera adecuada; en cambio en los sitios donde el porcentaje de compactación es bajo, los cuales coinciden con sitios como los bordes de la calzada, sitios donde se presentan estructuras hidráulicas y lugares en donde la vegetación del separador vial extendió sus raíces por debajo del pavimento, son propensos a generar fisuras como las de construcción.

La presencia de parches, es indicio de que las lesiones de los tipos que se reportaron, fueron una constante a lo largo de la vida de la estructura de pavimento, por lo que fueron “reparadas” mediante este sistema, el cual no se llevó a cabo de la mejor manera, puesto que los cortes no se realizaron técnicamente, generando para los mismos una serie de aristas, las cuales pueden generar la aparición de más fisuras.

Adicionalmente, se pudo corroborar mediante la extracción de núcleos, que la mezcla usada en la carpeta asfáltica, no fue la adecuada; los resultados indican que es una mezcla densa en caliente tipo 2, pero que su porcentaje de asfalto es bajo, su granulometría no satisface en su totalidad los parámetros del Instituto Nacional de Vías, lo cual sumado a que durante la etapa de medición de densidades, se encontraron espesores de carpeta bastante delgados, degeneró en que la carpeta asfáltica de reposición fallará antes de lo previsto por fatiga, causando de nuevo la aparición de fisuras, pieles de cocodrilo y bloques de grietas, los cuales, están evolucionando progresivamente a pérdidas de capas, tales como descascaramiento y baches, los cuales dejan expuestos los materiales granulares, permitiendo la infiltración de aguas lluvias que se estancan en estos sitios, agravando la patología y de esta manera aumentando el área afectada.

Finalmente, el diagnóstico general del tramo vial evaluado, es que la estructura de pavimento en las dos calzadas, presenta una falla estructural producida por una base granular desgastada mecánicamente, por procesos de compactación inadecuados, lo que sumado a la variabilidad de los espesores y al uso de una mezcla asfáltica deficiente y porosa, conjugado con un mantenimiento nulo, degeneró en una vulnerabilidad ante agentes físicos y una resistencia a exigencias mecánicas muy baja, lo cual es consecuente con la valoración obtenida durante el análisis de PCI.

## 10. Propuesta de intervención.

Analizando los datos obtenidos, se determina aplicar solo una alternativa que el paciente lo requiere, esta intervención debe ser de carácter urgente debido a su rápida desintegración estructural, reduciendo el rendimiento del pavimento año a año como se evidencia en los análisis y de esta forma realizar una alternativa más económica para nuestro paciente (Ver Anexo 9 “*Propuesta de intervención*”).

### 10.1 Planteamiento de la intervención

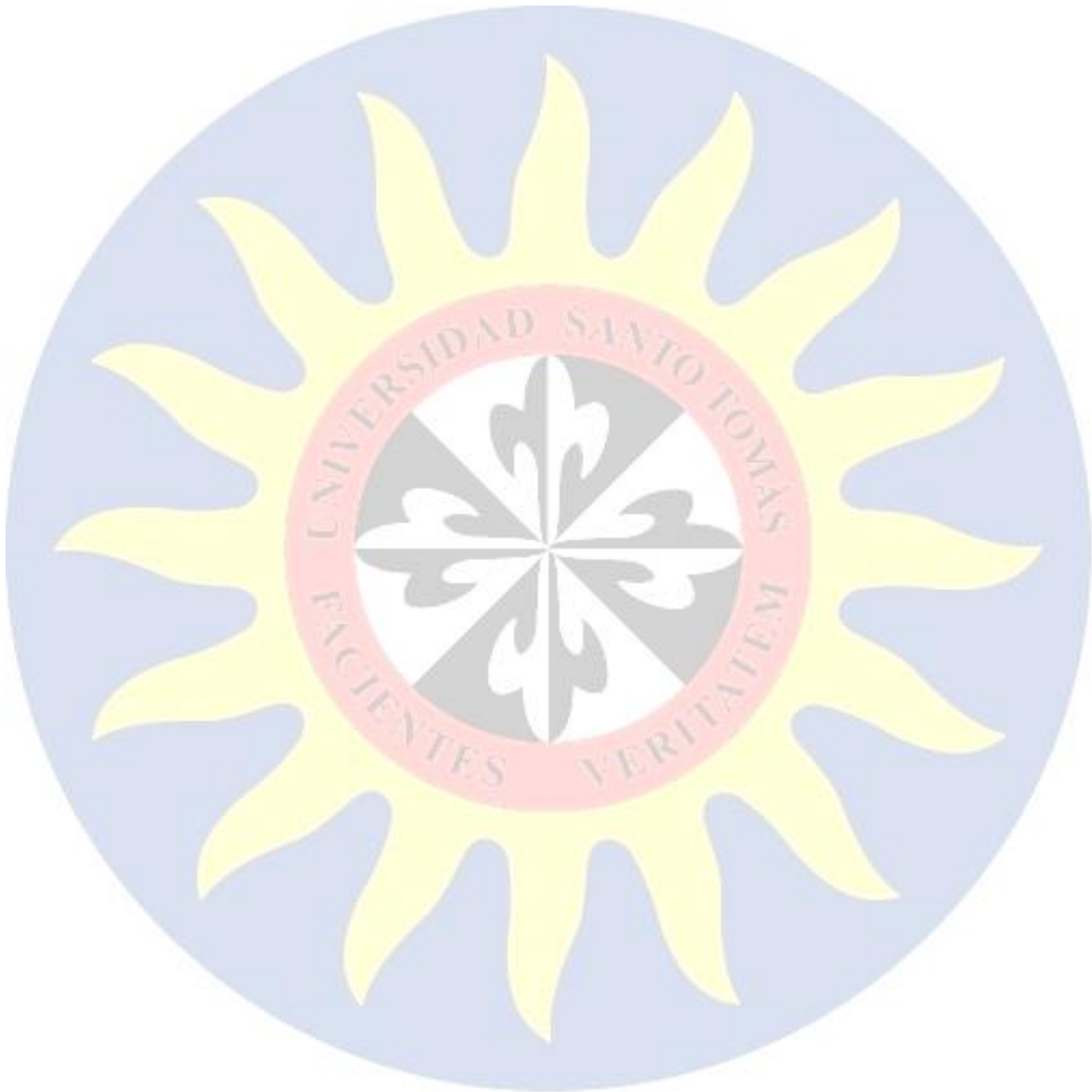
Con base a los resultados de todos los estudios antes mencionados para determinar el diagnóstico se plantea el método de intervención de la siguiente manera: se debe construir una nueva estructura de pavimento en donde los pasos a seguir son los siguientes: Se realizara una un descapote del separador vial en donde se reubicaran las especies de árboles de gran tamaño, simultáneamente se realiza un chequeo topográfico para determinar los anchos de cada carril con su respectivo separador y andenes que están plasmados en el diseño geométrico. Luego se procederá a realizar el fresado de un carril de pavimento asfáltico a reparar, ya que no se puede realizar toda la intervención de los dos carriles debido a que es una vía de alto nivel de flujo vehicular. Se inicia realizando la demolición de los sardineles y anden de un carril y la totalidad del separador, después de esto, se realizará el retiro de la estructura inferior del pavimento como son las capas de base, subbase y la subrasante, por medios mecánicos (utilizando retroexcavadoras). A la capa de subrasante se retira un espesor de 30 cm y se procede a la compactación de esta subrasante. Luego se instala un geotextil con Resistencia ultima de 1400 N. Art. INVIAS 232-13), esto se hace para separar la nueva capa de material a reponer el cual se

