

**MODELO COMPARATIVO DE LOS COSTOS EN LOS DIFERENTES TIPOS DE
MEZCLAS ASFÁLTICAS QUE SE INSTALAN EN EL CORREDOR CENTRO
OCCIDENTE DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

MIGUEL ANGEL AVENDAÑO SANTOS

Trabajo de Grado

Para optar el título de Magister en Infraestructura Vial

Director: DIEGO A. GANTIVA ARIAS

Ingeniero Civil, Especialista en Voladuras, Master of Science en Administración

diegogantiva@usantotomas.edu.co



**MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA VIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
Bogotá, D.C. 26 de marzo de 2019**

Nota de Aceptación



Firma del Director de Proyecto.
ING. DIEGO A. GANTIVA ARIAS



Firma del Estudiante
MIGUEL ANGEL AVENDAÑO SANTOS

Bogotá, D.C.

DEDICATORIA

A mis padres, por el acompañamiento y apoyo para lograr este objetivo; a mis abuelas, tías y familia, por el amor y energía que me demostraron; a mis maestros y compañeros, de los cuales aprendí y compartí, para que esto me lleve a ser un profesional íntegro y ético. Por último, gracias a Dios porque sin Él nada de esto hubiera sido posible.

MIGUEL

AGRADECIMIENTOS.

El autor expresa su agradecimiento a las siguientes personas:

Ingeniero Diego Gantiva Arias, quien con su dirección logró encaminar el Trabajo de Grado hacia el buen rumbo de la investigación.

Ingeniera Mónica Rueda, quien gestionó que este proceso pudiera llegar al término exigido.

Ingeniero Iván Darío Jiménez, quien colaboró con aportes a la investigación, para ser de este un documento con soportes adecuados.

Ingeniero Oscar Reyes, quien sugirió la idea para la elaboración de este Trabajo de Grado.

Ingeniero Gustavo Camargo, quien con su conocimiento ayudó a generar un modelo de costos de manera didáctica y sencilla, para el uso de los usuarios

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	8
ÍNDICE DE TABLAS	11
1. RESUMEN	16
2. INTRODUCCIÓN	17
3. OBJETIVOS DEL PROYECTO	20
3.1. OBJETIVO GENERAL	20
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
4. CRONOGRAMA	21
5. PRESUPUESTO	22
6. GEOLOGIA REGIONAL DEL CENTRO OCCIDENTE DE CUNDINAMARCA 23	
7. UNIDADES GEOLOGICAS	23
7.1. CHUGUACAL-CAMBAO	23
7.1.1. Terciario - Formación San Juan de Rioseco	24
7.1.2. Cuaternario - Deposito De Coluvión	25
7.2. LOS ALPES - VILLETA	26
7.2.1. Cretácea – Formación Capotes	26
7.2.2. Cuaternario – Depósitos de Derrubio de Pendiente	26
7.2.3. Deposito aluvial reciente:	27
8. CLIMATOLOGIA REGIONAL	27
8.1. DESCRIPCION GENERAL DEL CORREDOR ALPES – VILLETA	27
8.1.1. Municipio de Albán:	27
8.1.2. Municipio de Sasaima	29
8.1.3. Municipio de Villeta:	30
8.2. DESCRIPCION GENERAL DEL CORREDOR CHUGUACAL – CAMBAO 30	
8.2.1. Municipio de Vianí	30
8.2.2. Municipio de San Juan De Rioseco	31

9.	METODOLOGÍAS DE DISEÑO EN COLOMBIA	31
9.1.	Método AASHTO:	32
9.2.	Método Mecanicista (ME):	33
10.	METODOLOGIA IMPLMENTADA PARA EL CORREDOR VIAL CENTRO OCCIDENTE DE CUNDINAMARACA	35
10.1.	Tránsito.....	35
10.2.	Aspectos económicos y poblacionales	35
10.3.	Sector Vías y Transporte	35
10.4.	Zona de influencia.....	36
10.5.	Análisis de transito	36
10.6.	Tránsito de larga distancia.....	36
10.7.	Estudio de trazado y diseño geométrico:.....	37
10.8.	Diseño del pavimento:	37
11.	METODOLOGÍAS DE DISEÑO EN EL RESTO DEL MUNDO	38
12.	TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ACTUALMENTE UTILIZADAS EN EL CENTRO-OCCIDENTE DE CUNDINAMARCA	43
12.1.	Mezcla asfáltica en Caliente	43
12.2.	Mezcla asfáltica en frío	44
12.3.	Micro aglomerados	45
12.4.	Mezclas de alto módulo	46
12.5.	Mezclas porosas o drenantes.....	46
13.	PROPIEDADES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS UTILIZADAS EN EL CENTRO OCCIDENTE DE CUNDINAMARCA	47
13.1.	ALPES - VILLETA	49
13.1.1.	Sector Claret – Albán	49
13.1.2.	Sector Chuguacal	50
13.1.3.	Sector Sasaima	52
13.1.4.	Sector Villeta:	54
13.2.	CHUGUACAL - CAMBAO	56
13.2.1.	Sector Vianí.....	57

13.2.2.	Sector San Juan De Rioseco	58
14.	DEFINICION DEL PARÁMETRO PARA EL CÁLCULO DEL VOLUMEN VEHICULAR	59
14.1.	Comportamiento del tráfico vehicular	60
14.1.1.	Año 2011.....	61
14.1.2.	Año 2012.....	62
14.1.3.	Año 2013.....	64
14.1.4.	Año 2014.....	65
14.1.5.	Año 2015.....	66
14.1.6.	Año 2016.....	67
14.1.7.	Año 2017.....	69
14.2.	Trazabilidad por año del volumen de tráfico Alpes - Villeta	70
14.3.	Trazabilidad por año del volumen de tráfico Chuguacal – Cambao:	71
15.	SISTEMA DE GESTION VIAL.....	71
15.1.	Sistema de gestión sobre el corredor Alpes - Villeta:	76
15.1.1.	Sistema de gestión Albán:.....	77
15.1.1.1.	Inspección visual sector Alban:.....	77
15.1.1.2.	Análisis de información Alban a través del VIZIR:	78
15.1.2.	Sistema de gestión Chuguacal:.....	80
15.1.2.1.	Inspección visual sector Chuguacal:	81
15.1.2.2.	Análisis de información Chuguacal a través del VIZIR:.....	84
15.1.3.	Sistema de gestión Sasaima.	85
15.1.3.1.	Inspección visual sector Sasaima:	86
15.1.3.2.	Análisis de información Sasaima a través del VIZIR:.....	89
15.1.4.	Sistema de gestión Villeta:	91
15.1.4.1.	Inspección visual sector Villeta:	91
15.1.4.2.	Análisis de información Villeta a través del VIZIR:.....	93
15.2.	Sistema de gestión Chuguacal Cambao:.....	94
15.2.1.	Sistema de gestión Vianí:.....	94
15.2.1.1.	Inspección visual sector Vianí:	94

15.2.1.2.	Análisis de información Vianí a través del VIZIR:	98
15.2.2.	Sistema de gestión San Juan de Rioseco:	100
15.2.2.1.	Inspección visual sector San Juan de Rioseco:	100
15.2.2.2.	Análisis de información San Juan a través del VIZIR:	104
16.	GENERALIDADES DE MANTENIMIENTO VIAL	105
17.	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS .	108
17.1.	Precio Unitario MDC-3.....	108
17.2.	Precio Unitario MDC-2.....	109
17.3.	Precio Unitario MSC-19.....	110
17.4.	Precio Unitario Microaglomerado	111
17.5.	Precio Unitario Slurry.....	112
17.6.	Precio Unitario Mezcla de Alto Modulo	113
17.7.	Precio Fresado mecánico	114
18.	MATRIZ DE DISTANCIAS PARA LOS SECTORES DE ESTUDIO	115
18.1.	Método de cálculo de costo distancia.....	115
19.	MODELO DE COSTO PARA LAS MEZCLAS ASFALTICAS.....	116
19.1.	Interfaz de inicio del Modelo de costos.....	116
19.2.	Interfaz del modelo de costos en construcción.....	117
19.3.	Interfaz del modelo de costos de los presupuestos en construcción...118	
19.4.	Interfaz del modelo de costos en mantenimiento	119
19.5.	Interfaz del modelo de costos de los presupuestos en mantenimiento. 121	
19.6.	Resumen del modelo de costos interfaz final.	123
19.7.	Documento final en PDF.....	125
20.	CONCLUSIONES.	126
21.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	127

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Corredores viales centro-occidente de Cundinamarca	18
Ilustración 2: Afloramiento de la formación San Juan de Rioseco	25
Ilustración 3: Nivel de conglomerado de la formación San Juan de Rioseco.....	25
Ilustración 4: Depósito coluvial observado en el tramo vial	26
Ilustración 5: Ecuación Método AASHTO	32
Ilustración 6: Corredores viales centro occidente de Cundinamarca	34
Ilustración 7: Algoritmo AASHTO para método del centro-occidente de Cundinamarca	38
Ilustración 8: Ejemplo estructura de pavimento en Holanda	40
Ilustración 9: Mezcla asfáltica en caliente	44
Ilustración 10: Mezcla asfáltica en frío	45
Ilustración 11: Micro aglomerado o slurry seal	46
Ilustración 12: Mezcla porosa o drenante	47
Ilustración 13: Trazabilidad Jalisco año 2011	61
Ilustración 14: Trazabilidad Guayabal año 2011	61
Ilustración 15: Trazabilidad Jalisco año 2012	62
Ilustración 16: Trazabilidad Guayabal año 2012	63
Ilustración 17: Trazabilidad Jalisco año 2013	64
Ilustración 18: Trazabilidad Guayabal año 2013	64
Ilustración 19: Trazabilidad Jalisco año 2014	65
Ilustración 20: Trazabilidad Guayabal año 2014	65
Ilustración 21: Trazabilidad Jalisco año 2015	66
Ilustración 22: Trazabilidad Guayabal año 2015	67
Ilustración 23: Trazabilidad Jalisco año 2016	68
Ilustración 24: Trazabilidad Jalisco año 2016	68
Ilustración 25: Trazabilidad Jalisco año 2017	69
Ilustración 26: Trazabilidad Guayabal año 2017	69
Ilustración 27: Trazabilidad volumen de tráfico AL-V	70
Ilustración 28: Trazabilidad volumen de tráfico CH-C	71
Ilustración 29: Auscultación Alban PR 96+400 – PR 96+750	77

Ilustración 30: Auscultación Alban PR 96+750 – PR 97+000	78
Ilustración 31: Auscultación Chuguacal PR 94+500 a 94+600	81
Ilustración 32: Auscultación Chuguacal PR 94+600 a 94+700	82
Ilustración 33: Auscultación Chuguacal PR 94+700 a 94+800	83
Ilustración 34: Auscultación Chuguacal PR 94+700 a 94+800	84
Ilustración 35: Auscultación Sasaima PR 83+300 a 83+400.....	86
Ilustración 36: Auscultación Sasaima PR 83+400 a 83+500.....	87
Ilustración 37: Auscultación Sasaima PR 83+500 a 83+600.....	88
Ilustración 38: Auscultación Sasaima PR 83+600 a 83+700.....	88
Ilustración 39: Auscultación Sasaima PR 83+700 a 83+800.....	89
Ilustración 40: Auscultación Villeta PR 69+550 a 69+600.....	91
Ilustración 41: Auscultación Villeta PR 69+600 a 69+700.....	91
Ilustración 42: Auscultación Villeta PR 69+700 a 69+800.....	92
Ilustración 43: Auscultación Villeta PR 69+800 a 69+900.....	92
Ilustración 44: Auscultación Villeta PR 46+300 a 46+540.....	94
Ilustración 45: Auscultación Villeta PR 46+400 a 46+500.....	95
Ilustración 46: Auscultación Villeta PR 46+500 a 47+600.....	95
Ilustración 47: Auscultación Villeta PR 46+600 a 47+700.....	95
Ilustración 48: Auscultación Villeta PR 46+700 a 47+800.....	96
Ilustración 49: Auscultación Villeta PR 46+800 a 47+900.....	97
Ilustración 50: Auscultación Villeta PR 46+900 a 47+000.....	98
Ilustración 51: Auscultación San Juan PR 28+100 a 28+200	100
Ilustración 52: Auscultación San Juan PR 28+200 a 28+300	101
Ilustración 53: Auscultación San Juan PR 28+300 a 28+400	101
Ilustración 54: Auscultación San Juan PR 28+400 a 28+500	102
Ilustración 55: Auscultación San Juan PR 28+500 a 28+600	102
Ilustración 56: Auscultación San Juan PR 28+700 a 28+800	103
Ilustración 57: Auscultación San Juan PR 28+700 a 28+800	103
Ilustración 58: Comportamiento de los pavimentos	106
Ilustración 59: Implicaciones económicas para la rehabilitación	107
Ilustración 60: Implicaciones de diferentes estrategias en la condición del pavimento.....	107
Ilustración 61: Interfaz de inicio del modelo de costos.....	117
Ilustración 62: Interfaz de construcción del modelo de costos	117
Ilustración 63: Interfaz de presupuesto en el proceso de construcción.....	118
Ilustración 64: Interfaz de mantenimiento del modelo de costos.....	120
Ilustración 65: Interfaz de mantenimiento de auscultación sistema VIZIR	120
Ilustración 66: Interfaz de presupuesto en el proceso de mantenimiento	122
Ilustración 67: Interfaz de resumen del modelo de costos	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cronograma de actividades del trabajo de grado.....	21
Tabla 2: Presupuesto del trabajo de grado	22
Tabla 3: Serie histórica temperatura estación Santa Teresa	28
Tabla 4: Serie histórica precipitaciones estación Santa Teresa.....	29
Tabla 5: Serie histórica precipitaciones estación El Silencio.....	30
Tabla 6: Serie histórica precipitaciones estación San Juan de Rioseco	31
Tabla 7: Serie histórica peaje de Jalisco.....	36
Tabla 8: Serie histórica peaje de Guayabal	37
Tabla 9: Granulometría INVIAS INV E-213	48
Tabla 10: Ensayos INVIAS INV E-213	48
Tabla 11: Granulometría mezcla MDC-2 Claret	49
Tabla 12: Propiedades mezcla MDC-2 Claret.....	50
Tabla 13: Granulometría mezcla MSC-19 Chuguacal.....	51
Tabla 14: Propiedades mezcla MSC-19 Chuguacal	51
Tabla 15: Granulometría mezcla MSC-19 Sasaima	52
Tabla 16: Granulometría mezcla micro-aglomerada Sasaima	52
Tabla 17: Propiedades mezcla MSC-19 Sasaima.....	53
Tabla 18: Propiedades mezcla micro-aglomerada Sasaima	53
Tabla 19: Granulometría mezcla MSC-19 Villeta	55
Tabla 20: Granulometría mezcla micro-aglomerada Villeta	55
Tabla 21: Propiedades mezcla MSC-19 Villeta.....	55
Tabla 22: Propiedades mezcla micro-aglomerada Villeta	56
Tabla 23: Granulometría mezcla MDC-2 Vianí	57
Tabla 24: Propiedades mezcla MDC-2 Vianí	57
Tabla 25: Granulometría mezcla MDC-2 San Juan De Rioseco	58
Tabla 26: Propiedades mezcla MDC-2 San Juan De Rioseco.....	59
Tabla 27: Categorización Vehicular de los corredores en mención	60
Tabla 28: Niveles de gravedad de los deterioros tipo A.....	73
Tabla 29: Niveles de gravedad de los deterioros tipo B	74
Tabla 30: Índice de fisuración	75
Tabla 31: Índice de deformación.....	75
Tabla 32: Índice de deterioro Superficial.....	76
Tabla 33: Rangos de calificación del VIZIR	76
Tabla 34: Análisis de información a través del VIZIR Albán	79
Tabla 35: Análisis de información a través del VIZIR Chuguacal.....	84
Tabla 36: Análisis de información a través del VIZIR Sasaima.....	89

Tabla 37: Análisis de información a través del VIZIR Villeta.....	93
Tabla 38: Análisis de información a través del VIZIR Vianí	98
Tabla 39: Análisis de información a través del VIZIR San Juan.....	104
Tabla 40: A.P.U. MDC-3	108
Tabla 41: A.P.U. MDC-2	109
Tabla 42: A.P.U. MSC-19.....	110
Tabla 43: A.P.U. MICROAGLOMERADO	111
Tabla 44: A.P.U. SLURRY	112
Tabla 45: A.P.U. Mezcla de alto modulo	113
Tabla 46: A.P.U. Fresado mecánico	114
Tabla 47: A.P.U. Matriz de distancia corredor Alpes – Villeta.....	115
Tabla 46: A.P.U. Matriz de distancia corredor Chuguacal – Cambao	115

GLOSARIO

Agroecosistema: Puede caracterizarse como un ecosistema sometido por el hombre a continuas modificaciones de sus componentes bióticos y abióticos para la producción de alimentos y fibras.

Arcilla: Es una roca sedimentaria constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedente de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito.

Arenisca: Es una roca sedimentaria de tipo detrítico, de color variable, que contiene clastos de tamaño arena. Después de las lutitas son las rocas sedimentarias más comunes en la corteza terrestre.

Bioclima: Región cuyos territorios cuentan con características similares en cuanto al clima, las cuales a su vez son diferentes respecto a las características que exhiben los bioclimas adyacentes.

Bioma: Es el conjunto de ecosistemas característicos de una zona biogeográfica que está definido a partir de su vegetación y de las especies animales que predominan.

Coluvión: Material depositado al pie de una pendiente tras un corto recorrido y como consecuencia de la acción erosiva de las aguas de arroyada.

Conglomerado: Es una roca sedimentaria de tipo detrítico formada mayoritariamente por clastos redondeados tamaño grava o mayor (>2 mm). Dichos clastos pueden corresponder a cualquier tipo de roca.

Cuarzoarenita: Son arenitas ($<15\%$ de matriz) con $<5\%$ tanto de feldespato como de fragmentos de roca.

Cuaternario: Es una división de la escala temporal geológica, el último de los períodos geológicos. Se desarrolla en el Cenozoico a continuación del Neógeno desde hace aproximadamente 2.588 millones de años.

Derrubio: Desprendimiento y arrastre de los materiales fragmentados por efecto de la meteorización.

Dextral: Relativo a una falla de desplazamiento de rumbo o a una falla dextro-lateral en la que el bloque se desplaza a lo largo de la falla hacia la derecha.

Ecosistema: Un ecosistema es una unidad compuesta de organismos interdependientes que comparten el mismo hábitat. Los ecosistemas suelen formar una serie de cadenas que muestran la interdependencia de los organismos dentro del sistema.

Edad Cretácica: Una división de la escala temporal geológica, es el tercer y último período de la Era Mesozoica; comenzó hace 145 millones de años y terminó hace 66 millones de años. Está comúnmente dividido en dos mitades, conocidas como Cretácico inferior y Cretácico superior. Con una duración de unos 79 millones de años, es el período Fanerozoico más extenso, y es, incluso, más largo que toda la Era Cenozoica.

Edad Terciaria: Una división de la escala temporal geológica. Es la era geológica que se inició hace unos 66 millones de años y se extiende hasta la actualidad. Es la tercera y última era del Eón Fanerozoico y sigue a la Era Mesozoica.

Heterométrico: Es la disposición de una formación en la que se encuentran contiguos elementos finos y elementos gruesos.

Limos: Es un sedimento clástico incoherente transportado en suspensión por los ríos y por el viento, que se deposita en el lecho de los cursos de agua o sobre los terrenos que han sido inundados.

Lodolita: Roca sedimentaria detrítica constituida por minerales de arcilla.

Mica: Son minerales pertenecientes a un grupo numeroso de silicatos de alúmina, hierro, calcio, magnesio y minerales alcalinos caracterizados por su fácil exfoliación en delgadas láminas flexibles, elásticas y muy brillantes, dentro del subgrupo de los filosilicatos.

Orobioma: Definido por la presencia de montañas que cambian el régimen hídrico y forman cinturones o fajas de vegetación de acuerdo a su incremento en altitud.

Procesos Morfodinámicos: Corresponden a una serie de acciones sucesivas y/o simultáneas y sinérgicas a través de las cuales los agentes morfogenéticos, principalmente los externos, son capaces de modelar las formas de la superficie terrestre.

Roca Sedimentaria: Son rocas que se forman por acumulación de sedimentos, los cuales son partículas de diversos tamaños que son transportadas por el agua, el hielo o el viento, y son sometidas a procesos físicos y químicos.

Sinclinal: Es un pliegue de la corteza terrestre que presenta los estratos más recientes en su núcleo. Se forman por los efectos tectónicos de la dinámica terrestre.

Sublitoarenita: Arenisca en la que la proporción de cuarzo está entre el 75 y el 95% respecto al total de elementos terrígenos. Además, la relación de feldespatos a fragmentos de otras rocas es menor que uno (1).

1. RESUMEN

MODELO COMPARATIVO DE LOS COSTOS EN LOS DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS QUE SE INSTALAN EN EL CORREDOR CENTRO OCCIDENTE DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA

La construcción de nuevas carreteras a nivel nacional para el mejoramiento del transporte del país debe contar con el adecuado diseño, acompañadas de una buena selección de materiales que garanticen una operación confiable y eficiente.

Esta investigación, tiene como fin optar al título de Magister de la Universidad Santo Tomas, y contempla entre sus alcances un levantamiento técnico y pormenorizado de información sobre los tipos de mezclas instaladas en el corredor vial centro occidente de Cundinamarca.

A partir de la información procesada, se ejecuta un análisis, a través de un modelo comparativo de costos, con el fin de identificar la incidencia presupuestal a nivel de cada una de sus carpetas y con base en ello proporcionar aportes teóricos y evidencias para apoyar tomas de decisiones en proyectos viales, respecto de las alternativas y la mejor selección de estructuras de pavimentos para su construcción y/o mantenimiento.

El modelo de costo parte del estudio de los diferentes tipos de mezclas que se instalan en esta zona, y se identifican las patologías que se han venido presentando derivadas del tipo de tráfico que utilizan los corredores viales del centro occidente de Cundinamarca, las patologías por los factores climáticos que presenta la zona de estudio, y los periodos de vida que se presentan en este corredor. Se realizan análisis a través de inspecciones visuales o auscultaciones que permiten identificar la severidad de las patologías presentadas y a partir de ello se define un índice de estado de la vía de estudio.

El ámbito de aplicación del estudio comprende los corredores **Alpes-Villeta** y **Chuguacal-Cambao**, de cuyos tramos se analizan puntos específicos a lo largo de su longitud, de manera focalizada en puntos principales como los sectores de Alban, Chugualcal y Sasaima, del corredor Alpes – Villeta; y del corredor de Chuguacal – Cambao, y en puntos específicos en los sectores de Vianí y San Juan de Rioseco.

La metodología de análisis de costos se realiza, partir de la información de los precios que está asumiendo el proyecto vial en el centro occidente de Cundinamarca. El modelo de costos que se aplica tiene en cuenta los precios unitarios de cada uno de los tipos de mezclas asfálticas, la fuente de los materiales, las variables de Climatología, tráfico y periodos de vida, para enfocarlo adecuadamente, tanto para la construcción de nuevos tramos como para el adecuado mantenimiento, verificando la incidencia presupuestal de cada uno.

2. INTRODUCCIÓN

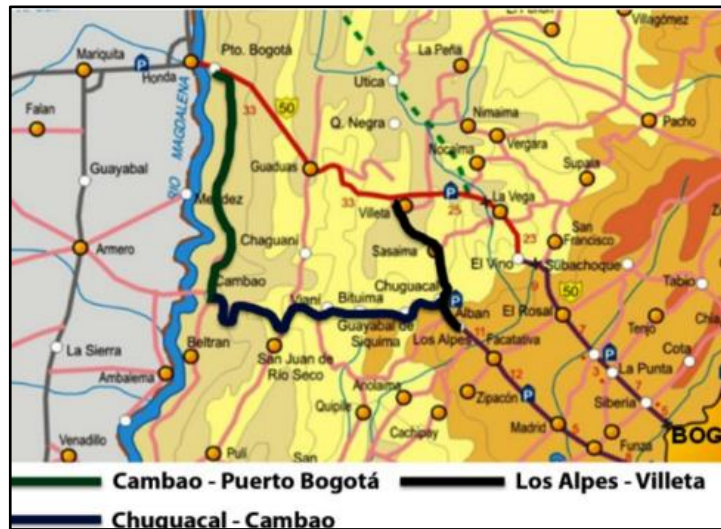
Los profesionales de Ingeniería Civil formados en las universidades aprobadas y certificadas en Colombia, que optan por continuar profundizando su formación en estructura vial, se enfrentan con amplios espectros de factores y riesgos, sobre los que se requiere identificar, medir y contar con las mejores opciones de control, para construir y mantener vías en condiciones suficientes de calidad, seguridad y eficiencia, de manera que el plan de expansión de infraestructura vial conecte longitudinal y transversalmente las regiones del país con especificaciones, diseños y materiales adecuados a las características de la topografía colombiana.

Para ello, se precisa implementar métodos de diseño y fabricación de pavimentos óptimos, que estén en capacidad de cumplir con las especificaciones que las normas y reglamentos técnicos establezcan y racionalicen los costos de construcción, mantenimiento y operación, frente a los que se generan actualmente. En este contexto, la propuesta metodológica de este estudio parte de un análisis comparado entre los diferentes tipos de pavimentos flexibles que se instalen en el centro-occidente de Cundinamarca, y evidencien la incidencia presupuestal de cada uno.

En este propósito la metodología considera los factores y variables implícitas y explícitas que se expresan de forma fáctica en el deterioro de las carpetas asfálticas. En este sentido, el factor climático de las zonas, el tráfico que manejan los corredores viales, considerando que el flujo vehicular de los tramos lo genera el tráfico pesado, y los periodos de vida que se están presentando con los asfaltos del centro occidente de Cundinamarca, se recopilaron en formatos que se diligenciaron por medio de inspecciones visuales y experiencias de la concesión.

El alcance de la investigación abarca las vías concesionadas entre **Los Alpes – Villeta, Chuguacal – Cambao**, los cuales se catalogan como corredores viales de magnitud y orden relevante del corredor vial Centro – Occidente del departamento de Cundinamarca. Por sus características topográficas presentan curvas con radios de giro reducidos, zonas donde la estructura del pavimento varía considerablemente y donde se manejan diferentes tipos de mezclas asfálticas, que son objeto del estudio. Ver **Ilustración 1**.

Ilustración 1: Corredores viales centro-occidente de Cundinamarca



Fuente: Propia

El presente trabajo proporciona una metodología para el levantamiento ordenado de información, que a través del desarrollo de un programa de sistemas se alimentan las variables y costos asociados, con los cuales se analizan los factores de deterioro de las capas asfálticas y su incidencia financiera en el proyecto vial centro occidente de Cundinamarca.

El capítulo cuatro que da comienzo a la investigación, describe el sistema geológico que presentan las zonas de estudio, asociando una breve recapitulación de las formaciones que se presentan en el centrooccidente de Cundinamarca. Esto se complementa describiendo las unidades Geológicas de cada uno de los corredores de estudio, como se describe en el capítulo 5.

En el sexto capítulo se describe la climatología que presentan las zonas, con el fin de que el modelo de costo incorpore características pluviométricas para relacionar precipitaciones y gradientes de temperatura que puedan afectar el comportamiento de las mezclas asfálticas, tanto en su instalación como en el ciclo de vida a la que éstas fueron diseñadas.

Los siguientes tres capítulos relacionan las metodologías de diseño que actualmente están siendo implementadas a nivel nacional e internacional, con el propósito de determinar las variables que se tuvieron en cuenta para la estructuración del modelo; se realizó especialmente un análisis a la metodología de diseño que la concesión vial tiene establecida, tanto para los sistemas constructivos

como para los mantenimientos correspondientes, los cuales se desarrollan bajo la metodología AASHTO¹

Para generar un modelo de costo a nivel comparativo, es necesario conocer que mezclas se han implementado en la concesión a través de los tiempos, es por esto que el décimo capítulo identificó cuales son las diferentes mezclas instaladas en los corredores de estudio; se incluyó además la caracterización de las mezclas en cada uno de los puntos especificados en el presente documento, a través de los resultados de ensayos mecánicos de caracterización del material, información recopilada en el capítulo once del presente documento.

En el doceavo capítulo se incorporó un análisis de tráfico de las zonas de estudio a través de los aforos recopilados por los peajes tanto de Jalisco (Alpes – Villeta), como el de Guayabal (Chuguacal – Cambao), de los cuales se extraen graficas comparativas que facilitan la toma de decisiones para las futuras instalaciones de mezclas asfálticas.

En el avance del documento se incluye el método de gestión vial, por el cual el modelo de costo realizara el análisis para la generación de las patologías que puede presentar las mezclas, esto mediante el método VIZIR, para cada uno de los tramos de investigación de los corredores mencionados.

Con las variables definidas, el siguiente tópico del trabajo proporciona el análisis presupuestal de los diferentes tipos de mezclas que se instalan en el centro occidente de Cundinamarca, a través de análisis de precios unitarios actualizados, e incluyendo una matriz de distancia la cual calcula el costo del transporte, y peajes dependiendo de la zona de los trabajos, tal como se resume en el capítulo 16.

Por último el capítulo diecisiete describe el modelo realizado a través de un aplicativo de software, el cual logra integrar todas las variables mencionadas anteriormente de manera óptima, permitiendo al usuario tener acceso a toda la información necesaria, de tal manera que le facilita la toma de una decisión más acertada, tanto presupuestal como técnica en los proyectos de futura inversión. Se termina el trabajo generando un documento final en PDF que integra todos los parámetros y variables que el usuario debe tener en cuenta para la realización de la intervención.

El aporte de la investigación se basa en una propuesta metodológica a través de una aplicación desarrollada para administrar y controlar el presupuesto en la aplicación de mezclas asfálticas en el centro occidente de Cundinamarca, lo que será un aporte para los ingenieros especialistas que preparen futuras planeaciones, diseños y ejecuciones presupuestales.

¹ AASHTO es un acrónimo para American Association of Standars for Highways and Transportation Officials , que proporcionen guardadas es una entidad estadounidense semejante al INVIAS colombiano.

3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

3.1. OBJETIVO GENERAL

Presentar un modelo comparativo de los diferentes tipos de mezclas asfálticas a nivel de costos que permita identificar la incidencia que genera cada uno en los proyectos que a futuro se construyan para el centro-occidente de Cundinamarca.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar de manera ordenada y sistematizada información específica de los tipos de mezclas asfálticas que se están implementando en el centro occidente de Cundinamarca e identificar los periodos para los que se consideró su diseño.
- Levantar y procesar información de los tipos de patologías que se están presentando en la zona, teniendo en cuenta las variables de mayor incidencia en el proyecto vial (clima, tráfico, distancias, características del material) y enfocarlas para los costos que generan en construcción y mantenimiento de los corredores.
- Estructurar una matriz de distancias de las fuentes con las que cuenta los tramos viales, incluirla en el modelo comparativo y generar el análisis de costos, tanto para construcción como mantenimiento.
- Evaluar los costos de los tipos de mezclas con precios actualizados e implementados en el corredor vial y medir los tiempos de durabilidad en el centro-occidente, para relacionarlos con los costos de operación y mantenimiento.
- Diseñar un modelo comparado a nivel presupuestal para identificar la incidencia que genera los diferentes tipos de mezclas utilizadas en el proyecto de vías del centro occidente de Cundinamarca, teniendo en cuenta sus factores de deterioro.

4. CRONOGRAMA

Tabla 1: Cronograma de actividades del trabajo de grado

Actividades	Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Gestión y logística																																				
Marco teórico referente a la Geología de la zona, Descripción general de los corredores viales de estudio y metodología de diseño implementada en los corredores viales.																																				
Marco teórico referente a metodologías de diseño que se presentan en diferentes partes del mundo.																																				
Análisis a través de ensayos convencionales para identificar la caracterización de las mezclas asfálticas instaladas a lo largo de los corredores viales																																				
Recopilación y análisis del tráfico que se presenta a lo largo de los corredores para tener una proyección y trazabilidad de estas y enfocarlas hacia el modelo financiero																																				
Realización del sistema de gestión vial a través del método VIZIR para la verificación del estado de la vía e implementación en el modelo financiero para futuros mantenimientos y/o construcciones en la vía																																				
Identificación asociada a la climatología de la zona para analizar posibles patologías por estas, que puedan ayudar a la toma de decisiones en el modelo financiero																																				
Realización de análisis de precios unitarios de acuerdo a las plantas utilizadas en la zona por la concesión encargada de los tramos para su implementación en el modelo financiero																																				
Realización del modelo financiero con los aportes obtenidos de las investigaciones objetivo del proyecto para su respectiva implementación en futuros mantenimientos y construcciones de los corredores de investigación																																				
Revisión bibliográfica																																				
Informes preliminares																																				
Informe final																																				

5. PRESUPUESTO

Tabla 2: Presupuesto del trabajo de grado

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr unitario	Vr total
1	Transporte a la zona de estudio	Viaje	20	\$ 20,000	\$ 400,000
2	Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos, Análisis granulométrico de suelos por tamizado: Granulometría por tamizado con lavado sobre tamiz No. 200	Und	8	\$83,713	\$ 669,704
3	Ensayos de categorización de asfalto (gravedad específica Bulk, % de vacíos con aire, estabilidad, flujo, Vacíos en los agregados, % de asfalto)	Und	8	\$726,365	\$5,810,920
4	Transporte diferentes entidades recopilación de datos (IDEAM, CAR, concesionaria)	Viaje	35	\$ 5,000	\$ 175,000
5	Papelería	Glb	1	\$150,000	\$ 150,000.00
6	Profesional en ingeniería civil	mes	9	\$3,000,000	\$27,000,000
7	Asesoría de ingeniero de sistemas	mes	1	\$3,000,000	\$3,000,000
Total Investigación					\$ 37,205,624

6. GEOLOGIA REGIONAL DEL CENTRO OCCIDENTE DE CUNDINAMARCA

El área se encuentra localizada en el bloque estructural del valle Medio del Magdalena –Guaduas, el cual se encuentra en el límite occidental del departamento, su rasgo principal corresponden al sinclinal de Jerusalén – Guaduas, enclave ubicado en la parte central de este bloque, conforma una estructura amplia, con su eje fallado hacia el norte, en sus ejes afloran rocas de edad Terciaria y Cretácea cubiertas en algunos sectores por depósitos Cuaternarios como coluviones y niveles de suelo residual.

El sector se encuentra determinado por una tectónica regional asociada al levantamiento de la Cordillera Oriental, sobre pendientes altas a abruptas en donde afloran rocas sedimentarias conformadas por areniscas de grano medio a grueso, conglomerados, limos y arcillas. Estas rocas se encuentran fracturadas debido a la presencia de fallas de tipo local, provocando procesos morfodinámicos asociados a las inestabilidades que afectan la vía en este sector. Adicionalmente, producto de la colisión de las placas Oceánica y Continental, resultan una serie de esfuerzos compresivos que fracturaron el sustrato rocoso, los cuales están directamente relacionados con el alto fracturamiento y plegamiento que presentan los afloramientos que constituyen los taludes de la vía.

Se identifican en el área Formaciones Geológicas Cretáceas, constituidas principalmente por rocas sedimentarias clásticas de textura fina, donde sobresalen, de la más antigua a la más reciente, las Formaciones Trinchera, El Peñón y Capotes. Además, a partir de la actividad denudacional reciente, se han generado una serie de depósitos cuaternarios, de los cuales a una escala regional podemos destacar los Depósitos Aluviales, que presentan un contraste muy marcado representado por una zona de valle limitado, donde se disponen estos suelos, limitados por laderas altas a abruptas, características de las formaciones cretáceas principales.²

7. UNIDADES GEOLOGICAS

7.1. CHUGUACAL-CAMBAO

En el tramo Vial referente a **Chuguacal – Cambao**, Presenta unas unidades geológicas en las cuales se identifican zonas de estratigrafía terciaria y cuaternaria, tal y como se identifica a continuación.

² UNIÓN TEMPORAL BILPRO. Estudios y diseños definitivos de la segunda calzada o par vial a la carretera los alpes – villeta, 2010

7.1.1. Terciario - Formación San Juan de Rioseco:

El nombre de San Juan de Rioseco se debe a De Porta (1966), quien designó así la secuencia areno-arcillosa comprendida entre las formaciones Hoyón y Santa Teresa, en el Sinclinal de Jerusalén –Guaduas. Esta formación se encuentra cartografiada como una sola unidad, pero se describen en 5 segmentos que se identifican a continuación.

San Juan 1. Está formado por una secuencia de arenitas gruesas a conglomeráticas, con gránulos de cuarzo, chert y en menor proporción volcánicos, en capas muy gruesas, convergentes.

