



**DIAGNÓSTICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA CASCAJAL-NOCAIMA.
CUNDINAMARCA – COLOMBIA**

**INGRID JOHANNA URQUIJO MERCHAN 505709
ANA MARIA DUQUE DELGADO 503654**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD PRÁCTICA SOCIAL
BOGOTÁ
2020**



**DIAGNÓSTICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VIA CASCAJAL-NOCAIMA.
CUNDINAMARCA – COLOMBIA**

**INGRID JOHANNA URQUIJO MERCHAN 505709
ANA MARIA DUQUE DELGADO 503654**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Directora:
YELINCA SALDEÑO
Ingeniera Civil**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD PRÁCTICA SOCIAL
BOGOTÁ
2020**



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación

Director:

Ing. Yelinca Saldeño

Jurado 1

Jurado 2

PAGINA DE DEDICATORIA

Cuando falta el consejo, fracasan los planes; cuando abunda el consejo, prosperan.
(Proverbios 15:22).

“A nuestras Familias por su comprensión y apoyo incondicional en el desarrollo de nuestros proyectos de vida”

PÁGINA DE AGRADECIMIENTOS

Pareciera como si nunca hubiéramos estado en paz, siempre estuvimos batallando por muchas cuestiones, sin embargo, siempre han llegado los momentos en los que nuestra lucha termino e hicimos una tregua para entre las dos lograr nuestra meta conjunta, la culminación de nuestra carrera.

En primera instancia le damos gracias a Dios que ha estado en todo momento de nuestras vidas y que nos permite cada paso con este versículo “Escucha el consejo y acepta la corrección, para que seas sabio el resto de tus días. Muchos son los planes en el corazón del hombre, más el consejo del SEÑOR permanecerá” (Proverbios19:20-21).

A nuestras Familias, DUQUE DELGADO y URQUIJO MERCHÁN, no solo por estar presentes aportándonos siempre cosas buenas a nuestras vidas, por los grandes lotes de valores, de amor y de felicidad sino por todas esas diversas emociones que siempre nos han causado, queremos agradecerles infinitamente por la paciencia, el apoyo y la tolerancia de este proceso que en nuestro caso fue un poco largo.

Ingeniera Yelinca Saldeño porque durante la realización de nuestro proyecto, usted ha sido nuestra mano derecha y quien se dedicó y esforzó para guiarnos en el complicado proceso, por sus grandes soluciones que se presentaron por la situación del COVID –19, porque gracias a su ayuda esto pareció un tanto menos complicado.

A cada uno de los docentes de la Universidad Católica de Colombia que desde sus saberes aportaron en nuestra formación como Ingenieras Civiles.

Por último, a cada una de las personas que nos acompañaron en este camino.

GRACIAS

Tabla de contenido

1. GENERALIDADES	15
1.1. TÍTULO.....	15
1.2. ALTERNATIVA	15
1.3. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.4. EJE TEMÁTICO.....	15
1.5. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	16
1.6. ESTADO DEL ARTE	19
1.7. PLANTEAMIENTO PROBLEMA.....	24
1.8. OBJETIVOS	25
1.9. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO	26
1.10. MARCO TEÓRICO	27
1.11. MARCO NORMATIVO.....	30
1.12. MARCO CONCEPTUAL.....	31
1.13. METODOLOGÍA.....	38
1.14. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	39
1.15. PRODUCTOS ENTREGADOS.....	40
1.16. INSTALACIONES Y EQUIPOS EMPLEADOS.....	40
1.17. PRESUPUESTO DEL PROYECTO	41
1.18. ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN	42
2. TRABAJO EN CAMPO	43
2.1. CARACTERIZACIÓN DEL MUNICIPIO	43
2.1.1. Población	44
2.1.2. Relieve	45
2.1.3. Tipo de suelos	45
2.2. DESCRIPCIÓN DEL TRAMO DE LA VÍA	47
2.3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	48
2.4. DIVULGACIÓN A LA COMUNIDAD.....	49
2.5. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO	59
2.5.1. Levantamiento planimétrico	64
2.5.2. Planos topográficos.....	64
2.6. ESTUDIO DE TRANSITO.....	75

CALCULO DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPD).....	100
2.7. SEGURIDAD VIAL	102
2.8. ESTUDIO DE SUELOS	110
2.8.1. Caracterización geotécnica	114
2.8.2. Ensayos de laboratorio realizados en el estudio de suelos.....	114
3. ANALISIS DE RESULTADOS	118
4. ALTERNATIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAMO SELECCIONADO	119
4.1. PAVIMENTOS FLEXIBLES O ASFÁLTICOS.....	119
4.1.1. Método constructivo para pavimento flexible o asfaltico	119
4.2. PAVIMENTOS RÍGIDOS	120
4.2.1. Método constructivo para pavimento rígido	121
4.2.2. Juntas longitudinales	121
4.2.3. Juntas transversales	122
4.2.4. Juntas de expansión	122
4.3. PAVIMENTO CON PLACA HUELLA	123
3.2.2. Método constructivo para placa huella	123
3.2.3. Riostra	124
3.2.3. Piedra pegada	124
3.2.4. Cuneta y bordillo	124
4.4. PAVIMENTO ARTICULADO CON ADOQUIN	125
4.4.1. Método constructivo para pavimento articulado.....	125
4.5. COMPARACIÓN DE METODOLOGIAS PARA MEJORAMIENTO DE LAS	126
VIÁS	
5. DIAGNOSTICO PARA MEJORAMIENTO DE LA VÍA CASCAJAL-NOCAIMA	131
5.1. DIAGNOSTICO 1: MEJORAMIENTO DE LA VÍA CON PAVIMENTO	131
ARTICULADO	
5.2. DIAGNOSTICO 2: MEJORAMIENTO DE LA VIA CON PAVIMENTO	135
RÍGIDO	
5.2.1. Categorías de tránsito para la selección de espesores	135
5.2.2. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia	135
5.2.3. Material de la subrasante	136
5.2.4. Resistencia de los materiales	137

5.2.5.	Definición de espesor de losa para pavimento rígido	137
5.2.6.	Pasadores de carga	138
5.2.7.	Resumen del diseño de estructura de pavimento rígido	140
5.3.	diagnostico 3: MEJORAMIENTO DE LA VIA CON DE LA PLACA HUELLA 142	
6.	solucion alternativa de mejora para la via cascajal-nocaima.....	145
6.1.	ALTERNATIVA DEFINITIVA PARA TODO EL TRAMO	146
7.	CONCLUSIONES.....	150
8.	Recomendaciones.....	153
9.	Bibliografía	154
10.	ANEXOS.....	154

Índice de figuras

Figura 1 Ubicación de los principales tramos de la vía Cascajal Nocaima	17
Figura 2 Estado de la vía Cascajal Nocaima.....	17
Figura 3 Tramo 1 puntos críticos	20
Figura 4 Tramo 1 puntos críticos	20
Figura 5 Tramo 3 puntos críticos	21
Figura 6 Tramo 4 puntos críticos	22
Figura 7 Mapa base del municipio de Nocaima	43
Figura 8 Estado Actual de la CRA 6	47
Figura 9 Resultados pregunta 1 Cuestionario electrónico	54
Figura 10 Resultados pregunta 2 - Cuestionario electrónico.....	54
Figura 11 Resultados pregunta 3 - Cuestionario electrónico.....	55
Figura 12 Resultados pregunta 4-Cuestionario electrónico.....	55
Figura 13 Resultados pregunta 5-Cuestionario electrónico.....	56
Figura 14 Resultados pregunta 6-Cuestionario electrónico.....	56
Figura 15 Resumen de los resultados del cuestionario electrónico.....	57
Figura 16 Localización de la vía.....	60
Figura 17 Línea entre GPS	60
Figura 18 Ubicación GPS	61
Figura 19 Plano No. 1. Plano general del levantamiento	66
Figura 20 Plano No. 2. Plano geométrico del levantamiento.....	67
Figura 21 vista en planta creación de superficie y eje de vía	68
Figura 22 perfil longitudinal.....	68
Figura 23 Visualización trazado de eje de vía de diseño	69
Figura 24 Sección típica diseño de vía área urbana	70
Figura 25 Sección típica diseño de vía área rural	71
Figura 26 Sección típica diseño de vía área rural	71
Figura 27 Cuadro de secciones transversales por abscisa	72
Figura 28 Sección transversal de diseño k0+050.....	72
Figura 29 Vista en planta geometría de la calzada	73
Figura 30 Detalle en planta zonas verdes existentes.....	74
Figura 31 Comportamiento de tráfico sentido N-S - domingo.....	78
Figura 32 Volumen sentido N-S domingo	78
Figura 33 Comportamiento en hora pico sentido N-S domingo.....	79
Figura 34 Comportamiento en hora valle sentido N-S domingo	79
Figura 35 Comportamiento de tráfico Sentido S-N –domingo	81
Figura 36 Volumen sentido S-N domingo	81
Figura 37 Comportamiento en hora pico sentido S-N domingo.....	82
Figura 38 Comportamiento en hora valle sentido S-N domingo.....	82
Figura 39 Comportamiento de tráfico sentido N-S - lunes.....	84
Figura 40 Sentido N-S lunes.....	84
Figura 41 Comportamiento en hora pico sentido N-S lunes	85
Figura 42 Comportamiento en hora valle sentido N-S lunes	85

Figura 43 Comportamiento de tráfico Sentido S-N - lunes	87
Figura 44 Volumen sentido S-N lunes.....	87
Figura 45 Comportamiento en hora pico Sentido S-N lunes	88
Figura 46 Comportamiento en hora valle Sentido S-N lunes.....	88
Figura 47 Comportamiento de tráfico ambos sentidos - domingo	90
Figura 48 Volumen ambos sentidos - domingo	90
Figura 49 Comportamiento en hora pico ambos sentidos - domingo	91
Figura 50 Comportamiento en hora valle ambos sentidos	91
Figura 51 Volumen de tránsito en ambos sentidos-domingo.....	93
Figura 52 Tipo de vehículo- domingo.....	93
Figura 53 Comportamiento de tráfico ambos sentidos lunes.....	95
Figura 54 Volumen ambos sentidos día lunes	95
Figura 55 Comportamiento en hora pico ambos sentidos-lunes	96
Figura 56 Comportamiento en hora valle ambos sentidos-lunes.....	96
Figura 57 Volumen de tránsito en ambos sentidos-lunes.....	97
Figura 58 Tipo de vehículo-lunes.....	98
Figura 59 Comportamiento diario según tipo de vehículo	99
Figura 60 Comportamiento según tipo de vehículo	99
Figura 61 Porcentaje de vehículos obtenidos del TPD.....	101
Figura 62 Señalización de tramo 1	107
Figura 63 Señalización de tramo 2	108
Figura 64 Señalización de tramo 3	109
Figura 65 Ubicación de los apiques	111
Figura 66 Curva CBR	117
Figura 67 Estructura de un pavimento flexible	120
Figura 68 Componentes principales del sistema rígido	121
Figura 69 Estructura de Pavimento Rígido.	122
Figura 70 Placa huella	124
Figura 71 Elementos estructurales de un pavimento articulado	125
Figura 72 Estructura de pavimento articulado.....	132
Figura 73 Diseño propuesto para pavimento articulado	133
Figura 74 diseño pavimento rígido.....	138
Figura 75 Diseños de pasadores de carga	139
Figura 76 Detalles de la losa de pavimento	139
Figura 77 Diseño en planta placa huella	143
Figura 78 Sección transversal Placa Huella.....	144
Figura 79 Sección Longitudinal Placa Huella	144
Figura 80 Tramos de estudio	145
Figura 81 Pavimento articulado en Bogotá	148
Figura 82 Pavimento articulado en zona recreativa y vía terciaria	148

Índice de tablas

Tabla 1 Total de kilómetros de la vía Nocaima	16
Tabla 2 Velocidades de diseño según categoría.....	28
Tabla 3. Peralte máximo y valores de radio mínimo.....	29
Tabla 4 Normatividad colombiana para el diseño y construcción de vías.....	30
Tabla 5 Condiciones mínimas para la implementación de placa huella.....	36
Tabla 6 Cronograma actividades	39
Tabla 7 Productos a entregar	40
Tabla 8 Presupuesto del proyecto de grado.....	41
Tabla 9 Población del municipio de Nocaima.....	45
Tabla 10 Puntos satélite	50
Tabla 11 Reuniones con la comunidad-presentación del proyecto	51
Tabla 12 Tramo seleccionado de la vía Cascajal-Nocaima.....	59
Tabla 13 Ubicación de GPS.....	61
Tabla 14 Coordenadas reales de los GPS1 y GPS2.....	62
Tabla 15 Equipos de topografía empleados.....	63
Tabla 16 Relación de planos realizados	65
Tabla 17 Coordenadas y cotas referencias del año 1995	65
Tabla 18 Aforo realizado domingo - sentido N-S.....	77
Tabla 19 Volumen sentido N-S domingo.....	78
Tabla 20 Aforo realizado domingo - sentido S-N.....	80
Tabla 21 Volumen sentido S-D domingo.....	81
Tabla 22 Aforo realizado lunes sentido N-S.....	83
Tabla 23 Volumen sentido N-S lunes.....	84
Tabla 24 Aforo realizado lunes sentido S-N.....	86
Tabla 25 Volumen sentido N-S lunes.....	87
Tabla 26 Aforo realizado domingo ambos sentidos.....	89
Tabla 27 Volumen ambos sentidos - domingo	90
Tabla 28 Resumen de aforo día domingo	92
Tabla 29 Aforo realizado lunes ambos sentidos.....	94
Tabla 30 Volumen ambos sentidos-lunes	95
Tabla 31 Resumen de aforo día lunes	97
Tabla 32 Resumen de aforo por cada sentido	98
Tabla 33 Relación del tránsito	100
Tabla 34 Porcentaje de vehículos que transcurren en el día.....	101
Tabla 35 Señalización vial	103
Tabla 36 Exploración del subsuelo	112
Tabla 37 Perfil estratigráfico sondeo 1.....	112
Tabla 38 Perfil estratigráfico sondeo 2.....	113
Tabla 39 Resumen de resultados ensayo CBR	115
Tabla 40 Datos obtenidos del CBR.....	116
Tabla 41 Resultados penetración y esfuerzo	116
Tabla 42 Comparaciones tipo de pavimentos	126

Tabla 43 Categorías de tránsito para la selección de espesores vía	135
Tabla 44 Clasificación de la subrasante.....	136
Tabla 45 Materiales de la subrasante de acuerdo con su resistencia	136
Tabla 46 Valores de resistencia a la flexotracción del concreto	137
Tabla 47 Datos de entrada de diseño de pavimento	137
Tabla 48 Recomendaciones para selección de pasadores de carga	138
Tabla 49 Categorías de tránsito para la selección de espesores	142
Tabla 50 Estructura diseñada en pavimento rígido	142

INTRODUCCION

La infraestructura vial es un factor determinante en la economía de un país, ya que, está implicada directamente en la formación de un mercado amplio y en la vinculación de las regiones aisladas de la geografía nacional.

Las vías de comunicación al interior de Colombia son de vital importancia para el desarrollo no solo del mercado interno del país y el progreso de cada región en particular sino para el fortalecimiento del mercado externo. Esto conlleva a realizar un esfuerzo por parte del estado para optimizar la relación que existe entre la disponibilidad de vías de comunicación terrestre y el nivel de desarrollo de la población.

Desde otro punto de vista, las vías también representan calidad de vida para los seres humanos. Hoy en día todavía se ven personas que a diario tienen que lidiar con el polvo de vías sin pavimentar, zonas donde no llegan ambulancias o las personas en condiciones de discapacidad no tienen andenes o vías que les faciliten su desplazamiento. También se presentan largos desplazamientos caminado por que los carros no pueden llegar por el mal estado de las vías.

De acuerdo con lo anterior este trabajo de grado que tuvo como objetivo proponer una alternativa de mejora de la infraestructura vial en un tramo ubicado entre el municipio de Cascajal y municipio de Nocaima (Cundinamarca), se enmarca en la línea de investigación de sustentabilidad para las comunidades.

Es importante entender que la relación de la ingeniería civil con una sociedad se encuentra en áreas profundamente ligadas al bienestar de las personas. Tiene la responsabilidad de precisar criterios de servicio con un sin número de valores que llevan al ingeniero a tener una responsabilidad social en atender las necesidades básicas de la población creciente (infraestructura, transporte, dotación de agua y servicios públicos entre otros), darle la posibilidad que cuente una serie de servicios y de comodidades acordes con los avances y prototipos de la modernidad y de crear las condiciones de infraestructura que permitan el desarrollo de la actividad productiva y el crecimiento económico.

La sociedad moderna demanda nuevos estándares de comportamiento y desarrollo profesional, exigiendo que los futuros ingenieros tengamos dentro de nuestro actuar prácticas que fomenten entornos éticos. En la actualidad se cuenta con excelentes conocimientos que permiten abordar gran parte de los temas básicos, sin embargo, aún quedan muchas investigaciones y trabajos indispensables para cubrir todas las necesidades que se tienen.

Como resultado de la práctica social realizada, el presente documento se encuentra estructurado en seis capítulos. En el capítulo uno se presenta las generalidades del proyecto de grado y la base teórica que se empleó para el desarrollo de este. El capítulo dos hace referencia al trabajo en campo realizado. Se orienta en describir las actividades que se realizaron en la socialización del proyecto con la comunidad, levantamiento topográfico, estudio de tránsito y estudio de suelos. En el capítulo tres se presentan los resultados del trabajo en campo. El capítulo cuatro está conformado por la recopilación de las alternativas que se investigaron para la pavimentación de las vías en Colombia. El capítulo 5 presenta el diagnóstico realizado para el mejoramiento del tramo de la vía Cascajal –Nocaima. Finalmente, de acuerdo con el diagnóstico vial elaborado y la investigación realizada sobre las estrategias para el mejoramiento de las vías, el capítulo seis presenta la solución propuesta para el mejoramiento de las condiciones actuales de la infraestructura vial del tramo seleccionado para el desarrollo del trabajo de grado.

1. GENERALIDADES

1.1. TÍTULO

Diagnóstico para el mejoramiento de la vía Cascajal-Nocaima. Cundinamarca – Colombia.

1.2. ALTERNATIVA

Con base en los acuerdos académicos del Consejo Superior en el artículo 3 del capítulo i del acuerdo N° 213 del 3 de julio del 2015 de la Universidad Católica de Colombia, se eligió la práctica social como propuesta de trabajo de grado, debido a que cumple con todos los requerimientos descritos para tal fin.

1.3. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

En las líneas de investigación aprobadas por la Universidad Católica de Colombia se encuentran la línea de sustentabilidad para las comunidades, la cual está adscrita al semillero de infraestructura y desarrollo comunitario y a la línea de vías, tránsito y transporte. El presente trabajo de grado se ajusta a las líneas anteriormente nombradas, puesto que realiza la elaboración de un diagnóstico vial que aporta conocimiento a la alcaldía en su plan de mejoramiento y/o rehabilitación de la vía Cascajal-Nocaima, buscando como valor agregado el mejoramiento en la calidad de vida de los habitantes del municipio.

1.4. EJE TEMÁTICO

Se decidió colaborar a las comunidades de los municipios de Nocaima, con un diagnóstico vial para el mejoramiento de un tramo de la vía Cascajal-Nocaima. El objetivo fue presentar una propuesta que, de ser tomada por la alcaldía como una base para la intervención de la vía, aporte al mejoramiento de calidad de vida de los habitantes del municipio y sus alrededores. El beneficio que tendría la comunidad sería el desarrollo social, específicamente en el aumento de comercio y tal vez del sector turístico, debido a que son actividades que hacen que el municipio tenga un crecimiento económico.

1.5. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Nocaima es un municipio del departamento de Cundinamarca el cual ha sufrido por el conflicto armado en Colombia en años pasados, siendo ahora un municipio con un gran crecimiento en colaboración con todos sus habitantes, las carreteras de este municipio presentan gran deterioro, por lo tanto, la alcaldía diseña un programa en las vías de segundo y tercer orden, caminos reales, vecinales y vías urbanas garantizando condiciones de movilidad óptimas en su territorio, el programa consiste en mejorar la transitividad a partir de la mejora en el 70% de las vías.

También se tiene contemplado dentro del programa de mejoramiento realizar un proyecto, con estudios, diseños y construcción de la variante del municipio de Nocaima, implementar un programa de seguridad vial, organización y señalización y construir 2500 metros de placa huella en concreto en las vías rurales del municipio, mejorar los 14,1 km de la vía principal Cascajal - Nocaima e intermunicipales.

La longitud total de la malla vial del municipio de Nocaima es de 140.867 Km. La división, presenta un total de 56.011 Km de los cuales, 54.361 Km corresponden a trocha, 1.15Km al tipo de vía afirmado y 1.639Km se encuentra pavimentado. (Nocaima, 2015).

En la Tabla 1 se observa el total de kilómetros de las vías municipales de Nocaima.

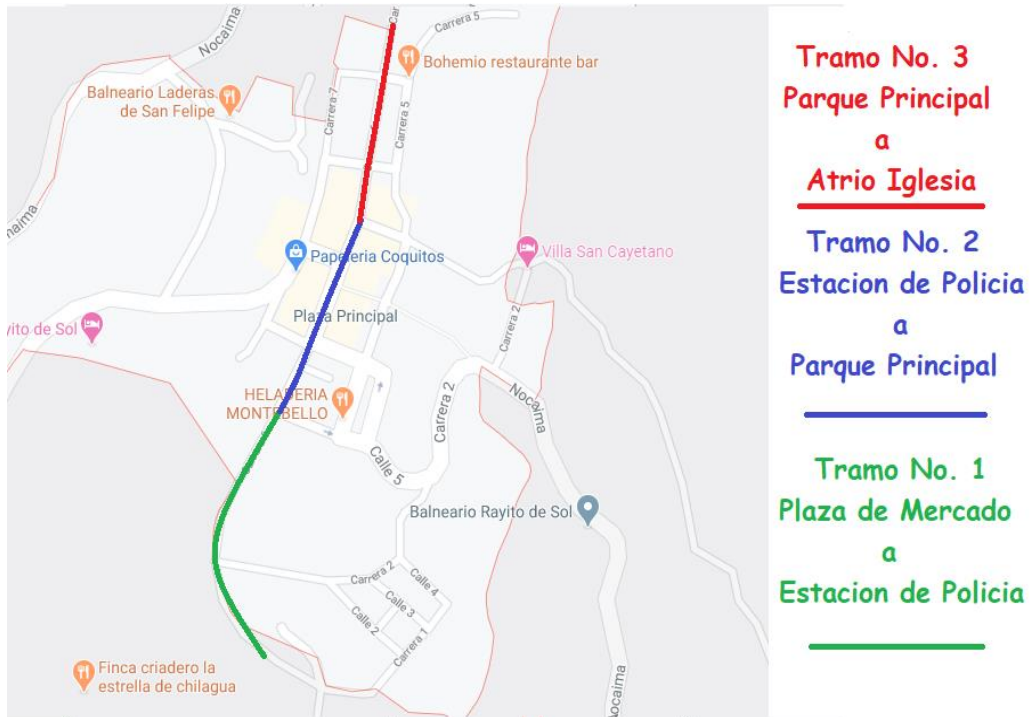
Tabla 1 Total de kilómetros de la vía Nocaima

	VIAS NACIONALES Y DEPARTAMENTALES	Km
1	Autopista Bogotá – Medellín	7.260
2	Cascajal – Nocaima	3.650
3	Nocaima - San Juanito – Vergara	4.752
4	San Juanito - Las Mercedes – Nimaima	4.687

Fuente: (Nocaima, 2015)

Debido a algunas visitas al municipio que permitieron observar el deterioro de las vías, se realizó una encuesta informal a varias personas que habitan allí, para tener la certeza que para los habitantes es muy importante que se intervenga la vía. De acuerdo con los comentarios de las personas, se identificó que realmente los habitantes tienen la necesidad de que se mejore la vía principal que comunica al municipio de Nocaima con el municipio de Cascajal. En la Figura 1 se presenta la ubicación de los tramos de la vía.

Figura 1 Ubicación de los principales tramos de la vía Cascajal Nocaima



Fuente: Elaboración propia

A continuación, En la Figura 2 se puede observar el estado de un tramo de la vía Cascajal-Nocaima.

Figura 2 Estado de la vía Cascajal Nocaima



Fuente: Elaboración Propia

Debido a los motivos descritos anteriormente, el presente trabajo de grado plantea revisar el estado actual del corredor y establecer una propuesta de diagnóstico que aporte al plan de mejoramiento del tramo que requiere intervención, teniendo en cuenta que se debe generar impacto positivo en la calidad de vida de los habitantes de Nocaima.

Lo que se busca con esta práctica social es, que a partir de un diagnóstico vial se puedan mitigar las necesidades que presenta la comunidad asociadas al deterioro de la infraestructura vial que presenta su municipio. Adicionalmente se busca sensibilizar el aspecto profesional, dimensionando la profunda responsabilidad que tiene la ingeniería civil en el bienestar de la sociedad.

En el Anexo 1 de este documento se presentan algunas fotografías tomadas de la visita técnica que se realizó como reconocimiento de la vía. Estas fotografías son evidencia de que la vía se encuentra en mal estado y que requiere de una intervención para su mejoramiento.

1.6. ESTADO DEL ARTE

A continuación, se presenta el diagnóstico y mejoramiento realizado en el departamento de Boyacá. Es de gran importancia especificar que son estudios previos analizados para construir herramientas como base para el diagnóstico a proponer.

El diagnóstico para el mejoramiento del tramo de la vía Úmbita – Juncal, está localizado en el departamento de Boyacá-Colombia, es un municipio de gran potencial económico en el aspecto agropecuario (productor de papa), tiene comunicación con la capital del departamento, sin embargo, sus vías carecen de todas las condiciones técnicas para el desarrollo y progreso de la región. Esta vía tiene alta movilidad ya que transitan vehículos de carga de productos agropecuarios que son llevados al municipio de Úmbita.

Debido a la calidad de las vías los habitantes se han visto afectados en las actividades económicas como el comercio de sus productos agrícolas y ganaderos lo que incrementa, otro factor económico importante que se ve afectado es la ausencia de turismo en la zona. Por otra parte, el mal estado de la vía afecta el tránsito de vehículos de emergencia (ambulancias, bomberos y carros de emergencia). Esta podría llegar a ser la mayor preocupación en cuanto a la condición general de la vida de los habitantes.

Para diagnosticar la situación, se realizó un reconocimiento de la zona afectada. Esto fue de gran importancia porque se establecieron las necesidades específicas y las posibles soluciones. A través de esto, se evidenció el deterioro en la capa de rodadura y se estableció como solución el mejoramiento y reestructuración de la vía.

Para ejecutar este diagnóstico hicieron un estudio de cada tramo con sus respectivos cálculos para dar una alternativa de mejoramiento al municipio.

Tramo 1

La propuesta para el tramo 1 es realizar un estudio predial para la adquisición de algunas áreas del terreno, ya que se requiere una ampliación y mejoramiento en cuanto al radio de las curvas peligrosas. Se presentan siete curvas que muestran los puntos críticos encontrados cuando realizaron el diagnóstico del tramo 1. Ver Figura 3.

Figura 3 Tramo 1 puntos críticos



Fuente: (ÚMBITA, 2018)

Tramo 2

El diagnóstico del este tramo 2 de vía es de mucho riesgo debido que en los 2,18 km hay 4 puntos de explotación excesiva de arena, esto se hace bajo ninguna supervisión ni regulación por las entidades competentes. Ver Figura 4.

Figura 4 Tramo 1 puntos críticos



Fuente: (ÚMBITA, 2018)

Tramo 3

El diagnóstico del tramo 3 es mucho más favorable, que el de los tramos anteriores, pero de igual manera tiene varios puntos críticos como se puede ver en la Figura 5

El diseño existente de la vía cuenta con 19 curvas y 6 de ellas son peligrosas.

Figura 5 Tramo 3 puntos críticos



Fuente: (ÚMBITA, 2018)

Tramo 4

El diagnóstico de la vía existente en el tramo 4 es favorable, este sería el tramo con menos puntos críticos y curvas peligrosas como se observa en la Figura 6. La vía está compuesta por 17 curvas, en su mayoría simples de las cuales solo hay dos curvas peligrosas que se pueden arreglar mediante el diseño geométrico sobre la vía existente.

Figura 6 Tramo 4 puntos críticos



Fuente: (ÚMBITA, 2018)

Con el mejoramiento de esta vía se quiere que los habitantes del pueblo puedan transitar con sus carros de carga para llevar en un tiempo de recorrido más corto y que los alimentos no sean maltratados para que no haya depreciación de este y así mejore el tránsito y la economía de Úmbita, Boyacá.