adiciona un material afirmado con espesor de 30 cm (INV Afirmado. Art. INVIAS 311 -13) con el fin de uniformizar los módulos resilientes de las capas inferiores, consecutivamente se debe realizar sus respectivos ensayos de compactación (densidades).

Una vez alcanzado la nivelación y el porcentaje de compactación de la subrasante, se procede a la colocación del material de base con espesor de 20cm Base Granular (INV BG-1. Art. INVIAS 330 -13), establecido en el diseño del pavimento, e igualmente se compacta hasta alcanzar una densidad mínima del 95% del Proctor modificado. Una vez realizado los procesos anteriores se inicia con la instalación de la formaleta de un carril para continuar con la fundición de los paños del pavimento hidráulico que se estableció en el diseño. En esta etapa constructiva se tienen que tomar las medidas necesarias para controlar la calidad del concreto con módulo de rotura  $M_r = 40 \text{ Kg/cm}^2$ , además de verificar su respectivo curado y después de las 24 horas realizar corte y sellado de juntas. Igualmente, de debe tener un especial cuidado en la instalación de las varillas de acero que actúan como transfusoras de carga según las normas vigentes (INVIAS). Al momento de la fundición de paños se instalará el refuerzo transversal de los bordillos tanto de andén con el que conformará la ciclovía. Una vez terminada la fundición de las losas de pavimento se procede a instalar la formaleta de los bordillos e iniciar su respectiva fundición aclarando que las juntas de los sardineles deben coincidir con las juntas de las losas de pavimento.

Simultáneamente se debe realizar la conformación del pavimento que conforma la ciclovía, la cual tiene un ancho de 2.4 m en doble sentido, esta ciclovía está situada sobre el separador vial. Las características del pavimento es una capa de base de 20 cm Base Granular (INV BG-1. Art. INVIAS 330 -13) y una capa de 10 cm de concreto asfáltico (mezcla asfáltica densa en caliente tipo 2). Por ultimo en la etapa de concretos se termina con la construcción de

andenes en las zonas intervenidas, este tipo de concreto corresponderá a un  $F'c = 3.000$  PSI. Una vez transcurrido los 28 días de curado de todas las losas de pavimento se procede a dar tránsito por este carril y se procede a intervenir la calzada faltante. A esta calzada faltante se realizará el mismo procedimiento antes mencionado exceptuando el separador que lo conforma la ciclovía.



## 11. Presupuesto.

### 11.1. Precios.

Los precios adoptados en el presente presupuesto están establecidos de acuerdo a las condiciones actuales del mercado y basados en precios de la base de datos del Instituto Nacional de Vías para la región. Se deja en claro que los precios del INVIAS, constituyen una base a tener en cuenta y no son de estricta adopción.

De acuerdo a lo antes mencionado, se presentan a continuación las siguientes tablas donde se especifican los precios utilizados, tanto de materiales como equipos.