San Juan 2. Consta de una alternancia de arcillolitas y lodolitas de color rojo oscuro, en capas gruesas a muy gruesas, con intercalaciones de cuarzoarenitas a sublitoarenitas de grano fino a medio.

San Juan 3. Se caracteriza por el predominio de cuarzoarenitas a sublitoarenitas, de grano medio a grueso, localmente conglomeráticas, de color oliva y gris, en capas gruesas a medias, con delgadas intercalaciones de lodolitas.

San Juan 4. Consta de arcillolitas color marrón, en capas muy gruesas con intercalaciones de cuarzoarenitas a sublitoarenitas, finas, marrón, en capas delgadas.

San Juan 5. Consta de una alternancia de cuarzoarenitas a sublitoarenitas, color naranja y gris, de grano medio a grueso, en capas medias a gruesas y lodolitas gris y oliva claro.

En el conjunto 5 de la Formación San Juan de Rioseco, se presencian afloramientos de arenisca de grano grueso a conglomerática de color amarillo medio con gravas redondeadas de cuarcita en paquetes gruesos, adicionalmente se observa un pequeño nivel de limolitas de color verde oliva con contenido de micas, en general este afloramiento se encuentra moderadamente meteorizado.

Ilustración 2: Afloramiento de la formación San Juan de Rioseco



Fuente: Propia

Ilustración 3: Nivel de conglomerado de la formación San Juan de Rioseco



Fuente propia

7.1.2. Cuaternario - Deposito De Coluvión:

Estos depósitos están constituidos por bloques de gran tamaño, angulares de areniscas principalmente, los cuales se generan por fuerzas gravitacionales. Estos Coluviones o depósitos de coluvión se presentan a lo largo del tramo vial, debido a que se encuentran sobre una zona de cordillera con pendientes altas.

Ilustración 4: Depósito coluvial observado en el tramo vial



Fuente propia

7.2. LOS ALPES - VILLETA

El tramo Vial **Los Alpes – Villeta**, presenta unas unidades geológicas en las cuales se identifican zonas de estratigrafía cretácea y cuaternaria, tal y como se identifica a continuación.

7.2.1. Cretácea – Formación Capotes:

Se identifican rocas hacia los taludes de corte que constituyen la vía, Las rocas mencionadas anteriormente se encuentran a pocos metros de profundidad cubiertas parcialmente por Derrubios de Pendiente y por el relleno de la vía existente.

Esta formación se constituye principalmente por lodolitas silíceas de color negro a gris oscuro; fisiles hacia taludes de corte y masivas a poco fracturadas en profundidad, las rocas se presentan poco fracturadas a muy fracturadas, poco meteorizadas a moderadamente meteorizadas.

7.2.2. Cuaternario – Depósitos de Derrubio de Pendiente:

Estos se constituyen por fragmentos angulosos, de esfericidad baja, de rocas sedimentarias de la Formación Capotes, los cuales se encuentran embebidos en una matriz limosa de color habano, son suelos clasto soportados de poco transporte principalmente, y se generan en el sector a partir de la meteorización y desprendimiento de materiales de la Formación Capotes los cuales se localizan sobre las laderas cubriendo parcialmente el sustrato rocoso, son depósitos de poco espesor.

7.2.3. Depósito aluvial reciente:

Se localizan sobre cauces y sectores adyacentes a las quebradas, son suelos afectados constantemente por socavación y se componen por bloques heterométricos de rocas sedimentarias, redondos a subredondos, esféricos a subesféricos, embebidos en una matriz arenosa de color gris a café.

8. CLIMATOLOGIA REGIONAL

Colombia está dividida en cinco regiones biogeográficas específicas: Pacífico, Amazonas, Caribe, Orinoquía y Andes, dentro de la que se encuentra ubicado el Departamento de Cundinamarca. Cada una de estas regiones tiene una o varias zonas biogeográficas que, para el caso específico del área de estudio, es la zona de Provincia Norandina.

8.1. DESCRIPCION GENERAL DEL CORREDOR ALPES – VILLET

8.1.1. Municipio de Albán:

Este municipio se encuentra localizado sobre la cordillera oriental en el occidente de Cundinamarca, está comprendido en altitudes entre los 1.500 a 3.100 m.s.n.m., tiene una temperatura promedio de 16°C y la precipitación anual es de 1800 mm.

Para tener una catalogación más acertada de los datos climatológicos del municipio de Albán, se recurre a la información de las estaciones activas del IDEAM, esto para identificar que tan elevado es el gradiente de temperatura de la zona y obtener un parámetro más eficaz para el modelo de costos a generar; es de aclarar que los datos suministrados por el IDEAM solo están relacionados hasta el año 2014.

El estudio se plantea identificando las máximas y mínimas temperaturas que la zona presenta a lo largo de un periodo de 12 años, para tener un concepto climatológico crítico de acuerdo con altibajos de temperatura que puedan afectar al comportamiento de las mezclas asfálticas, como se identifica en la Tabla 3.

Tabla 3: Serie histórica temperatura estación Santa Teresa

	ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO	
AÑO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO
2003	22,4	10,4	23,4	10,4	22,6	10,4	22,4	10,8	21,4	12,4	21,2	11,2
2004	20,8	8,6	22,6	8,6	22,4	9,8	21,6	11,6	20,6	11,4	20,4	10,6
2005	20,6	10,6	21,4	10,6	21,8	11,2	21,6	12,2	21,4	11	21	12,6
2006	20,4	9,6	21,4	9,6	20,4	11,6	20,4	11,2	21,4	10,2	20	11,6
2007	21,4	11	23	11	23,4	11,2	21	12,4	21,4	11,8	20,4	10,4
2008	20,4	8,6	20	8,6	21,8	10,2	21,6	10,4	20,6	11,4	20,2	13,4
2009	20,4	10,6	20	10,6	21,4	10,8	20,4	11,2	20,6	10,8	20,4	11,2
2010			23,6		23,6	10,2					20,4	1,6
2011	21,4	9,8	20,4	9,8	20,4	11,4	21	12,2	20,4	12,4	20	11
2012	19,8	10,4	20,4	10,4	20,4	11,6	20	11,8	20	12,4	21,4	10,4
2013	21,6	9,6	20,2	9,6	21,4	11,2	21,4	11,6				
2014	21	10,6	20,4	10,6	21	10,4	21,4	11,4				
	JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
AÑO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO	MINIMO
2003	22	11	23,2	11,8	23,2	11,2	20,6	11,6	20,4	10,4	20,6	10,6
2004	20,4	10,8	21,8	10,6	22,4	10,8	21,4	11,6	20,4	11,2	20,4	11,4
2005	20,6	10,4	21,4	11	22	11,4	21,6	10,2	21,4	10,2	20,6	9
2006	20,6	10,6	22	9,8	21,8	10,6	21,8	10	19,8	10,8	21,4	10,8
2007	21,4	9,4	20,4	9,4	21,2	12			21,2	10,4	20	11
2008	20,2	10,9	20	10,6	21,4	10	20	9,4	20	10,8	20,8	9,2
2009	21,4	11	22	10,6	21,4	9,8	22	11	20,4	11,2		
2010	20,4	11,6	20,6	11,2	22,2	11,6	21,6	10,8	19,6	10,8	20,6	10,4
2011	19,8	10,2	20,6	11,4	21	10,8	20	10,4	20,4	11,4	20	11,4
2012					21,4							
2013					21,8	11,2	21,6	11,2	20	12	20,4	11,4
2014	20,4	11	19,6	11								

Fuente: Histórico de temperatura IDEAM

Con la información recopilada del IDEAM, se constata que el gradiente de temperatura crítico mensual que puede tener la zona, es el presentado en el mes de febrero con un intervalo de 15°C entre los picos más altos y más bajos según la información evidenciada anteriormente, llegando a presentar temperaturas desde 8.6°C hasta 23.6°C, lo cual implicaría un factor a considerar al momento que las mezclas asfálticas lleguen a presentar micro fisuración a temprana edad.³

Se realiza el mismo concepto para catalogar la precipitación que tiene la zona a través de la información que se recopila del IDEAM, analizando los datos de los últimos 12 años, para sacar un promedio de precipitación e identificar el punto más alto en cuanto al mes que más presenta precipitaciones, sabiendo que el agua es un factor importante para las patologías que se puedan presentar en el corredor, ver tabla 4.

³ IDEAM, Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales, Estación Santa Teresa-Alban, 2018

Tabla 4: Serie histórica precipitaciones estación Santa Teresa

PRECIPITACION EN MM												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2003	37,7	97,3	140,5	143,1	33,3	38,9	53	99,5	43,4	231,8	144,9	177,4
2004	82,2	96,6	46,2	172	176	52,6	34,8	20,5	107,4	287,3	128,9	81,2
2005	96,8	129,7	116,4	76,1	283,3	98,3	49,4	47,2	102	212,9	106,9	54,7
2006	61,5	92,3	157,7	245	153,8	124,6	29,9	55	95,1	174,8	214,1	121,7
2007	10,8	24,1	168,2	228,9	110,4	53,4	22,5	103,3	36,1	297,7	105,7	199,5
2008	162,9	94,3	205,3	139,9	175,5	66,1	74,6	127,6	49,5	185	459,6	104,9
2009	128,5	136,2	246,9	110,8	127,7	151,1	39,2	39,7	60,9	188,3	107,6	120,5
2010	8,9	21,3	17,5	167,6	229,4	85,2	103,7	58,6	86,5	158,8	282,5	171,7
2011	54,7	156,8	179,2	275,5	16637	94,2	64,2	37,8	70,8	182,4	308,6	120,8
2012	159,5	80,9	111	203,3	52,3	33,7						
2013	33	212,4	101,7	174,5					36,4	137,5	209,9	133,7
2014	76,5	163,9	170,5	70,1		40,7	75,3	28,6				
PROMEDIO	76,1	108,8	138,4	167,2	1797,9	76,3	54,7	61,8	68,8	205,7	206,9	128,6

Fuente: Histórico de precipitación IDEAM

De acuerdo con el análisis realizado, se observa que el mes que más presenta precipitaciones es noviembre promediando 206.9mm, y alcanzando en su punto más crítico precipitaciones de hasta 459.6mm, por lo que la mezcla debe estar perfectamente compacta o sellada para evitar infiltraciones que puedan llegar a presentar fisuras y hasta afectar la estructura de la vía; adicional a esto evitar películas de agua que puedan ser peligrosas para los usuarios de ésta.⁴

8.1.2. Municipio de Sasaima

Se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca sobre la cordillera oriental, a 1.150 m.s.n.m.; tiene una temperatura promedio de 22°C y la precipitación anual se encuentra entre los 1.300 y los 1.400 milímetros.

Partiendo del mismo concepto mencionado para el municipio de Albán, se realiza una catalogación de los datos de precipitación del municipio de Sasaima, por medio de la información que se tiene del IDEAM de la estación El Silencio, según se muestra en la tabla 5.

⁴ IDEAM, Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales, Estación Santa Teresa-Alban, 2018

Tabla 5: Serie histórica precipitaciones estación El Silencio

PRECIPITACION EN MM												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2006	232.3	119.2	372.9	485.9	254.8	189.3	39.8	18.5	39.9	241.8	527	296.2
2007	135.8	132.3	250.4	474.1	230.3	51.5	127.8	154.3	39.7	430.7	405.5	481.5
2008	250.9	247.9	242.6	245.5	410.8	208.6	93.9	281.5	139.5	300	416.5	222.8
2009	332.3	317.2	492.5	347.9	345.5	161.9	79.1	104.7	21.5	407.4	236.2	234
2010	79.9	185.4	139.6	297.8	259.3	159	205.1	67.5	179.7	395.7	440	303
2011	121.3	228.8	409.4	673.9	239.4	90.6	106.5	59	51.7	273.1	610.6	461.8
2012	300.8	188.8	231.7	268.3	131.4	25.9	17.8	30	29.7	174	177	29
2013	126.4	302.7	127.3	273.4	433.2	30.8	41.7	106.5	84.1	354.3	350.4	209.6
2014	216	215.4	418.4	129.2	219.5	75	22.8	15.5	74.9	358.6	198.5	198.9
2015	172.6	130.8	227.1	80.4	57.5	31.3	41.2	25.4	61.9	208.8	255.4	8.3
2016	323	214.6	306.8	330	178.7	61	46.5	14	136.7	239.8	160.3	177.9
2017	144.1	125.3										
PROMEDIO	203.0	200.7	292.6	327.9	250.9	98.6	74.7	79.7	78.1	307.7	343.4	238.5

Fuente: Histórico de precipitación IDEAM

Para esta zona, según la información recogida del IDEAM y analizada mensualmente con el fin de considerar la condición crítica, se tiene que el mes donde presenta el mayor promedio de precipitación es noviembre, alcanzando hasta los 610,6 mm, lo cual debido a la condición geotécnica de la zona tiende a presentar remociones en masas de los taludes, causando desprendimientos de la calzada.⁵

8.1.3. Municipio de Villeta:

Se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca sobre la Cordillera Oriental, en altitudes entre los 850 a 1950 m.s.n.m. Tiene una temperatura promedio de 25°C y la precipitación anual varía entre 1.500 y 2.500 milímetros.

Como no se tienen estaciones por parte del IDEAM en la zona se trabajará con la tabla de precipitación de la estación del Silencio ubicada en el sector de Sasaima

8.2. DESCRIPCION GENERAL DEL CORREDOR CHUGUACAL – CAMBAO

8.2.1. Municipio de Vianí

Se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca sobre la Cordillera Oriental, en altitudes entre los 1489 m.s.n.m. Tiene una temperatura promedio de 20.1°C y la precipitación anual varia de 1.324 milímetros.

Como no se tienen estaciones por parte del IDEAM en la zona se trabajará con la tabla de precipitación de la estación de San Juan de Rioseco.

⁵ IDEAM, Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales, Estación Santa Teresa-Albán, 2018

8.2.2. Municipio de San Juan De Rioseco

Se encuentra ubicado en el departamento de Cundinamarca sobre la cordillera oriental en altitudes entre los 1266 m.s.n.m. tiene una temperatura promedio de 20.9°C y una precipitación anual promedio entre los 1775 milímetros.⁶

Tabla 6: Serie histórica precipitaciones estación San Juan de Rioseco

PRECIPITACION EN MM												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2006	72.9	42.3	151	149.6	81.6	87.1	23.8	17.7	40.8			137.3
2007	15.5	3.5	184.8	224.4	122.7	17.6	17.9	59.2	48.6	304.7	95.9	115
2008	104.8	135.7	80.4	165.2	217.4	32.2	35.7	183.8	62.4	155	185.2	79.5
2009	147.3	122.4	222.7	49.3	210.4	119.9	25.8	63.7	39.6	231	120	67.8
2010		93.9	91.5	239.2	99.3	52.6	168.7	32.2	58.8	151.5	286.5	78.3
2011	53.9	202	281.8	218	242.5	70.8	42.2	78.5	13.3	268.3	370.5	110.2
2012	115.2	41.8	146.6	150.3	57.2	12.2	13.7	20.7	10.5	208.1	129.3	67
2013	104.1	177.7	56.3	143	121.7	47.1	10.4	68.9	33.2	73.4	160.1	112.1
2014	41.7	67.8	64.5	67.1	161.7	21.1	4.5	40.6	27.3	190.9		149.5
2015	43.3	39.7	103	58.9	105.4	13.5	13	6.2		54.9		
2016					80.7	20.4	23	43.2	89.8	127.2	183.1	65.3
2017	57	65.8	178.4	97.9	134.3	109.4	20.8	73.9				
PROMEDIO	75.6	90.2	141.9	142.1	136.2	50.3	33.3	57.4	42.4	176.5	191.3	98.2

Fuente: Histórico de precipitación IDEAM

De acuerdo con la información obtenida de los datos del IDEAM en cuanto a precipitación mensual de la zona (Tabla 6), se analiza que el mes con más promedio de precipitación en milímetros es noviembre, alcanzando precipitaciones hasta de 370 milímetros en su año más crítico. Lo anterior requiere ser tenido en cuenta debido a la condición geotécnica que se tiene en la zona, pues debido a las diferencias de humedad que se dan en los taludes, estos tienden a presentar remociones en masa y desprendimientos de la vía en el corredor en mención.

9. METODOLOGÍAS DE DISEÑO EN COLOMBIA

Para los métodos de diseño de pavimentos flexibles en Colombia, y en específico en el centro occidente de Cundinamarca se implementa generalmente la metodología AASHTO 93 y en ocasiones se opta por el método mecanicista (ME), las cuales basan sus diseños en los volúmenes de tránsito que se generan en las vías a diseñar.

⁶ IDEAM, Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales, Estación San Juan-San Juan de Rioseco, 2018

9.1. Método AASHTO:

Se realizó basándose en ensayos a escala real teniendo como referente que los climas y los suelos son típicos en la gran mayoría del territorio norteamericano. Con base en lo anterior, el método consiste en desarrollar tablas fórmulas y gráficos que representan relaciones de deterioro-solicitud de las distintas muestras de ensayo.

Con la modificación de 1993, la metodología AASHTO, se basa en identificar un número estructural (SN) para el pavimento; la ecuación del número estructural lo que indica es una resistencia estructural que tiene un pavimento con base en el tránsito total (W18), al soporte que tiene el suelo (Mr), de las condiciones ambientales y de la servicialidad terminal, la cual se expresa en la ilustración 5.

Ilustración 5: Ecuación Método AASHTO

$$\log W_{18} = Z_r * S_0 + 9.36 \log (SN + 1) - 0.20 + \frac{\log \left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.40 + \left(\frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}} \right)} + 2.32 \log Mr - 8.07$$

Fuente: American Association Of State Highway And Transportations

Donde:

- **W18:** Número de aplicaciones de ejes simples equivalentes de 18 Kip (80 KN) hasta un tiempo t
- **SN:** Número estructural
- **ΔPSI:** Diferencia entre los índices de servicio inicial y terminal
- **MR:** Módulo resiliente de la sub-rasante
- **So:** Desviación estándar total de la distribución normal de los errores asociados con las predicciones de tránsito y de comportamiento del pavimento
- **ZR:** Parámetro estadístico asociado con distribuciones normales de datos, que considera la probabilidad de que el índice de servicio del pavimento sea superior a pt durante el periodo de diseño.

La metodología creada en 1993 indica que una vez encontrado el número estructural del pavimento (SN) se pueden identificar los espesores, que combinados adecuadamente y teniendo en cuenta los coeficientes estructurales y de drenajes, logren garantizar un número estructural efectivo ya sea mayor o igual al que se requiere para soportar las condiciones de tránsito que se esperan para un cierto periodo de diseño, y esto se determina por medio de la siguiente ecuación.^{7 8 9}

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

Fuente: American Association Of State Highway And Transportations

donde:

- a_1 , a_2 , a_3 son los coeficientes de la capa asfáltica, base y sub-base granular.
- D_1 , D_2 , D_3 son los espesores de la capa asfáltica, base granular y sub-base granular.
- m_2 , m_3 son los coeficientes de drenaje para base y sub-base granular.

9.2. Método Mecanicista (ME):

Tiene como fin realizar un análisis completo de la mecánica del comportamiento de un pavimento debido a las acciones del clima y el tránsito vehicular, a través de las propiedades mecánicas que presenten los materiales de los ensayos generados en laboratorios y en in situ o en campo, es un método considerado netamente científico, como es un método científico pretende tener una predicción correcta del desempeño del pavimento, lo cual indica que mediante su evolución en el tiempo sus deterioros se identifican antes de que se presenten, por lo que se considera una alta confiabilidad en los diseños.

Las ventajas y características del método mecanicista-empírico (ME) se pueden definir como un método el cual tiene una aproximación comprensiva incluyendo consideraciones estructurales y de los materiales, adicionalmente considera efectos climáticos y diseños de seguridad, sus conceptos se basan en el funcionamiento, deterioro y calidad de la carretera, presenta una buena caracterización de los pavimentos, en cuanto adaptabilidad el método plantea una habilidad adecuada para manejar las características cambiantes del tránsito, posee la capacidad para incorporar materiales pavimentados disponibles, etc.

⁷ ASPHALT INSTITUTE. Un manual básico de emulsiones asfálticas, 1993. (Serie de manuales No 19) (MS-19).

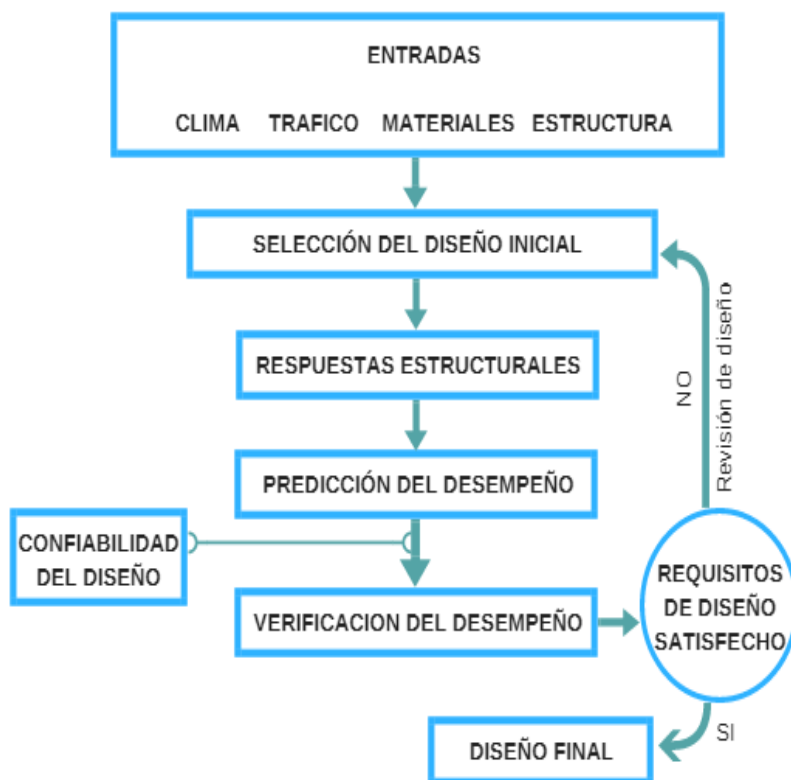
⁸ SALAMANCA, María. ZULUAGA, Santiago. Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e instituto del asfalto para la vía la YE – Santa Lucia Barranca Lebrija entre las Abscisas K19+250 a K25+750 Ubicada en el departamento del Cesar, 2014.

⁹ American Association Of State Highway And Transportations Oficiales. Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos, 1993

Las metodologías mecanicistas en la práctica se emplean con metodologías empíricas, sin embargo, se está presentando una tendencia a nivel mundial que indica que se está llevando por metodologías empírico-mecanicistas, como por ejemplo el método AASHTO MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide), el método Shell y el método norteamericano del asfalto.

El método mecanicista se enfoca en tres variables las cuales son el Clima, tráfico presentado, estructura y materiales, estos para poder presentar un diseño inicial, que luego será analizado a respuestas estructurales para el diseño y a una predicción del desempeño, el cual da una predicción en cuanto a fallas y regularidad del diseño del pavimento y así por ultimo obtener una verificación de desempeño; con esto ya se identifica si el diseño es apto para ser utilizado o no de acuerdo a los requisitos solicitados.¹⁰

Ilustración 6: Corredores viales centro occidente de Cundinamarca



Fuente: Análisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del método mecanicista empírico, con el método AASHTO 93

¹⁰ GARCIA, Ángel. GUTIERRES, Felipe. Análisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del método mecanicista empírico, con el método AASHTO 93, 2014

10. METODOLOGIA IMPLMENTADA PARA EL CORREDOR VIAL CENTRO OCCIDENTE DE CUNDINAMARACA

10.1. Tránsito

La demanda de los transportes siempre será uno de los factores más importantes que se deben tener en cuenta en cualquier intervención o proyecto vial, pues esta demanda se establece el volumen de tránsito, y a su vez de este volumen se identifican tendencias, comportamientos que permiten determinar las características de la vía y la estructura del pavimento.

Con el hallazgo de estos volúmenes se procede a determinar las características y capacidad que requiere la vía, se identifican los requerimientos con los que debe contar el diseño estructural del pavimento, que alineamientos debe tenerse en cuenta para la vía, con cuantos carriles se puede asegurar la adecuada operación de esta, y con esto analizar los costos que generara el proyecto.

10.2. Aspectos económicos y poblacionales

Se debe tener en cuenta también cuál es su principal fuente de ingresos en la zona, si en este tramo se encuentra algún municipio altamente turístico, el producto interno bruto del departamento que en este caso asciende a la cifra de 22.6 Billones de pesos corrientes, lo que equivale aproximadamente al 5% del PIB nacional y la demografía que se tiene en el tramo a intervenir.

10.3. Sector Vías y Transporte

La vía es considerada un tramo vial de primer orden, la cual perteneció a la red nacional de vías y fue entregada al departamento para su administración y mantenimiento, y se considera de gran importancia pues conecta la capital del país con el caribe y con la troncal del Magdalena.

Adicionalmente, aledaño al tramo vial se está desarrollando el proyecto ruta del sol, el cual conectará la capital del país con la costa norte. Este trazado de vía inicia en la ruta transversal 50, en el tramo entre Villeta y Honda, a escasos metros de la terminación del tramo Los Alpes - Villeta, lo cual permite destacar la importancia de la vía.

10.4. Zona de influencia

Se identificaron los municipios aledaños a los cuales están identificados en la zona de influencia directa de los tramos mencionados:

- Albán
- Guayabal de Siquima
- Sasaima
- Villeta
- Vianí
- San Juan de Rioseco
- Cambao
- Bituima

10.5. Análisis de tránsito:

Para el análisis de tránsito se determinó con la información que se sustrajo del INVIAS y de la concesionaria encargada del tramo vial.

En las vías entre Bogotá y Villeta el INVIAS tiene ubicadas estaciones de conteo manual, en las cuales se realizan conteos una vez al año durante siete días consecutivos, durante las 24 horas del día. Adicionalmente se analizaron la serie histórica de los peajes de Jalisco y Guayabal. ¹¹

10.6. Tránsito de larga distancia

Se presenta la serie histórica del tránsito de los peajes, la cual refleja el tránsito promedio diario anual por tipo de vehículo.

Esta información refleja un parámetro muy importante para la ecuación de diseño que es el tránsito promedio diario anual de cada tipo de vehículo que transite por estos corredores viales, como se muestra en las tablas 7 y 8.

Tabla 7: Serie histórica peaje de Jalisco

PEAJE JALISCO - ALBAN - CUNDINAMARCA					
AÑO	I	II	III	IV	VII
2,011	252,251	229,229	142,663	143,273	140,410
2,012	314,648	319,215	249,839	166,228	231,482
2,013	318,528	314,628	260,973	239,478	303,091
2,014	354,156	323,025	257,921	182,826	292,075
2,015	360,963	318,448	279,935	177,932	326,043
2,016	224,867	193,882	177,469	85,730	182,184
2,017	365,046	166,728	200,483	130,363	252,543

Fuente: Concesión vial Panamericana

¹¹ UNIÓN TEMPORAL BILPRO. Estudios y diseños definitivos de la segunda calzada o par vial a la carretera los Alpes – Villeta, 2010

Tabla 8: Serie histórica peaje de Guayabal

PEAJE GUAYABAL DE SIQUIMA - CUNDINAMARCA					
AÑO	I	II	III	IV	VII
2,011	318,928	130,012	104,446	1,829	612
2,012	308,594	67,583	59,397	1,042	61
2,013	322,315	64,492	66,092	351	75
2,014	358,408	65,050	66,016	21	5
2,015	374,101	98,762	58,420	373	48
2,016	266,110	51,480	43,419	68	13
2,017	440,465	38,291	69,921	24,484	49

Fuente: Concesión vial Panamericana

10.7. Estudio de trazado y diseño geométrico:

Para el estudio de Alternativas, se identificaron las posibles variantes con las que cuenta la vía, y así mejorar los niveles de servicio de la vía.

De acuerdo con la información que se recopila de cada una de las variantes se presentan más de 5 alternativas para cada una de estas puntualmente, con el fin de mejorar los niveles de servicio teniendo en cuenta que la mayor cantidad de tráfico que se presenta en estos tramos viales es de tráfico pesado representando un 65% de este.

Con la definición de las alternativas de las variantes se diseñan corredores viales ya sean preliminares o definitivos, con el fin de definir el trazado de las vías o ya sea para reparación o reconstrucción de la vía por situaciones de sitios inestables en esta, e identificar si es necesaria la ampliación de taludes.

10.8. Diseño del pavimento:

Una vez se cuenta con el trazado geométrico de la calzada a intervenir o tramos del corredor vial, se continua con el estudio geotécnico para el diseño del pavimento, donde se evalúa la condición estructural del pavimento tanto estructural como funcional, a través de ensayos de laboratorio y de campo de las calzadas existentes en el caso de sitios inestables o al momento de pensar en una doble calzada.

Para el diseño del pavimento, se utiliza la información disponible en los estudios realizados por Isovia (2009). Se realiza un dimensionamiento de la estructura del

pavimento por el método AASTHO 93 para lo cual se consideran la metodología y parámetros descritos a continuación.^{12 13}

En 1961 la AASHTO produjo la guía para diseño de pavimentos flexibles y en 1962 la de pavimentos rígidos; en 1972 se unieron para producir la guía para Diseño de Pavimentos y se han desarrollado actualizaciones posteriores en 1986 y 1993. La guía de 1993 contiene los mismos procedimientos de diseño de la de 1986, pero tiene diferencias en lo referente al diseño de sobre carpetas para la rehabilitación de pavimentos.¹⁴

Según el método de diseño de la AASHTO, en función del número acumulado de ejes equivalentes en el período de diseño, el número estructural, la pérdida de serviciabilidad en el tiempo y del módulo resiliente de la subrasante, se utiliza el siguiente algoritmo:

Ilustración 7: Algoritmo AASHTO para método del centro-occidente de Cundinamarca

$$\text{Log}W_{18} = Z_R S_o + 9.36 \text{Log}(SN + 1) - 0.20 + \left[\frac{\text{Log}[\Delta PSI / (4.2 - 1.5)]}{0.4 + 1094 / (SN + 1)^{5.19}} \right] + 2.32 \text{Log}M_R - 8.07$$

Fuente: American Association Of State Highway And Transportations

11. METODOLOGÍAS DE DISEÑO EN EL RESTO DEL MUNDO

Según un artículo realizado por la BBC, el cual habla de los mejores y peores países con infraestructura en el mundo, los primeros lugares los ocupan países del oriente, donde la ciudad y países con la mejor infraestructura en el mundo son Hong Kong, Singapur y Holanda respectivamente, e indica que sorpresivamente Estados Unidos ocupa el lugar número once y que se debe a su cada vez más notoria vejez de parte de la red de infraestructura de este país.

Sin embargo, pasando a los países de Latinoamérica la primera nación que aparece en este listado es Panamá, ocupando el lugar N° 40 entre 140 naciones que hacen parte del estudio, seguido por Chile que ocupa el puesto N° 45 y luego vienen Uruguay y México.¹⁵

¹² SALAMANCA, Maria. ZULUAGA, Santiago. Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e instituto del asfalto para la vía la YE – Santa Lucia Barranca Lebrija entre las Abscisas K19+250 a K25+750 Ubicada en el departamento del Cesar, 2014.

¹³ UNIÓN TEMPORAL BILPRO. Estudios y diseños definitivos de la segunda calzada o par vial a la carretera los Alpes – Villeta, 2010

¹⁴ American Association Of State Highway And Transportations Oficals. Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos, 1993

¹⁵ BBC Mundo. Los países del mundo con la mejor y peor infraestructura, 2016

Es aquí donde radica la importancia de conocer qué están realizando estos países para que la infraestructura vial funcione adecuadamente. El fundamento está en la forma en que se realizan los diseños de pavimentos flexibles para garantizar una adecuada construcción, operación y mantenimiento de las redes viales de los países.

En **Hong Kong** para los métodos de diseño, se comenzó basándose en una guía de diseño de pavimentos de los documentos del United Kindom Road, Note 29. Estos métodos de diseño se vienen desarrollando desde las pasadas décadas, y de esto se creó el capítulo específico para los diseños de pavimentos en el Manual de Ingeniería Civil.

El rápido progreso de las principales vías y el crecimiento de número de vehículos pesados en el territorio exigió una revisión al diseño de pavimentos que fue promulgado en 1983, con la intención de crear diseños más robustos y de larga duración, para evitar algún mantenimiento estructural prematuro, asociado a un sobre diseño.

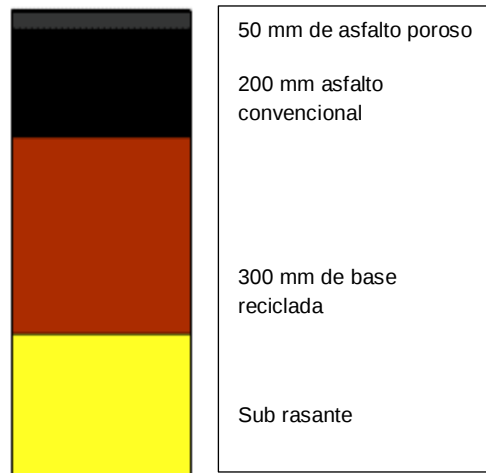
El cambio consistió en incrementar significativamente el factor de eje de conversión por vehículos comerciales y el periodo de vida del diseño fue adoptado en las pruebas de cargas de tráfico, adicionalmente presentaron cambios en las sub bases y capas de tapado para lograr proporcionar una base mejorada en la sub base débil.

En 1991, un estudio realizado llamado Road Testing Programme, fue comisionado por el Highways Department (HyD) para desarrollar un diseño de pavimento sistemático utilizando el aprovechamiento mecánico-empírico entre otras tareas. Las propiedades mecánicas de los materiales de base de asfalto de carreteras locales y la calidad del pavimento fueron evaluadas a través de pruebas de laboratorio, que se publicaron a través del “Guidance Notes on Pavement Design” (RD/GN/017) con el fin de incorporar estos hallazgos.¹⁶

En países como **Holanda** tienden a usar una estructura típica para las carreteras o autopistas, Estos pavimentos se diseñaron para cargas pesadas y tienden a presentarse como se identifica en la ilustración 8:

¹⁶ MOLENAAR Prof.dr.ir. A.A.A. Structural Design of Pavements – PART III Design of Flexible Pavements, 2009

Ilustración 8: Ejemplo estructura de pavimento en Holanda



Fuente: Structural Design of Pavements – PART III Design of Flexible Pavements

Este tipo de estructura se maneja específicamente para las condiciones que se presentan en este país, pues **Holanda** no cuenta con canteras que proporcionen una buena calidad de triturado, adicionalmente por las limitaciones en espacio y por los estrictos requerimientos ambientales se establece el uso de materiales reciclados, es decir es necesario reutilizar los materiales lo mayor posible sin que pierdan sus características.

Estudios realizados en este país han demostrado que las capas de base de buena calidad se pueden realizar con mezclas de triturado de hormigón o concreto y mampostería triturada, por lo que utilizan amplias capas de base con estos materiales reciclados.

Siguiendo con la estructura que utilizan en este país, para los pavimentos que trabajan para cargas pesadas incluyen una capa delgada de asfalto poroso con un contenido de vacío menor al 20%, esto lo realizan con el fin de reducir los ruidos que genera el contacto entre llanta y asfalto, y evitar películas de agua que se generan en las capas convencionales de asfalto.

El espesor total de la estructura de pavimento es de vital importancia, pues la capacidad soportante de la sub-rasante tiende ser a menudo no mayor del 10%; por lo que la principal razón del espesor de la estructura del pavimento es debido a que las autoridades competentes a este tema no desean tener que aportar grandes costos al mantenimiento de las vías o autopistas construidas ya que se presentan poca capacidad de soporte.

Es importante mencionar que en este país consideran que las actividades de mantenimiento implican una considerable reconstrucción del pavimento, lo que se da por las muy altas intensidades de tráfico, lo que implica que se tiene que

obstaculizar al usuario que transita por el corredor vial y eso se considera inaceptable en este país.

Cabe resaltar que al utilizar este tipo de estructura de pavimento se trata de inducir que las operaciones de mantenimiento ya sea reparación o sustitución sean únicamente de la capa superior, que en este caso es asfalto poroso.¹⁷

Nueva Zelanda en la actualidad cuenta con un circuito de carreteras de 92.000 kms aproximadamente, de los cuales cerca de 60.000 kms. están pavimentados y casi en su totalidad han sido desarrollados con cubiertas superficiales del tipo Tratamiento Superficial (Chipseal). Este tipo de tratamiento superficial o sello asfáltico es el predominante en el país y es empleado en un rango amplio de situaciones, cubriendo las necesidades de servicio presentes en caminos rurales, carreteras nacionales, calles suburbanas y autopistas.

