

PASANTÍA “APOYO COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN LA  
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA” -MUNICIPIO DE SOGAMOSO

DANIEL ALEJANDRO CRISTANCHO ALBARRACÍN

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
TUNJA  
2019

PASANTÍA “APOYO COMO AUXILIAR DE INGENIERÍA CIVIL EN LA  
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA” -MUNICIPIO DE SOGAMOSO

Pasantía para obtener el título de Ingeniero Civil

Director

INGENIERO HECTOR MAURICIO SANCHEZ ABRIL

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS SECCIONAL TUNJA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TUNJA

2019

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

Tunja, 05 de Febrero de 2019

## **DEDICATORIA**

En primer lugar a Dios por acompañarme siempre en mi vida, por darme la sabiduría necesaria y ayudarme a superar cada una de las pruebas que se presentaron en este camino a mi formación como profesional, por cuidarme de todos los peligros que me rodearon y por guiarme a tomar las decisiones correctas en los momentos de incertidumbre y confusión. Por esto y muchas cosas más le entrego y dedico este informe a Dios.

En segundo lugar a mi familia, porque fueron ellos los que siempre estuvieron a mi lado en todos los momentos e instantes difíciles en sus hombros me apoyé y nunca me dejaron solo, siempre estuvieron a mi lado con su constante preocupación y apoyo para que mejorara académicamente día a día.

A mis amigos por estar siempre en cada momento fuerte de necesidad durante mi carrera, por acompañarme siempre en los momentos de alegría y tristeza. A mis compañeros de estudio que en una u otra materia nos tocó estudiar juntos compartir muchísimas horas de preparación y preocupación por cada evaluación que enfrentaríamos y deberíamos aprobar.

A todos aquellos que de una manera u otra forman y formaron parte de mi vida como estudiante y durante los momentos personales estuvieron a mi lado motivándome para no rendirme.

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero quiero agradecer a Dios y a la Virgen por darme la vida y por permitirme cumplir una vez más las metas, por ser mi guía cada día y en cada proceso.

A mis padres, hermanos y demás familiares, por el apoyo y por hacer de mí una persona independiente y responsable con todos mis compromisos.

Al Ingeniero Héctor Mauricio Sánchez por su asesoría y consejos.

A mis compañeros de pregrado, por compartir sus conocimientos y por su apoyo durante el proceso.

A la Universidad Santo Tomás seccional Tunja y a todos sus docentes quienes son parte fundamental de mi formación académica como Ingeniero Civil, brindándome todos los conocimientos necesarios para la vida profesional.

A la secretaría de Infraestructura de Sogamoso, por permitirme trabajar y tener una experiencia enriquecedora para mi vida profesional.

A todas aquellas personas que hicieron parte de este maravilloso proceso, de cada una de ellas me llevo las mejores cosas entre esas los conocimientos y las vivencias.

## CONTENIDO

|                                                                                                                                                                         | Pag.                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| INTRODUCCIÓN.....                                                                                                                                                       | 16                                   |
| 1. OBJETIVOS .....                                                                                                                                                      | 17                                   |
| 1.1 OBJETIVO GENERAL.....                                                                                                                                               | 17                                   |
| 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                                                                                                                                          | 17                                   |
| 2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DONDE SE REALIZÓ EL PROYECTO .....                                                                                                            | 18                                   |
| 3. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA PASANTÍA.....                                                                                                         | 21                                   |
| 3.1 CÁLCULO DE PRESUPUESTOS DEL COSTO INVERTIDO PARA EL AÑO 2017<br>PARA INFORME ANUAL DE RENDICION DE CUENTAS .....                                                    | 21                                   |
| 3.2 DIBUJO DE PLANOS ESTRUCTURALES, SANITARIOS Y CÁLCULO DE<br>DOSIFICACIONES DE CONCRETO Y ACERO PARA BATERIA DE BANOS<br>ESCUELA RURAL DEL MUNICIPIO DE SOGAMOSO..... | 24                                   |
| 3.3 ESTUDIOS DE TRÁNSITO PARA EL PROYECTO MEJORAMIENTO DE VIAS<br>SECTOR URBANO DEL MUNICIPIO .....                                                                     | 27                                   |
| 3.3.1 Reconocimiento de la vías, su área de influencia y descripción.....                                                                                               | 29                                   |
| información del proyecto.....                                                                                                                                           | <b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b> |
| 3.3.2 Estado actual de la vías .....                                                                                                                                    | 35                                   |
| 3.3.3 Diseño y ejecución de los trabajos de campo .....                                                                                                                 | 36                                   |
| 3.3.4 Tabulación y procesamiento de la información obtenida en terreno.....                                                                                             | 38                                   |
| 3.3.5 Proyección de tránsito promedio diario TPD y cálculo del Ne (numero de ejes<br>equivalentes a 8,2 ton) .....                                                      | 40                                   |
| A. Evaluación de la tasa anual de crecimiento del tránsito.....                                                                                                         | 41                                   |
| B. Periodo de diseño.....                                                                                                                                               | 41                                   |
| C. Cálculo del número de ejes equivalentes a 8.2 tn.....                                                                                                                | 42                                   |
| 3.3.6 Diseño de pavimentos flexibles.....                                                                                                                               | 48                                   |

|                                                                                                                    | Pag. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| A. Método aastho para diseño de pavimentos flexibles.....                                                          | 49   |
| B. Determinación del módulo resiliente de la mezcla mdc – 19.....                                                  | 51   |
| C. Características estructurales del pavimento:.....                                                               | 54   |
| D. Diseño de espesores con el método aastho .....                                                                  | 56   |
| 3.4 REHABILITACIÓN DE LA VÍA MORCA – SOGAMOSO (INSPECCIÓN ESTADO DE PAVIMENTO, ALCANTARILLAS Y PUENTE K1+150)..... | 60   |
| A. Definición de los tipos de daños en pavimentos flexibles.....                                                   | 60   |
| 3.5 INSPECCIÓN DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE AGUAS Y PONTÓN .....                                                  | 72   |
| 4. APORTES DEL TRABAJO .....                                                                                       | 78   |
| 4.1 COGNITIVOS .....                                                                                               | 78   |
| 4.2 COMUNIDAD .....                                                                                                | 85   |
| 5. IMPACTOS DEL TRABAJO DESARROLLADO.....                                                                          | 86   |
| 6. CONCLUSIONES.....                                                                                               | 87   |
| 7. RECOMENDACIONES.....                                                                                            | 88   |
| GLOSARIO.....                                                                                                      | 89   |
| BIBLIOGRAFÍA.....                                                                                                  | 93   |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                                   | Pag. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 1: Precios estándar para personal y maquinaria 2017. Secretaría de infraestructura .....                                    | 22   |
| Tabla 2: Precios estándar para materiales 2017. Secretaría de infraestructura ....                                                | 23   |
| Tabla 3: Precios estándar para instalación de asfáltica 2017. Secretaría de infraestructura .....                                 | 23   |
| Tabla 4: Cálculo de dosificaciones.....                                                                                           | 26   |
| Tabla 5: Cálculo de cantidad de acero en vigas y columnas. ....                                                                   | 27   |
| Tabla 6: Clasificación de camiones.....                                                                                           | 36   |
| Tabla 7: Clasificación vehicular.....                                                                                             | 37   |
| Tabla 8. Resumen de resultados aforo 01 de tránsito sentido de circulación sur-norte, carrera 18 entre calle 11 y calle 11b. .... | 39   |
| Tabla 9: Distribución direccional del tránsito, carrera 18 entre calle 11 y calle 11b. ....                                       | 39   |
| Tabla 10: Categorías de las Vías.....                                                                                             | 42   |
| Tabla 11: Periodos de diseño estructural recomendados .....                                                                       | 42   |
| Tabla 12: Tránsito promedio diario aforo para carrera 18 entre calle 11 y calle 11b .....                                         | 43   |
| Tabla 13: Factor de distribución por carril.....                                                                                  | 45   |
| Tabla 14: Factores de equivalencia de carga por tipo de vehículo obtenidos.....                                                   | 46   |
| Tabla 15: Tabla resumen para el cálculo de ejes equivalentes. ....                                                                | 47   |

|                                                                                                                    | Pag. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 16: Características de la Subrasante .....                                                                   | 48   |
| Tabla 17: Módulos resilientes de la subrasante del tramo vial.....                                                 | 50   |
| Tabla 18: Valores de recomendados para modificar los coeficientes de las capas<br>de base y sub-base granular..... | 55   |
| Tabla 19: Coeficientes de aporte estructural (ai) y de drenaje (mi).....                                           | 55   |
| Tabla 20: Módulos Resilientes de la capa de fundación del tramo vial.....                                          | 57   |
| Tabla 21: Estructura de pavimento convencional .....                                                               | 58   |
| Tabla 22: Criterios a cumplir para estructura de pavimento.....                                                    | 58   |
| Tabla 23: Estructura recomendada para la CARRERA 18 ENTRE CALLES 11 Y<br>11B.....                                  | 59   |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                | Pag. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 1. Pontón de la vía Morca-Sogamoso K1+100 .....                                         | 20   |
| Figura 2: Planta arquitectónica, batería baños escuela rural el Papayo .....                   | 24   |
| Figura 3. Aforo 01: calle 2 entre carrera 28 y 22.....                                         | 30   |
| Figura 4. Aforo 02: calle 7b entre carrera 11 y 15.....                                        | 30   |
| Figura 5. Aforo 03: calle 7a entre carrera 18 y 20.....                                        | 31   |
| Figura 6. Aforo 04: calle 24 entre carrera 11 y 12.....                                        | 31   |
| Figura 7. Aforo 05: carrera 10 entre calle 7 y av. el sol.....                                 | 32   |
| Figura 8. Aforo 06: diagonal 5 entre trv 7 y trv 4.....                                        | 32   |
| Figura 9. Aforo 07: carrera 12 entre calle 3 sur y 6 sur.....                                  | 33   |
| Figura 10. Aforo 08: calle 27 entre carrera 12 y 21.....                                       | 33   |
| Figura 11. Aforo 09: carrera 19 entre calle 7 y 8.....                                         | 34   |
| Figura 12. Aforo 10: carrera 13 entre calle 1b sur y 2a sur.....                               | 34   |
| Figura 13. Aforo 11: carrera 18 entre calle 11 y calle 11b .....                               | 35   |
| Figura 14: Cálculo de módulos resiliente con BANDS 2.0 .....                                   | 52   |
| Figura 15: Determinación de SN con programa Método AASHTO para el diseño de<br>pavimentos..... | 56   |
| Figura 16: Resultados de análisis para la estructura de pavimento. Programa<br>WINDEPAV .....  | 59   |
| Figura 17: Hundimiento (HUN, Unidad de medida: m2).....                                        | 66   |
| Figura 18: Descascaramiento (DC, Unidad de medida: m2).....                                    | 66   |
| Figura 19: Bache (BCH, Unidad de medida: m2).....                                              | 67   |

|                                                                   | Pag.. |
|-------------------------------------------------------------------|-------|
| Figura 20: Parche (PCH, Unidad de medida: m2).....                | 67    |
| Figura 21: Pulimento del agregado (PU, Unidad de medida: m2)..... | 68    |
| Figura 22: Surcos (SU, Unidad de medida: m <sup>2</sup> ) .....   | 68    |
| Figura 23: Encole y descole alcantarilla K0+400 .....             | 73    |
| Figura 24: Encole y descole alcantarilla K0+750 .....             | 74    |
| Figura 25: Vista parcial Pontón .....                             | 76    |
| Figura 26: Vista de dovelas y placa del Pontón .....              | 77    |
| Figura 27: Barandas lateral izquierda y derecha Pontón .....      | 77    |
| Figura 28: Viga 3,05 metros. Batería de baños .....               | 79    |
| Figura 29: Alcantarilla con falla y presencia de vegetación ..... | 84    |

## LISTA DE MAPAS

|                                                                    | Pag. |
|--------------------------------------------------------------------|------|
| Mapa 1. Localización de Sogamoso en el departamento de Boyacá..... | 19   |
| Mapa 2. Vía Morca-Sogamoso .....                                   | 20   |

## LISTA DE GRAFICOS

|                                                                                                                 | Pag. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Grafica 1: Grafica para hallar $a_1$ en función del módulo resiliente del concreto<br>asfaltico.....            | 53   |
| Grafica 1: Variación de coeficientes $a_2$ y $a_3$ para base y sub-base.....                                    | 54   |
| Grafica 3. Área de afectación para los 3 Km de la vía Morca-Sogamoso .....                                      | 69   |
| Grafica 4. Distribución de daños por severidad BAJA. Inspección estado<br>pavimento, vía Morca - Sogamoso.....  | 70   |
| Grafica 5. Distribución de daños por severidad MEDIA. Inspección estado<br>pavimento, vía Morca - Sogamoso..... | 71   |
| Grafica 6. Distribución de daños por severidad ALTA. Inspección estado<br>pavimento, vía Morca - Sogamoso.....  | 71   |

## **ANEXOS**

Anexo A. Plano estructural batería de baños

Anexo B. Plano sanitario batería de baños

Anexo C. Formato para aforos de tránsito

Anexo D. Proyección de tránsito promedio diario Carrera 18 entre Calle 11 y Calle 11B

Anexo E. Cálculo número de ejes equivalentes Carrera 18 entre Calle 11 y Calle 11B

Anexo F. Formatos para inspección de elementos de drenaje

Anexo G. Bitácoras

Anexo H. Convenio

## **RESUMEN**

El informe de pasantía presentado muestra las labores desempeñadas en apoyo como auxiliar de ingeniería y actividades de oficina en la Secretaría de Infraestructura de la Alcaldía del municipio de Sogamoso, donde se desempeñó proyectos en concordancia con las leyes, políticas, normas y reglamentos, que rigen para el área de la secretaría.

Las actividades desarrolladas durante la pasantía consistieron en la realización de cantidades de obra para lo que fue el mantenimiento de la malla vial de Sogamoso en el año 2017, en cuanto a parcheo y bacheo como parte en el informe anual de rendición de cuentas.

Realizar estudios de tránsito y diseño de estructuras de pavimento para las vías compromisos 2018-2019 de Sogamoso, con ello elaborar informes con los procedimientos detallados para el desarrollo de los estudios de tránsito como para los diseños de pavimento.

Para la vía Sogamoso con la vereda de Morca, proyecto el cual se realizó el apoyo para la actividades de revisión de pavimento y la inspección del estado para las estructuras de drenaje y para el pontón que se encuentra en K1+100, y así realizar informes. Con lo adquirido durante el proceso de aprendizaje en la carrera, aplicar de manera correcta los conocimientos para cada proyecto, buscando proponer soluciones eficientes y sustentables a problemas y/o inconvenientes en el desarrollo de un determinado proyecto.

**PALABRAS CLAVES:** Aforo de tránsito, TPD, presupuestos, inspección, malla vial

## **ABSTRACT**

The internship report submitted shows the work performed in support as an auxiliary of engineering and office activities in the Secretariat of Infrastructure of the Mayor of the municipality of Sogamoso, where he served activities in accordance with the laws, policies, rules and regulations, which govern for the area of the secretariat.

To provide support in relevant technical and basic studies for the maintenance of the road mesh, drafts, projects and budgets of the works, elaborate basic designs, constructive plans and writing of technical specifications, interpretation of Drawings and designs, to detect possible errors of technical aspect and to propose solutions to the needs posed for certain projects; Also to provide technical collaboration to the superiors or professionals as activities outside my area, all under the supervision of the professional manager.

From the acquired during the learning process in the career, apply the knowledge correctly for each project, seeking to propose efficient and sustainable solutions to problems and/or drawbacks in the development of a particular project .

**KEY WORDS:** Transit counting, TPD, budgets, inspection, road mesh

## INTRODUCCIÓN

Para mejorar como profesional y ampliar los conocimientos adquiridos en el periodo universitario, es necesario interactuar directamente con el entorno de la Ingeniería Civil, en el campo laboral. Por tal motivo realizar la pasantía con una duración de 600 horas, forma al estudiante para el campo personal y profesional en todos los ámbitos relacionados con el campo laboral. La pasantía se realizó en la Secretaría de Infraestructura del municipio de Sogamoso.

La secretaría de infraestructura se encarga de realizar la construcción, mantenimiento y ejecución de obras para el beneficio de la comunidad sogamoseña tanto para la zona rural como para la urbana. Con el desarrollo de obras realizadas por la secretaría, la administración asegura la movilidad peatonal y vehicular en la ciudad. La conexión vial entre el área urbana y el área rural del municipio, con obras de construcción y reposición de la malla vial. Así mismo la secretaría cuenta con la obligación de garantizar el estado óptimo de los establecimientos educativos y edificios públicos para que permanezcan en las mejores condiciones físicas y cumplan con la operación para el cual fueron construidas, por tal motivo esta secretaría ofrece para el estudiante estar en contacto con la problemática de infraestructura que afronta la ciudad de Sogamoso y relaciona al estudiante a la carrera tanto para el campo de la construcción y de las vías.

Las actividades en las cuales se realizó un apoyo fueron para cantidades de obra, presupuestos, planos, diseño de pavimentos e informes de obra, todo lo comprendido del mantenimiento de las vías de la urbana de la ciudad. El proyecto con más enfoque es la rehabilitación completa de la vía Morca – Sogamoso que corresponden a 3 kilómetros de corredor vial, la cual será rehabilitada para el 2019 cubriendo todos los requerimientos que fueron impuestos por el ministerio de vías.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar las funciones en el apoyo como auxiliar de Ingeniería Civil y de más actividades de oficina en la Secretaría de Infraestructura del municipio de Sogamoso, para los diferentes proyectos que la secretaría tiene a cargo. Por un periodo de 600 horas, bajo la supervisión de un ingeniero encargado.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar informes de inspección para las condiciones actuales de pavimento, obras de drenaje y pontón para la vía Sogamoso con la vereda de Morca.
- Efectuar estudios de tránsito y diseño de pavimentos de las diferentes vías de la zona urbana y rural de Sogamoso.
- Brindar apoyo en estudios técnicos y básicos correspondientes para el mantenimiento de la malla vial, anteproyectos, proyectos y presupuestos de las obras, elaborar diseños básicos, planos constructivos y redacción de especificaciones técnicas, interpretación de planos y diseños.
- Participar activamente en la ejecución de actividades relacionadas al campo de la Ingeniería Civil para generar un complemento a los conocimientos teóricos adquiridos en el pregrado y así proponer soluciones a las necesidades planteadas para determinados proyectos; también así aportar una colaboración técnica a los superiores o profesionales en cuanto actividades fuera de mi área.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DONDE SE REALIZÓ EL PROYECTO**

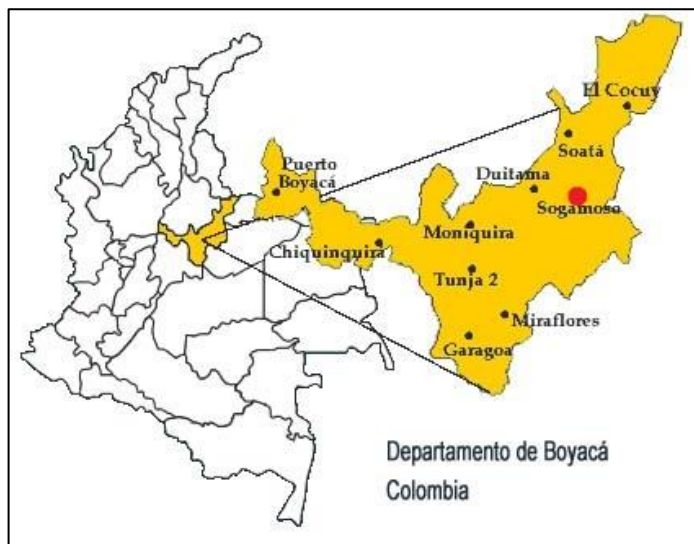
La pasantía se ejecutó en la secretaría de infraestructura de la ciudad de Sogamoso la cual se encarga de darle construcción, mantenimiento y ejecución a la malla vial como de los establecimientos públicos de la ciudad.

En cuanto a la geografía de Sogamoso es una ciudad colombiana en el centro-oriente del departamento de Boyacá, a 210 km al noreste de Bogotá, la capital del país y a 74,6 Km de Tunja la capital del departamento, es la ciudad principal de la provincia de Sugamuxi en la región del alto Chicamocha localizándose a 2569 msnm con temperaturas promedio de 18 °C.

La base económica de la ciudad es el comercio interregional entre los llanos Orientales y el centro del país, la industria líder corresponde a la siderúrgica y de materiales de construcción además de la explotación de calizas, carbón y mármol. Es la segunda ciudad con mayor industrialización del departamento y se le conoce como la ciudad del Sol y del Acero.

Actualmente la secretaría se encuentra en el mantenimiento de las diferentes vías de la ciudad las cuales presentan gran porcentaje de daño y deben intervenir para el beneficio de la comunidad, también cuenta con proyectos de gran importancia para el municipio como lo es la rehabilitación de la vía que comunica Sogamoso con la vereda de Morca.