Tabla 13. *Precios de Equipo*

| EQUIPO                                                                              | UNIDAD  | TARIFA 2016  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|
| ANDAMIAJE                                                                           | \$/HORA | \$ 44,125.00 |
| ASPERSOR MANUAL                                                                     | \$/HORA | \$ 2,226.00  |
| BOMBA INYECTORA DE LECHADA                                                          | \$/HORA | \$ 24,514.00 |
| BULDOCER D6                                                                         | \$/HORA | \$115,058.00 |
| Buldozer Pottencia al volante de 305 HP, motor de 2100 RPM, longitud de hoja 6.39 m | \$/HORA | \$145,429.07 |
| CAMION 350                                                                          | \$/HORA | \$ 38,955.00 |
| CAMIONETA D-300                                                                     | \$/HORA | \$ 30,146.00 |
| CARGADOR 930 O EQUIVALENTE                                                          | \$/HORA | \$127,200.00 |
| CARROTANQUE DE AGUA 10000 LITROS                                                    | \$/HORA | \$ 47,700.00 |
| CIZALLA MANUAL                                                                      | \$/HORA | \$ 3,339.00  |
| COMPACTADOR MANUAL VIBRATORIO (CANGURO)(APISONADO)                                  | \$/HORA | \$ 11,130.00 |
| VIBROCOMPACTADOR DYNAPAc (10 Ton)                                                   | \$/HORA | \$ 95,400.00 |
| COMPRESOR 125 PIES3 CON MARTILLO                                                    | \$/HORA | \$ 72,345.00 |
| COMPRESOR (BARRIDO Y SOPLADO)                                                       | \$/HORA | \$ 72,345.00 |
| COMPRESOR PARA PEETRAR ROCA                                                         | \$/HORA | \$ 75,000.00 |
| CORTADORA DE PAVIMENTO                                                              | \$/HORA | \$ 11,130.00 |
| DIFERENCIAL DE 2 TON                                                                | \$/HORA | \$ 5,009.00  |
| EQUIPO DE OXICORTE                                                                  | \$/HORA | \$ 28,938.00 |
| EQUIPO DE PERFORACION 8TRACKDRILL)                                                  | \$/HORA | \$147,651.00 |
| EQUIPO DE PINTURA (COMPRESOR)                                                       | \$/HORA | \$ 15,933.00 |
| ESTACION                                                                            | \$/HORA | \$ 16,695.00 |
| FORMALETA METALICA (CONCRETO HIDRAULICO)                                            | \$/HORA | \$ 1,113.00  |
| MAQUINA TERMICA PEGATACHAS                                                          | \$/HORA | \$ 31,800.00 |
| MEZCLADORA DE CONCRETO (1 BULTO)                                                    | \$/HORA | \$ 11,130.00 |
| MOTOBOMBA 3" PULGADAS                                                               | \$/HORA | \$ 10,649.00 |
| MOTONIVELADORA                                                                      | \$/HORA | \$111,300.00 |
| REGLA VIBRATORIA L=4M                                                               | \$/HORA | \$ 13,356.00 |
| RETROEXCAVADORA CAP 1.5 YD' SOBRE ORUGA                                             | \$/HORA | \$139,125.00 |
| RETROCARGADOR DOBLE TRANSMISION                                                     | \$/HORA | \$ 89,040.00 |
| TARIFA DE TRANSPORTE EN AFIRMADO                                                    | M3-KM   | \$ 1,002.00  |
| TARIFA DE TRANSPORTE DE SUBBASE                                                     | M3-KM   | \$ 1,300.00  |
| TARIFA DE TRANSPORTE DE AFIRMADO                                                    | M3-KM   | \$ 1,300.00  |
| TARIFA DE TRANSPORTE DE CONCRETO                                                    | M3-KM   | \$ 1,300.00  |
| TARIFA DE TRANSPORTE DE ARENA                                                       | M3-KM   | \$ 1,300.00  |
| TARIFA DE TRANSPORTE DE AGREGADO PARA CONCRETO                                      | M3-KM   | \$ 1,300.00  |
| TARIFA DE TRANSPORT DE MATERIAL DE EXCAVACION                                       | M3-KM   | \$ 1,300.00  |
| TARIFA DE TRANSPORTE DE MATERIAL PARA CICLOPEO                                      | M3-KM   | \$ 1,400.00  |
| VEHICULO DELINEADOR                                                                 | \$/HORA | \$120,171.05 |
| VIBRADOR DE CONCRETO                                                                | \$/HORA | \$ 13,356.00 |
| VOLQUETA 7 M3                                                                       | \$/HORA | \$ 52,311.00 |