Las mezclas asfálticas en este país solo son utilizadas para la construcción de Autopistas con tráficos de alto volumen, calles urbanas y, en general, en las situaciones de alto tráfico y esfuerzo de corte superficial, pues de acuerdo con la historia del país en cuanto a sellos superficiales en vías de alto tráfico como las mencionadas anteriormente, han presentado una insuficiencia considerable para el tráfico que se está manejando.

Nueva Zelanda tiene una experiencia de más de 80 años en el desarrollo y aplicación de tratamientos superficiales. En la década de los 30's el país dio inicio a un intensivo estudio en la ingeniería de vías, el cual definió un método de diseño y construcción de Tratamientos Superficiales, constituyendo el primer antecedente técnico del método de Chipseal o tratamiento superficial mundialmente conocido (Hanson, 1935). Este dato es relevante ya que Nueva Zelanda, es un país cuyo éxito económico se basa en la buena explotación de sus recursos naturales y agropecuarios.

En Nueva Zelanda los tratamientos superficiales han sido empleados exitosamente en un amplio rango de solicitudes de tránsito, para hablar de un número más exacto de hasta 20.000 vehículos por calzada, por día, e incluso más. Auckland cuenta con una autopista semiurbana con cubierta de tratamiento superficial multicapa, de tres calzadas por dirección, multicapa que ha resistido un incremento de tráfico que va desde 90.000 vehículos por día a más de 160.000 vehículos por día en los últimos 19 años de periodo de vida. Lo que indica que las limitaciones al uso de tratamientos superficiales en este país se dan más por condiciones particulares de excesivo esfuerzo de corte superficial, que por razones de alto número de vehículos que transitan por día.

¹⁷ Highways Department, Guidance notes on pavement design for carriageway construction, 2013

En este país la decisión de construir una capa de tipo tratamiento superficial para una determinada condición de proyecto, y la selección del tipo que se debe construir, se basa en un modelo de decisión técnico-económico denominado RAMM (Road Asset Maintenance Management system - Sistema de Administración del Mantenimiento de los Activos Viales) desarrollado gracias a las abundantes investigaciones y experiencias que se han generado en el país. Este resultado se ajusta en la práctica por la experiencia y criterios ingenieriles del administrador de la red vial, del diseñador y del constructor a cargo de los trabajos.

Nueva Zelanda por norma o costumbre constructiva realiza todas las obras de construcción a través de contratistas, ya que ninguna institución gubernamental está autorizada para llevar a cabo este tipo de trabajos. Además, todo el diseño y la supervisión de los contratos deben ser hechos por consultores independientes y corporaciones gubernamentales no dependientes del nivel central.¹⁸

Esto da a entender que los contratos de construcción y mantenimiento de la red vial dejan la responsabilidad de los trabajos terminados del lado del constructor es decir del contratista. Esta responsabilidad que asume el contratista se puede ver premiada o sancionada dependiendo del estado de la vía. Los tipos de contratos dominantes que maneja el país son:

1. Por especificaciones basadas en el método constructivo. Corresponde a la forma tradicional de contratar donde el ingeniero está a cargo del diseño y la supervisión de los trabajos. Las garantías de correcta ejecución se extienden por seis meses o un año.
2. Por especificaciones basadas en el desempeño. Aquí los requerimientos de materiales son mínimos, pero se define una vida de servicio mínima esperada para la capa desde la fase de diseño. El diseño y la construcción de la solución son responsabilidad del constructor, quien debe presentarlas para su aprobación respecto de los mínimos exigidos. Se establece un periodo de prueba para la capa de sello generalmente de 11 meses, al cabo de los cuales se hacen mediciones en terreno de indicadores de desempeño del camino y de su sello que permiten extrapolar su vida probable en servicio con el empleo de un modelo de deterioro. Si la vida iguala o excede a la vida de diseño, se reintegran al contratista las garantías y retenciones.

Dado que gran parte de la responsabilidad sobre el diseño final del sello tipo tratamiento superficial y del desempeño del camino en explotación recaen en el contratista, al año 2008 Nueva Zelanda solo contaba con 24 contratistas calificados para la construcción de carreteras nacionales.

¹⁸ LUGO, Alvares. MIRO, Rodrigo. A review of the characterization and evaluation of permeable friction course mixtures. 2014. Revista Chilena de Ingeniería, vol. 22, núm. 4.

12. TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS ACTUALMENTE UTILIZADAS EN EL CENTRO-OCCIDENTE DE CUNDINAMARCA

Estas se emplean para la construcción de **firmes**, es decir su función es generar capas de rodadura o capas inferiores que proporcionen una superficie cómoda de rodamiento para un vehículo; al momento de comenzar un proyecto vial son dos los aspectos fundamentales para realizar el diseño de este:

El primer aspecto que considerar es la función resistente, la cual determina los materiales y espesores que se deberán instalar en la construcción de la vía

El segundo aspecto es la finalidad la cual determina las condiciones de textura y acabado que se deben exigir a las capas superiores del firme para que generen una confortabilidad y una seguridad óptima, las cuales en este caso son los pavimentos flexibles.

Hoy en día en el centro occidente de Cundinamarca se están implementando varias mezclas asfálticas las cuales serán el estudio de esta investigación:

12.1. Mezcla asfáltica en Caliente

Este tipo de mezcla es el más generalizado y común en los trabajos de proyectos viales, la cual se define como la combinación de un ligante hidrocarbonado que, mezclado con unos agregados, como polvo mineral y algunos aditivos con un grado de homogenización tal que todas las partículas del agregado queden muy bien recubiertas por una película de ligante.

Cuando se habla del proceso de fabricación, lo que indica es que se calienta el ligante y los agregados, pues la aplicación o puesta en obra se debe realizar a una temperatura bastante superior a la del medio ambiente, con el fin de lograr una manejabilidad óptima del material.

A través de los años las mezclas asfálticas en caliente han tenido una evolución notable; comenzando por la época de 1920 donde el método de diseño que se empleaba era el THE HUBBARD-FIELD el cual evalúa los contenidos de vacíos en la mezcla y en el agregado mineral; este método usa una estabilidad como prueba para medir deformaciones.

Para la década de los 30's se implementaron nuevas metodologías de diseño como lo es el Método Marshall, el cual se desarrolló durante la segunda guerra mundial que después fue adaptado para el uso en carreteras. Este método utiliza una estabilidad y porcentaje de vacíos como pruebas fundamentalmente; otro método que surgió por la década de los 30's fue el método HVEEM el cual evalúa una estabilidad pseudotriaxial.

Una de las metodologías más recientes es el método SUPERPAVE, que se basó en el método AAMAS y fue creado en 1987, proponiendo un nuevo método de compactación en laboratorio y evaluación de las propiedades volumétricas, desarrollo de pruebas para identificar las deformaciones permanentes, grietas de fatiga y resistencia a las grietas a baja temperatura. El SUPERPAVE contiene un nuevo diseño volumétrico completo de mezcla con funcionamiento basado en predicciones a través de modelos y métodos de ensayo en laboratorio, grietas por fatiga y grietas por baja temperatura. Este modelo es utilizado actualmente en varios estados de Estados Unidos.^{19 20 21}

Ilustración 9: Mezcla asfáltica en caliente



Fuente propia



Fuente propia

12.2. Mezcla asfáltica en frío

Son mezclas fabricadas con emulsiones asfálticas, y su principal campo de aplicación es en la construcción y en la conservación de carreteras secundarias. Una observación que generalmente se ve en este tipo de mezclas es que tiende a envejecer más rápido que las calientes por lo que generalmente se recomienda hacer un sellado por medio de lechadas asfálticas.

Este tipo de mezcla asfáltica se caracteriza por su trabajabilidad, la cual se debe a que el ligante permanece un largo periodo con una viscosidad baja debido a que se emplean emulsiones con asfalto fluidificado.

¹⁹ GARCIA, Ángel. GUTIERRES, Felipe. Análisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del método mecanicista empírico, con el método AASHTO 93, 2014

²⁰ HIGUERA, Carlos. PATARROYO, Milena. VARGAS, Yeison. Factibilidad de mezclas asfálticas de alto módulo con agregados del área de influencia de Tunja. 2013, Revista Facultad de Ingeniería, UPTC.

²¹ VILLAVICENCIO, Cristian. Impacto de la aplicación de nuevas tecnologías de sellado con capa de protección asfáltica, en los plazos, costos y calidad de construcción de caminos secundarios en Chile. 2015.

Estos tipos de mezclas se pueden almacenar por un prolongado periodo de tiempo, sin embargo, cuando la mezcla asfáltica en frío ya es extendida el endurecimiento es relativamente rápido debido a la evaporación del fluidificante.^{22 23 24}

Ilustración 10: Mezcla asfáltica en frío



Fuente propia

Fuente propia

12.3. Micro aglomerados

Son mezclas con un tamaño máximo de agregado pétreo inferior a 10 mm, lo que permite aplicarlas en capas de pequeño espesor. Existen micro aglomerados en frío como en caliente; micro-aglomerados fríos se les suele llamar a las lechadas asfálticas más gruesas, mientras que se les llama calientes a las de pequeño espesor que son inferiores a 3 cm.

Generalmente se aplican en zonas urbanas pues evitan problemas con alturas libres y con la altura de los bordillos debido a que se logran aplicar en capas de pequeño espesor. Cabe aclarar que existen micro aglomerados con texturas rugosas las cuales exigen una gran calidad en cuanto al agregado pétreo y asfaltos modificados, los cuales son diseñados para vías de alta velocidad de circulación.²⁵

^{26 27}

²² GARCIA, Ángel. GUTIERRES, Felipe. Análisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del método mecanicista empírico, con el método AASHTO 93, 2014

²³ HIGUERA, Carlos. PATARROYO, Milena. VARGAS, Yeison. Factibilidad de mezclas asfálticas de alto módulo con agregados del área de influencia de Tunja. 2013, Revista Facultad de Ingeniería, UPTC.

²⁴ VILLAVICENCIO, Cristian. Impacto de la aplicación de nuevas tecnologías de sellado con capa de protección asfáltica, en los plazos, costos y calidad de construcción de caminos secundarios en Chile. 2015.

²⁵ GARCIA, Ángel. GUTIERRES, Felipe. Análisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del método mecanicista empírico, con el método AASHTO 93, 2014

²⁶ HIGUERA, Carlos. PATARROYO, Milena. VARGAS, Yeison. Factibilidad de mezclas asfálticas de alto módulo con agregados del área de influencia de Tunja. 2013, Revista Facultad de Ingeniería, UPTC.

²⁷ VILLAVICENCIO, Cristian. Impacto de la aplicación de nuevas tecnologías de sellado con capa de protección asfáltica, en los plazos, costos y calidad de construcción de caminos secundarios en Chile. 2015.

Ilustración 11: Micro aglomerado o slurry seal



Fuente propia

Fuente propia

12.4. Mezclas de alto módulo

Este tipo de mezcla se elabora en caliente con asfaltos bastante duros, muchas veces modificados con contenidos asfálticos cercanos al 6% de la masa de los agregados pétreos.

Son mezclas con un elevado módulo de elasticidad las cuales oscilan alrededor de los 13.000 Mpa a una temperatura de 20°C y una resistencia a la fatiga relativamente alta, Estas mezclas generalmente son empleadas en espesores de 8 y 15cm y se implementan para rehabilitaciones como para la construcción de nuevas vías con tráfico pesado de intensidad alta o media.

La principal ventaja de este tipo de mezcla es la ausencia de agrietamiento debido a la retracción o como las mezclas convencionales en gran espesor la ventaja es una mayor capacidad de absorción de tensiones y en general una mayor resistencia a la fatiga, lo que permite hacer un ahorro en cuanto al espesor del pavimento flexible.

12.5. Mezclas porosas o drenantes

Son utilizadas para capas de rodadura de circulación vehicular rápida, y son básicamente fabricadas con asfaltos modificados en proporciones que varían entre el 4.5% y el 5% de la masa de agregados pétreos, con asfaltos normales. Son generalmente implementados para vías urbanas, vías secundarias o en capas de base bajo los pavimentos rígidos o en concreto.

Se trabajan en caliente para tráficos con una intensidad alta de ejes equivalentes, adicionalmente son generalmente aplicadas en capas de 4 cm; la ventaja de este

tipo de mezcla asfáltica es su facilidad de evacuación del agua que cae sobre esta por infiltración.^{28 29 30}

Ilustración 12: Mezcla porosa o drenante



Fuente propia



Fuente propia

13. PROPIEDADES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE MEZCLAS UTILIZADAS EN EL CENTRO OCCIDENTE DE CUNDINAMARCA

Para identificar las propiedades de los diferentes tipos de mezclas con los que cuenta el corredor vial hoy, se toman puntos estratégicos a lo largo de los trayectos del centro occidente de Cundinamarca para realizar el respectivo análisis de esto según los ensayos tomados para su análisis.

La concesión que maneja estos corredores por ser de primera generación se guía en las especificaciones INVIAS 2007 las cuales se rigen bajo los siguientes estándares tal y como se identifican en la tabla 9 y 10.

²⁸ GARCIA, Ángel. GUTIERRES, Felipe. Análisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del método mecanicista empírico, con el método AASHTO 93, 2014

²⁹ HIGUERA, Carlos. PATARROYO, Milena. VARGAS, Yeison. Factibilidad de mezclas asfálticas de alto módulo con agregados del área de influencia de Tunja. 2013, Revista Facultad de Ingeniería, UPTC.

³⁰ VILLAVICENCIO, Cristian. Impacto de la aplicación de nuevas tecnologías de sellado con capa de protección asfáltica, en los plazos, costos y calidad de construcción de caminos secundarios en Chile. 2015.

Tabla 9: Granulometría INVIAS INV E-213

GRANULOMETRIA					
NORMA	TAMIZ	MDC-2 MDC-19	MDC-3 MDC-10	MSC-2 MSC-19	MAM MAM-25
INV E-213	1 1/2"	-	-	-	-
	1"	-	-	-	100
	3/4"	100	-	100	80 - 95
	1/2"	80 – 95	-	80 – 95	65 - 80
	3/8"	70 – 88	100	65 – 80	55 - 70
	No. 4	49 – 65	65 - 87	40 – 55	40 - 55
	No. 10	29 – 45	43 - 61	24 – 38	24 - 38
	No. 40	14 – 25	16 - 29	9 – 20	10 - 20
	No. 80	8 – 17	9 - 19	6 – 12	8 - 14
	No. 200	4 – 8	5 - 10	3 – 7	6 - 9

Fuente: Instituto Nacional de Vías. Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras

Tabla 10: Ensayos INVIAS INV E-213

			NT1	NT2	NT3	ALTO MÓDULO
Granulometría		INV E-213	Deberá estar comprendida dentro de alguna de las franjas fijadas en la tabla 4			
Compactación (golpes / cara).		INV E-748	50	75	75	75
Estabilidad.		INV E-748	≥500 kg	≥750 kg	≥900 kg	≥1500 kg
Flujo.		INV E-748	2 - 4 mm	2 - 4 mm	2 - 3.5 mm	2 - 3 mm
Vacíos con aire.		INV E-736, 799	3 - 5 (%)	3 - 5 (%)	4 - 6 (%)	-
Vacíos en los agregados minerales.	T. max. 1"	INV E-799	14%			
	T. max. 3/4"		15%			-
Vacíos llenos de asfalto.		INV E-799	65 - 80 (%)	65 - 78 (%)	65 - 75 (%)	63 - 75 (%)
Rel. Llenante/ligante. En peso		INV E-799	0.8 - 1.2			1.2 - 1.4
Concentración de llenante.		INV E-745	VALOR CRÍTICO			
Rel. Estabilidad / flujo (kg/mm).		INV E-748	200 - 400	300 - 500	300 - 600	-
Evaluación de propiedades de		N.A.	REPORTAR			

		NT1	NT2	NT3	ALTO MÓDULO
empaquetamiento por el método Bailey					
Espesor promedio de la película de asfalto	INV E-741	7.5µm			

Fuente: propio

13.1. ALPES - VILLETA

A lo largo de este corredor vial se han instalado diferentes tipos de mezclas asfálticas que en su momento fueron consideradas como la mejor solución para el tráfico que se genera por ahí.

13.1.1. Sector Claret – Albán

En el tramo del corredor de Cundinamarca entre los Alpes – Villeta a la altura del sector denominado El Claret, actualmente se tiene instalado una mezcla multicapa de asfalto estructural para garantizar la vida útil de este, que está catalogada a 10 años según diseños presentados en su momento.

La estructura multicapa que se encuentra instalada en este tramo consta de una capa de Mezcla MDC-2 con espesores que varían entre los 7 a 25 cm.

Para verificar las propiedades de los materiales que se encuentran instalados actualmente en este tramo se realizaron ensayos para identificar granulometría (tabla 11), y porcentaje de asfalto (tabla 12) a través de extracciones como panelas y núcleos extraídos.

Tabla 11: Granulometría mezcla MDC-2 Claret

TAMIZ	PORCENTAJE PASA %			
	09-mar	18-mar	17-mar	16-mar
3/4"	100	100	100	100
1/2"	91,82	92,83	90,8	91,59
3/8"	80,15	82,47	82,31	82,03
No. 4	58,3	56,35	58,11	58,23
No. 10	36,62	33,68	35,39	35,92
No. 40	20,91	19,81	18,43	19,52
No. 80	12	12,68	11,86	11,97
No. 200	6,19	5,89	5,78	5,82

Fuente: Propia

Tabla 12: Propiedades mezcla MDC-2 Claret

ENSAYOS	FECHA			
	09-mar	18-mar	17-mar	16-mar
Granulometría	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Densidad Bulk	2122,2	2117,4	2115,1	2115,6
Vacíos con aire de probetas compactadas	4,75	4,88	4,98	5
Estabilidad (kg)	1.251,7	1.277	1.238	1.216
Flujo (mm)	2,98	3,05	3,11	3,11
Rel. estabilidad/flujo (kg/mm)	420,03	418,72	398,04	390,84
Vacíos en los agregados minerales	17,7	17,87	17,88	17,9
Vacíos llenos de asfalto	73,2	72,7	72,1	72,1
% de asfalto	6,42	6,4	6,31	6,36

Fuente: Propia

13.1.2. Sector Chuguacal

En el tramo del corredor de Cundinamarca entre los Alpes – Villeta a la altura de la intersección denominada Chuguacal, la cual da vía hacia Villeta y Cambao, actualmente se tiene instalado una bicapa de asfalto estructural para garantizar la vida útil de este, que está catalogada a 5 años según diseños presentados en su momento.

La estructura bicapa que se encuentra instalada en este tramo consta de una capa de Mezcla MSC-19 con espesores que varían entre los 7 a 9 cm.

Para verificar las propiedades de los materiales que se encuentran instalados actualmente en este tramo se realizaron ensayos para identificar granulometría (tabla 13), densidad Bulk, vacíos con aire de probetas compactadas, estabilidad, flujo, relación de estabilidad vs flujo, compactación, vacíos en los agregados minerales, vacíos llenos de asfalto, relación llenante/ligante, % de asfalto y espesor promedio de la película de asfalto; ensayos que se compararon con las especificaciones INVIAS 2007 para verificar su cumplimiento a las normas, como se muestra en la tabla 14.

Tabla 13: Granulometría mezcla MSC-19 Chuguacal

TAMIZ	PORCENTAJE PASA %			
	5-Jul	5-Jul	11-Jul	8-Jul
3/4"	100	100	100	100
1/2"	86.3	85.2	84.7	83.8
3/8"	70.7	68.1	69.7	69.4
No. 4	51.2	46.6	49.9	49.8
No. 10	35	32.5	35.3	35.7
No. 40	13.2	15.1	16.1	15.8
No. 80	7.4	7.8	7.7	7
No. 200	4.7	3.9	4.7	4.3

Fuente: Propia

Tabla 14: Propiedades mezcla MSC-19 Chuguacal

ENSAYOS	FECHA			
	5-Jul	5-Jul	11-Jul	11-Jul
Granulometría	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Densidad Bulk	2340	2336	2337	2315
Vacíos con aire de probetas compactadas	5	5.2	4.6	5
Estabilidad (kg)	1370	1396	1558	1521
Flujo (mm)	2.9	2.9	3	3
Rel. estabilidad/flujo (kg/mm)	472.41	481.38	519.33	507.00
Compactación (golpes/caras)	75	75	75	75
Vacíos en los agregados minerales	16.3	16.3	16.5	17.2
Vacíos llenos de asfalto	69.1	68.1	72.2	71.1
Rel. llenante/ligante en peso	0.99	0.83	0.91	0.8
% de asfalto	5.6	5.5	5.6	5.6
Espesor promedio de la película de asfalto	10.2	10.4	10.4	11.1

Fuente: Propia

13.1.3. Sector Sasaima

En el tramo del corredor de Cundinamarca entre los Alpes – Villeta a la altura del municipio de Sasaima, actualmente se tiene instalado una bicapa de asfalto estructural para garantizar la vida útil de este, que está catalogada a 5 años según diseños presentados en su momento.

La estructura bicapa que se encuentra instalada en este tramo consta de una capa de Mezcla MSC-19 con espesores que varían entre los 7 a 9 cm y una capa de Mezcla drenante de 3 cm para garantizar el flujo de agua hacia las cunetas respectivas y prevenir cualquier película de agua que genere accidentes al momento del paso vehicular.

Para verificar las propiedades de los materiales que se encuentran instalados actualmente en este tramo se realizaron ensayos para identificar granulometría (tabla 15 y 16), densidad Bulk, vacíos con aire de probetas compactadas, estabilidad, flujo, relación de estabilidad vs flujo, compactación, vacíos en los agregados minerales, vacíos llenos de asfalto, relación llenante/ligante, % de asfalto y espesor promedio de la película de asfalto; ensayos que se compararon con las especificaciones INVIAS 2013 para verificar su cumplimiento a las normas, tal como se muestra en la tabla 17 y 18.

Tabla 15: Granulometría mezcla MSC-19 Sasaima

TAMIZ	PORCENTAJE PASA %			
	12-oct	12-oct	13-oct	13-oct
3/4"	100	100	100	100
1/2"	82,1	81,6	81,5	83,1
3/8"	70,2	72,6	70	70,3
No. 4	52,1	54,3	51,9	51,6
No. 10	34,8	36,3	35	35,3
No. 40	16,7	17,3	17,7	15,4
No. 80	9,6	10,4	10	8,4
No. 200	6,6	6,4	5,7	5,5

Fuente: Propia

Tabla 16: Granulometría mezcla micro-aglomerada Sasaima

TAMIZ	PORCENTAJE PASA %			
	14-dic	14-dic	16-dic	16-dic
3/4"	100	100	100	100
1/2"	100	100	100	100
3/8"	77,3	77	76,8	77,4

TAMIZ	PORCENTAJE PASA %			
	14-dic	14-dic	16-dic	16-dic
No. 4	31,5	30,4	32	33,1
No. 10	24,8	22,6	24,2	24,8
No. 40	11	11,2	12,2	13,4
No. 80	7	8	7,8	8
No. 200				

Fuente: Propia

Tabla 17: Propiedades mezcla MSC-19 Sasaima

ENSAYOS	FECHA			
	12-oct	12-oct	13-oct	13-oct
Granulometría	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Densidad Bulk	2214	2233	2324	2236
Vacíos con aire de probetas compactadas	5,7	4,9	5	4,8
Estabilidad (kg)	1820	2500,5	1668	1543
Flujo (mm)	3,9	4,4	3	3
Rel. estabilidad/flujo (kg/mm)	466,67	568,30	556,00	514,33
Compactación (golpes/caras)	75	75	75	75
Vacíos en los agregados minerales	20,2	19,6	16,4	19,3
Vacíos llenos de asfalto	71,8	75	69,5	70
Rel. llenante/ligante en peso	0,9	1	0,8	0,8
% de asfalto	4,8	4,9	5	4,7
Espesor promedio de la película de asfalto	12,5	12	13,2	13,3

Fuente: Propia

Tabla 18: Propiedades mezcla micro-aglomerada Sasaima

ENSAYOS	FECHA			
	14-dic	14-dic	16-dic	16-dic
Granulometría	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Densidad Bulk	2262	2252	2254	2282
Vacíos con aire de probetas compactadas	6,4	6,8	6,8	5,7
Estabilidad (kg)	1401	1870	1468	1445
Flujo (mm)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.

ENSAYOS	FECHA			
	14-dic	14-dic	16-dic	16-dic
Rel. estabilidad/flujo (kg/mm)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Compactación (golpes/caras)	50	50	50	50
Vacíos en los agregados minerales	18,8	19,2	19,3	18,3
Vacíos llenos de asfalto	65,9	64,6	64,7	68,8
Rel. llenante/ligante en peso	1,4	1,4	1,4	1,4
% de asfalto	5,8	5,9	6	6
Espesor promedio de la película de asfalto	12,1	12,1	12	11,5

Fuente: Propia

13.1.4. Sector Villeta:

En el tramo del corredor de Cundinamarca entre los Alpes – Villeta a la altura del municipio de Villeta, actualmente se tiene instalado una bicapa de asfalto estructural para garantizar la vida útil de este, que está catalogada a 5 años según diseños presentados en su momento.

La estructura bicapa que se encuentra instalada en este tramo consta de una capa de Mezcla MSC-19 con espesores que varían entre los 7 a 9 cm y una capa de Mezcla drenante o micro aglomerada de 3 cm para garantizar el flujo de agua hacia las cunetas respectivas y prevenir cualquier película de agua que genere accidentes al momento del paso vehicular.

Para verificar las propiedades de los materiales que se encuentran instalados actualmente en este tramo se realizaron ensayos para identificar granulometría (tabla 19 y 20), densidad Bulk, vacíos con aire de probetas compactadas, estabilidad, flujo, relación de estabilidad vs flujo, compactación, vacíos en los agregados minerales, vacíos llenos de asfalto, relación llenante/ligante, % de asfalto y espesor promedio de la película de asfalto; ensayos que se compararon con las especificaciones INVIAS 2007 para verificar su cumplimiento a las normas, como se muestra en la tabla 21 y 22.

Tabla 19: Granulometría mezcla MSC-19 Villeta

TAMIZ	PORCENTAJE PASA %			
	18-Jan	18-Jan	19-Jan	19-Jan
3/4"	100	100	100	100
1/2"	87.4	84.3	85	84.5
3/8"	73	70.5	72	70.2
No. 4	50.1	52.6	51.1	52.2
No. 10	35.4	38.5	36.2	36
No. 40	15.5	16.8	16.4	16.2
No. 80	8.8	9.6	9.1	9.3
No. 200	5.6	5.1	5.5	5.5

Fuente: Propia

Tabla 20: Granulometría mezcla micro-aglomerada Villeta

TAMIZ	PORCENTAJE PASA %			
	13-Jan	13-Jan	12-Jan	12-Jan
3/4"	100	100	100	100
1/2"	100	100	100	100
3/8"	76	75.4	77.8	77
No. 4	32.3	32.6	31.9	32.2
No. 10	24.8	25.2	24.8	25.3
No. 40	11.5	11.8	11	12.6
No. 80	8	7.8	8.3	8
No. 200				

Fuente: Propia

Tabla 21: Propiedades mezcla MSC-19 Villeta

ENSAYOS	FECHA			
	13-Jan	13-Jan	12-Jan	12-Jan
Granulometría	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Densidad Bulk	2248	2262	2238	2247
Vacíos con aire de probetas compactadas	7.2	6.6	7.1	6.7
Estabilidad (kg)	1400	1336	1370	1427
Flujo (mm)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Rel. estabilidad/flujo (kg/mm)	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Compactación (golpes/caras)	50	50	50	50

ENSAYOS	FECHA			
	13-Jan	13-Jan	12-Jan	12-Jan
Vacíos en los agregados minerales	19.4	18.8	19.7	19.5
Vacíos llenos de asfalto	62.8	65	64	65.6
Rel. llenante/ligante en peso	1.5	1.4	1.4	1.4
% de asfalto	5.9	5.8	5.9	6
Espesor promedio de la película de asfalto	11.7	11.8	12	12.1

Fuente: Propia

Tabla 22: Propiedades mezcla micro-aglomerada Villeta

ENSAYOS	FECHA			
	18-Jan	18-Jan	19-Jan	19-Jan
Granulometría	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Densidad Bulk	2360	2357	2355	2363
Vacíos con aire de probetas compactadas	4.1	4.2	4.5	4.2
Estabilidad (kg)	1620	1535	1591	1592
Flujo (mm)	3	3.1	3.2	3.2
Rel. estabilidad/flujo (kg/mm)	540.00	495.16	497.19	497.50
Compactación (golpes/caras)	75	75	75	75
Vacíos en los agregados minerales	15.1	15.1	15.2	15.1
Vacíos llenos de asfalto	72.8	72.3	70.5	72.1
Rel. llenante/ligante en peso	1.2	1.1	1.2	1.2
% de asfalto	5	4.9	4.9	5.1
Espesor promedio de la película de asfalto	9.7	9.6	9.4	9.4

Fuente: Propia

13.2. CHUGUACAL - CAMBAO

En este corredor vial a diferencia del mencionado anteriormente (Alpes – Villeta) se ha instalado una capa de mezcla asfáltica convencional MDC-2, capa que varía entre 7 a 15 cm de espesor en los diferentes puntos de estudio que se identifican a continuación.

13.2.1. Sector Vianí

En el tramo del corredor de Cundinamarca entre Chuguacal - Cambao a la altura del municipio de Vianí, actualmente se tiene instalado una capa de asfalto estructural para garantizar la vida útil de este, que está catalogada a 5 años según diseños presentados en su momento.

La capa de mezcla asfáltica que se encuentra instalada en este tramo es una capa convencional MDC-2 con espesores que varían entre los 7 a 10cm.

Para verificar las propiedades de los materiales que se encuentran instalados actualmente en este tramo se realizaron ensayos para identificar granulometría (tabla 23), densidad Bulk, vacíos con aire de probetas compactadas, estabilidad, flujo, relación de estabilidad vs flujo, compactación, vacíos en los agregados minerales, vacíos llenos de asfalto, relación llenante/ligante, % de asfalto y espesor promedio de la película de asfalto; ensayos que se compararon con las especificaciones INVIAS 2007 para verificar su cumplimiento a las normas, como se determina en la tabla 24.

Tabla 23: Granulometría mezcla MDC-2 Vianí

TAMIZ	PORCENTAJE PASA %		
	30-oct	30-oct	11-nov
3/4"	100	100	100
1/2"	88	89	88
3/8"	81	83	82
No. 4	56	57	56
No. 10	37	37	36
No. 40	18	18	18
No. 80	11	11	12
No. 200	6,2	6,3	6,2

Fuente: Propia

Tabla 24: Propiedades mezcla MDC-2 Vianí

ENSAYOS	FECHA		
	30-oct	30-oct	11-nov
Granulometría	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Densidad Bulk	2197	2199	2201
Vacíos con aire de probetas compactadas	4,4	4,3	4,1
Estabilidad (kg)	1703	1718	1733
Flujo (mm)	3,29	3,11	3,14

ENSAYOS	FECHA		
	30-oct	30-oct	11-nov
Rel. estabilidad/flujo (kg/mm)	517,63	552,41	551,91
Vacíos en los agregados minerales	15	15	15
Vacíos llenos de asfalto	72	72	73
Rel. llenante/ligante en peso	1,15	1,17	1,16
% de asfalto	6,3	6,3	6,2

Fuente: Propia

13.2.2. Sector San Juan De Rioseco

En el tramo del corredor de Cundinamarca entre Chuguacal - Cambao a la altura del municipio de San Juan De Rioseco, actualmente se tiene instalado una capa de asfalto estructural para garantizar la vida útil de este, que está catalogada a 5 años según diseños presentados en su momento.

La capa de mezcla asfáltica que se encuentra instalada en este tramo es una capa convencional MDC-2 con espesores que varían entre los 10 a 15cm.

Para verificar las propiedades de los materiales que se encuentran instalados actualmente en este tramo se realizaron ensayos para identificar granulometría (tabla 25), densidad Bulk, vacíos con aire de probetas compactadas, estabilidad, flujo, relación de estabilidad versus flujo, compactación, vacíos en los agregados minerales, vacíos llenos de asfalto, relación llenante/ligante, % de asfalto y espesor promedio de la película de asfalto; estos ensayos que se compararon con las especificaciones INVIAS 2007 para verificar su cumplimiento a las normas, tal y como se determina en la tabla 26.

Tabla 25: Granulometría mezcla MDC-2 San Juan De Rioseco

TAMIZ	PORCENTAJE PASA %			
	30-Jan	30-Jan	31-Jan	31-Jan
3/4"	100	100	100	100
1/2"	86.4	81.9	85.1	84.8
3/8"	72.1	71.1	71.3	70.2
No. 4	56.4	54.4	56.7	56.4

TAMIZ	PORCENTAJE PASA %			
	30-Jan	30-Jan	31-Jan	31-Jan
No. 10	39.4	37.8	38.9	38.9
No. 40	17.3	16.7	16.6	16.6
No. 80	10.5	11.7	8.4	8.3
No. 200	4.3	4	4.6	4.6

Fuente: Propia

Tabla 26: Propiedades mezcla MDC-2 San Juan De Rioseco

ENSAYOS	FECHA			
	30-Ene	30-Ene	31-Ene	31-Ene
Granulometría	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Densidad Bulk	2356	2357	2344	2347
Vacíos con aire de probetas compactadas	4.3	4.2	5	4.9
Estabilidad (kg)	1745	1763	1724	1708
Flujo (mm)	3.2	3.2	3.2	3.1
Rel. estabilidad/flujo (kg/mm)	545.31	550.94	538.75	550.97
Compactación (golpes/caras)	75	75	75	75
Vacíos en los agregados minerales	15.3	15.2	15.5	15.4
Vacíos llenos de asfalto	67.4	67.8	67.8	68.2
Rel. llenante/ligante en peso	0.9	0.8	1	1
% de asfalto	5	5	4.8	4.8
Espesor promedio de la película de asfalto	12.5	9.8	9.7	9.8

Fuente: Propia

14. DEFINICION DEL PARÁMETRO PARA EL CÁLCULO DEL VOLUMEN VEHICULAR

Para la definición de este parámetro se determina el volumen de tráfico con datos tomados directamente de los peajes de Jalisco, del corredor Alpes - Villeta y Guayabal del corredor Chuguacal – Cambao.

Con los datos adquiridos en un rango de 7 años, es decir desde el año 2011 hasta el año 2017, se procede a ejecutar una proyección en cuanto los tipos de vehículos que transitan sobre estos corredores, tal y como se mostró en la Tabla 3 y Tabla 4, en las cuales se diferencia cada una de las categorías de los vehículos según especifica la norma; esta proyección tendrá como referencia generar una visión al futuro de aproximadamente 3 años, lo cual es lo que la concesión a cargo de estos tramos tiene planteada en sus mantenimientos periódicos.

La clasificación Vehicular que maneja la concesión para los corredores en mención es de la siguiente manera:

Tabla 27: Categorización Vehicular de los corredores en mención

CATEGORIA	VEHICULOS
I	AUTOMOVILES CAMPEROS Y CAMIONETAS
II	BUSES Y BUSETAS
III	CAMIONES DE DOS EJES PEQUEÑOS
IV	CAMIONES DE DOS EJES GRANDES
V	CAMIONES TRES Y CUATRO EJES
VI	CAMIONES CINCO EJES
VII	CAMIONES SEIS EJES O MAS

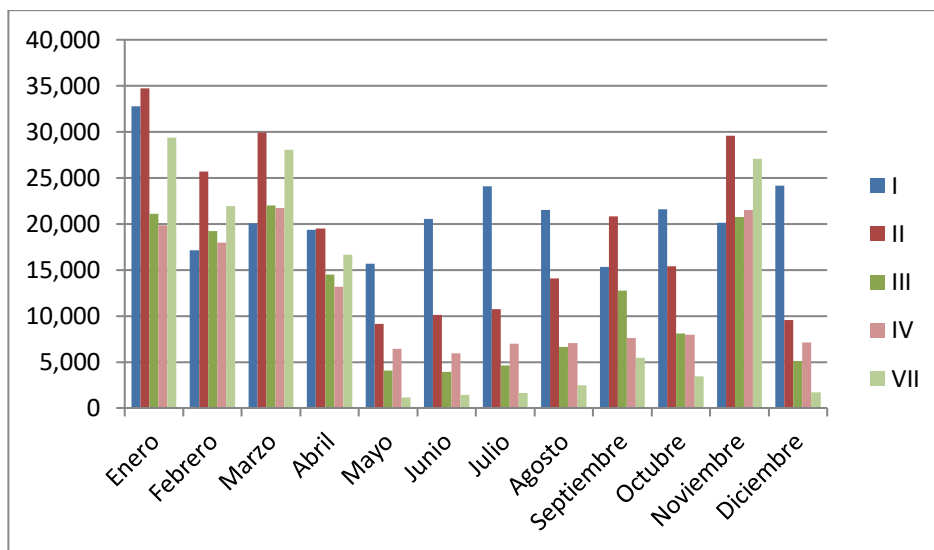
Fuente: Concesionaria Panamericana

14.1. Comportamiento del tráfico vehicular

Para la verificación del comportamiento vehicular a través de los años se realizará la trazabilidad que manejan los corredores, y se identificara mensualmente cuál es su pico más alto; es decir cuando se genera mayor volumen de vehículos para realizar una correlación con el respectivo sistema de gestión vial e identificar si esto asociado con los gradientes de temperatura que se generan en la zona son los encargados de generar las patologías que se presentan a lo largo del corredor.