Mapa 1. Localización de Sogamoso en el departamento de Boyacá



**Fuente:** <http://boyacasogamosoeo.blogspot.com/2013/05/ubicacion-del-municipio-de-sogamoso-en.html>

Para los proyectos que la secretaría tiene a cargo corresponde a la rehabilitación de la vía Sogamoso con la vereda de Morca, vía la cual se encuentra en su mayoría en un estado de deterioro y la cual será intervenida por completo los 3 kilómetros de corredor vial. Este proyecto el cual será asumido en su totalidad con recursos de Regalías departamentales y se espera una entrega de la vía para el año 2020.

La vía Sogamoso-Morca es de suma importancia para el turismo el cual ofrece para los visitantes diversas actividades de mucho interés ya que brinda lo mejor en cuanto artesanías y gastronomía, aparte de ser un lugar que acoge a muchos feligreses. Por tal motivo se convierte en un importante centro religioso por excelencia a la cual cada primer sábado de cada mes se realiza una perenigración al Santuario de la Virgen de la O de Morca como muestra de fe; en cuanto a la artesanías se fabrican objetos representativos de Sogamoso en diferentes materiales producidos por la región.

La intervención para el mejoramiento de esta vía es trascendental para el turismo.

Mapa 2. Vía Morca-Sogamoso



**Fuente:** Google Maps (2018)

También se realizó actividades de inspección de los estados para elementos que se encuentran en los 3 kilómetros de corredor vial, para condiciones de pavimento describiendo los tipos de daños que se encuentran y su tamaño, la inspección de las estructuras de drenaje y su pontón.

Figura 1. Pontón de la vía Morca-Sogamoso K1+100



**Fuente:** Autor

### **3. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA PASANTÍA**

Las actividades desarrolladas durante la pasantía consistieron en la realización de cantidades de obra, presupuestos, digitación de planos, lectura de planos para lo que corresponde al mantenimiento de la malla vial de Sogamoso. Realizar estudios de tránsito y diseño de estructuras de pavimento para las vías compromisos 2018 y 2019.

#### **3.1 CÁLCULO DE PRESUPUESTOS DEL COSTO INVERTIDO PARA EL AÑO 2017 PARA INFORME ANUAL DE RENDICION DE CUENTAS 2018**

Para este año fueron intervenidas 148 vías en cuanto a bacheo y parcheo el cual se realizó para cada una el cálculo del costo de intervención en cuanto a materiales, personal y maquinaria. Para las vías que fueron intervenidas para del año 2017, con el fin de presentar parte del reporte para el informe anual de rendición de cuentas 2018. Este informe para la comunidad es el medio con el cual los sogamoseños conozcan la gestión y los resultados por parte de la alcaldía, los planes y programas que fueron impuestos por parte de la administración para el año 2017.

Para cada día de trabajo en las diferentes vías que se intervinieron y se van a intervenir se registra unos formatos para dar control al personal y a la maquinaria, también una tabla para el registro de la cantidad de baches en este con información del largo, ancho y la cantidad de material de base, asfalto y emulsión necesaria para el mantenimiento de cuyo daño.

Para la intervención de una determinada vía se realiza una inspección para determinar la magnitud de daños que esta contenga y de acuerdo con esto establecer el personal que estaría al frente de la reparación. Por lo general siempre esta adelante un ingeniero supervisor, oficiales, ayudantes, maquinaria y sus operadores. Todo esto con el fin de cubrir la reparación con una duración mínima en condiciones climáticas buenas.

En el desarrollo de la actividad para cada vía se tomó los registros de los formatos registrado por el personal SISO de turno y se calculó la cantidad de horas de trabajo en cuanto a personal, el costo/hora para la maquinaria y la cantidad de material, con precios estándar que la secretaría maneja (Ver tabla 1, 2 y 3) se calculó el costo total para el mantenimiento de una determinada vía.

Tabla 1. Precios para personal y maquinaria 2017. Secretaría de infraestructura

| ALCALDIA DE SOGAMOSO SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA |                   |                |
|----------------------------------------------------|-------------------|----------------|
|                                                    |                   | VALOR POR HORA |
| PERSONAL                                           | Residente         | \$ 16.870,16   |
|                                                    | Supervisor        | \$ 16.870,16   |
|                                                    | Inspector         | \$ 12.758,60   |
|                                                    | Conductor         | \$ 12.758,60   |
|                                                    | Oficiales         | \$ 10.734,18   |
|                                                    | Ayudantes         | \$ 9.047,16    |
|                                                    | Topógrafo         | \$ 12.229,17   |
|                                                    | Aux Topografía    | \$ 9.047,16    |
|                                                    | Sisos             | \$ 14.108,21   |
|                                                    |                   |                |
| MAQUINARIA - EQUIPOS                               | Motoniveladora    | \$ 63.189,00   |
|                                                    | Retrocargador     | \$ 49.725,00   |
|                                                    | Retrocargador Alq | \$ 101.000,06  |
|                                                    | Vibro Alq         | \$ 100.000,46  |
|                                                    | Volquetas         | \$ 14.393,00   |
|                                                    | Camión            | \$ 13.448,00   |
|                                                    | Cargador          | \$ 60.711,00   |
|                                                    | Vibrocompactador  | \$ 43.655,00   |
|                                                    | Compresor         | \$ 25.000,00   |
|                                                    | Canguro           | \$ 12.000,00   |
|                                                    | Minicargador      | \$ 40.619,00   |
|                                                    | Cortadora         | \$ 403,50      |
|                                                    | Soplador          | \$ 11.000,00   |
|                                                    |                   |                |
|                                                    |                   |                |
|                                                    |                   |                |

Fuente: Secretaria de Infraestructura municipio de Sogamoso.

Tabla 2. Precios estándar para materiales 2017. Secretaría de infraestructura

| MATERIALES    |     |               |
|---------------|-----|---------------|
| MATERIALES    | UND | Valor         |
| Piedra filtro | m3  | \$ 63.070,00  |
| Base          | m3  | \$ 45.315,00  |
| Cemento       | Blt | \$ 24.000,00  |
| Bordillo      | und | \$ 26.180,00  |
| Cal           | Ton | \$ 281.295,00 |
| Asfalto       | M3  | \$ 458.150,00 |
| Emulsión      | Gln | \$ 8.500,00   |
| Adoquín       | und | \$ 370,00     |

Fuente: Secretaria de Infraestructura, precios materiales 2017.

Tabla 3. Precios estándar para instalación de asfáltica 2017. Secretaría de infraestructura

| INSTALACION CARPETA ASFALTICA |     |               |
|-------------------------------|-----|---------------|
| MATERIALES                    | UND | Valor         |
| Carpeta                       | M3  | \$ 685.298,00 |
| Sobrecarpeta                  | M3  | \$ 685.298,00 |
| Emulsión                      | M2  | \$ 3.374,00   |

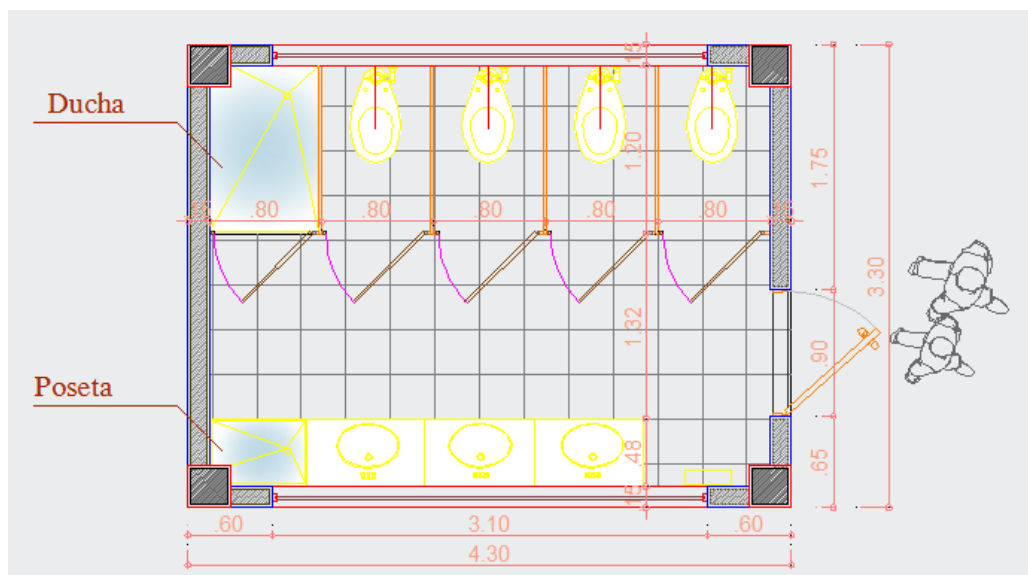
Fuente: Secretaria de Infraestructura, precios materiales 2017.

Con los anteriores precios mencionados y los formatos de registro para personal, maquinaria y material se realizó el cálculo de los costos para cada una de las 148 vías intervenidas en el 2017. Para cada una de las vías de acuerdo con los daños que presentaban, se calcula un promedio de inversión para el mantenimiento de 5 millones aproximadamente para una vía de gran magnitud y para las vías de menor daño un promedio de 1,5 millones. Con el valor total para cada una de las vías se llegó a un valor de costos directos de \$ 777.385.912,16 sin tomar en cuenta el AIU.

### 3.2 DIGITACIÓN DE PLANOS ESTRUCTURALES, SANITARIOS Y CÁLCULO DE DOSIFICACIONES DE CONCRETO Y ACERO PARA BATERIA DE BANOS ESCUELA RURAL DEL MUNICIPIO DE SOGAMOSO.

Para los compromisos propuestos del año en curso fue la construcción de una batería de baños para la escuela el Papayo en la zona rural de Sogamoso. En esto se proporcionó para el desarrollo de la actividad el plano arquitectónico y el diseño estructural. Con esto se realizó los planos estructurales y sanitarios; también un cálculo de las dosificaciones para saber las proporciones en cuanto a concreto y acero.

Figura 2. Planta arquitectónica, batería baños escuela rural el Papayo



Fuente: Arquitecta Ginna Barrera, Secretaría de Infraestructura.

Para el plano estructural se tuvo en cuenta. Son 2 vigas de 3,05 metros, 2 vigas de 4,05 metros y columnas de 2,50 metros con secciones de 0,25 x 0,25 m con acero de barras N° 4, estribos N° 3 con traslapos de 0,20 cm y ganchos de 90° de 15 cm. Para la cimentación se indicó realizar un concreto ciclópeo de 0,40 x 0,40. El plano se muestra en el ANEXO A.

Teniendo el plano estructural, los despieces de las vigas y columna se procede a calcular la cantidad de material de concreto y acero. Para el concreto se calcula la cantidad en metros cúbicos. Y con la tabla 4 se determina la cantidad de cemento en bultos, arena, agregado y agua, teniendo en cuenta un desperdicio del 5%. Con el acero se ve la cantidad de varillas y flejes por estructura. El cálculo para una dosificación se ilustra en el ejemplo 1.

La escuela no cuenta con un sistema de alcantarillado por tal motivo las aguas negras provenientes de las unidades sanitarias son direccionadas a una fosa séptica. La tubería es de pvc de 4 pulgadas para los sanitarios y para los lavamanos son de 3 pulgadas. Todas estas conectadas a una tubería principal de 6 pulgadas de diámetro, dirigida al sistema séptico. El plano se muestra en el ANEXO B. Los planos se realizaron en AutoCAD 2014.

Tabla 4. Tabla resumen de dosificación de concretos - cantidades por m3 de concreto

|                           |                |      |      |
|---------------------------|----------------|------|------|
| Resistencia F'c           | Kg/cm2         | 210  | 168  |
|                           | PSI            | 3000 | 2400 |
|                           | Mpa            | 20   | 16   |
| CEMENTO                   | Kilos          | 320  | 300  |
|                           | Bultos (50 Kg) | 6,4  | 6    |
| ARENA                     | m3             | 0,52 | 0,72 |
|                           | Latas 19 Lts   | 27   | 38   |
| GRAVA                     | m3             | 0,9  | 0,72 |
|                           | Latas 19 Lts   | 47   | 38   |
| AGUA (Para agregado seco) | Litros         | 180  | 170  |
|                           | Latas 19 Lts   | 9,5  | 8,9  |

Fuente: <https://construyendo.co/concreto/concreto.php>

### Ejemplo 1: Viga de 3,05 - Calculo de dosificaciones

- Largo 3,05m
- Sección 0,25m x 0,25m
- Resistencia del concreto  
F'c=3000 Psi
- 1 Bulto de cemento= 50 Kilos

- Factores Tabla 4  
Cemento= 320 Kilos  
Agua=180 lts  
Arena= 0,52 m<sup>3</sup>  
Agregado (Grava)= 0,9 m<sup>3</sup>

Calculo de volumen  $V = L * L * L$

$$V = 0,25m * 0,25m * 3,05m$$

$$V = 0,190m^3$$

$$P = V * 320 \text{ Kilos/m}^3$$

$$P = 0,190m^3 * 320 \text{ Kilos/m}^3$$

$$P = 60,80 \text{ Kilos}$$

Cantidad de material para la viga

$$Bultos = \frac{60,80 \text{ Kilos}}{50 \text{ Kilos}}$$

$$Bultos = 1,216 \text{ Bultos} \approx 1,5 \text{ Bultos}$$

$$Agua = 180 \frac{lt}{m^3} * 0,190m^3 = 34,20 \text{ Litros}$$

$$Arena = \frac{0,52 m^3 \text{ de arena}}{m^3 \text{ de concreto}} * 0,190m^3 = 0,10m^3$$

$$Agregado = \frac{0,9m^3 \text{ de grava}}{m^3 \text{ de concreto}} * 0,190m^3 = 0,171 m^3$$

Nota: Cada resultado más un 5% de desperdicio.

En la tabla 5 muestra el cálculo de las dosificaciones en total para lo que corresponde a concreto.

Tabla 5: Cálculo de dosificaciones.

|                               | CANTIDAD (5% Desperdicio) |                |            |            |           |
|-------------------------------|---------------------------|----------------|------------|------------|-----------|
|                               | Cemento (Kilos)           | Bultos cemento | Arena (m3) | Grava (m3) | Agua (Lt) |
| <b>CONCRETO CICLOPEO (m3)</b> | 48,384                    | 1              | 0,1161216  | 0,1161216  | 27,4176   |
| <b>VIGAS (m3)</b>             | 361,2                     | 8              | 0,58695    | 1,015875   | 203,175   |
|                               | 235,2                     | 5              | 0,3822     | 0,6615     | 132,3     |
| <b>COLUMNAS (m3)</b>          | 189                       | 4              | 0,307125   | 0,5315625  | 106,3125  |
| <b>PLACA DE TANQUES</b>       | 67,2                      | 2              | 0,1092     | 0,189      | 37,8      |

De acuerdo a los despieces para las vigas y columnas se realiza la cuantificación de acero (Tabla 6), cabe resaltar que para la estructura se muestra dos vigas de diferentes dimensiones y una columna de igual medidas.

Tabla 6: Cálculo de cantidad de acero en vigas y columnas.

| <b>ACERO</b>         | Viga | Cantidad de barras 6m | Peso (kg) | Flejes # | Long Flejes | No Flejes | Peso (kg/m) | Peso (kg) |
|----------------------|------|-----------------------|-----------|----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| <b>VIGAS (ml)</b>    | 4,3  | 16                    | 72,3      | 3        | 0,92        | 50        | 0,557       | 25,622    |
|                      | 3,3  | 0                     | 23,2      | 3        | 0,92        | 40        | 0,557       | 20,4976   |
|                      |      | 8                     | 38,       |          |             |           |             |           |
| <b>COLUMNAS (ml)</b> | 2,25 | 8                     | 39,6      | 3        | 0,92        | 72        | 0,557       | 36,89     |

### 3.3 ESTUDIOS DE TRÁNSITO PARA EL PROYECTO MEJORAMIENTO DE VIAS SECTOR URBANO DEL MUNICIPIO.

Durante el desarrollo de la pasantía la actividad con enfoque fue para las vías compromisos 2018-2019 del sector urbano para lo cual se realizó el análisis y estudio del tránsito, con el propósito de establecer las condiciones actuales de operación y las que se presentarán en el año horizonte del proyecto y así mismo a partir de estos resultados, determinar el número de ejes equivalentes para el diseño del pavimento. Las siguientes vías corresponden a los aforos realizados:

- **AFORO 01:** Calle 2 entre carrera 28 y 22
- **AFORO 02:** Calle 7b entre carrera 11 y 15
- **AFORO 03:** Calle 7a entre carrera 18 y 20
- **AFORO 04:** Calle 24 entre carrera 11 y 12
- **AFORO 05:** Carrera 10 entre calle 7 y av. el sol
- **AFORO 06:** Carrera 12 entre calle 3 sur y 6 sur
- **AFORO 07:** Diagonal 5 entre trv 7 y trv 4
- **AFORO 08:** Calle 27 entre carrera 12 y 21
- **AFORO 09:** Carrera 19 entre calle 7 y 8
- **AFORO 10:** Carrera 13 entre calle 1b sur y 2a sur
- **AFORO 11:** Carrera 18 entre calle 11 y calle 11b

Cumpliendo con los parámetros establecidos y los requerimientos del proyecto, se desarrolló el estudio partiendo de la recolección y análisis de la información disponible al respecto y el establecimiento del flujo vehicular presente en las diferentes vías, para determinar las condiciones actuales de operación y con ello establecer la demanda futura y calcular el tránsito para el carril de diseño.

El tránsito atraído y generado se establece tomando en cuenta la consolidación habitacional, los usos del suelo que prevalecen en el sector de una determinada vía de acuerdo al sector, las actividades desarrolladas en el mismo y la conexión de las vías con equipamientos públicos del Municipio de Sogamoso.

Para el desarrollo de la actividad se identifican cinco etapas empleadas en el desarrollo de un estudio de tránsito:

En la “primera etapa” se realiza el acopio y análisis de la información existente relacionada con el objeto del estudio.

En la “segunda etapa” y mediante el reconocimiento directo de la zona se determina: características físicas de la vía, zona de influencia, sus características y clasificación del proyecto para el estudio.

La “tercera etapa” corresponde al diseño y programación de la toma de información de campo, la cual corresponde a los aforos vehiculares, durante 24 horas, en el transcurso de siete días, de tal manera que permita evaluar la movilidad en la zona y poder proyectar al año horizonte del proyecto.

La “cuarta etapa” corresponde a la tabulación de la información obtenida directamente en campo y la elaboración de los cálculos necesarios para establecer el TPD y su proyección al año horizonte del proyecto.

La “quinta etapa” corresponde al cálculo de los Tránsitos Promedio Diarios y Número de ejes equivalentes, con su respectiva proyección.

### **3.3.1 RECONOCIMIENTO DE LA VÍAS, SU ÁREA DE INFLUENCIA y DESCRIPCIÓN.**

De las vías a estudiar corresponden a la zona urbana del Municipio de Sogamoso. Estos tramos viales son conectores de sectores comerciales, clínicas y sectores residenciales. En estas zonas circula transita tráfico liviano y moderadamente pesado por su conexión con varias carreteras principales la ciudad de Sogamoso.

#### **INFORMACION PARA CADA PROYECTO:**

Condiciones atmosféricas:

La temperatura y la precipitación de la zona de acuerdo a la información disponible en el IDEAM.

|                                             |              |
|---------------------------------------------|--------------|
| Altura sobre el nivel del mar (m)           | 2600 m.s.n.m |
| Temperatura media ponderada anual (TMPA °C) | TMPA = 16 °C |
| Precipitación media anual (mm)              | P(mm) = 900  |

## Localización de los Aforos

Figura 3. AFORO 01: CALLE 2 ENTRE CARRERA 28 Y 22



Fuente: Google Earth 2018

Figura 4. AFORO 02: CALLE 7B ENTRE CARRERA 11 Y 15



Fuente: Google Earth 2018

Figura 5. AFORO 03: CALLE 7A ENTRE CARRERA 18 Y 20



Fuente: Google Earth 2018

Figura 6. AFORO 04: CALLE 24 ENTRE CARRERA 11 Y 12



Fuente: Google Earth 2018

Figura 7. AFORO 05: CARRERA 10 ENTRE CALLE 7 Y AV. EL SOL



Fuente: Google Earth 2018

Figura 8. AFORO 06: DIAGONAL 5 ENTRE TRV 7 Y TRV 4



Fuente: Google Earth 2018

Figura 9. AFORO 07: CARRERA 12 ENTRE CALLE 3 SUR Y 6 SUR



Fuente: Google Earth 2018

Figura 10. AFORO 08: CALLE 27 ENTRE CARRERA 12 Y 21



Fuente: Google Earth 2018

Figura 11. AFORO 09: CARRERA 19 ENTRE CALLE 7 Y 8



Fuente: Google Earth

Figura 12. AFORO 10: CARRERA 13 ENTRE CALLE 1B SUR Y 2A SUR



Fuente: Google Earth

Figura 13. AFORO 11: CARRERA 18 ENTRE CALLE 11 Y CALLE 11B



Fuente: Google Earth

### 3.3.2 ESTADO ACTUAL DE LA VÍAS

Para cada vía que se realizó el aforo, corresponden a vías de sentido bidireccional en una sola calzada. Por estas vías circula tráfico liviano, moderado y pesado, el cual se moviliza para las diferentes zonas de la ciudad las cuales la mayoría son importantes corredores viales que conectan a zonas de características residenciales, industriales y comerciales el cual por su tráfico alto realizar un estudio de tránsito de manera minuciosa significaría un buen resultado para el diseño de la estructura de pavimento y evitar problemas futuros en cuanto a fallas. También circula servicios de transporte colectivo urbano, lo cual representa alta actividad en horas pico.