Tabla 14. Precios de Materiales

| MATERIALES                                                                      | UNIDAD | PRECIO 2016  |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------|
| AGREGADO PARA CONCRETO HIDRAULICO 1" EN PLANTA                                  | M3     | \$41,000.00  |
| AGUA                                                                            | LT     | \$34.00      |
| ALAMBRE DE PUJA CALIBRE 12 (340m)                                               | ML     | \$500.00     |
| ALAMBRE GALVANIZADO N° 12                                                       | KG     | \$4,664.00   |
| ALAMBRE PARA AMARRE                                                             | KG     | \$3,000.00   |
| ANTISOL                                                                         | KG     | \$7,800.00   |
| ARENA LAVADA                                                                    | M3     | \$36,800.00  |
| BARRAS DE TRANSFERENCIA DE CARGA 1"                                             | KG     | \$3,800.00   |
| BARRAS DE UNION 11/2" Y CANASTILLA                                              | KG     | \$4,000.00   |
| BARRA DE ACERO HELICOIDAL                                                       | ML     | \$103,410.00 |
| CAPTAFARO METALICO                                                              | U      | \$11,200.00  |
| CEMENTO GRIS                                                                    | KG     | \$600.00     |
| CESPEDONES                                                                      | M3     | \$5,300.00   |
| CINTILLA DE POLIUTERANO ( PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRAULICO)(ITEM5)              | ML     | \$600.00     |
| CONCRETO HIDRAULICO PARA PAVIMENTO MR-43                                        | M3     | \$367,500.00 |
| CORDON DETONANTE                                                                | ML     | \$4,700.00   |
| DISOLVENTE PARA PINTURA TRAFICO (ACRILICO)                                      | GALON  | \$25,440.00  |
| ESFERAS REFLECTIVAS                                                             | GALON  | \$4,876.00   |
| ESTACAS, PINTURA, TACHUELA, HILO                                                | GLOBAL | \$377.00     |
| EXPLOSIVOS 79%(INDUGEL)                                                         | LB     | \$24,100.00  |
| FORMALETA (GAVIONES, BORDILLOS, CUNETAS)                                        | M3     | \$6,300.00   |
| FORMALETA CONCRETO CLASE A, B Y C                                               | M3     | \$16,300.00  |
| FULMINANTES                                                                     | U      | \$1,000.00   |
| GEOTEXTIL T2500 O SIMILAR                                                       | M3     | \$3,300.00   |
| GRAPAS                                                                          | KG     | \$5,088.00   |
| MALLA ESLAVONADA PARA GAVIONES (2m3) CALIBRE 12                                 | U      | \$50,400.00  |
| MATERIAL DE AFIRMADO                                                            | M3     | \$30,000.00  |
| MATERIAL DE BASE                                                                | M3     | \$33,000.00  |
| MATERIAL DE SUBBASE CBR=40%                                                     | M3     | \$31,000.00  |
| MATERIAL DE RECEBO PARA RELLENO                                                 | M3     | \$12,720.00  |
| MATERIAL DRENANTE (TAMAÑO MAXIMO 3") (ITEM673.2)                                | M3     | \$42,000.00  |
| MECHA LENTA                                                                     | ML     | \$3,700.00   |
| MORTERO 1:3 PARA ANILLOS                                                        | M3     | \$420,359.00 |
| PIEDRA PARA CICLOPEO (RAJON O CANTO RODADO)                                     | M3     | \$33,900.00  |
| PIEDRA PARA GAVION                                                              | M3     | \$32,600.00  |
| PINTURA ACRILICA PURA PARA TRAFICO                                              | GALON  | \$81,620.00  |
| PLACA DE AMARRE Y TRANS. DE FZAS 8 PERNOS DE ANCLAJE                            | U      | \$173,605.00 |
| POLISOMBRA VERDE DE 2,1 MTS DE ANCHO                                            | ML     | \$3,175.00   |
| POSTE DE MADERA PARA CERCAS                                                     | U      | \$10,600.00  |
| POSTE DE ANGULO DE 2*2*1/4" DE 3.5 PARA SEÑAL                                   | U      | \$113,102.00 |
| POSTES PARA DEFENSA METALICA (1.8m)                                             | U      | \$120,800.00 |
| RESINA TERMOPLASTICA                                                            | KG     | \$10,000.00  |
| ROSCA PARA PERNOS DE ANCLAJE                                                    | U      | \$9,360.00   |
| SALIDA EN PVC D=2" (ACCESORIOS PARA DRENES HORIZONTALES DE 2")                  | U      | \$1,400.00   |
| SECCION FINAL DE DEFENSA METALICA                                               | U      | \$55,000.00  |
| SELLO DE JUNTAS                                                                 | KG     | \$2,500.00   |
| SELLO DE SILICONA O SELLADOR AUTONIVELANTE                                      | ML     | \$13,100.00  |
| SEPARADORES PARA PERNOS DE ANCLAJE                                              | U      | \$9,805.00   |
| TABLERO EN LAMINA GALVINAZADA DE 60*60 CALIBRE 16 REFLECTIVO TIPO 1             | U      | \$195,000.00 |
| TABLERO EN LAMINA GALVANIZADA DE 0.6m*0.75m CALIBRE 16, REFLECTIVO TIPO I SEÑAL | U      | \$185,000.00 |
| TACHA REFLECTIVA                                                                | U      | \$7,700.00   |
| TIERRA ABONADA                                                                  | M3     | \$41,712.00  |
| TRAMO RECTO PARA DEFENSAS METALICAS                                             | ML     | \$73,878.00  |
| TUBERIA PERFORADA EN PVC DE 2" (DRENES HORIZONTALES DE 2")                      | ML     | \$13,200.00  |
| TUBO CONCRETO REFORZADO 900mm TIPO I                                            | ML     | \$290,000.00 |
| TUERCA CALOTA                                                                   | U      | \$57,167.00  |

### **11.2. Transportes.**

En relación con los transportes, los materiales granulares se proyectaron del sector de El Pedregal, a una distancia de 27 km. del centro de gravedad de la obra, el concreto hidráulico desde Pasto a una distancia de 7 Km. Además, para las obras de contención e hidráulicas, la arena se traería del sector “El Espino” a 93 km. vía a Tumaco.

### **11.3. Estudios complementarios.**

Los estudios complementarios dentro del estudio Patológico son los siguientes: Levantamiento topográfico, estudio de suelos, diseño geométrico, se realizaron de forma independiente, reflejando las condiciones del proyecto.

### **11.4. Presupuesto general.**

El valor total del proyecto es de TRES MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y TRES MILLONES QUINIENTOS DIECISEIS MIL TRECIENTOS SETENTA Y CUATRO PESOS CON SESENTA Y SIETE SENTAVOS (\$3.463.516.374.67).