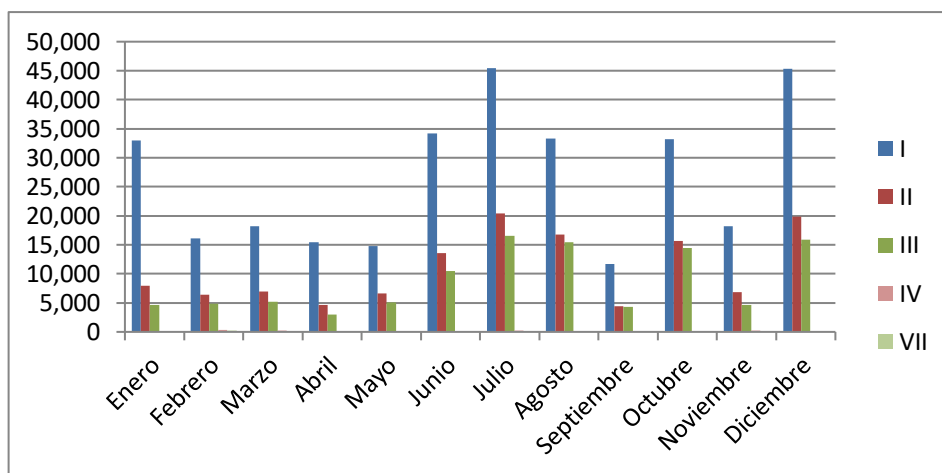
14.1.1. Año 2011

Ilustración 13: Trazabilidad Jalisco año 2011



Fuente: Propia

Ilustración 14: Trazabilidad Guayabal año 2011



Fuente: Propia

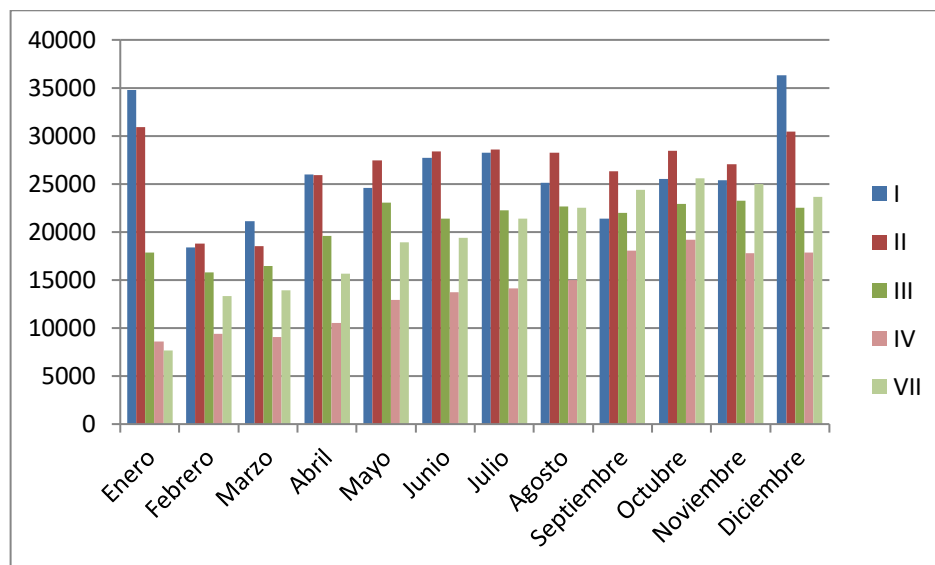
De acuerdo con la trazabilidad en el año 2011, el tráfico presentado en el corredor Alpes – Villeta, se identificó que en la mayoría de los meses el tráfico más acentuado fue el de categoría I, lo que corresponde al paso de vehículos pequeños; sin embargo, se observa un alza en las temporadas altas como enero, marzo y diciembre en el tráfico pesado, lo que hace constatar que se debe tener prioridad para el momento de realizar los diseños estructurales de la vía. De acuerdo con la

ilustración 12 mostrada anteriormente, se deduce que alrededor 30.000 vehículos categoría VII (seis ejes o más) pueden llegar a pasar en el lapso de un mes lo cual debido a la carga puntual que genera sobre el asfalto puede ocasionar daños importantes a este.

Para el tramo correspondiente a Chuguacal – Cambao en el año 2011 se observa que el paso de tráfico de carga pesada es muy bajo, esto se debe a la geometría que presenta la vía y a los riesgos que esta presenta en cuanto a inestabilidad geológica; adicional, por el paso que da de Cambao hacia Armero se encuentra un puente atirantado el cual sólo permite el paso de vehículos pesados con un tonelaje de máximo 40 Ton. Lo anterior restringe un poco más el paso de estos vehículos por este corredor; sin embargo, se debe considerar el diseño de vías para el tráfico de categoría III el cual alcanza a dar paso a aproximadamente 10.000 vehículos por mes.

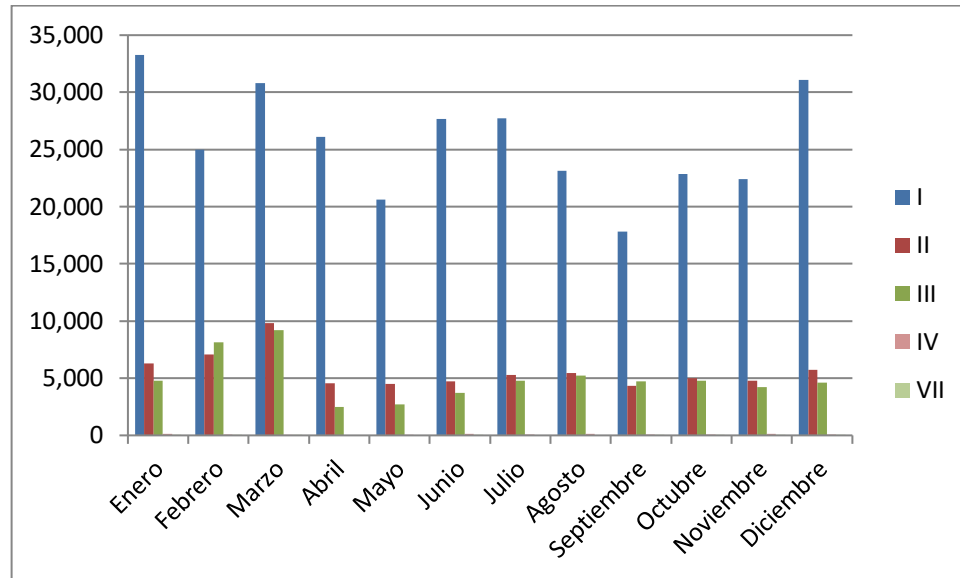
14.1.2. Año 2012

Ilustración 15: Trazabilidad Jalisco año 2012



Fuente: Propia

Ilustración 16: Trazabilidad Guayabal año 2012



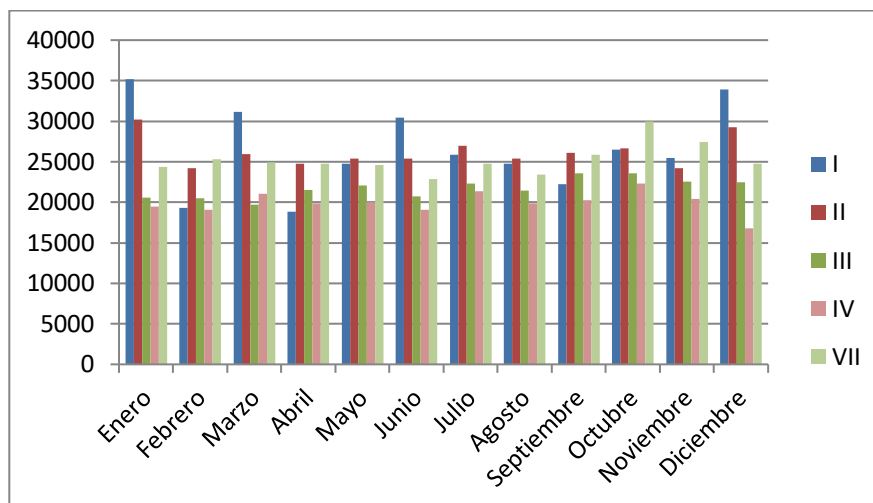
Fuente: Propia

Al observar la trazabilidad que se presentó en el año 2012 en el corredor Alpes–Villeta con respecto al año 2011 tal como lo muestra las ilustraciones 15, no se presenta incremento de paso máximo vehicular pesado por mes vehículos. Al contrario, presenta una leve disminución dando una cuantía de aproximadamente 25.000 vehículos categoría VII, sin embargo, es importante observar que, si incremento el paso de vehículos totales al año con respecto al año anterior, lo cual es muy importante cuando se piense en los diseños para nuevos proyectos.

Con respecto al corredor Cuguacal-Cambao en el año 2012, se presentan unos datos muy parecidos al 2011, es decir poca circulación de tráfico pesado debido a la geometría y geología que presenta la zona, dando como resultado un máximo de trafico de categoría III de aproximadamente 10.000 vehículos por mes, tal y como se determina en la ilustración 16.

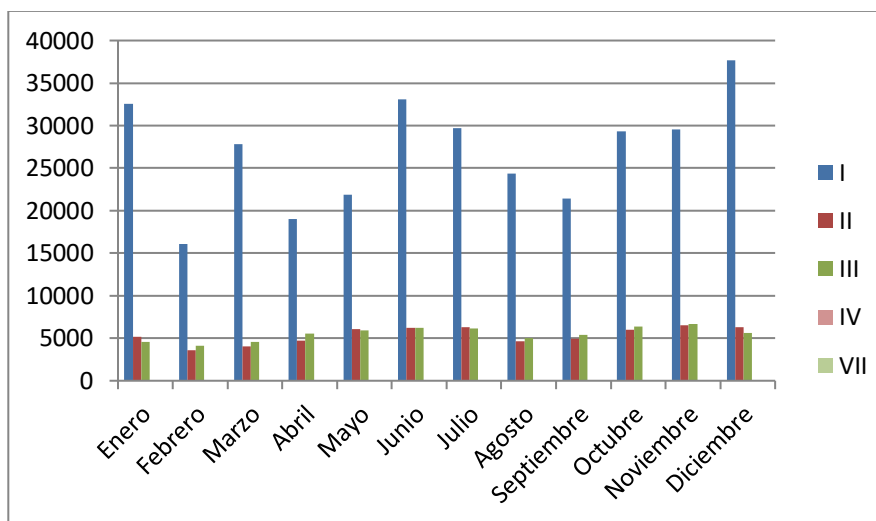
14.1.3. Año 2013

Ilustración 17: Trazabilidad Jalisco año 2013



Fuente: Propia

Ilustración 18: Trazabilidad Guayabal año 2013



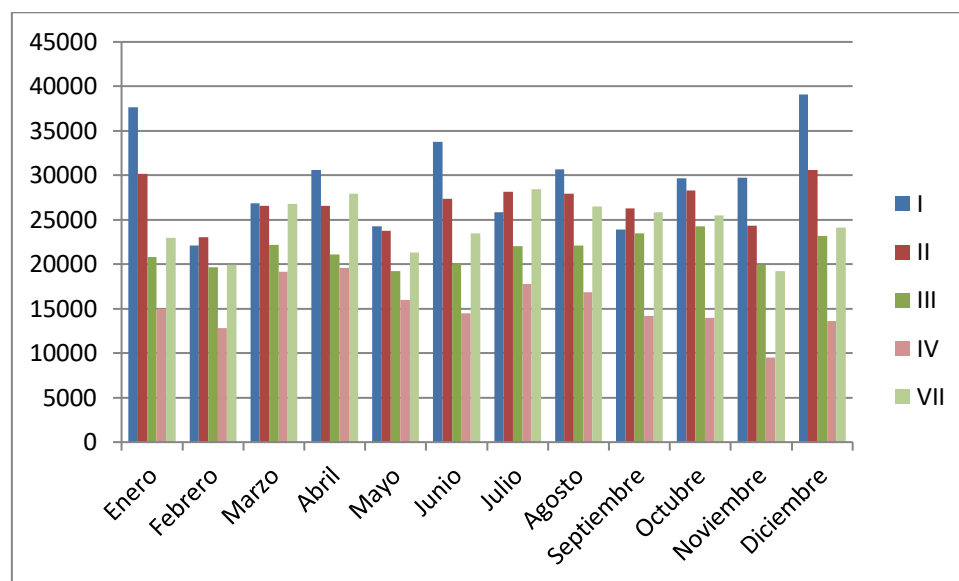
Fuente: Propia

De acuerdo con la información recopilada de los aforos del peaje de Jalisco para el corredor Alpes-Villela, según ilustración 17, se identifica que para un mes el máximo de tráfico pesado categoría VII si oscilando alrededor de los 30.000 vehículos. Sin embargo, sigue presentando una leve alza en cuanto vehículos anuales, pues el paso al mes ya no presenta tanta variación como se venía presentando en años anteriores.

En cuanto al paso de tráfico por el corredor Chuguacal-Cambao, según ilustración 18, presenta que es una vía prácticamente para el uso de vehículos pequeños particulares, pues los vehículos pesados categoría III no sobrepasaron los 5000 por mes presentando una leve disminución con respecto al año 2012.

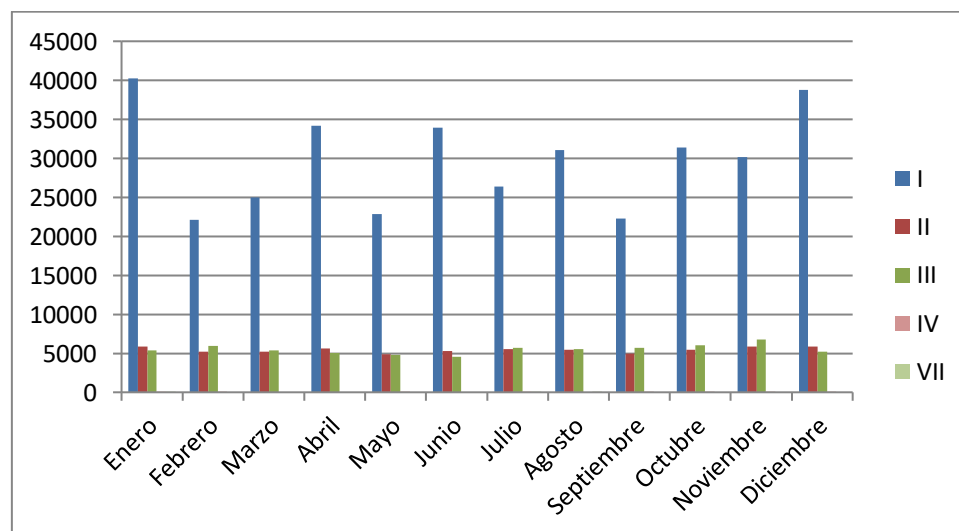
14.1.4. Año 2014

Ilustración 19: Trazabilidad Jalisco año 2014



Fuente: Propia

Ilustración 20: Trazabilidad Guayabal año 2014



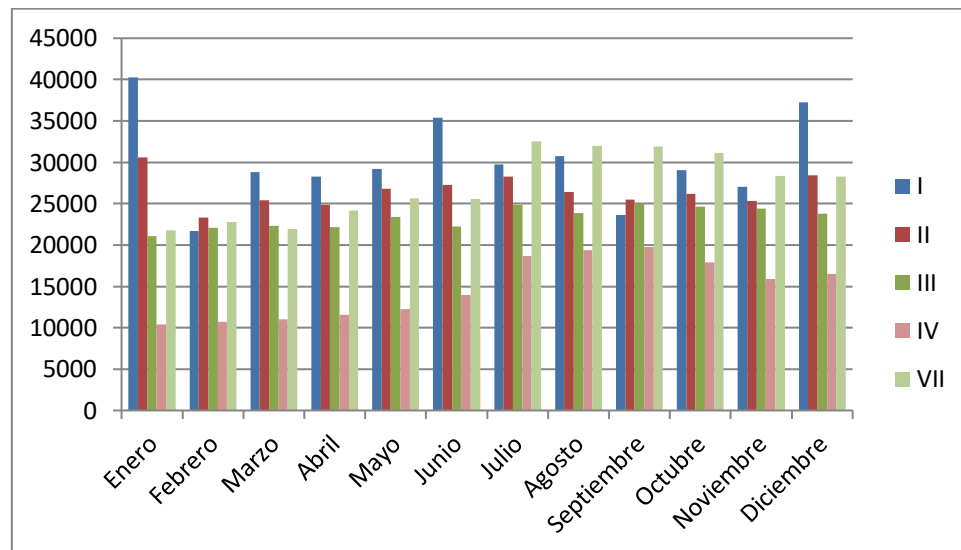
Fuente: Propia

En el año 2014 se presenta una leve disminución del tráfico pesado categoría VII, según se identificó en las ilustraciones 19, sin embargo, no es considerable si se piensa al momento de realizar diseños estructurales en la vía, pues este informa que el tráfico generado fue de aproximadamente 27.000 vehículos en un mes, al momento de evidenciar el paso anual si presenta una disminución un poco considerable con lo que respecta al año anterior.

Para el corredor entre Chuguacal-Cambao sigue presentando el mismo patrón de los años anteriores (ilustración 20), donde predomina el paso vehicular de tráfico pequeño, por lo que la tasa de crecimiento se puede prácticamente considerar en 0%, pues el paso vehicular pesado categoría III sigue oscilando entre 5.000 vehículos al mes presentando esto en lo corrido del año.

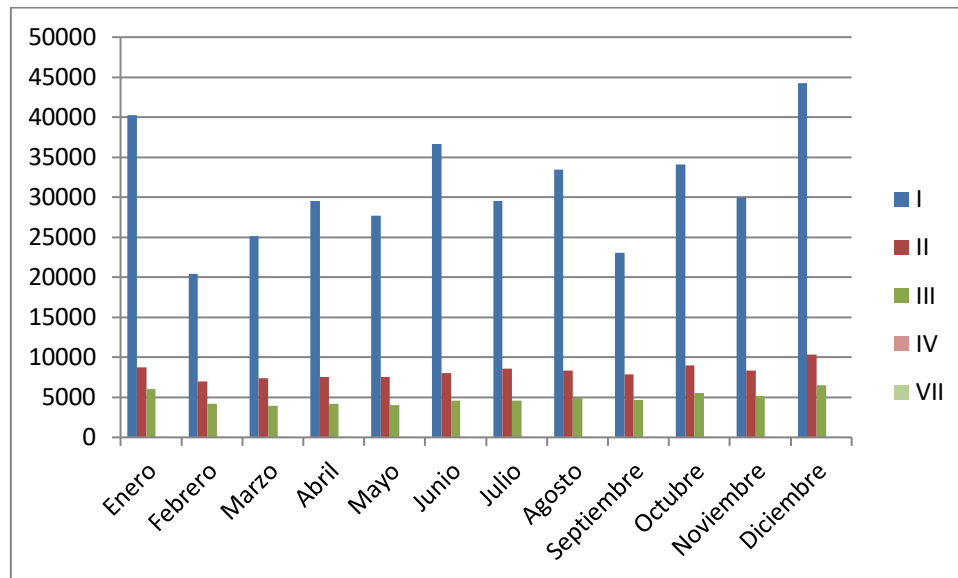
14.1.5. Año 2015

Ilustración 21: Trazabilidad Jalisco año 2015



Fuente: Propia

Ilustración 22: Trazabilidad Guayabal año 2015



Fuente: Propia

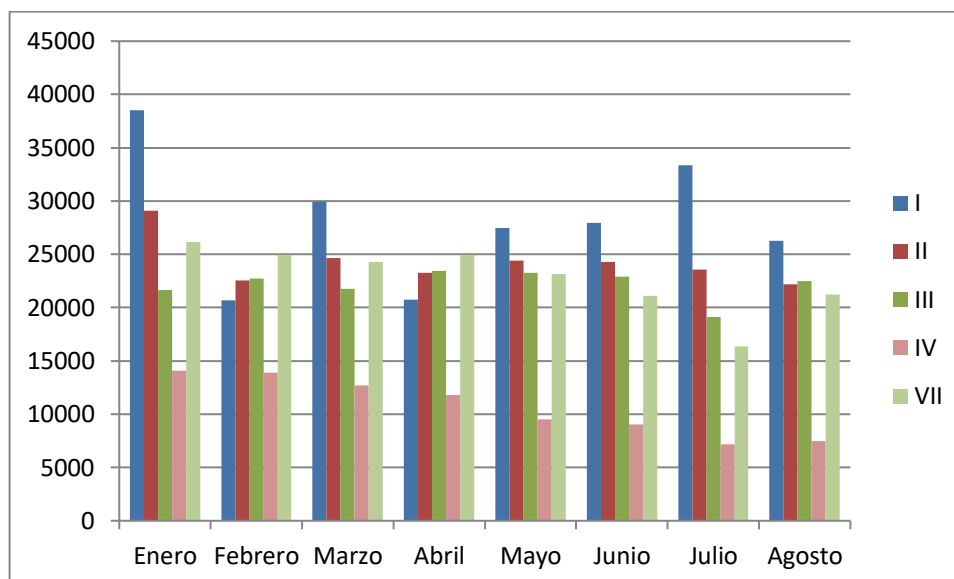
Para el año 2015 en el corredor Alpes-Villeta según ilustraciones 21, se presenta un ligero aumento en el paso vehicular categoría VII en cuanto al mes con mayor transitabilidad, pues este oscila entre los 34.000 vehículos por mes, sin embargo, no es considerable pues anualmente sigue estando en el mismo rango de los años anteriores sin presentar un aumento considerable para diseños estructurales del pavimento.

Con respecto al tráfico que se presenta en el corredor Chuguacal-Cambao en el año 2015, continúa presentando el patrón de años anteriores donde los vehículos de carga pesada categoría III redondean por los 5.000 vehículos al mes presentando una cantidad anual similar a la de años anteriores, donde predomina el paso de vehículos pequeños.

14.1.6. Año 2016

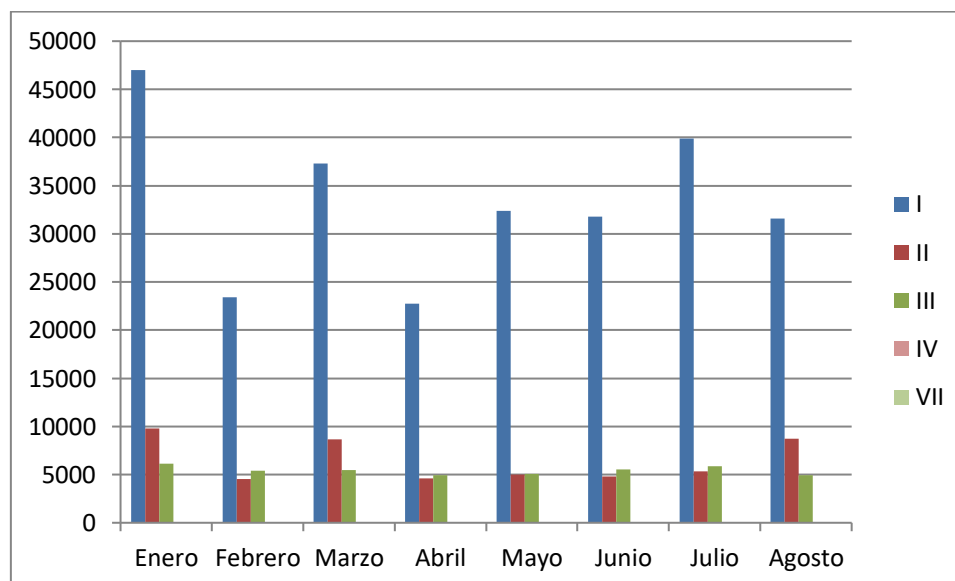
En el año 2016 en el corredor Alpes-Villeta se observa un paso de vehículos en todas sus categorías constante, donde la diferencia entre meses no es muy considerable, sin embargo, si se ve un incremento de vehículos pequeños en temporada alta esto debido a que los usuarios tienden a salir de viaje en estas fechas como se muestra a través de todos los años (tabla 23).

Ilustración 23: Trazabilidad Jalisco año 2016



Fuente: Propia

Ilustración 24: Trazabilidad Jalisco año 2016



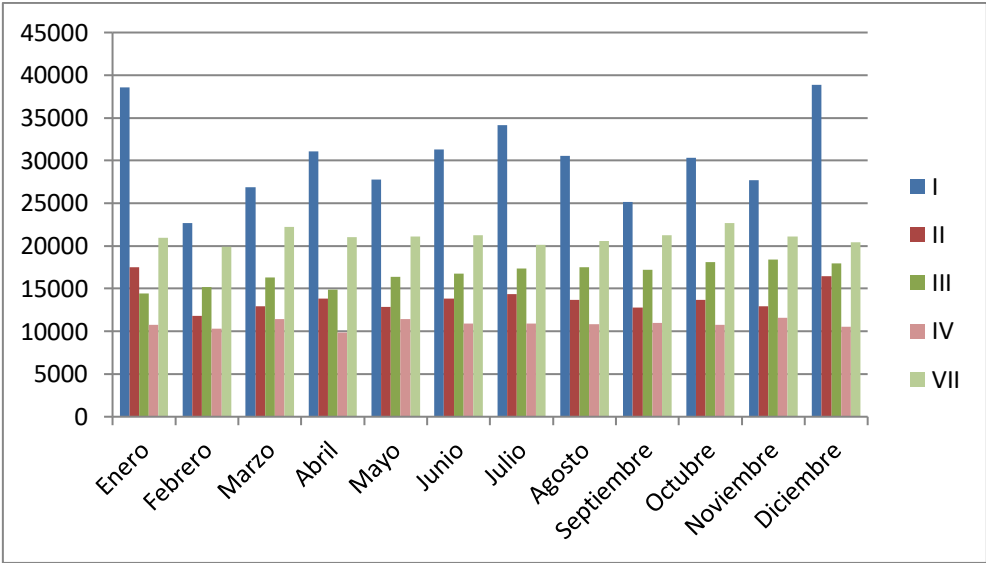
Fuente: Propia

En cuanto al corredor Chuguacal- Cambao continúa presentando la misma tendencia de años anteriores, donde el flujo vehicular pertenece prácticamente al paso de vehículos pequeños categoría I, y al igual de años anteriores el mes crítico tiende a ser enero por la temporada alta en la que los usuarios salen de viaje con sus familias.

Es de aclarar que, debido a algún inconveniente en sistema operativo de la concesión, se presentaron unos errores en la información después del mes de agosto, es por esta razón que solo se cuenta con información hasta el mes (tabla 24).

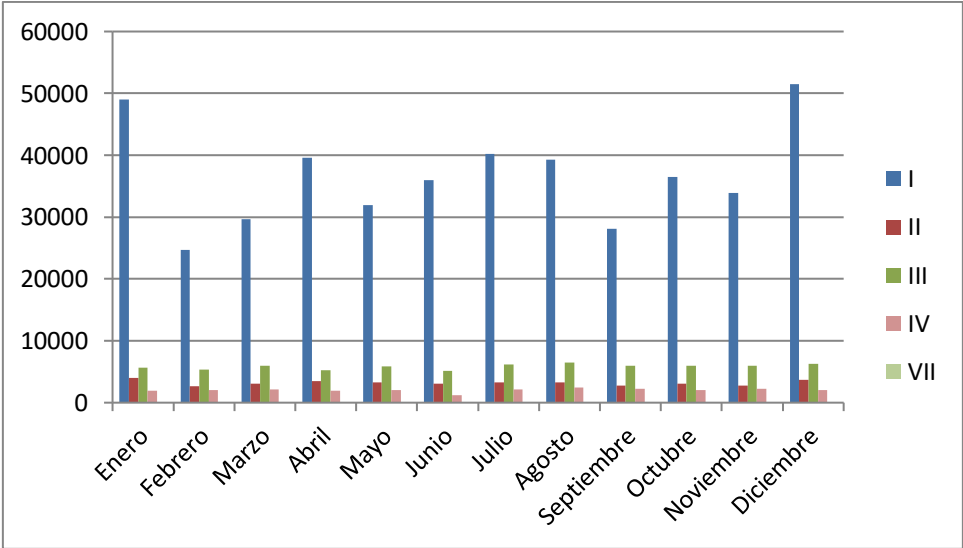
14.1.7. Año 2017

Ilustración 25: Trazabilidad Jalisco año 2017



Fuente: Propia

Ilustración 26: Trazabilidad Guayabal año 2017



Fuente: Propia

Para el año 2017 el tráfico en el corredor Alpes Villeta tuvo una disminución en cuanto al flujo vehicular de categoría II en adelante, donde no se presentó el paso de vehículos de categoría II y VII como se venía presentando anteriormente, ya que con respecto a los años anteriores bajó en aproximadamente 10.000 vehículos en el mes más crítico de su flujo. Sin embargo, se mantiene el promedio de paso vehicular de años anteriores.

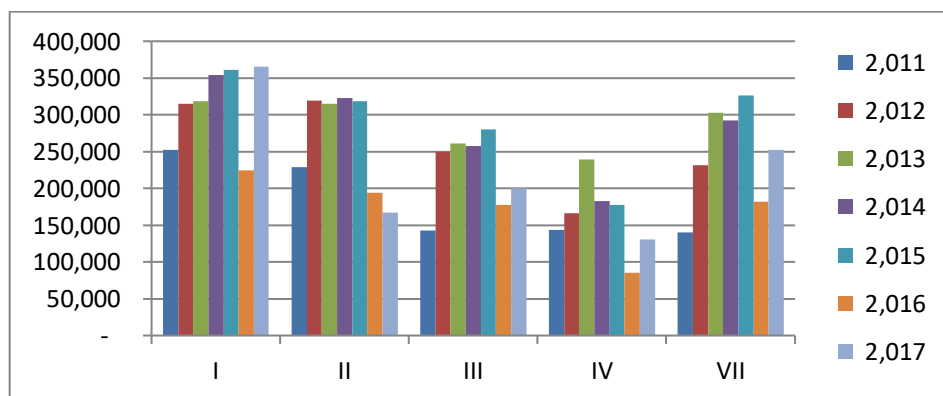
En cuanto al corredor Chuguacal-Cambao de acuerdo con la información que presenta el peaje de Guayabal sigue indicando que la vía es de uso exclusivo de los vehículos pequeños. Sin embargo, los datos presentados para el 2017 muestran que el paso de vehículos de categoría I y IV tuvo un incremento considerable con respecto a años anteriores, donde en el mes crítico pasaron alrededor de 51.000 vehículos categoría I, y en la categoría IV se presentó alrededor de 24.000 vehículos al año, donde en años anteriores fue prácticamente nulo.

14.2. Trazabilidad por año del volumen de tráfico Alpes - Villeta

Según el análisis realizado, indica que el tráfico a través de los años en el corredor que dirige de Alpes hacia Villeta y viceversa ha tenido una figura constante. Sin embargo, aparte de la categoría I en el año 2017 las demás categorías presentan una disminución en su flujo vehicular, lo cual indica un punto de preocupación para la concesión, la cual basa su modelo financiero en lo que presente el flujo por este corredor. Una de las posibles razones de por qué estos indicadores estén disminuyendo, tiene relación directa con el deterioro que presenta la vía.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente es de vital importancia crear un modelo económico que le permita a la actual concesión, presentar propuestas para mejorar la transitabilidad de la vía, e invite a los usuarios a transitar por ella. Por tal razón, se plantea un modelo económico que se presenta en el presente proyecto de investigación en cuanto a las mezclas asfálticas que maneja el corredor.

Ilustración 27: Trazabilidad volumen de tráfico AL-V

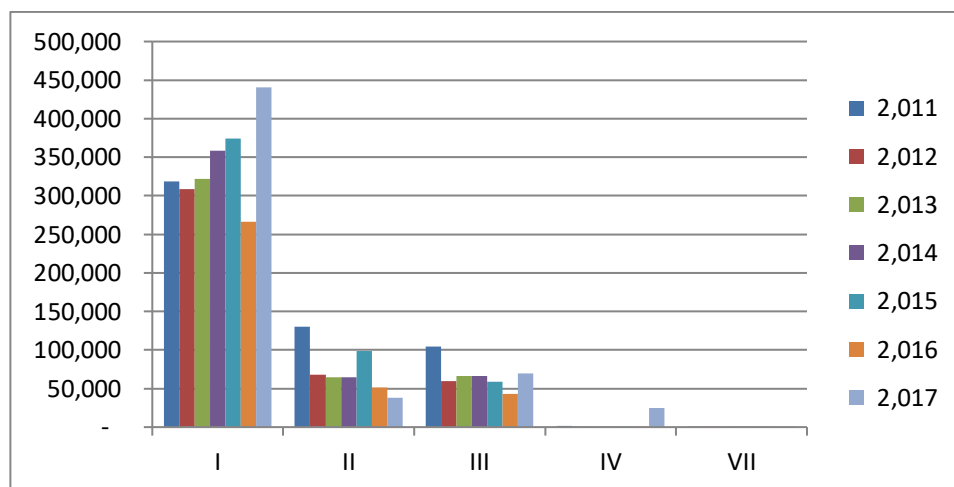


Fuente: Propia

14.3. Trazabilidad por año del volumen de tráfico Chuguacal – Cambao:

De acuerdo a los datos obtenidos del peaje de Guayabal el cual gestiona el paso de los vehículos que se dirigen de Chuguacal hacia Cambao y Viceversa, se concluye que la vía es operada preferentemente por vehículos categoría I, es decir vehículos pequeños, las demás categorías como la II la cual es de transporte como buses y busetas y el III camiones de dos ejes pequeños, presentan una trayectoria constante donde prácticamente no sobrepasan los 100.000 vehículos por año en cuanto a cada categoría; en cuanto a las categorías que van de la IV hacia adelante se hacen prácticamente nulas, sin embargo en el último año los vehículos categoría IV comienza a presentar un alza en cuanto a su paso por este corredor logrando aproximadamente el paso de 24.000 vehículos al año.

Ilustración 28: Trazabilidad volumen de tráfico CH-C



Fuente: Propia

15. SISTEMA DE GESTION VIAL

La gestión de pavimentos es considerada como las actividades involucradas en la planeación, diseño, construcción, evaluación y mantenimiento de pavimentos en una red vial, lo cual se convierte en un punto muy importante para las entidades del gobierno las cuales son responsables de estos corredores, el conocer su aplicación ya que la gestión de pavimentos tiene como objetivo poder asistir a los operadores de carretera en la toma de decisiones desde el punto de vista técnico como económico.

Cabe resaltar que la gestión de pavimentos no es única, por lo cual existe más de una metodología para su implementación, y ésta depende de una cantidad de

factores como lo es el tipo de red, la complejidad del sistema, la tecnología disponible los recursos económicos, y un sin número de variables como el tránsito capacidad estructural, señalización vertical y horizontal, flujo peatonal entre otros.³¹

32

Debido a las condiciones que presenta la zona de los corredores de investigación, se escoge un sistema de gestión de pavimentos que esté acorde a éste. Para esto se tiene en cuenta la complejidad de la red vial, y recursos disponibles como lo es personal idóneo, tecnologías y recursos económicos:

- Sistema de referencia: Se refiere a un método único y estable para la identificación y referencia espacial de los tramos que constituyen la red vial, para esto los corredores están debidamente georreferenciados por medio de coordenadas geográficas y cuenta con un plano maestro de la red vial.
- Inventario de la red vial: hace referencia a la clasificación funcional, longitud, número de carriles, ancho de carriles, pendiente y tipo de estructura de pavimento.
- Inventario de deterioro del pavimento, se realiza mediante la inspección visual de los tramos de carretera que componen la red vial, asentando la información de acuerdo con las instrucciones de la guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras del INVIAS.
- Herramientas de análisis, se utilizó la metodología VIZIR la cual involucra la información tomada en el inventario de deterioro de pavimento y determina una calificación para el estado actual de la vía de acuerdo con su condición estructural y funcional para así poder tener un análisis de la situación actual de la vía para la toma de decisiones.