Bajo la guía del (Manual de Inspección Visual para Pavimentos Flexibles de la Universidad Nacional), se determina que los tramos están compuestos de unos

determinadas de daños los cuales se encontraron principalmente por la fatiga de la capa de rodadura debido al tráfico que presenta. Se evidencian fallas tipo baches, fisuras longitudinales y en bloque, piel de cocodrilo, perdida de las capas de la estructura.

### 3.3.3 DISEÑO Y EJECUCION DE LOS TRABAJOS DE CAMPO

El siguiente procedimiento para el cálculo  $N_e$ , se realizó para la vía Carrera 18 entre calle 11 y calle 11b.

Una vez identificada la zona de trabajo y la información existente disponible, se procede a realizar la toma de información de campo, utilizando formatos de aforos vehiculares (ANEXO C), adecuados para la recolección de los datos necesarios para determinar el tránsito promedio diario de la vía. Los aforos de volúmenes vehiculares se realizan por medio de métodos manuales, y son diligenciados por aforadores previamente entrenados o un aforador único de acuerdo a la vía a aforar.

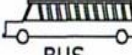
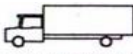
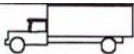
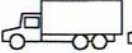
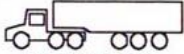
Los formatos se discriminan por tipo de vehículo en Autos, Buses y Camiones; los camiones discriminados de acuerdo con la clasificación establecida por el INVIAS, de acuerdo con la siguiente tabla.

TABLA 7: Clasificación de camiones

|         |                                                      |
|---------|------------------------------------------------------|
| C 2 - P | Camión de dos ejes Pequeño                           |
| C 2 - G | Camión de dos ejes Grande                            |
| C - 3   | Camión de Tres ejes                                  |
|         | Tractor con dos ejes – Camión con un eje C2-S-1      |
| C - 5   | Tractor con tres ejes – Camión con dos ejes C3 – S2  |
| > C - 5 | Tractor con tres ejes – Camión con tres ejes C2 – S3 |

Fuente. Manual de diseño de pavimentos INVIAS

Tabla 8: Clasificación vehicular

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                              | AUTOS                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                              | BUSES                          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | C2-P                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | C2-G<br>(Volqueta<br>Sencilla) |
|   <br>  | C3 - C4                        |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | C5                             |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | >C5                            |

Fuente. Manual de diseño de pavimentos INVIAS

Los aforos vehiculares, se realizaron de acuerdo a los dos tipos de movimiento que se podían encontrar en las diferentes zonas de la ciudad, cabe estacar que la mayoría de los aforos fue en zonas residenciales por lo que los movimientos de los vehicular eran en los dos sentidos:

Movimiento 1: NORTE - SUR

Movimiento 2: SUR – NORTE

Movimiento 2: ORIENTE-OCCIDENTE

Movimiento 2: OCCIDENTE – ORIENTE

### **3.3.4 TABULACION Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION OBTENIDA EN TERRENO.**

Una vez obtenida la información de campo, se clasifica y ordena la información por día, y se transcribe al computador utilizando los mismos formatos llevados a campo los cuales indican:

Municipio

Sentido, grupo o movimiento de la información que se toma

Fecha

Cantidad de vehículos clasificados en autos (livianos), buses y los camiones de acuerdo con la clasificación C-2, C-3, C-5 y C5>

El resultado de la información obtenida con relación a volúmenes vehiculares aparece en las Tablas de conteos de vehículos del Anexo D y en la Tabla 9, en las que se presenta el resumen de resultados de los aforos de tránsito en unidades diarias para el sentido de circulación, Por cada día aforado y el total diario, debidamente clasificados por tipo de vehículo para el día 14 de Mayo del 2018.

En la Tabla No. 10, se determina la distribución porcentual por tipo de vehículo y por sentido, el porcentaje de autos y vehículos comerciales (Buses y Camiones). Se determina porcentualmente el carril o sentido de mayor volumen, y el factor de distribución direccional. Esta misma tabla muestra el total de unidades en ambos sentidos, que son base para la proyección del TPD.

Tabla 9. RESUMEN DE RESULTADOS AFORO 01 DE TRÁNSITO SENTIDO DE CIRCULACIÓN SUR-NORTE, **CARRERA 18 ENTRE CALLE 11 Y CALLE 11B.**

| FECHA      | DÍA       | TIPO DE VEHICULO                                                                            |                                                                                       |                                                                                    |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     | TOTAL       |
|------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|            |           | AUTOS                                                                                       | BUSES                                                                                 | C2-P                                                                               | C2-G                                                                                | C3                                                                                  | C5                                                                                  | C>5                                                                                 |             |
|            |           |  AUTOMOVIL |  BUS |  |  |  |  |  |             |
| 14-May-18  | LUNES     | 1726                                                                                        | 1360                                                                                  | 102                                                                                | 79                                                                                  | 16                                                                                  | 5                                                                                   | 2                                                                                   | <b>3290</b> |
| 15-May-18  | MARTES    | 1654                                                                                        | 1303                                                                                  | 98                                                                                 | 76                                                                                  | 15                                                                                  | 5                                                                                   | 2                                                                                   | <b>3153</b> |
| 16-May-18  | MIÉRCOLES | 1582                                                                                        | 1246                                                                                  | 94                                                                                 | 73                                                                                  | 14                                                                                  | 4                                                                                   | 2                                                                                   | <b>3015</b> |
| 17-May-18  | JUEVES    | 1438                                                                                        | 1133                                                                                  | 85                                                                                 | 66                                                                                  | 13                                                                                  | 4                                                                                   | 2                                                                                   | <b>2741</b> |
| 18-May-18  | VIERNES   | 1366                                                                                        | 1076                                                                                  | 81                                                                                 | 63                                                                                  | 12                                                                                  | 4                                                                                   | 2                                                                                   | <b>2604</b> |
| 19-May-18  | SÁBADO    | 1337                                                                                        | 1054                                                                                  | 79                                                                                 | 61                                                                                  | 12                                                                                  | 4                                                                                   | 2                                                                                   | <b>2549</b> |
| 20-May-18  | DOMINGO   | 1237                                                                                        | 680                                                                                   | 51                                                                                 | 40                                                                                  | 8                                                                                   | 2                                                                                   | 1                                                                                   | <b>2019</b> |
| <b>TPD</b> |           | <b>1477</b>                                                                                 | <b>1122</b>                                                                           | <b>84</b>                                                                          | <b>65</b>                                                                           | <b>13</b>                                                                           | <b>4</b>                                                                            | <b>2</b>                                                                            | <b>2767</b> |

Fuente: Autor

Nota: Cifras redondeadas por hoja de cálculo

Tabla 10: DISTRIBUCIÓN DIRECCIONAL DEL TRÁNSITO, **CARRERA 18 ENTRE CALLE 11 Y CALLE 11B.**

| SENTIDO            | TIPO DE VEHICULO                                                                              |                                                                                         |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       | TOTAL |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|                    | AUTOS                                                                                         | BUSES                                                                                   | C2- P                                                                               | C2- G                                                                               | C3                                                                                   | C5                                                                                    | C>5                                                                                   |       |
|                    |  AUTOMOVIL |  BUS |  |  |  |  |  |       |
| SUR - NORTE        | 1477                                                                                          | 1122                                                                                    | 84                                                                                  | 65                                                                                  | 13                                                                                   | 4                                                                                     | 2                                                                                     | 2767  |
| <b>UNIDADES</b>    | 1477                                                                                          | 1122                                                                                    | 84                                                                                  | 65                                                                                  | 13                                                                                   | 4                                                                                     | 2                                                                                     | 2767  |
| % TIPO DE VEHÍCULO | 53,4%                                                                                         | 40,5%                                                                                   | 3,0%                                                                                | 2,3%                                                                                | 0,47%                                                                                | 0,14%                                                                                 | 0,07%                                                                                 | 100%  |

Fuente: Autor

PORCENTAJE CARRIL DE DISEÑO 100%

### 3.3.5 PROYECCION DE TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO TPD Y CÁLCULO DEL Ne (Numero de ejes equivalentes a 8,2 Ton)

El tránsito es uno de los parámetros fundamentales para el diseño del pavimento flexible, motivo por el cual se debe conocer el tránsito actual y el proyectado en el periodo de diseño, permitiendo determinar los espesores de las capas que conforman la estructura del pavimento.

Una vez obtenida la situación actual para cada estación representativa de los sectores escogidos, se inicia la proyección del tránsito con base en los factores de crecimiento previamente analizados.

Para proyectar el tránsito promedio diario se utilizó la siguiente expresión

$$TF = To (1+r)^n$$

De donde:

TF = Tránsito futuro

To = Tránsito Base (el obtenido, para cada estación en los dos sentidos)

r = Rata de crecimiento

n = Período de tiempo al que se desea proyectar el tránsito <sup>1</sup>

La proyección del Tránsito Promedio Diario, se muestra en la tabla del ANEXO D.

Para el caso del diseño de pavimento flexible, dentro del procesamiento de datos relacionados con el tránsito, es necesario tomar en cuenta como principales factores que inciden en el diseño del pavimento, el número de ejes equivalentes a 8,2 tn que se esperan durante el período de diseño.

Para el caso de diseño por el método de la “AASHTO ROAD TEST” es necesario convertir el tránsito proyectado en ejes equivalentes a 8.2 toneladas.

---

<sup>1</sup> Ingeniería de Pavimentos para carreteras – Ing. Alfonso Montejó Fonseca, Capítulo 2 “Estudio de tránsito para diseño de pavimentos”. Pag 26

#### **A. Evaluación de la tasa anual de crecimiento del tránsito**

El pavimento debe ser diseñado para soportar el tránsito inicial y el tránsito durante su vida de servicio. De esta manera es necesario conocer la tasa anual de crecimiento del tránsito, el cual es indispensable para efectuar proyecciones a mediano y largo plazo, necesarios para el estudio del pavimento, tanto en la etapa de diseño como de funcionamiento.

Para nuestro caso el TPD de 100% para el tramo de la **CARRERA 18 ENTRE CALLE 11 Y CALLE 11B**, corresponde a una tasa de crecimiento  $r$  % del 4,0%. Además el crecimiento económico en el último año ha sido del 5,13% (PIB), y la construcción actualmente participa en el 6% del crecimiento económico nacional.

Con base en las anteriores consideraciones, se decide tomar como tasa de crecimiento para el cálculo del Tránsito Futuro, una tasa de crecimiento igual a 4.0%.

**Tasa anual de crecimiento del tránsito  $r = 4,00$  %**

#### **B. Periodo de diseño**

La estructura del pavimento flexible, tendrá un Periodo de diseño de 10 años, de acuerdo a las condiciones actuales del tráfico:

$N = 10$  años

Tabla 11: Categorías de las Vías

|                             | I                                                                     | II                                                                              | III                                                                    | ESPECIAL                                   |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| DESCRIPCIÓN                 | Autopistas<br>Interurbanas,<br>Caminos<br>interurbanos<br>Principales | Colectoras<br>Interurbanas,<br>Caminos rurales<br>e industriales<br>principales | Caminos rurales<br>Con tránsito<br>Mediano,<br>caminos<br>estratégicos | Pavimentos<br>Especiales e<br>Innovaciones |
| IMPORTANCIA                 | Muy importante                                                        | Importante                                                                      | Poco importante                                                        | Importante                                 |
| Tránsito Promedio<br>diario | >5000                                                                 | 1000 - 10000                                                                    | <1000                                                                  | <10000                                     |

Fuente: Manual de diseño de pavimentos INVIAS.

Tabla 12: Periodos de diseño estructural recomendados

| Categoría de la vía | Periodo de Diseño (P.D.E) Años |             |
|---------------------|--------------------------------|-------------|
|                     | Rango                          | Recomendado |
| I                   | 10. -30.                       | 20          |
| II                  | 10. -20.                       | 15          |
| III                 | 10. -20.                       | 10          |
| Especiales          | 7 - 20.                        | 10 - 15     |

Fuente: Manual de diseño de pavimentos INVIAS.

### C. Cálculo del número de ejes equivalentes a 8.2 tn

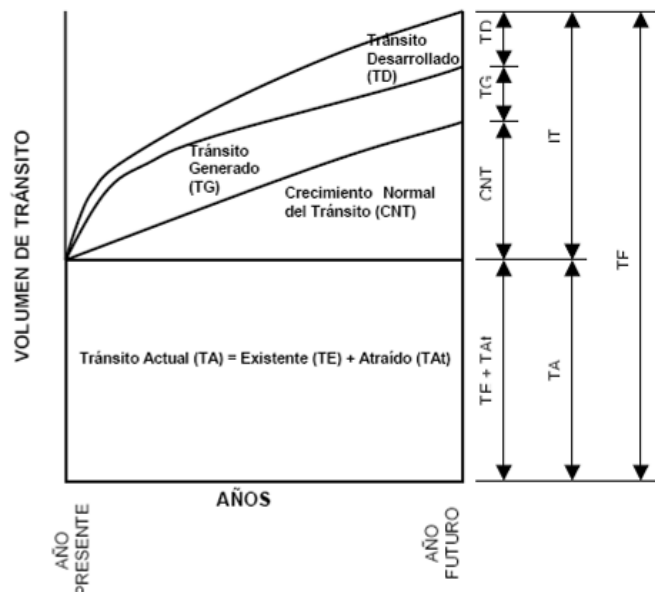
Se determina el número de ejes equivalentes a 8,2 toneladas que circularán por el carril de diseño y que se esperan durante el periodo de diseño de 10 años:

Para la categoría de las diferentes vías, el tránsito promedio diario y la composición vehicular es la siguiente:

Tabla 13: TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO AFORO PARA CARRERA 18 ENTRE CALLE 11 Y CALLE 11B

| <b>AFORO: CARRERA 18 ENTRE CALLE 11 Y CALLE 11B</b> |                                                                                                |                                                                                          |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                                            |                                                                                                            |       |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| TRÁNSITO<br>PROMEDIO<br>DIARIO                      | TIPO DE VEHICULO                                                                               |                                                                                          |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                                            |                                                                                                            | TOTAL |
|                                                     | AUTOS                                                                                          | BUSES                                                                                    | C2- P                                                                             | C2- G                                                                             | C3                                                                                  | C5                                                                                                         | C>5                                                                                                        |       |
|                                                     | <br>AUTOMOVIL | <br>BUS |  |  |  | <br>TRACTO CAMION C3-52 | <br>TRACTO CAMION C3-53 |       |
| TPD                                                 | 1477                                                                                           | 1122                                                                                     | 84                                                                                | 65                                                                                | 13                                                                                  | 4                                                                                                          | 2                                                                                                          | 2767  |
| % TIPO DE<br>VEHÍCULO                               | 53,38%                                                                                         | 40,55%                                                                                   | 3,04%                                                                             | 2,35%                                                                             | 0,47%                                                                               | 0,14%                                                                                                      | 0,07%                                                                                                      | 100%  |

**Proyección del tránsito:** En el siguiente gráfico se observa los componentes del volumen de tránsito futuro, que permiten evaluar el número de ejes equivalentes a 8,2 tn durante el periodo de diseño.



Fuente: Metodología de la AASHTO

Mediante la tabla del ANEXO E se calcula el número de ejes equivalentes  $N_e$  para el caso de pavimento flexible; seguida la Tabla No. 15 muestra el resumen de este cálculo en número de ejes acumulados a 5, 10, 15 y 20 años, a pesar de que la proyección para este tipo de pavimento solo se calcula a 10 años. A continuación se presenta la metodología utilizada para determinar el número de ejes equivalentes a 8,2tn.

$$T_n = TPD * (1 + r)^n; \text{tránsito al finalizar la construcción.}$$

$$n = 10 \text{ años; Periodo de construcción del pavimento}$$

$$r \%: 4 \% \text{ Crecimiento Normal del Tránsito}$$

- **Tránsito Atraído:** El tránsito atraído es el volumen de tránsito que, sin cambiar ni su origen ni su destino, puede ocupar la futura vía pavimentada como ruta alterna, afluyendo a ella a través de otras vías ya existentes y que es alrededor del 4% del tránsito existente.

$$T_{at} = T_e * 4\%$$

$$T_{actual} = T_e + T_{at}$$

- **Tránsito Generado:** Es el volumen de tránsito que resulta como consecuencia del desarrollo económico y social de la nueva zona de influencia y en especial al comunicar el centro urbano de Sogamoso con las veredas perimetrales del Municipio. Para el estudio se toma 5%.

Entonces el tránsito generado es:

$$T_g = T_e * 5\%$$

- **Tránsito Desarrollado:** Es alrededor del 5% del tránsito actual.

$$T_{des} = T_{actual} * 5\%$$

- **Tránsito Proyectado:**

Proyección del tránsito actual hasta el año horizonte

$$T_{actual\ 10} = T_{actual} * (1 + r)^n$$

Proyección del tránsito generado en 1 año.  $Tg1 = Tg \cdot (1+r)^1$

Proyección del tránsito desarrollado hasta su periodo de crecimiento.  $Td-10 = Tdes \cdot (1+r)^{10}$

El volumen de vehículos que circulara por la vía en el año horizonte es igual a la sumatoria de las proyecciones de los tránsitos actual, generado y desarrollado

$$T_{proy} = T_{actual10} + T_{gn} + T_{d10} \text{ veh/día}$$

- **El Tránsito Acumulado:** N° veh comerciales / día =  $T_{proy} \cdot (\%buses + \%camiones)$

Este valor se multiplica por la distribución direccional para calcular el número de vehículos comerciales en el carril de diseño.

- Factor de Distribución Direccional  $F_d$

- Factor de distribución por carril:

Tabla 14: Factor de distribución por carril

| Número total de carriles en cada dirección | Factor de distribución para el carril de diseño<br>( $F_{ca}$ ) |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1                                          | 1.0                                                             |
| 2                                          | 0.90                                                            |
| 3                                          | 0.75                                                            |

*Fuente:* Manual de diseño de pavimentos INVIAS

Factor de Distribución para el carril de diseño  $F_{ca} = 0.5$

N° veh comerciales en el carril de diseño = N° veh comerciales / día \*  
Distribución direccional.

**FACTOR CAMION:** Finalmente para el diseño del pavimento se necesita conocer el número acumulado de ejes equivalentes a 8,2 t en el carril de diseño del Pavimento:

$$FC = \frac{\%Comerciales * Factor camiones}{\%Vehiculos comerciales}$$

$$FC = \frac{\%B * Fd1 + \%C2P * Fd2 + \%C2G * Fd3 + \%C3 * Fd4 + \%C5 * Fd5 + \%C > 5 * Fd5}{\%Vehiculos comerciales}$$

Tabla 15: Factores de equivalencia de carga por tipo de vehículo obtenidos

| Tipo de vehículo |                   | Factor de Equivalencia |
|------------------|-------------------|------------------------|
| BUSES            | Bus               | 0.40                   |
|                  | Bus Metropolitano | 1.00                   |
| C2P              | C2P               | 1.14-1.4               |
| C2G              | C2G               | 1.4-3.44               |
| C3 y C4          | C3                | 3.76                   |
|                  | C2S1              | 3.37                   |
|                  | C4                | 6.73                   |
|                  | C3S1              | 2.22                   |
|                  | C2S2              | 3.42                   |
| C5               | C3S2              | 4.40                   |
| > C5             | >5                | 4.72                   |

Fuente: Manual de diseño de pavimentos INVIAS

Ahora el número acumulado de ejes de 8,2 t en el carril de diseño y en la vida del diseño del pavimento es:

$$N = N^{\circ} \text{ acumulado de vehículos comerciales} * FC$$

Para el 90% de confiabilidad y  $Z_r=1,282$   $N'=1,159 N$  (INVIAS)

De esta forma, el número de ejes equivalentes acumulado para el año que se desea proyectar resulta de la suma del anterior año con el siguiente calculado, resumen presentado en la Tabla No. 15 para 5,10,15 y 20 años.

En este caso la vía la cual fue estudiada correspondía a la Carrera 18 entre calle 11 y 11B la vía que queda a la entrada del terminal de transportes de la ciudad de Sogamoso, como indican los resultados de los cálculos, la vía se clasifica en categoría II (Tabla 10) caminos principales con tránsito promedio entre >1000. Lo cual corresponde un periodo de 10 años para el diseño de la estructura de pavimento rígido de acuerdo al Número de Ejes Equivalentes a 8,2 toneladas obtenidos mediante el análisis. Teniendo en cuenta que la distribución direccional resulta del 100 por lo cual se aproxima al 100% de los volúmenes para el carril de diseño.