Tabla 15. *Presupuesto general de la intervención.*

| PRESUPUESTO DE OBRA                                                                                                     |                                                                     |        |                                   |                |                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------|----------------|---------------------|
|                                                                                                                         |                                                                     |        |                                   |                |                     |
| PRESUPUESTO DE ESTUDIO PATOLOGICO COMPRENDIDO ENTRE EL INTERCAMBIADOR VIAL AGUSTIN AGUALONGO Y LA UNIVERSIDAD DE NARIÑO |                                                                     |        |                                   |                |                     |
| ITEM                                                                                                                    | DESCRIPCION                                                         | UNIDAD | CANTIDAD                          | VALOR UNITARIO | COSTO TOTAL         |
| 1                                                                                                                       | EXPLANACION                                                         |        |                                   |                |                     |
| 1.01                                                                                                                    | DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONAS DE SEPARADOR                           | M2     | 1680                              | \$ 5,231.00    | \$ 8,788,080.00     |
| 1.02                                                                                                                    | LOCALIZACION Y REPLANTEO                                            | ML     | 710                               | \$ 1,375.00    | \$ 976,250.00       |
| 1.03                                                                                                                    | DEMOLICION DE SARDINELES DE SEPARADOR Y ANDENES                     | M3     | 100.1                             | \$ 102,906.00  | \$ 10,300,890.60    |
| 1.04                                                                                                                    | EXCAVACION SIN CLASIFICAR DE LA EXPLANACION Y CUNETAS               | M3     | 8353.37                           | \$ 8,183.00    | \$ 68,355,626.71    |
| 1.05                                                                                                                    | DEMOLICION DE LOSAS DE CAMARAS DE INSPECCION SANITARIAS Y PLUVIALES | M3     | 6.11                              | \$ 102,906.00  | \$ 628,474.77       |
| 1.06                                                                                                                    | MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EMPLEANDO UNICAMENTE MATERIAL ADICIONADO | M3     | 80                                | \$ 96,164.00   | \$ 7,693,120.00     |
| 1.07                                                                                                                    | TERRAPLENES                                                         | M3     | 179.64                            | \$ 90,316.00   | \$ 16,224,366.24    |
|                                                                                                                         |                                                                     |        |                                   |                |                     |
|                                                                                                                         |                                                                     |        | SUBTOTAL EXPLANACION              |                | \$ 112,966,808.32   |
| 2                                                                                                                       | AFIRMADO Y SUBBASE                                                  |        |                                   |                |                     |
| 2.01                                                                                                                    | SUBBASE GRANULAR                                                    | M3     | 5422.5                            | \$ 122,070.00  | \$ 661,924,575.00   |
|                                                                                                                         |                                                                     |        |                                   |                |                     |
|                                                                                                                         |                                                                     |        | SUBTOTAL AFIRMADO Y SUBBASE       |                | \$ 661,924,575.00   |
| 3                                                                                                                       | PAVIMENTO                                                           |        |                                   |                |                     |
|                                                                                                                         | PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRAULICO                                    | M3     | 1995.48                           | \$ 823,896.00  | \$ 1,644,067,990.08 |
|                                                                                                                         | PAVIMENTO EN CONCRETO ASFALTICO PARA CICLORUTA                      | M3     | 170.4                             | \$ 594,760.00  | \$ 101,347,104.00   |
|                                                                                                                         |                                                                     |        |                                   |                |                     |
|                                                                                                                         |                                                                     |        | SUBTOTAL PAVIMENTO                |                | \$ 1,745,415,094.08 |
| 4                                                                                                                       | ESTRUCTURAS Y DRENAJES                                              |        |                                   |                |                     |
|                                                                                                                         | EXCAVACIONES PARA ESTRUCTURAS:                                      |        |                                   |                |                     |
| 4.01                                                                                                                    | EXCAVACION VARIAS SIN CLASIFICAR                                    | M3     | 2506.011                          | \$ 11,571.00   | \$ 28,997,053.28    |
| 4.01                                                                                                                    | EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMUN BAJO AGUA                     | M3     | 1253.0055                         | \$ 34,556.00   | \$ 43,298,858.06    |
|                                                                                                                         |                                                                     |        |                                   |                |                     |
|                                                                                                                         | SUMINISTROS:                                                        |        |                                   |                |                     |
| 4.02                                                                                                                    | RELLENO PARA ESTRUCTURAS CON RECEBO                                 | M3     | 60                                | \$ 105,001.00  | \$ 6,300,060.00     |
| 4.03                                                                                                                    | ACERO DE REFUERZO Fy 412 Mpa                                        | KG     | 16922.58                          | \$ 4,343.00    | \$ 73,494,764.94    |
|                                                                                                                         |                                                                     |        |                                   |                |                     |
|                                                                                                                         | ELEMENTOS AUXILIARES DE CONDUCCION                                  |        |                                   |                |                     |
| 4.04                                                                                                                    | CUNETA DE CONCRETO FUNDIDA EN EL LUGAR                              | M3     | 56                                | \$ 768,616.00  | \$ 43,042,496.00    |
| 4.05                                                                                                                    | BORDILLOS DE CONCRETO PARA ANDENES                                  | ML     | 1400                              | \$ 57,297.00   | \$ 80,215,800.00    |
| 4.06                                                                                                                    | BORDILLOS DE CONCRETO PARA CICLORUTA                                | ML     | 1400                              | \$ 63,297.00   | \$ 88,615,800.00    |
|                                                                                                                         |                                                                     |        |                                   |                |                     |
|                                                                                                                         | ELEMENTOS AUXILIARES DE DRENAJE                                     |        |                                   |                |                     |
| 4.07                                                                                                                    | GEOTEXTIL                                                           | M2     | 2800                              | \$ 8,355.00    | \$ 23,394,000.00    |
| 4.08                                                                                                                    | MATERIAL GRANULAR FILTRANTE                                         | M3     | 336                               | \$ 111,995.00  | \$ 37,630,320.00    |
| 4.09                                                                                                                    | DREN HORIZONTAL DE LONGITUD MAYOR A 10 METROS                       | ML     | 1400                              | \$ 182,028.00  | \$ 254,839,200.00   |
|                                                                                                                         |                                                                     |        |                                   |                |                     |
|                                                                                                                         |                                                                     |        | SUBTOTAL ESTRUCTURAS Y DRENAJES   |                | \$ 679,828,352.28   |
| 5                                                                                                                       | SEÑALIZACION Y SEGURIDAD                                            |        |                                   |                |                     |
| 5.01                                                                                                                    | LINEA DE DEMARCACION CON PINTURA EN FRIO                            | ML     | 6300                              | \$ 1,977.00    | \$ 12,455,100.00    |
| 5.02                                                                                                                    | MARCA VIAL CON PINTURA EN FRIO ZONA UNIVERSITARIA                   | M2     | 151.2                             | \$ 34,758.00   | \$ 5,255,409.60     |
| 5.03                                                                                                                    | TACHA REFLECTIVA                                                    | UND    | 466                               | \$ 11,757.00   | \$ 5,478,762.00     |
| 5.04                                                                                                                    | SEÑALES VERTICALES DE TRANSITO TIPI I CON LAMINA RETROREFLECTIVA    | UND    | 20                                | \$ 457,970.00  | \$ 9,159,400.00     |
| 5.05                                                                                                                    | SEÑALES VERTICALES DE TRANSITO TIPI II CON LAMINA RETROREFLECTIVA   | UND    | 10                                | \$ 444,769.00  | \$ 4,447,690.00     |
|                                                                                                                         |                                                                     |        |                                   |                |                     |
|                                                                                                                         |                                                                     |        | SUBTOTAL SEÑALIZACION Y SEGURIDAD |                | \$ 36,796,361.60    |
| A                                                                                                                       | COSTO BASICO                                                        |        |                                   |                | \$ 3,236,931,191.28 |
| B                                                                                                                       | VALOR TOTAL CONSTRUCCION                                            |        |                                   |                | \$ 3,236,931,191.28 |
| F                                                                                                                       | INTERVENTORIA                                                       |        |                                   |                | \$ 226,585,183.39   |
| D                                                                                                                       | VALOR TOTAL                                                         |        |                                   |                | \$ 3,463,516,374.66 |