Las conclusiones de esta investigación para el mejoramiento es que el mayor problema del tramo vial es la inexistencia de un diseño geométrico que cumpla con las especificaciones de la norma INVIAS para el mejoramiento de estos tramos es necesario realizar un diseño vial en el cual se realizará principalmente la ampliación de la calzada el diseño de curvas horizontales y verticales del nuevo trazado.

Otro diagnóstico que se encontró fue el de la propuesta técnica de mejoramiento vial de la vía terciaria que comunica a la vereda BOYA I y BOYA II con el cruce de la vía principal de acceso al municipio de Somondoco, Boyacá-Colombia.

El planteamiento del problema de este diagnóstico va enfocado en que las características de los corredores viales del municipio de Somondoco y las condiciones atmosféricas y topográficas ocasionan aumento de los tiempos de viaje, esto encarece las condiciones de movilidad y de los vehículos que se movilizan por la zona y con ello la comercialización de productos del municipio, lo que tiene como efecto condiciones que frenan el fortalecimiento del desarrollo socioeconómico de la zona.

Para lograr el objetivo del diagnóstico hicieron un levantamiento topográfico de la vía, un estudio de tránsito para la caracterización de los vehículos, realizaron el análisis de estos datos para determinar que el valor máximo que puede tomar el TPDA es de 11 vehículos mixtos por día y el valor mínimo es de 10 vehículos mixtos por día.

Plantearon el diseño geométrico de la vía, un diseño vertical y transversal realizaron un ensayo de suelos, CBR, analizaron cada uno de los datos obtenido para una posible solución.

A partir del estudio de suelos se diagnosticó que la vía presenta un tipo de suelo que posee un porcentaje de humedad muy alto, por lo cual al contacto con el agua cambia sus características físicas en cuanto a su condición maleable, y en relación con el estudio hidrológico el cual muestra que el municipio tiene un caudal de precipitación aproximado de 69,07 l/s y presenta épocas de lluvia en los meses de abril y junio, fue necesario contar con un método de pavimentación que cumpliera con la capacidad de soporte del suelo correspondiente a un $CBR \geq 77\%$ ajustándose a lo establecido en la norma para el diseño de placa huella y debido a las características hidrológicas ya mencionadas el modelo de placa huella.

Se determinó después de un análisis detallado que la vía principal de acceso al municipio de Somondoco, es una solución técnicamente factible y económicamente viable puesto que mejora el problema de transitabilidad en la zona de acuerdo a las necesidades de la comunidad por medio del uso de placa huella como método de pavimentación y se encuentra dentro de los recursos destinados para realizar el mejoramiento minimizando costos de construcción y mantenimiento en comparación con otros tipos de revestimiento.

1.7. PLANTEAMIENTO PROBLEMA

Las vías tienen un papel fundamental en la integración regional y local, puesto que facilitan el transporte y el acceso a los diferentes puntos del país, a través de la conectividad de la economía y sus habitantes (INVIAS, 2016).

Según lo anterior y teniendo en cuenta la ley 1228 de 2008 en su artículo 1 donde se establece la categorización de las vías en arteriales (primer orden) intermunicipales (segundo orden) y veredales (tercer orden), así como también, el proyecto resolución de categorización departamental – Cundinamarca (2017) la vía Cascajal-Nocaima-Vergara-Pacho con el código 56CN09 se clasifica como una vía de segundo orden o intermunicipal, la cual garantiza el transporte de los productos agrícolas que se producen en la zona, tales como la caña y la panela.

En el Esquema de Ordenamiento Territorial (2000) de Nocaima, se menciona como vocación del municipio fortalecer la producción agropecuaria, especialmente de caña de azúcar para la elaboración de la panela, mejorar la capacidad instalada de las instituciones educativas y nivel académico, orientar el municipio hacia la generación de ingresos municipales incentivando el turismo pasivo – contemplativo, ecológico y agroturismo a través de la mejora de tecnologías de cultivo y agricultura alternativa que evite el deterioro de los suelos y el medio ambiente.

No obstante, algunos tramos de la vía intermunicipal que conecta con la autopista Medellín evidencian algunos deterioros que complican la movilidad de la zona, lo cual disminuye las posibilidades de alcanzar los objetivos del municipio mencionados en la vocación funcional y a su vez influye en la calidad de vida de sus habitantes.

De acuerdo con lo anterior, para el desarrollo del presente proyecto se ha formulado el siguiente interrogante:

¿Qué estrategia de mejoramiento en el ámbito de infraestructura vial, en el eje Cascajal – Nocaima garantizaría la mejora en la movilidad y en la calidad de vida de los que transitan por la zona?

1.8. OBJETIVOS

General

- Proponer una alternativa de mejora de la infraestructura vial en el tramo comprendido entre el municipio de Cascajal y municipio de Nocaima (Cundinamarca).

Específicos

- Elaborar un diagnóstico del estado actual del corredor vial con el fin de mejorar las condiciones de la infraestructura de la vía Cascajal-Nocaima que comunica el ingreso de todos los municipios aledaños a Nocaima.

- Reconocer las estrategias aplicables para el mejoramiento y/o rehabilitación del tramo seleccionados de la vía Cascajal-Nocaima.

- Plantear una solución que mejore las condiciones actuales de la infraestructura vial del tramo comprendido entre el municipio de Cascajal y municipio de Nocaima (Cundinamarca).

1.9. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

El presente proyecto tuvo como objetivo principal realizar un diagnóstico vial para la vía Cascajal - Nocaima. Para un tramo de aproximadamente 700 metros de la vía y con base en el diagnóstico se planteó una solución que mejora las condiciones actuales de la infraestructura vial. Esto se realizó por medio de un estudio documental y de un trabajo en campo, en este sentido fue necesario recopilar toda la información existente referente al municipio y la vía anteriormente nombrada. Para esto se realizó consultas en la alcaldía del municipio y consultas en las bases de datos de entidades territoriales. Con los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y con los equipos correspondientes se realizó un levantamiento topográfico del tramo escogido, un estudio de suelos, un estudio de tránsito y una divulgación a la comunidad.

A continuación, se mencionan las limitaciones identificadas para este trabajo de grado.

- La disponibilidad que tuvo la comunidad para participar en las actividades que se vayan a realizar en la divulgación del proyecto.
- Los retrasos con respecto al proceso de gestión, en temas de logística y trámite con la alcaldía.
- Se realizó la consulta con la directora de tesis y se llegó a la conclusión que para cumplir con el objetivo de esta actividad se tomará como referencia el estudio de suelos realizado por el laboratorio INGEOLAB.

Debido a la emergencia sanitaria relacionada con el COVID-19 que vive actualmente el país, no fue posible realizar algunas actividades de trabajo de campo como se tenían planteadas en el cronograma. Específicamente el estudio de suelos y las socializaciones finales que se tenían planteadas con el fin de presentarle a la comunidad la alternativa de solución para el mejoramiento de la vía. Esta situación fue puesta en conocimiento al comité evaluador en los tiempos estipulados, lo cual permitió buscar una alternativa a tiempo que permitiera cumplir con los objetivos propuestos, entendiendo que la rigurosidad en el proceso de investigación, y por ende en el documento, podría verse afectada.

Adicional se recalca que, el desarrollo de este proyecto fue un ejercicio académico que permitió un acercamiento con la comunidad, identificando las necesidades que

tienen orientadas a la infraestructura vial del municipio e identificando como la ingeniería civil está ligado al bienestar de la sociedad.

1.10. MARCO TEÓRICO

El Ministerio de Transporte y el Instituto Nacional de Vías – INVIAS, tiene a cargo las redes primarias y parte de las redes terciarias del país. Estas entidades han desarrollado diferentes convenios con entidades territoriales para realizar mejoras a la red vial; recomendaciones de la selección de los materiales que deben usarse para dichas obras, la manera o proceso constructivo de las misma verificando que los proyectos cumplan con la permitente planificación, ejecución, mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura de transporte. (INVIAS, 2016).

Es importante clasificar las carreteras de acuerdo con sus competencias, esto permite determinar si las vías son nacionales, departamentales, o caminos vecinales, distritales y municipales, ya que esto va de acuerdo con la administración encargada.

El diseño geométrico vial se hace de acuerdo con el tipo de vehículos que transitan en la vía, esto se determina después de un estudio de tránsito en la zona.

Los vehículos se clasifican en dos tipos, vehículos livianos con menos de cinco toneladas que inciden en las velocidades máximas y los vehículos pesados con más de cinco toneladas.

La clasificación va conforme a unas dimensiones y trayectorias de giro teniendo en cuenta los radios mínimos de giro para un vehículo y la trayectoria de la rueda delantera y trasera. La distancia de visibilidad es una característica muy importante ya que le ofrece al conductor la posibilidad de ver hacia adelante y esto le permite transitar con seguridad y eficiencia, esto también va de acuerdo con el tipo de vehículo que circula por la vía. (INVIAS, 2008).

La velocidad de diseño para los tramos está definida en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno. De acuerdo con el manual de diseño geométrico de vías, se le puede dar un valor de velocidad de diseño a un tramo homogéneo teniendo en cuenta los rangos que se pueden observar para las carreteras colombianas y la economía del país (INVIAS, 2008).

En la Tabla 2 se pueden observar las velocidades de diseño establecidas por el INVIAS.

Tabla 2 Velocidades de diseño según categoría

Categoría de la carretera	Tipo de terreno	velocidades de diseño de un tramo homogéneo (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primarias de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primarias de una Calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente: Tomado y adaptado del manual de INVIAS. (INVIAS, 2008).

La distancia de visibilidad se divide en 4 factores importantes, la primera es la distancia de visibilidad de parada, que es necesaria para que el conductor pueda detener el vehículo antes de llegar a un obstáculo, la segunda es la distancia de visibilidad de adelantamiento, que como su nombre lo dice le brinda las condiciones suficientes al conductor del vehículo para adelantar a otro que circula por el mismo carril a una velocidad menor, el tercer factor es la distancia de visibilidad de cruce, esto se tiene en cuenta para las intersecciones rurales a nivel y la cuarta es para el procedimiento de verificación del cumplimiento de las distancias de visibilidad (INVIAS, 2008).

- **Caracterización geométrica y parámetros de diseño**

El diseño geométrico es la parte más importante dentro de un proyecto de construcción o mejoramiento de una vía, pues mediante este se determina la configuración, es decir, la ubicación y la forma geométrica definida para los elementos de la vía; de manera que ésta sea funcional, segura, cómoda, estética, económica y amable con el medio ambiente. En la Tabla 3 se presenta los valores de peralte máximo y los valores de radio mínimo recomendados en el manual de (INVIAS, 2008) según la velocidad de diseño.

Tabla 3. Peralte máximo y valores de radio mínimo

Velocidad de Diseño(km/h)	Peralte máximo recomendado (%)	Radio mínimo requerido
30	8,0	30
40	8,0	50
50	8,0	80
60	8,0	120
70	8,0	170
80	7,5	235
90	7,0	315
100	6,5	415
110	6,0	535
120	5,5	690
130	5,0	890
140	4,5	1.400
150	4,0	1.400

Fuente: (INVIAS, 2008).

1.11. MARCO NORMATIVO

Para el desarrollo del diagnóstico realizado en un tramo de la vía Cascajal – Nocaima, se tuvo en cuenta las normas que se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4 Normatividad colombiana para el diseño y construcción de vías

NORMA	ENTIDAD QUE LA EXPIDE	OBJETO
Guía GU-IC-019.	Instituto de desarrollo Urbano- IDU.	Diseño de pavimentos para bajos volúmenes de tránsito y vías locales para Bogotá D.C.
Especificaciones generales de construcción de carreteras. 2014.	Ministerio de Transporte, Instituto nacional de vías- INVIAS.	Especificaciones generales de construcción de carreteras Capítulo 1, Capítulo 2, Capítulo 3, Capítulo 4, Capítulo 5, Capítulo 6, Capítulo 7, Capítulo 8, Capítulo 9.
Resolución 001049 de 2013.	Ministerio de Transporte, Instituto nacional de vías- INVIAS.	Se adoptan manual de diseño de cimentaciones superficiales y profundas para carreteras.
Decreto 3930 de 2010.	Ministerio de Transporte, Instituto nacional de vías- INVIAS.	Normas de Ensayo de Materiales y Especificaciones Generales de Construcción de vías 2013. E-172-13, E-218- 13, E-219-13, E-741- 13, E-748- 13, E-800-13, E-824-13, E – 128-13, E 142-13, E-159- 13.
Resolución 003482 de 2007.	Ministerio de Transporte.	Se adoptan manual de diseño para carreteras.
Resolución 003482 de 2007.	Ministerio de Transporte.	Por el cual adopta el diseño de manual de pavimentos en vías de bajos volúmenes de tránsito.
Artículo 177 del Decreto 190 de 2004.	Decretos del Distrito.	Define las zonas de reserva vial.

Fuente: Elaboración propia

1.12. MARCO CONCEPTUAL

La Red Nacional de Carreteras es la red vial de Colombia regulada por el Ministerio de Transporte colombiano mediante el Instituto Nacional de Vías y sus direcciones territoriales (INVIAS, MINTRANSPORTE, 2015).

El sistema de la red vial se compone por la Red Primaria (Grandes Autopistas, a cargo de la nación), Red Secundaria (a cargo de departamentos) y Red terciaria (compuesta por carreteras terciarias o caminos Inter veredales, a cargo de los municipios).

Las vías secundarias Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria, las carreteras consideradas como Secundarias pueden funcionar pavimentadas o en afirmado.

La red de carreteras colombiana al año 2015 tenía 206.727 km, de los cuales 19.306 km correspondían a la red primaria nacional, 45.137 km correspondían a la red secundaria nacional y 142.284 km corresponden a la red terciaria nacional. Asimismo, cuenta con 5.097 puentes a nivel nacional y 2.279 km en doble calzada, 10 viaductos y 40 túneles (INVIAS, MINTRANSPORTE, 2015).

Las vías terciarias son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. Dichas vías son consideradas como terciarias dada su administración y son atendidas por las administraciones municipales, en este sentido generalmente son vías en afirmado, sin embargo, cuando son revestidas, se debe garantizar el trazado conforme a las disposiciones de vías secundarias con el fin de garantizar la seguridad, comodidad y velocidades operacionales según diseño. (INVIAS, 2008).

Las carreteras de tercer orden cuentan con un tráfico promedio diario anual TPDA menor a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente. Pueden funcionar con soluciones denominadas básicas económicas, consistentes en la aplicación de estabilizadores de suelos, emulsiones asfálticas y/o micro pavimentos en afirmado, en la superficie de rodadura. En caso de ser pavimentadas deberán cumplirse con las condiciones geométricas estipuladas para las carreteras de segunda clase. (Ministerio, 2014).

Para el desarrollo de este trabajo de grado fue necesario tener claros los siguientes conceptos:

- **TPD (Transito promedio diario)**

Se define como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual o menor a un año y mayor que un día, dividido por el número de días del periodo (Rafael Cal y Mayor , James Cardenas, 2013).

- **VHMD (Volumen horario de máxima demanda)**

Es el máximo número de vehículos que pasan por un punto o sección de un carril o de una calzada durante 60 minutos consecutivos. Es el representativo de los periodos de máxima demanda que se pueden presentar durante un día en particular” (Rafael Cal y Mayor , James Cardenas, 2013).

- **TPDS**

Para obtener el resultado del Tránsito Promedio Diario Semanal, se debe realizar la sumatoria de los vehículos aforados mediante la siguiente ecuación:

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

Ecuación 1 Transito promedio diario semanal.

- **Volúmenes de tránsito anual**

El tránsito promedio diario anual TPDA, se estima con base en la media muestral o tránsito promedio diario semanal TPDS mediante la siguiente expresión:

$$TPDA = TPDS \pm A$$

Ecuación 2 Ecuación de tránsito promedio diario anual

Donde (A) es la máxima diferencia entre el TPDA y el TPDS; y se calcula con el número de desviación estándar (K) correspondiente al nivel de confiabilidad deseado, siendo para la vía en cuestión 0,12 el valor constante indicado para

carreteras rurales terciarias, multiplicado por el error estándar de la media. (Rafael Cal y Mayor , James Cardenas, 2013).

El error estándar de la media es equivalente a la desviación estándar dada alrededor de la media poblacional, la cual ha sido tomada de la distribución de diferentes muestras tomadas de la misma población, es por esto que se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$E = \sigma$$

$$\sigma = \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right)$$

Ecuación 3 Desviación estándar poblacional

Teniendo en cuenta en la ecuación que se refiere a la desviación estándar de la distribución de los volúmenes de tránsito diario o desviación estándar muestral, definida por el volumen de tránsito del día (TDI), y los demás componentes de la misma son identificados como el tamaño de la muestra en número de días de aforo (n), y el tamaño de la población en número de días del año. (Rafael Cal y Mayor , James Cardenas, 2013).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (TD_i - TPDS)^2}{n-1}}$$

Ecuación 4 Desviación estándar muestra

- **Factor Horario de Máxima Demanda (FHMD)**

Este factor es un indicador de las características del flujo de tránsito en periodos máximos, como característica fundamental este valor nunca es mayor a uno (1), e indica como es la distribución del flujo en la hora de máxima demanda, por lo cual si el valor se aproxima a uno obtendremos un flujo uniforme. El cálculo de este factor ya se dio en la ecuación uno (1), por lo cual, el resultado de dicha aplicación es:

$$FHMD = \frac{VHMD}{K * QMAX}$$

Ecuación 5 Factor de máxima demanda

- **Pavimento**

Estructura vial compuesta por una o varias capas de material granular debidamente clasificados bajo unos ensayos de laboratorio y adecuadamente compactadas, apoyadas sobre una subrasante. Capaz de resistir las cargas y esfuerzos admisibles del tránsito brindando a sus usuarios seguridad y movilidad y el efecto degradante de los agentes climáticos.

El pavimento puede conformarse con diferentes materiales como piedras, maderas, granulo de caucho, placa o loza de concreto, etc.; estos agregados utilizados en la zona urbana y rural cumplen con especificaciones técnicas necesarias para su calidad y durabilidad. (Rosario, 2011).

- **Pavimento flexible**

En un pavimento flexible, las diferentes capas pueden ser granulares y asfálticas. Este tipo de pavimento no sólo está formado por la capa de rodadura sino por todas las que conforman la estructura y en cuanto a las imprimaciones se considera que es un elemento esencial, sin embargo, actualmente algunos ingenieros han eliminado el uso de la imprimación en casos cuando la base es dejada por un período largo (como en los meses de invierno), o cuando se someten a las fuerzas abrasivas del tráfico es cuando se utiliza. (Betances, 2013).

- **Revestimiento en concreto asfáltico**

Para la ejecución de este tipo de revestimiento se debe tener en cuenta unas características del corredor vial, dentro de las que se pueden nombrar el tipo de suelo, topografía y drenaje de la zona. Con base en las anteriores características se puede elegir si el pavimento asfáltico es adecuado o no. Existe una amplia gama de asfaltos entre ellos se destaca el cemento asfáltico semisólido obtenido de los aceites lubricantes que han sido removidos. También se puede nombrar los asfaltos líquidos que son los más usados por que reemplazan a los cementos asfálticos por que presentan una gran rapidez en el curado. (INVIAS, 2008).

- **Revestimiento concreto hidráulico**

Según (Tayabji, 1986) el revestimiento del concreto hidráulico es la mezcla de materiales llenantes granulares gruesos y finos con la mezcla de pasta agua-cemento, que actúa como un material ligante que hace que los agregados

garanticen la estabilidad del material homogéneo que se puede desarrollar por diferentes formas, premezclado en planta, mezclado en obra, este concreto hidráulico tiene unas características que son principales:

-Deterioro mínimo durante su vida útil duración de 20 a 30 años: ofrecen mejor resistencia a las presiones de arranque, frenado y circulación producidas por el tráfico.

-Mantenimiento mínimo: consiste en el oportuno sellado de grietas que llegarán aparecer.

-Pavimentos de menor espesor: debido a las cualidades del material requieren menor espesor para asegurar que las terracerías queden en condiciones de recibir las cargas a que estarán sujetas por efectos del tráfico.

-Mayor rapidez de construcción.

-Bajo costos de operación.

-Mejor drenaje superficial.

- **Revestimiento mediante el uso de placa huella**

Las placas huellas son mejoramiento de revestimientos de carreteras terciarias que se han construido sin condiciones de diseño, sino que se usan para favorecer la movilidad de algunos tipos de vehículos en los sectores rurales, de acuerdo con las necesidades de la comunidad. Por general se realizan revestimientos en concreto hidráulico en las cintas por las que pasan las llantas de los vehículos, de este modo, es bueno entender que la zona de las cintas son las que requiere de una mejor calidad, sin embargo, en varias ocasiones se realiza una estructura toda la calzada con enroscados en concreto, enroscados en el suelo, o en otro tipo de obras adicionales para garantizar la estabilidad de las huellas que se construyen. (American Association of Civil Engineers, 2010).

Para el mejoramiento de las vías terciarias se plantea un modelo de la construcción de placa huella, cuyas condiciones mínimas para la implementación se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5 Condiciones mínimas para la implementación de placa huella

Aspecto o tipo de vía	Detalle	Requisito a rehabilitar
Estado	Transitabilidad	Suspendida o restringida
Pendiente longitudinal	Inclinación del tramo del tramo vial a rehabilitar	$\geq 3\%$
Capacidad portante	CBR de la capa existente (norma de ensayo)	$>3\%$
Escorrentía	Drenaje de las vías	Controlar con cunetas
Puntos críticos (puntos que afectan la estabilidad de la vía existente)	Zona de inestabilidad geológica, zona de inestabilidad geotécnica, presencia de agua de infiltraciones, nivel freático o cauces naturales.	En el tramo a rehabilitar no existen o están controlados con obras existentes y en operación.

Fuente: (INVIAS, 2015)

Basados en parámetros del INVIAS, la rehabilitación de las vías terciarias se ha desarrollado mediante el uso de un procedimiento denominado placa huella, esta actividad es una de las más utilizadas, cuando las vías presentan deterioros por características de los suelos, deficiencias en manejos de la escorrentía superficial, dificultades de transitabilidad por superficies deterioradas en pendientes longitudinales exigentes ($\geq 10\%$), entre otros.

Es fundamental tener en cuenta que la placa huella no es un proceso constructivo de vías, no es un diseño de pavimento, no es un diseño de pavimento rígido y no es un mejoramiento de las especificaciones de la vía ya que, fundamentalmente, se considera mejoramiento de la superficie de las vías terciarias con el fin de habilitar el tránsito por la misma vía (Gaviria Muñoz et al. 2012).

Existen muchos factores que pueden deteriorar la estructura de la vía. El manual de INVIAS, 2017 presenta algunos criterios para poder mantener el diseño de la vía los cuales se presentan a continuación.

- **Elementos de drenaje**

Con el fin de mantener la durabilidad de la estructura vial, es necesario construir sistemas de drenaje acorde con las características de la vía. En términos generales se puede decir que las construcciones de drenaje no deben ser obstáculos ni

generar problemas a las condiciones de operación vehicular, ya sea por reducciones a la vía o calzada (Alfaro, 2015).

Algunas recomendaciones que el diseñador debe de tener en cuenta para lograr esta condición son:

-Se deben evitar al máximo las secciones hidráulicas que puedan generar la demora de los vehículos y en algunos casos su volcamiento ante el evento que algún vehículo traspase el borde exterior de la berma.

-Las estructuras de drenaje deben permitir que en condiciones de funcionamiento normal.

-En los sitios de intersecciones, las obras de drenaje deben contar con de las intersecciones.

-Se debe tener especial cuidado en los sitios de descarga de las estructuras de drenaje a fin de no generar daños en las propiedades adyacentes a la vía.

-En los casos donde se presenten curvas verticales cóncavas con cambio de signo de las pendientes de entrada y salida.

- **Control de producción**

El diseño geométrico de carreteras implica dos tipos de controles: un autocontrol realizado por cada uno de los individuos a lo largo de su labor productiva y un control interno independiente que se ejerce, dentro de la organización encargada del diseño geométrico de la carretera, por parte de representantes de la organización que, sin participar en el proceso de desarrollo del proyecto, se dedican exclusivamente a la labor de controlar. El control interno independiente puede ser propio o contratado. (Pérez Zuriaga 2012).

1.13. METODOLOGÍA

A continuación, se presenta la metodología que se desarrolló para cumplir el objetivo principal planteado.

Este proyecto se desarrolló bajo la línea de infraestructura vial estableciendo una metodología en cuatro fases. Se orientó hacia una práctica social, considerando el enfoque de la Ingeniería Civil en el contexto del desarrollo de la infraestructura en el entorno de las políticas gubernamentales.

Fase 1: Elaboración de la propuesta de trabajo de grado

- Orientación con el asesor para elaboración de la propuesta.
- Visita técnica a la alcaldía del municipio de Nocaima.
- Solicitud de la información existente a la alcaldía del municipio.
- Elaboración de la propuesta de trabajo de grado.
- Aceptación de la propuesta por el al comité evaluador del programa de ingeniería civil de la Universidad.

Fase 2: Generación del diagnóstico del tramo la vía

- Caracterización del municipio y reconocimiento de la vía.
- Recopilación de información secundaria (Cartografía, estudios viales, estudios de suelos, topografía etc.).
- Depuración de la información obtenida.
- Realización de trabajo de campo (Estudio de tránsito, levantamiento topográfico, estudio de suelos y divulgación).
- Análisis de datos recopilados del trabajo realizado en campo.

Fase 3: Estrategias para el mejoramiento de la vía

- Recopilación de las metodologías usadas en los diseños viales.
- Selección de la metodología para planteamiento de la solución.

Fase 4: Planteamiento de la solución al mejoramiento de la vía

- Solución que mejore las condiciones actuales de la infraestructura vial del tramo escogido entre el municipio de Cascajal y municipio de Nocaima (Cundinamarca).
- Entrega de proyecto de trabajo de grado a la Universidad Católica de Colombia.

1.14. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Con el fin de alcanzar el objetivo principal del proyecto se generó un cronograma de actividades el cual se presenta en la Tabla 6. Para la construcción del cronograma se tuvieron en cuenta los siguientes criterios: (1) La duración del semestre académico, (2) recopilación de información secundaria; (3) ruta crítica de actividades.

Tabla 6 Cronograma actividades

ITEM	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.
		SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA
1	FASE 1: ELAORACIÓN DE LA PROPUESTA DE TRABAJO DE GRADO	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	1 2 3 4
1.1	Orientación con el asesor para elaboración de la propuesta	█									
1.2	Visita técnica a la alcaldía del municipio de Nocaima		█								
1.3	Solicitud de la información existente a la alcaldía del municipio		█	█							
1.4	Elaboración de la propuesta de trabajo de grado			█	█	█	█				
1.5	Aceptación de la propuesta por el comité evaluador del programa de ingeniería civil de la Universidad				█						
2	FASE 2: GENERACIÓN DEL DIAGNÓSTICO DEL TRAMO DE LA VÍA										
2.1	Caracterización del municipio y reconocimiento de la vía						█	█			
2.2	Recopilación de información secundaria (Cartografía, estudios viales, estudios de suelos, topografía etc.)				█	█	█	█			
2.3	Depuración de la información obtenida						█	█	█		
2.4	Divulgación a la comunidad							█	█		
2.5	Levantamiento topográfico								█	█	
2.6	Elaboración de estudio de tránsito								█	█	
2.7	Elaboración de estudio de suelos								█	█	
3	FASE 3: ESTRATEGIAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA VÍA										
3.1	Recopilación de las metodologías usadas en los diseños viales								█	█	█
3.2	Selección de la metodología para planteamiento de la solución									█	█
4	FASE 4: PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN AL MEJORAMIENTO DE LA VÍA										
4.1	Planteamiento de la solución que mejore las condiciones actuales de la infraestructura vial del tramo escogido entre el municipio de Cascajal y municipio de Nocaima (Cundinamarca)										█
4.2	Entrega de documento final de proyecto de trabajo de grado a la Universidad Católica de Colombia										█

Fuente: Elaboración propia

1.1.6. PRODUCTOS ENTREGADOS

Se entrega a la Universidad Católica de Colombia el documento final del diagnóstico para el mejoramiento vial del tramo seleccionado en la vía Cascajal – Nocaima con la propuesta de solución que mejora las condiciones actuales de la infraestructura. Adicional se entregan los anexos que soportan el trabajo realizado.

En la Tabla 7 se describen los productos entregados.