Los resultados para la vía se muestran en la siguiente tabla para el aforo:

Tabla 16: Tabla resumen para el cálculo de ejes equivalentes.

| Año       |             | Ne Pavimento Flexible |
|-----------|-------------|-----------------------|
| Base      | 2018        | 366.925               |
| 5         | 2023        | 4'855.362             |
| <b>10</b> | <b>2028</b> | <b>9'841.432</b>      |
| 15        | 2033        | 15'876.970            |
| 20        | 2038        | 23'190.410            |

Fuente: Autor

### 3.3.6 DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Por consiguiente con el estudio de tránsito se realiza el diseño del pavimento flexible teniendo en cuenta las condiciones de operación de la vía. También con las condiciones actuales de la vía y los requerimientos del estudio, se analiza la información recolectada para determinar así las características de la subrasante. Del estudio de tránsito, el clima de la zona, las condiciones topográficas del área de trabajo y los resultados en vías similares y cercanas, permitieron definir una zona homogénea con las siguientes características:

Tabla 17: Características de la Subrasante

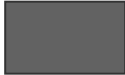
| <b>ZONA<br/>HOMOGENEA</b> | <b>CBR %<br/>Subrasante</b> | <b>Modulo Resiliente<br/>Mr Subrasante<br/>(kg/cm<sup>2</sup>)</b> |
|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>Tramo 01</b>           | <b>6,9</b>                  | <b>728</b>                                                         |

Fuente: Autor

Para este diseño se tomó el valor de CBR para la Carrera 18 entre Calle 11 y Calle 11B, a continuación se detalla el procedimiento para el posible diseño de la estructura de pavimento que se utiliza en el municipio de Sogamoso.

**CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES:** La selección de los materiales para el diseño del pavimento está basada en una combinación de factores como la calidad, economía, experiencia previa de uso, varias fuentes de materiales en la zona, y que estos materiales se adaptan a las condiciones del proyecto:

Tabla 1.3 Características de los Materiales

| SIMBOLO                                                                           | CODIGO                | MATERIAL                               | ESPECIFICACIÓN |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------|----------------|
|  | AFIRMADO<br>Existente | Afirmado<br>INV 311                    | INV 311        |
|  | BG - 2                | Base Granular<br>INV 330               | INV 330        |
|  | MDC - 19              | Mezcla Densa<br>en Caliente<br>INV 450 | INV 450        |

Fuente: Autor

## A. MÉTODO AASTHO PARA DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES

En este método se consideran los siguientes parámetros:

### A. VARIABLES DE DISEÑO:

**Restricciones de tiempo:** Se desarrolla el diseño del pavimento para un Periodo de diseño:  $N = 10$  años, de la estructura sin que se produzca alguna rehabilitación.

### Tránsito:

|                 |              |
|-----------------|--------------|
| <b>TRAMO 02</b> | 4,9 E 6 ejes |
|-----------------|--------------|

**Confiabilidad:** Las vías se clasifican como Carretera arteria principal, con un nivel de Confiabilidad del 80% y con una desviación estándar  $S_d = 0.842$

**Efectos ambientales:** Temperatura media anual ponderada del aire TMAP = 16 °C. Precipitación total anual (mm) < 2000 mm

B. CRITERIOS DE COMPORTAMIENTO:

**Serviciabilidad:** Para encontrar el número estructural del pavimento en este método se tuvo en cuenta unos niveles de Serviciosabilidad recomendadas por la AASHTO.

Serviciabilidad Inicial       $P_o = 4.2$  (pavimentos flexibles)

Serviciabilidad Final       $P_t = 2.0$

$$\Delta PSI = P_o - P_t = 4.2 - 2.0 = 2.2$$

C. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES:

**Módulo resiliente de subrasante:** ( $M_r$  calculado según manual AASHTO).

$M_r = 4326 \times \ln CBR + 241$  (Psi); para suelos granulares

$M_r = 1500 \times CBR$ ; para  $CBR < 7.2\%$

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras. Ing. Alfonso Montejó Fonseca.

Tabla 18: Módulos resilientes de la subrasante del tramo vial

| ZONA<br>HOMOGENEA | C.B.R % | Módulo Resiliente<br>( $M_r$ )<br>Psi | Módulo Resiliente<br>( $M_r$ )<br>Kg / cm <sup>2</sup> |
|-------------------|---------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| TRAMO             | 6,9     | 10350                                 | 728                                                    |

Fuente: Autor

**Características de los materiales del pavimento:** La mezcla asfáltica se deberá diseñar y construir de modo que no solo preste una función estructural, y que además, resista la fuerza abrasiva del tránsito, proporcione una superficie antideslizante y uniforme y prevenga la penetración del agua superficial.

## B. DETERMINACIÓN DEL MÓDULO RESILIENTE DE LA MEZCLA MDC – 19

a) Índice de penetración y la temperatura T800 del Asfalto:

IP entre -1 y +1.0.

b) Stiffness del asfalto a la temperatura de trabajo en obra:

Se emplea el programa de computador BANDS 2.0 conociendo la siguiente información:

- IP = 1.0
- Tiempo de aplicación de Carga = 0.02 sg.
- Delta T = T800 - Tmezcla = 60°C – 25°C = 35°C

***Stiffness del asfalto = 14.7 Mpa***

c) Stiffness de la mezcla asfáltica: empleando el programa de computador BANDS 2.0

Dosificación en volumen, suministrada por la planta asfáltica de la región:

|             |       |
|-------------|-------|
| % Agregados | 83,4% |
| % Asfalto   | 11%   |
| % Vacíos    | 5,6%  |

***Stiffness de la Mezcla = 2620 Mpa***

Figura 14: Cálculo de módulos resiliente con BANDS 2.0

**Select Calculation Method**

☐ Calculate Fatigue Life ☒ Calculate Fatigue Strain

**Input Parameters**

| Parameter                   | Unit    | Range                      | From | To | Step |
|-----------------------------|---------|----------------------------|------|----|------|
| Loading Time                | Seconds | <input type="checkbox"/> ? | .02  |    |      |
| Temperature of Bitumen      | °C      | <input type="checkbox"/> ? | 22   |    |      |
| Penetration Value           | 0.1mm   | <input type="checkbox"/> ? | 50   |    |      |
| Penetration Temperature     | °C      |                            | 25   |    |      |
| Softening Point             | °C      | <input type="checkbox"/> ? | 60   |    |      |
| Volume Percentage Bitumen   | %v/v    | <input type="checkbox"/> ? | 11   |    |      |
| Volume Percentage Aggregate | %v/v    | <input type="checkbox"/> ? | 83.4 |    |      |
| Fatigue Life                | x 1000  | <input type="checkbox"/> ? | 29   |    |      |

**Results**

|                       |      |        |
|-----------------------|------|--------|
| Penetration Index     | -    | 1.0    |
| Bitumen Stiffness     | MPa  | 14.700 |
| Asphalt Mix Stiffness | MPa  | 2620   |
| Fatigue Strain        | µm/m | 547.0  |

Results Table Results Report Help Cancel

### ***Coefficientes de capas:***

**Concreto Asfáltico:** Se estima que el módulo elástico del concreto asfáltico MDC-19 es 26275 Kg/cm<sup>2</sup> (368000 Psi).

En la gráfica 2a. entrando con el valor del Módulo elástico de concreto asfáltico en lb/pg<sup>2</sup> se obtiene el valor correspondiente del coeficiente estructural (a<sub>1</sub>), de la capa de rodadura de concreto asfáltico de gradación densa, a 20°C.

$$a_1 = 0,44 \quad \text{con} \quad M_r = 26275 \text{ kg/cm}^2 = 368000 \text{ psi}$$

**Base Granular BG-2:** Para este proyecto se estima un valor de CBR = 80%-100%. En la gráfica 2b. Entrando con el CBR de la base granular o con el modulo

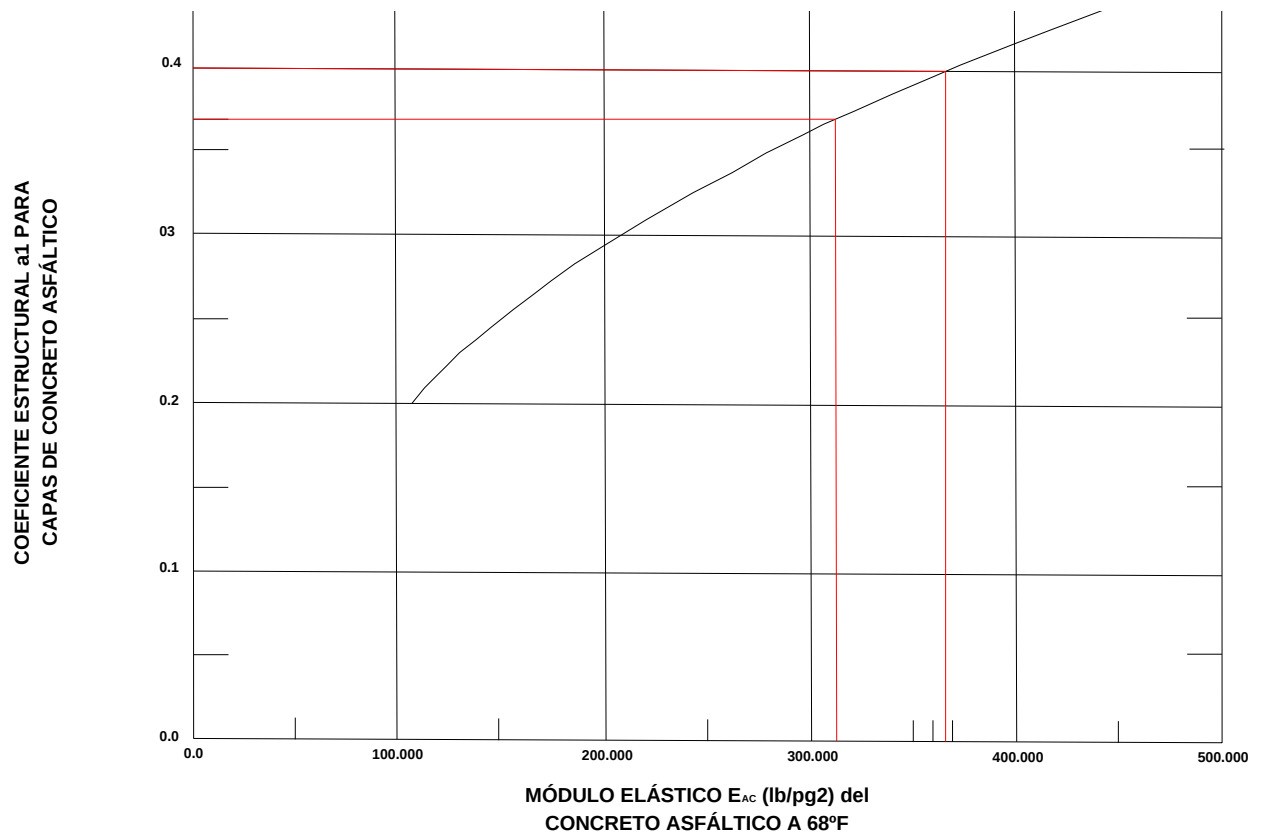
resiliente del material, se obtiene el valor correspondiente del coeficiente estructural  $a_2$ .

$$a_2 = 0,15 \text{ con } Mr = 30000 \text{ psi CBR} = 80\%-100\%$$

**Afirmado Granular:** Para este proyecto se estima un valor de CBR  $\geq 30\%$ . En la gráfica 2c, Entrando con los parámetros de resistencia de la subbase, CBR o módulo resiliente, se obtiene el valor correspondiente del coeficiente estructural  $a_3$ .

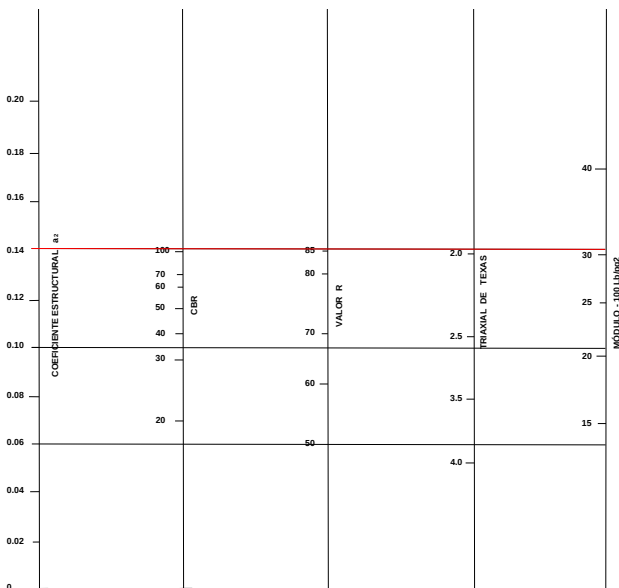
$$a_3 = 0,13 \text{ con } Mr = 10000 \text{ psi CBR} = 30\% \text{ para la condición más desfavorable}$$

Grafica 1: Grafica para hallar  $a_1$  en función del módulo resiliente del concreto asfáltico

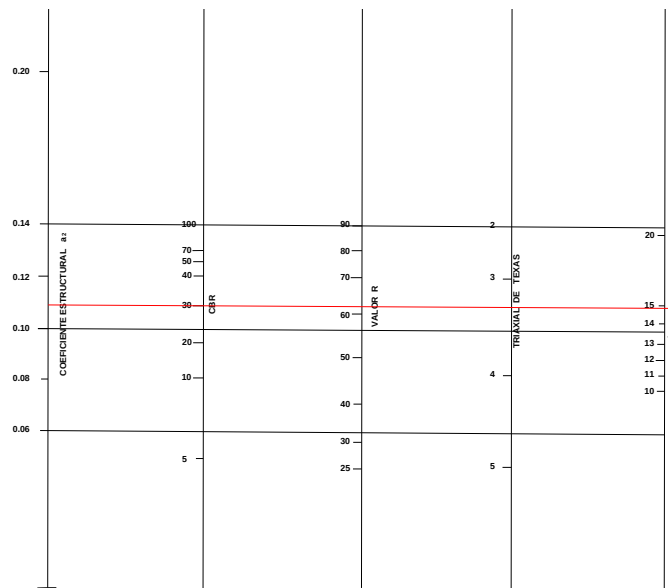


Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras. Ing. Alfonso Montejo Fonseca.

Grafica 2: Variación de coeficientes  $a_2$  y  $a_3$  para base y sub-base



Gráfica 2b. variación de coeficiente  $a_2$  con diferentes parámetros de resistencia de la base granular



Gráfica 2c. variación del coeficiente  $a_3$  con diferentes parámetros de resistencia de la subbase

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras. Ing. Alfonso Montejo Fonseca.

### C. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO:

**Drenaje:** De acuerdo con la calidad del drenaje y el tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad próximos a la saturación, se determina los valores de  $m_i$  para cada una de las capas de la estructura del pavimento

Tabla 19: Valores de recomendados para modificar los coeficientes de las capas de base y sub-base granular

| Calidad de Drenaje | % de tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad próximos a la saturación |             |             |      |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|------|
|                    | <1%                                                                                                  | 1 - 5%      | 5 - 25%     | >25% |
| Excelente          | 1.4 - 1.35                                                                                           | 1.35 - 1.30 | 1.30 - 1.20 | 1,2  |
| Buena              | 1.35 - 1.25                                                                                          | 1.25 - 1.15 | 1.15 - 1    | 1    |
| Aceptable          | 1.25 - 1.15                                                                                          | 1.15 - 1.05 | 1 - 0.80    | 0,8  |
| Pobre              | 1.15 - 1.05                                                                                          | 1.05 - 0.80 | 0.8 - 0.60  | 0,6  |
| muy pobre          | 1.05 - 0.95                                                                                          | 0.95 - 0.75 | 0.75 - 0.40 | 0,4  |

Fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras. Ing. Alfonso Montejó Fonseca

Tabla 20: Coeficientes de aporte estructural (ai) y de drenaje (mi)

| SIMBOLO                                                                             | CODIGO           | MATERIAL                         | Modulo Resiliente (Mr) Psi | ai   | mi   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------|----------------------------|------|------|
|  | MDC - 19         | Mezcla Densa en Caliente INV 450 | 368000                     | 0,45 | 1,00 |
|  | BG - 2           | Base Granular INV 330            | 30000                      | 0,15 | 1,00 |
|  | RECEBO EXISTENTE |                                  | 10000                      | 0,13 | 1,00 |
|  | SUB-RASANTE      | ESTUDIO SUELOS                   | 5250                       |      |      |

Fuente: Autor

**Selección de los espesores de las capas:** Determinado el SN, el paso siguiente consiste en identificar un conjunto de capas cuyos espesores, convenientemente combinados, proporcionen la capacidad portante correspondiente a dicho SN mediante la siguiente ecuación.

$$SN = a_1 \cdot h_1 + a_2 \cdot m_2 \cdot h_2 + a_3 \cdot m_3 \cdot h_3.$$

$a_i$ : coeficientes de capa

$m_i$ : calidad del drenaje

## D. DISEÑO DE ESPESORES CON EL MÉTODO AASHTO

Figura 15: Determinación de SN con programa MÉTODO AASHTO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

**Método AASHTO para el diseño de pavimentos (1993)**  
Desarrollado por: Luis Ricardo Vásquez Varela. Ingeniero Civil. Manizales, 2006.

Tipo de pavimento: ☒ Flexible ☐ Rígido

Confiability (R) and standard deviation (So): 85 % Zr = - 1.037 So: 0.49 Ayuda

Serviciabilidades inicial y final: PSI inicial: 4.2 PSI final: 2 Ayuda

Tránsito de diseño: W18: 4920716

Pavimento flexible

| Capa | Módulo de elasticidad (psi) | Coeficiente de capa (ai) | Coeficiente de drenaje (mi) | SN necesario | Espesor D (plg.) | Espesor D* (plg.) | SN* dispuesto |
|------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------|------------------|-------------------|---------------|
| 1    |                             | ¿E/a?                    |                             | ¿m?          |                  |                   |               |
| 2    |                             | ¿E/a?                    |                             | ¿m?          |                  |                   |               |
| 3    |                             | ¿E/a?                    |                             | ¿m?          |                  |                   |               |
| 4    | 10350                       | MR                       |                             |              |                  |                   |               |

W18 real:

Cálculo de W18 para un SN: SN: 3.6789 W18: 4.93E+006

☐ Quitar el control de variables Salir

### ALTERNATIVA 01 MÉTODO AASHTO

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| Concreto Asfáltico<br>MDC-19 | 8 cm    |
| BG - 2<br>CBR = 80%-100%     | 30,0 cm |
| Recebo existente             | 20,0 cm |
| Subrasante                   | 6,9     |

Fuente: Autor

SN de la Estructura propuesta: 3,94

SN ASSHTO con Ejes Equivalentes: 4,18

**Cumple SN ASSHTO < SN Estructura**

MODULO DE ELASTICIDAD DE LAS CAPAS:

ALTERNATIVA 01:

**Módulo resiliente de subrasante:**

$$Mr = 100 \times CBR$$

Tabla 21: Módulos Resilientes de la capa de fundación del tramo vial

| ZONA<br>HOMOGENEA | C.B.R<br>% | Módulo Resiliente<br>(Mr)<br>Psi | Módulo Resiliente<br>(Mr)<br>Kg / cm 2 |
|-------------------|------------|----------------------------------|----------------------------------------|
| Tramo 01          | 6,9        | 10350                            | 728                                    |

Fuente: Autor

El módulo del Afirmado se limita entre 1000 – 1200 Kg-cm2

Se toma Mr Afirmado = 1200 Kg-cm2

El módulo de la Base se limita entre 1800 – 2000 Kg-cm2

Se toma Mr Base = 2000 Kg-cm2

Para el Módulo de la Subrasante de este sector, se toma el obtenido en los estudio de suelos, corresponde a un CBR de 6,5 %.

Tabla 22: Estructura de pavimento convencional

| SIMBOLO                                                                            | CODIGO           | MATERIAL                         | Módulo de elasticidad (Mr)<br>Kg/cm <sup>2</sup> | Módulo de elasticidad (Mr)<br>Mpa |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------|
|   | MDC – 19         | Mezcla Densa en Caliente INV 450 | 26200                                            | 2620                              |
|   | BG – 2           | Base Granular INV 330            | 2000                                             | 200                               |
|   | RECEBO EXISTENTE | Afirmado INV 320                 | 1000                                             | 100                               |
|  | SUB-RASANTE      | ESTUDIO DE SUELOS                | 728                                              | 73                                |

Fuente: Autor

Tabla 23: Criterios a cumplir para estructura de pavimento

| CRITERIO      | PARAMETRO                        | VALOR DE SERVICIO | VALOR ADMISIBLE | $((V_s/V_{adm}) \cdot 100)$<br>% | CUMPL E |
|---------------|----------------------------------|-------------------|-----------------|----------------------------------|---------|
| Shell         | $\xi_r$ (mm/mm)                  | 0,000299          | 0,000299011     | 100,00                           | Cumple  |
| Shell         | $\xi_z$ (mm/mm)                  | 0,000364          | 0,000446345     | 81,55                            | Cumple  |
| Dorman Kar.   | $\sigma_z$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) | 0,297             | 0,896687828     | 33,12                            | Cumple  |
| Criterio CGRA | $\Delta o$ (mm)                  | 0,5375            | 0,655530263     | 81,99                            | Cumple  |

Fuente: Autor

Los espesores de las capas deben cumplir los anteriores criterios para que la estructura de pavimento funcione adecuadamente, y la estructura a trabajar se muestra en la tabla 24.