## 12. Conclusiones.

- La información obtenida en la etapa de creación de historia clínica, permitió concluir que esta vía no tuvo un tratamiento adecuado ni mantenimiento durante un lapso de tiempo aproximado de 15 años, debido en gran medida a problemas de jurisdicción entre las diferentes entidades gubernamentales.
- La información facilitada por las entidades gubernamentales fue insuficiente, debido a que estas no tenían información reciente o completa del sector de la ciudad donde se ubica el tramo objeto de este estudio. Los planos record del sistema eléctrico no están disponibles y no se cuenta con certificados de disponibilidad de redes hidráulicas actualizados, por lo tanto, la información presentada en el plano topográfico tuvo que ser verificada en campo, lo cual permitió formular una propuesta de intervención más apegada a datos reales.
- La evidencia recolectada durante el levantamiento de daños permitió observar que las lesiones más recurrentes en las dos calzadas corresponden a parches, pieles de cocodrilo y baches. Estas lesiones fueron generadas por continuas intervenciones sobre la estructura de pavimento, presumiblemente por la construcción de acometidas domiciliarias de viviendas y proyectos de vivienda nuevos, como también por reposición del sistema de alcantarillado, los cuales no repusieron de manera adecuada las capas granulares como tampoco la carpeta de rodadura.
- El levantamiento de daños por lo métodos INVIAS y PCI, al ser meramente visuales, no permitieron observar de manera detallada el estado interno de las capas estructurales del

pavimento, motivo por el cual se hizo necesario ejecutar extracciones de núcleos y toma de densidades, ensayos que de manera indirecta facilitaron detallar el espesor de la carpeta de rodadura.

- El análisis realizado sobre los datos de campo recolectados, evidenció que la calzada 1, en la cual el sentido del tráfico va desde el intercambiador vial hacia la Universidad de Nariño, tenía un área menor de afectación, además de un índice PCI mucho más alto en comparación a la calzada 2, lo cual refleja que esta calzada al ser la que mueve vehículos con mayor carga (buses y camiones de carga), recibió un mayor número de intervenciones para reponer carpeta, lo cual se ve reflejado en el elevado número de parches de la calzada 1, y el elevado porcentaje de piel de cocodrilo de la calzada 2.
- Los resultados del estudio patológico reflejan una falla estructural generalizada sobre la estructura de pavimento de las dos calzadas, causada por una rigidización de las capas granulares, además de una falla por fatiga en la carpeta de rodadura, causada por mezclas asfálticas deficientes y espesores inadecuados.
- De acuerdo a la información recopilada en el análisis visual, en el tramo de vía de doble calzada entre el intercambiador Agustín Agualongo y la universidad de Nariño, se encontró la carencia de obras de drenaje como son las cunetas y bordillos, y en las zonas donde se encontró cunetas estas se encuentran en un estado de deterioro avanzado reflejadas como grietas de gran tamaño (aproximadamente 1 cm), además de no contar con el sello de junta entre la vía y la cuneta, lo cual genera que se filtren las aguas lluvias y afectan la estructura del pavimento.