Tabla 7 Productos a entregar

NOMBRE DEL PRODUCTO	DESCRIPCIÓN	FECHA
Documento final	Diagnóstico para el mejoramiento de la vía Cascajal-Nocaima. Cundinamarca – Colombia.	Mayo de 2020
Anexos	Archivos fotográficos, memorias de cálculo, diseños, inventario de información recopilada.	Mayo de 2020

Fuente: Elaboración propia

1.15. INSTALACIONES Y EQUIPOS EMPLEADOS

Para llevar a cabo este trabajo de grado se emplearon dispositivos tecnológicos como: computadores portátiles, cámara fotográfica, GPS, celular, equipos topográficos, impresora. Adicionalmente se empleó Microsoft Office para la generación de documentos, memorias de cálculo, anexos y presentaciones. AutoCAD para la generación de los planos.

1.16. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

De acuerdo con las actividades planteadas para el desarrollo del proyecto se generó el presupuesto que se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8 Presupuesto del proyecto de grado

DESCRIPCIÓN	INGRESOS	EGRESOS
Ingresos		
Auxilio o patrocinio para el proyecto	1.600.000	
Asistencia técnica	2.000.000	
Equipos y Softwares	1.800.000	
Documentación	1.850.000	
Honorarios de trabajo personal	1.730.000	
Recursos propios	200.000	
Egresos		
Honorarios y servicios personales	-	2.400.000
Equipos a utilizar	-	1.280.000
Materiales	-	900.000
Asistencia técnica	-	2.000.000
Transporte	-	1.750.000
Pruebas de laboratorio	-	450.000
Imprevistos	-	400.000
TOTAL	9.180.000	9.180.000

Fuente: Elaboración propia

1.17. ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y DIVULGACIÓN

La divulgación de este proyecto consistió inicialmente en la presentación de la propuesta de trabajo de grado al comité evaluador del programa de ingeniería civil, una vez que fue aprobado, se solicitó una reunión en la alcaldía de municipio de Nocaima con el fin de poder socializar el proyecto.

Adicional se realizaron reuniones con la comunidad que tuvieron como objetivo presentar el proyecto de grado. También se realizaron encuestas electrónicas con el fin conocer la opinión de la comunidad sobre los posibles beneficios que podría generar el arreglo de la vía principal del municipio.

La metodología empleada y los resultados obtenidos se detallan en el capítulo 2.4. DIVULGACIÓN A LA COMUNIDAD del presente documento.

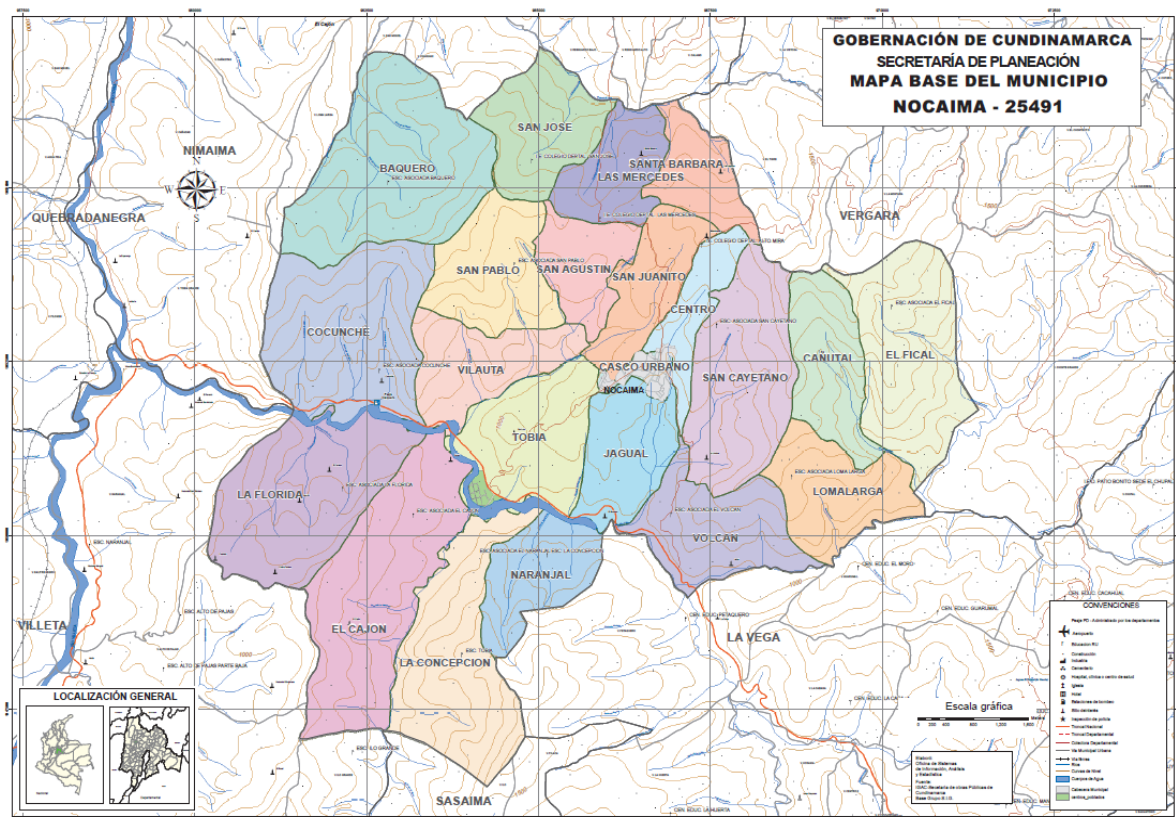
2. TRABAJO EN CAMPO

2.1. CARACTERIZACIÓN DEL MUNICIPIO

Nocaima es un municipio del departamento de Cundinamarca, ubicado en la provincia del Gualivá, a 67 km al noroccidente de Bogotá. Limita al norte con los municipios de Nimaima y Vergara, al oriente con Vergara y la Vega, al sur con La Vega y Sasaima y al Occidente con Villeta y Nimaima. El municipio cuenta con una extensión territorial total de 69 Km², una extensión de área urbana de 3 Km² y se encuentra a 1.200 m.s.n.m (Nocaima, 2015). Actualmente, cuenta con 21 veredas en su área rural y 9 barrios en área urbana y un casco urbano, la zona urbana cuenta con un área de 408421 m², distribuida en 505 predios ubicados en 31 manzanas de acuerdo con la última actualización predial realizada en el municipio.

En la Figura 7 se presenta la división política del municipio de Nocaima.

Figura 7 Mapa base del municipio de Nocaima



Fuente: (IGAC, 2008)

La principal actividad económica que se desarrolla en el municipio es el cultivo de la caña y la elaboración de la panela, esta actividad se comercializa los fines de semana en el municipio, pero la mayoría de su producción es desplazada a Bogotá. También hay cultivos alternos, aunque en menor cantidad como los frutales, el plátano, el café y algunas legumbres y hortalizas que son en su mayoría para auto consumo. El municipio presenta una temperatura media de 24°C con una precipitación media anual aproximada de 1760 mm. (Nocaima, 2015).

El sistema de alcantarillado cuenta con una cobertura urbana en las redes instaladas y en la calidad del servicio de cerca el 70%. Sin embargo, en la zona central del casco urbano debe rehabilitarse el sistema de alcantarillado, que corresponde a una bóveda en piedra, y ladrillo en algunos sectores, alcanzando un diámetro mayor de 2 m, ya que ha superado la vida útil y se torna obsoleto al no tener la capacidad de desagüe necesaria, situación que causa problemas en épocas de invierno, ya que, al rebosar la capacidad del alcantarillado, se inundan las calles y algunas viviendas.

El servicio de aseo es prestado directamente por el municipio, quien cuenta con una (1) volqueta con una capacidad de 5 m³, su conductor y cuatro (4) empleados de servicios generales que se desempeñan como barrenderos y recolectores.

El servicio de energía es prestado por la empresa de Energía de Cundinamarca, la cual cuenta con un funcionario temporal en el municipio, para el mantenimiento permanente de la red. Existe una cobertura del servicio del 100% en la zona urbana, aunque se presenta deficiencia en algunos sectores; adicionalmente presta servicio a algunas viviendas rurales aledañas al casco urbano.

En este sector la fuente de empleo más predominante es en la industria de metal agro y en la construcción. Las niñas y niños de este municipio dedican su tiempo libre en las escuelas de formación de danzas, teatro. También se reúnen en encuentros educativos que asisten con sus padres (CMGR, 2012).

2.1.1. Población

Según el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres, Nocaima presenta una población de 7.824 habitantes. En la Tabla 9 se presenta la distribución en el casco rural y urbano.

Tabla 9 Población del municipio de Nocaima

AREA	VIVIENDAS	HOGARES	PERSONAS	POBLACION
CABECERA	619	547	1.780	1.798
RESTO	1.407	1.061	3.523	6.026
TOTAL	2.026	1.608	5.303	7,824

Fuente (CMGR, 2012)

El 62.74% de la población es nacida en el municipio, el 29.12% de la población es nacida en otro municipio de Cundinamarca, el 7.84% proviene de otro departamento y el 0.02% son extranjeros. La tasa de crecimiento de la población es baja, lo que favorece que se pueda tener un mayor cubrimiento de los servicios básicos sociales a la comunidad, sin embargo, se presenta una baja cobertura de estos en la zona rural, principalmente del servicio de alcantarillado o cobertura de pozos sépticos; en la cobertura de acueductos rurales y en el servicio de energía eléctrica. En cuanto al nivel de analfabetismo, la estadística del Esquema de Ordenamiento Territorial representa que el grado de escolaridad de los jefes de hogar es muy bajo ya que solo el 21% de la población tiene la primaria completa (CMGR, 2012).

2.1.2. Relieve

El territorio se encuentra fraccionado por cuatro fallas geológicas importantes, que se traducen en áreas de alta inestabilidad y de riesgos para el municipio, por lo que es conveniente, declarar las zonas que afecta como de reserva forestal. El paisaje predominante es la colina, caracterizadas por pendientes del 25-5 (CMGR, 2012).

2.1.3. Tipo de suelos

El municipio de Nocaima se encuentra ubicado en el Grupo Villeta el cual cuenta con lodolitas con intercalaciones de calizas y arenitas; las lodolitas son rocas sedimentaria (formadas a partir de trozos de otras rocas) detríticas constituida principalmente por minerales de arcilla, adicional a esto no cuentan con plasticidad ni cohesión; las calizas son rocas sedimentarias (formadas a partir de trozos de otras rocas) la cual está formada principalmente por carbonato de calcio, son rocas porosas por lo que pueden almacenar un gran cantidad de agua, y de gran resistencia a factores de desgaste (meteorización); finalmente las arenitas o areniscas comprenden una reunión de minerales (generalmente óxidos y feldspatos) con tamaños de partículas muy pequeños, pero los cuales se encuentran cimentados. En términos generales debido a la predominancia de las arcillas en la parte superior de la formación, se puede considerar que la zona cuenta

con poca infiltración, causada principalmente por la baja porosidad de la misma. Por otro lado, debido a la evidencia de horizontes inferiores donde se encuentran unidades de roca caliza (la cual se forma generalmente por las conchas de exoesqueletos de animales marinos prehistóricos) y areniscas (producto de meteorización de rocas de alta permeabilidad), la presencia de acuíferos confinados en la estructura de caliza no se puede despreciar. (CMGR, 2012)

Nocaima cuenta con una pequeña fracción en la formación capotes, la cual está constituida por una sucesión de lutitas con intercalaciones de calizas y concreciones fosilíferas. De las lutitas se puede decir “Las diminutas partículas de la lutita indican que se produjo un depósito como consecuencia de la sedimentación gradual de corrientes no turbulentas relativamente tranquilas. Entre esos ambientes se cuentan los lagos, las llanuras de inundación de ríos, lagunas y zonas de las cuencas oceánicas profundas” (CMGR, 2012)

2.2. DESCRIPCIÓN DEL TRAMO DE LA VÍA

La vía que se seleccionó para el desarrollo de este trabajo de grado es concesionada como vía principal CRA 6, la cual cuenta con una longitud de aproximadamente 1 kilómetro. La vía presenta una calzada sencilla bidireccional, es una vía tiene una pendiente de aproximadamente 12.7% por lo cual se caracteriza como un terreno ondulado.

La vía Cascajal-Nocaima es de vital comunicación con las vías terciarias para las diferentes veredas del municipio ya que, es la única entrada a algunas zonas veredales y es la que comunica el municipio hacia Bogotá.

Esta vía tiene más de 54 años, tiempo en el cual empezó con las características de vía terciaria como “trocha” siendo este un estado carretable, en la actualidad la vía se encuentra en mal estado, como se puede observar en la Figura 8.

Es una vía que no cuenta con señalización horizontal, tampoco con una buena señalización vertical, la iluminación en general es estándar, dado que solo tiene un tramo con mala iluminación. La vía depende del presupuesto de la alcaldía municipal de Nocaima como única fuente económica para su arreglo.

Figura 8 Estado Actual de la CRA 6



Fuente: Elaboración propia.

2.3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Para el desarrollo de este proyecto fue indispensable recopilar toda la información secundaria posible de la zona de estudio que poseen las instituciones o entes territoriales. De acuerdo con lo anterior, se identificó que las posibles fuentes que podrían brindar información importante para el desarrollo de algunas actividades del proyecto son la alcaldía del municipio y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC.

En la elaboración de la propuesta de trabajo de grado se entregó una carta a la alcaldía del municipio de Nocaima en la que se ponía en conocimiento que se iba a realizar el presente proyecto, esto se hizo con el fin que se pudiera acceder a toda la información posible, como también por ser un proyecto social era de gran importancia tener la vinculación con estos entes mencionados anteriormente y la comunidad, carta de la cual se recibió una respuesta satisfactoria como se puede observar en el Anexo 2.

Adicional a la carta enviada se tuvo una reunión con el alcalde del municipio con el fin de ponerlo en contexto sobre el proyecto y de agilizar la consecución de la información. A continuación, se presenta el inventario de la información entregada por el departamento de planeación de la alcaldía de Nocaima. Los archivos se pueden consultar en el Anexo 3.

- Esquema ordenamiento territorial del municipio.
- Mapa-División política del municipio.
- Mapa-Perímetro urbano.
- Mapa-Suelo urbano principal de Nocaima.
- Mapa-Inventario de vías 2019.
- Mapa-Usos del suelo rural.
- Mapa-Zonas de amenazas del suelo.
- Mapa geológico.
- Estudio de suelos del diseño de estructura de pavimento de la vía la Laja desde la entrada de los Guaduales hasta alto de la cruz del municipio de Nocaima.

Con esta información se describió gran parte de las generalidades del municipio, estado de las vías existentes y la clasificación de los suelos.

Adicionalmente a lo anterior se consultó en la página de la alcaldía el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio y se tomaron datos de Google Earth para referenciar la ubicación de la vía.

2.4. DIVULGACIÓN A LA COMUNIDAD

De acuerdo con lo propuesto inicialmente en este trabajo de grado y con el fin de cumplir con el objetivo de esta actividad se optó por utilizar actividades y/o herramientas de comunicación con las siguientes características: reuniones con la comunidad con el fin de transmitir mensajes sencillos y claros. El tipo de mensaje tenía como fin comunicar y socializar con la comunidad el trabajo académico que se estaba llevando a cabo. Adicionalmente se realizaron cuestionarios electrónicos que permitieran conocer la opinión de la comunidad sobre los posibles beneficios que podría generar el arreglo de la vía la vía Cascajal-Nocaima.

A continuación, se describen las actividades realizadas.

- **Identificación de lugares estratégicos (puntos satélites):** Se realizó la identificación de lugares estratégicos para informar a los habitantes de las reuniones que se iban a realizar sobre la presentación del proyecto. Para la divulgación de las reuniones se diseñó un volante informativo (Anexo 4. Volante de divulgación de reuniones).

En la Tabla 10 se presentan los lugares en donde se repartieron los volantes.

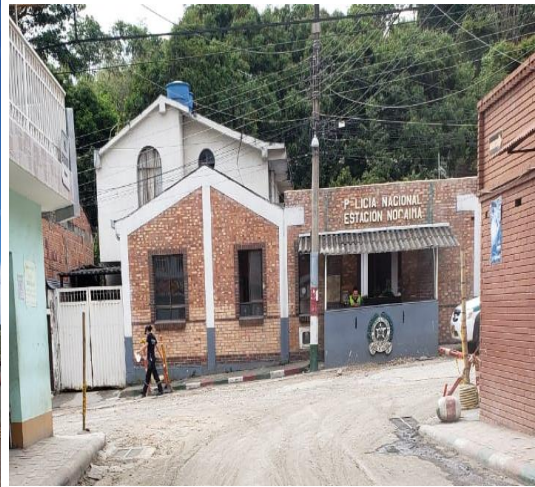
Para cada reunión que se realizó, previamente se repartieron volantes en los mismos 4 puntos. Esta divulgación se realizó los días domingo (día de mercado en el municipio), con el fin de garantizar que la información pudiese llegar al mayor número de personas.

Tabla 10 Puntos satélite

Iglesia del municipio de Nocaima



Estación de policía



Alcaldía municipal



Paradero de buses y taxis



Fuente: Elaboración propia

- **Reunión presentación del proyecto:** Con el fin de divulgar el proyecto, se realizaron 4 reuniones en diferentes fechas (domingos). Los lugares de dos de las reuniones fueron predios de habitantes del municipio. Con el fin de generar la inclusión de las personas que no residen en el municipio pero que se ven afectadas por el deterioro de la vía, se realizaron dos reuniones en los predios de habitantes en veredas aledañas al municipio. Se tuvo en cuenta que el sitio fuera de fácil acceso.

En estas reuniones se presentó a la comunidad un documento conciso que contiene la información más relevante del proyecto (Anexo 5. Presentación del proyecto).

Dentro de la misma actividad se diligenció un acta de reunión donde se registraron las opiniones y/o comentarios surgidos de los asistentes. Para ello, se elaboró un documento soporte (Anexo 6. Acta de reunión y asistencia) en el cual se registró las personas que asistieron a la actividad.

En la Tabla 11 se presenta el registro fotográfico y la descripción de cada reunión.

Tabla 11 Reuniones con la comunidad-presentación del proyecto

El Chico – Los Pozos (vía existente hace 44 años)	
Lugar de Reunión	Asistentes
	
Reunión realizada el 02 de febrero de 2020 a las 11:30 am	
Asistencia Diligenciada: 8 hombres y 3 mujeres	
Lider de Comunidad: Luis Eduardo Casas	

Vereda San José – El Naranjal (vía existente hace 27 años)	
Lugar de Reunión	Asistentes
	
Reunión realizada el 9 de febrero de 2020 a las 3:30 pm	
Asistencia Diligenciada: 7 hombres y 6 mujeres	
Lider de Comunidad: Luis Fernando Caro Alarcon	

El retiro - La fortuna (vía existente hace 48 años)	
Lugar de Reunión	Asistentes
	
Reunión realizada el 16 de febrero de 2020 a las 11:30 am	
Asistencia Diligenciada: 32 hombres y 25 mujeres	
Lider de Comunidad: Monica Lizbeth Duque	

Vereda San José - La Esmeralda (vía existente hace 30 años)	
Lugar de Reunión	Asistentes
	
Reunión realizada el 23 de febrero de 2020 a las 3:30 pm	
Asistencia Diligenciada: 15 hombres y 23 mujeres	
Lider de Comunidad: Nidia Doris Delgado	

Fuente: Elaboración propia

- **Cuestionario electrónico:** utilizado como técnica para conocer la opinión de la comunidad sobre los posibles beneficios que podría generar el arreglo de la vía Cascajal-Nocaima. El cuestionario electrónico (Anexo 7. Cuestionario electrónico a la comunidad) se encuentra asociado con una planilla de base de datos de los participantes. En el Anexo 9 se presenta el registro de las personas encuestadas electrónicamente.

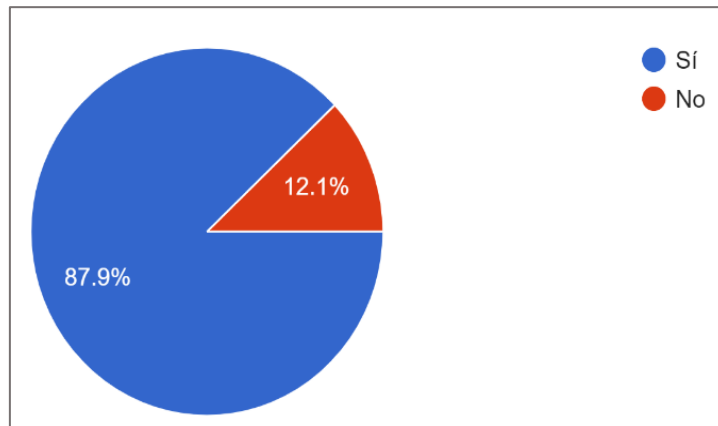
Las preguntas estuvieron orientadas en conocer la percepción que tienen los habitantes del municipio de Nocaima, sobre qué tanto puede afectar la intervención mejoramiento de la vía Cascajal-Nocaima. El total de personas encuestadas fue 91.

A continuación, se presenta cada pregunta y su respectivo análisis, encuesta que se puede observar en el Anexo 8.

Pregunta N° 1. ¿El mejoramiento de la vía principal promueve el progreso de la economía del municipio?

Como se puede observar en la Figura 9 el 87.9% de las personas respondieron que sí y el 12.1% respondieron que no.

Figura 9 Resultados pregunta 1 Cuestionario electrónico

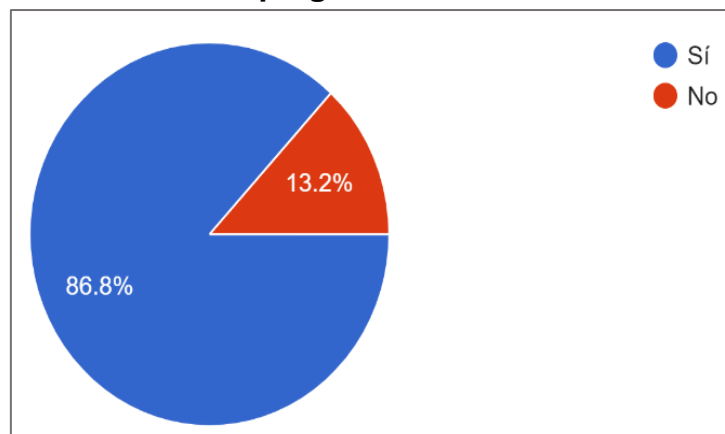


Fuente: Elaboración propia

Pregunta N° 2 ¿El mejoramiento de la vía genera aumento en las actividades turísticas del municipio?

En la Figura 10 se puede observar que se obtuvo un resultado de 79 personas que respondieron SI el cual corresponde al 86.8% y 12 personas que respondieron NO correspondiente al 13.2%.

Figura 10 Resultados pregunta 2 - Cuestionario electrónico

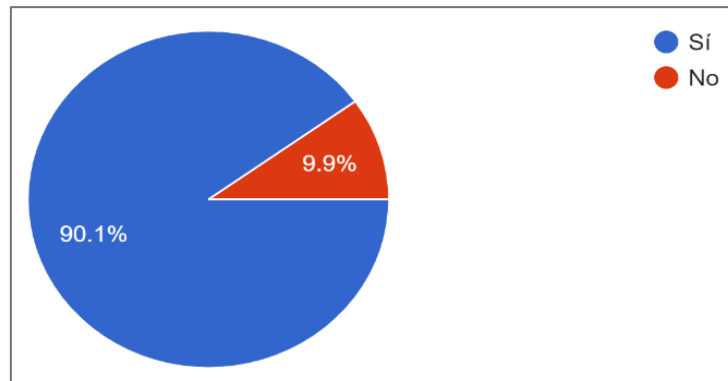


Fuente: Elaboración propia

Pregunta N° 3 ¿El mejoramiento de la vía disminuye el tiempo del recorrido?

En la Figura 11 se puede observar que se obtuvo un resultado de 82 personas que respondieron Si el cual corresponde al 90.1% y 9 personas que respondieron no correspondiente al 9.9%.

Figura 11 Resultados pregunta 3 - Cuestionario electrónico

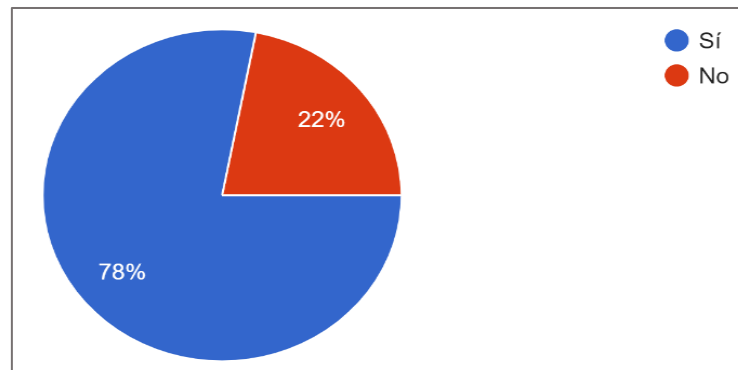


Fuente: Elaboración propia

Pregunta N° 4 ¿El mejoramiento de la vía aumenta beneficios al sector social, educativo y salud del municipio?

En la Figura 12 se puede observar que se obtuvo un resultado de 71 personas que respondieron Si el cual corresponde al 78% y 20 personas que respondieron no correspondiente al 22%.

Figura 12 Resultados pregunta 4-Cuestionario electrónico

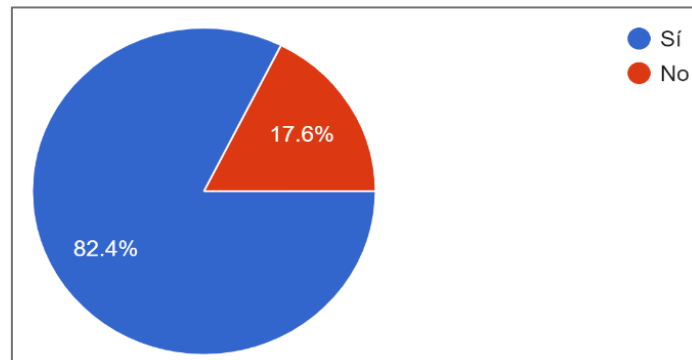


Fuente: Elaboración propia

Pregunta N° 5 ¿El mejoramiento de la vía, genera beneficios a los municipios aledaños de Nocaima?

En la Figura 13 se puede observar que se obtuvo un resultado de 75 personas que respondieron SI el cual corresponde al 82.4% y 16 personas que respondieron no correspondiente al 17.6%.

Figura 13 Resultados pregunta 5-Cuestionario electrónico



Fuente: Elaboración propia

Pregunta N° 6 ¿Cuál de los siguientes tramos considera usted que debe ser intervenido inicialmente?

En la Figura 14 se puede observar que, 42 personas respondieron que el tramo de la plaza de mercado – estación de policía es el que debía ser intervenido.

Estas 42 personas corresponden al 46.2%. 35 personas correspondientes al 38.5% respondieron, el tramo de la estación de policía – parque principal y 11 correspondientes al 15.4%, respondieron, el tramo del parque principal – iglesia municipal.

Figura 14 Resultados pregunta 6-Cuestionario electrónico

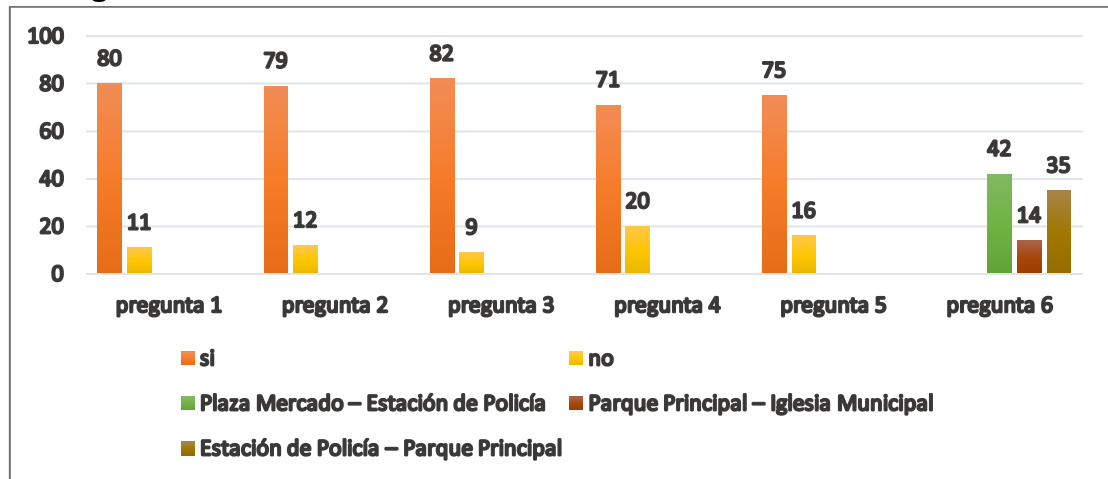


Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 10 se puede observar la respuesta uno a uno de los encuestados.