Figura 16: Resultados de análisis para la estructura de pavimento. PROGRAMA WINDEPAV

Resultados del análisis

Archivo: C:\Users\pc\Desktop\Nueva carpeta\Practica\Diseno Vias\Calle 7.pav

Descripción del proyecto: CARRERA 18

Sistema de carga

Radio de las ruedas (cm): 10.80

Distancia entre los centros de las ruedas (cm): 32.40

Presión de contacto de las ruedas (kg/cm²): 5.594

Posición del valor máximo para una carga

A Bajo una rueda simple

B Bajo una de las ruedas de la carga

C Al centro de la carga

Gráficos de respuesta

Exportar resultados a Excel (csv)

**Respuestas estructurales en las interfaces y evaluación del comportamiento por fatiga y ahuellamiento.**

Número de capas: 4

| No.      | E (kgf/cm²) | v    | Z (cm) | Tracción (fatiga) |                   | Compresión              |                         |
|----------|-------------|------|--------|-------------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|
|          |             |      |        | Sigma T (kgf/cm²) | Sigma Z (kgf/cm²) | Épsilon T (microstrain) | Épsilon Z (microstrain) |
| 1        | 2.620E+04   | 0.35 | 0.00   | 1.438E+01         | 5.598E+00         | 308.0                   | -174.0                  |
| Continua |             |      | 10.00  | -1.010E+01        | 1.744E+00         | -299.0                  | 311.0                   |
| 2        | 2.000E+03   | 0.40 | 10.00  | 2.621E-01         | 1.744E+00         | -299.0                  | 742.0                   |
| Continua |             |      | 35.00  | -4.630E-01        | 5.303E-01         | -266.0                  | 429.0                   |
| 3        | 1.000E+03   | 0.40 | 35.00  | -5.455E-02        | 5.303E-01         | -266.0                  | 553.0                   |
| Continua |             |      | 55.00  | -1.152E-01        | 2.978E-01         | -196.0                  | 381.0                   |
| 4        | 7.281E+02   | 0.50 | 55.00  | 2.549E-02         | 2.978E-01         | -196.0                  | 364.0                   |

Deflexión en el centro de la rueda doble D0 (1/100 mm): 53.75

Radio de curvatura (m): 140.60

Radio de curvatura x Deflexión (m x mm/100): 7557.2

Salir y descartar los resultados

Fuente: Autor

Tabla 24: Estructura recomendada para la CARRERA 18 ENTRE CALLES 11 Y 11B

| MATERIAL                       | ESPESOR  | Módulo de elasticidad (Mr) Kg/cm2 |
|--------------------------------|----------|-----------------------------------|
| Concreto Asfáltico MDC-19      | 10,0 cm  | 26200                             |
| BG – CLASE B<br>CBR = 80%-100% | 30,0 cm  | 2000                              |
| RECEBO EXISTENTE               | 20,0 cm  | 1000                              |
| SUB-RASANTE                    | CBR 6,9% | 728                               |

Fuente: Autor

### **3.4 REHABILITACIÓN DE LA VÍA MORCA – SOGAMOSO (INSPECCIÓN ESTADO DE PAVIMENTO).**

Para los proyectos que la secretaría tiene a cargo corresponde a la rehabilitación de la vía Morca-Sogamoso, vía la cual se encuentra totalmente deteriorada. Una de las actividades fue la inspección de los 3 kilómetros de las condiciones actuales del pavimento observando y clasificando los diferentes tipos de daños que se pueden encontrar, así mismo definir sus dimensiones para así determinar el área de afectación.

Los diferentes daños encontrados en los 3 kilómetros se registraron en formatos del manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. En la presentación de los resultados se presentó la siguiente información:

- Abscisado inicial y final del levantamiento (solo al inicio del informe).
- Área total inspeccionada (para cada caso).
- Área total afectada.
- Porcentaje de afectación.
- Los deterioros (con sus severidades) más frecuentemente encontrados.
- El porcentaje de afectación representado por dichos deterioros.
- Los deterioros menos frecuentes.
- Los tramos de vas más afectados.

#### **A. DEFINICIÓN DE LOS TIPOS DE DAÑOS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES**

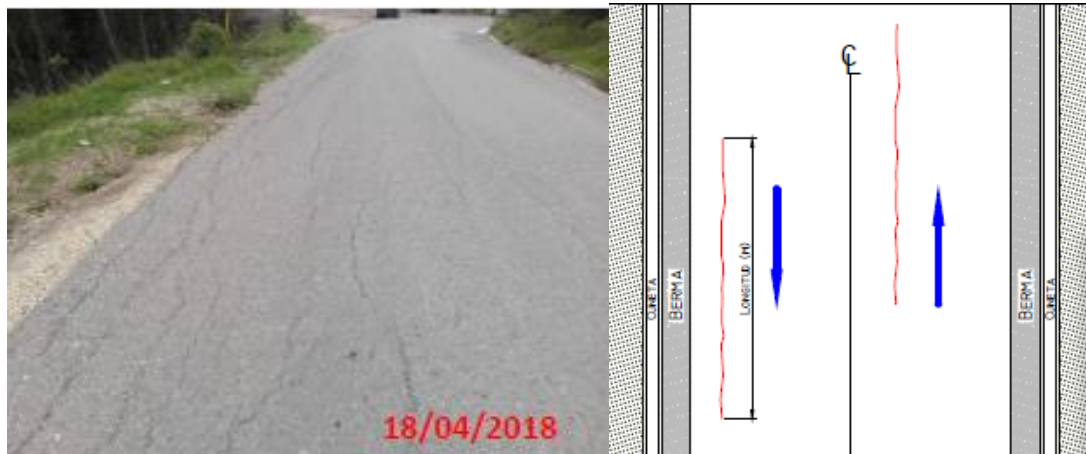
Los daños que presenta una estructura de pavimento flexible pueden ser clasificados en cuatro categorías, según el Manual para la inspección de pavimentos flexibles de la Universidad Nacional.

- ✓ Fisuras
- ✓ Deformaciones
- ✓ Perdida de capas estructurales
- ✓ Daños superficiales
- ✓ Otros daños

Dentro de cada categoría existen diferentes deterioros que se originan por diversos factores. Como lo indica el manual se definen cada uno de los daños, sus severidades (clasificadas en Baja, Media y Alta), la forma de medir el daño y las unidades de medida definiendo para cada una sus posibles causas. Todo mediante la evaluación de campo.

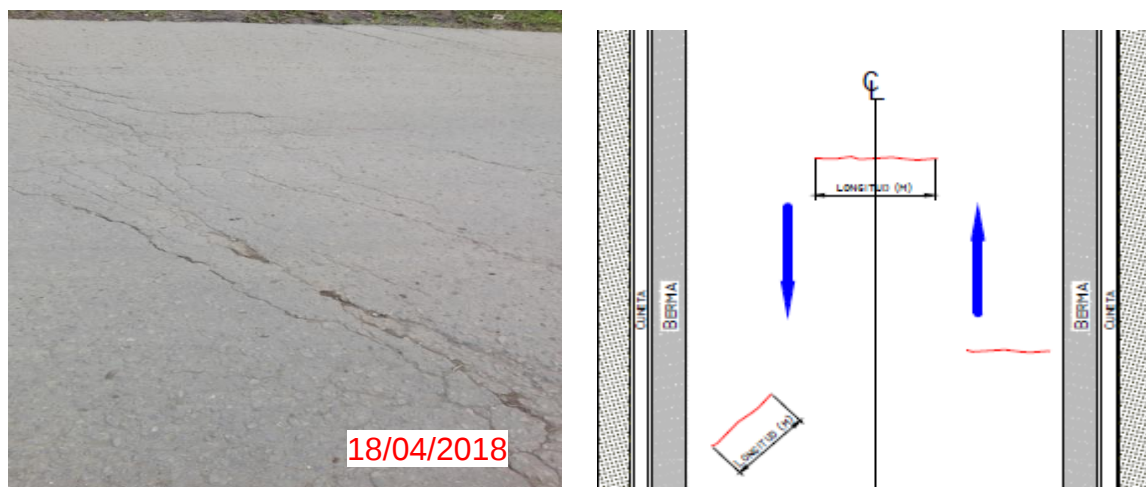
Para los 3 kilómetros se realizó un registro fotográfico las siguientes fotografías muestran los principales daños que se encontraron:

Figura 3: Fisura longitudinal (FL, Unidad de medida: m)



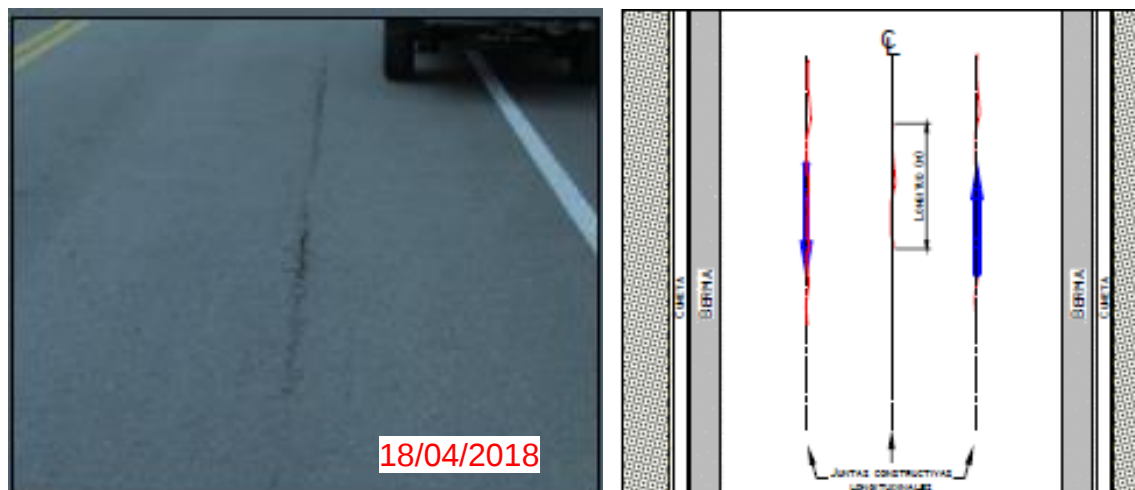
**Fuente:** Izquierda, Autor. Derecha Manual para la inspección de pavimentos flexibles de la Universidad Nacional, 2006.

Figura 4: Fisura transversal (FT, Unidad de medida: m)



**Fuente:** Izquierda, Autor. Derecha, Manual para la inspección de pavimentos flexibles de la Universidad Nacional, 2006.

Figura 5: Fisura longitudinal en junta de construcción (FCL, Unidad de medida: m)



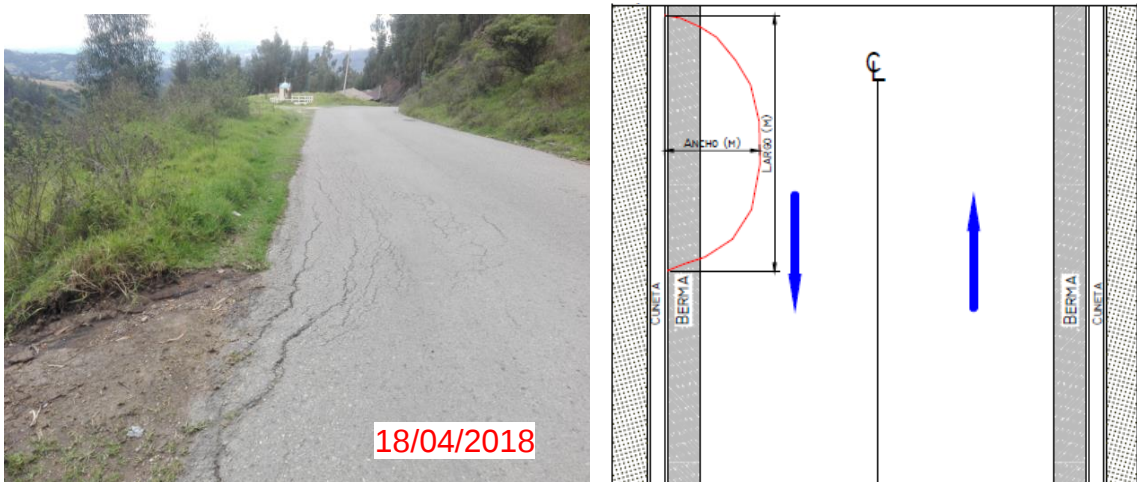
**Fuente:** Izquierda Autor. Derecha, Manual para la inspección de pavimentos flexibles de la Universidad Nacional, 2006.

Figura 6: Fisura transversal en junta de construcción (FCT, Unidad de medida: m)



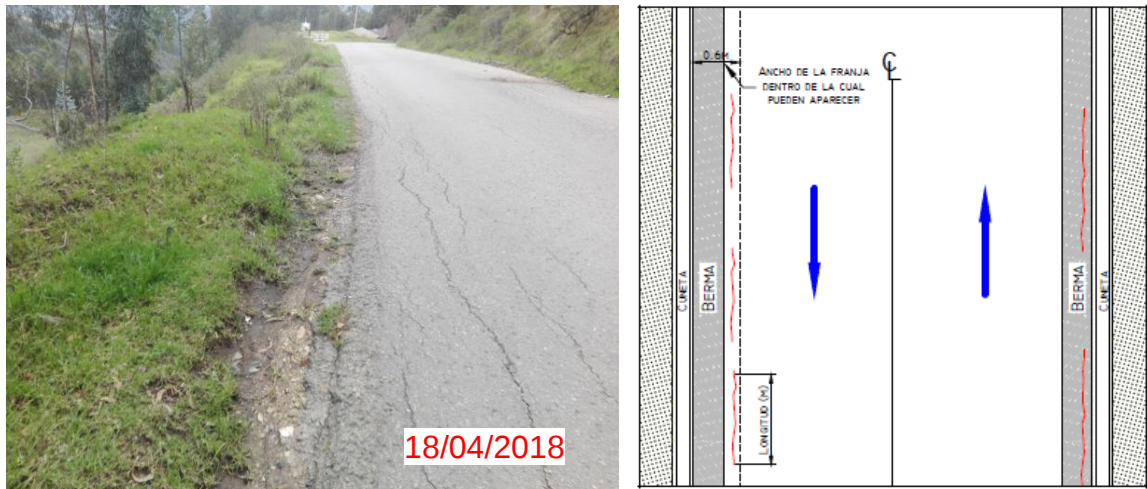
**Fuente:** Izquierda, Autor. Derecha, Manual para la inspección de pavimentos flexibles de la Universidad Nacional, 2006.

Figura 7: Fisura en medialuna (FML, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)



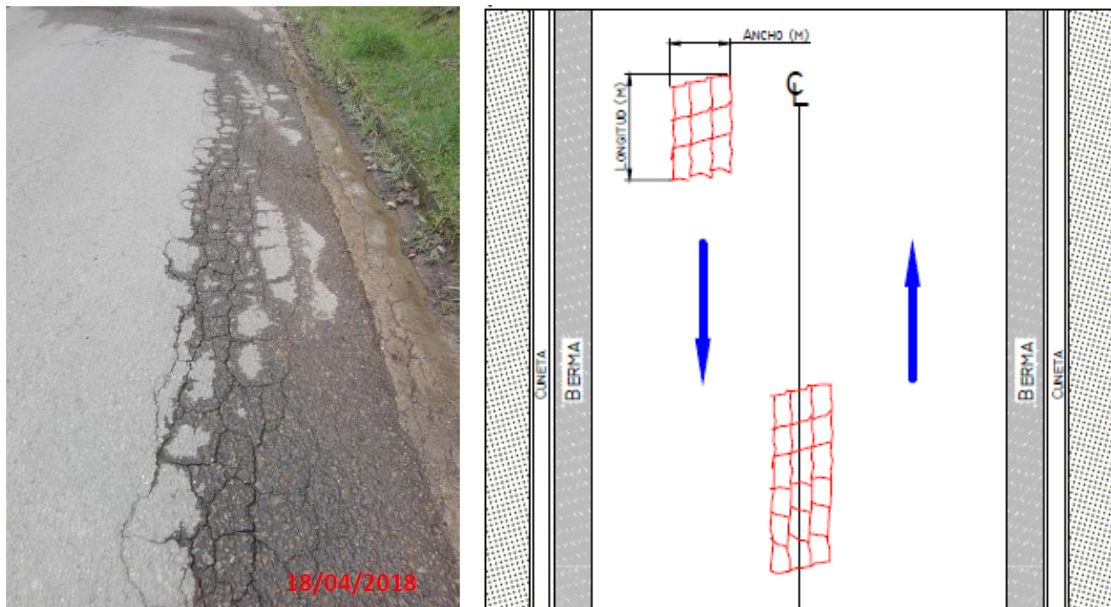
**Fuente:** Izquierda, Autor. Derecha, Manual para la inspección de pavimentos flexibles de la Universidad Nacional, 2006.

Figura 8: Fisuras de borde (FBD, Unidad de medida: m)



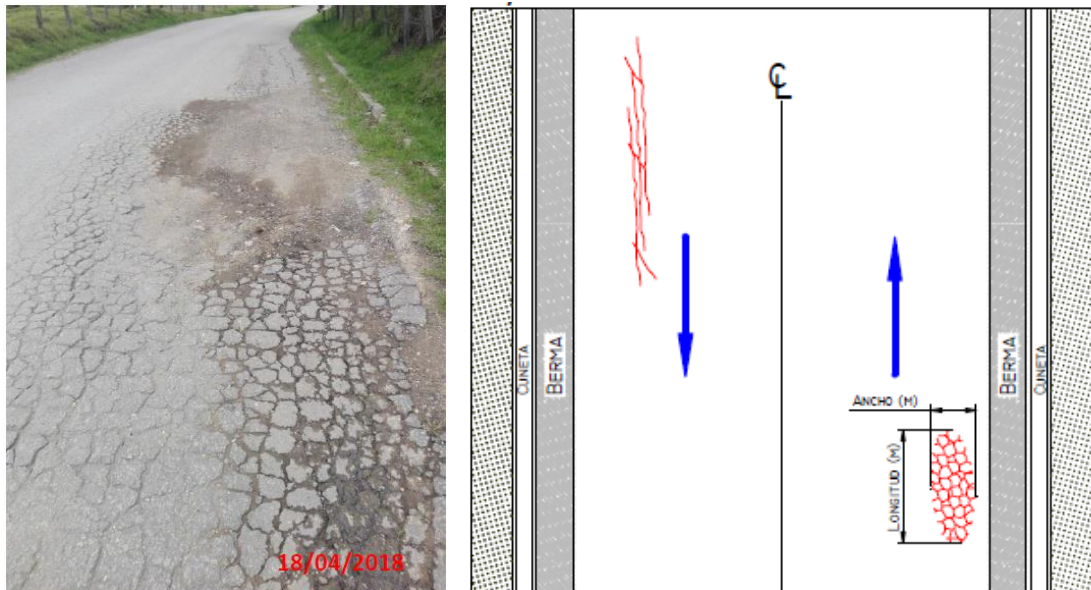
**Fuente:** Izquierda, Autor. Derecha, Manual para la inspección de pavimentos flexibles de la Universidad Nacional, 2006.

Figura 9: Fisuras en bloque (FB, Unidad de medida: m2)



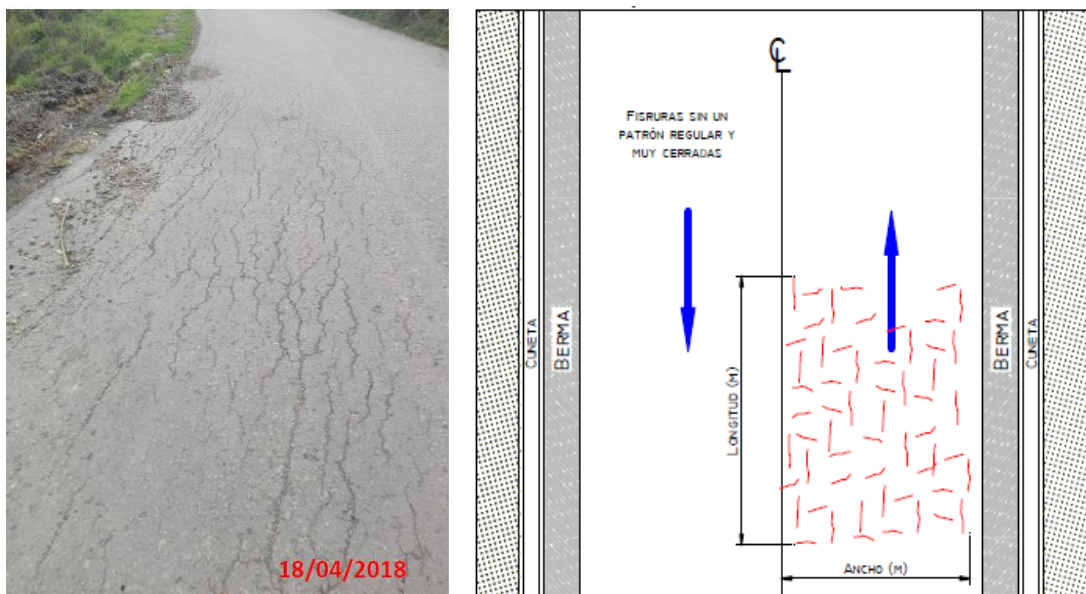
**Fuente:** Izquierda, Autor. Derecha, Manual para la inspección de pavimentos flexibles de la Universidad Nacional, 2006.