VIZIR: Es un sistema de aplicación el cual establece una distinción clara entre fallas estructurales y fallas funcionales, este método logra clasificar los deterioros que presenta una carpeta asfáltica en dos categorías, A y B, cuya identificación y niveles de gravedad se presentan en tablas.

Los deterioros de **tipo A** caracterizan una condición estructural del pavimento. Se trata de degradaciones debidas a insuficiencias en la capacidad estructural de la calzada, entre este tipo de deterioros se encuentran las deformaciones y agrietamientos que se generan por la fatiga del pavimento.

³¹ CAF. Mantenimiento Vial informe sectorial. 2010

³² INVIAS, Instituto Nacional de Vías. Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. 2002

Los deterioros de **tipo B** son las catalogadas de tipo funcional, dan lugar a reparaciones que generalmente no están ligadas a la capacidad estructural de la calzada, son deterioros que surgen más que todo por malos procesos constructivos o algún tipo de condición en la zona que el tráfico ayuda a poner en evidencia.

La metodología VIZIR como se menciona anteriormente identifica los deterioros que presenta la vía en dos tipos A y B, y los representa en una tabla (tabla 28 y 29) dando una descripción de cada uno de los daños para los tres niveles de severidad que maneja la metodología.³³

Tabla 28: Niveles de gravedad de los deterioros tipo A

DETERIORO	NIVEL DE GRAVEDAD		
	1	2	3
			
Ahuellamiento y otras deformaciones estructurales	Sensible al usuario, pero poco importante. Flecha < 20 mm	Deformaciones importantes. Hundimientos localizados o ahuellamientos 20 mm ≤ Flecha ≤ 40 mm	Deformaciones que afectan de manera importante la comodidad y la seguridad de los usuarios Flecha > 40 mm
Grietas longitudinales por fatiga	Fisuras finas en la banda de rodamiento	Fisuras abiertas y a menudo ramificadas	Fisuras muy ramificadas y/o muy abiertas (grietas). Bordes de fisuras ocasionalmente degradados
Piel de cocodrilo	Piel de cocodrilo formada por mallas grandes (> 500 mm) con fisuración fina, sin pérdida de materiales	Mallas más densas (< 500 mm), con pérdidas ocasionales de materiales, desprendimientos y ojos de pescado en formación.	Mallas con grietas muy abiertas y con fragmentos separados. Las mallas son muy densas (< 200 mm), con pérdida ocasional o generalizada de materiales
Bacheos y parcheos	Intervención de superficie ligada a deterioros del tipo B	Intervenciones ligadas a deterioros tipo A	
		Comportamiento satisfactorio de la reparación	Ocurrencia de fallas en las zonas reparadas

Fuente: Metodología Vizir

³³ SALAMANCA, Maria. ZULUAGA, Santiago. Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e instituto del asfalto para la vía la YE – Santa Lucía Barranca Lebrija entre las Abscisas K19+250 a K25+750 Ubicada en el departamento del Cesar, 2014.

Tabla 29: Niveles de gravedad de los deterioros tipo B

DETERIORO		NIVEL DE GRAVEDAD					
		1		2		3	
							
Grieta longitudinal de junta de construccion		Fina y unica	- Ancha (10 mm o mas) sin desprendimiento o - Fina ramificada		Ancha con desprendimientos o ramificada		
Grietas de contraccion termica		Fisuras finas	Anchas sin desprendimientos, o finas con desprendimientos o fisuras ramificadas		Anchas con desprendimientos		
Grietas parabolicas		Fisuras finas	Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos		
Grietas d borde		Fisuras finas	Anchas sin desprendimientos		Anchas con desprendimientos		
Abultamientos		F < 20 mm	20 mm ≤ F≤ 40 mm		F > 40 mm		
Ojos de pescado* (por cada 100 metros)	cantidad	< 5	5 a 10	< 5	> 10	5 a 10	
	Diametro (mm)	≤ 300	≤ 300	≤ 1000	≤ 300	≤ 1000	
Desprendimientos: - Perdida de pel cula de ligante - Perdida de agregados		Perdidas aisladas	Perdidas continuas		Perdidas generalizadas y muy marcadas		
Descascaramiento	Prof.(mm)	≤ 25	≤ 25	> 25	> 25		
	Area (m ²)	≤ 0.8	> 0.8	≤ 0.8	> 0.8		
Pulimento agregados		No se definen niveles de gravedad					
Exudacion		Puntual	Continua sobre la banda de rodamiento		Continua y muy marcada		
Afloramientos: - de mortero - de agua		Localizados y apenas perceptibles	Intensos		Muy intensos		
Desintegracion de los bordes del pavimento		Inicio de la desintegracion	La calzada ha sido afectada en un ancho de 500 mm o mas		Erosion extrema que conduce a la desaparicion del revestimiento asphaltico		
Escalonamiento entre calzada y berma		Desnivel de 10 a 50 mm	Desnivel entre 50 y 100 mm		Desnivel superior a 100 mm		
Erosion de las bermas		Erosion incipiente	Erosion pronunciada		La erosion pone en peligro la estabilidad de la calzada y la seguridad de los usuarios		

Fuente: Metodología Vizir

Los daños se presentan en el esquema por medio de rectángulos cuyo color de fondo ya sea blanco gris o negro, indica el nivel de gravedad o severidad del daño, en tanto que los lados de ellos determinan el comienzo y el fin de cada una de las zonas en las cuales se divide el proyecto para este tipo de evaluación.

En el interior del rectángulo se coloca la longitud que expresa el daño dentro de la zona evaluada, esta extensión corresponde al porcentaje de la longitud de la zona evaluada que se encuentra afectada por el daño respectivo. ³⁴

Una vez se hayan identificado los daños con su respectiva severidad se procederá a hallar el índice de deterioro superficial, para esto se procede a determinar el índice de fisuración (tabla 30), este depende de la severidad y la extensión de las fisuraciones y agrietamientos de tipo estructural en cada zona evaluada.

Tabla 30: Índice de fisuración

IF			
GRAVEDAD	EXTENCION		
	0% A 10%	10% A 50%	> a 50%
1	1	2	3
2	2	3	4
3	3	4	5

Fuente: Metodología Vizir

Luego de esto se continúa a determinar el índice de deformación (tabla 31), el cual también depende de la gravedad y la extensión de las deformaciones de origen estructural.

Tabla 31: Índice de deformación

ID			
GRAVEDAD	EXTENCION		
	0% A 10%	10% A 50%	> a 50%
1	1	2	3
2	2	3	4
3	3	4	5

Fuente: Metodología Vizir

Con la combinación del índice de fisuración y el índice de deformación se plantea el primer índice de clasificación de la calzada, el cual debe ser corregido en función de la extensión y calidad de los trabajos de bacheo; En este punto, es importante considerar que si bien algunos métodos de calificación de la condición del pavimento no incluyen las áreas con parches y bacheos, el VIZIR considera que

³⁴ SALAMANCA, Maria. ZULUAGA, Santiago. Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e instituto del asfalto para la vía la YE – Santa Lucia Barranca Lebrija entre las Abscisas K19+250 a K25+750 Ubicada en el departamento del Cesar, 2014.

ellas deben formar parte integrante de la evaluación, con el argumento de que mientras una reparación localizada reciente enmascara un problema.³⁵

Tabla 32: Índice de deterioro Superficial

ID/IF	INDICE DE FISURACION			
	0	1 A 2	3	4 A 5
0	1	2	3	4
1	2	3	4	5
2	3	4	5	6
3	4	5	6	7
4	5	6	7	7
5	6	7	7	7

Fuente: Metodología Vizir

Con la corrección efectuada a cuando corresponda se procede a determinar el índice de deterioro superficial, el cual califica la calzada para la longitud del estudio, este valor varía entre 1 y 7 y esto permite determinar la calificación del estado del pavimento, como se ve en la tabla 33.³⁶

Tabla 33: Rangos de calificación del VIZIR

RANGOS DE CALIFICACION DEL VIZIR	
RANGOS	CALIFICAIÓN
1 Y 2	BUENO
3 Y 4	REGULAR
5, 6 Y 7	DEFICIENTE

Fuente: Metodología Vizir

15.1. Sistema de gestión sobre el corredor Alpes - Villeta:

Para lograr identificar las patologías que se presentan a lo largo del corredor y poder tener una idea del porqué de estas, se considera necesario hacer una inspección visual de las zonas específicas de estudio mencionadas a lo largo de la investigación; esto con el fin de dar cumplimiento a lo planteado referente al sistema de gestión vial.

³⁵ SALAMANCA, Maria. ZULUAGA, Santiago. Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e instituto del asfalto para la vía la YE – Santa Lucia Barranca Lebrija entre las Abscisas K19+250 a K25+750 Ubicada en el departamento del Cesar, 2014.

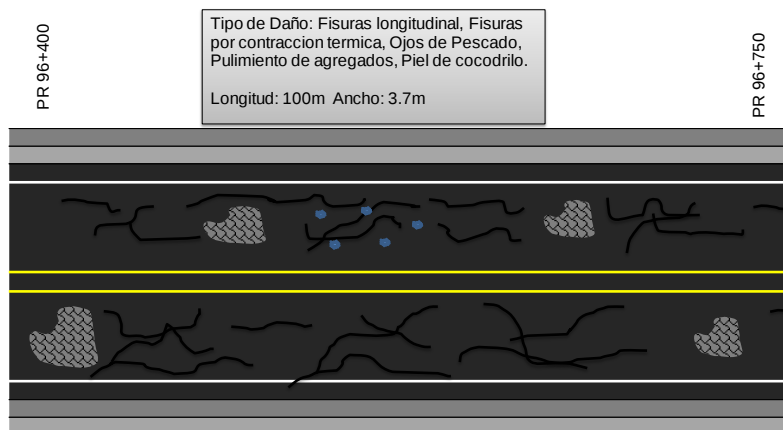
³⁶ SALAMANCA, Maria. ZULUAGA, Santiago. Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e instituto del asfalto para la vía la YE – Santa Lucia Barranca Lebrija entre las Abscisas K19+250 a K25+750 Ubicada en el departamento del Cesar, 2014.

15.1.1. Sistema de gestión Albán:

Para la realización del sistema de gestión en el sector de Albán por medio del método VIZIR, se procede con la respectiva inspección visual, identificación de las patologías con su respectivo nivel de gravedad para la regulación de los índices de fisuración y deformación, y por último obtener el rango de fisuración del VIZIR.

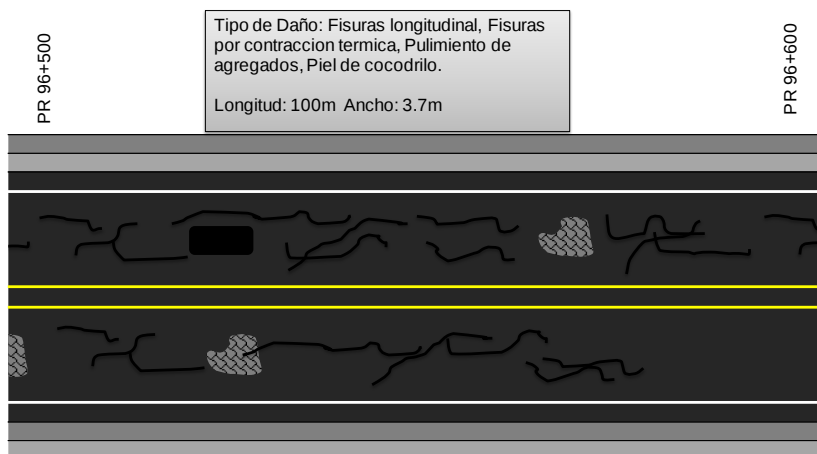
15.1.1.1. Inspección visual sector Alban:

Ilustración 29: Auscultación Alban PR 96+400 – PR 96+750



Fuente propia

Ilustración 30: Auscultación Alban PR 96+750 – PR 97+000



Fuente propia

15.1.1.2. Análisis de información Alban a través del VIZIR:

Para catalogar las severidades de las patologías encontradas en el tramo en mención se realizaron tramos de prueba de 100 metros en la totalidad de la calzada para aproximadamente 600 metros de la zona en la cual se identificaba con mayor precisión las patologías que presenta la zona.

Tabla 34: Análisis de información a través del VIZIR Albán

UNIDAD DE MUESTREO (M)
100
UNIDAD DE MUESTREO (M2)
740

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 96+400	PR 96+500	A	fisura longitudinal	103,6	2	14%	2	5	0	4	REGULAR
		A	hueco	181,3	2	25%					
		B	ojos de pescado	25,9	2	4%					
		B	pulimiento de agregado	740	0	100%					
		A	piel de cocodrilo	207,2	2	28%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 96+500	PR 96+600	A	fisura longitudinal	85,4	2	12%	3	5	0	4	REGULAR
		B	Fisura termica	203,5	2	28%					
		B	pulimiento de agregado	740	2	100%					
		A	piel de cocodrilo	150,3	2	20%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 96+600	PR 96+700	A	fisura longitudinal	52,1	2	7%	3	5	0	4	REGULAR
		B	Fisura termica	198,3	2	27%					
		B	pulimiento de agregado	740	2	100%					
		A	piel de cocodrilo	165,2	2	22%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 96+700	PR 96+800	A	fisura longitudinal	101,3	2	14%	3	5	0	4	REGULAR
		B	Fisura termica	150,5	2	20%					
		B	pulimiento de agregado	740	2	100%					
		A	piel de cocodrilo	162,3	2	22%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 96+800	PR 96+900	A	fisura longitudinal	133,2	2	18%	3	5	0	4	REGULAR
		B	Fisura termica	189,5	2	26%					
		B	pulimiento de agregado	740	2	100%					
		A	piel de cocodrilo	157,6	2	21%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 96+900	PR 97+000	A	fisura longitudinal	142	2	19%	3	5	0	4	REGULAR
		B	Fisura termica	176,2	2	24%					
		B	pulimiento de agregado	740	2	100%					
		A	piel de cocodrilo	160,6	2	22%					

Fuente propia

De acuerdo con el análisis recopilado anteriormente, se puede identificar que en el tramo estudiado la mayor parte de las patologías presentadas se deben a gradientes térmicos bruscos que presenta la zona, esto se consideró a que la mezcla asfáltica instalada es demasiado joven para presentar fisuraciones pues su vida útil hasta el momento oscila entre el año y medio, adicional a esto debido a que es una capa de asfalto de un espesor realmente considerable no debería estar presentando fisuras por fatiga de este, pues se está hablando de una capa de alrededor de 25 cm de espesor de MDC-2.

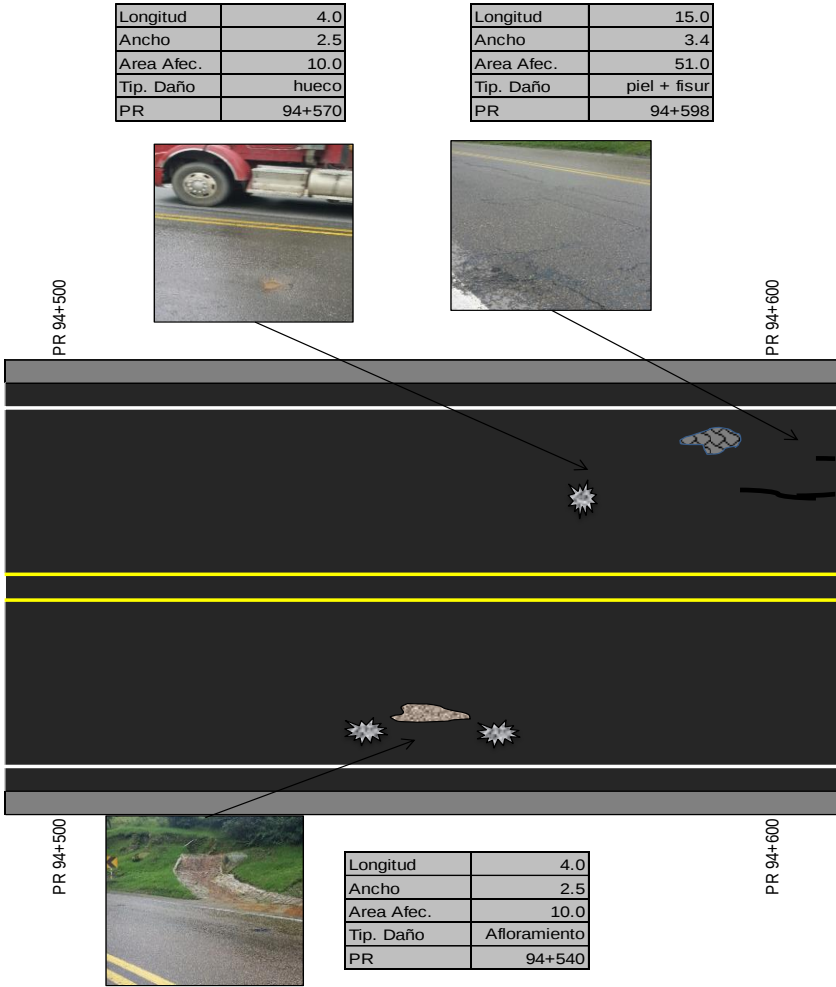
Es de aclarar que la estructura de pavimento fue expuesta a un tratamiento de micro fresado, con el fin de adaptarla para que se cumplieran las normas que reglamenta el sector y su IRI estuviera acorde a lo diseñado, puede ser que la cantidad tan abrupta de fisuras que presenta la zona sea debido a que, las micro fisuras térmicas estuvieran ya presentes antes del micro fresado y este haya ayudado a reflejarlas con mayor antelación, pero si es de suponer que debido a el espesor de la capa asfáltica no se deben estar presentando estas fisuras por fatiga del material pues según los resultados de los ensayos mostrados en la tabla 7 y 8 indican una mezcla con las propiedades optimas de calidad.

15.1.2. Sistema de gestión Chuguacal:

Dando continuidad al Sistema de gestión en el corredor Alpes-Villeta, para obtener una información base del estado de la vía y así poder realizar el modelo financiero al que se desea llegar, se continua con la gestión en el sector de Chuguacal por medio del método VIZIR, para esto se iniciara con la respectiva inspección visual, identificación de las patologías con su respectivo nivel de gravedad para la regulación de los índices de fisuración y deformación, y por último obtener el rango de fisuración del VIZIR.

15.1.2.1. Inspección visual sector Chuguacal:

Ilustración 31: Auscultación Chuguacal PR 94+500 a 94+600

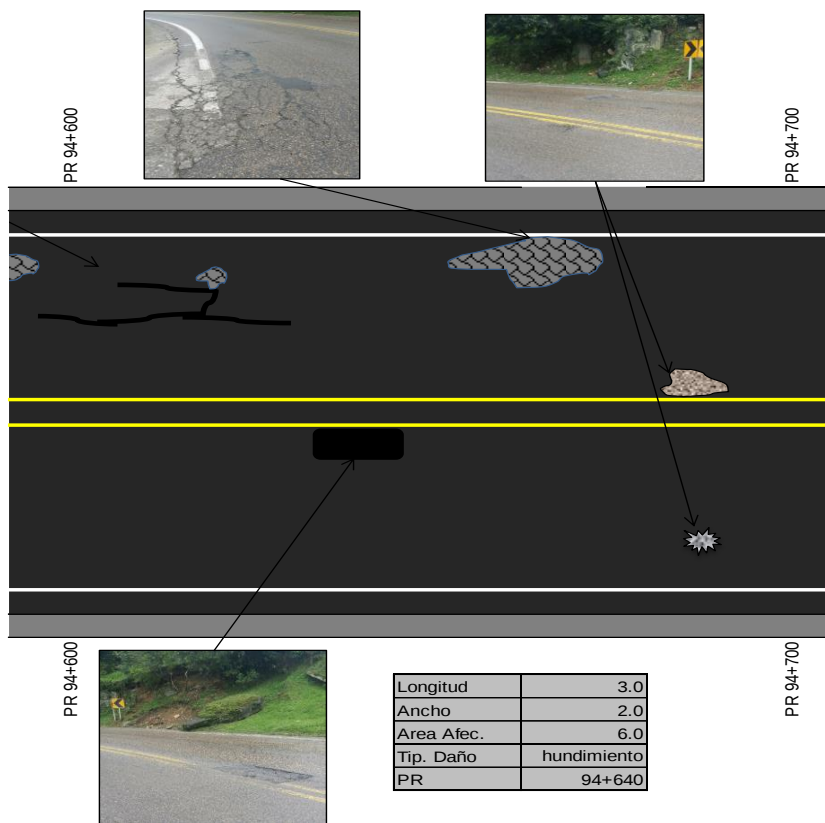


Fuente propia

Ilustración 32: Auscultación Chuguacal PR 94+600 a 94+700

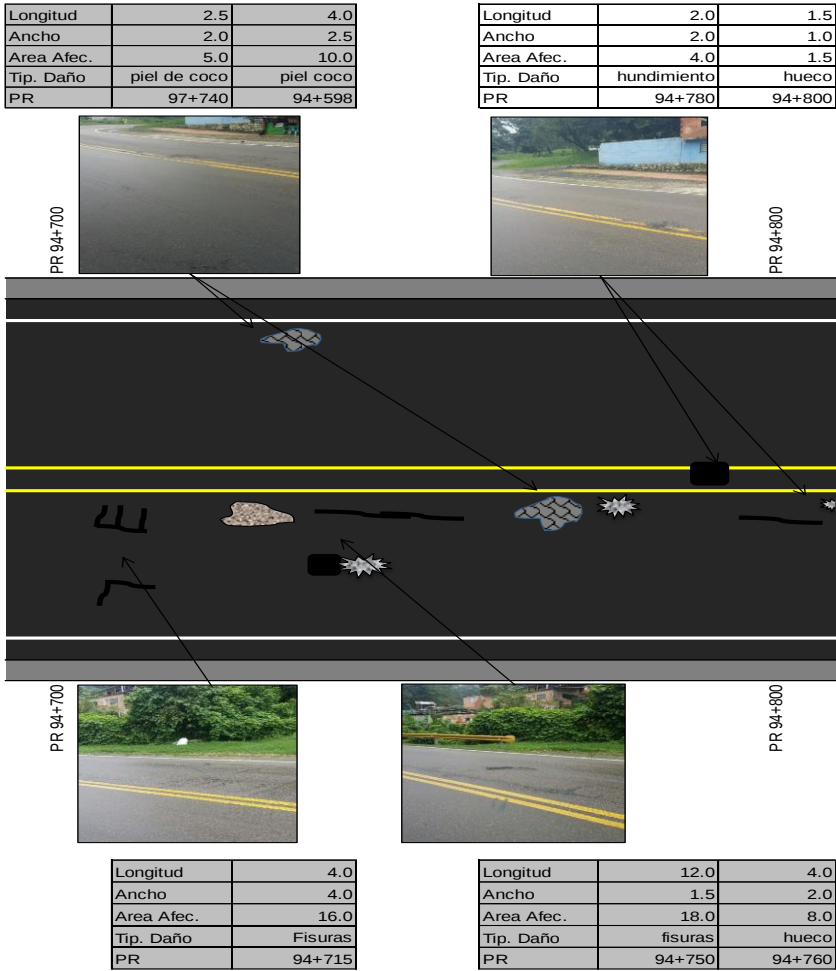
Longitud	8.0
Ancho	3.0
Area Afec.	24.0
Tip. Daño	piel de coco
PR	94+675

Longitud	3.0	1.5
Ancho	2.0	1.5
Area Afec.	6.0	2.3
Tip. Daño	Segregación	Hueco
PR	94+685	94+685



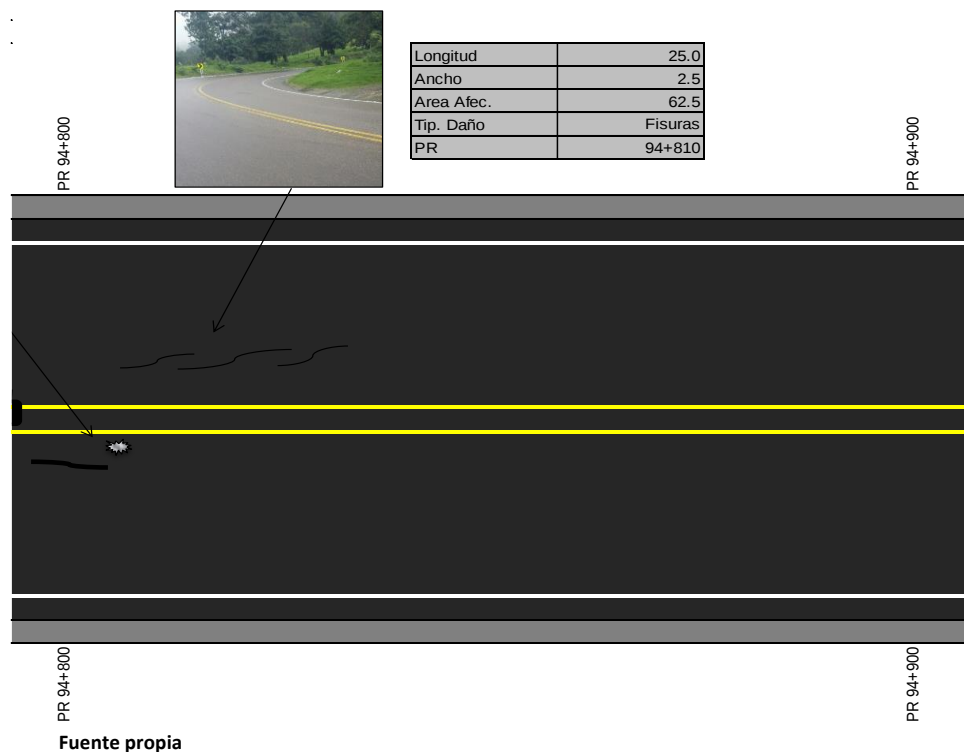
Fuente propia

Ilustración 33: Auscultación Chuguacal PR 94+700 a 94+800



Fuente propia

Ilustración 34: Auscultación Chuguacal PR 94+700 a 94+800



15.1.2.2. Análisis de información Chuguacal a través del VIZIR:

Tabla 35: Análisis de información a través del VIZIR Chuguacal

UNIDAD DE MUESTREO (M)
100
UNIDAD DE MUESTREO (M2)
830

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 94+500	PR 94+600	A	fisura longitudinal	15.3	2	2%	2	2	2	3	REGULAR
		A	piel de cocodrilo	35.7	2	4%					
		A	hueco	10	2	1%					
		B	afloramiento	10	2	1%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 94+600	PR 94+700	A	piel de cocodrilo	24	2	3%	2	2	0	2	BUENO
		A	hueco	2.3	1	0%					
		A	hundimiento longitudinal	6	2	1%					
		B	pulimiento de agregado	6	1	1%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 94+700	PR 94+800	A	fisura longitudinal	34	2	4%	2	2	1	3	REGULAR
		A	piel de cocodrilo	15	2	2%					
		A	hueco	1.5	1	0%					
		A	hueco	8	2	1%					
		A	hundimiento longitudinal	4	1	0%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 94+800	PR 94+900	A	fisura longitudinal	62.5	2	8%	2	2	0	2	BUENO

Fuente propia

En la auscultación realizada se identifican tramos que están intervenidos con bicapa de asfalto de MSC-19 de 5cm a 7cm y una segunda capa de rodadura con micro aglomerado de 3cm con el fin de permitir la filtración del agua y que no se presenten películas en la vía, sin embargo debido al tráfico que presenta la vía, el cual, como se vio en el estudio de tránsito mostrado anteriormente la mayor cantidad de vehículos que viajan por este corredor es categoría VII lo que indica que son vehículos bastantes pesados y debido a esto se presentan desplazamientos en la mezcla de micro aglomerado, explicados por la fricción que generan estos vehículos contra la capa asfáltica y que influye bastante por la geometría tan complicada de la vía.

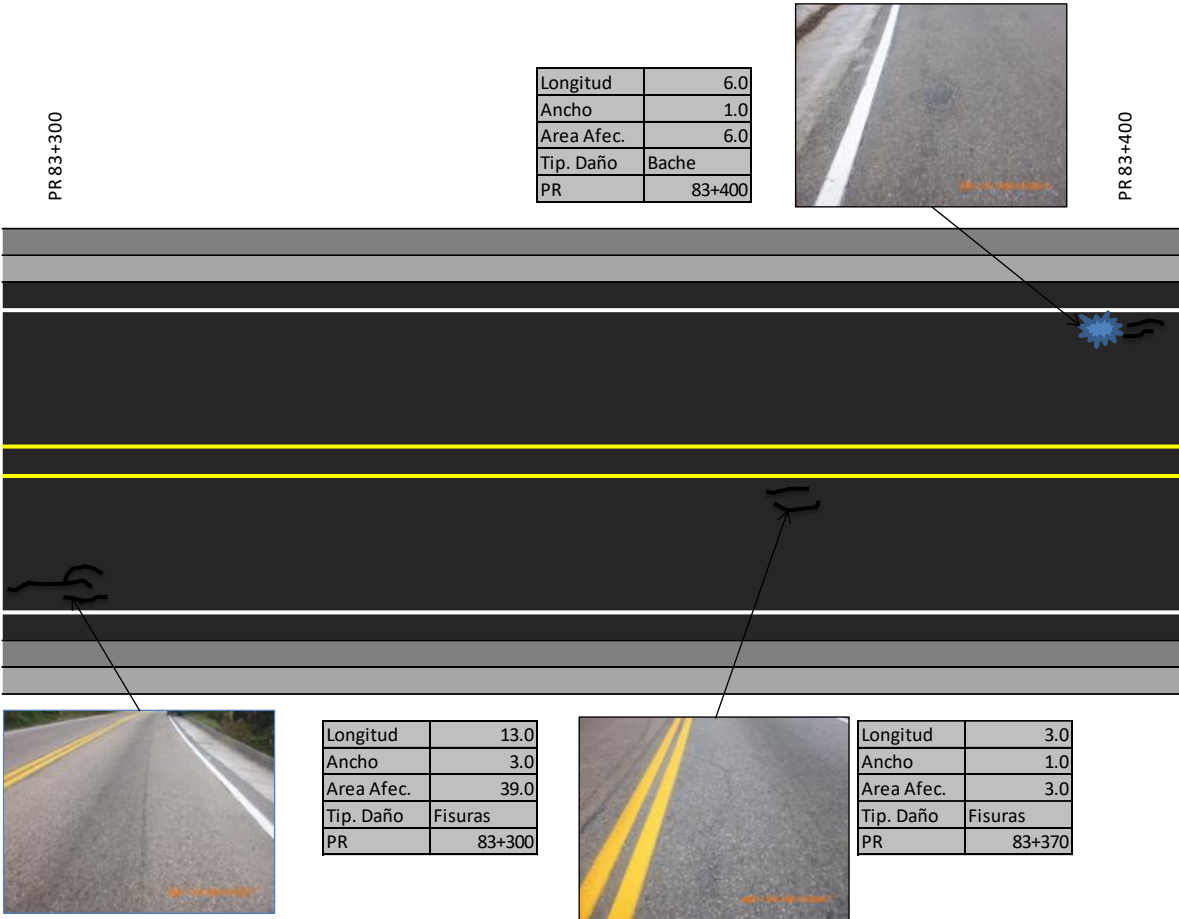
En las zonas donde no presenta la solución bicapa que es de resaltar es un tratamiento joven el cual no tiene más de un año y medio de su respectiva instalación, se presentan tramos con MDC-2, los cuales, a simple vista, ya cumplieron su vida útil teniendo más de 10 años de su respectiva instalación; estas zonas, según la auscultación realizada, presentan patologías estructurales considerables, como piel de cocodrilo en etapas avanzadas, fisuraciones longitudinales que se han propagado a pesar de la pertinente solución de sello de fisuras, baches y deformaciones en la vía lo cual indica que se debe realizar una rehabilitación a la vía la cual se ha venido realizando por tramos con la solución bicapa mencionada anteriormente.

15.1.3. Sistema de gestión Sasaima.

Para la realización del sistema de gestión en el sector de Sasaima por medio del método VIZIR, se procede con la respectiva inspección visual, identificación de las patologías con su respectivo nivel de gravedad para la regulación de los índices de fisuración y deformación, y por último obtener el rango de fisuración del VIZIR.