La Figura 15 presenta el resumen y comportamiento de los resultados del cuestionario realizado.

Figura 15 Resumen de los resultados del cuestionario electrónico



Fuente: Elaboración propia

Las actividades de divulgación y socialización del proyecto permitieron reconocer las ventajas y oportunidades de mejora que tiene para los habitantes del municipio el mejoramiento de la vía de la vía Cascajal-Nocaima. Esta vía se encuentra dividida en 3 tramos: Plaza de mercado hasta la estación de policía (tramo 1), estación de policía al parque principal (tramo 2) y parque principal hasta la iglesia del municipio (tramo 3), tramos que se observan en la Figura 1. A pesar de que los 3 tramos presentan deterioro, los habitantes del municipio consideran que el tramo que tiene mayor importancia para ser intervenido es el tramo 1. Pues la mayoría de los autos y camiones de carga atraviesan esta sección de la vía, puesto que requieren cargar y descargar insumos desde y hacia la plaza de mercado.

Sobre el tramo 1 se encuentra el hogar geriátrico del municipio, por lo tanto, es necesario que la vía se encuentre en buenas condiciones, ya que esto permitir un acceso y movilidad adecuados para ambulancias, sillas de ruedas y en general el tránsito de las personas sin atentar contra su integridad.

Lo que se identifica según los comentarios de la comunidad recibidos en las reuniones es que el mejoramiento de la vía promueve el avance en el ámbito económico, social, educativo y en la salud, teniendo en cuenta que se puede mejorar considerablemente el rendimiento en los tiempos de recorrido.

Contar con una buena infraestructura vial permite el desarrollo del campo, la consolidación de la paz y el progreso municipal, puesto que se genera un impacto en las economías locales, por ende, los habitantes muestran un interés por mejorar principalmente el tramo que conecta la vía principal con el ingreso al municipio, el cual está delimitado desde la plaza de mercado a la estación de policía.

Nocaima no se considera un municipio con actividad económica turística principal, ya que es un municipio productor de panela, la cual se vende principalmente en Bogotá, por ende, la actividad turística es muy baja. (CMGR, 2012)

No obstante, el desplazamiento de comerciantes desde y hacia Bogotá podría mejorar de manera sustancial atrayendo población interesada en la comercialización de la panela, así como en conocer los procesos agroindustriales de su producción y, teniendo en cuenta, que el tramo en estudio abarca la zona de comercio, podría aportar a que los turistas y comerciantes de otras zonas se interesen en pernotar y movilizar la economía en el ámbito turístico, tal como parece apreciar la comunidad.

2.5. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO

El levantamiento topográfico fue el punto de partida para poder realizar este proyecto de grado. En el trabajo en campo se realizó la identificación y señalamiento del terreno, examinando la superficie cuidadosamente teniendo en cuenta las características físicas, geográficas y geológicas, pero también las alteraciones existentes en el terreno y que se deban a la alteración del hombre.

El levantamiento topográfico consistió en el acopio de datos para poder realizar con posterioridad un plano que reflejará en mayor detalle la exactitud posible del terreno.

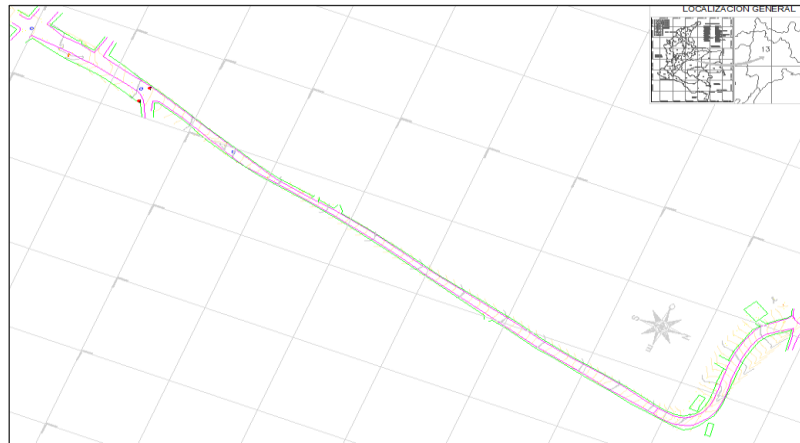
Se realizó el levantamiento topográfico correspondiente a la vía principal del municipio de Nocaima - Cundinamarca (carrera 6ta). El tramo seleccionado fue entre el sector del Guadual (barrio Chico y Chico Alto) y el sector el Jagual (plaza de mercado y sus alrededores). En este numeral, se describe las actividades realizadas y se presentan algunas memorias de cálculo. También se presentan los planos elaborados con base en el levantamiento realizado los días 22 y 24 de febrero del presente año. En la Tabla 12 se presenta el registro fotográfico del tramo seleccionado.

Tabla 12 Tramo seleccionado de la vía Cascajal-Nocaima

Conexión con el pueblo y las veredas	Frente a la Alcaldía Municipal
	

Fuente: Elaboración propia

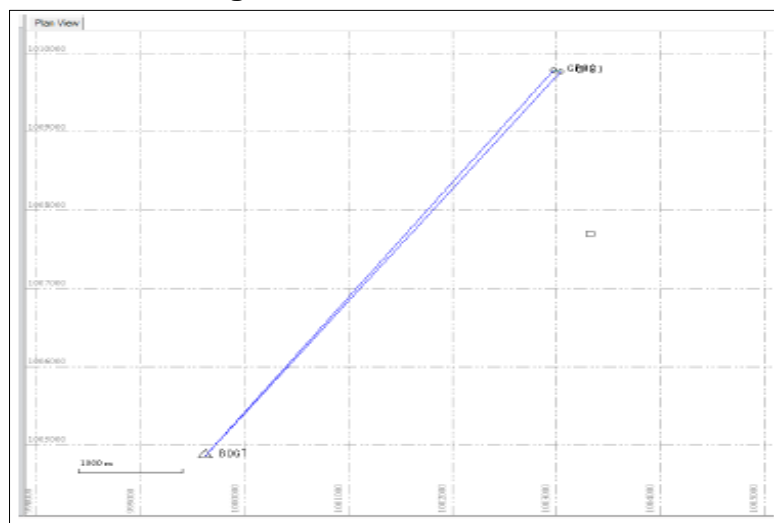
Figura 16 Localización de la vía



Fuente: Elaboración propia

Para este procedimiento de topografía se realizó primero el posicionamiento definiendo la ubicación de las placas, para ello fue necesario realizar inspección de la zona que rodea las placas para determinar el estado de estas a futuro, se encontró que la condición de visibilidad entre ellas es adecuada y en la zona donde se incrustaron los obstáculos que impiden la recepción satelital no son muy considerables, el estado de las placas es bueno, se decide no usar monumento para materializarlas, es mejor incrustarlas en el suelo. En el Anexo 11 se puede observar el posicionamiento realizado.



Figura 17 Línea entre GPS



Fuente: Elaboración propia

La inspección de campo también sirvió para revisar previamente los elementos a medir en el levantamiento topográfico, determinar el área de cobertura e intervención, paramentos, vías, redes y otros elementos a ser tenidos en cuenta. En la tabla 13 se presenta la ubicación del GPS empleado.

Tabla 13 Ubicación de GPS

Placa para GPS 1	Ubicación GPS 1
	

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta la localización de los vértices GPS:

- GPS-1: Se encuentra ubicado en la acera que colinda con la calle 7 y la carrera 6.
- GPS-2: Este GPS se encuentra a 60 metros aproximadamente del GPS1 en dirección suroriental dentro del parque.

En la Figura 18 se presenta la ubicación de los puntos GPS.

Figura 18 Ubicación GPS



Fuente: Google Earth

Teniendo en cuenta que la lectura de los dos GPS con amarre de doble determinación a la estación Magna-Eco BOGA (propiedad del IGAC) y ABCC (propiedad del acueducto) fue por un tiempo de 12 horas de acuerdo con el resultado que arrojó la ecuación en la cual el tiempo de rastreo estuvo en función a la distancia del vector base-Rover más largo.

En la Tabla 14 se presentan las coordenadas reales de los GPS1 y GPS2 transformadas a la época actual.

Tabla 14 Coordenadas reales de los GPS1 y GPS2

COORDENADAS GEOCENTRICAS			
	X	Y	Z
GPS1	1711223,0706	-6119721,5706	559993,3399
GPS2	1711204,7777	-6119723,5179	559937,4817
COORDENADAS CARTESIANAS			
	N	E	Z
GPS1	1052400,523	966710,846	1124.879
GPS2	1052345,178	966692,696	1116.904
COORDENADAS ELIPSOIDALES			
	LATITUD	LONGITUD	H-ELIP
GPS1	5°04'11,96874''	74°22'39,77306''	1124.879
GPS2	5°04'10,16650''	74°22'40,36193''	1116.904
ONDULACION GEOIDAL = 26.4			

Fuente: Elaboración propia

Se debe tener en cuenta que el origen cartesiano es NOCAIMA. Con origen, Falso Norte= 1052378,164 y Falso Este=966733,734. Plano de proyección=1107,000m.

Si se desea conocer toda la información sobre el posicionamiento de los GPS se puede consultar el Anexo 12 (Informe de GPS), también se puede consultar el Anexo 13 (conversión y cambio de época).

Como resultado de la cota geométrica de los GPS materializados, luego del traslado desde el 19-BGT, se obtuvo:

- GPS 1: 1144.55
- GPS 2: 1144.39

El levantamiento realizado de la vía permitió conocer exactamente los linderos, niveles, redes existentes y zonas especiales de la vía y tener en cuenta al momento de realizar los planos correspondientes obteniendo así mismo el diseño geométrico, el perfil longitudinal y las secciones transversales, entre otros.

Con base en los puntos de amarre tal y como lo exige la Normativa Colombiana, los levantamientos topográficos fueron amarrados a la Red del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, mediante posicionamiento de puntos con GPS doble frecuencia utilizando las estaciones permanentes MAGNA CENTRAL.

En la práctica del levantamiento topográfico se utilizaron los equipos relacionados en la Tabla 15, por cual cabe aclarar que estos equipos cuentan con sus correspondientes certificados de calibración.

Tabla 15 Equipos de topografía empleados

NOMBRE	MARCA	REFERENCIA	No. SERIE
Estación Total	NIKON	Nivo 3c	C120147
GPS	TRIMBLE	TRIMBLE 4700	022024896786

Fuente: Elaboración propia

Adicional a los anteriores equipos mencionados se utilizó el equipo convencional complementario.

Para la respectiva labor del amarre topográfico se realizó basada en la técnica empleada por el sistema DGPS (Sistema de Posicionamiento Global Diferencial), con receptores satelitales (Base Continua de recepción) y (Rovers Estáticos) TRIMBLE 4700.

La verificación de este posicionamiento se formalizó utilizando información satelital de las estaciones antes mencionadas.

En la recepción de datos para cada vértice cumplen las siguientes características especiales como:

- Distancia entre el equipo base y equipos Rovers (línea base).
- Buenas condiciones climáticas y atmosféricas (ionosfera, Troposfera), para este caso fueron muy buenas las condiciones climáticas, no obstante, que se realizó en horas de la noche.
- Sitio de posicionamiento seguro y libre de tráfico.

- Coordinación en la captura de información para obtener tiempos comunes en la recepción de datos satélites.

2.5.1. Levantamiento planimétrico

La planimetría de los levantamientos topográficos fue desarrollada por el método de radiación simple, toma de detalles topográficos a partir de los GPS1 Y GPS2.

Una vez ajustadas las coordenadas y cotas respectivas se obtuvieron los valores de las coordenadas N, E y cota de cada uno de los puntos radiados sobre los detalles levantados, información básica para obtener el plano topográfico actualizado.

Con la información ya recolectada, se realizó el procesamiento de datos y posterior dibujo topográfico del tramo levantado.

Los cierres obtenidos desde el punto de vista de planimetría se obtuvieron resultados que fueron satisfactorios, basados con las tolerancias mínimas establecidas en la norma.

2.5.2. Planos topográficos

La utilización de los equipos electrónicos garantiza la disminución de fuentes de error y proporciona funcionalidad en la transferencia de información para la elaboración de los planos topográficos.

Con base en la información recolectada en campo y el ajuste necesario, se procedió a la elaboración de los planos en formato DWG. Los planos de topografía fueron elaborados en AutoCAD, teniendo en cuenta la norma colombiana vigente, requisitos para la elaboración y entrega de planos de subdivisión.

En la Tabla 16 se relacionan los planos realizados y el Anexo 13 contiene los planos:

Tabla 16 Relación de planos realizados

No	Nombre del plano
1.	Plano general
2.	Plano geométrico
3.	Creación de la superficie
4.	Perfil longitudinal
5.	Secciones transversales
6.	Planta perfil
7.	Detalles de la vía

Fuente: Elaboración propia

Con relación a los cálculos topográficos a continuación se presenta el levantamiento de detalles, cálculo de coordenadas y dibujos topográficos:

Este levantamiento de detalles se desarrolló teniendo en cuenta los vértices GPS1, GPS2. Con esta metodología se levantaron todos los detalles físicos y artificiales adyacentes a los tramos del proyecto, no se realizó poligonal de amarre puesto que desde los vértices GPS se tomó toda la información del levantamiento.

El trabajo de campo fue realizado con la estación total descrita anteriormente, se capturaron detalles, los cuales fueron empleados para la configuración del modelo topográfico, por consiguiente, estos puntos tienen una cota diferente.

Uno de los principales objetivos de los levantamientos topográficos es materializar puntos de apoyo para futuros levantamientos, replanteos o revisiones de las actividades desarrolladas, consecuente con lo anterior se materializaron inicialmente 2 referencias topográficas, las cuales se presentan la Tabla 17.

Tabla 17 Coordenadas y cotas referencias del año 1995

REFERENCIA	COORDENADAS		COTAS GEOMÉTRICAS
	NORTE	ESTE	
GPS 1	1052720.291	966781.614	1144.55
GPS 2	1052718.110	966791.180	1144.39

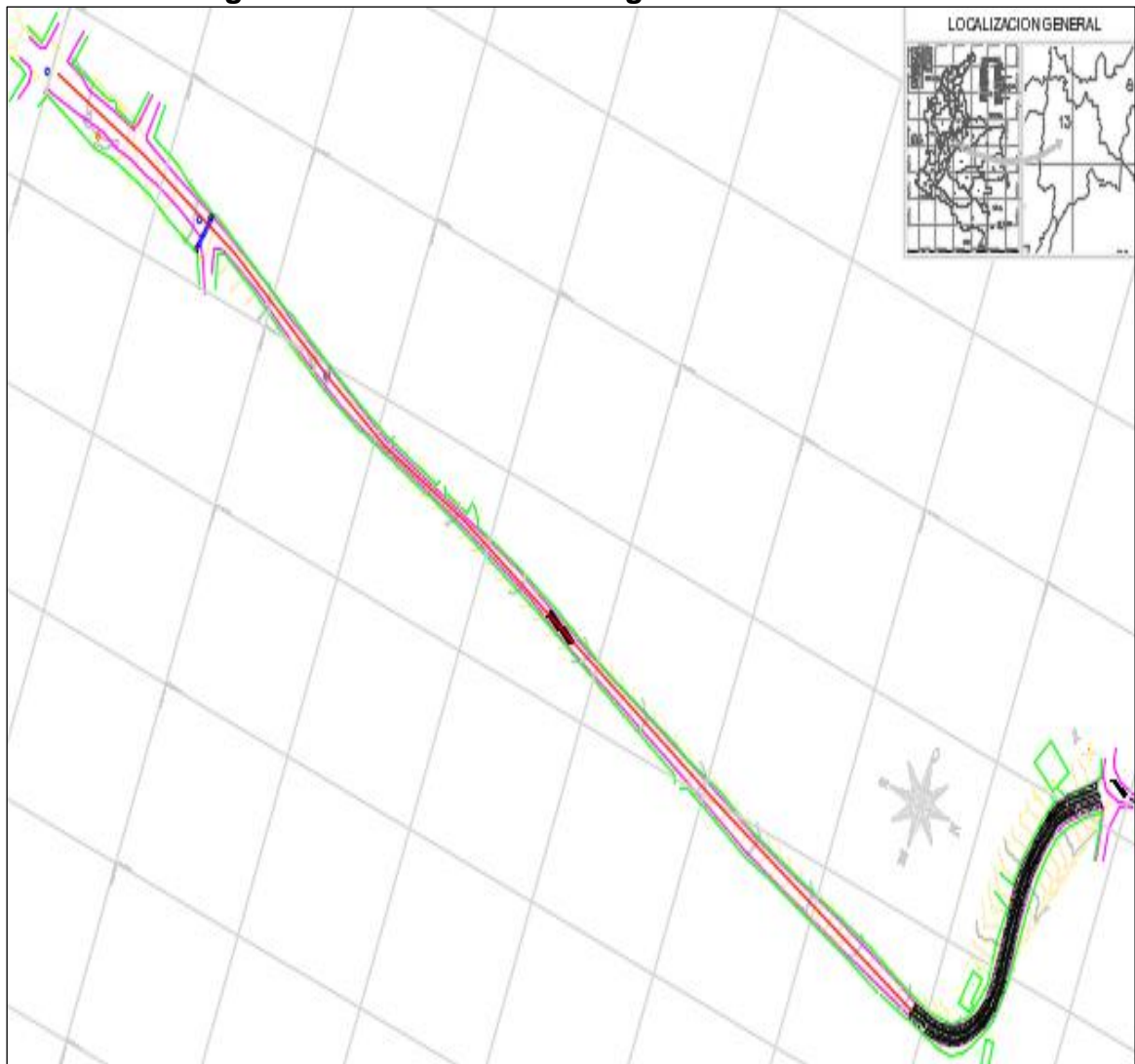
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 17 se presentan los valores de coordenadas y cotas ajustados, según los amarres y cálculos efectuados por la consultoría y facilitados por la alcaldía local del municipio.

Luego de realizado el trabajo de campo y descargada la información al software Auto CAD CIVIL 3D, se realizó el dibujo de la vía y con sus respectivos linderos de esta, basados en la información obtenida en campo y verificada mediante planos anteriores existentes.

A continuación, en la Figura 19, se presenta mediante una imagen extraída de AutoCAD CIVIL 3D cada plano realizado.

Figura 19 Plano No. 1. Plano general del levantamiento



Fuente: Elaboración propia

El plano geométrico es el primero que se obtiene luego de realizar el trabajo en campo.

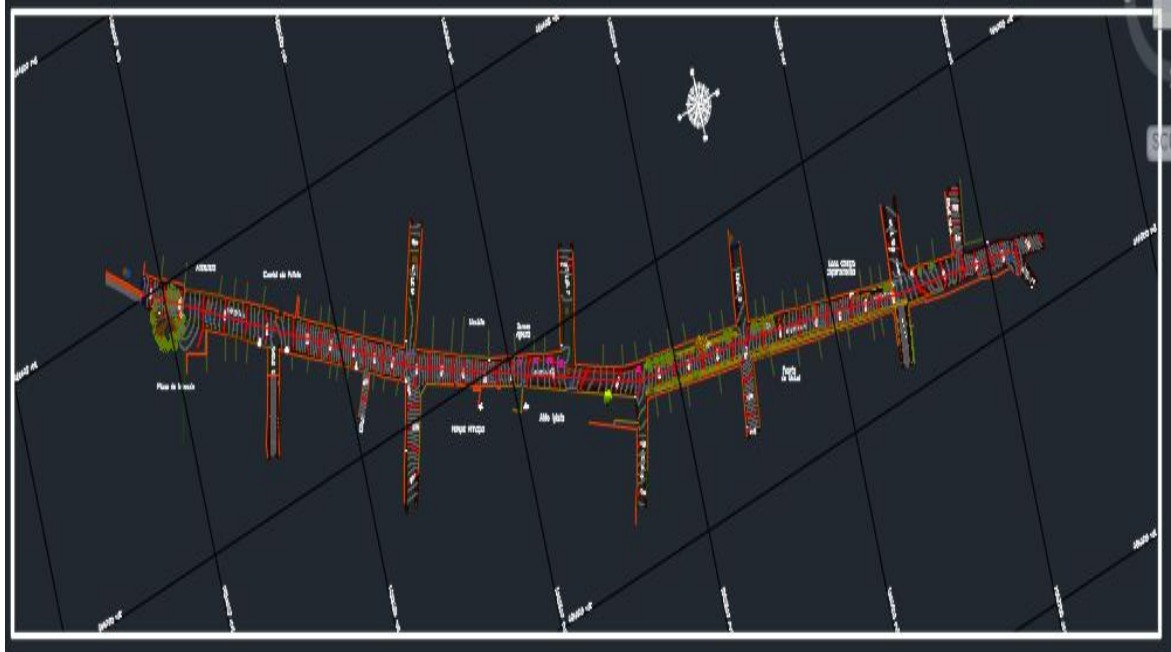
Figura 20 Plano No. 2. Plano geométrico del levantamiento



Fuente: Elaboración propia

A partir de la nube de puntos descargados, se procedió a crear una superficie y se trazó una alineación (eje de vía), con el fin de generar el perfil longitudinal y las secciones transversales del terreno existente .ver Figura 21

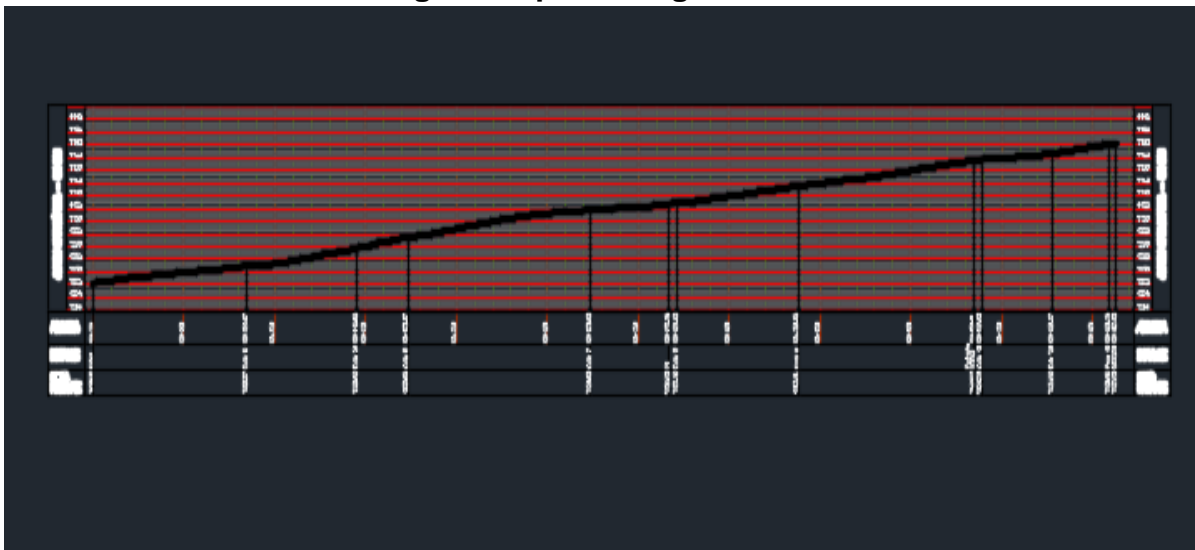
Figura 21 vista en planta creación de superficie y eje de vía



Fuente: Elaboración propia

Ya generado el perfil longitudinal, se identifican de mejor manera las condiciones del terreno en cuanto a pendientes mínimas y máximas a evaluar, para el posterior trazado de perfil de diseño .ver Figura 22

Figura 22 perfil longitudinal

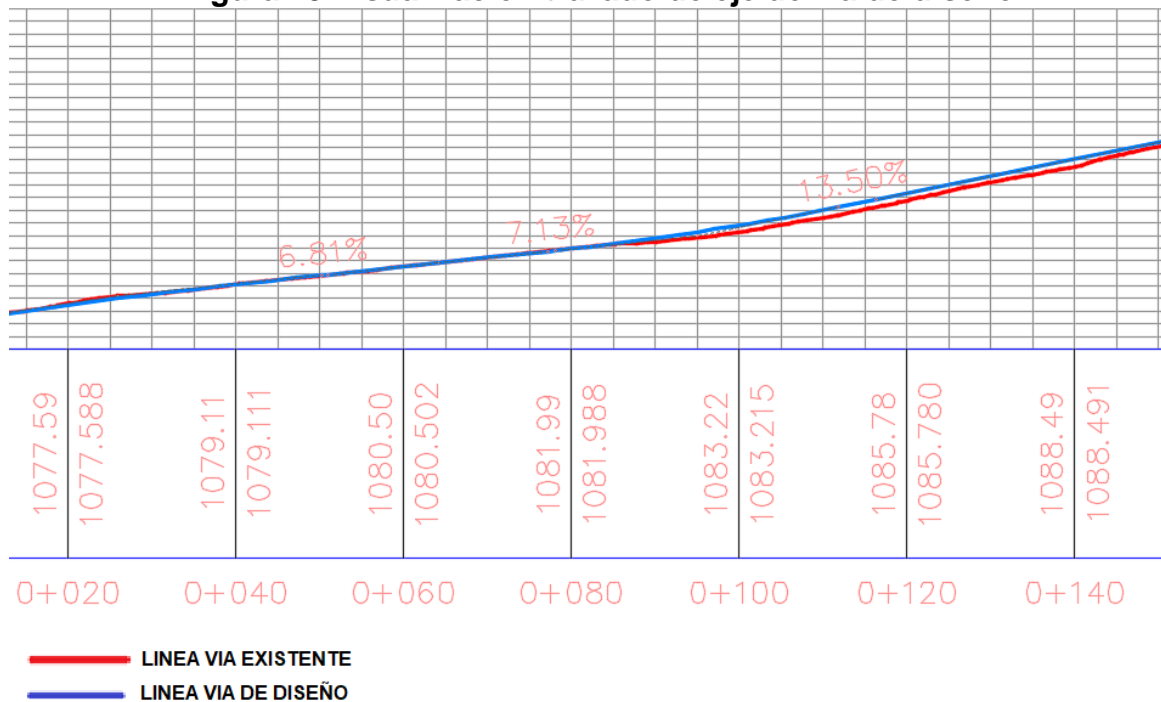


Fuente: Elaboración propia

Según el levantamiento topográfico realizado y con base en las normas para la parte de infraestructura vial, se puede concluir que el tipo de terreno es ondulado con una pendiente de aproximadamente 12.7%. Con esta pendiente se debe diseñar para una velocidad del 40 (km/h) debido al alto riesgo de inclinación que tiene este municipio. También se clasificó la vía como una carretera municipal de una sola calzada con dos carriles como mínimo y algunos tramos con el espacio para tres. Siguiendo los parámetros de clasificación del Esquema De Ordenamiento Territorial municipal la vía Cascajal-Nocaima es una vía de segundo orden.

Una vez realizado el perfil se procedió a trazar la línea de eje de vía de diseño, implementando pendientes longitudinales, similares a la vía existente, teniendo en cuenta los criterios planteados por la norma y los limitantes que se presentan por los empalmes a las calles conectantes. El nivel del nuevo alineamiento no presenta una diferencia significativa con respecto a la de la vía actual, ya que se tuvo en cuenta el nivel de las estructuras existentes tales como sumideros, pozos y cámaras. Ver Figura 23

Figura 23 Visualización trazado de eje de vía de diseño



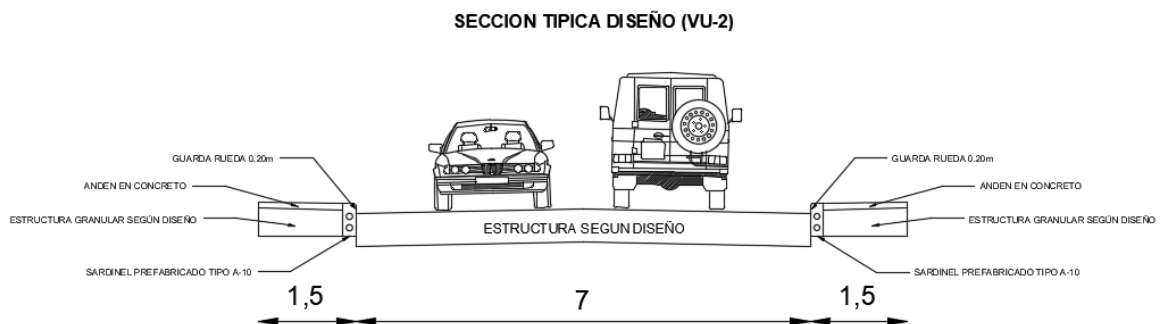
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 23 se observan las pendientes longitudinales en el trazado de eje de vía diseñado, para uno de los tramos, el cual comprende desde k0+020 a k0+140 del proyecto.