Figura 10: Piel de cocodrilo (PC, Unidad de medida: m2)



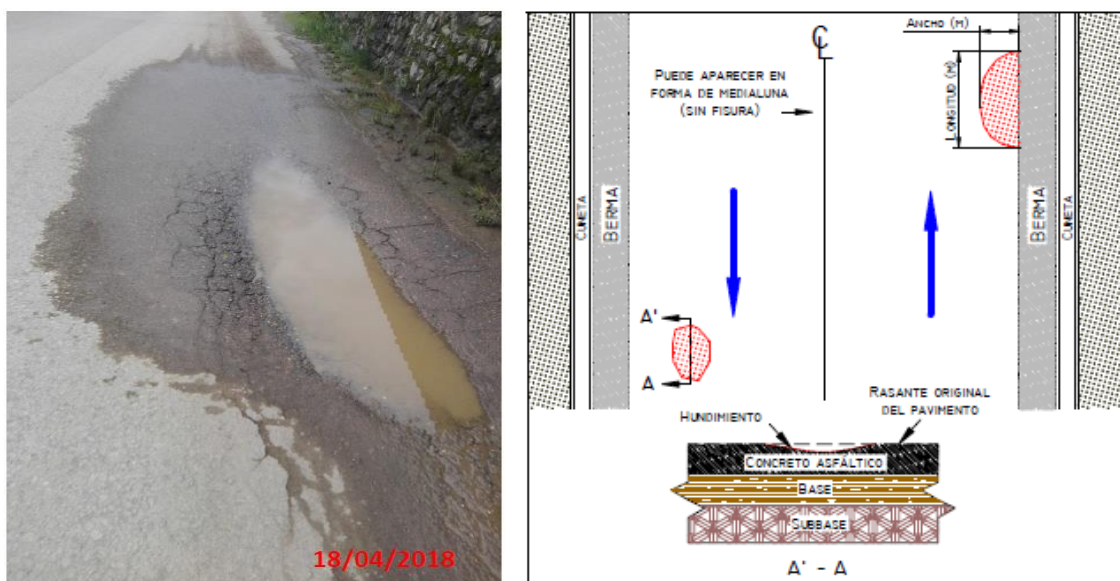
**Fuente:** Izquierda, Autor. Derecha, Manual para la inspección de pavimentos flexibles de la Universidad Nacional, 2006.

Figura 11: Fisuración incipiente (FIN, Unidad de medida: m2)



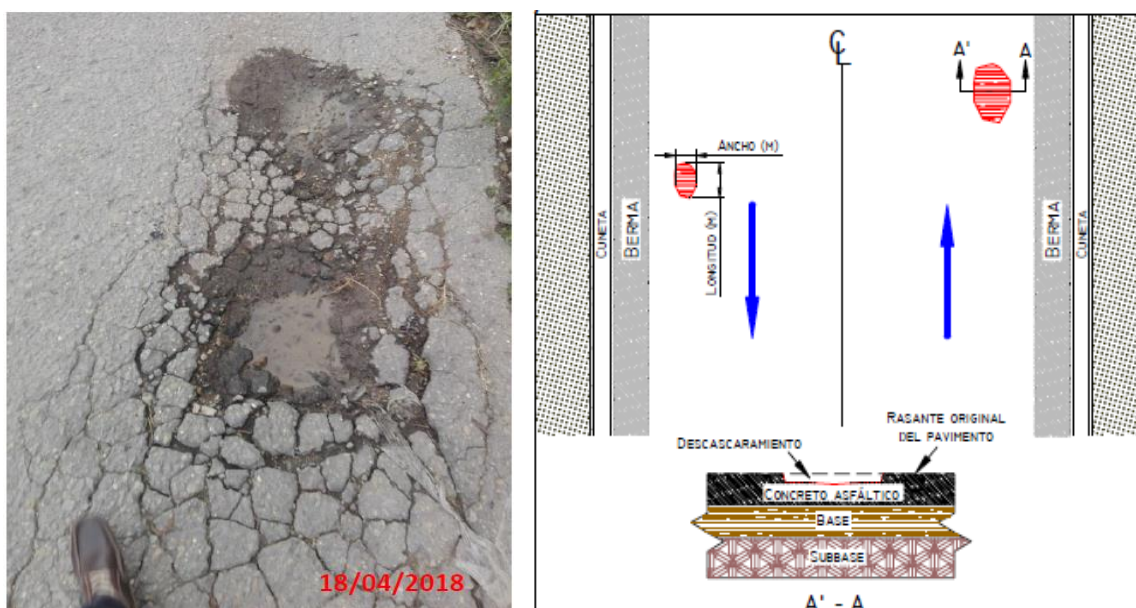
**Fuente:** Izquierda, Autor. Derecha, Manual para la inspección de pavimentos flexibles de la Universidad Nacional, 2006.

Figura 1: Hundimiento (HUN, Unidad de medida: m2)



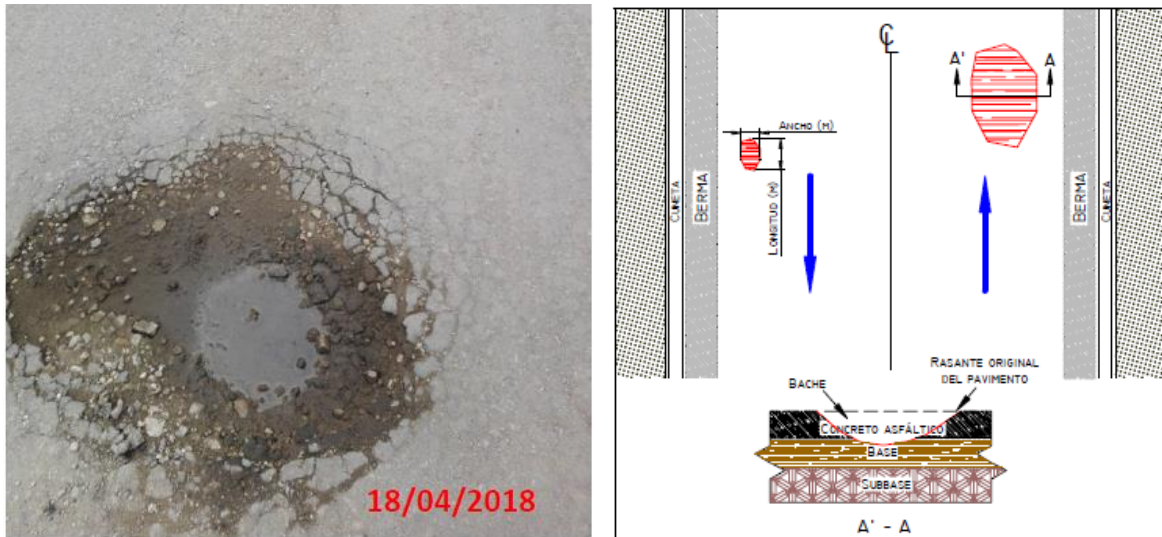
**Fuente:** Izquierda, Autor. Derecha, *Manual para la inspección de pavimentos flexibles de la Universidad Nacional, 2006.*

Figura 2: Descascaramiento (DC, Unidad de medida: m2)



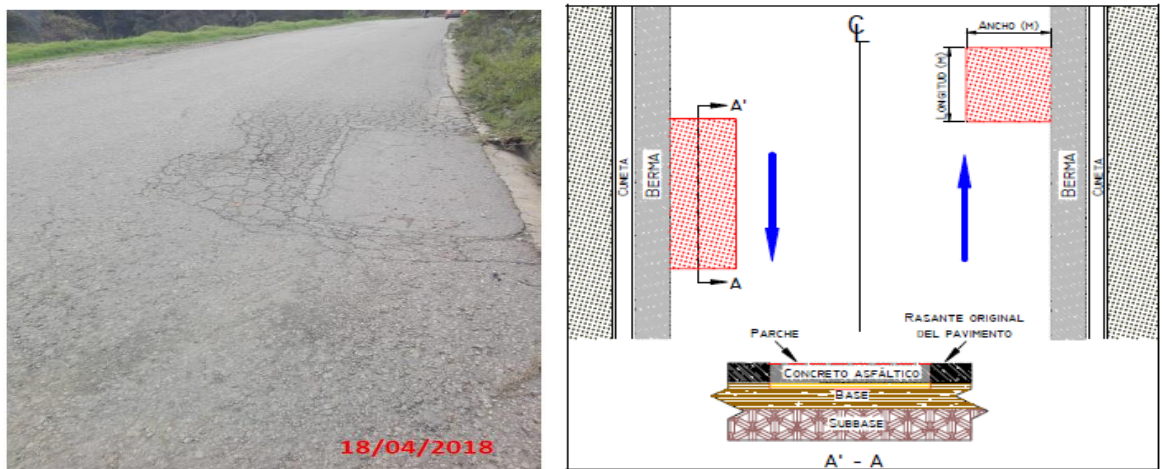
**Fuente:** Izquierda, Autor. Derecha, *Manual para la inspección de pavimentos flexibles de la Universidad Nacional, 2006.*

Figura 3: Bache (BCH, Unidad de medida: m2)



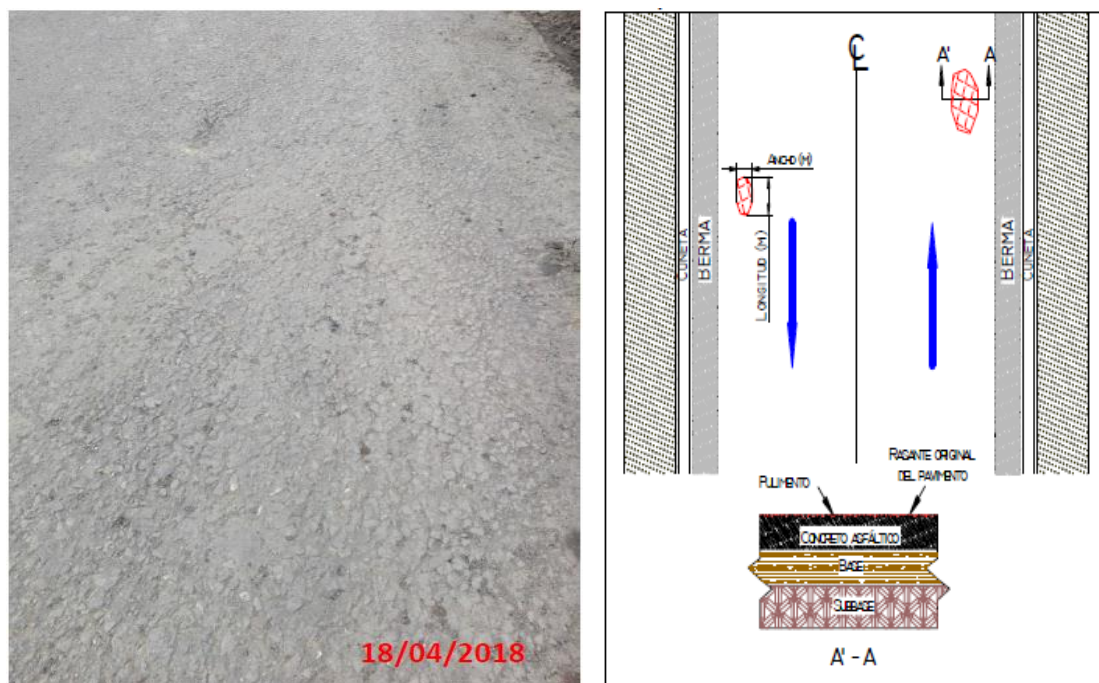
**Fuente:** Izquierda, Autor. Derecha, *Manual para la inspección de pavimentos flexibles de la Universidad Nacional, 2006.*

Figura 4: Parche (PCH, Unidad de medida: m2)



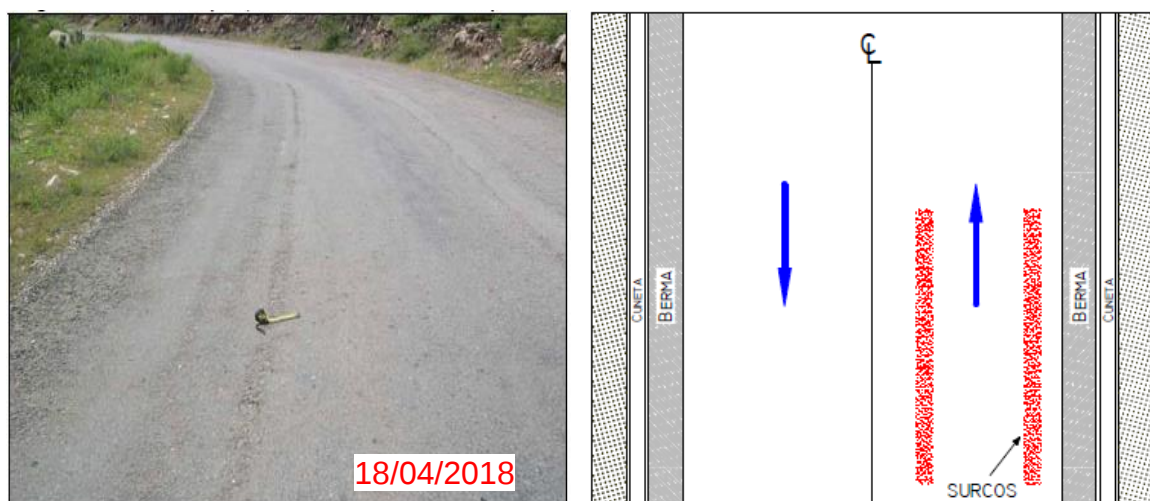
**Fuente:** Izquierda, Autor. Derecha, *Manual para la inspección de pavimentos flexibles de la Universidad Nacional, 2006.*

Figura 5: Pulimento del agregado (PU, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)



**Fuente:** Izquierda, Autor. Derecha, Manual para la inspección de pavimentos flexibles de la Universidad Nacional, 2006.

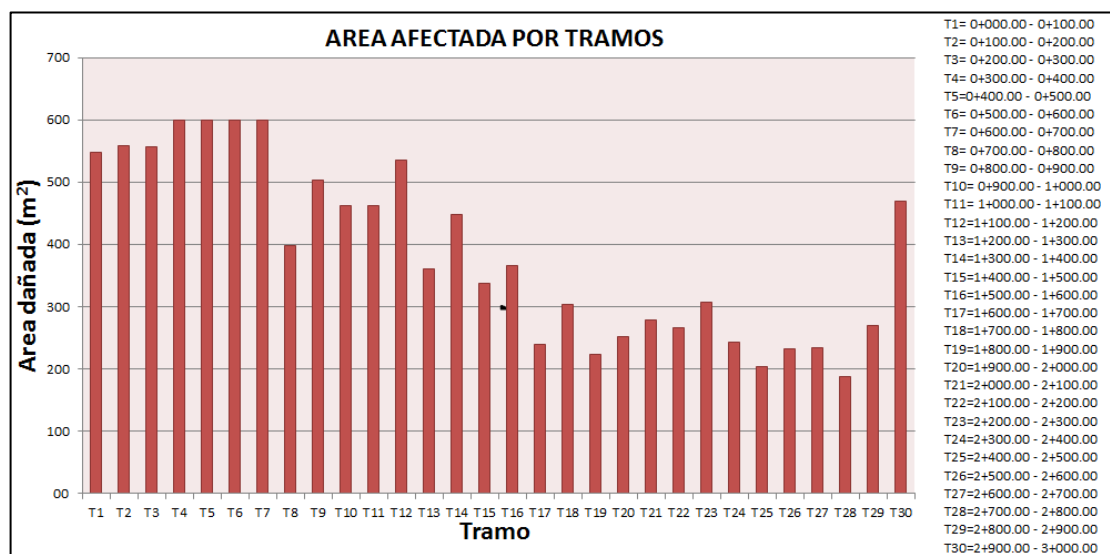
Figura 6: Surcos (SU, Unidad de medida: m<sup>2</sup>)



**Fuente:** Izquierda, Autor. Derecha, Manual para la inspección de pavimentos flexibles de la Universidad Nacional, 2006.

Los tipos de daños son notables en la superficie del pavimento rígido que conforma los 3 kilómetros estudiados de la red vial de Morca – Sogamoso, en diferentes tramos se encuentran sin pavimento lo que genera una menor resistencia a los esfuerzos provocados por el diferente tránsito de los vehículos. Son los baches, piel de cocodrilo, hundimientos, fisuras longitudinales, transversales por bloque que representan dificultad y un mayor grado de riesgo para los mismos vehículos, ciclistas y la comunidad que reside paralela a la vía.

Grafica 3: Área de afectación para los 3 Km de la vía Morca-Sogamoso



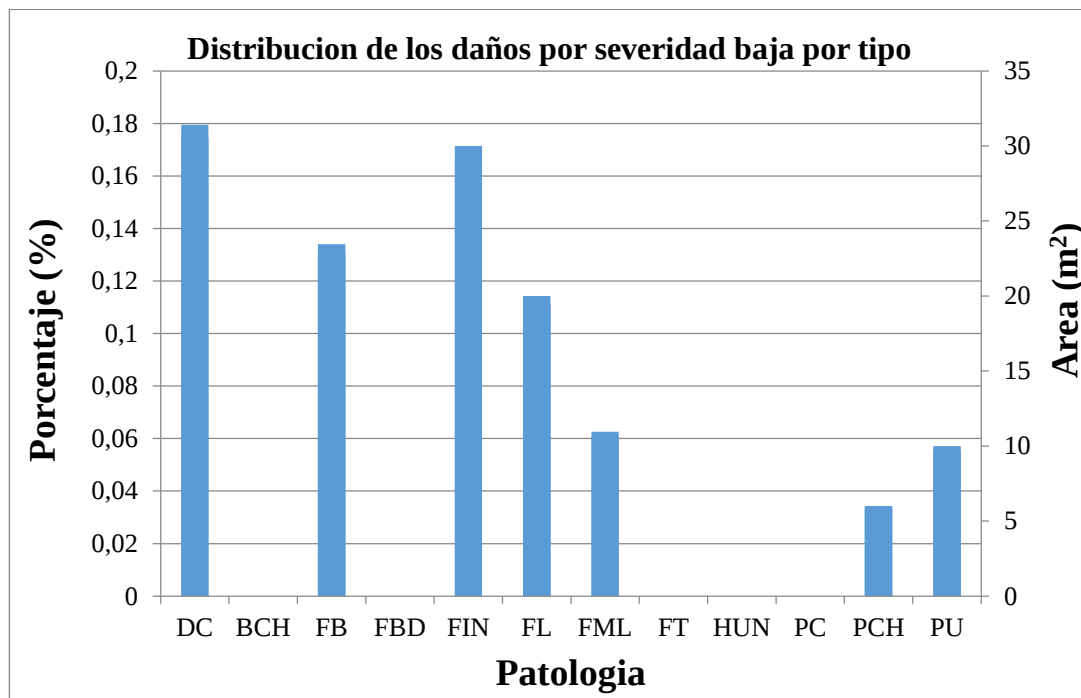
Fuente: Autor

Se clasificaron los daños por severidad baja que se presentan en la vía Morca – Sogamoso son en gran por descascaramiento (DC), fisuras incipientes (FIN) y fisura por bloque (FB), su afectación está dada por el porcentaje de daño del área inspeccionada que se muestra a la izquierda de la gráfica.

Cabe resaltar que los daños son la acumulación de años de exposición ante cargas ejercidas por lo diferentes tipos de vehículos que transitan por esta vía, esta vía se concentra mayor parte de tráfico pesado que por encontrarse en una zona de elaboración de ladrillos y demás derivados de la arcilla, zonas mineras las cuales circulan camiones C2P y C2G. Esta no se había realizado ningún tipo de

intervención en cuanto a mantenimiento por parte de la administración de Sogamoso por tal motivo intervenir por completo los 3 kilómetros de corredor vial será la mejor opción para la comunidad y visitantes de la vereda.