15.1.3.1. Inspección visual sector Sasaima:

Ilustración 35: Auscultación Sasaima PR 83+300 a 83+400



Fuente propia

Ilustración 36: Auscultación Sasaima PR 83+400 a 83+500

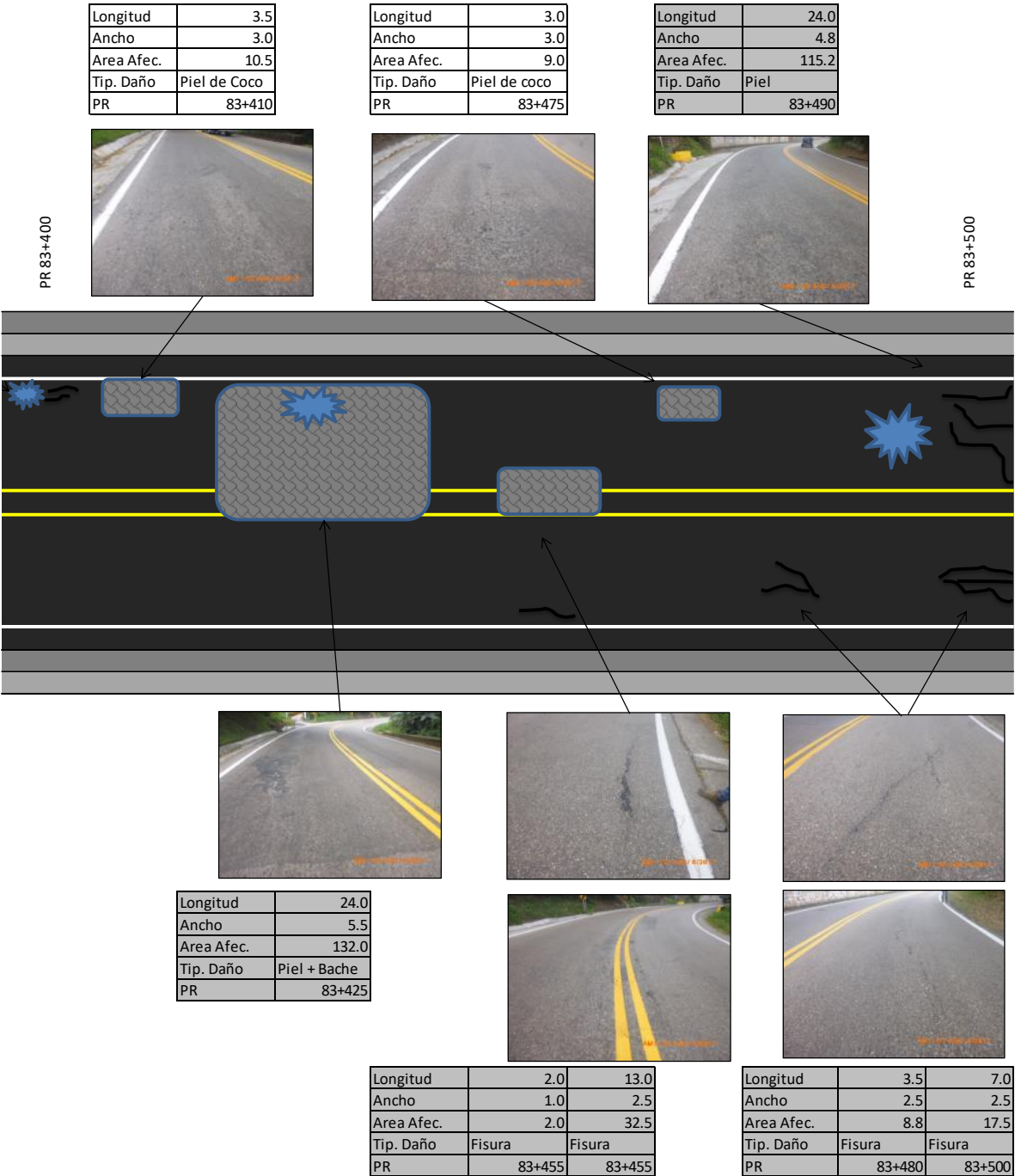


Ilustración 37: Auscultación Sasaima PR 83+500 a 83+600

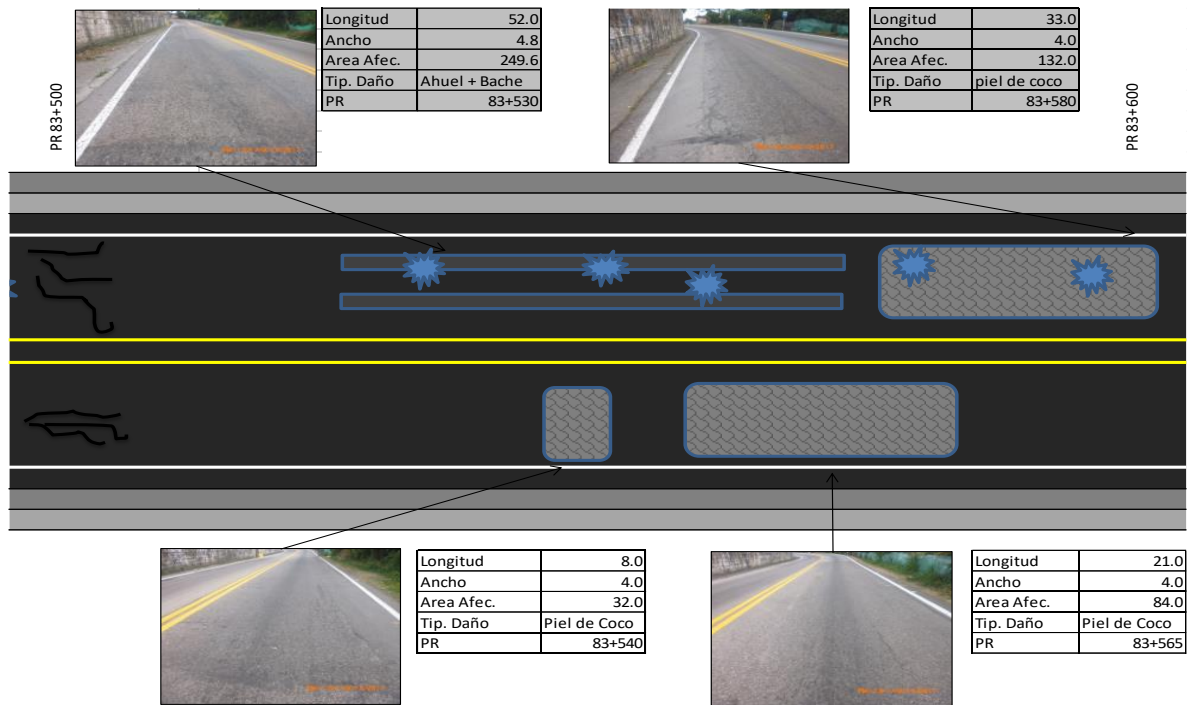


Ilustración 38: Auscultación Sasaima PR 83+600 a 83+700

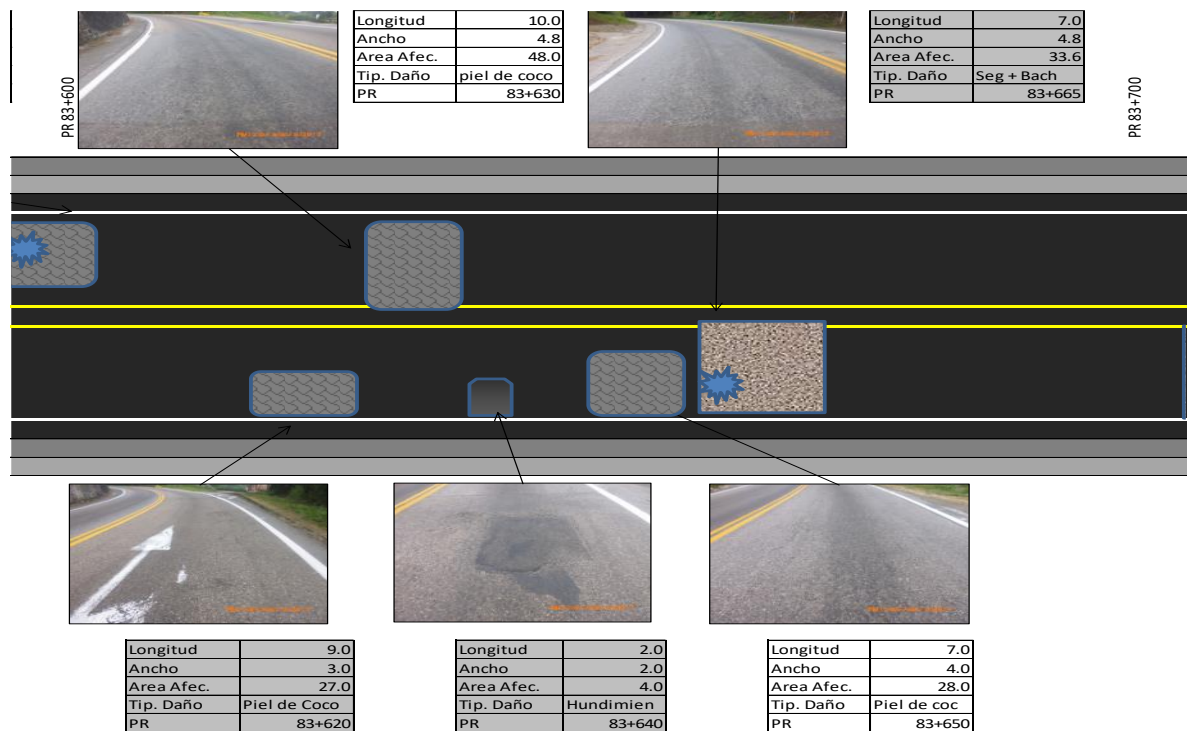
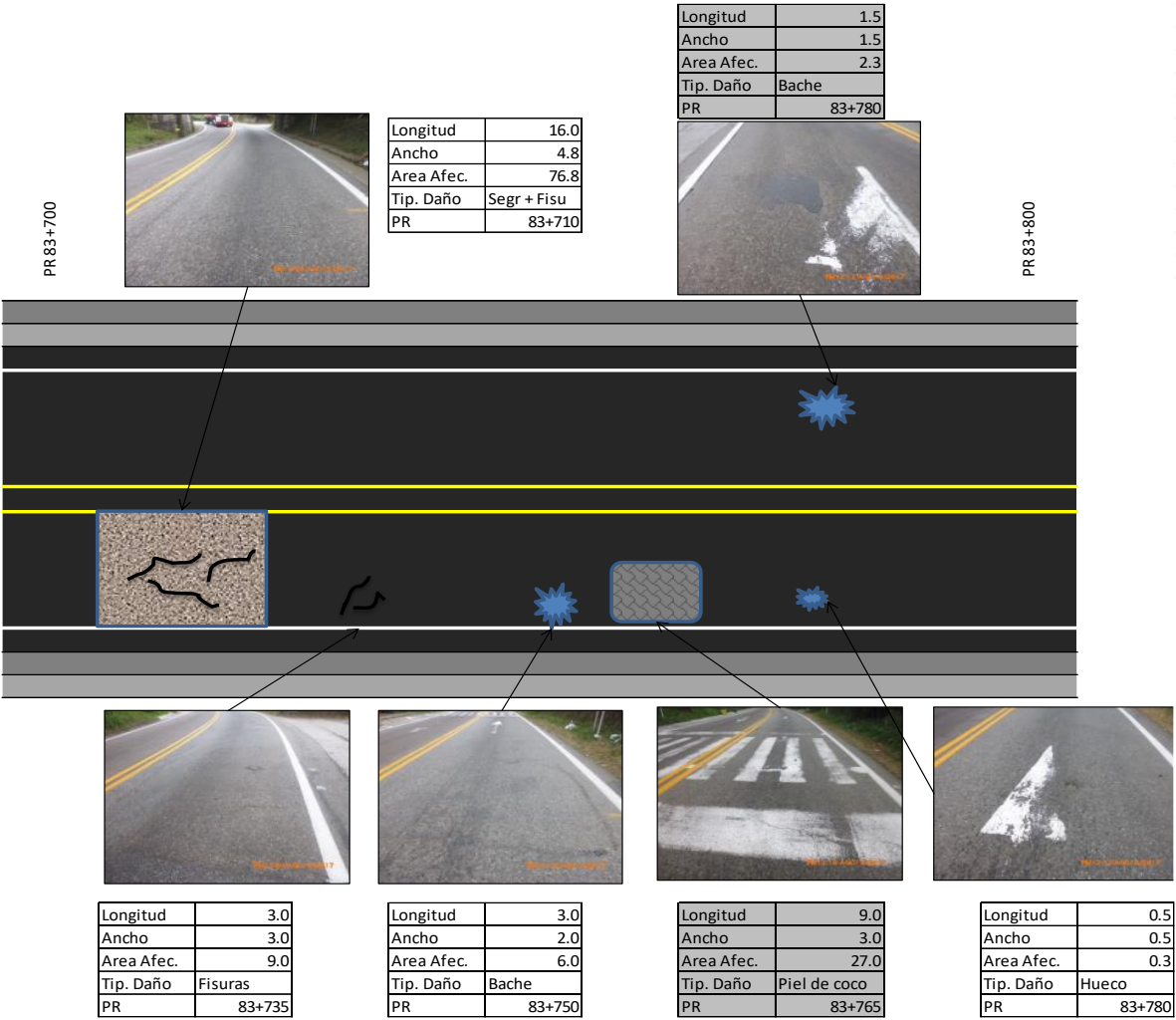


Ilustración 39: Auscultación Sasaima PR 83+700 a 83+800



15.1.3.2. Análisis de información Sasaima a través del VIZIR:

Tabla 36: Análisis de información a través del VIZIR Sasaima

UNIDAD DE MUESTREO (M)	
100	
UNIDAD DE MUESTREO (M2)	
940	

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 83+300	PR 83+400	A	fisura longitudinal	42	2	4%	2	2	0	2	BUENO
		A	hueco	6	2	1%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 83+400	PR 83+500	A	fisura longitudinal	60.8	2	6%	2	3	0	3	REGULAR
		A	piel de cocodrilo	256.2	2	27%					
		A	piel de cocodrilo	19.5	1	2%					
		A	hueco	6	2	1%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 83+500	PR 83+600	A	piel de cocodrilo	116	1	12%	2	3	3	4	REGULAR
		A	piel de cocodrilo	132	2	14%					
		A	hueco	14	2	1%					
		A	Ahuellamiento	249.6	2	27%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 83+600	PR 83+700	A	piel de cocodrilo	76	1	8%	2	3	2	4	REGULAR
		A	piel de cocodrilo	27	2	3%					
		A	hundimiento longitudinal	4	2	0%					
		A	hueco	3	1	0%					
		B	pulimiento de agregado	33.6	2	4%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 83+700	PR 83+800	A	fisura longitudinal	41	1	4%	2	2	0	2	BUENA
		A	piel de cocodrilo	27	2	3%					
		A	hueco	6.3	1	1%					
		A	hueco	2.3	2	0%					
		B	pulimiento de agregado	76.8	0	8%					

Fuente propia

Una vez generado el análisis de gestión vial a través del sistema VIZIR, se identifican las patologías de la carpeta que son estructurales. Debido al volumen de tráfico pesado que se presenta por esta zona; es de aclarar que algunas partes del tramo denominado **Sasaima** están estructurados por un sistema de asfalto bicapa, donde en la parte inferior se cuenta con una capa de MSC-19 entre 5 a 7 cms, aproximadamente, y en la parte superior una capa de asfalto micro-aglomerado con espesor de 3 cms.

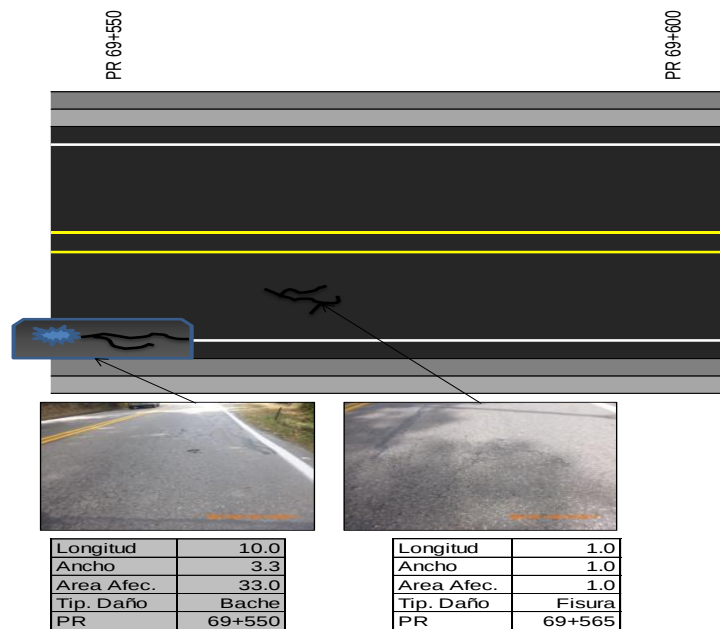
De acuerdo con lo observado en la auscultación, se encuentran zonas donde ya se realizaron parcheos al micro-aglomerado, debido a que el paso del tráfico pesado y la fricción que se genera por la geometría complicada de la vía ocasionaron desplazamiento de la mezcla asfáltica, creando abultamientos graves que dificultan el paso del usuario en especial de los motociclistas, que seguramente pueden verse muy afectados hasta llegar a sufrir accidentes. Por ello, para futuras rehabilitaciones no es aconsejable el uso de micro-aglomerados por los problemas mencionados.

15.1.4. Sistema de gestión Villeta:

Continuando con el sistema de gestión para el corredor **Alpes – Villeta** se continúa realizando un análisis del estado actual de pavimento por medio del método VIZIR, se procederá con la respectiva inspección visual, identificación de las patologías con su respectivo nivel de gravedad para la regulación de los índices de fisuración y deformación, y por último obtener el rango de fisuración del VIZIR.

15.1.4.1. Inspección visual sector Villeta:

Ilustración 40: Auscultación Villeta PR 69+550 a 69+600



Fuente propia

Ilustración 41: Auscultación Villeta PR 69+600 a 69+700

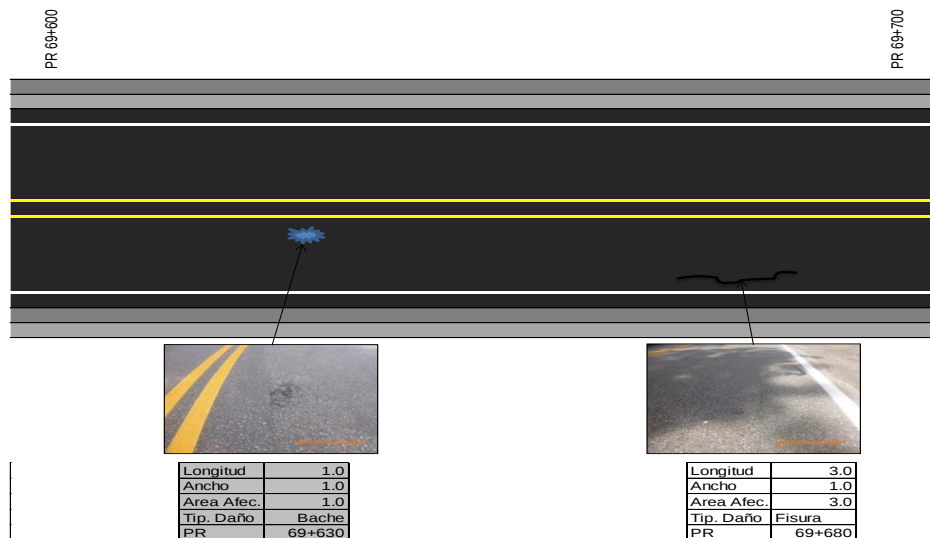


Ilustración 42: Auscultación Villeta PR 69+700 a 69+800

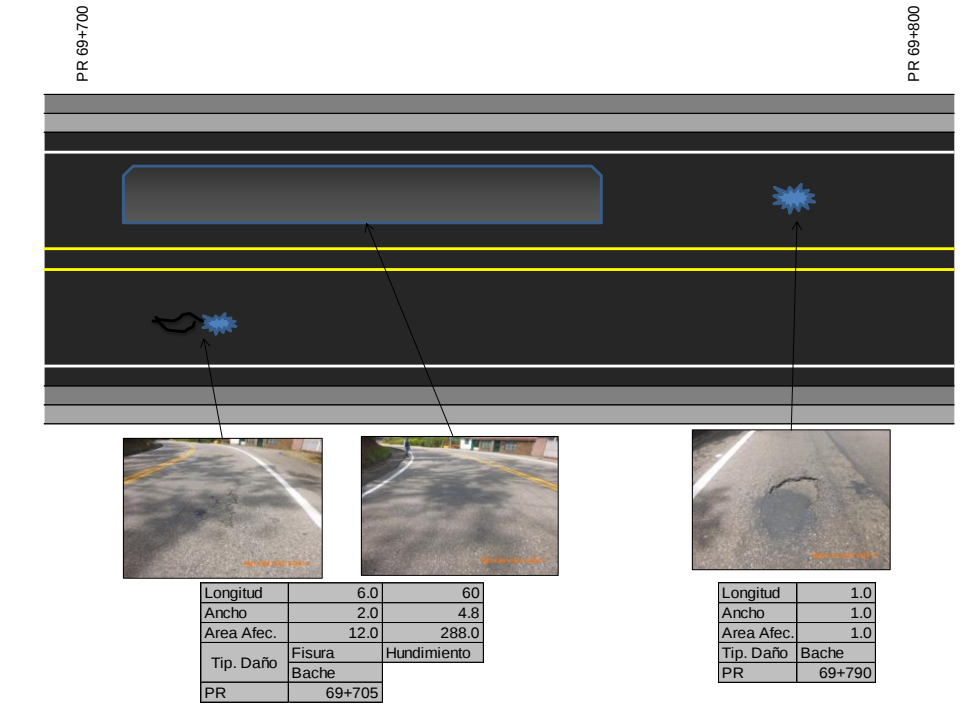
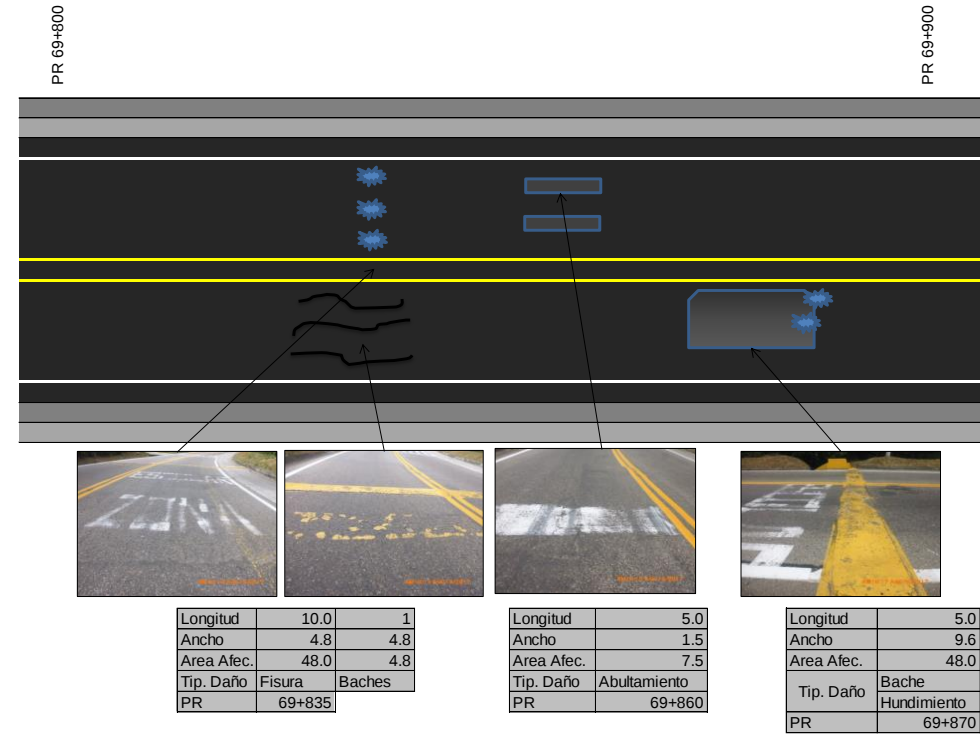


Ilustración 43: Auscultación Villeta PR 69+800 a 69+900



15.1.4.2. Análisis de información Villeta a través del VIZIR:

Tabla 37: Análisis de información a través del VIZIR Villeta

UNIDAD DE MUESTREO (M)
100
UNIDAD DE MUESTREO (M2)
830

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 69+550	PR 69+600	A	hundimiento longitudinal	33	2	8%	2	2	2	3	REGULAR
		A	fisura longitudinal	16	2	4%					
		A	hueco	4	2	1%					
		A	fisura longitudinal	1	1	0%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 69+600	PR 69+700	A	hueco	1	2	0%	2	2	0	2	BUENO
		A	fisura longitudinal	3	1	0%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 69+700	PR 69+800	A	fisura longitudinal	7.2	2	1%	2	2	0	2	BUENO
		A	hueco	5.8	2	1%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 69+800	PR 69+900	A	fisura longitudinal	48	2	6%	2	2	2	3	REGULAR
		A	hueco	8	2	1%					
		A	Ahuellamiento	7.5	2	1%					
		A	hundimiento longitudinal	48	2	6%					

Fuente propia

De acuerdo con el sistema de gestión analizado anteriormente, se identificó al igual que en el sector de Sasaima, que en sectores de la vía se encuentran dos tipos de mezclas asfálticas: una de función estructural bicapa, de MSC-19 entre 5 y 7 cms., seguida de una capa de rodadura en micro-aglomerado, la cual tiene 3 cms. de espesor. En las otras zonas se encuentra una capa de MDC-2 con espesores entre 5 y 8 cms., pero que se encuentra envejecida presentando fisuras, piel de cocodrilo, pulimientos de agregados, ahuellamientos, ondulaciones, entre otras patologías que afectan radicalmente la estructura del pavimento.

Al igual que en el sector de Sasaima, la estructura bicapa presenta desplazamiento de la mezcla en algunas zonas, debido al tipo de tráfico que se presenta por este corredor, el cual en su mayoría es categoría IV hacia arriba. Por la geometría complicada de la vía se presentan fricciones que producen los ya mencionados desplazamientos de la mezcla.

15.2. Sistema de gestión Chuguacal Cambao:

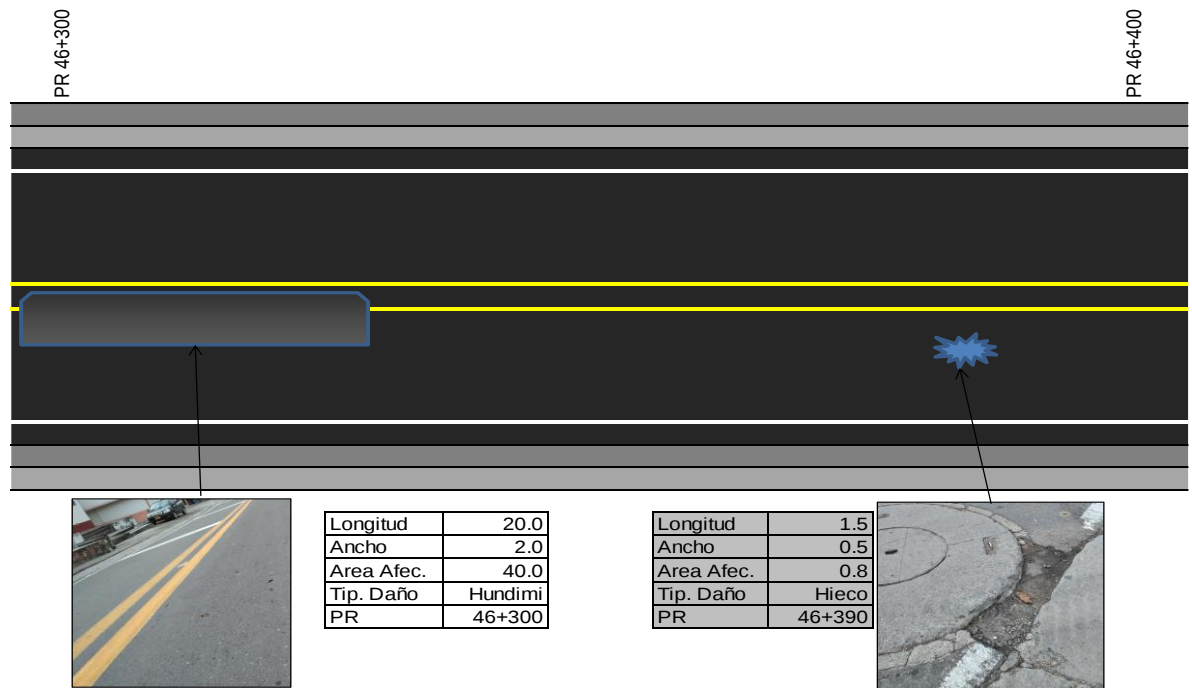
Al igual que en el corredor mencionado anteriormente, se procede a identificar las patologías que se presentan a lo largo del corredor para poder analizar la causa de las mismas. Se considera necesario hacer una inspección visual de las zonas específicas de estudio mencionadas a lo largo de la investigación, con el fin de dar cumplimiento a lo planteado en relación con el sistema de gestión vial.

15.2.1. Sistema de gestión Vianí:

Al igual que en el sistema de gestión del corredor Villeta, se realiza un análisis por medio del método VIZIR, con lo cual se ejecuta una inspección visual. Se identifican las patologías con su respectivo nivel de gravedad, para la regulación de los índices de fisuración y deformación, y por último se obtiene el rango de fisuración del VIZIR.

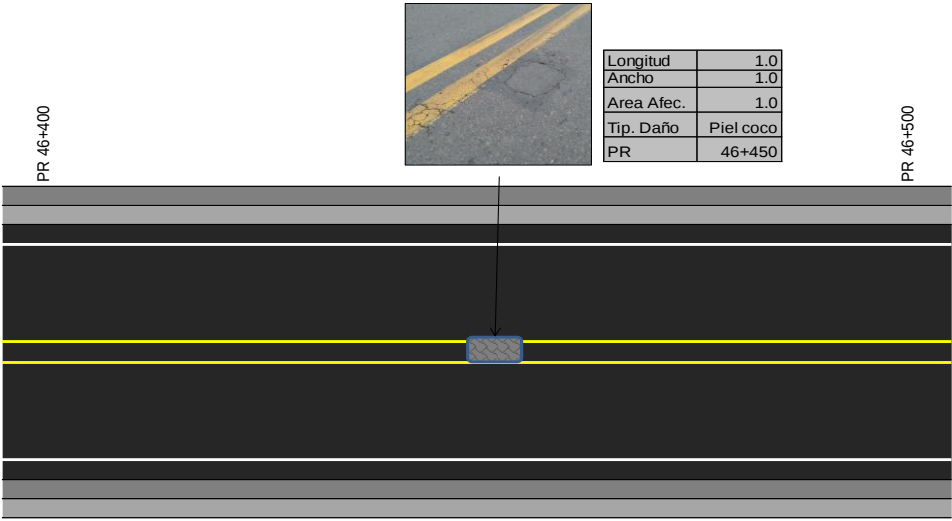
15.2.1.1. Inspección visual sector Vianí:

Ilustración 44: Auscultación Villeta PR 46+300 a 46+540



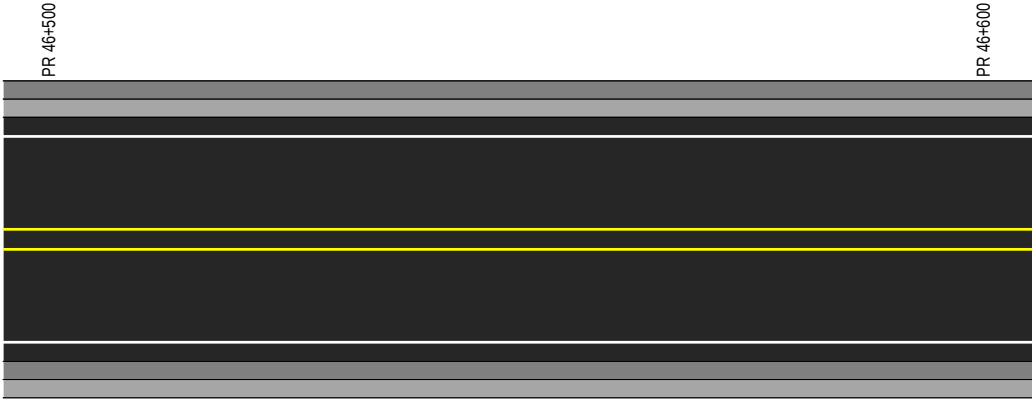
Fuente propia

Ilustración 45: Auscultación Villeta PR 46+400 a 46+500



Fuente propia

Ilustración 46: Auscultación Villeta PR 46+500 a 47+600



Fuente propia

Ilustración 47: Auscultación Villeta PR 46+600 a 47+700

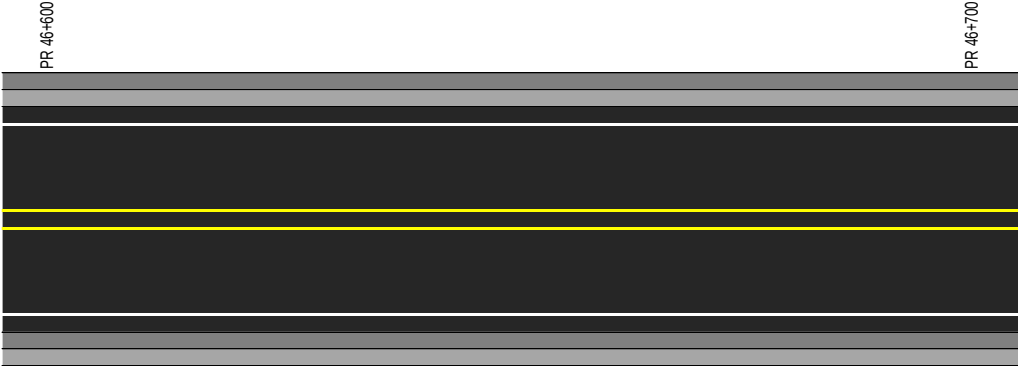
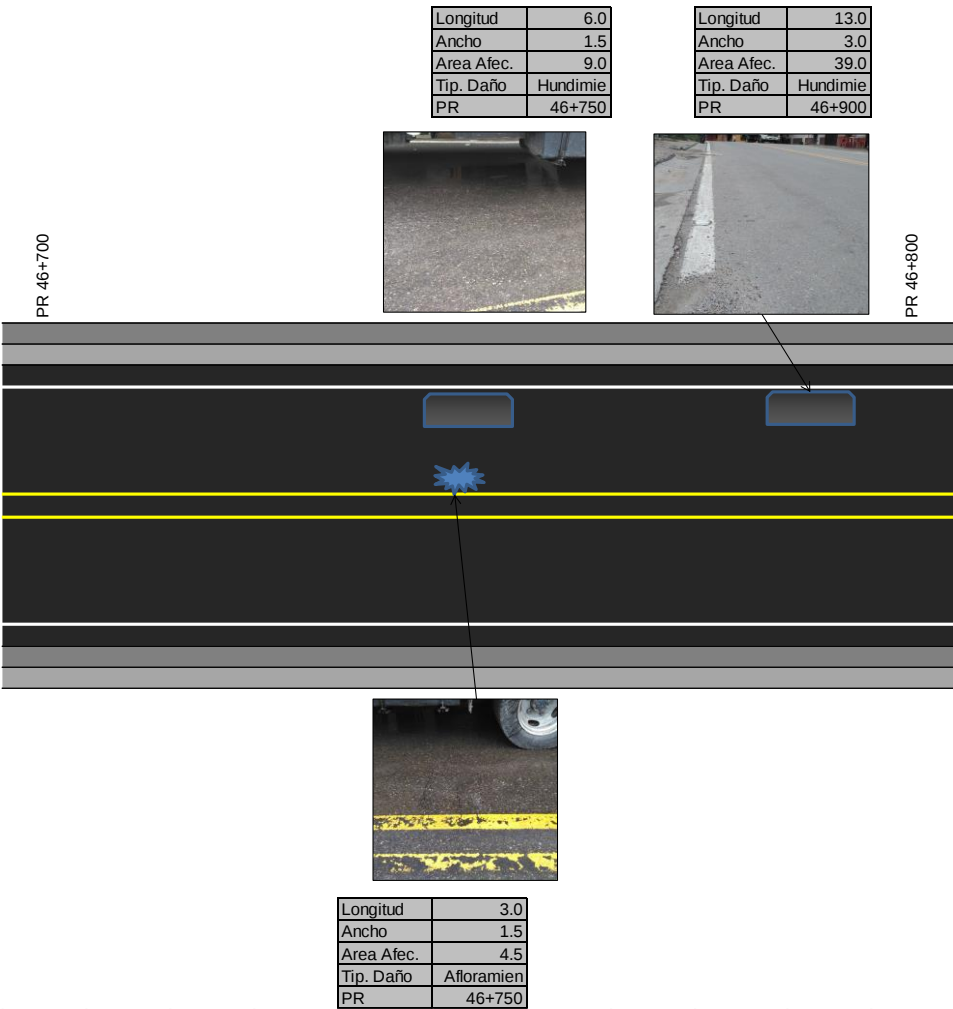
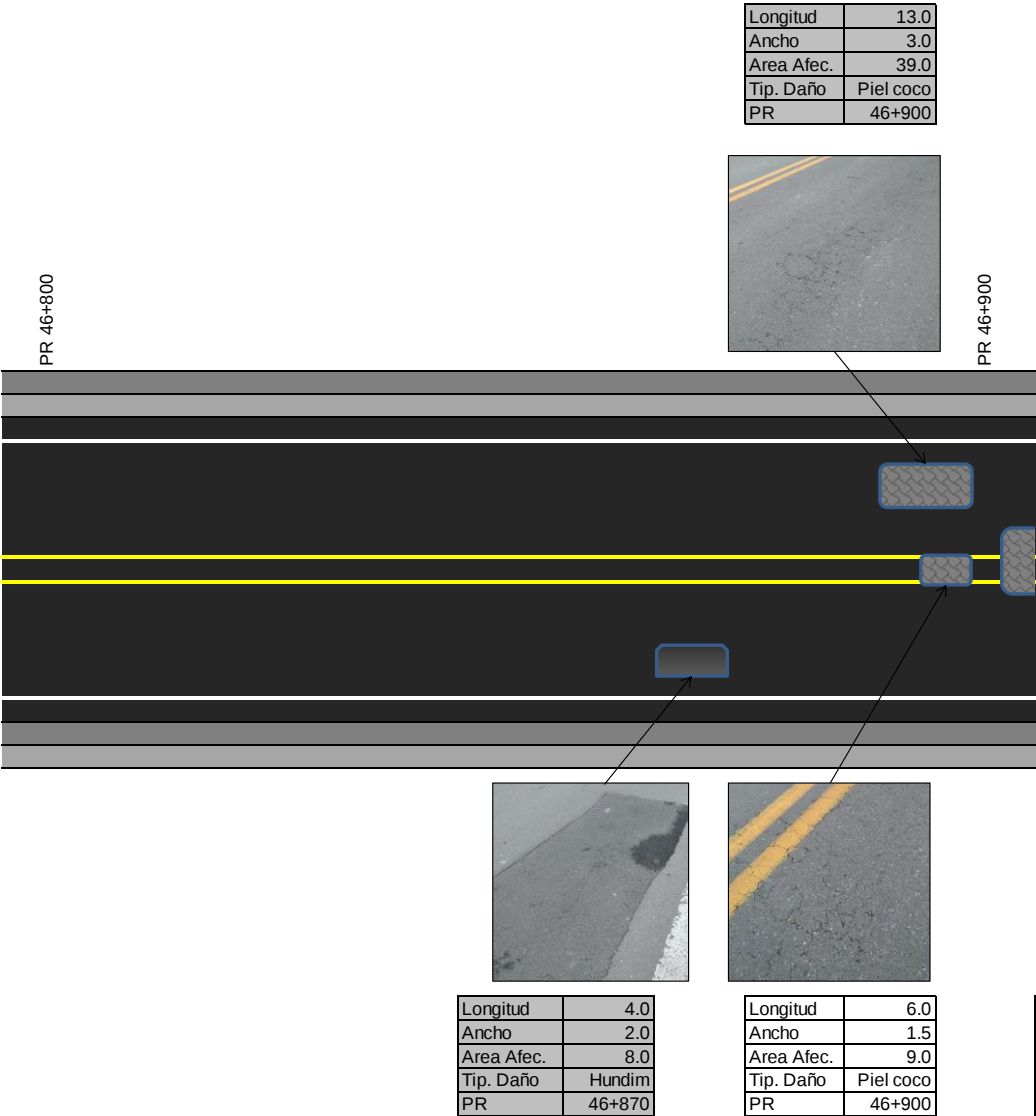