Posteriormente se procedió a realizar el diseño geométrico de la vía, teniendo en cuenta la delimitación actual del corredor vial, tanto en el tramo que se encuentra en la zona rural, como el que está en el área urbana. El diseño plantea mantener el ancho de la calzada actual, el cual es de 7 metros, con carriles de 3.50 metros de ancho respectivamente, con una pendiente transversal del 2% desde el eje hacia los bordes de vía (bombeo). Para la zona urbana se mantendrá la planimetría de los andenes existentes, las condiciones altimétricas se modificarán con el fin de garantizar una pendiente del 2% de los paramentos hacia la calzada (norma IDU).

La altura de guarda rueda estará sujeta a modificaciones por procesos constructivos, sin embargo, se plantea por diseño una altura de 0.20 metros y como requerimiento mínimo se sugiere una altura de 0.17 metros. Para los accesos vehiculares existentes se debe instalar prefabricados bajo rampas (A-85) y mantener la continuidad de pendiente transversal del 2% en el andén, ya que se debe garantizar las condiciones de seguridad del peatón. A continuación, se presenta un esquema de sección típica de diseño transversal para el tramo que se encuentra en la zona urbana del municipio .ver Figura 24

Figura 24 Sección típica diseño de vía área urbana



Para el tramo de la vía que se encuentra en lo que se denomina zona rural, se realiza la ampliación de la sección transversal, para implementar la instalación de cunetas prefabricadas y de sardinel A-10 para confinamiento de la vía adicionalmente se sugiere la adecuación de las zonas verdes aledañas a la calzada.

El diseño también plantea la instalación de geo dren para drenar el agua infiltrada en las zonas verdes, que puedan afectar las condiciones funcionales de los materiales granulares de la estructura.

Figura 25 Sección típica diseño de vía área rural

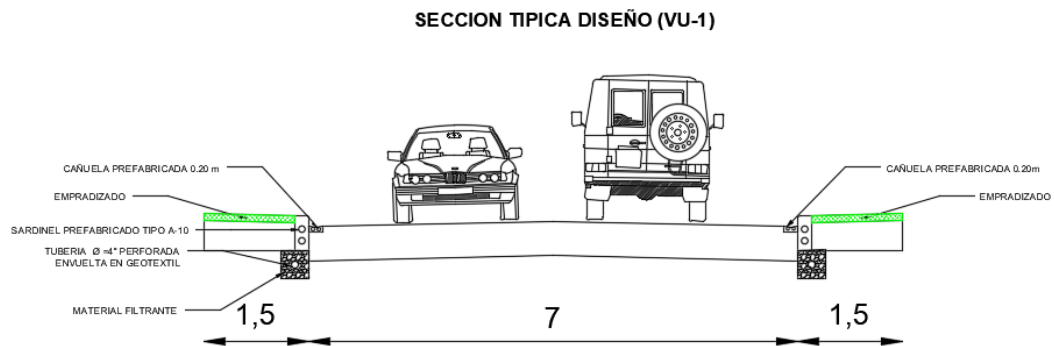
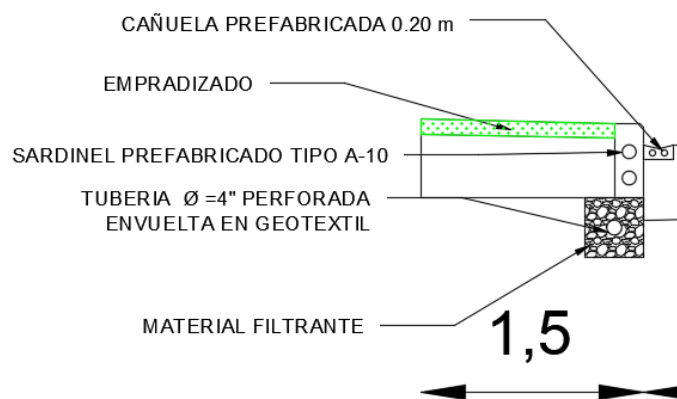


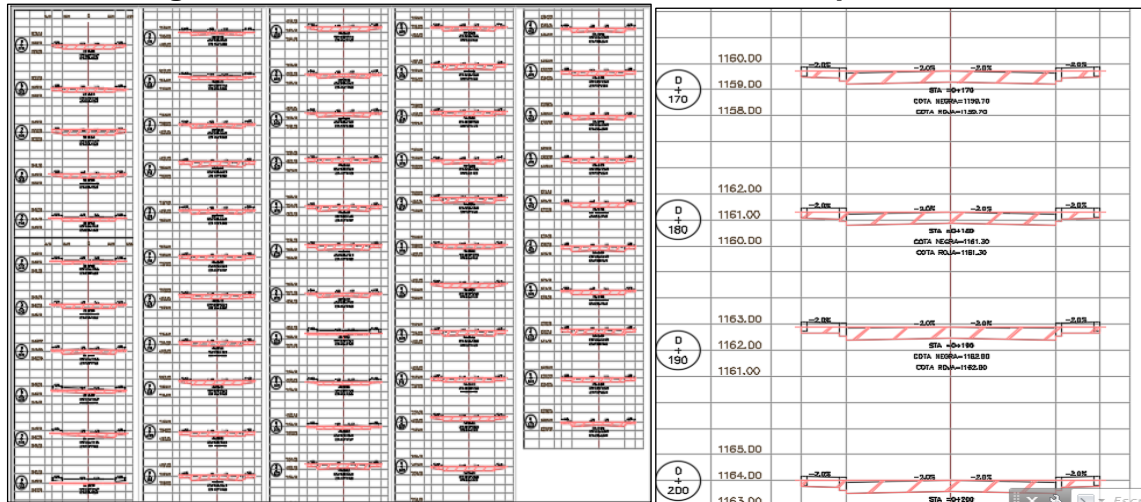
Figura 26 Sección típica diseño de vía área rural



Fuente: Elaboración propia

Mediante el uso del software Autocad Civil 3D se realizó la modelación de la rasante de diseño, frente a la rasante existente, para determinar las cantidades del proyecto. Se generaron secciones transversales donde se evidencian los componentes mencionados anteriormente en cada abscisa y adicionalmente se muestra el dimensionamiento de la calzada y espacio público con sus respectivas pendientes ver Figura 27.

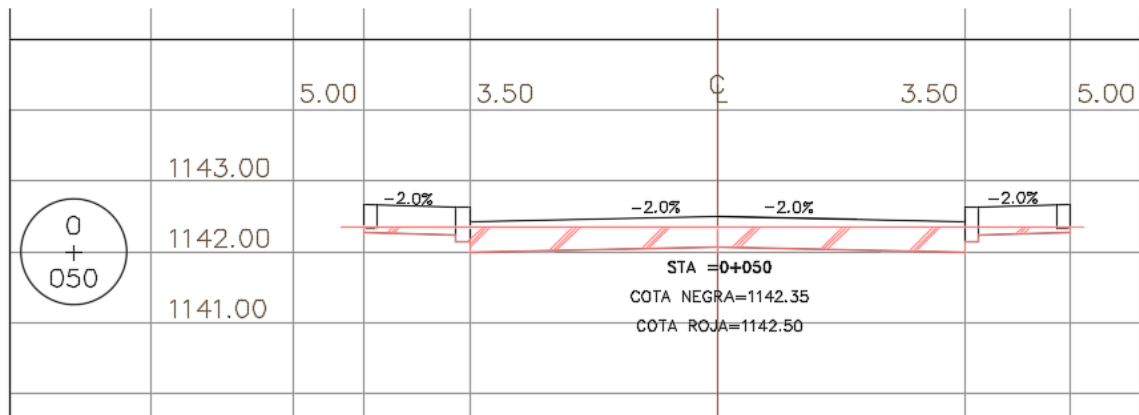
Figura 27 Cuadro de secciones transversales por abscisa



Fuente: Elaboración propia

Esta modelación sirvió para determinar la cartera de la rasante de diseño, especificando los niveles del borde de vía izquierdo, eje y borde de vía derecho. En la siguiente figura se representan dos cotas, la cota negra representa el nivel de rasante de diseño de la calzada y los andenes; la cota roja representa el nivel de terreno o la vía existente. Ver Figura 28.

Figura 28 Sección transversal de diseño k0+050

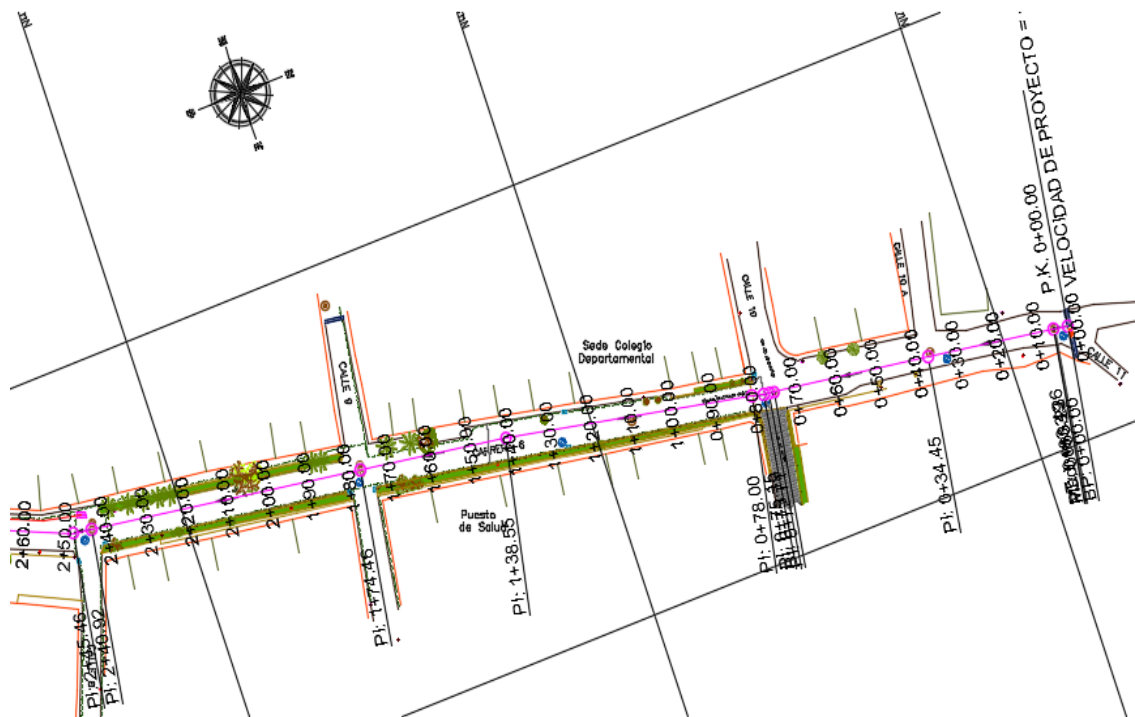


Fuente: Elaboración propia

Por último se presenta el diseño en planta, donde se especifica el abscisado de diseño y del cual se genera la cartera de localización geométrica de la vía, con sus respectivas cotas de diseño. Este procedimiento tuvo en cuenta los elementos adicionales existentes en el tramo que comprende la zona urbana. Estos componentes son todo lo relacionado con las condiciones actuales del espacio público existente (redes de alumbrado público, zonas verdes, materas etc.).

A continuación, se presenta un segmento en planta de la vía donde se observa el abscisado, los empalmes de las boca calles que conectan a la calzada, zonas verdes existentes, pozos y sumideros ubicados dentro de la vía .ver Figura 29 y Figura 30.

Figura 29 Vista en planta geometría de la calzada



Fuente: Elaboración propia

Figura 30 Detalle en planta zonas verdes existentes



Fuente: Elaboración propia

2.6. ESTUDIO DE TRANSITO

El estudio de tránsito se realiza para verificar volúmenes vehiculares en el tramo de estudio con el fin de identificar que volumen vehicular circula por la vía.

El objetivo del estudio es estimar el volumen de vehículos que van a transitar durante un periodo de tiempo seleccionado, con base en las características de la vía existente y así mismo poder determinar las condiciones de toda la operación vehicular.

El estudio de tránsito se basa en los aforos vehiculares los cuales se llevan a cabo durante dos (2) días en ambos sentidos de circulación de la vía.

Para el desarrollo de esta actividad se decidió realizar los aforos vehiculares el día domingo 15 de marzo día atípico el cual es el día de mercado y es donde gran parte de la comunidad sale para realizar las compras respectivas y lunes 16 de marzo día típico donde se realiza la distribución de la panela en para los municipios y ciudades cercanas.

Los conteos se realizaron desde las 6:00 a las 18:00 horas, en el cual se tuvo en cuenta vehículos particulares (automóviles), camiones (carga pesada), taxi (servicio público), colectivos (de 15 a 30 pasajero), vehículos de servicio públicos (ambulancias, bomberos, policía), es este estudio no se tomaron en cuenta las bicicletas debido a que este tipo de transporte es muy escaso debido a la inclinación del terreno.

Los horarios fueron escogidos buscando realizar el conteo en horas pico, por lo cual se determinó un día y una jornada continua para determinar la demanda en mayor importancia por medio de los aforos en tramo seleccionado en la vía principal del municipio, teniendo en cuenta que el tramo es de conexión con la plaza de mercado, los colegios, la iglesia, el parque, la estación de policía, las salidas y entradas de las veredas.

En los aforos se clasificó el tipo de vehículo que transitaba en cada sentido de circulación. Se aclara que no se realizaron aforos en altas horas de la noche debido al no tránsito de vehículos y a la poca visibilidad que se tenía debido a la mala iluminación de la vía.

Vale la pena mencionar que esta vía no cuenta con señalización horizontal que permita mostrar el sentido de circulación de la vía, motivo por el cual se transita en ambos sentidos, y por esta razón se clasificó el conteo de los vehículos en ambos sentidos.

Para el conteo se tomó un periodo de frecuencia máximo de 15 minutos, como se puede observar el Anexo 14 (Planilla de Aforo).

La mayoría de los vehículos de carga, transportan panela hacia la ciudad de Bogotá para su respectiva distribución, por este motivo es de gran importancia el arreglo del tramo de vía seleccionado, para facilitar la movilidad de estos vehículos pesados, como también para mejorar la parte turística del pueblo y generar muchos beneficios a la calidad de vida de los habitantes del municipio.

En el estudio realizado tiene la siguiente caracterización del tipo de vehículo para el tránsito que circulan en el municipio, de la siguiente manera:

- **Vehículo privado:** Son todos los carros particulares (automóviles)
- **Camiones:** Tipo C3 de carga.
- **Taxi:** Servicio público entre municipios y veredas.
- **Busetas:** Servicio público para pasajeros entre 15 – 35 pasajeros.
- **Vehículo de Servicio:** Son los vehículos de la policía, ambulancias y bomberas.

A continuación, de la tabla 18 a la Tabla 32 se relacionan los datos obtenidos en el aforo realizado, destacando en cada una de ellas la hora pico color (anaranjado) y la hora valle (verde).

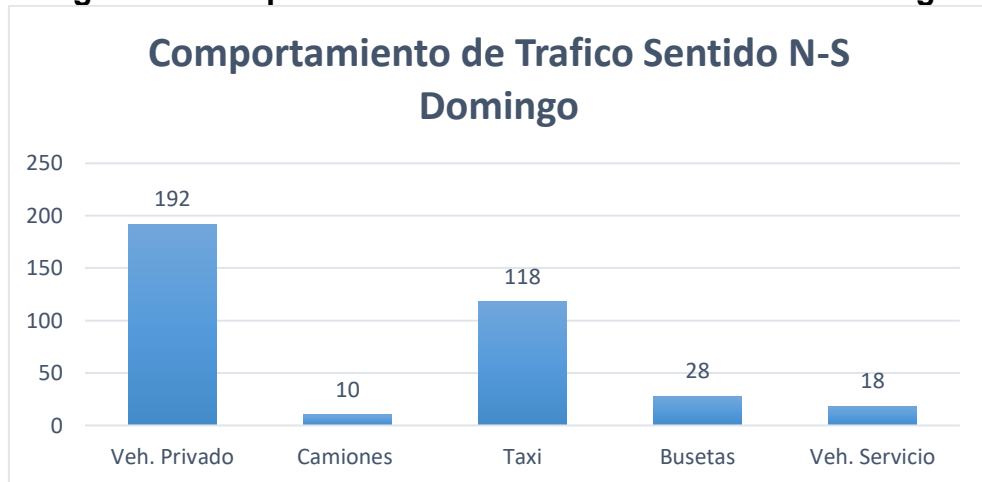
Tabla 18 Aforo realizado domingo - sentido N-S

HORA	Veh. Privado	Camiones	Taxi	Busetas	Veh. Servicio	TOTAL MIXTOS	VOLUMEN HORA
6:00 - 6:15	11	4	3	0	0	18	47
6:15 - 6:30	2	0	2	0	0	4	
6:30 - 6:45	0	0	3	2	1	6	
6:45 - 7:00	11	0	8	0	0	19	
7:00 - 7:15	9	0	6	0	0	15	31
7:15 - 7:30	2	1	3	0	0	6	
7:30 - 7:45	0	0	3	3	1	7	
7:45 - 8:00	1	0	2	0	0	3	
8:00 - 8:15	3	0	3	5	0	11	29
8:15 - 8:30	2	0	0	0	1	3	
8:30 - 8:45	5	0	1	0	0	6	
8:45 - 9:00	3	0	4	2	0	9	
9:00 - 9:15	5	0	4	2	1	12	36
9:15 - 9:30	3	0	1	0	0	4	
9:30 - 9:45	3	0	4	1	0	8	
9:45 - 10:00	3	0	7	0	2	12	
10:00 - 10:15	15	0	1	0	0	16	45
10:15 - 10:30	9	0	0	0	0	9	
10:30 - 10:45	3	0	1	2	1	7	
10:45 - 11:00	2	0	11	0	0	13	
11:00 - 11:15	4	0	2	0	0	6	42
11:15 - 11:30	1	0	0	1	2	4	
11:30 - 11:45	10	0	4	0	0	14	
11:45 - 12:00	9	0	7	2	0	18	
12:00 - 12:15	10	0	3	2	1	16	29
12:15 - 12:30	5	0	2	0	0	7	
12:30 - 12:45	1	0	4	1	0	6	
12:45 - 13:00	0	0	0	0	0	0	
13:00 - 13:15	0	0	4	0	0	4	25
13:15 - 13:30	8	0	3	0	0	11	
13:30 - 13:45	3	0	1	0	1	5	
13:45 - 14:00	0	0	4	1	0	5	
14:00 - 14:15	2	0	4	0	0	6	17
14:15 - 14:30	1	0	3	0	0	4	
14:30 - 14:45	2	0	0	1	0	3	
14:45 - 15:00	4	0	0	0	0	4	
15:00 - 15:15	3	0	5	1	0	9	28
15:15 - 15:30	3	0	0	1	1	5	
15:30 - 15:45	8	0	3	0	0	11	
15:45 - 16:00	1	0	0	1	1	3	
16:00 - 16:15	2	0	0	0	0	2	15
16:15 - 16:30	3	0	0	0	0	3	
16:30 - 16:45	1	0	1	0	0	2	
16:45 - 17:00	7	0	0	0	1	8	
17:00 - 17:15	7	0	0	0	0	7	22
17:15 - 17:30	0	1	1	0	0	2	
17:30 - 17:45	0	2	0	0	2	4	
17:45 - 18:00	5	2	0	0	2	9	
TOTAL 12 HORAS	192	10	118	28	18	366	366

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 31 se observa el comportamiento de tráfico en el sentido norte sur del día domingo, se evidencio que los vehículos privados tienen mayor transitabilidad el día domingo a diferencia que los camiones, taxi, busetas y vehículos de servicio público.

Figura 31 Comportamiento de tráfico sentido N-S - domingo



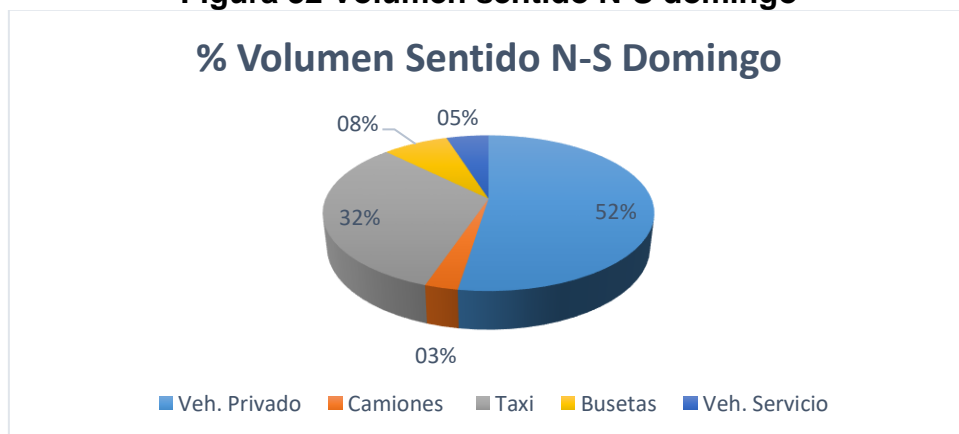
Fuente: Elaboración propia

Tabla19 Volumen sentido N-S domingo

Veh. Privado	Camiones	Taxi	Busetas	Veh. Servicio
52.5%	2.7%	32.2%	7.7%	4.9%

Fuente: Elaboración propia

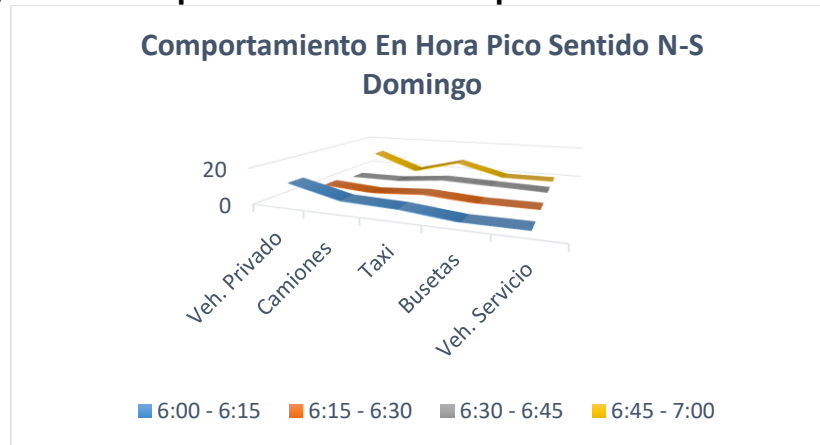
Figura 32 Volumen sentido N-S domingo



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 18 seleccionado en color anaranjado se obtiene un VHMD de 47 Veh/hora entre las 6:00 y las 7:00, datos que corresponden a la hora pico en sentido N-S del día domingo.

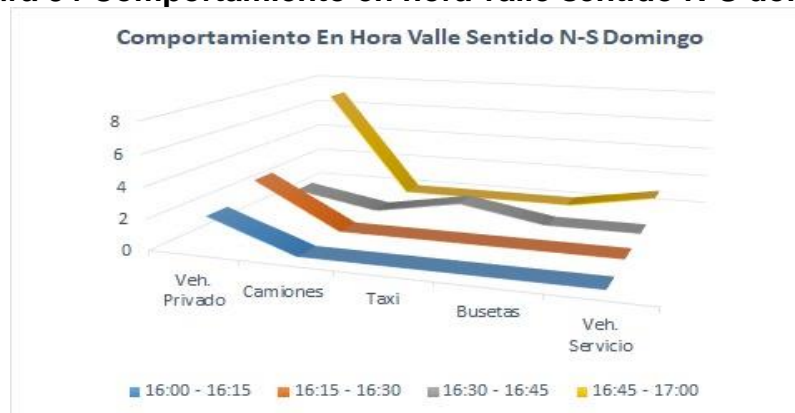
Figura 33 Comportamiento en hora pico sentido N-S domingo



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 18 seleccionado en color verde se obtiene un VHMinD de 15 Veh/hora entre las 16:00 y las 17:00, datos que corresponden a la hora pico en sentido N-S del día domingo.

Figura 34 Comportamiento en hora valle sentido N-S domingo



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo anterior, se obtienen los siguientes datos:

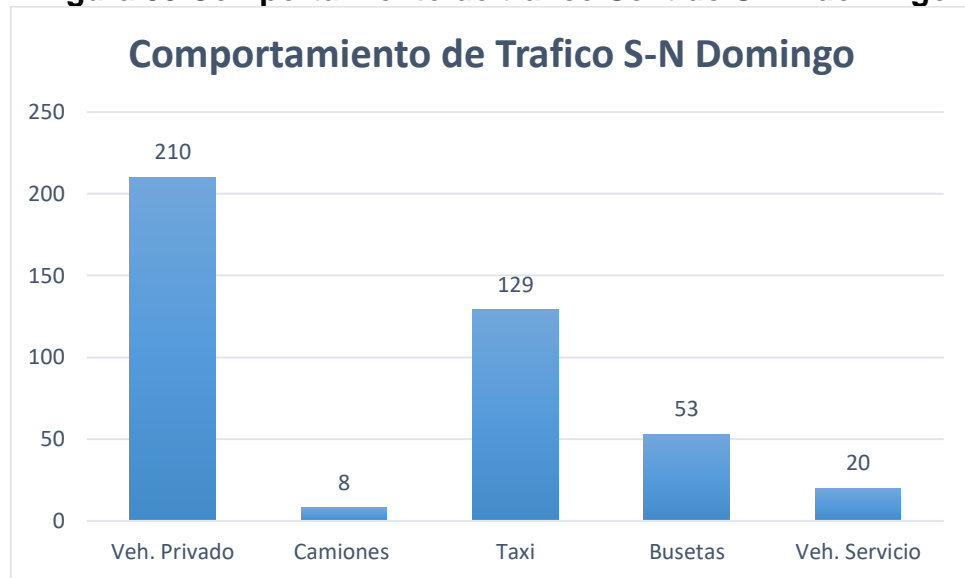
- FHMF = 0.62
- V15 = 19
- QMAX = 0.15
- VHMD (15) = 11.75

Tabla 20 Aforo realizado domingo - sentido S-N

HORA	Veh. Privado	Camiones	Taxi	Busetas	Veh. Servicio	TOTAL MIXTOS	VOLUMEN HORA
6:00 - 6:15	4	0	4	0	1	9	37
6:15 - 6:30	4	1	4	1	0	10	
6:30 - 6:45	1	0	3	0	0	4	
6:45 - 7:00	7	0	6	1	0	14	
7:00 - 7:15	15	0	16	0	1	32	53
7:15 - 7:30	1	0	3	1	0	5	
7:30 - 7:45	3	0	4	0	0	7	
7:45 - 8:00	2	0	4	1	2	9	
8:00 - 8:15	1	1	2	0	0	4	30
8:15 - 8:30	6	0	4	1	0	11	
8:30 - 8:45	2	1	2	1	1	7	
8:45 - 9:00	7	0	1	0	0	8	
9:00 - 9:15	2	0	2	0	0	4	27
9:15 - 9:30	7	0	4	1	1	13	
9:30 - 9:45	2	0	0	0	0	2	
9:45 - 10:00	6	0	2	0	0	8	
10:00 - 10:15	10	0	2	3	0	15	50
10:15 - 10:30	14	0	8	0	2	24	
10:30 - 10:45	2	0	3	1	0	6	
10:45 - 11:00	4	0	0	1	0	5	
11:00 - 11:15	1	0	0	4	1	6	36
11:15 - 11:30	3	0	7	3	0	13	
11:30 - 11:45	7	0	1	1	0	9	
11:45 - 12:00	1	0	4	2	1	8	
12:00 - 12:15	10	0	4	3	0	17	41
12:15 - 12:30	3	0	7	1	0	11	
12:30 - 12:45	4	0	1	0	0	5	
12:45 - 13:00	3	0	2	2	1	8	
13:00 - 13:15	1	0	1	2	0	4	22
13:15 - 13:30	7	0	2	0	0	9	
13:30 - 13:45	1	0	2	2	0	5	
13:45 - 14:00	2	0	2	0	0	4	
14:00 - 14:15	4	0	2	0	0	6	28
14:15 - 14:30	2	0	1	2	1	6	
14:30 - 14:45	7	0	2	0	0	9	
14:45 - 15:00	2	0	2	3	0	7	
15:00 - 15:15	7	0	2	2	0	11	31
15:15 - 15:30	4	0	4	1	0	9	
15:30 - 15:45	3	0	0	0	2	5	
15:45 - 16:00	3	0	3	0	0	6	
16:00 - 16:15	3	0	0	2	0	5	23
16:15 - 16:30	3	0	1	1	1	6	
16:30 - 16:45	1	0	0	1	0	2	
16:45 - 17:00	7	0	2	1	0	10	
17:00 - 17:15	8	0	2	2	0	12	42
17:15 - 17:30	5	1	0	3	1	10	
17:30 - 17:45	4	2	1	1	2	10	
17:45 - 18:00	4	2	0	2	2	10	
TOTAL 12 HORAS	210	8	129	53	20	420	420

Fuente: Elaboración propia

Figura 35 Comportamiento de tráfico Sentido S-N –domingo



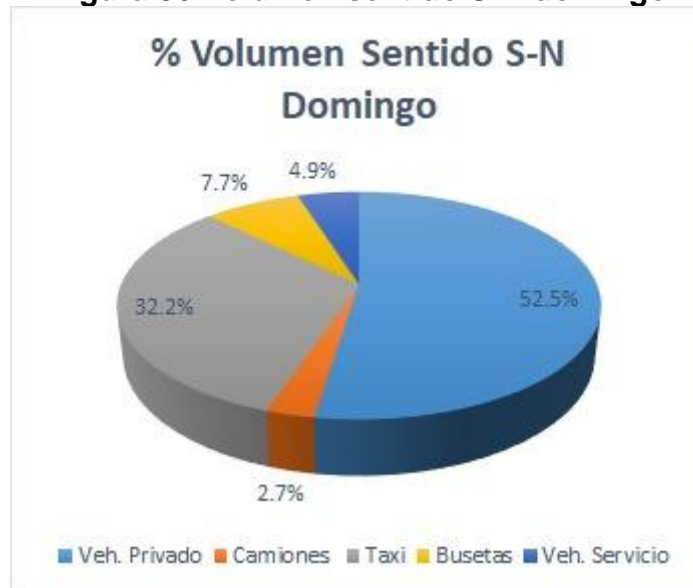
Fuente: Elaboración propia

Tabla 21 Volumen sentido S-D domingo

Veh. Privado	Camiones	Taxi	Busetas	Veh. Servicio
50.0%	1.9%	30.7%	12.6%	4.8%

Fuente: Elaboración propia

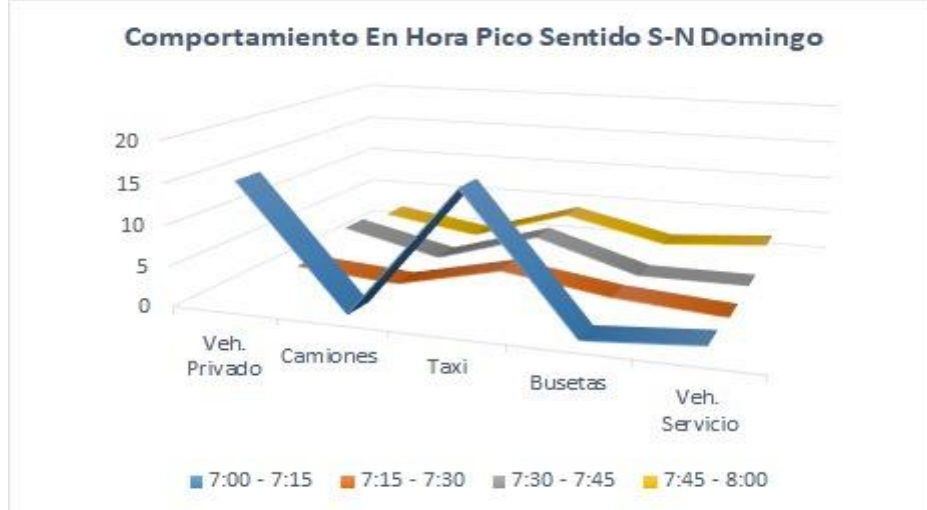
Figura 36 Volumen sentido S-N domingo



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 20 seleccionado en color anaranjado se obtiene un VHMD de 53 Veh/hora entre las 7:00 y las 8:00, datos que corresponden a la hora pico en sentido S-N del día domingo.