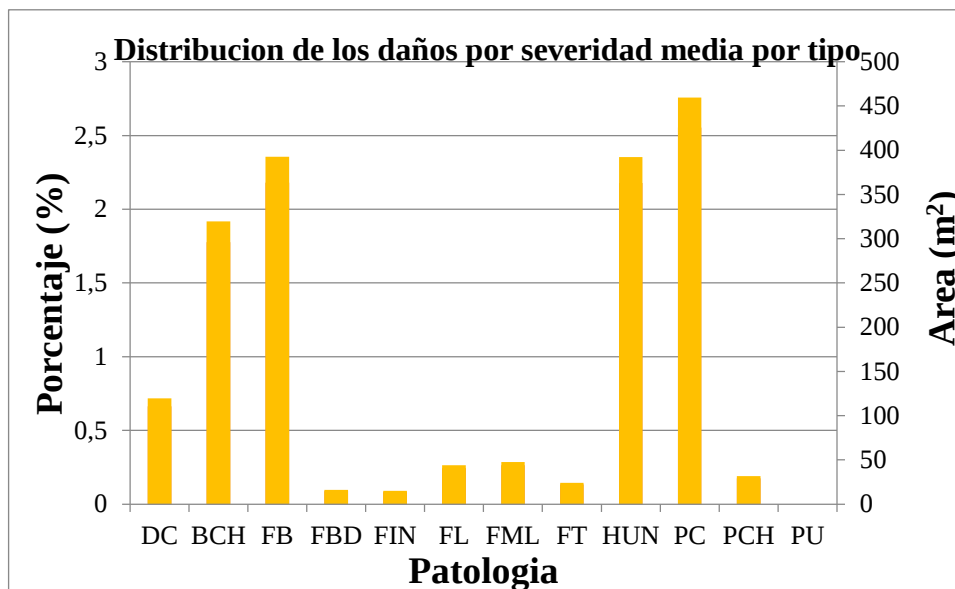
Grafica 4. Distribución de daños por severidad BAJA. Inspección estado pavimento, vía Morca - Sogamoso



Fuente: Autor

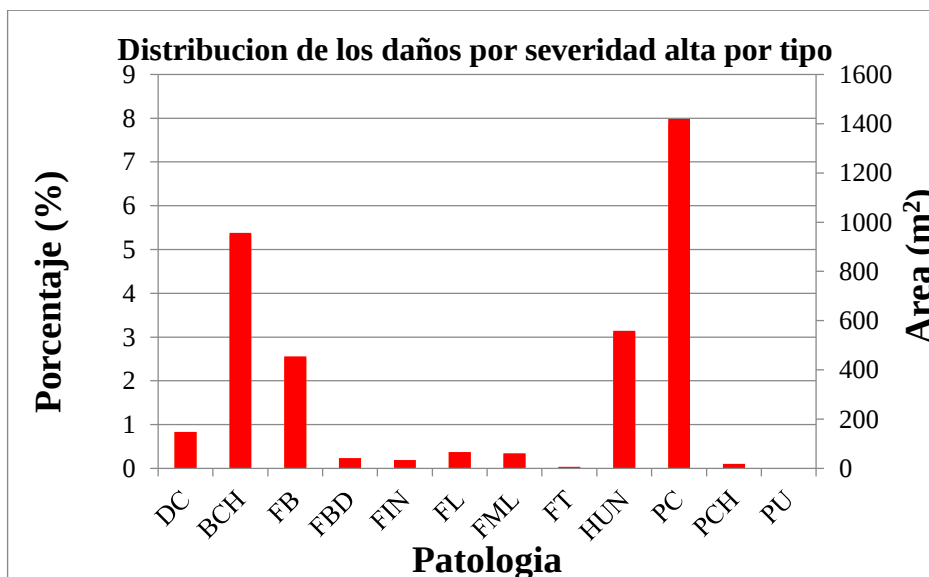
Los daños por severidad media que se presentan en la vía Morca – Sogamoso son en gran por piel de cocodrilo (PC), hundimientos (HUN), fisura por bloque (FB) y baches (BCH) su afectación está dada por el porcentaje de daño del área inspeccionada que se muestra a la izquierda de la gráfica.

Grafica 5. Distribución de daños por severidad MEDIA. Inspección estado pavimento, vía Morca - Sogamoso



Los daños por severidad alta que se presentan en la vía Morca – Sogamoso son en gran por piel de cocodrilo (PC), hundimientos (HUN), fisura por bloque (FB) y baches (BCH) su afectación está dada por el porcentaje de daño del área inspeccionada que se muestra a la izquierda de la gráfica.

Grafica 6. Distribución de daños por severidad ALTA. Inspección estado pavimento, vía Morca - Sogamoso



### **3.5 INSPECCIÓN DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE AGUAS Y PONTÓN**

El propósito de la inspección de las alcantarillas, cunetas, disipadores etc. que se encuentran en la vía Morca – Sogamoso es determinar los daños en los elementos que contienen las estructuras, que puedan afectar al funcionamiento en cuanto a la recolección de las aguas lluvias, estableciendo el tipo de daño, su extensión y recurrencia; estos factores se reconocen con una detallada inspección de las estructuras.

Para desarrollar esta actividad se tomó como guía el Manual para la Inspección Visual de Estructuras de Drenaje de la Universidad Nacional, donde indica las diferentes estructuras que pueden encontrarse en una vía. La manera adecuada de realizar una inspección es con un formato oficial por parte del INVIAS, para realizar el reconocimiento de una estructura de drenaje. En este formato se debe registrar la información sobre cada daño en los elementos principales que componen para una alcantarilla, cuneta, disipadores y canales de conducción incluyendo la extensión de los mismos. El formato se encuentra en el ANEXO F

Para el registro de daños se reportan con sus respectivas dimensiones en el elemento.

- Para la inspección de las estructuras de drenaje se revisa detalladamente los daños que pueda contener. Para las grietas que pueda afectar la estructura o sección de la estructura el cual se registra la abertura, la longitud y la profundidad si es posible también especificando la dirección de la grieta (vertical, horizontal o diagonal) y las características particulares de cada uno de los elementos que hacen parte de las diferentes estructuras para la recolección de aguas.

- Relacionar la cuantificación de los daños, colocando la cantidad y la unidad de medida para la reparación del daño, utilizando el sistema internacional de unidades. Debido a que algunos casos el área dañada no es igual al área de reparación, como por ejemplo cuando existen varias grietas acumuladas en la misma zona se debe realizar una intervención total del área y no la intervención de cada una de las grietas.
- Las siguientes fotografías son algunas de las alcantarillas inspeccionadas:

Figura 7: Encole y descole alcantarilla K0+400



**Fuente:** Autor

Figura 8: Encole y descole alcantarilla K0+750



**Fuente:** Autor

Figura 20: Encole y descole alcantarilla K1+000



**Fuente:** Autor

Figura 21: Encole y descole alcantarilla K2+050



**Fuente:** Autor

Cumpliendo con los parámetros establecidos y los requerimientos de análisis según el manual para inspección de puentes y pontones, se desarrolló el análisis partiendo de la recolección y análisis de la estructura, para determinar las condiciones actuales y con ello establecer su estado.

### **INSPECCION DE ELEMENTOS**

El análisis para el pontón tiene el propósito de establecer las condiciones actuales de la estructura y su funcionamiento, así mismo a partir de estos análisis determinar las condiciones para la estructura.

Para la inspección y evaluación un análisis de los elementos especificados que contiene el pontón, registrando los datos correspondientes, los elementos de la estructura que se van a inspeccionar deben corresponder con las obras ejecutadas por el contrato en evaluación.

En la inspección visual se consideraron los siguientes componentes:

- I. SUPERFICIE Y EQUIPAMIENTOS
  - Barandas
  - Iluminación
  - Señalización
- II. SUBESTRUCTURA
  - Aletas
- III. SUBESTRUCTURA DE CONCRETO
  - Losa

Figura 9: Vista parcial Pontón



**Fuente:** Autor

Figura 10: Vista de dovelas y placa del Pontón



**Fuente:** Autor

Figura 11: Barandas lateral izquierda y derecha Pontón



**Fuente:** Autor

## 4. APORTES DEL TRABAJO

### 4.1 COGNITIVOS

La cualidad que identifica a los Ingenieros civiles, es la capacidad de resolver cualquier tipo de problemática, presentada durante el desarrollo de cualquier proyecto.

Como ingeniero auxiliar en los proyectos que la secretaría tenía a cargo, fue posible afianzar e implementar los conocimientos adquiridos durante el pregrado. Además, se realizó las actividades de manera adecuada, con un criterio técnico para la toma de decisiones, siendo un profesional proactivo con capacidad de liderazgo, aportando ideas y soluciones efectivas en las diferentes situaciones que se presentaron durante el proceso de la pasantía.

Los aportes cognitivos que se dieron a conocer en el proyecto fueron:

**Digitación de planos:** Presentar planos que contengan los estándares y normativas de dibujo necesarios para desarrollar de forma eficiente el dibujo de planos con las herramientas que facilitaron el diseño de los diferentes planos realizados. Se realizó esta labor aplicando conocimientos geométricos, expresión gráfica, estática y resistencia de materiales alcanzados en la vida académica, además de esto, se logró aportar y complementar lo propuesto en la ejecución de la construcción de la batería de baños, cumpliendo con lo establecido en la norma sismo resistente (NSR-10).

La digitación del plano estructural como sanitario con sus respectivas cantidades de materiales. Para el plano estructural se realizó las dosificaciones de materiales para la construcción, sabiendo que para las vigas de 4,30 metros el pedido se realiza para las 4 vigas, 4 varillas de 6 metros, en total 16 varillas y para las vigas

Figura 12: Viga 3,05 metros. Batería de baños

Diagrama de la cimentación V1-2 25x25 para el eje A,B. Muestra una planta y una elevación. La planta es un rectángulo de 3,05m de largo y 0,25m de ancho. La elevación muestra la sección transversal con refuerzo de acero. Se indican los tipos y cantidades de barras: 2 N° 4 L=1,46, 2 N° 4 L=2,43, 6F No 3 c/10 cm, 8F No 3 c/20 cm, 2 N° 4 L=2,28, 2 N° 4 L=2,43, 6F No 3 c/10 cm, 2 N° 4 L=1,46, 2 N° 4 L=2,28, 2 N° 4 L=2,43, 6F No 3 c/10 cm, 8F No 3 c/20 cm, 2 N° 4 L=1,46, 2 N° 4 L=2,28. Las dimensiones de la cimentación son 3,05m de largo y 0,25m de ancho.

**Calculo de costos de intervención:** Se realizó la actividad para las cantidades correspondientes al año 2017, verificando la cantidad de dinero invertido en mantenimiento de la malla vial, dejando constancia en la jornada de rendición de cuentas del año 2018 brindando información a la comunidad la cual logro informarse de manera personal de la inversión en la malla vial o cualquier actividad realizada por la secretaría de infraestructura.

79

Tabla 25. Calculo de precios unitarios para personal, maquinaria y material para la Calle 8 entre carrera 25 y 26

|                                                                                   |                                                                       |                                |               |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>ALCALDIA DE<br/>SOGAMOSO<br/>SECRETARÍA DE<br/>INFRAESTRUCTURA</b> | <b>CALLE 8 CARRERA 25 Y 26</b> |               |  |
|                                                                                   |                                                                       | <b>24/01/2017</b>              |               |                                                                                     |
|                                                                                   |                                                                       | <b>TOTAL<br/>HORAS/CANT</b>    | <b>VALOR</b>  | <b>VALOR PARCIAL</b>                                                                |
| <b>PERSONAL</b>                                                                   | <b>Residente</b>                                                      |                                | \$ 16.870,16  | \$ -                                                                                |
|                                                                                   | <b>Supervisor</b>                                                     | 13,25                          | \$ 16.870,16  | \$ 223.529,68                                                                       |
|                                                                                   | <b>Inspector</b>                                                      |                                | \$ 12.758,60  | \$ -                                                                                |
|                                                                                   | <b>Conductor</b>                                                      |                                | \$ 12.758,60  |                                                                                     |
|                                                                                   | <b>Oficiales</b>                                                      | 8,25                           | \$ 10.734,18  | \$ 88.556,95                                                                        |
|                                                                                   | <b>Ayudantes</b>                                                      | 88,33                          | \$ 9.047,16   | \$ 799.165,80                                                                       |
|                                                                                   | <b>Topografo</b>                                                      |                                | \$ 18.229,17  | \$ -                                                                                |
|                                                                                   | <b>Aux Topografia</b>                                                 |                                | \$ 9.047,16   | \$ -                                                                                |
|                                                                                   | <b>Sisos</b>                                                          | 1,67                           | \$ 14.108,21  | \$ 23.513,68                                                                        |
| <b>MAQUINARIA -<br/>EQUIPOS</b>                                                   | <b>Motoniveladora</b>                                                 |                                | \$ 63.189,00  | \$ -                                                                                |
|                                                                                   | <b>Retrocargador</b>                                                  |                                | \$ 49.725,00  | \$ -                                                                                |
|                                                                                   | <b>Retrocargador Alq</b>                                              |                                | \$ 101.000,06 | \$ -                                                                                |
|                                                                                   | <b>Vibro Alq</b>                                                      | 3                              | \$ 100.000,46 | \$ 300.001,38                                                                       |
|                                                                                   | <b>Volquetas</b>                                                      | 1,00                           | \$ 14.393,00  | \$ 14.393,00                                                                        |
|                                                                                   | <b>Camión</b>                                                         |                                | \$ 13.448,00  | \$ -                                                                                |
|                                                                                   | <b>Cargador</b>                                                       | 7,00                           | \$ 60.711,00  | \$ 424.977,00                                                                       |
|                                                                                   | <b>Vibrocompactador</b>                                               |                                | \$ 43.655,00  | \$ -                                                                                |
|                                                                                   | <b>Compresor</b>                                                      | 1,00                           | \$ 25.000,00  | \$ 25.000,00                                                                        |
|                                                                                   | <b>Canguro</b>                                                        |                                | \$ 12.000,00  | \$ -                                                                                |
|                                                                                   | <b>Minicargador</b>                                                   | 5,80                           | \$ 40.619,00  | \$ 235.590,20                                                                       |
|                                                                                   | <b>Cortadora</b>                                                      |                                | \$ 403,50     | \$ -                                                                                |
|                                                                                   | <b>Soplador</b>                                                       |                                | \$ 11.000,00  | \$ -                                                                                |
|                                                                                   |                                                                       | <b>PERSONAL</b>                |               | \$ 1.134.766,12                                                                     |
|                                                                                   |                                                                       | <b>MAQUINARIA - EQUIPOS</b>    |               | \$ 999.961,58                                                                       |

|                    |            |                                      |                      |                    |
|--------------------|------------|--------------------------------------|----------------------|--------------------|
|                    |            |                                      | <b>COSTO TOTAL</b>   | \$ 2.134.727,70    |
| <b>MATERIALES</b>  |            |                                      |                      |                    |
| <b>MATERIALES</b>  | <b>UND</b> | <b>CANT</b>                          | <b>Valor Parcial</b> | <b>Valor Total</b> |
| Piedra filtro      | m3         |                                      | \$ 63.070,00         | \$ -               |
| Base               | m3         | 21,758                               | \$ 45.315,00         | \$ 985.963,77      |
| Cemento            | Blt        |                                      | \$ 24.000,00         | \$ -               |
| Bordillo           | und        |                                      | \$ 26.180,00         | \$ -               |
| Cal                | Ton        |                                      | \$ 281.295,00        | \$ -               |
| Asfalto            | M3         | 15,9972                              | \$ 458.150,00        | \$ 7.329.117,18    |
| Emulsión           | Gln        | 126,868                              | \$ 8.500,00          | \$ 1.078.378,00    |
| Adoquín            | und        |                                      | \$ 370,00            | \$ -               |
| TOTAL              |            |                                      |                      | \$ 9.393.458,95    |
| Ancho              | 7,1        | <b>INSTALACION CARPETA ASFALTICA</b> |                      |                    |
| Longitud           | 98,4       |                                      |                      |                    |
| Nueva              |            |                                      |                      |                    |
| <b>MATERIALES</b>  | <b>UND</b> | <b>CANT</b>                          | <b>Valor Parcial</b> | <b>Valor Total</b> |
| Carpeta            | M3         |                                      | \$ 685.298,00        | \$ -               |
| Sobrecarpeta       | M3         |                                      | \$ 685.298,00        | \$ -               |
| Emulsión           | M2         |                                      | \$ 3.374,00          | \$ -               |
| TOTAL              |            |                                      |                      | \$ -               |
| <b>Personal:</b>   |            |                                      | \$ 1.134.766,12      |                    |
| <b>Maquinaria:</b> |            |                                      | \$ 999.961,58        |                    |
| <b>Materiales</b>  |            |                                      | \$ 9.393.458,95      |                    |
| <b>TOTAL</b>       |            |                                      | \$ 11.528.186,65     |                    |
| <b>AIU</b>         |            |                                      | \$ 3.458.456,00      |                    |
| <b>Contratado</b>  |            |                                      | \$ 14.986.642,65     |                    |

En la anterior tabla se evidencia un ejemplo de cómo se organizó el modelo para el avalúo de las cantidades para personal, maquinaria y material con los precios que la Secretaria de Infraestructura manejaba para el año 2017, este proceso realizado para cada una de las 148 vías que se intervinieron en el 2017 en cuanto a parcheo y bacheo. Se especifica el valor contratado para cada vía, la cantidad

de trabajadores, la maquinaria necesaria para el mantenimiento y los materiales a utilizar para una determinada vía.

**Estudios de tránsito:** La realización de estos estudios de tránsito posee una gran importancia en el crecimiento económico y conectividad dentro de la zona urbana de la ciudad por tal motivo estar directamente realizando de manera atenta y razonable aplicando los conocimientos adquiridos durante la etapa de pregrado, permite obtener resultados satisfactorios el cual provocara sin duda una mejor estructura de pavimento el cual promoverá el desarrollo de calidad de vida de los habitantes cercanos a las vías estudiadas y habitantes del municipio.

Los propósitos de un buen estudio de tránsito parte de utilizar un formato cómodo y apropiado el cual pueda prestar al aforador practicidad a la hora del conteo vehicular, por tal motivo se realizó un formato para realizar esta actividad. Con los estudios pretende determinar las horas o periodos de diseño para las vías a estudiar, el formato permite registrar los volúmenes precisando los tipos de vehículos. El formato también permite registrar la información de interés para el estudio, es decir, ver la información que es necesaria, ni más, ni menos. Definiendo los periodos de diseño (Horas pico en la mañana, mediodía o tarde).

El numero necesaria de personas para los aforos realizados depende de las características del sitio a observar: tamaño y tipo de vía (número de calzadas y carriles), complejidad y volumen de maniobras por parte de los vehículos. En algunos casos para vías de menor complejidad se realizó el aforo solo, en cambio para algunas vías se tuvo la ayuda de otras dos personas las cuales se tuvo que dar instrucciones claras y concisas para realizar el aforo. Las siguientes instrucciones fueron recomendadas para lograr el aforo:

- No dejar vacíos de información en el encabezamiento del formato.

- En caso de equivocación al registrar los datos se debe borrar con cuidado para evitar manchas las cuales pueden ocasionar confusiones con los nuevos datos o si hay duda en el valor se debe atravesar este con un trazo corto y escribir al lado el numero para que en caso que se pueda verificar posteriormente escoger el verdadero.
- Realizar un esquema a mano alzado de la vía aforar haciendo observaciones de referencia mediante anotaciones, por ejemplo, carril o movimiento observado, norte magnético, dirección, ubicación del observador y demás notas aclaratorias sobre las condiciones del aforo.
- Complementar los datos de campo con observaciones sobre eventos especiales que puedan afectar las condiciones del estudio como: accidente, desfile, obra, daño de los semáforos, etc.

Una vez procesada nuestra información de los volúmenes registrados en los aforos se procede a realizar su análisis e interpretación determinando las características del tránsito. Los datos de los aforos con los análisis y los cálculos pertinentes se obtuvieron los siguientes resultados:

- Se determinó patrones del tránsito, es decir, las magnitudes y variaciones del volumen vehicular actual a través del tiempo (años). Determinados en porcentaje del TPDA.
- Establecer y analizar los periodos y horas pico en los cuales se hallan generalmente los problemas a solucionar sobre operación del tránsito.
- Composición vehicular.

- Comportamiento del tránsito.

**Diseño de pavimentos:** Para la elección de la estructura de pavimento se definió de acuerdo a criterios SHELL, Dorman Kar y Criterio. También se realizó para los informes un cumplimiento a cabalidad, con las exigencias establecidas generales de construcción de carreteras del manual INVIAS, para materiales de subbase, base granular y mezcla asfáltica. Controlando la mezcla con ensayos especializados y se fabrique con asfaltos normalizados.

**Inspección de puente y alcantarillas:** Se identificó los daños más graves que presentan las diferentes alcantarillas inspeccionadas y también para el puente, se dieron recomendaciones para dar solución a los daños que se presentan para algunas de las alcantarillas se recomendó limpieza de la presencia de vegetación, en algunos casos lo mejor es demoler y construir nuevamente la alcantarilla (Ver figura 26)

Figura 13: Alcantarilla con falla y presencia de vegetación



**Fuente:** Autor

## **4.2 COMUNIDAD**

Los proyectos que realiza la secretaría de infraestructura representan una estabilidad en la calidad de vida de los sogamoseños como de las personas provenientes de otros lugares, poder brindar vías a los turistas que generan crecimiento económico y conectividad de las diferentes zonas representativas de la ciudad, permite a los conductores disminuir afectaciones a sus vehículos como disminuir tiempos de recorrido entre zonas.

Con la futura intervención de la vía Sogamoso – Morca, uno de los principales impactos positivos será el desarrollo social y económico que generara la zona intervenida, con la rehabilitación de la vía se verá un crecimiento en el comercio a su vez tendrá un crecimiento en la economía de esta zona. Además tendrá como resultado una mejora en la calidad de vida de los habitantes cercanos a esta vía, ya que van a contar con una vía de acceso para poder transportarse de una manera más rápida y segura en cualquier tipo de transporte ya sea público o particular. Por tal motivo el proyecto la rehabilitación de vía Sogamoso- Morca representa un avance social, puesto que aumentara el turismo de lo actual, ya que el lugar es insignia de feligreses que visitan Morca cada primer sábado del mes por la misa de perenigración.