Ilustración 48: Auscultación Villeta PR 46+700 a 47+800



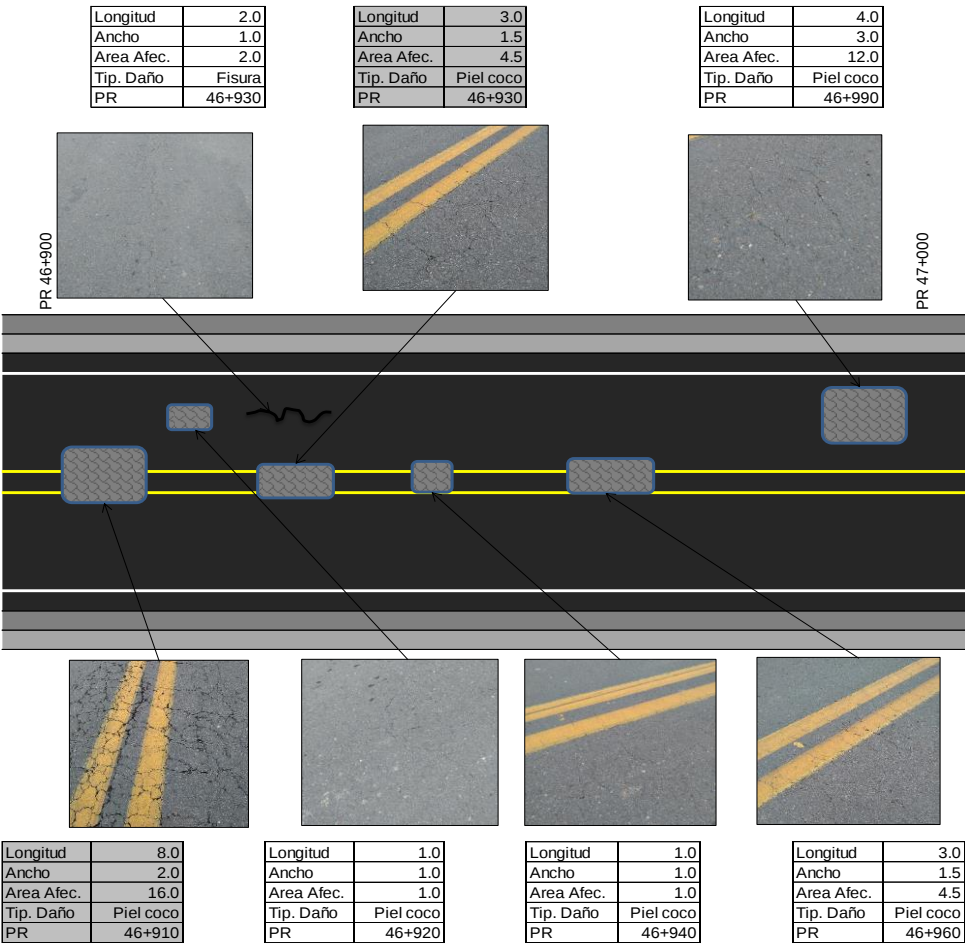
Fuente propia

Ilustración 49: Auscultación Villeta PR 46+800 a 47+900



Fuente propia

Ilustración 50: Auscultación Villeta PR 46+900 a 47+000



Fuente propia

15.2.1.2. Análisis de información Vianí a través del VIZIR:

Tabla 38: Análisis de información a través del VIZIR Vianí

UNIDAD DE MUESTREO (M)
100
UNIDAD DE MUESTREO (M2)
800

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 46+300	PR 46+400	A	hundimiento longitudinal	40	1	5%	2	2	1	3	REGULAR
		A	hueco	0.8	2	0%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 46+400	PR 46+500	A	piel de cocodrilo	1	1	0%	1	1	0	0	BUENO

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 46+500	PR 46+600						0	0	0	1	BUENO

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 46+600	PR 46+700						0	0	0	1	BUENO

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 46+700	PR 46+800	A	hundimiento longitudinal	48	2	6%	2	2	2	3	REGULAR
		B	afloramiento	4.5	2	1%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 46+800	PR 46+900	A	hundimiento longitudinal	8	2	1%	2	2	2	3	REGULAR
		A	piel de cocodrilo	9	1	1%					
		A	piel de cocodrilo	39	2	5%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 46+900	PR 47+000	A	fisura longitudinal	2	1	0%	1	1	0	2	BUENA
		A	piel de cocodrilo	19.5	1	2%					
		A	piel de cocodrilo	20.5	2	3%					

Fuente propia

De acuerdo con el análisis realizado se identificó que en la zona de Vianí se encuentran tramos en los cuales se tiene MDC-2 realmente joven, pero que presenta en algunas zonas patologías estructurales como piel de cocodrilo y fisuras; sin embargo, también se evidencian zonas con mezcla asfáltica totalmente

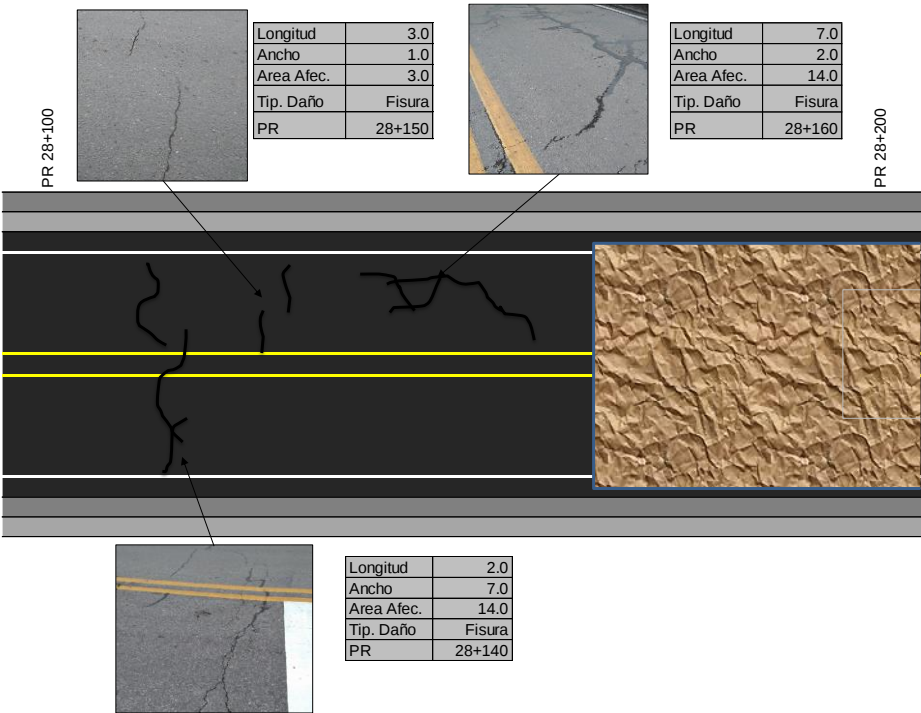
envejecida, la cual presenta fisuras, baches, piel de cocodrilo, pulimiento de agregados, y que es conveniente someter a intervención para que la estructura no sufra daños.

15.2.2. Sistema de gestión San Juan de Rioseco:

Para la determinación del estado del asfalto en el sector de San Juan de Rioseco, se realiza un análisis por medio del método VIZIR entre el PR 28 y PR 29 del tramo en investigación, con lo cual se ejecutará una inspección visual, para identificar las patologías con su respectivo nivel de gravedad, regularlos índices de fisuración y deformación, y por último, obtener el rango de fisuración del VIZIR.

15.2.2.1. Inspección visual sector San Juan de Rioseco:

Ilustración 51: Auscultación San Juan PR 28+100 a 28+200



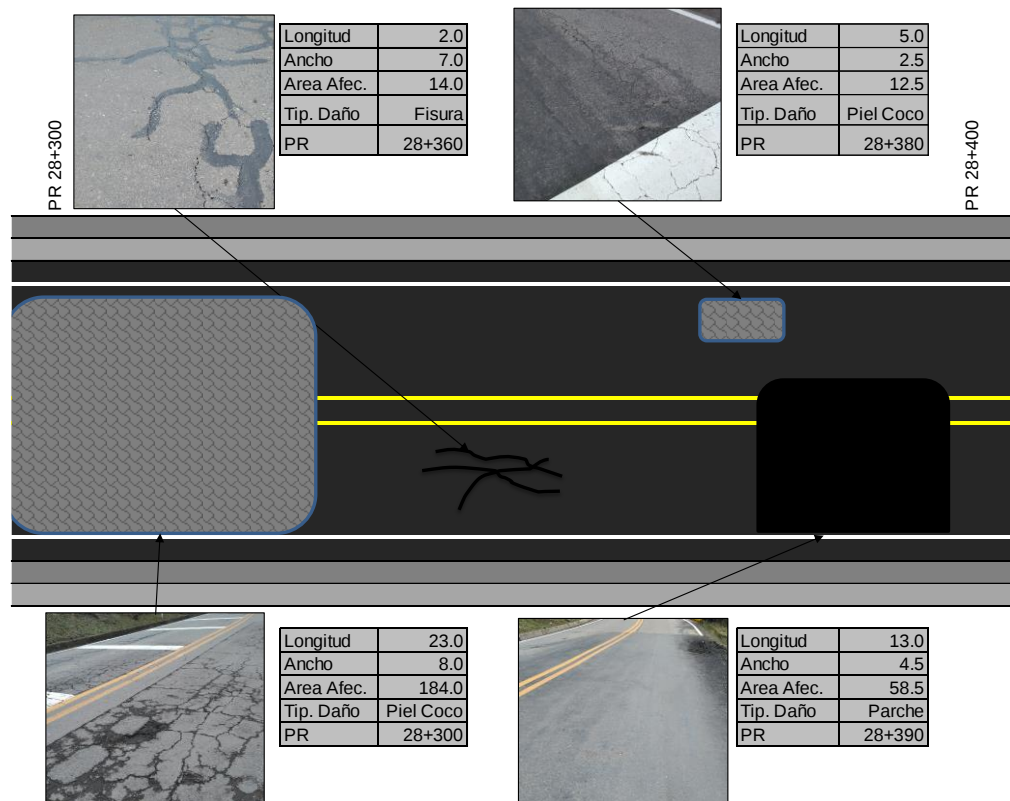
Fuente propia

Ilustración 52: Auscultación San Juan PR 28+200 a 28+300



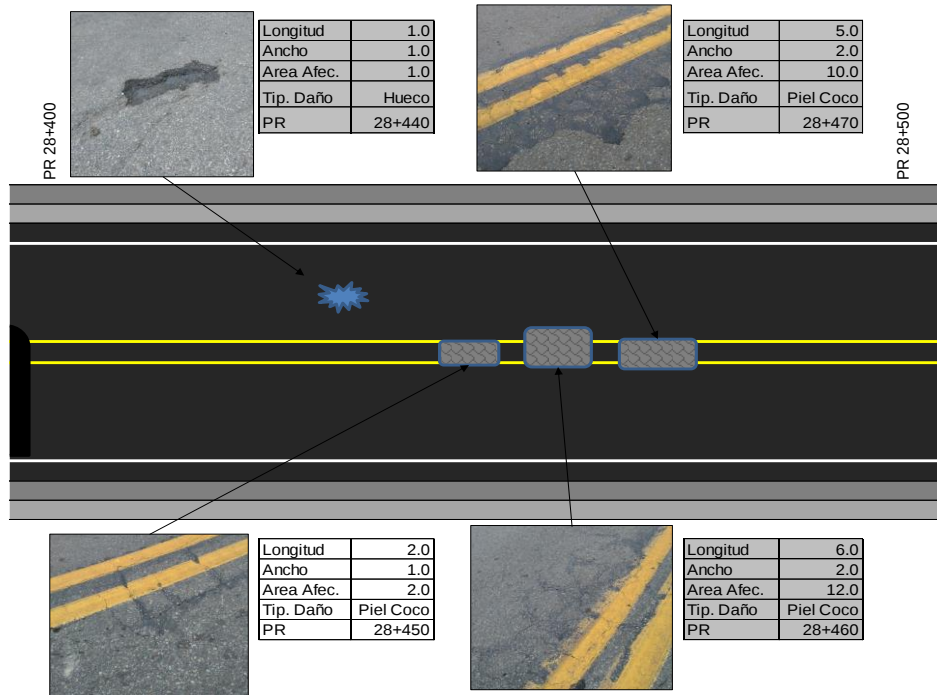
Fuente propia

Ilustración 53: Auscultación San Juan PR 28+300 a 28+400



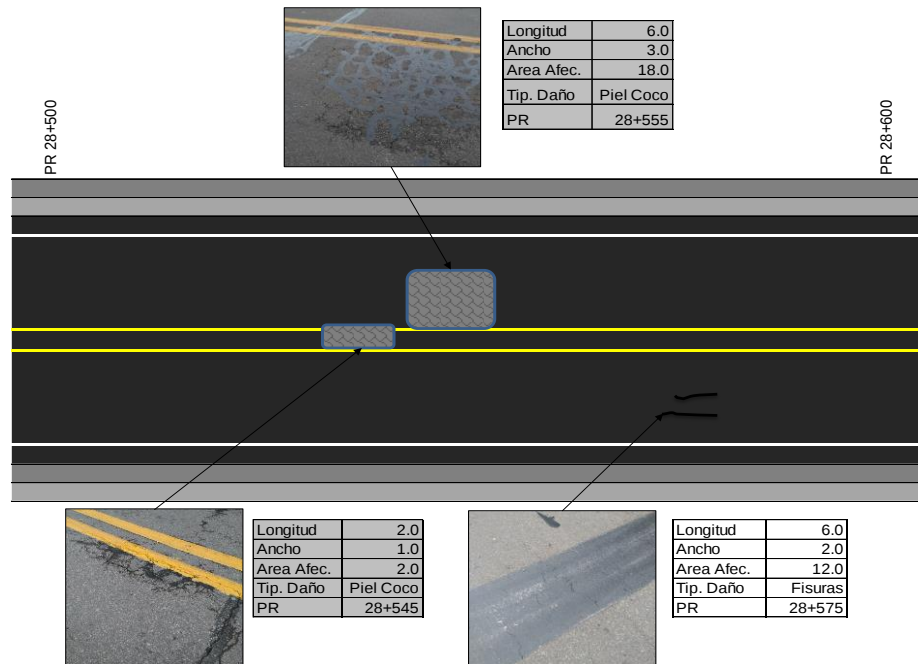
Fuente propia

Ilustración 54: Auscultación San Juan PR 28+400 a 28+500



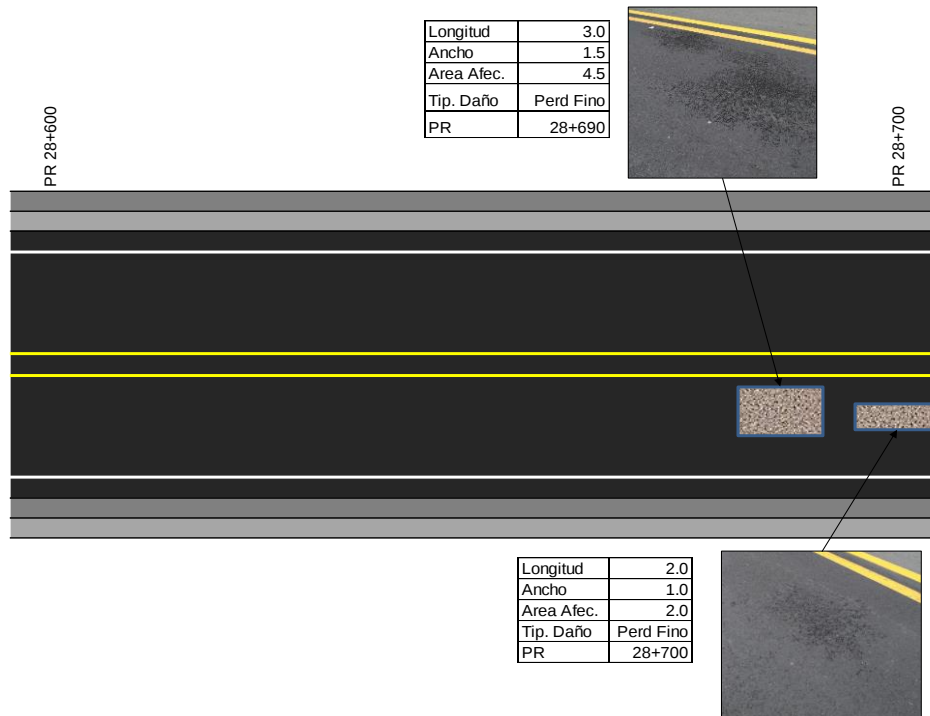
Fuente propia

Ilustración 55: Auscultación San Juan PR 28+500 a 28+600



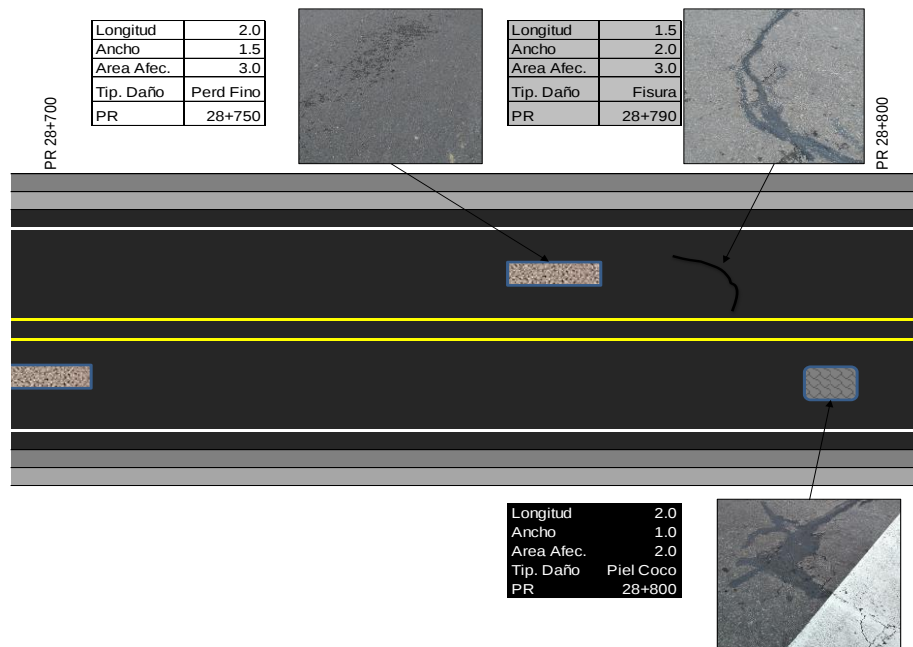
Fuente propia

Ilustración 56: Auscultación San Juan PR 28+700 a 28+800



Fuente propia

Ilustración 57: Auscultación San Juan PR 28+700 a 28+800



Fuente propia

15.2.2.2. Análisis de información San Juan a través del VIZIR:

Tabla 39: Análisis de información a través del VIZIR San Juan

UNIDAD DE MUESTREO (M)
100
UNIDAD DE MUESTREO (M2)
800

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 28+100	PR 28+200	A	fisura longitudinal	31	2	4%	2	2	0	2	BUENO

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 28+200	PR 28+300										ZONA INESTABLE

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 28+300	PR 28+400	A	fisura longitudinal	14	2	2%	2	3	0	3	REGULAR
		A	piel de cocodrilo	196.5	2	25%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 28+400	PR 28+500	A	hueco	1	2	0%	2	2	0	2	BUENA
		A	piel de cocodrilo	2	1	0%					
		A	piel de cocodrilo	22	2	3%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 28+500	PR 28+600	A	fisura longitudinal	12	1	2%	2	2	0	2	BUENA
		A	piel de cocodrilo	20	2	3%					

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 28+600	PR 28+700	B	perdida de agregado	6.5	1	1%	0	0	0	1	BUENA
						0%					
ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION
INICIAL	FINAL										
PR 28+700	PR 28+800	A	fisura longitudinal	3	2	0%	2	2	0	2	BUENA
		A	piel de cocodrilo	2	3	0%					
		B	perdida de agregado	3	1	0%					

Fuente propia

Con respecto a la auscultación realizada en la zona correspondiente a San Juan de Rioseco, se constata que se presentan zonas donde la Concesión ha realizado intervenciones con mezcla asfáltica MDC-2, de acuerdo con las especificaciones como lo exige la norma INVIAS 2007. Sin embargo, en zonas donde no se ve intervención alguna, se evidencia un envejecimiento total de la mezcla asfáltica, donde presenta piel de cocodrilo constante, de estado regular a grave y fisuras que han sido tratadas con sello, por lo que es recomendable realizar el respectivo correctivo a la estructura de la mezcla asfáltica.

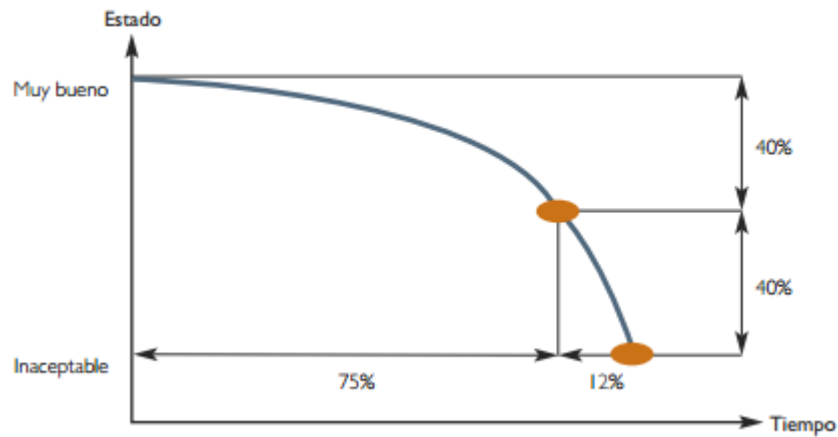
16. GENERALIDADES DE MANTENIMIENTO VIAL

La infraestructura vial juega un papel muy importante en el desarrollo de una nación o región, y esto se ve reflejado en la relación entre la densidad de la red de carreteras y el Producto Interno Bruto (PIB). Es aquí donde la condición y el estado de una red vial adquieren su importancia para que esta relación se materialice.

Para conocer con mayor precisión el tema del mantenimiento vial, hay que enfocar la observación y toma de información en el comportamiento del pavimento a lo largo de su periodo de vida promedio. El comportamiento observado tiende a describir una curva parabólica, lo que indica que, una vez construido el pavimento, éste disminuirá la calidad por la constante demanda que presentan los usuarios y por la climatología imperante que puede presentar la zona.

El comportamiento del pavimento se puede catalogar en dos niveles de estado o condición, los cuales se encuentran relacionados con el nivel de servicio brindado en cada caso por la infraestructura al usuario: La primera condición o condición inicial se denomina como “muy buena” y una condición final indicada como “inaceptable”, que dependen fundamentalmente de la exigencia de los usuarios.

Ilustración 58: Comportamiento de los pavimentos



Fuente CAF. Mantenimiento Vial informe sectorial

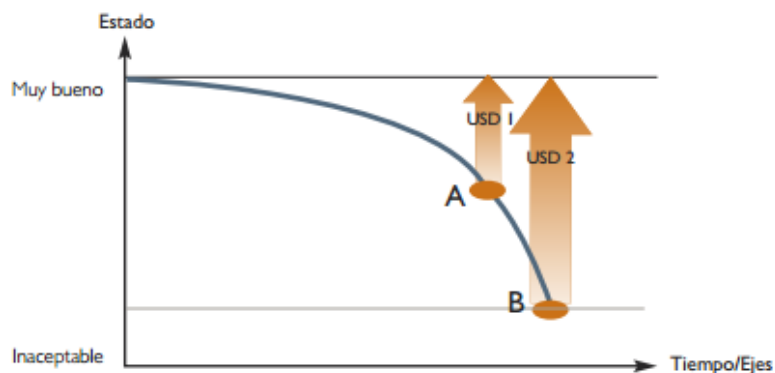
A partir de la gráfica presentada anteriormente se puede considerar que el pavimento comienza su etapa de deterioro una vez se coloca en servicio. Los pavimentos tienden a deteriorarse lentamente a su inicio y una vez llegue a un cierto periodo de tiempo se acelera su deterioro considerablemente. De acuerdo con experiencias vividas con los pavimentos, estos sufren el deterioro lento a través del 75% de su vida útil, perdiendo hasta el 40% de su funcionalidad en este tiempo y a partir de ello se presenta el deterioro acelerado de la carpeta asfáltica.

Esta característica, es a la que se alude cuando se menciona el patrón “exponencial” del deterioro de los pavimentos. De allí, que sea un concepto de importancia a la hora de definir el momento oportuno para rehabilitar el camino, debido a las consecuencias económicas que representa en el beneficio del usuario y en la rentabilidad socioeconómica de la inversión realizada.

De acuerdo con el concepto mencionado anteriormente y entendiéndose como la rehabilitación al conjunto de técnicas que se implementan para devolver el estado de la vía a su condición inicial, se debe conocer y entender el concepto para saber cuándo intervenir el pavimento, pues el incremento de los costos se ve diferenciado con notoriedad; es decir, resulta significativa la determinación del tipo y oportunidad para llevar a cabo las actividades de mantenimiento y rehabilitación, pues adquieren singular importancia económica.³⁷

³⁷ CAF. Mantenimiento Vial informe sectorial. 2010

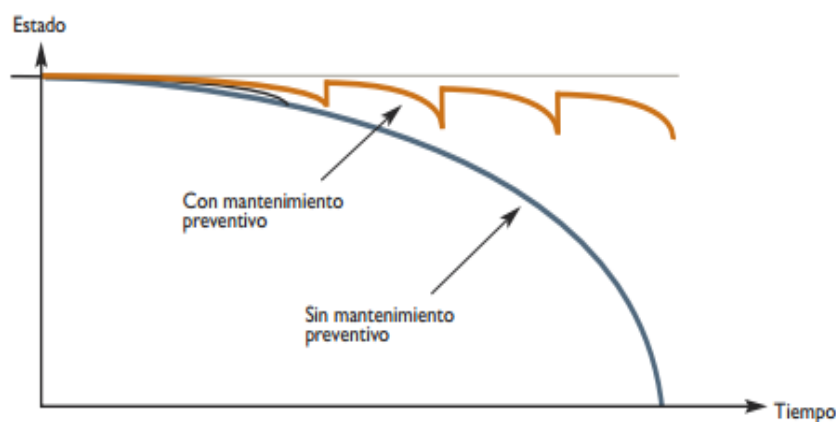
Ilustración 59: Implicaciones económicas para la rehabilitación



Fuente CAF. Mantenimiento Vial informe sectorial

De este modo vale la pena mencionar la diferencia que puede presentarse entre el momento A y el momento B, pues puede llegar a ser 6 veces su inversión para la rehabilitación; por tal razón es de importancia vital la estrategia de mantenimiento y/o rehabilitación seleccionada o a seleccionar, pues tiene consecuencias directas en el nivel de servicio que el camino brindará al usuario durante su vida útil.³⁸

Ilustración 60: Implicaciones de diferentes estrategias en la condición del pavimento



Fuente 4. CAF. Mantenimiento Vial informe sectorial

³⁸ CAF. Mantenimiento Vial informe sectorial. 2010

17. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS

17.1. Precio Unitario MDC-3

Tabla 40: A.P.U. MDC-3

EQUIPO		UNIDAD		M3		
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA/HORA	RENDIMIENTO	VR UNITARIO		
MINICARGADOR BARREDORA		\$ 80,000	5	\$ 16,000		
TERMINADORA DE ASFALTO		\$ 140,000	5	\$ 28,000		
COMPACTADOR VIBRATORIO		\$ 120,000	5	\$ 24,000		
COMPACTADOR NEUMATICO		\$ 120,000	5	\$ 24,000		
HERRAMIENTA MENOR				\$ 183		
				SUBTOTAL	\$ 92,183	
MATERIALES EN OBRA						
DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNI.	CANTIDAD	VR UNITARIO		
MDC-3		\$ 391,347	1.3	\$ 508,751.10		
				SUBTOTAL	\$ 508,751	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VR UNITARIO	
OBREROS (8)	\$ 208,331	160%	\$ 333,330	30	\$ 11,111.00	
OFICIALES (3)	\$ 135,000	160%	\$ 216,000	30	\$ 7,200.00	
				SUBTOTAL	\$ 18,311	
				TOTAL C.D.	\$ 619,245	
COSTOS INDIRECTOS						
DESCRIPCION			PORCENTAJE	VR TOTAL		
ADMINISTRACION			10%	\$ 61,924.52		
IMPREVISTOS			4%	\$ 24,769.81		
UTILIDAD			4%	\$ 24,769.81		
				TOTAL	\$ 730,709	

Fuente: Concesión vial panamericana

17.2. Precio Unitario MDC-2

Tabla 41: A.P.U. MDC-2

EQUIPO		UNIDAD		M3	
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA/HORA	RENDIMIENTO	VR UNITARIO	
MINICARGADOR BARREDORA		\$ 80,000	5	\$ 16,000	
TERMINADORA DE ASFALTO		\$ 140,000	5	\$ 28,000	
COMPACTADOR VIBRATORIO		\$ 120,000	5	\$ 24,000	
COMPACTADOR NEUMATICO		\$ 120,000	5	\$ 24,000	
HERRAMIENTA MENOR				\$ 183	
				SUBTOTAL	\$ 92,183
MATERIALES EN OBRA					
DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNI.	CANTIDAD	VR UNITARIO	
MDC-2		\$ 357,016	1.3	\$ 464,121	
				SUBTOTAL	\$ 464,121
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VR UNITARIO
OBREROS (8)	\$ 208,331	160%	\$ 333,330	30	\$ 11,111
OFICIALES (3)	\$ 135,000	160%	\$ 216,000	30	\$ 7,200
				SUBTOTAL	\$ 18,311
				TOTAL C.D.	\$ 574,615
COSTOS INDIRECTOS					
DESCRIPCION			PORCENTAJE	VR TOTAL	
ADMINISTRACION			10%	\$ 57,461	
IMPREVISTOS			4%	\$ 22,985	
UTILIDAD			4%	\$ 22,985	
				TOTAL	\$ 678,046

Fuente: Concesión vial panamericana

17.3. Precio Unitario MSC-19

Tabla 42: A.P.U. MSC-19

EQUIPO		UNIDAD		M3	
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA/HORA	RENDIMIENTO	VR UNITARIO	
MINICARGADOR BARREDORA		\$ 80,000	6	\$ 13,333	
TERMINADORA DE ASFALTO		\$ 140,000	6	\$ 23,333	
COMPACTADOR VIBRATORIO		\$ 120,000	6	\$ 20,000	
COMPACTADOR NEUMATICO		\$ 120,000	6	\$ 20,000	
HERRAMIENTA MENOR				\$ 153	
				SUBTOTAL	\$ 76,819
MATERIALES EN OBRA					
DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNI.	CANTIDAD	VR UNITARIO	
MSC-19 ASFALTO TIPO III		\$ 414,429	1.3	\$ 538,758	
				SUBTOTAL	\$ 538,758
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VR UNITARIO
OBREROS (8)	\$ 208,331	160%	\$ 333,330	36	\$ 9,259
OFICIALES (3)	\$ 135,000	160%	\$ 216,000	36	\$ 6,000
				SUBTOTAL	\$ 15,259
				TOTAL C.D.	\$ 630,836
COSTOS INDIRECTOS					
DESCRIPCION			PORCENTAJE	VR TOTAL	
ADMINISTRACION			10%	\$ 63,084	
IMPREVISTOS			4%	\$ 25,233	
UTILIDAD			4%	\$ 25,233	
				TOTAL	\$ 744,387

Fuente: Concesión vial panamericana

17.4. Precio Unitario Microaglomerado

Tabla 43: A.P.U. MICROAGLOMERADO

EQUIPO		UNIDAD		M3		
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA/HORA	RENDIMIENTO	VR UNITARIO		
MINICARGADOR BARREDORA		\$ 80,000	6	\$ 13,333		
TERMINADORA DE ASFALTO		\$ 140,000	6	\$ 23,333		
COMPACTADOR VIBRATORIO		\$ 120,000	6	\$ 20,000		
COMPACTADOR NEUMATICO		\$ 120,000	6	\$ 20,000		
HERRAMIENTA MENOR				\$ 153		
				SUBTOTAL	\$ 76,819	
MATERIALES EN OBRA						
DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNI.	CANTIDAD	VR UNITARIO		
MICROAGLOMERADO F8		\$ 488,287	1.3	\$ 634,773		
				SUBTOTAL	\$ 634,773	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VR UNITARIO	
OBREROS (8)	\$ 208,331	160%	\$ 333,330	36	\$ 9,259	
OFICIALES (3)	\$ 135,000	160%	\$ 216,000	36	\$ 6,000	
				SUBTOTAL	\$ 15,259	
				TOTAL C.D.	\$ 726,852	
COSTOS INDIRECTOS						
DESCRIPCION			PORCENTAJE	VR TOTAL		
ADMINISTRACION			10%	\$ 72,685		
IMPREVISTOS			4%	\$ 29,074		
UTILIDAD			4%	\$ 29,074		
				TOTAL	\$ 857,685	

Fuente: Concesión vial panamericana

17.5. Precio Unitario Slurry

Tabla 44: A.P.U. SLURRY

EQUIPO		UNIDAD		M2	
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA/HORA	RENDIMIENTO	VR UNITARIO	
MAQUINA DE SLURRY 0,9 M3		\$ 300,000	250	\$ 1,200	
CLASIFICADORA		\$ 90,000	250	\$ 360	
PLANTA ELECTRICA		\$ 70,000	250	\$ 280	
CARGADOR		\$ 140,000	250	\$ 560	
CARROTANQUE DE AGUA		\$ 55,000	250	\$ 220	
HERRAMIENTA MENOR				\$ 1	
				SUBTOTAL	\$ 2,621
MATERIALES EN OBRA					
DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNI.	CANTIDAD	VR UNITARIO	
AGREGADOS SLURRY 10MM	M3	\$ 95,000	0.011	\$ 1,045	
EMULSION MPI-CRL-1HM	KG	\$ 1,309	2.2	\$ 2,880	
ADITIVO	KG	\$ 2,267	0.19	\$ 431	
DESPERDICIO 5%				\$ 218	
				SUBTOTAL	\$ 4,573
MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VR UNITARIO
OBREROS (6)	\$ 156,248	160%	\$ 249,997	1680	\$ 149
				SUBTOTAL	\$ 149
				TOTAL C.D.	\$ 7,344
COSTOS INDIRECTOS					
DESCRIPCION			PORCENTAJE	VR TOTAL	
ADMINISTRACION			10%	\$ 734	
IMPREVISTOS			4%	\$ 294	
UTILIDAD			4%	\$ 294	
				TOTAL	\$ 8,665

Fuente: Concesión vial panamericana

17.6. Precio Unitario Mezcla de Alto Modulo

Tabla 45: A.P.U. Mezcla de alto modulo

EQUIPO		UNIDAD		M3		
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA/HORA	RENDIMIENTO	VR UNITARIO		
MINICARGADOR BARREDORA		\$ 80,000	6	\$ 13,333		
TERMINADORA DE ASFALTO		\$ 140,000	6	\$ 23,333		
COMPACTADOR VIBRATORIO		\$ 120,000	6	\$ 20,000		
COMPACTADOR NEUMATICO		\$ 120,000	6	\$ 20,000		
HERRAMIENTA MENOR				\$ 153		
				SUBTOTAL	\$ 76,819	
MATERIALES EN OBRA						
DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNI.	CANTIDAD	VR UNITARIO		
MAM TIPO II Y FIBRAS		\$ 509,281	1.3	\$ 662,065		
				SUBTOTAL	\$ 662,065	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VR UNITARIO	
OBREROS (8)	\$ 208,331	160%	\$ 333,330	36	\$ 9,259	
OFICIALES (3)	\$ 135,000	160%	\$ 216,000	36	\$ 6,000	
				SUBTOTAL	\$ 15,259	
				TOTAL C.D.	\$ 754,144	
COSTOS INDIRECTOS						
DESCRIPCION			PORCENTAJE	VR TOTAL		
ADMINISTRACION			10%	\$ 75,414		
IMPREVISTOS			4%	\$ 30,166		
UTILIDAD			4%	\$ 30,166		
				TOTAL	\$ 889,890	

Fuente: Concesión vial panamericana

17.7. Precio Fresado mecánico

Tabla 46: A.P.U. Fresado mecánico

EQUIPO			UNIDAD		M3	
DESCRIPCION	TIPO	TARIFA/HORA	RENDIMIENTO	VR UNITARIO		
FRESADORA DE PAVIMENTO		\$ 250.000	10	\$ 25.000		
BARREDORA MECANICA DE CEPILLO		\$ 80.000	20	\$ 4.000		
CARROTANQUE		\$ 80.813	20	\$ 4.041		
				SUBTOTAL	\$ 33.041	
MATERIALES EN OBRA						
DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNI.	CANTIDAD	VR UNITARIO		
PUNTA		\$ 15.500	0,9	\$ 13.950		
BASES		\$ 27.500	36	\$ 764		
				SUBTOTAL	\$ 14.714	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCION	JORNAL	PRESTACIONES	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VR UNITARIO	
OBREROS (8)	\$ 52.083	160%	\$ 83.332	80	\$ 1.042	
				SUBTOTAL	\$ 1.042	
					TOTAL C.D.	\$ 48.796
COSTOS INDIRECTOS						
DESCRIPCION			PORCENTAJE	VR TOTAL		
ADMINISTRACION			10%	\$ 4.880		
IMPREVISTOS			4%	\$ 1.952		
UTILIDAD			4%	\$ 1.952		
				TOTAL	\$ 57.579	

Fuente: Concesión vial panamericana

Es importante recalcar que los precios establecidos anteriormente se realizan de acuerdo con el estudio realizado entre la Concesión y la planta que suministra el material a los corredores viales, en este caso la planta de Murcia Construcciones, que es filial de la Constructora Murcia & Murcia, ubicada en el municipio de Villeta (tablas 40 – 46).