- En el tramo intercambiador Agustín Agualongo y la Universidad de Nariño que lo abscisamos (KM 0+000 a KM 0 +700), se encontró la construcción de dos sumideros en el (KM 0+700), en donde se determinó que carece de obras de drenaje para conducir las aguas de escorrentía. En donde no se cumplen con los criterios mínimos de la RAS2000, Como es: 1) Antes de las intersecciones de calles, para evitar que el tráfico deba sortear las corrientes superficiales. 2) Aguas arriba del puente y reductores de velocidad que corresponden a sitios donde se pueden presentar concentraciones de escorrentía superficial. 3) Aguas arriba de los cruces peatonales, para que los peatones no se vean obligados a cruzar las corrientes de escorrentía.
- Se determinó que, por las fallas tanto de las tuberías de alcantarillado como de acueducto, se vio afectada las capas de pavimento flexible, primero, porque al colapsar una tubería de alcantarillado el material de relleno de estas tuberías se infiltraría al tubo quedando vacíos en el relleno y provocando los hundimientos en el pavimento. Segundo, en los momentos en donde fallaba la tubería de acueducto y se tardaba en su reparación, el agua saliendo a gran caudal y presión hace que los finos de los rellenos sean lavados y se produzca igualmente hundimientos con el tiempo.
- Analizando toda la información recopilada, se determinó que el paciente ha perdido toda su capacidad de ser recuperado por otros métodos constructivos que no sea el de ser intervenido en toda su longitud y magnitud. Por lo tanto, se recomendó que se realice una nueva estructura del pavimento, mejorando su trazado, diseño de andenes, diseño de zonas verdes y la inclusión de una ciclovía en el separador, para desarrollar e incentivar el uso de la bicicleta, y el de espacios para el deporte.

### 13. Bibliografía.

(s.f.).

Alcaldía de Pasto. (2016). *Plan de Ordenamiento Territorial (POT)*. San Juan de Pasto, Nariño, Colombia.

Alcaldía Municipal de San Juan de Pasto. (2004). *Resumen Ejecutivo-Agenda Ambiental de San Juan de Pasto*. San Juan de Pasto.

American Society for Testing Materials. (1998). *ASTM 5340-98*. Estados Unidos.

García, M. Á. (2010). *Curso de Pavimentos*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2006). *Manual de Inspección Visual de Pavimentos Flexibles*. Bogotá DC., Colombia.

Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2008). *Construcción de la Estructura de Pavimento, Carpeta Asfáltica y Obras Complementarias en el Sector Tambo - El Diviso (K1+165 a K4+265) en la vía Tambo - El Motilón*. El Tambo, Nariño, Colombia.

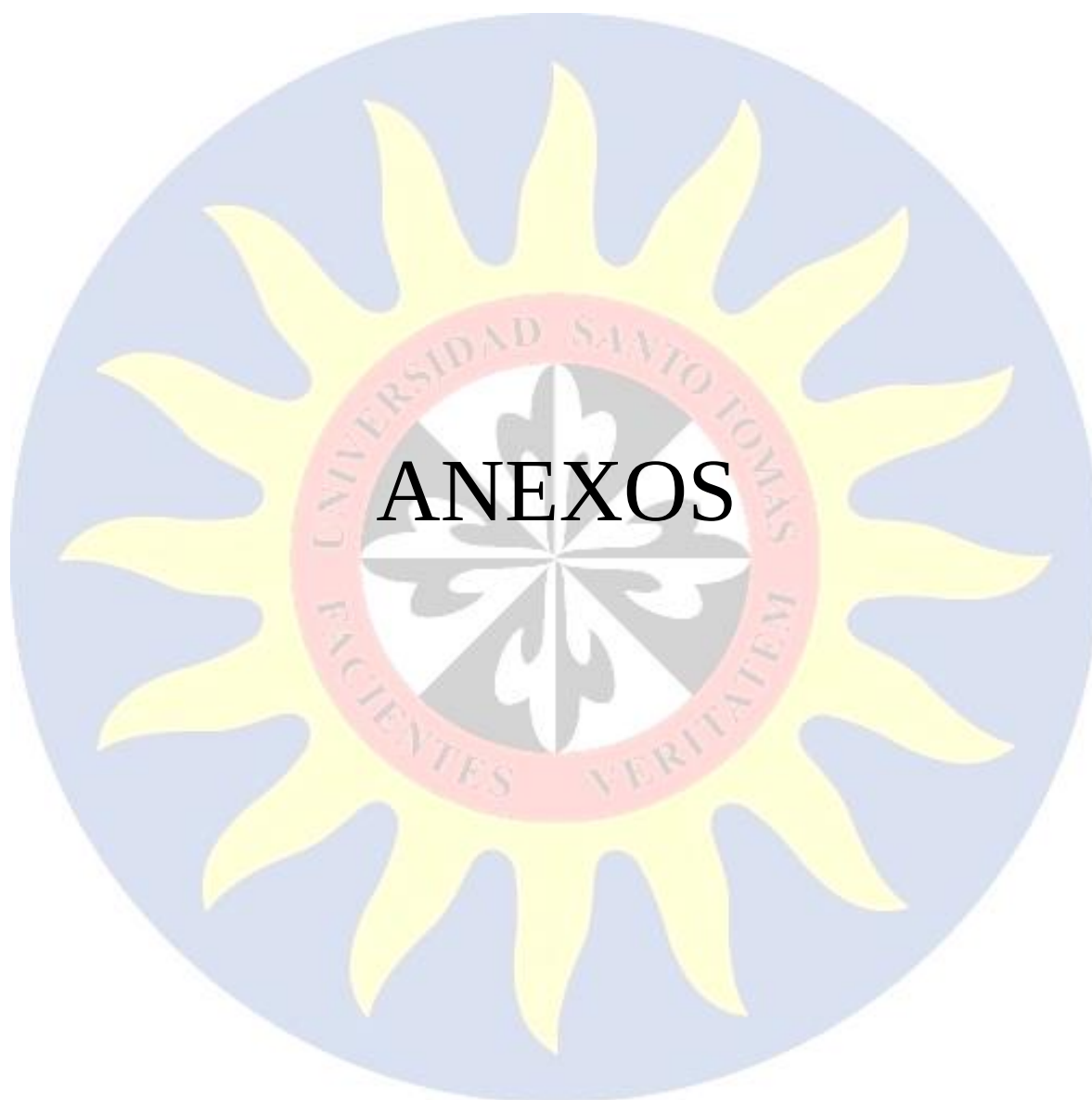
Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2008). *Guía Metodológica para el Diseño de Obras de Rehabilitación de Pavimentos Asfálticos de Carreteras*. Bogotá DC., Colombia.

Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2013). *Especificaciones y Normas para la Construcción de Carreteras*. Bogotá DC., Colombia.

Ricaurte, G. M. (2005). *Pavimentos de Concreto Asfáltico - Diseño y Construcción*. (Tercera ed.). San Juan de Pasto, Nariño, Colombia: Universidad de Nariño.

Salas, M. B. (2012). *Tópicos de Pavimentos de Concreto: Diseño, construcción y supervisión*. Lima, Perú: Flujo Libre.

Varela, L. R. (2012). INGEPAV- Ingeniería de Pavimentos. *Explicación del Método PCI*. Manizales, Caldas, Colombia. Obtenido de <http://www.camineros.com/docs/cam036.pdf>





## Anexo 1. Topografía.



## Anexo 2. Ensayos de CBR.



## Anexo 3. Estudio de Tránsito.



## Anexo 4. Levantamiento y Registro de lesiones.



## Anexo 5. Reporte de lesiones.



## Anexo 6. Medición del PCI.



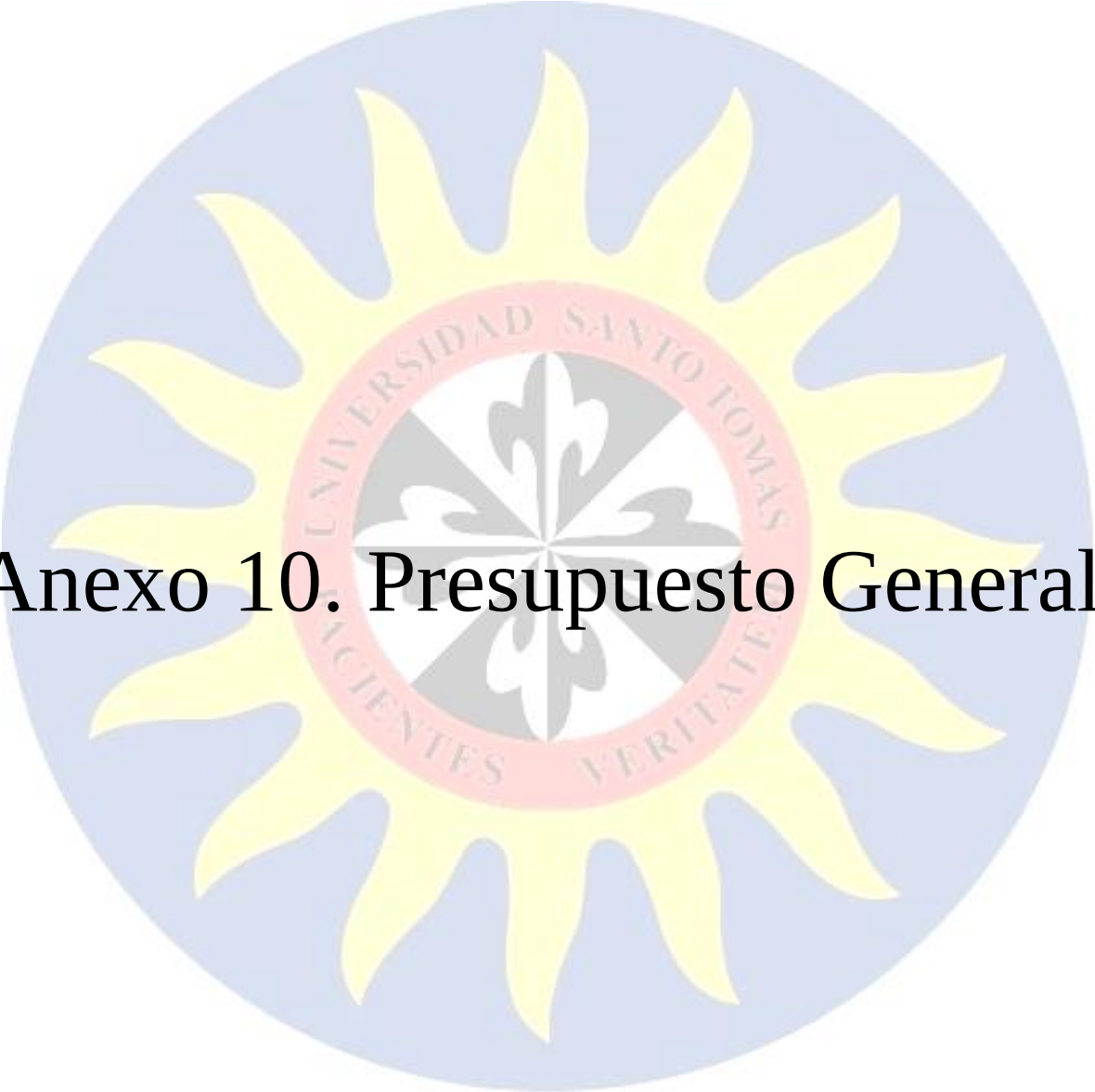
## Anexo 7. Estudios de Suelos.



## Anexo 8. Estudios detallados.



## Anexo 9. Propuesta de Intervención.

The logo of Universidad Santo Tomás is a circular emblem. It features a central white cross with a stylized floral or foliate design. This cross is set against a red circular background. The words "UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS" are written in white capital letters along the top arc of the red circle, and "SCIENTES VERITATE" is written along the bottom arc. Surrounding the red circle is a yellow sunburst with multiple pointed rays. The entire emblem is enclosed within a larger, light blue circular border.

## Anexo 10. Presupuesto General.