El mejoramiento, mantenimiento o construcción sustancialmente de los proyectos que pueda manejar la Secretaría de Infraestructura tendrá un revuelo con el entorno económico, cultural, familiar, de salud y seguridad; en el desarrollo de actividades previas, generación de empleo ya que se requerirá mano de obra calificada y no calificada para desarrollar las labores de construcción en cada punto donde se estén ejecutando obras, fomenta el progreso turístico y social del municipio de Sogamoso, mejorando la interconectividad entre los barrios de la ciudad como las vías para sus diferentes veredas. La comunidad beneficiada antes el desarrollo de mis labores como ingeniero auxiliar son los habitantes

## **5. IMPACTOS DEL TRABAJO DESARROLLADO**

Durante el desarrollo de la pasantía realizada la Secretaría de Infraestructura poder como pasante brindar a el municipio de Sogamoso una necesidad de construir proyectos de infraestructura vial para aumentar adecuadamente los niveles de crecimiento económico y así mismo, para aprovechar los beneficios que traen la construcción de un tramo vial.

Pero más allá de las bondades que genera que una ciudad invierta en el mantenimiento de sus vías para estar materia de competitividad en comercio, turismo y vivienda, también existen otra cantidad de beneficiarios, no tan visibles y conocidos, como las comunidades en las zonas de influencia directa de los proyectos.

La construcción de vías tiene impacto posiblemente más notable a nivel local, generando empleo, directo e indirecto. Disminución en los costos de transporte, aumento de la economía por la utilización de bienes y servicios locales y por el aumento de usuarios de las vías, reducción de los tiempos de desplazamiento, restablecimiento de zona de viviendas que por el difícil acceso era imposible transitar para la población y lo cual genera inseguridad y afectaciones a la comunidad. En la actualidad gran porcentaje del desarrollo de cualquier ciudad, departamento y país se mide por la calidad de sus vías de comunicación y el ordenamiento del tránsito. Por tal motivo Sogamoso que es una ciudad industrializada y puerta al llano, contar con vías en buenas condiciones tendrá repercusiones de manera positiva para los habitantes como para el turismo.

## 6. CONCLUSIONES

- Se logró obtener los objetivos propuestos y desarrollar cada actividad de manera atenta y a tiempo como practicante se logra adquirir aprendizajes tanto en lo teórico como en lo práctico, además es un proceso en el cual se conoce las falencias y destrezas y se fortalecen las habilidades.
- Concluí la importancia de seguir con rigurosidad a las especificaciones técnicas de los planos, normas, manuales etc. Ya que a partir de su seguimiento se logran los mejores resultados obteniéndose un producto con buenos estándares de calidad. Con esto se coordina una ejecución de la proyectos en general y en cada uno de los procesos realizados allí, llevando una organización detallada de cada proceso ejecutado con lo que se adquiere un mayor orden para un proyecto.
- La acertada combinación: teoría-practica, ayuda a generar las destrezas necesarias para la resolución de los problemas e imprevistos de común ocurrencia en cualquier obra. El conocimiento adquirido a través de la academia fue de gran importancia en este propósito para el buen desarrollo personal como profesional.
- En el campo de aplicación, se logra observar y entender con mayor claridad los procesos constructivos aprendidos en la universidad, bajo la experiencia de los diferentes profesionales que ejecutan un proyecto y la Secretaría de infraestructura brinda problemáticas en cuanto a la Ingeniería Civil y es de suma importancia para una ciudad la cual conecta la destrezas de los diferentes profesionales.

## **7. RECOMENDACIONES**

Con el trabajo práctico el estudiante pasante de Ingeniería Civil logra entender el área de interés para sobresalir en un futuro, en el campo laboral, asumiendo con compromiso su responsabilidad y puntualidad en sus funciones asignadas, que implica la buena organización de documentos, en cada uno de los procesos de la empresa y estar dispuesto a profundizar su conocimiento y estar a la vanguardia con las necesidades empresariales.

Al ser pasante no se cuenta con la experiencia laboral necesaria para un gran desarrollo en el campo de la Ingeniería Civil y por esto no se tiene claros muchos de los procedimientos que se deben realizar para la ejecución de los procesos constructivos, por lo anterior poder estar con un mayor acompañamiento a cada uno de los pasantes sobre de las labores que deben desempeñar para mejorar su trabajo durante la ejecución de proyectos.

Como en todo desarrollo de proyecto, actividad, labor tener en cuenta que para llevar a cabo cada una lo más importante es el la comprensión de lectura y el compromiso que se tenga al realizar la búsqueda, análisis y ejecución de proyectos, los aspectos anteriores evitan que una organización presente pérdidas en términos monetarios.

Todos los procedimientos de construcción o mantenimiento de vías, deberán cumplir a cabalidad, con las exigencias establecidas en las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras INVIAS -2007.

## **GLOSARIO**

**ACERO:** Es una aleación de hierro con una cantidad de carbono que puede variar entre 0.03% y 1.075% en peso de su composición, dependiendo del grado. El acero conserva las características metálicas del hierro en estado puro, pero la adición de carbono y de otros elementos tanto metálicos como no metálicos mejora sus propiedades físico-químicas, sobre todo su resistencia.

**AGREGADO:** Son partículas minerales granulares que se usan para ampliamente para bases, sub-bases y relleno de carreteras.

**BITÁCORA:** Registro diario de actividades desarrolladas en una obra, donde pueden ir esquemas, o indicaciones a seguir para determinados procesos

**CAPACIDAD:** Número máximo de vehículos que puede circular, por un punto o tramo uniforme de la vía en los dos sentidos por unidad de tiempo, bajo las condiciones imperantes de vía y de tránsito.

**CARRIL:** Parte de la calzada destinada al tránsito de una sola fila de vehículos.

**COMPACTACIÓN:** es el proceso realizado generalmente por medios mecánicos por el cual se obliga a las partículas de suelo a ponerse más en contacto con otras, mediante la expulsión del aire de los poros lo que produce en el suelo cambios volumétricos importantes.

**CUNETAS:** Zanjas, revestidas o no, construidas paralelamente a las bermas, destinadas a facilitar el drenaje superficial longitudinal de la carretera. Su geometría puede variar según las condiciones de la vía y del área que drenan.

**ESTRUCTURA:** Es el elemento básico de toda construcción y su función es recibir y transmitir su peso y el de las fuerzas exteriores al terreno, de manera que todos sus elementos estén en equilibrio

**ESTRIBO:** Barra o alambre doblados que abraza el refuerzo longitudinal. Es aceptable una barra o alambre continuo doblado en forma de círculo, rectángulo, u otra forma poligonal sin esquinas reentrantes.

**MORTERO:** Es un compuesto de conglomerantes inorgánicos, agregados finos y agua, y posibles aditivos que sirven para pegar elementos de construcción tales como ladrillos, piedras, bloques de hormigón.

**NSR 10:** Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, norma técnica colombiana encargada de reglamentar las condiciones con las que deben contar las construcciones del país, con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable; expedida por el Decreto 926 del 19 de Marzo de 2010.

**NIVEL DE SERVICIO:** Refleja las condiciones operativas del tránsito vehicular en relación con variables tales como la velocidad y tiempo de recorrido, la libertad de maniobra, la comodidad, los deseos del usuario y la seguridad vial.

**PLANOS:** Representación gráfica realizado con medio técnicos de una superficie sin realizar una proyección.

**RECEBO:** material granular seleccionado de relleno, que se coloca entre el suelo natural y el entepiso. Este material debe compactarse de manera adecuada.

**CBR:** Es un ensayo para evaluar la calidad de un material de suelo con base en su resistencia, medida a través de un ensayo de placa a escala.

**PAVIMENTO:** Conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la Subrasante de una vía y deben resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmite durante el período para el cual fue diseñada la estructura y el efecto degradante de los agentes climáticos.

**PUENTE:** Estructura de drenaje cuya luz mayor, medida paralela al eje de la carretera, es mayor de diez metros (10 m).

**SUBRASANTE:** Superficie especialmente acondicionada sobre la cual se apoya la estructura del pavimento.

**PAVIMENTO FLEXIBLE:** Es aquel que está compuesto por una capa o carpeta asfáltica es decir pavimento flexible utiliza una mezcla de agregado grueso o fino (piedra machacada, grava y arena), con material bituminoso obtenido del asfalto o petróleo. Esta mezcla funciona para absorber cargas y soportar el tránsito demandado.

**NUMERO DE EJES EQUIVALENTES:** Se diseñan en función del efecto del daño que produce el paso de un eje con una carga y para que resistan un determinado número de cargas aplicadas durante su vida útil.

**TPDA:** Tránsito Promedio Diaria Anual es el volumen total de vehículos que pasan por un punto o sección de una carretera en un periodo de tiempo definido por el estudio de tránsito.

**ESTUDIO DE TRÁNSITO:** Es aquel estudio que tiene como finalidad cuantificar, clasificar y conocer el volumen de vehículos que se movilizan por la carretera.

**AFORO VEHICULAR:** Es conteo de vehículos. El aforo es una muestra de los volúmenes para el periodo en el que se realiza y tienen por objeto cuantificar el número de vehículos que pasan por un punto.

**MODULO RESILIENTE:** Es el esfuerzo desviador repetitivo aplicado en compresión triaxial entre la deformación axial recuperable.

**CAMIÓN:** Vehículo automotor que por su tamaño y destinación se usa para transportar carga.

**CARRETERA:** Infraestructura del transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad.

**ALCANTARILLA:** Tipo de obra de cruce o de drenaje transversal, que tienen por objeto dar paso rápido al agua que, por no poder desviarse en otra forma, tenga que cruzar de un lado a otro del camino.

**PONTON:** Estructura de drenaje cuya luz medida paralela al eje de la carretera es menor o igual a diez metros (10 m).

**VEHÍCULO:** Todo aparato montado sobre ruedas que permite el transporte de personas o mercancías de un punto a otro.

**VEHÍCULO DE DISEÑO:** Tipo de vehículo cuyo peso, dimensiones y características de operación se usan para establecer los controles de diseño que acomoden vehículos del tipo designado.

## BIBLIOGRAFÍA

Fonseca, A. M. (1998). *INGENIERÍA DE PAVIMENTOS DE CARRETERAS*. Bogota D.C: Universidad Catolica de Colombia.

Instituto Nacional de Vias. (2012). DISPOSICIONES GENERALES PARA LA EJECUCION DE AFIRMADOS, SUB-BASES Y BASES GRANULARES Y ESTABILIZADAS. *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras*, Artículo 300-13.

Instituto Nacional de Vias. (2012). MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE DE GRADACIÓN CONTINUA (CONCRETO ASFALTICO). *Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras*, Artículo 450-13.

Universidad Nacional de Colombia. (2006). *MANUAL PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE ESTRUCTURAS DE DRENAJES*. Bogota, D.C: Archivos Convenio 0587-03, (UN-INVIAS).

Universidad Nacional de Colombia. (2006). *MANUAL PARA LA INSPECCIÓN VISUAL PUENTES Y PONTONES*. Bogota D.C: Archivos Convenio 0587-03, (UN-INVIAS).

Universidad Nacional de Colombia. (2006). *MANUAL PARA LA INSPECCIÓN VISUAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES*. Bogota D.C: Archivos Convenio 0587-03, (UN-INVIAS).

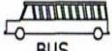
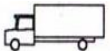
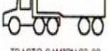
REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR10, Bogotá D.C, Colombia marzo de 2010.

1 N 10 años  
r 4,00%

Sector

Aforo 01

| . DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES A 8,2 TN |      |      |      |     |          |     |     |      |        |                         |                    |         |                                  |           |             |
|----------------------------------------------------------|------|------|------|-----|----------|-----|-----|------|--------|-------------------------|--------------------|---------|----------------------------------|-----------|-------------|
| AÑO                                                      |      | TPD  | Te n | Ta  | Tactual  | Tg  | Tgn | Tdes | T proy | % Vehiculos comerciales | % Carril de Diseño | Nc      | N = Nc * FACTOR CAMIÓN (Fc=2.75) | 1.159 * N | N acumulado |
|                                                          |      |      |      | 4%  | Ten + Ta | 4%  |     | 4%   |        | 46,62%                  | 50%                |         |                                  |           |             |
| 0                                                        | 2018 | 2767 | 2878 | 115 | 2993     | 115 | 115 | 120  | 3228   | 1505                    | 752                | 274.645 | 316.587                          | 366.925   | 366.925     |
| 1                                                        | 2019 | 2878 | 2993 | 120 | 3113     | 120 | 120 | 125  | 3357   | 1565                    | 783                | 285.620 | 329.238                          | 381.587   | 748.512     |
| 2                                                        | 2020 | 2993 | 3113 | 125 | 3238     | 125 | 120 | 130  | 3487   | 1626                    | 813                | 296.663 | 341.968                          | 396.340   | 1.144.852   |
| 3                                                        | 2021 | 3111 | 3235 | 129 | 3364     | 129 | 120 | 135  | 3619   | 1687                    | 844                | 307.890 | 354.909                          | 411.340   | 1.556.192   |
| 4                                                        | 2022 | 3237 | 3366 | 135 | 3501     | 135 | 120 | 140  | 3760   | 1753                    | 877                | 319.946 | 368.806                          | 427.446   | 1.983.638   |
| 5                                                        | 2023 | 3366 | 3501 | 140 | 3641     | 140 | 120 | 146  | 3906   | 1821                    | 911                | 332.369 | 383.126                          | 444.044   | 2.427.681   |
| 6                                                        | 2024 | 3501 | 3641 | 146 | 3787     | 146 | 120 | 151  | 4058   | 1892                    | 946                | 345.253 | 397.978                          | 461.256   | 2.888.937   |
| 7                                                        | 2025 | 3642 | 3788 | 152 | 3940     | 152 | 120 | 158  | 4217   | 1966                    | 983                | 358.781 | 413.571                          | 479.329   | 3.368.266   |
| 8                                                        | 2026 | 3787 | 3938 | 158 | 4096     | 158 | 120 | 164  | 4379   | 2042                    | 1021               | 372.585 | 429.483                          | 497.771   | 3.866.037   |
| 9                                                        | 2027 | 3940 | 4098 | 164 | 4262     | 164 | 120 | 170  | 4552   | 2122                    | 1061               | 387.309 | 446.456                          | 517.442   | 4.383.480   |
| 10                                                       | 2028 | 4095 | 4259 | 170 | 4429     | 170 | 120 | 177  | 4726   | 2203                    | 1102               | 402.125 | 463.535                          | 537.237   | 4.920.716   |
| 11                                                       | 2029 | 4259 | 4429 | 177 | 4606     | 177 | 120 | 184  | 4910   | 2289                    | 1145               | 417.769 | 481.568                          | 558.138   | 5.478.854   |
| 12                                                       | 2030 | 4429 | 4606 | 184 | 4790     | 184 | 120 | 192  | 5102   | 2378                    | 1189               | 434.058 | 500.344                          | 579.899   | 6.058.753   |
| 13                                                       | 2031 | 4607 | 4791 | 192 | 4983     | 192 | 120 | 199  | 5302   | 2472                    | 1236               | 451.083 | 519.969                          | 602.644   | 6.661.397   |
| 14                                                       | 2032 | 4792 | 4984 | 199 | 5183     | 199 | 120 | 207  | 5510   | 2569                    | 1285               | 468.844 | 540.442                          | 626.373   | 7.287.769   |
| 15                                                       | 2033 | 4983 | 5182 | 207 | 5389     | 207 | 120 | 216  | 5725   | 2669                    | 1334               | 487.065 | 561.446                          | 650.716   | 7.938.485   |
| 16                                                       | 2034 | 5181 | 5388 | 216 | 5604     | 216 | 120 | 224  | 5947   | 2773                    | 1386               | 506.022 | 583.298                          | 676.043   | 8.614.528   |
| 17                                                       | 2035 | 5391 | 5607 | 224 | 5831     | 224 | 120 | 233  | 6184   | 2883                    | 1442               | 526.176 | 606.530                          | 702.968   | 9.317.496   |
| 18                                                       | 2036 | 5605 | 5829 | 233 | 6062     | 233 | 120 | 242  | 6424   | 2995                    | 1498               | 546.606 | 630.079                          | 730.262   | 10.047.758  |
| 19                                                       | 2037 | 5829 | 6062 | 242 | 6304     | 242 | 120 | 252  | 6676   | 3113                    | 1556               | 568.048 | 654.796                          | 758.909   | 10.806.667  |
| 20                                                       | 2038 | 6061 | 6303 | 252 | 6555     | 252 | 120 | 262  | 6937   | 3234                    | 1617               | 590.226 | 680.361                          | 788.539   | 11.595.205  |

| TRÁNSITO PROMEDIO DIÁRIO PROYECTADO AFORO 01 |      |                                                                                             |                                                                                       |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                         |                                                                                                         |      |
|----------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| r 4,00%                                      |      | TIPO DE VEHICULO                                                                            |                                                                                       |                                                                                   |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                         |                                                                                                         | TPD  |
| AÑO                                          |      | AUTOS                                                                                       | BUSES                                                                                 | C2- P                                                                             | C2- G                                                                               | C3                                                                                  | C5                                                                                                      | C>5                                                                                                     |      |
|                                              |      |  AUTOMOVIL |  BUS |  |  |  |  TRACTO CAMION C3-52 |  TRACTO CAMION C3-53 |      |
| 0                                            | 2017 | 1477                                                                                        | 1122                                                                                  | 84                                                                                | 65                                                                                  | 13                                                                                  | 4                                                                                                       | 2                                                                                                       | 2767 |
| 1                                            | 2018 | 1536                                                                                        | 1167                                                                                  | 87                                                                                | 68                                                                                  | 14                                                                                  | 4                                                                                                       | 2                                                                                                       | 2878 |
| 2                                            | 2019 | 1598                                                                                        | 1214                                                                                  | 91                                                                                | 70                                                                                  | 14                                                                                  | 4                                                                                                       | 2                                                                                                       | 2993 |
| 3                                            | 2020 | 1661                                                                                        | 1262                                                                                  | 94                                                                                | 73                                                                                  | 15                                                                                  | 4                                                                                                       | 2                                                                                                       | 3111 |
| 4                                            | 2021 | 1728                                                                                        | 1313                                                                                  | 98                                                                                | 76                                                                                  | 15                                                                                  | 5                                                                                                       | 2                                                                                                       | 3237 |
| 5                                            | 2022 | 1797                                                                                        | 1365                                                                                  | 102                                                                               | 79                                                                                  | 16                                                                                  | 5                                                                                                       | 2                                                                                                       | 3366 |
| 6                                            | 2023 | 1869                                                                                        | 1420                                                                                  | 106                                                                               | 82                                                                                  | 16                                                                                  | 5                                                                                                       | 3                                                                                                       | 3501 |
| 7                                            | 2024 | 1944                                                                                        | 1476                                                                                  | 111                                                                               | 86                                                                                  | 17                                                                                  | 5                                                                                                       | 3                                                                                                       | 3642 |
| 8                                            | 2025 | 2021                                                                                        | 1536                                                                                  | 115                                                                               | 89                                                                                  | 18                                                                                  | 5                                                                                                       | 3                                                                                                       | 3787 |
| 9                                            | 2026 | 2102                                                                                        | 1597                                                                                  | 120                                                                               | 93                                                                                  | 19                                                                                  | 6                                                                                                       | 3                                                                                                       | 3940 |
| 10                                           | 2027 | 2186                                                                                        | 1661                                                                                  | 124                                                                               | 96                                                                                  | 19                                                                                  | 6                                                                                                       | 3                                                                                                       | 4095 |
| 11                                           | 2028 | 2274                                                                                        | 1727                                                                                  | 129                                                                               | 100                                                                                 | 20                                                                                  | 6                                                                                                       | 3                                                                                                       | 4259 |
| 12                                           | 2029 | 2365                                                                                        | 1796                                                                                  | 134                                                                               | 104                                                                                 | 21                                                                                  | 6                                                                                                       | 3                                                                                                       | 4429 |
| 13                                           | 2030 | 2459                                                                                        | 1868                                                                                  | 140                                                                               | 108                                                                                 | 22                                                                                  | 7                                                                                                       | 3                                                                                                       | 4607 |
| 14                                           | 2031 | 2558                                                                                        | 1943                                                                                  | 145                                                                               | 113                                                                                 | 23                                                                                  | 7                                                                                                       | 3                                                                                                       | 4792 |
| 15                                           | 2032 | 2660                                                                                        | 2021                                                                                  | 151                                                                               | 117                                                                                 | 23                                                                                  | 7                                                                                                       | 4                                                                                                       | 4983 |
| 16                                           | 2033 | 2766                                                                                        | 2101                                                                                  | 157                                                                               | 122                                                                                 | 24                                                                                  | 7                                                                                                       | 4                                                                                                       | 5181 |
| 17                                           | 2034 | 2877                                                                                        | 2186                                                                                  | 164                                                                               | 127                                                                                 | 25                                                                                  | 8                                                                                                       | 4                                                                                                       | 5391 |
| 18                                           | 2035 | 2992                                                                                        | 2273                                                                                  | 170                                                                               | 132                                                                                 | 26                                                                                  | 8                                                                                                       | 4                                                                                                       | 5605 |
| 19                                           | 2036 | 3112                                                                                        | 2364                                                                                  | 177                                                                               | 137                                                                                 | 27                                                                                  | 8                                                                                                       | 4                                                                                                       | 5829 |
| 20                                           | 2037 | 3236                                                                                        | 2458                                                                                  | 184                                                                               | 142                                                                                 | 28                                                                                  | 9                                                                                                       | 4                                                                                                       | 6061 |