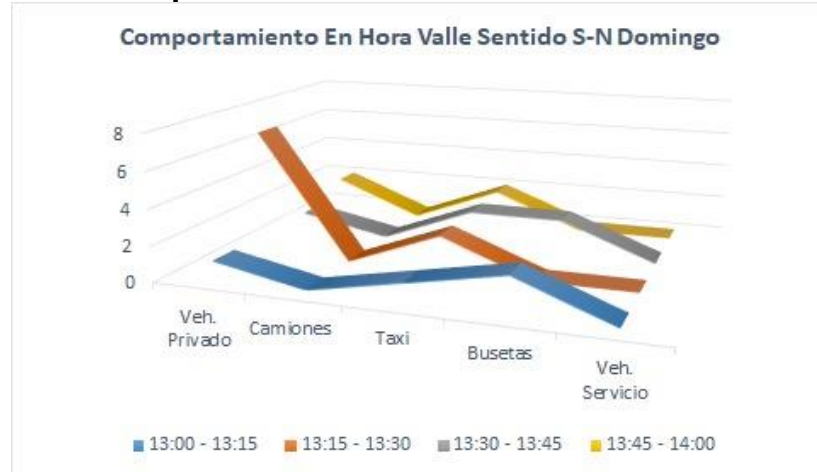
Figura 37 Comportamiento en hora pico sentido S-N domingo



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 20 seleccionado en color verde se obtiene un VHMinD de 22 Veh/hora entre las 13:00 y las 14:00, datos que corresponden a la hora pico en sentido S-N del día domingo.

Figura 38 Comportamiento en hora valle sentido S-N domingo



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo anterior, se obtienen los siguientes datos:

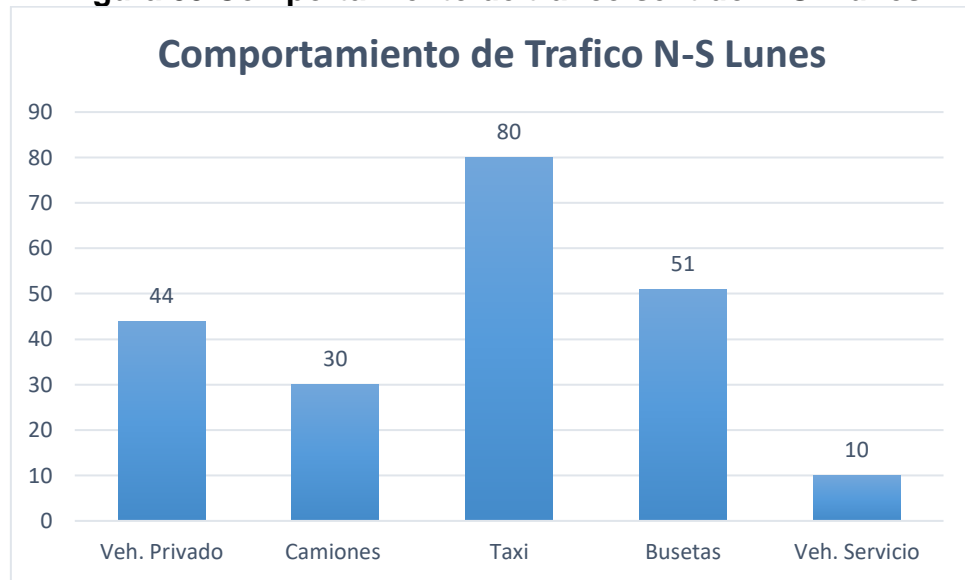
- FHMF = 0.41
- V15 = 32
- QMAX = 0.10
- VHMD (15) = 13.25

Tabla 22 Aforo realizado lunes sentido N-S

HORA	Veh. Privado	Camiones	Taxi	Busetas	Veh. Servicio	TOTAL MIXTOS	VOLUMEN HORA
6:00 - 6:15	4	3	16	6	0	29	77
6:15 - 6:30	3	2	6	4	0	15	
6:30 - 6:45	4	1	3	2	1	11	
6:45 - 7:00	7	2	9	4	0	22	
7:00 - 7:15	0	3	3	0	0	6	21
7:15 - 7:30	0	4	3	0	0	7	
7:30 - 7:45	2	0	0	3	1	6	
7:45 - 8:00	0	1	1	0	0	2	
8:00 - 8:15	0	2	0	3	0	5	16
8:15 - 8:30	0	1	1	0	0	2	
8:30 - 8:45	2	0	0	1	1	4	
8:45 - 9:00	0	2	1	2	0	5	
9:00 - 9:15	1	1	0	1	0	3	10
9:15 - 9:30	0	3	1	1	0	5	
9:30 - 9:45	0	1	0	0	0	1	
9:45 - 10:00	0	0	1	0	0	1	
10:00 - 10:15	0	0	0	2	1	3	9
10:15 - 10:30	1	0	2	0	0	3	
10:30 - 10:45	0	0	1	0	0	1	
10:45 - 11:00	0	0	2	0	0	2	
11:00 - 11:15	0	0	0	1	0	1	7
11:15 - 11:30	2	0	0	0	0	2	
11:30 - 11:45	0	0	0	0	0	0	
11:45 - 12:00	0	0	2	1	1	4	
12:00 - 12:15	2	3	5	1	0	11	21
12:15 - 12:30	3	1	3	0	0	7	
12:30 - 12:45	0	0	0	1	0	1	
12:45 - 13:00	1	0	1	0	0	2	
13:00 - 13:15	0	0	0	0	0	0	5
13:15 - 13:30	0	0	1	0	0	1	
13:30 - 13:45	0	0	0	1	1	2	
13:45 - 14:00	2	0	0	0	0	2	
14:00 - 14:15	0	0	0	0	0	0	23
14:15 - 14:30	0	0	8	5	0	13	
14:30 - 14:45	2	0	2	2	1	7	
14:45 - 15:00	0	0	3	0	0	3	
15:00 - 15:15	1	0	1	0	0	2	3
15:15 - 15:30	0	0	0	1	0	1	
15:30 - 15:45	0	0	0	0	0	0	
15:45 - 16:00	0	0	0	0	0	0	
16:00 - 16:15	2	0	1	1	0	4	9
16:15 - 16:30	0	0	2	0	1	3	
16:30 - 16:45	0	0	0	0	0	0	
16:45 - 17:00	1	0	0	1	0	2	
17:00 - 17:15	0	0	0	0	0	0	14
17:15 - 17:30	0	0	0	4	1	5	
17:30 - 17:45	1	0	1	1	0	3	
17:45 - 18:00	3	0	0	2	1	6	
TOTAL 12 HORAS	44	30	80	51	10	215	215

Fuente: Elaboración propia

Figura 39 Comportamiento de tráfico sentido N-S - lunes



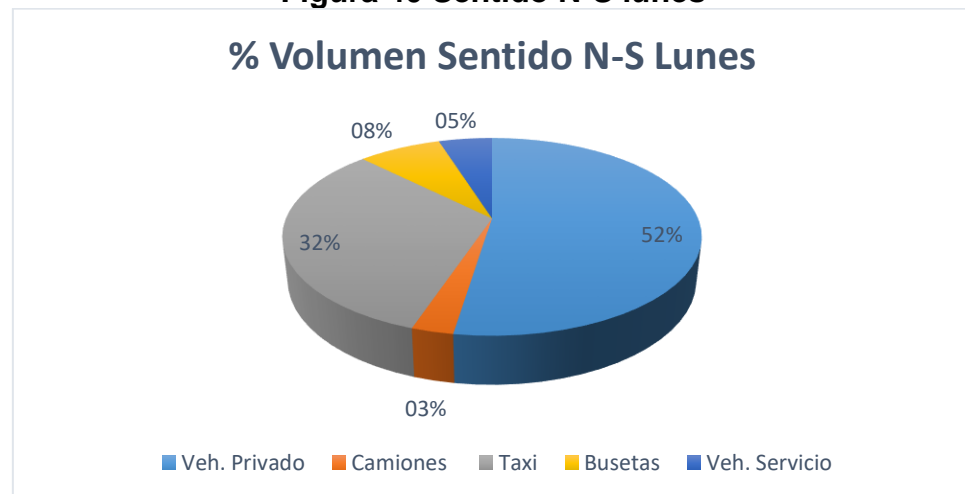
Fuente: Elaboración propia

Tabla 23 Volumen sentido N-S lunes

Veh. Privado	Camiones	Taxi	Busetas	Veh. Servicio
20.5%	14.0%	37.2%	23.7%	4.7%

Fuente: Elaboración propia

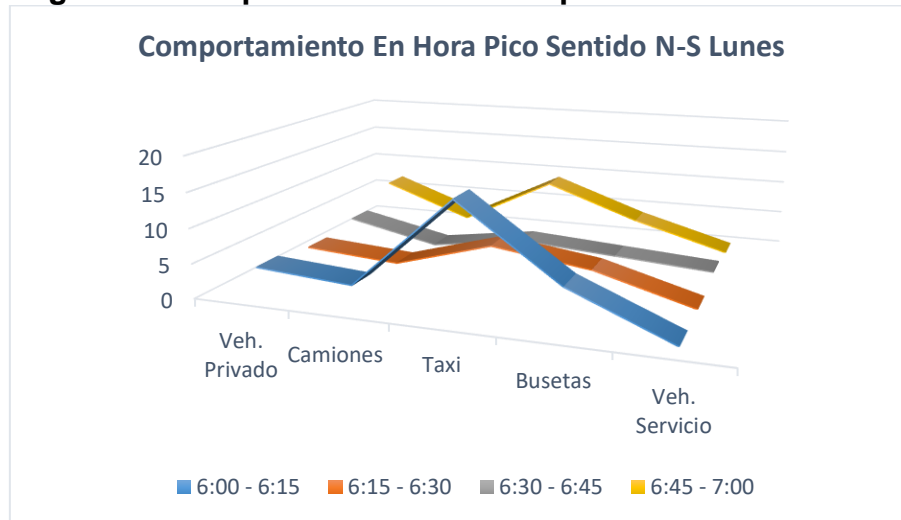
Figura 40 Sentido N-S lunes



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 22 se selecciona de color anaranjado se obtiene un VHMD de 77 Veh/hora entre las 6:00 y las 7:00, datos que corresponden a la hora pico en sentido N-S del día lunes.

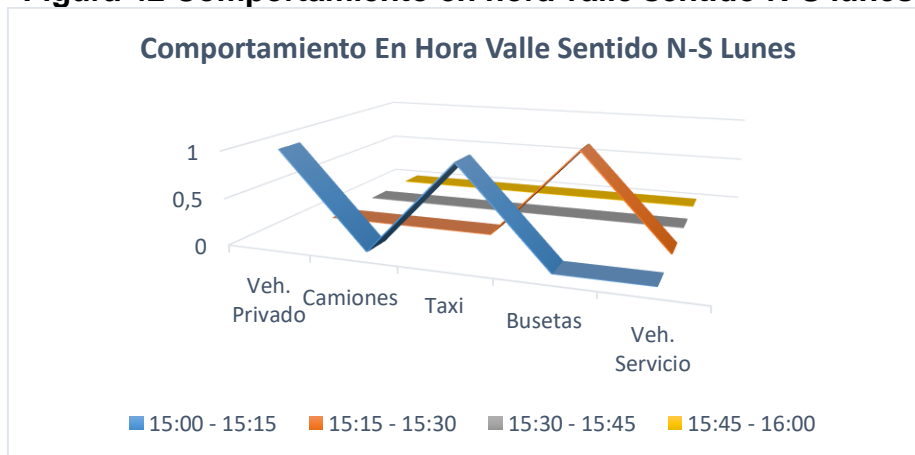
Figura 41 Comportamiento en hora pico sentido N-S lunes



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 22 seleccionado en color verde se obtiene un VHMinD de 3 Veh/hora entre las 15:00 y las 16:00, datos que corresponden a la hora pico en sentido N-S del día lunes.

Figura 42 Comportamiento en hora valle sentido N-S lunes



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo anterior, se obtienen los siguientes datos:

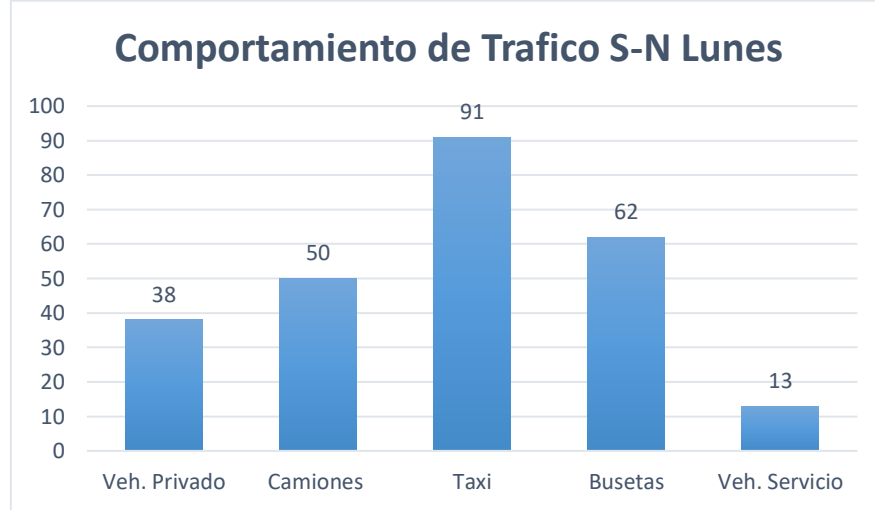
- FHMF = 0.66
- V15 = 29
- QMAX = 0.17
- VHMD (15) = 19.25

Tabla 24 Aforo realizado lunes sentido S-N

HORA	Veh. Privado	Camiones	Taxi	Busetas	Veh. Servicio	TOTAL MIXTOS	VOLUMEN HORA
6:00 - 6:15	2	2	9	4	1	18	77
6:15 - 6:30	5	4	17	6	0	32	
6:30 - 6:45	3	2	10	5	0	20	
6:45 - 7:00	1	3	2	1	0	7	
7:00 - 7:15	1	5	4	1	1	12	30
7:15 - 7:30	0	7	2	1	0	10	
7:30 - 7:45	0	2	1	0	0	3	
7:45 - 8:00	0	4	0	1	0	5	
8:00 - 8:15	2	1	2	0	2	7	20
8:15 - 8:30	1	2	0	1	0	4	
8:30 - 8:45	0	1	1	2	0	4	
8:45 - 9:00	1	3	0	1	0	5	
9:00 - 9:15	0	2	1	2	0	5	14
9:15 - 9:30	0	3	0	0	1	4	
9:30 - 9:45	1	0	2	0	0	3	
9:45 - 10:00	0	1	0	1	0	2	
10:00 - 10:15	0	0	2	0	0	2	7
10:15 - 10:30	0	0	1	0	0	1	
10:30 - 10:45	0	0	0	1	0	1	
10:45 - 11:00	1	0	1	0	1	3	
11:00 - 11:15	0	0	0	0	0	0	11
11:15 - 11:30	0	0	0	1	0	1	
11:30 - 11:45	0	0	1	0	0	1	
11:45 - 12:00	3	0	3	3	0	9	
12:00 - 12:15	5	2	3	2	0	12	24
12:15 - 12:30	1	5	2	0	0	8	
12:30 - 12:45	0	0	0	0	1	1	
12:45 - 13:00	0	1	2	0	0	3	
13:00 - 13:15	0	0	0	1	0	1	6
13:15 - 13:30	0	0	1	0	0	1	
13:30 - 13:45	0	0	0	0	0	0	
13:45 - 14:00	2	0	1	1	0	4	
14:00 - 14:15	0	0	0	0	0	0	33
14:15 - 14:30	0	0	9	7	0	16	
14:30 - 14:45	2	0	4	4	0	10	
14:45 - 15:00	0	0	6	0	1	7	
15:00 - 15:15	0	0	0	1	0	1	6
15:15 - 15:30	1	0	0	0	0	1	
15:30 - 15:45	0	0	2	0	1	3	
15:45 - 16:00	0	0	0	1	0	1	
16:00 - 16:15	0	0	0	0	0	0	5
16:15 - 16:30	1	0	0	1	0	2	
16:30 - 16:45	0	0	1	1	0	2	
16:45 - 17:00	0	0	0	0	1	1	
17:00 - 17:15	0	0	0	1	1	2	21
17:15 - 17:30	1	0	0	7	0	8	
17:30 - 17:45	0	0	1	1	0	2	
17:45 - 18:00	4	0	0	3	2	9	
TOTAL 12 HORAS	38	50	91	62	13	254	254

Fuente: Elaboración propia

Figura 43 Comportamiento de tráfico Sentido S-N - lunes



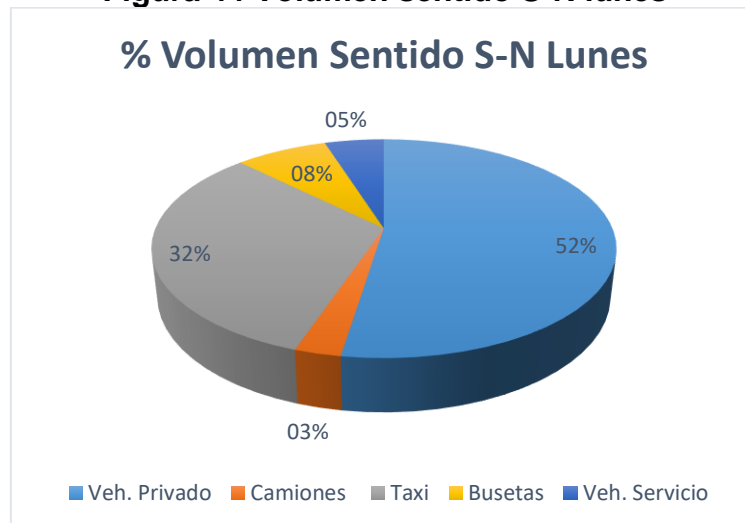
Fuente: Elaboración propia

Tabla 25 Volumen sentido N-S lunes

Veh. Privado	Camiones	Taxi	Busetas	Veh. Servicio
15.0%	19.7%	35.8%	24.4%	5.1%

Fuente: Elaboración propia

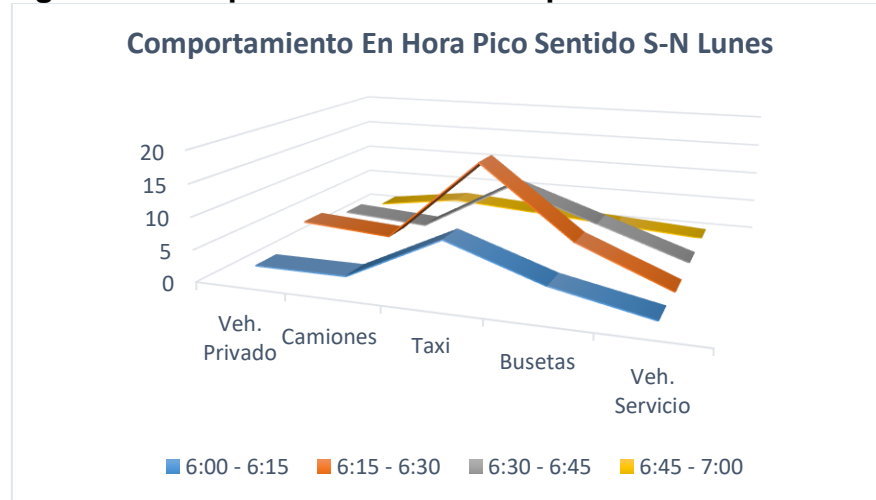
Figura 44 Volumen sentido S-N lunes



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 24 seleccionado en color anaranjado se observa un VHMD de 77 Veh/hora entre las 6:00 y las 7:00, datos que corresponden a la hora pico en sentido S-N del día lunes.

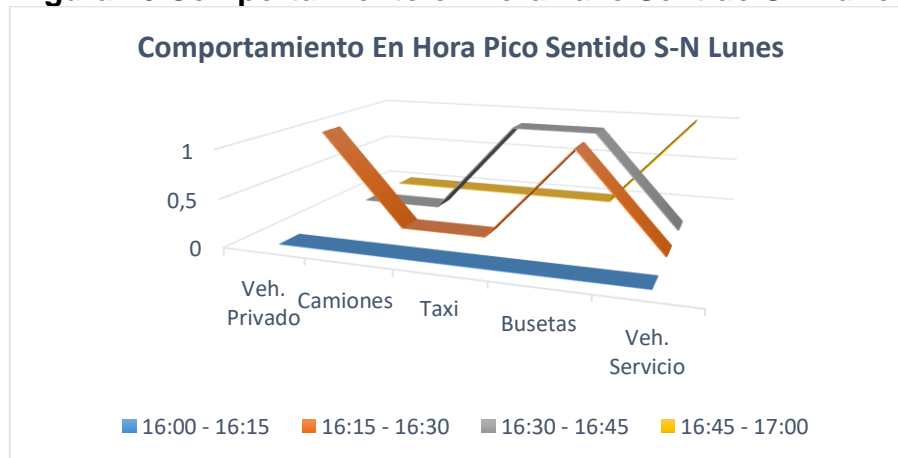
Figura 45 Comportamiento en hora pico Sentido S-N lunes



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 24 seleccionado en color verde se obtiene un VHMinD de 5 Veh/hora entre las 16:00 y las 17:00, datos que corresponden a la hora pico en sentido S-N del día lunes.

Figura 46 Comportamiento en hora valle Sentido S-N lunes



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo anterior, se obtienen los siguientes datos:

- FHMF = 0.60
- V15 = 32
- QMAX = 0.15
- VHMD (15) = 19.25

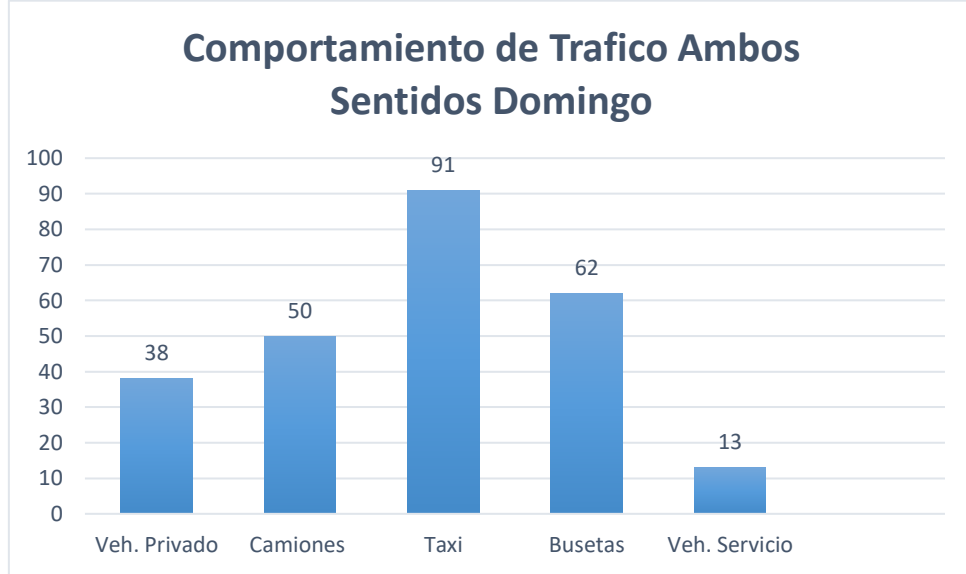
A continuación, de la Tabla 26 y la Tabla 29 se presenta cada aforo, destacando en cada una de ellas la hora pico (anaranjado) y la hora valle (verde).