18. MATRIZ DE DISTANCIAS PARA LOS SECTORES DE ESTUDIO

Al momento de poder tener un concepto en cuanto al costo de las mezclas en cada uno de los tramos de estudio del proyecto, es muy importante constatar también el costo del transporte de estos, pues como se tiene identificado en capítulos anteriores, en los tramos de estudio o corredores de estudio se tiene que incluir un costo adicional de los peajes de la Concesión.

La unidad de medida que se trabaja para la referenciación de este costo del transporte de las mezclas es el de m³/Km, el cual está tasado por la Concesión en 825 pesos (COP). Sin embargo, para efectos del estudio del modelo, se incorporará un análisis detallado de acuerdo con las distancias para cada uno de los tramos de estudio, incluyendo el costo de los peajes según la distancia, si así lo requiere el proyecto a ejecutar.

18.1. Método de cálculo de costo distancia

Teniendo en cuenta que la planta de mezcla asfáltica está ubicada en Villeta, el concepto de cálculo para los costos por concepto de transporte del material se establecerá por medio del abcisado con que la Concesión maneja la referencia del corredor vial. De esta manera, el modelo integrará el costo del transporte asociando los peajes, en el caso de que se requiera.

Para esto se estableció una matriz de distancias como se identifica en la Tabla 47, la cual muestra las distancias que hay desde la planta de asfalto, hasta cada uno de los tramos que se han venido estudiando, y de acuerdo con el abcisado en el que se vaya a realizar el estudio, el modelo identificará y asociará un costo para éste.

Tabla 47: A.P.U. Matriz de distancia corredor Alpes – Villeta

				ALBAN
				CHUGUACAL
				3,10 Km
				18,40 Km
				28,20 Km
PLANTA DE ASFALTO	VILLET A	SASA IMA	CHUGUACAL	33,20 Km
	5,00 Km	9,80 Km	15,30 Km	
		14,80 Km	25,10 Km	
			30,10 Km	

Tabla 48: A.P.U. Matriz de distancia corredor Chuguacal – Cambao

				SAN JUAN DE R.
				VIANI
				16,30 Km
				44,00 Km
				59,30 Km
PLANTA DE ASFALTO	VILLET A	SASA IMA	CHUGUACAL	VIANI
	5,00 Km	9,80 Km	15,30 Km	27,70 Km
		14,80 Km	25,10 Km	43,00 Km
			30,10 Km	52,80 Km
				57,80 Km
				74,10 Km

Fuente: Concesión vial panamericana

En el caso que el proyecto requiera del pago de peaje para el transporte de las mezclas, el modelo realizará un cobro a los m³/Km según los costos que presenta la Concesión para el paso de camiones categoría V (Camiones de tres o cuatro ejes), este costo está catalogado en **\$ 36.700 COP** de acuerdo con la tabla de cobro, tanto del peaje de Jalisco como del peaje de Guayabal.

19. MODELO DE COSTO PARA LAS MEZCLAS ASFALTICAS

Para la realización del modelo de costos, se planteó la formulación de variables que, mediante una secuencia lógica y continua, el usuario pueda trabajar de manera ágil y sencilla. Esto se hace por medio de continuas hojas de Excel que, formuladas y trabajadas mediante una programación algorítmica, permite que el usuario siga la secuencia para llegar a un análisis final de lo que está requiriendo el proyecto.

El modelo de costos trabaja mediante varias etapas de acuerdo con lo que el proyecto a estudiar necesite, es decir, este si se correlacionan los datos correctamente determinara el corredor vial y la abscisa exacta en que se proyecta realizar las actividades, también una vez el usuario identifique si será un proyecto de construcción o de mantenimiento, el modelo contemplara esta variable para el desarrollo de los cálculos; entre otras especificaciones que el modelo irá solicitando a medida que se va avanzando a través de las interfaces de este.

19.1. Interfaz de inicio del Modelo de costos

Esta primera interfaz del modelo de costos, solicita los datos iniciales del proyecto:

- Nombre del proyecto
- Fecha del proyecto
- Corredor en el cual se plantea realizar la intervención
- Abscisa del tramo a intervenir
- Tipo de intervención del proyecto

Una vez se diligencie estos campos el modelo automáticamente comienza a trabajar con las características que el usuario ha planteado en esta interfaz, pues ya se tienen establecidos los parámetros del corredor, abscisas, y el tipo de intervención a realizar, como se muestra en la Ilustración 61.

Ilustración 61: Interfaz de inicio del modelo de costos

Nombre del proyecto	Estudio de prueba	
Fecha	13/11/2018	
Tramo a intervenir	Trabajo a realizar	Opción
Alpes - Villeta	Construcción	☐ 1
Alpes - Villeta	Mantenimiento	☒ 2
Chuguacal - Cambao	Construcción	☐ 3
Chuguacal - Cambao	Mantenimiento	☐ 4
Tramo a intervenir	Abscisa Inicial	Abscisa Final
	PR 65+000	PR 68+000

Modelo de costos de las mezclas asfálticas en el centro occidente de Cundinamarca

Siguiente
Fuente: Propia

19.2. Interfaz del modelo de costos en construcción.

En la interfaz de construcción, el modelo de costo automáticamente relaciona la zona de intervención del proyecto, de acuerdo con los parámetros estipulados por el usuario en la interfaz de inicio.

La interfaz automáticamente identificará la distancia de intervención en metros, mostrando los PR que el usuario determino en la interfaz anterior, y automáticamente resolverá en qué tramo se realizará el proyecto, dependiendo del corredor que el usuario escogió para la intervención, como se muestra en la Ilustración 62.

Adicional a esto, en la interfaz de construcción el modelo de costos solicita nuevas variables para que éste pueda continuar con el análisis a los costos de mezclas asfálticas que se tienen identificadas en la región o en los corredores viales, como se muestra en la Ilustración 62.

Ilustración 62: Interfaz de construcción del modelo de costos

Longitud de intervención	3000 m	
Ancho promedio de la calzada	8,5 m	
Tramo a intervenir	Abscisa Inicial	Abscisa Final
	PR 65+000	PR 68+000
Zona de intervención Alpes - Villeta		
Alban		
Sasaima		
Villeta		
Zona de intervención Chuguacal - Cambao		
Viani		
San Juan de Rioseco		
Espesor de diseño de la mezcla asfáltica en metros	0,07 m	

Modelo de costos de las mezclas asfálticas en el centro occidente de Cundinamarca

Siguiente
Anterior

Fuente: Propia

19.3. Interfaz del modelo de costos de los presupuestos en construcción.

Luego de la inclusión de las directrices por parte del usuario para la realización del estudio a través del modelo de costos, éste automáticamente realizará los presupuestos de cada uno de los tipos de mezclas asfálticas relacionadas que se han instalado en los corredores en mención.

Los presupuestos trabajan de manera estandarizada, e incluyen los costos tanto del transporte del material como el de los peajes para un vehículo categoría V, de acuerdo con las abscisas integradas inicialmente en el modelo de costos por el usuario, lo que indica que automáticamente el modelo evaluará la distancia y si es necesario el pago de peajes para el transporte.

Adicionalmente en esta interfaz el usuario podrá observar la información necesaria para que pueda tomar la mejor decisión al momento de escoger el tipo de mezcla para su intervención. Esto se hace a través de la información con la que cuenta el modelo del costo de las diferentes variables mencionadas a través del proyecto, como se muestra en la Ilustración 63:

- Tránsito de la zona
- Climatología de la zona
- Matriz de distancia
- Características del material

Una vez el usuario haya consultado los parámetros necesarios para la toma de decisión de la mezcla a utilizar, deberá hacer click en el que quiere seleccionar para que el modelo de costos pueda generar automáticamente un resumen de costos y parámetros en la siguiente interfaz.

Ilustración 63: Interfaz de presupuesto en el proceso de construcción

PRESUPUESTOS MEZCLAS ASFALTICAS DEL CENTRO OCCIDENTE DE CUNDINAMARCA					
MDC-3					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
1	Instalacion de Mezcla densa en caliente MDC-3 (incluye extendido y compactacion)	m3	2.231,25	\$ 730.709,34	\$ 1.630.395.225,19
2	Transporte de la Mezcla desde la planta de Asfalto de Villeta	m3/Km	18.965,63	\$ 825,00	\$ 15.646.640,63
3	Peajes de Jalisco	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
4	Peajes de Guayabal	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
SUBTOTAL COSTO DE MDC-3					\$ 1.646.041.865,81
IVA SOBRE LA UTILIDAD DEL 4%					\$ 65.841.674,63
TOTAL COSTO DE MDC-3					\$ 1.711.883.540,45
MDC-2					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
1	Instalacion de Mezcla densa en caliente MDC-2 (incluye extendido y compactacion)	m3	2.231,25	\$ 678.045,59	\$ 1.512.889.224,08
2	Transporte de la Mezcla desde la planta de Asfalto de Villeta	m3/Km	18.965,63	\$ 825,00	\$ 15.646.640,63
3	Peajes de Jalisco	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
4	Peajes de Guayabal	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
SUBTOTAL COSTO DE MDC-2					\$ 1.528.535.864,70
IVA SOBRE LA UTILIDAD DEL 4%					\$ 61.141.434,59
TOTAL COSTO DE MDC-2					\$ 1.589.677.299,29

○ 1

○ 2

Tránsito de la Zona

Climatología de la Zona

Matriz de Distancia

Características del Material

Ir a pagina de Creacion

VOLVER

MSC-19					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
1	Instalacion de Mezcla semidensa en caliente MSC-19 (incluye extendido y compactacion)	m3	2.231,25	\$ 744.386,62	\$ 1.660.912.656,70
2	Transporte de la Mezcla desde la planta de Asfalto de Villeta	m3/Km	18.965,63	\$ 825,00	\$ 15.646.640,63
3	Peajes de Jalisco	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
4	Peajes de Guayabal	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
SUBTOTAL COSTO DE MSC-19					\$ 1.676.559.297,33
IVA SOBRE LA UTILIDAD DEL 4%					\$ 67.062.371,89
TOTAL COSTO DE MSC-19					\$ 1.743.621.669,22

○ 3

MICROAGLOMERADO					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
1	Instalacion de Mezcla Microaglomerada (incluye extendido y compactacion)	m3	2.231,25	\$ 726.851,52	\$ 1.621.787.460,15
2	Transporte de la Mezcla desde la planta de Asfalto de Villeta	m3/Km	18.965,63	\$ 825,00	\$ 15.646.640,63
3	Peajes de Jalisco	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
4	Peajes de Guayabal	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
SUBTOTAL COSTO DE MICROAGLOMERADO					\$ 1.637.434.100,77
IVA SOBRE LA UTILIDAD DEL 4%					\$ 65.497.364,03
TOTAL COSTO DE MICROAGLOMERADO					\$ 1.702.931.464,80

○ 4

SLURRY					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
1	Instalacion de Mezcla Slurry (incluye extendido y compactacion)	m2	31.875,00	\$ 8.665,44	\$ 276.210.876,86
2	Transporte de la Mezcla desde la planta de Asfalto de Villeta	m3/Km	5.418,75	\$ 825,00	\$ 4.470.468,75
3	Peajes de Jalisco	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
4	Peajes de Guayabal	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
SUBTOTAL COSTO DE SLURRY					\$ 280.681.345,61
IVA SOBRE LA UTILIDAD DEL 4%					\$ 11.227.253,82
TOTAL COSTO DE SLURRY					\$ 291.908.599,43

○ 5

MEZCLA DE ALTO MODULO MAM TIPO II					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
1	Instalacion de Mezcla de alto modulo MAM Tipo II (incluye extendido y compactacion)	m3	2.231,25	\$ 889.890,07	\$ 1.985.567.229,20
2	Transporte de la Mezcla desde la planta de Asfalto de Villeta	m3/Km	18.965,63	\$ 825,00	\$ 15.646.640,63
3	Peajes de Jalisco	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
4	Peajes de Guayabal	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
SUBTOTAL COSTO DE MAM					\$ 2.001.213.869,82
IVA SOBRE LA UTILIDAD DEL 4%					\$ 80.048.554,79
TOTAL COSTO DE MAM					\$ 2.081.262.424,62

○ 6

Fuente: Propia

19.4. Interfaz del modelo de costos en mantenimiento

Al igual que en el modelo de costos en la interfaz de construcción, la parte de mantenimiento automáticamente relaciona la zona de intervención del proyecto, de acuerdo con los parámetros estipulados por el usuario en la interfaz de inicio.

A diferencia de la interfaz de construcción, en el mantenimiento el modelo solicitará se especifique el tipo de intervención que se pretende realizar entre los 5 tipos que generalmente se utilizan en las intervenciones de los corredores, como se identifica en la **Ilustración 64**:

- Fresar 3 + Reponer 3
- Fresar 3 + Reponer 5
- Fresar 5 + Reponer 5
- Fresar 5 + Reponer 7
- Fresar 7 + Reponer 7.

y genera la posibilidad que el usuario presente su propia auscultación por medio del sistema de gestión de pavimentos VIZIR el cual es con el que cuenta la base de datos del modelo para la realización automática del comparativo presupuestal tal y como se muestra en la **Ilustración 65**.

Ilustración 64: Interfaz de mantenimiento del modelo de costos

Longitud de intervención	3000 m
--------------------------	--------

Ancho promedio de la calzada	3,5 m
------------------------------	-------

Tramo a intervenir	Abscisa Inicial	Abscisa Final
	PR 65+000	PR 68+000

Zona de intervención	
Alban	
Sasaima	
Villeta	X

Zona de intervención	
Viani	
San Juan de Rioseco	

Tipo de intervención	
Fresar 3 + Reponer 3	☒ 1
Fresar 3 + Reponer 5	☐ 2
Fresar 5 + Reponer 5	☐ 3
Fresar 5 + reponer 7	☐ 4
Fresar 7 + Reponer 7	☐ 5

Fuente: Propia

Modelo de costos de las mezclas asfálticas en el centro occidente de Cundinamarca

Incluir Auscultación

Siguiente

Inicio

Ilustración 65: Interfaz de mantenimiento de auscultación sistema VIZIR

TOTAL MUESTRA (M)
3000
TOTAL MUESTREO (M2)
25500

UNIDAD DE MUESTREO (M)
100
UNIDAD DE MUESTREO (M2)
850

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION	
INICIAL	FINAL											
PR 65+000	PR 65+100					0%	0				Regular	PR 00+100
						0%						
						0%						
						0%						

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION	
INICIAL	FINAL											
PR 65+100	PR 65+200					0%	0				Bueno	PR 00+000
						0%						
						0%						
						0%						

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION	
INICIAL	FINAL											
PR 65+200	PR 65+300					0%	0				Regular	PR 00+100
						0%						
						0%						
						0%						

ABSCISA		TIPO	DAÑO	AREA	GRAVEDAD	EXTENSION %	G POND	IF	ID	IS	CLASIFICACION	
INICIAL	FINAL											
PR 65+300	PR 65+400					0%	0				Regular	PR 00+100
						0%						
						0%						
						0%						

Fuente: Propia

IF				
GRAVEDAD	EXTENSION			
	0% A 10%	10% A 50%	> a 50%	
1	1	2	3	
2	2	3	4	
3	3	4	5	

ID				
GRAVEDAD	EXTENSION			
	0% A 10%	10% A 50%	> a 50%	
1	1	2	3	
2	2	3	4	
3	3	4	5	

ID/IF	INDICE DE FISURACION			
	0	1 A 2	3	4 A 5
0	1	2	3	4
1	2	3	4	5
2	3	4	5	6
3	4	5	6	7
4	5	6	7	7
5	6	7	7	7

Volver

Siguiente

19.5. Interfaz del modelo de costos de los presupuestos en mantenimiento.

De la misma manera que en el modelo de costos para los presupuestos en construcción, la interfaz presupuestal del mantenimiento trabaja siguiendo las directrices contempladas por el usuario en la interfaz de consolidación de este.

Al igual que en la interfaz mencionada anteriormente respecto a la construcción, los costos tanto del transporte del material como el de los peajes para un vehículo categoría V se encuentran incluidos para que el modelo los identifique de acuerdo a las abscisas registradas y tener en cuenta el costo de estos.

La interfaz cuenta también con las variables que se han venido mencionando a lo largo de la investigación, con el fin de que el usuario logre tomar la mejor decisión teniendo en cuenta esta información recopilada para el funcionamiento de este modelo de costos:

- Tránsito de la zona
- Climatología de la zona
- Matriz de distancia
- Características del material

A diferencia del modelo de construcción, la interfaz presupuestal para las intervenciones de mantenimiento trabajará automáticamente de acuerdo con el tipo de intervención que el usuario seleccionó. Es decir, si se contempló la directriz de realizar un fresado de 3cms más una reposición de 5cms., el modelo de costos automáticamente procederá a ejecutar el presupuesto con estas condiciones, informándole al usuario el costo de cada una de las mezclas que se han instalado en la zona, con el fin de poder generar la comparación necesaria para la toma de la decisiones, como se muestra en la **Ilustración 66**.

Una vez el usuario haya consultado los parámetros necesarios para la toma de decisión de la mezcla a utilizar, deberá hacer click en el que quiere seleccionar para que el modelo de costos pueda generar automáticamente un resumen de costos y parámetros en la siguiente interfaz.

Ilustración 66: Interfaz de presupuesto en el proceso de mantenimiento

PRESUPUESTOS MEZCLAS ASFALTICAS DEL CENTRO OCCIDENTE DE CUNDINAMARCA					
MDC-3					
Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
1	Fresado Mecanico para el area de intervencion	m3	315,00	\$ 57.579,50	\$ 18.137.541,92
2	Instalacion de Mezcla densa en caliente MDC-3 (incluye extendido y compactacion)	m3	393,75	\$ 730.709,34	\$ 287.716.804,44
3	Transporte de la Mezcla desde la planta de Asfalto de Villeta	m3/Km	3.346,88	\$ 825,00	\$ 2.761.171,88
4	Peajes de Jalisco	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
5	Peajes de Guayabal	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
SUBTOTAL COSTO DE MDC-3					\$ 290.477.976,32
IVA SOBRE LA UTILIDAD DEL 4%					\$ 11.619.119,05
TOTAL COSTO DE MDC-3					\$ 302.097.095,37
MDC-2					
Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
1	Fresado Mecanico para el area de intervencion	m3	315,00	\$ 57.579,50	\$ 18.137.541,92
2	Instalacion de Mezcla densa en caliente MDC-2 (incluye extendido y compactacion)	m3	393,75	\$ 678.045,59	\$ 266.980.451,31
3	Transporte de la Mezcla desde la planta de Asfalto de Villeta	m3/Km	3.346,88	\$ 825,00	\$ 2.761.171,88
4	Peajes de Jalisco	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
5	Peajes de Guayabal	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
SUBTOTAL COSTO DE MDC-2					\$ 269.741.623,18
IVA SOBRE LA UTILIDAD DEL 4%					\$ 10.789.664,93
TOTAL COSTO DE MDC-2					\$ 280.531.288,11
MSC-19					
Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
1	Fresado Mecanico para el area de intervencion	m3	315,00	\$ 57.579,50	\$ 18.137.541,92
2	Instalacion de Mezcla semidensa en caliente MSC-19 (incluye extendido y compactacion)	m3	393,75	\$ 744.386,62	\$ 293.102.233,54
3	Transporte de la Mezcla desde la planta de Asfalto de Villeta	m3/Km	3.346,88	\$ 825,00	\$ 2.761.171,88
4	Peajes de Jalisco	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
5	Peajes de Guayabal	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
SUBTOTAL COSTO DE MSC-19					\$ 295.863.405,41
IVA SOBRE LA UTILIDAD DEL 4%					\$ 11.834.536,22
TOTAL COSTO DE MSC-19					\$ 307.697.941,63
MICROAGLOMERADO					
Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
1	Fresado Mecanico para el area de intervencion	m3	315,00	\$ 57.579,50	\$ 18.137.541,92
2	Instalacion de Mezcla Microaglomerada (incluye extendido y compactacion)	m3	393,75	\$ 726.851,52	\$ 286.197.787,09
3	Transporte de la Mezcla desde la planta de Asfalto de Villeta	m3/Km	3.346,88	\$ 825,00	\$ 2.761.171,88
4	Peajes de Jalisco	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
5	Peajes de Guayabal	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
SUBTOTAL COSTO DE MICROAGLOMERADO					\$ 288.958.958,96
IVA SOBRE LA UTILIDAD DEL 4%					\$ 11.558.358,36
TOTAL COSTO DE MICROAGLOMERADO					\$ 300.517.317,32
SLURRY					
Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
1	Instalacion de Mezcla Slurry (incluye extendido y compactacion)	m2	13.125,00	\$ 8.665,44	\$ 113.733.890,47
2	Transporte de la Mezcla desde la planta de Asfalto de Villeta	m3/Km	2.231,25	\$ 825,00	\$ 1.840.781,25
3	Peajes de Jalisco	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
4	Peajes de Guayabal	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
SUBTOTAL COSTO DE SLURRY					\$ 115.574.671,72
IVA SOBRE LA UTILIDAD DEL 4%					\$ 4.622.986,87
TOTAL COSTO DE SLURRY					\$ 120.197.658,59
MEZCLA DE ALTO MODULO MAM TIPO II					
Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
1	Fresado Mecanico para el area de intervencion	m3	315,00	\$ 57.579,50	\$ 18.137.541,92
2	Instalacion de Mezcla de alto modulo MAM Tipo II (incluye extendido y compactacion)	m3	393,75	\$ 889.890,07	\$ 350.394.216,92
3	Transporte de la Mezcla desde la planta de Asfalto de Villeta	m3/Km	3.346,88	\$ 825,00	\$ 2.761.171,88
4	Peajes de Jalisco	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
5	Peajes de Guayabal	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
SUBTOTAL COSTO DE MAM					\$ 353.155.388,79
IVA SOBRE LA UTILIDAD DEL 4%					\$ 14.126.215,55
TOTAL COSTO DE MAM					\$ 367.281.604,34

Fuente: Propia

○ 1

● 2

○ 3

○ 4

○ 5

○ 6

Transito de la Zona

Climatologia de la Zona

Matriz de Distancia

Características del Material

Ir a pagina de Creacion

VOLVER

19.6. Resumen del modelo de costos interfaz final.

Como una interfaz final a la generación del documento, el modelo de costos generará un resumen donde el usuario podrá corroborar el presupuesto final tomado para la realización de la intervención, y los parámetros con los que actualmente cuenta la zona en la que se va realizar la intervención:

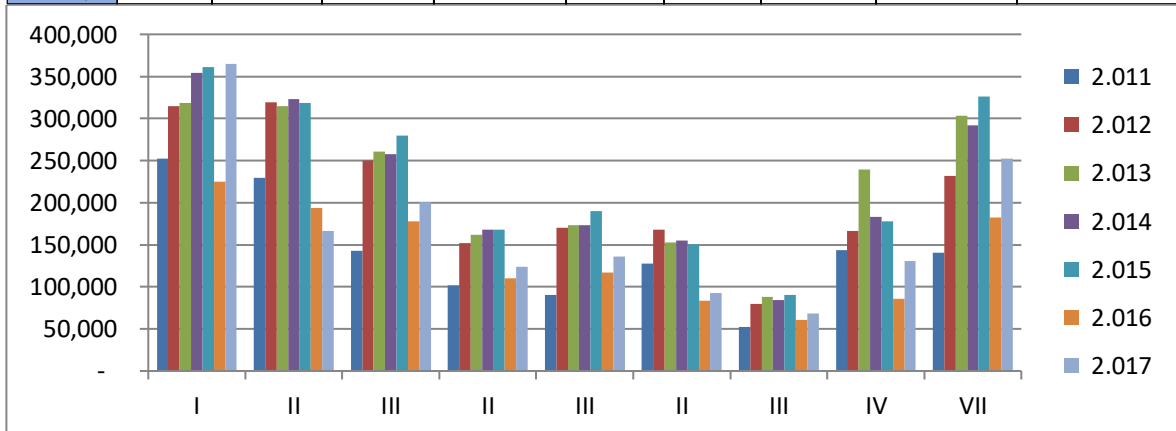
- Tráfico promedio mensual
- Gráfica de barras del tráfico del corredor
- Precipitación en MM de la zona en estudio por medio de estación activa
- Matriz de distancia del trayecto para el tramo a intervenir
- Características del material de la mezcla asfáltica actual
- Recomendación generada por el modelo de costos.

Ilustración 67: Interfaz de resumen del modelo de costos

TRAMO	Alpes - Villeta
Intervencion	Mantenimiento
Abscisa Inicial	PR 65+000
Abscisa Final	PR 68+000

Item	Descripcion	Unidad	Cantidad	Vr Unitario	Vr Total
1		m3	315,00	\$ 57.579,50	\$ 18.137.541,92
2	Instalacion de Mezcla densa en caliente (incluye extendido y compactacion)	m3	393,75	\$ 678.045,59	\$ 266.980.451,31
3	Transporte de la Mezcla desde la planta de Asfalto de Villeta	m3/Km	3.346,88	\$ 825,00	\$ 2.761.171,88
4	Peajes de Jalisco	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
5	Peajes de Guayabal	Un	-	\$ 36.700,00	\$ -
SUBTOTAL COSTO					\$ 269.741.623,18
IVA SOBRE LA UTILIDAD DEL 4%					\$ 10.789.664,93
TOTAL COSTO					\$ 280.531.288,11

TRAFICO PROMEDIO MENSUAL									
	I	II	III	II	III	II	III	IV	VII
2.011	252.251	229.229	142.663	101.877	90.409	127.352	52.254	143.273	140.410
2.012	314.648	319.215	249.839	151.616	170.424	167.599	79.415	166.228	231.482
2.013	318.528	314.628	260.973	162.080	172.959	152.548	88.014	239.478	303.091
2.014	354.156	323.025	257.921	167.674	173.297	155.351	84.624	182.826	292.075
2.015	360.963	318.448	279.935	167.977	189.641	150.471	90.294	177.932	326.043
2.016	224.867	193.882	177.469	110.110	117.035	83.772	60.434	85.730	182.184
2.017	365.046	166.728	200.483	123.618	135.766	92.502	68.668	130.363	252.543



PRECIPITACION EN MM												
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
2003	232,3	119,2	372,9	485,9	254,8	189,3	39,8	18,5	39,9	241,8	527	296,2
2004	135,8	132,3	250,4	474,1	230,3	51,5	127,8	154,3	39,7	430,7	405,5	481,5
2005	250,9	247,9	242,6	245,5	410,8	208,6	93,9	281,5	139,5	300	416,5	222,8
2006	332,3	317,2	492,5	347,9	345,5	161,9	79,1	104,7	21,5	407,4	236,2	234
2007	79,9	185,4	139,6	297,8	259,3	159	205,1	67,5	179,7	395,7	440	303
2008	121,3	228,8	409,4	673,9	239,4	90,6	106,5	59	51,7	273,1	610,6	461,8
2009	300,8	188,8	231,7	268,3	131,4	25,9	17,8	30	29,7	174	177	29
2010	126,4	302,7	127,3	273,4	433,2	30,8	41,7	106,5	84,1	354,3	350,4	209,6
2011	216	215,4	418,4	129,2	219,5	75	22,8	15,5	74,9	358,6	198,5	198,9
2012	172,6	130,8	227,1	80,4	57,5	31,3	41,2	25,4	61,9	208,8	255,4	8,3
2013	323	214,6	306,8	330	178,7	61	46,5	14	136,7	239,8	160,3	177,9
2014	144,1	125,3										
PROMEDIO	203,0	200,7	268,2	300,5	276,0	98,6	82,2	87,7	85,9	338,4	377,7	262,3

TRANSPORTE	PR PROM	PR 66+500	Unid	m³/Km
Planta de asfalto	PR 58+000	TRAYECTO A RECORRER	9 Km	

				ALBAN	
				CHUGUACAL	3,10 Km
				SASAIMA	15,30 Km
				VILLETA	9,80 Km
				PLANTA DE ASFALTO	5,00 Km
					14,80 Km
					25,10 Km
					30,10 Km
					33,20 Km
				SAN JUAN DE R.	
				VIANI	16,30 Km
				CHUGUACAL	27,70 Km
				SASAIMA	15,30 Km
				VILLETA	9,80 Km
				PLANTA DE ASFALTO	5,00 Km
					14,80 Km
					30,10 Km
					57,80 Km
					74,10 Km

TAMIZ	PORCENTAJE PASA %			
	18-ene	18-ene	19-ene	31-ene
3/4"	100	100	100	100
1/2"	87,4	84,3	85	84,8
3/8"	73	70,5	72	70,2
No. 4	50,1	52,6	51,1	56,4
No. 10	35,4	38,5	36,2	38,9
No. 40	15,5	16,8	16,4	16,6
No. 80	8,8	9,6	9,1	8,3
No. 200	5,6	5,1	5,5	4,6
ENSAYOS	FECHA			
	18-ene	18-ene	19-ene	19-ene
Granulometría	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Densidad Bulk	2360	2357	2355	2363
Vacios con aire de probetas compactadas	4,1	4,2	4,5	4,2
Estabilidad (kg)	1620	1535	1591	1592
Flujo (mm)	3	3,1	3,2	3,2
Rel. estabilidad/flujo (kg/mm)	540,00	495,16	497,19	497,50
Compactación (golpes/caras)	75	75	75	75
Vacios en los agregados minerales	15,1	15,1	15,2	15,1
Vacios llenos de asfalto	72,8	72,3	70,5	72,1
Rel. llenante/ligante en peso	1,2	1,1	1,2	1,2
% de asfalto	5	4,9	4,9	5,1
Espesor promedio de la película de asfalto	9,7	9,6	9,4	9,4

Fuente: Propia

RECOMENDACION:

En el sector de Villeta se encuentran dos tipos de mezclas asfálticas, una de función estructural bicapa, de MSC-19 entre 5 a 7 cm seguida de una capa de rodadura en micro aglomerado la cual consta de 3 cm de espesor, en donde la capa de 30cm de micro aglomerado, debido a la geometría de la vía presenta abultamientos y huecos debido a la fricción presentada por el constante paso de tráfico pesado; y en otras zonas cuenta con una capa de MDC-2 de espesores entre 5 a 8 cm, la cual esta envejecida presentando fisuras, piel de cocodrilo, pulimientos de agregados, ahuellamientos, ondulaciones, entre otras patologías que afectan radicalmente en la estructura del pavimento.

Según el análisis de tráfico a través de los años en el corredor que dirige de Alpes hacia Villeta y viceversa, se interpreta que ha tenido una figura constante, sin embargo a parte de la categoría I en el año 2017 las demás categorías presentan una disminución en su flujo vehicular; es importante tener en cuenta que es una vía en la que se transita una gran cantidad de vehículos categoría VII por lo que es importante al momento de tomar una decisión para el modelo de costos, tener un diseño optimo con un espesor adecuado para el tránsito de estos tipos de vehículos. Teniendo en cuenta lo enunciado anteriormente no es aconsejable el uso de micro aglomerados por los problemas que este presenta debido al tráfico pesado que transita por la vía.

19.7. Documento final en PDF.

El resumen o documento final contempla el presupuesto, según la mezcla por la que el usuario decidió optar. También presenta una recomendación con la que cuenta el modelo de costos que automáticamente explica cuál podría ser la mejor opción en la zona, de acuerdo con la experiencia y datos recopilados a lo largo de esta investigación. También se encuentra el estudio del tráfico en un resumen anual y el dato del mes en el que más se presenta el flujo de tráfico. Adicionalmente, se encuentran las características que debe tener la mezcla asfáltica definida por el usuario presupuestalmente, y el comportamiento climático que presenta la zona de intervención, ya sea para mantenimiento o para construcción.

20.CONCLUSIONES.

- El modelo de costos logra implementar los diferentes tipos de mezclas que se han instalado a lo largo de los tiempos en los corredores viales de Alpes – Villeta y Chugacal-Cambao, para el desarrollo de un correcto análisis presupuestal y toma de decisión final del usuario, de acuerdo con la intervención a realizar.
- El modelo de costos le permite al usuario identificar cual es el tipo de intervención que desea o proyecta realizar, en el caso de que sea construcción o un mantenimiento a algún tramo de los corredores viales
- El modelo de costos le permite al usuario contar con la información detallada de cada una de las variables planteadas para la generación de este (Clima, Tráfico, distancias, características del material, entre otras), con el fin de que ayude al usuario a tomar una decisión acertada a nivel presupuestal de las mezclas a instalar.
- El modelo de costos estructura una matriz de distancias de la fuente con la que cuentan los tramos viales, y la incluye de manera automática y eficaz permitiendo obtener un presupuesto más ajustado a la realidad para el usuario, donde podrá contar con costos de distancias y peajes, dependiendo de la abscisa a intervenir.
- El modelo de costos evalúa presupuestalmente los tipos de mezclas con precios actualizados en cuanto a su suministro e instalación, y los implementa dependiendo del corredor vial y medición de tiempos de durabilidad en el centro occidente de Cundinamarca.
- El modelo de costos facilita y genera un informe final detallado de acuerdo con las directrices que el usuario plantea a medida que recorre las interfaces del mismo, presentando así un resultado final de la decisión que el usuario presentó para la intervención a realizar.

21.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ASPHALT INSTITUTE. Un manual básico de emulsiones asfálticas, 1993. (Serie de manuales No 19) (MS-19).
2. ASPHALT INSTITUTE. Mix design methods for asphalt concrete and other hot mix types. 1993. (Serie de manuales No 3).
3. INVIAS, Instituto Nacional de Vías. Guía metodológica para el diseño de obras de rehabilitación de pavimentos asfálticos de carreteras. 2002
4. CAF. Mantenimiento Vial informe sectorial. 2010
5. BELTRAN, Álvaro. Costos y presupuestos. 2012
6. BURBANO, Jorge. Presupuestos un enfoque moderno de planeación y control de recursos. 2005 McGraw-Hill. Tercera edición
7. VERGARA, Henry. Diseño directo de pavimentos flexibles, 2012. www.camineros.com
8. SALAMANCA, Maria. ZULUAGA, Santiago. Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e instituto del asfalto para la vía la YE – Santa Lucia Barranca Lebrija entre las Abscisas K19+250 a K25+750 Ubicada en el departamento del Cesar, 2014.
9. BBC Mundo. Los países del mundo con la mejor y peor infraestructura, 2016
10. Highways Department, Guidance notes on pavement design for carriageway construction, 2013
11. MOLENAAR Prof.dr.ir. A.A.A. Structural Design of Pavements – PART III Design of Flexible Pavements, 2009
12. American Association Of State Highway And Transportations Officials. Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimentos, 1993
13. GARCIA, Ángel. GUTIERRES, Felipe. Análisis comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante las alternativas: IMT-PAVE y CR-ME del método mecanicista empírico, con el método AASHTO 93, 2014
14. BOWLES, J. Foundation Analysis and Design, 1996. McGraw-Hill, 5th Edition,.

15. UNIÓN TEMPORAL BILPRO. Estudios y diseños definitivos de la segunda calzada o par vial a la carretera los Alpes – Villeta, 2010
16. LUGO, Alvares. MIRO, Rodrigo. A review of the characterization and evaluation of permeable friction course mixtures. 2014. Revista Chilena de Ingeniería, vol. 22, núm. 4.
17. HIGUERA, Carlos. PATARROYO, Milena. VARGAS, Yeison. Factibilidad de mezclas asfálticas de alto módulo con agregados del área de influencia de Tunja. 2013, Revista Facultad de Ingeniería, UPTC.
18. VILLAVICENCIO, Cristian. Impacto de la aplicación de nuevas tecnologías de sellado con capa de protección asfáltica, en los plazos, costos y calidad de construcción de caminos secundarios en Chile. 2015.
19. IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Estación El Silencio-Sasaima, 2018
20. IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Estación San Juan-San Juan de Rioseco, 2018
21. IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Estación Santa Teresa-Albán, 2018