Tabla 26 Aforo realizado domingo ambos sentidos

HORA	Veh. Privado	Camiones	Taxi	Busetas	Veh. Servicio	TOTAL MIXTOS	VOLUMEN HORA
6:00 - 6:15	15	4	7	0	1	27	84
6:15 - 6:30	6	1	6	1	0	14	
6:30 - 6:45	1	0	6	2	1	10	
6:45 - 7:00	18	0	14	1	0	33	
7:00 - 7:15	24	0	22	0	1	47	84
7:15 - 7:30	3	1	6	1	0	11	
7:30 - 7:45	3	0	7	3	1	14	
7:45 - 8:00	3	0	6	1	2	12	
8:00 - 8:15	4	1	5	5	0	15	59
8:15 - 8:30	8	0	4	1	1	14	
8:30 - 8:45	7	1	3	1	1	13	
8:45 - 9:00	10	0	5	2	0	17	
9:00 - 9:15	7	0	6	2	1	16	63
9:15 - 9:30	10	0	5	1	1	17	
9:30 - 9:45	5	0	4	1	0	10	
9:45 - 10:00	9	0	9	0	2	20	
10:00 - 10:15	25	0	3	3	0	31	95
10:15 - 10:30	23	0	8	0	2	33	
10:30 - 10:45	5	0	4	3	1	13	
10:45 - 11:00	6	0	11	1	0	18	
11:00 - 11:15	5	0	2	4	1	12	78
11:15 - 11:30	4	0	7	4	2	17	
11:30 - 11:45	17	0	5	1	0	23	
11:45 - 12:00	10	0	11	4	1	26	
12:00 - 12:15	20	0	7	5	1	33	70
12:15 - 12:30	8	0	9	1	0	18	
12:30 - 12:45	5	0	5	1	0	11	
12:45 - 13:00	3	0	2	2	1	8	
13:00 - 13:15	1	0	5	2	0	8	47
13:15 - 13:30	15	0	5	0	0	20	
13:30 - 13:45	4	0	3	2	1	10	
13:45 - 14:00	2	0	6	1	0	9	
14:00 - 14:15	6	0	6	0	0	12	45
14:15 - 14:30	3	0	4	2	1	10	
14:30 - 14:45	9	0	2	1	0	12	
14:45 - 15:00	6	0	2	3	0	11	
15:00 - 15:15	10	0	7	3	0	20	59
15:15 - 15:30	7	0	4	2	1	14	
15:30 - 15:45	11	0	3	0	2	16	
15:45 - 16:00	4	0	3	1	1	9	
16:00 - 16:15	5	0	0	2	0	7	38
16:15 - 16:30	6	0	1	1	1	9	
16:30 - 16:45	2	0	1	1	0	4	
16:45 - 17:00	14	0	2	1	1	18	
17:00 - 17:15	15	0	2	2	0	19	64
17:15 - 17:30	5	2	1	3	1	12	
17:30 - 17:45	4	4	1	1	4	14	
17:45 - 18:00	9	4	0	2	4	19	
TOTAL 12 HORAS	402	18	247	81	38	786	786

Fuente: Elaboración propia

Figura 47 Comportamiento de tráfico ambos sentidos - domingo



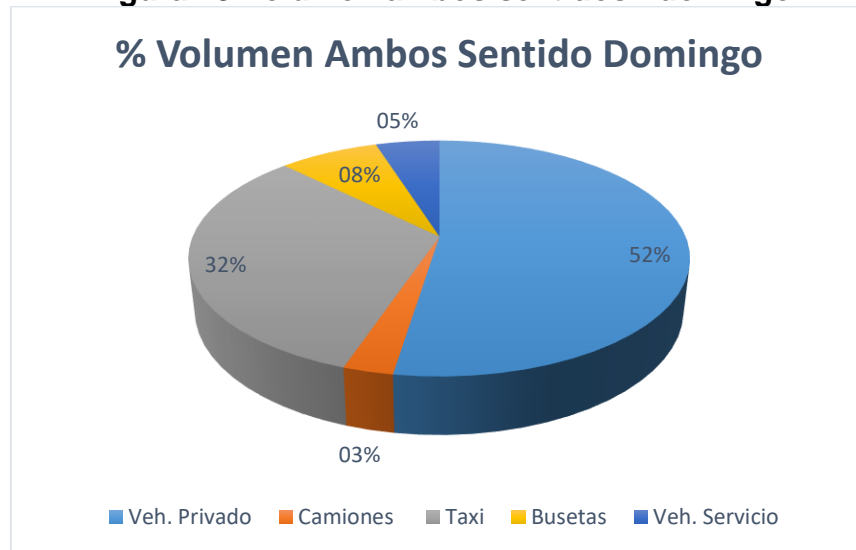
Fuente: Elaboración propia

Tabla 27 Volumen ambos sentidos - domingo

Veh. Privado	Camiones	Taxi	Busetas	Veh. Servicio
51.1%	2.3%	31.4%	10.3%	4.8%

Fuente: Elaboración propia

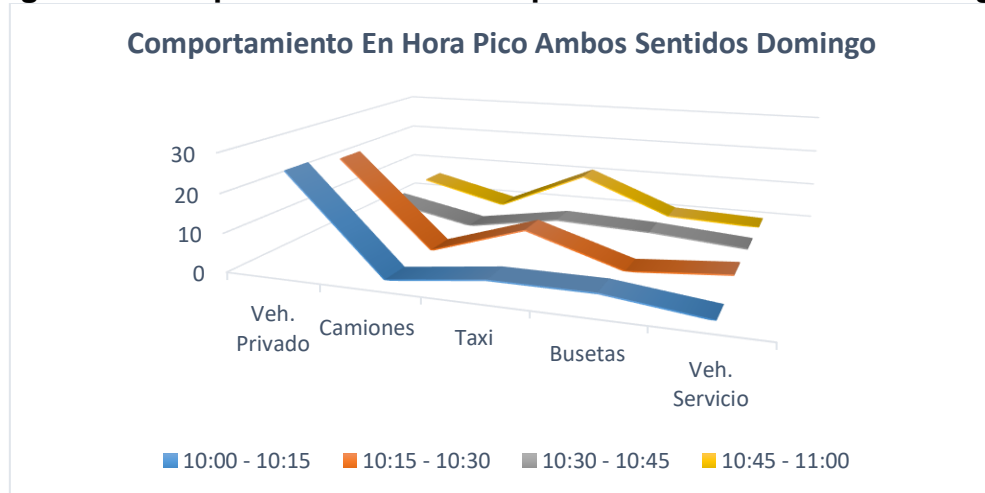
Figura 48 Volumen ambos sentidos - domingo



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 26 seleccionado en color naranja se obtiene un VHMD de 95 Veh/hora entre las 10:00 y las 11:00, datos que corresponden a la hora pico de ambos sentidos del día domingo.

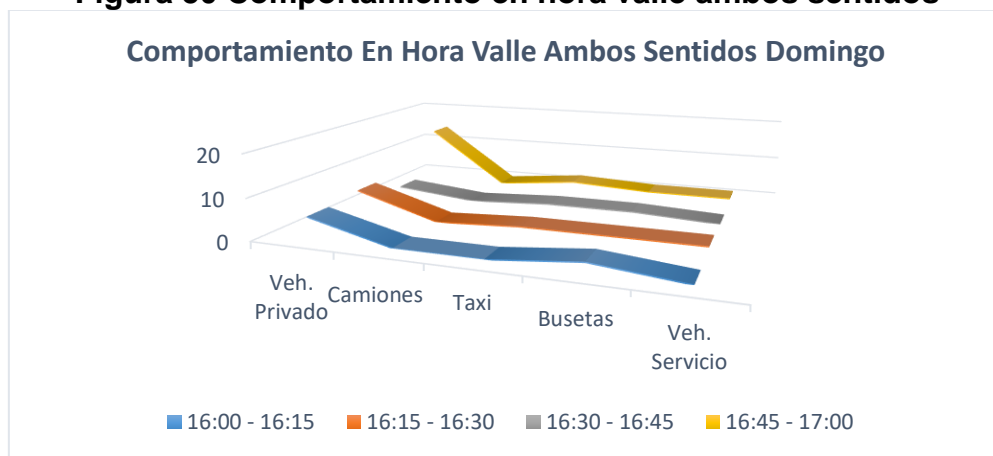
Figura 49 Comportamiento en hora pico ambos sentidos - domingo



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 26 seleccionado en color verde se obtiene un VHMinD de 38 Veh/hora entre las 16:00 y las 17:00, datos que corresponden a la hora pico en ambos sentidos del día domingo.

Figura 50 Comportamiento en hora valle ambos sentidos



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo anterior, se obtuvieron los siguientes datos:

- FHMF = 0.74
- V15 = 40
- QMAX = 0.19
- VHMD (15) = 29.75

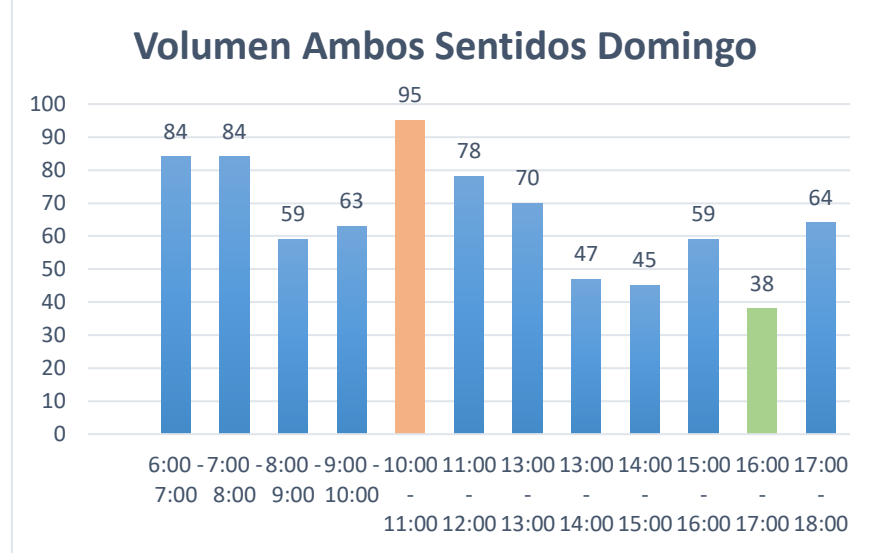
A continuación, en Tabla 28 se presenta el total del conteo de vehículos que circularon por el tramo de vía objeto de estudio, realizado el día domingo en un periodo de tiempo de 12 horas comprendidas entre las 6:00 hasta las 18:00 horas.

Tabla 28 Resumen de aforo día domingo

RESUMEN DOMINGO			
HORA	SENTIDO		AMBOS SENTIDOS
	N-S	S-N	
6:00 - 7:00	47	37	84
7:00 - 8:00	31	53	84
8:00 - 9:00	29	30	59
9:00 - 10:00	36	27	63
10:00 - 11:00	45	50	95
11:00 - 12:00	42	36	78
13:00 - 13:00	29	41	70
13:00 - 14:00	25	22	47
14:00 - 15:00	17	28	45
15:00 - 16:00	28	31	59
16:00 - 17:00	15	23	38
17:00 - 18:00	22	42	64
TOTAL, VEHICULOS			786

Fuente: Elaboración propia

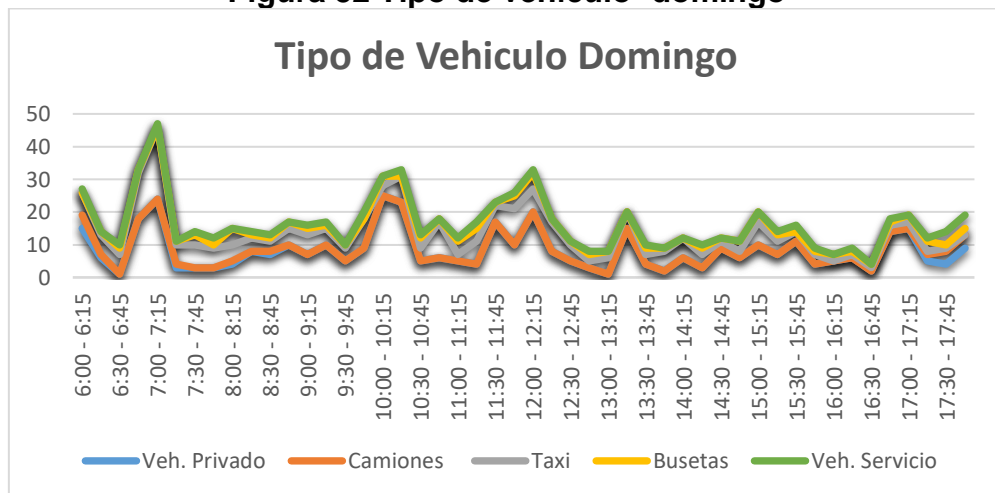
Figura 51 Volumen de tránsito en ambos sentidos-domingo



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 52 se puede observar el tipo de vehículo que transita en el municipio.

Figura 52 Tipo de vehículo- domingo



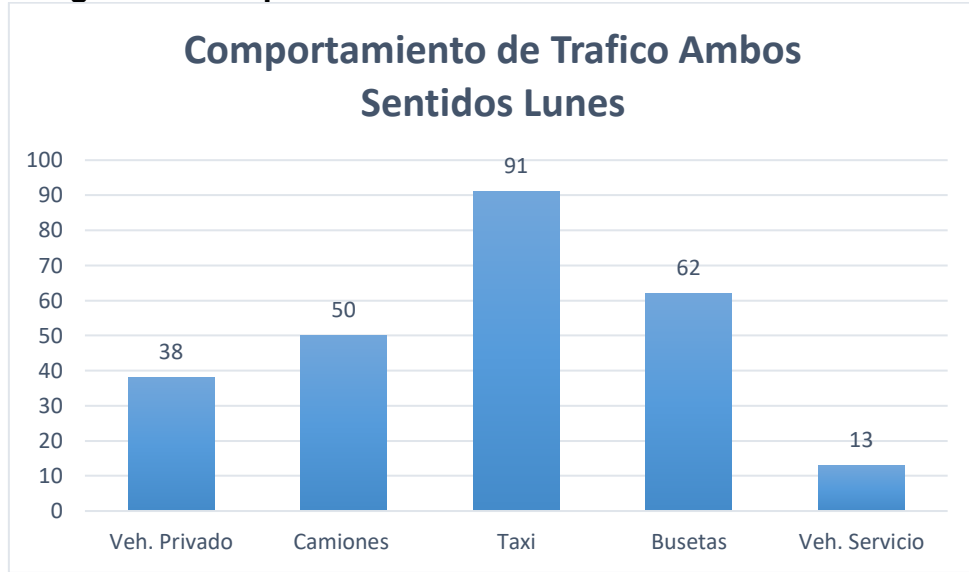
Fuente: Elaboración propia

Tabla 29 Aforo realizado lunes ambos sentidos

HORA	Veh. Privado	Camiones	Taxi	Busetas	Veh. Servicio	TOTAL MIXTOS	VOLUMEN HORA
6:00 - 6:15	6	5	25	10	1	47	154
6:15 - 6:30	8	6	23	10	0	47	
6:30 - 6:45	7	3	13	7	1	31	
6:45 - 7:00	8	5	11	5	0	29	
7:00 - 7:15	1	8	7	1	1	18	51
7:15 - 7:30	0	11	5	1	0	17	
7:30 - 7:45	2	2	1	3	1	9	
7:45 - 8:00	0	5	1	1	0	7	
8:00 - 8:15	2	3	2	3	2	12	36
8:15 - 8:30	1	3	1	1	0	6	
8:30 - 8:45	2	1	1	3	1	8	
8:45 - 9:00	1	5	1	3	0	10	
9:00 - 9:15	1	3	1	3	0	8	24
9:15 - 9:30	0	6	1	1	1	9	
9:30 - 9:45	1	1	2	0	0	4	
9:45 - 10:00	0	1	1	1	0	3	
10:00 - 10:15	0	0	2	2	1	5	16
10:15 - 10:30	1	0	3	0	0	4	
10:30 - 10:45	0	0	1	1	0	2	
10:45 - 11:00	1	0	3	0	1	5	
11:00 - 11:15	0	0	0	1	0	1	18
11:15 - 11:30	2	0	0	1	0	3	
11:30 - 11:45	0	0	1	0	0	1	
11:45 - 12:00	3	0	5	4	1	13	
12:00 - 12:15	7	5	8	3	0	23	45
12:15 - 12:30	4	6	5	0	0	15	
12:30 - 12:45	0	0	0	1	1	2	
12:45 - 13:00	1	1	3	0	0	5	
13:00 - 13:15	0	0	0	1	0	1	11
13:15 - 13:30	0	0	2	0	0	2	
13:30 - 13:45	0	0	0	1	1	2	
13:45 - 14:00	4	0	1	1	0	6	
14:00 - 14:15	0	0	0	0	0	0	56
14:15 - 14:30	0	0	17	12	0	29	
14:30 - 14:45	4	0	6	6	1	17	
14:45 - 15:00	0	0	9	0	1	10	
15:00 - 15:15	1	0	1	1	0	3	9
15:15 - 15:30	1	0	0	1	0	2	
15:30 - 15:45	0	0	2	0	1	3	
15:45 - 16:00	0	0	0	1	0	1	
16:00 - 16:15	2	0	1	1	0	4	14
16:15 - 16:30	1	0	2	1	1	5	
16:30 - 16:45	0	0	1	1	0	2	
16:45 - 17:00	1	0	0	1	1	3	
17:00 - 17:15	0	0	0	1	1	2	35
17:15 - 17:30	1	0	0	11	1	13	
17:30 - 17:45	1	0	2	2	0	5	
17:45 - 18:00	7	0	0	5	3	15	
TOTAL 12 HORAS	82	80	171	113	23	469	469

Fuente: Elaboración propia

Figura 53 Comportamiento de tráfico ambos sentidos lunes



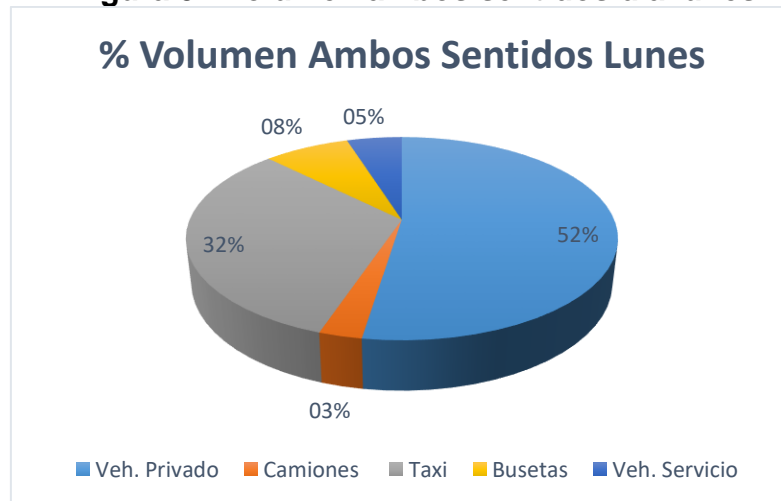
Fuente: Elaboración propia

Tabla 30 Volumen ambos sentidos-lunes

Veh. Privado	Camiones	Taxi	Busetas	Veh. Servicio
17.5%	17.1%	36.5%	24.1%	4.9%

Fuente: Elaboración propia

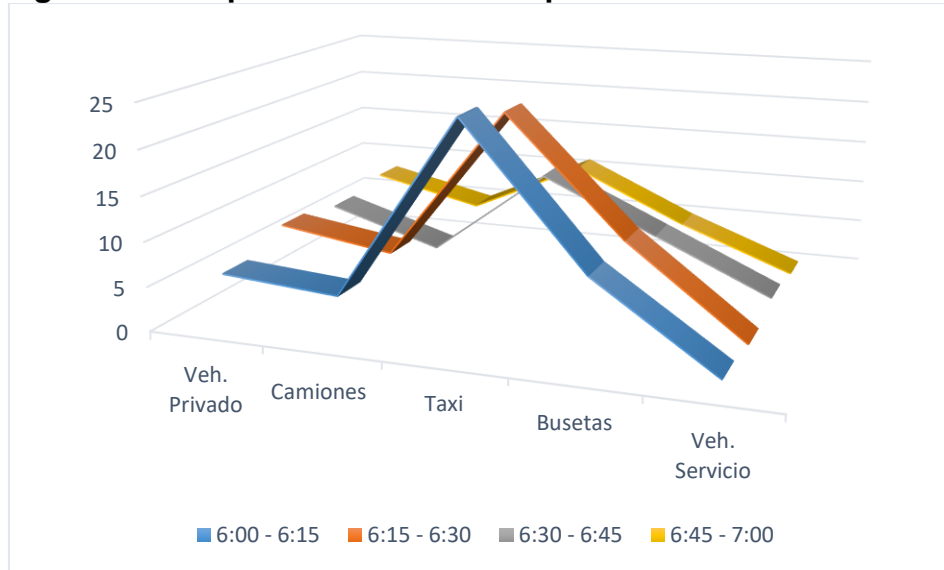
Figura 54 Volumen ambos sentidos día lunes



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 29 seleccionado en color anaranjado se obtiene un VHMD de 154 Veh/hora entre las 6:00 y las 7:00, datos que corresponden a la hora pico de ambos sentidos del día lunes.

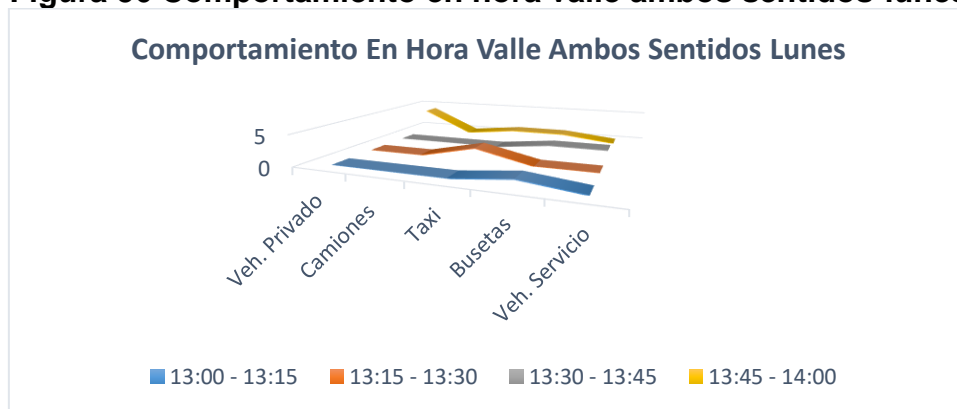
Figura 55 Comportamiento en hora pico ambos sentidos-lunes



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 29 seleccionado en color verde se obtiene un VHMinD de 11 Veh/hora entre las 13:00 y las 14:00, datos que corresponden a la hora pico en ambos sentidos del día lunes.

Figura 56 Comportamiento en hora valle ambos sentidos-lunes



Fuente: Elaboración propia

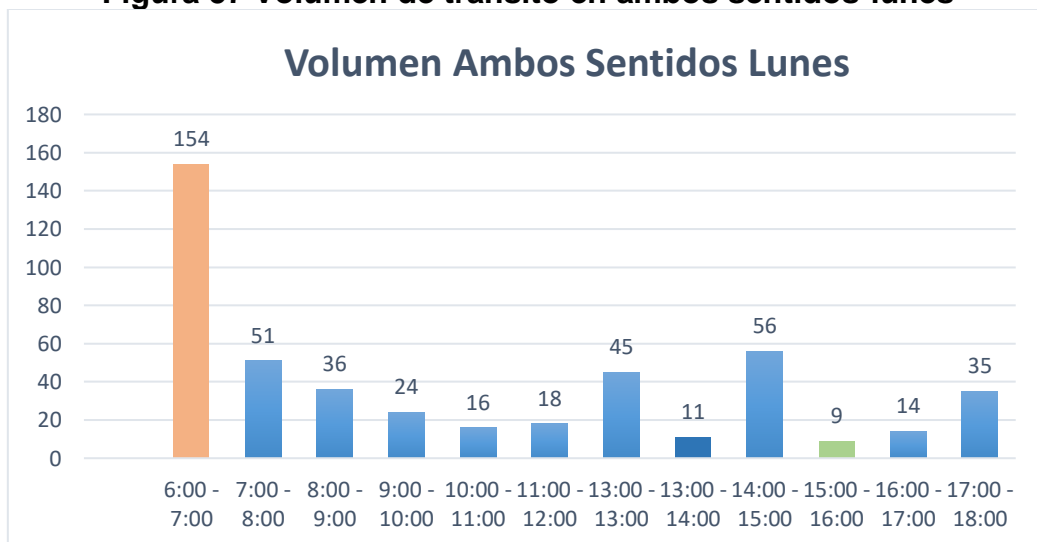
A continuación, en la Tabla 31 se presenta el total del conteo de vehículos que circulan por el tramo de vía objeto de estudio, realizado el día lunes en un periodo de tiempo de 12 horas comprendidas entre las 6:00 hasta las 18:00 horas.

Tabla 31 Resumen de aforo día lunes

HORA	SENTIDO		AMBOS SENTIDOS
	N-S	S-N	
6:00 - 7:00	86	82	168
7:00 - 8:00	24	34	58
8:00 - 9:00	20	23	43
9:00 - 10:00	11	15	26
10:00 - 11:00	10	7	17
11:00 - 12:00	8	14	22
13:00 - 13:00	27	29	56
13:00 - 14:00	6	6	12
14:00 - 15:00	30	44	74
15:00 - 16:00	5	8	13
16:00 - 17:00	9	6	15
17:00 - 18:00	16	28	44
TOTAL, VEHICULOS			548

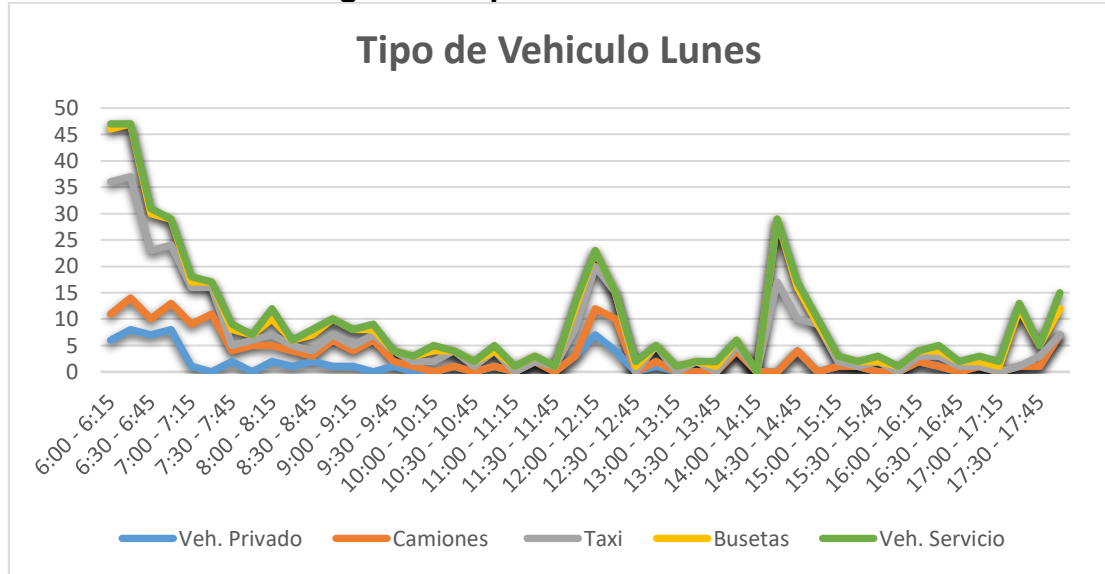
Fuente: Elaboración propia

Figura 57 Volumen de tránsito en ambos sentidos-lunes



Fuente: Elaboración propia

Figura 58 Tipo de vehículo-lunes



Fuente: Elaboración propia

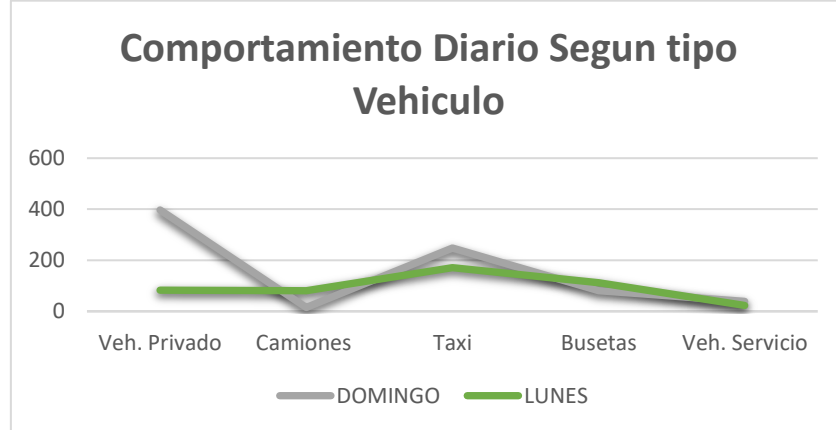
En la Tabla 32 se puede observar el resumen de los aforos realizados en los cuatro sentidos.

Tabla 32 Resumen de aforo por cada sentido

	Veh. Privado	Camiones	Taxi	Busetas	Veh. Servicio
N-S Domingo	188	7	118	28	18
S-N Domingo	209	8	129	53	20
N-S Lunes	44	30	80	51	10
S-N Lunes	38	50	91	62	13

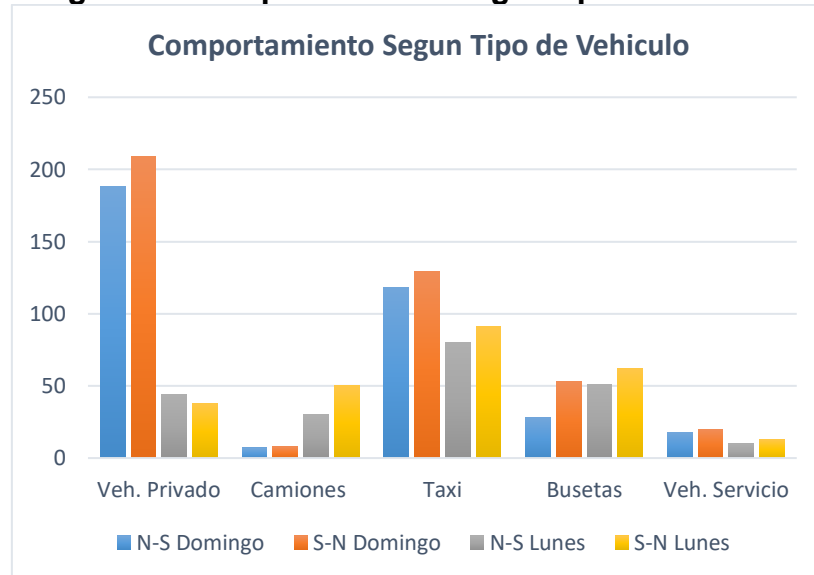
Fuente: Elaboración propia

Figura 59 Comportamiento diario según tipo de vehículo



Fuente: Elaboración propia

Figura 60 Comportamiento según tipo de vehículo



Fuente: Elaboración propia

La Figura 60 presenta los tipos de vehículo que transitan por la vía Cascajal Nocaima, para este análisis no se tuvieron en cuenta las bicicletas dado que no se usan en el municipio, pues la pendiente es de más del 12% siendo un terreno clasificado como ondulado.

CALCULO DEL TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (TPD). Se realizó la sumatoria de los volúmenes en ambos sentidos en cada día y se dividió por los dos días en los cuales se ejecutó el aforo vehicular. En la Tabla 33 se relacionan los datos obtenidos del conteo.

Tabla 33 Relación del transito

HORA	TRANSITO										TRANSITO PROMEDIO DIARIO (TPD)				
	LUNES					DOMINGO									
	Autos	Cp-Cg	Taxi	Busetas	Serv	Autos	Cp-Cg	Taxi	Busetas	Serv	Autos	Cp-Cg	Taxi	Busetas	Serv
6:00 - 7:00	29	19	72	32	2	40	5	33	4	2	69	24	105	36	4
7:00 - 8:00	3	26	14	6	2	33	1	41	5	4	36	27	55	11	6
8:00 - 9:00	6	12	5	10	3	29	2	17	9	2	35	14	22	19	5
9:00 - 10:00	2	11	5	5	1	31	0	24	4	4	33	11	29	9	5
10:00 - 11:00	2	0	9	3	2	59	0	26	7	3	61	0	35	10	5
11:00 - 12:00	5	0	6	6	1	36	0	25	13	4	41	0	31	19	5
12:00 - 13:00	12	12	16	4	1	36	0	23	9	2	48	12	39	13	3
13:00 - 14:00	4	0	3	3	1	22	0	19	5	1	26	0	22	8	2
14:00 - 15:00	4	0	32	18	2	24	0	14	6	1	28	0	46	24	3
15:00 - 16:00	2	0	3	3	1	32	0	17	6	4	34	0	20	9	5
16:00 - 17:00	4	0	4	4	2	27	0	4	5	2	31	0	8	9	4
17:00 - 18:00	9	0	2	19	5	33	10	4	8	9	42	10	6	27	14
TOTAL	82	80	171	113	23	402	18	247	81	38	242	49	209	97	31

Fuente: Propia.

El TPD, "Se define el volumen de tránsito promedio diario (TPD), como el número total de vehículos que pasan durante un periodo dado (en días completos) igual ó menor a un año y mayor que un día, dividido entre el número de días del periodo.

$$TPD = \frac{N}{1\text{día} < T \leq 1\text{año}}$$

Ecuación 6 TPD

Donde:

N: Numero de vehículos que pasan durante T periodo.

T: Periodo de tiempo.

$$TPD = \frac{Autos + CpCg + Taxi + Busetas + Autos de Serv}{T}$$

$$TPD = \frac{(82 + 402) + (80 + 18) + (171 + 247) + (113 + 81) + (23 + 38)}{2\text{días}}$$

$$TPD = \frac{1255}{2} = 628 \text{ veh} \frac{\text{mixto}}{\text{dia}}$$

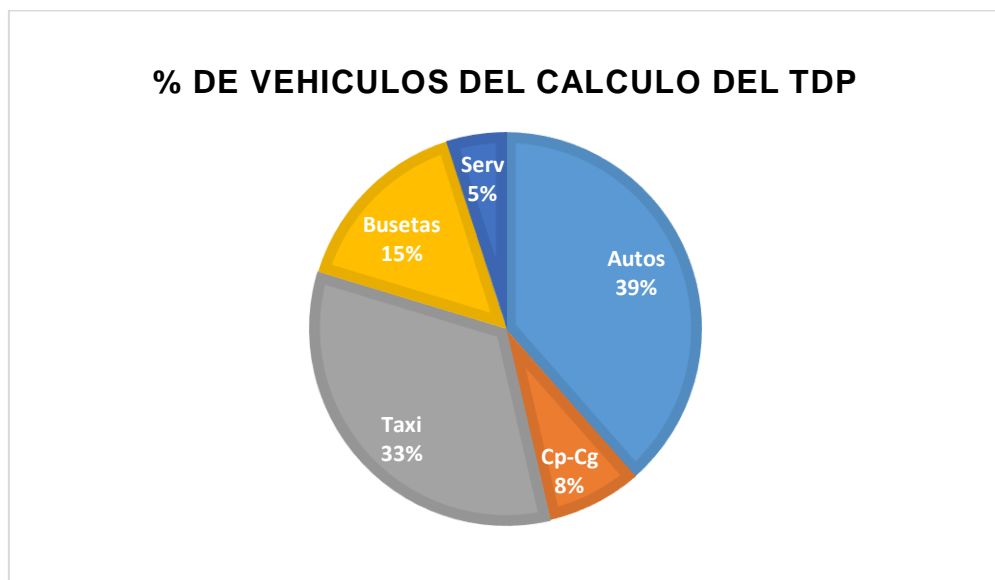
En la tabla Tabla 34 se relaciona, el tipo de vehículo con la cantidad de vehículos que transcurren durante el día.

Tabla 34 Porcentaje de vehículos que transcurren en el día.

TIPO VEHICULO	TOTAL	%
Autos	242	39
Cp-Cg	49	8
Taxi	209	33
Busetas	97	15
Serv	31	5
TOTAL	628	100

Fuente: Propia.

Figura 61 Porcentaje de vehículos obtenidos del TPD.



Fuente: Propia.

2.7. SEGURIDAD VIAL

Cuando se ejecutan trabajos de construcción, rehabilitación, mantenimiento o actividades relacionadas con desarrollos urbanísticos y servicios públicos en una determinada vía, o en zona adyacente a la misma, se presentan condiciones especiales que afectan la circulación de vehículos y personas. Dichas situaciones deberán ser atendidas especialmente, estableciendo normas y medidas técnicas apropiadas, que se incorporan al desarrollo del proyecto cualquiera sea su importancia o magnitud, con el objeto de reducir el riesgo de accidentes y hacer más ágil y expedito el tránsito de los usuarios, procurando reducir las molestias en su desplazamiento por la vía.

Para la información y divulgación del Plan de Manejo de Tráfico, se recomienda utilizar las herramientas del Plan Social Básico, en particular lo que se refiere al Programa Comunicar los cierres programados para la ejecución de la pavimentación de la vía se deberá informar a la comunidad utilizando uno o varios de los siguientes medios: Programas Radiales, Comunicados, Volantes, Internet reuniones con comunidad, publicidad informativa y para el caso de las empresas de transporte público, y conductores de vehículos identificados, se podrá utilizar la herramienta de volantes e internet para transmitir la información sobre los cierres.

Toda señal de tránsito debe satisfacer los siguientes requisitos mínimos para cumplir integralmente su objetivo:

Debe ser necesaria, visible y llamar la atención, ser legible y fácil de entender, debe dar tiempo suficiente al actor del tránsito para responder adecuadamente. Se deberá implementar la señalización informativa y/o preventiva para prevenir accidentes. Esta señalización tendrá una duración correspondiente al tiempo antes de su intervención prevista de acuerdo a las condiciones contractuales de la vía





TABLA DE SEÑALIZACION VIAL

Las señalizaciones viales son clasificadas en cuatro tipos tiene como finalidad dar a conocer al conductor estados de la vía, velocidades máximas reducciones en la geometría, peligros, limitaciones, restricciones entre otros.




A continuación se presentaran en la Tabla 35 el uso de cada uno de las señales viales para el tramo de la vía de la carrera 6 del municipio de Nocaima Cundinamarca.

Tabla 35 Señalización vial

	<p>SR-01 PARE</p> <p>Esta señal se emplea para notificar que se debe detener complementamente el vehículo y reanudar la marcha cuando pueda hacerlo en condiciones que eviten totalmente la posibilidad de accidente. (MINITRANSPORTE, 2015)</p>
	<p>SR-08 PROHIBIDO GIRAR A LA DERECHA</p> <p>Esta señal se emplea para indicar al conductor que no se puede girar ala derecha en el sitio donde se encuentre. Al instalarse esta señal queda prohibido el giro en U. (MINITRANSPORTE, 2015)</p>
	<p>SR-26 NO ADELANTAR</p> <p>Esta señal se utiliza para indicar la prohibición de efectuar maniobra mediante la cual un vehículo se sitúa delante de otro. (MINITRANSPORTE, 2015)</p>

	<p>SR-04 NO PASE</p> <p>Esta señal se emplea para notificar al conductor la prohibición de entrar en una zona restringida al tránsito o donde este circula a contraflujo. se debe ubicar donde el conductor pueda comprender fácilmente cual es la vía con prohibición de entrar. (MINITRANSPORTE, 2015)</p>
	<p>Sr-28 PROHIBIDO PARQUEAR</p> <p>Esta señalización se usa para indicar la prohibición de parquear a partir del sitio mismo donde se encuentre el vehículo, la prohibición puede ser limitada a determinados horarios, en estos casos en los cuales se debe agregar la leyenda respectiva. (MINITRANSPORTE, 2015)</p>
	<p>SR-28A PROHIBIDO PARQUEAR O DETENERSE</p> <p>Esta señal se usa para indicar la prohibición de parquear o detenerse a partir del sitio mismo donde se encuentra, la prohibición puede ser limitada a determinados horarios por lo cual se debe agregar la leyenda respectiva. (MINITRANSPORTE, 2015)</p>
	<p>SR-11 CIRCULACION EN AMBOS SENTIDOS</p> <p>Esta señal se emplea en la vía unidireccionales para notificar a los conductores que el tramo más allá de la señal es de circulación bidireccional, sin separador central. (MINITRANSPORTE, 2015)</p>

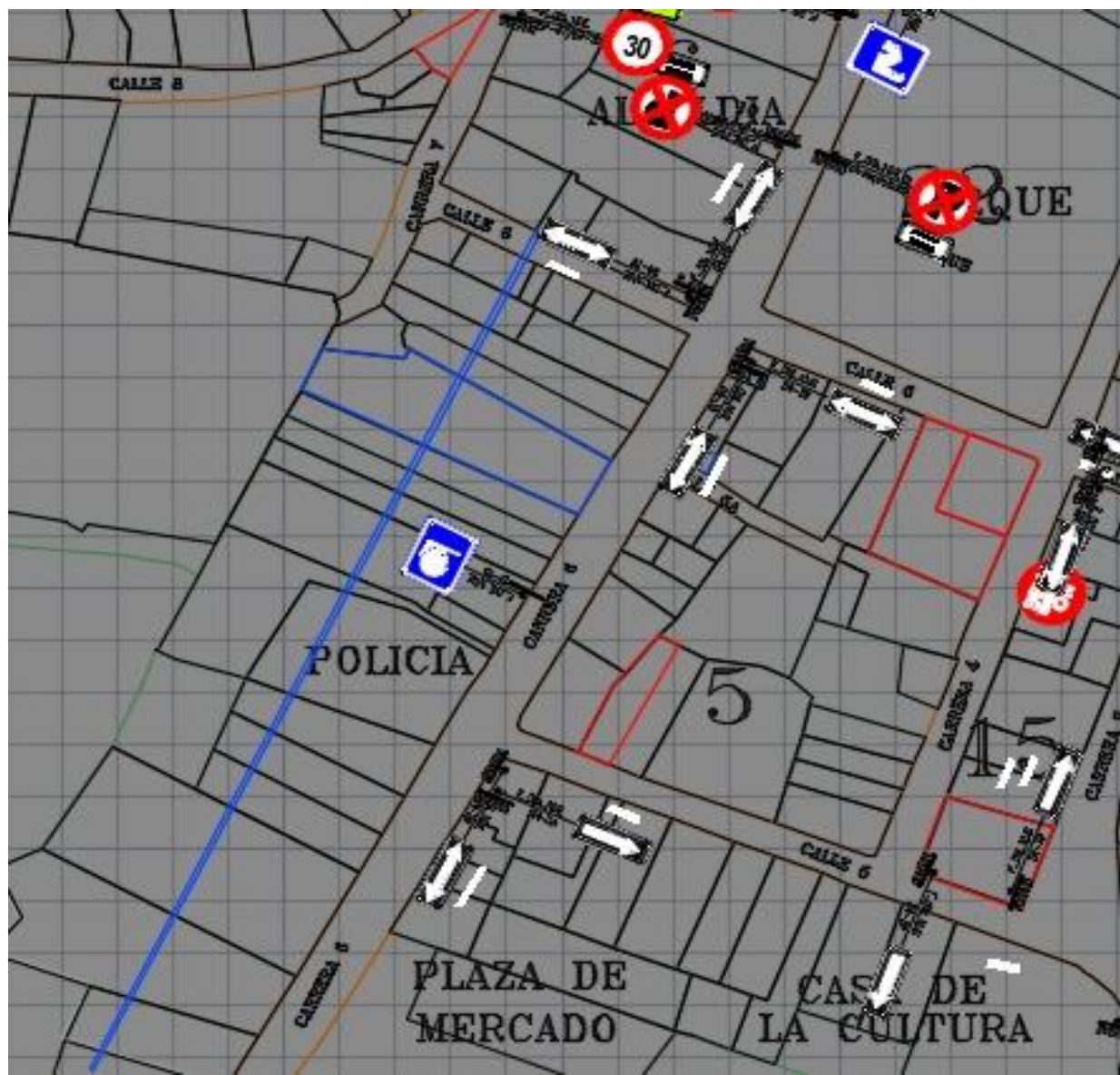
	<p>Sr-30A VELOCIDAD MINIMA PERMITIDA</p> <p>Esta señal se emplea para notificar a los conductores la velocidad mínima a la que puede circular expresada en múltiplos de 10 km/h con el fin de impedir que se conduzca un vehículo a una velocidad tan baja que entorpezca el desplazamiento del resto de los vehículos. (MINITRANSPORTE, 2015)</p>
	<p>SR-38 SENTIDO UNICO DE CIRCULACION</p> <p>Esta señal se utiliza para indicar el sentido de transito de una vía se utiliza en zonas urbanas y se puede complementar con la señal nombre y numeración de la calle. (MINITRANSPORTE, 2015).</p>
	<p>SR-39 TRANSITO EN AMBOS SENTIDOS</p> <p>Esta señal se utiliza para indicar que en una vía el transito puede fluir en dos direcciones. Se utiliza en zonas urbanas y se puede complementar con la señal del nombre y numeración de calle. (MINITRANSPORTE, 2015)</p>
	<p>SP-47 ZONA ESCOLAR</p> <p>Esta señal advierte al conductor la posible presencia de escolares en la vía, debiendo ubicarse en las proximidades de establecimientos escolares, solo debe ser instalada en vías donde la velocidad máxima es menor o igual a 50km/h. (MINITRANSPORTE, 2015)</p>

	<p>SI-20 IGLESIA</p> <p>Esta señal se empleara para informar a los usuarios el sitio mismo, la dirección o la distancia a la cual se encuentra ubicada una iglesia.</p> <p>(MINITRANSPORTE, 2015)</p>
	<p>SR-34 ZONA DE ESTACIONAMIENTO DE TAXI.</p> <p>Esta señal se emplea para indicar el sitio reglamentado por las autoridades de tránsito para el estacionamiento exclusivo de taxis. Se puede complementar con una placa que indique el número de cupos autorizados. (MINITRANSPORTE, 2015)</p>
	<p>SI-16 PRIMEROS AUXILIOS</p> <p>Esta señal se emplea para informar a los usuarios el sitio mismo, la dirección o la distancia a la cual se encuentra un hospital, puesto de salud o cualquier sitio destinado para la prestación de primeros auxilios.</p> <p>(MINITRANSPORTE, 2015)</p>

A partir de la descripción de las señales preventivas e informativas que se tendrán en cuenta para el tramo de la vía de la carrera 6 municipio de Nocaima, se presenta un plano de la ubicación de los tramo con sus respectivas señales.

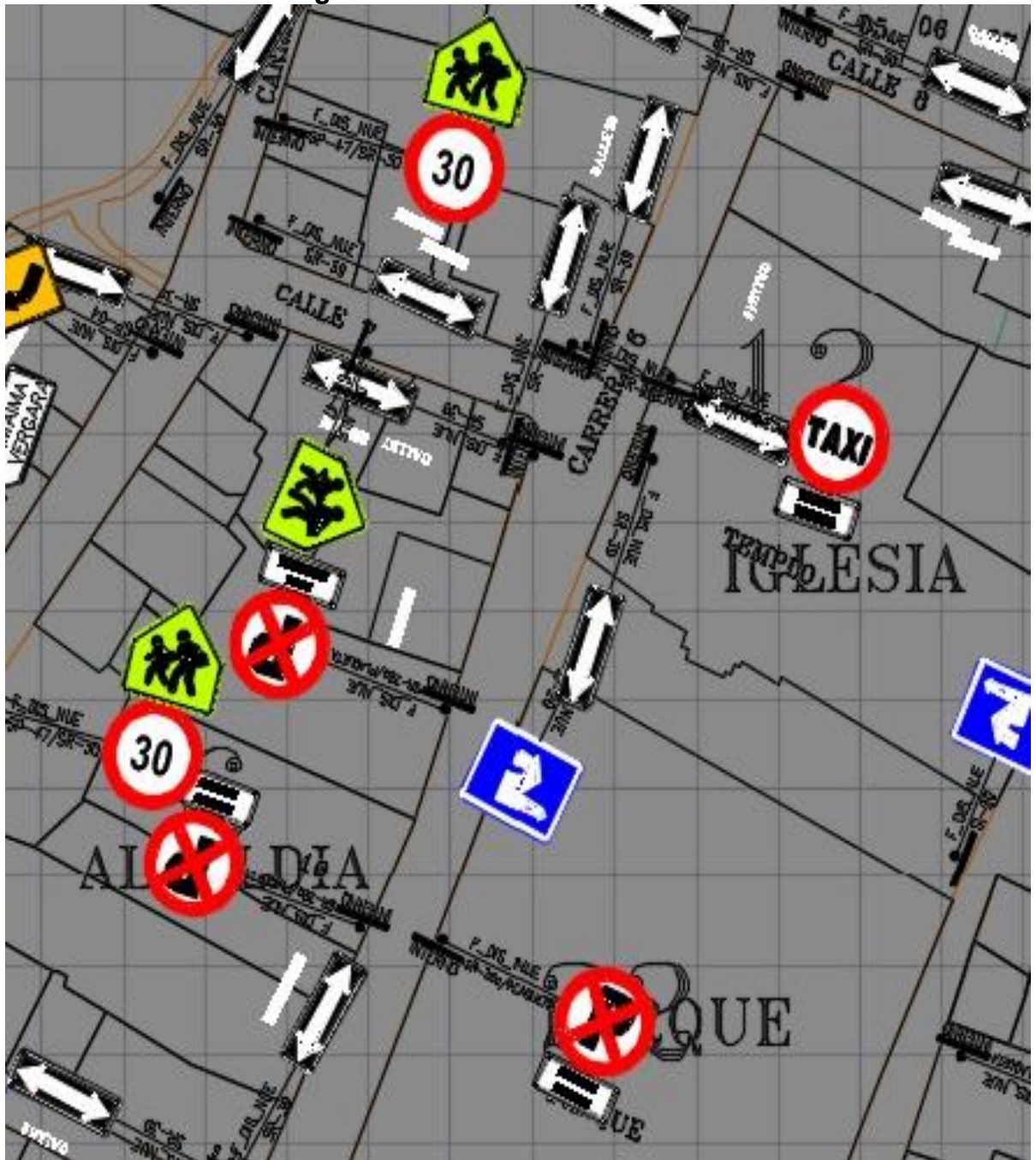
En la Figura 62 se puede observar la señalización vial del tramo 1 que está comprendido entre la plaza de mercado y el parque del municipio de Nocaima.

Figura 62 Señalización de tramo 1



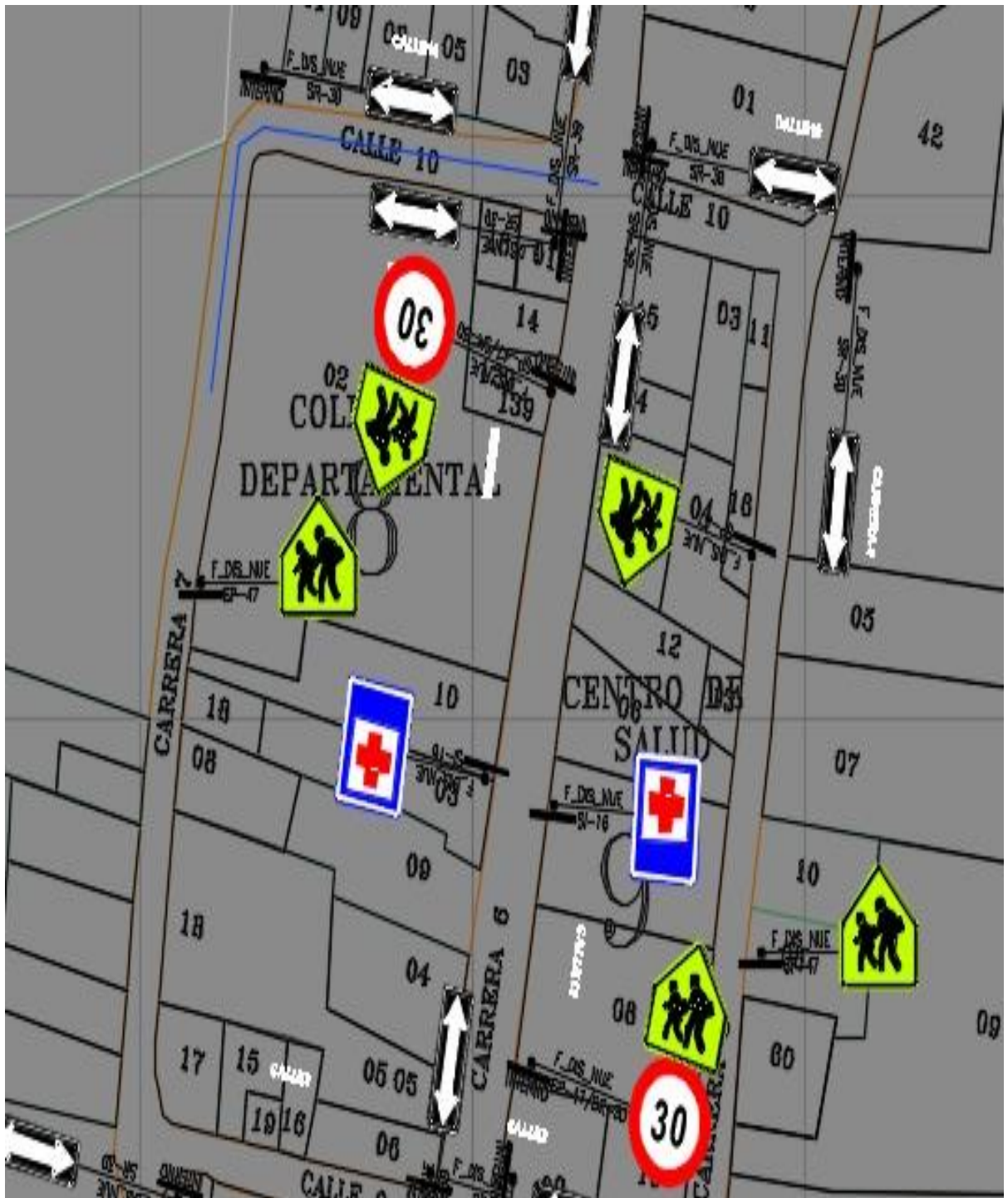
En Figura 63 se puede observar la señalización del tramo 2 que está que comprendido entre el parque y la calle 8.

Figura 63 Señalización de tramo 2



En la Figura 64 se puede observar la señalización Para el tramo 3 que está comprendido entre la carrera 8 hasta la calle 10.

Figura 64 Señalización de tramo 3



2.8. ESTUDIO DE SUELOS

Los estudios de suelos se realizan para caracterizar los suelos presentes en el sitio desde un punto de vista físico-mecánico, estas características son útiles para conocer los espesores de los materiales encontrados y para brindar recomendaciones acerca de los tipos de cimentación, posibles asentamientos del terreno y medidas correctivas o preventivas a tomar en caso de encontrar condiciones especiales en el sitio. (VIVAR PONCE, 2019).

El método consiste en realizar perforaciones sobre la superficie del terreno para obtener muestras particulares del subsuelo. Con ello se sabe la capacidad de carga del suelo, así como las virtudes o irregularidades que pudiera beneficiar o afectar al proyecto.

La exploración e investigación del suelo es muy importante tanto para la determinación de las características del suelo, como para el correcto diseño de la estructura del pavimento. Si la información registrada y las muestras enviadas al laboratorio no son representativas, los resultados de las pruebas aún con exigencias de precisión no tendrán mayor sentido para los fines propuestos.

Para la exploración de suelos y rocas primero deberá efectuarse un reconocimiento del terreno y como resultado de ello un programa de exploración e investigación de campo a lo largo de la vía y en las zonas de préstamo, para de esta manera identificar los diferentes tipos de suelo que puedan presentarse.

El reconocimiento del terreno permitirá identificar los cortes naturales y/o artificiales, definir los principales estratos de suelos superficiales, delimitar las zonas en las cuales los suelos presentan características similares, asimismo identificar las zonas de riesgo o poco recomendables para emplazar el trazo de la vía.

El estudio de suelo evita que el desarrollador del proyecto incurra en gastos innecesarios durante el proceso constructivo, una vez que la construcción está hecha en forma total o parcial, cualquier reacción del suelo no prevista y calculada, como asentamientos o deslizamientos, puede ser una dificultad insalvable, que implique el abandono del proyecto, o costos considerables para su recuperación.

Según el cronograma presentado para la ejecución de este proyecto, se tenía planteada realizar la actividad de extraer las muestras de suelo en la tercera semana del mes de marzo, pero debido a la situación sanitaria que vive actualmente el país

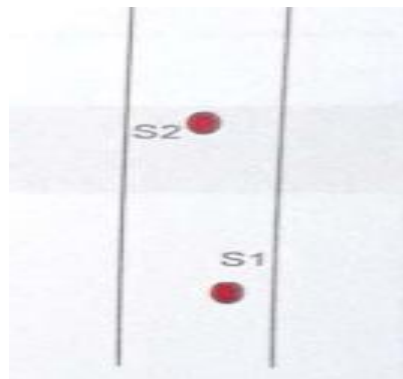
relacionada con la emergencia sanitaria de COVID-19 no se pudo viajar al municipio para tomar las muestras de suelo correspondientes para poder desarrollar el estudio de suelos.

De acuerdo con lo anterior se realizó la consulta con la directora de tesis y se llegó a la conclusión que para cumplir con el objetivo de esta actividad se tomará como referencia el estudio de suelos realizado por el laboratorio INGEOLAB en la vía la laja desde la entrada los Guadales hasta alto de la Cruz municipio Nocaima/Cundinamarca, el cual se puede consultar en el Anexo 15.

En consecuencia, a continuación, se presenta la descripción del estudio de suelos realizado por INGEOLAB para la alcaldía municipal. Vale la pena mencionar que, no se pretende que este estudio de suelos reemplace la actividad en campo planteada, pero debido a la emergencia sanitaria del país fue la alternativa que se encontró para cumplir con lo estipulado en la metodología.

En el estudio de suelos se realizaron 2 apiques (ver Figura 65) ubicados en la vía la laja desde la entrada los guadales hasta alto de la cruz.

Figura 65 Ubicación de los apiques



Fuente: (INGEOLAB, 2017)

En la caracterización del perfil estratigráfico del área de estudio se evidencia los 2 sondeos mecánicos con profundidades entre 0.10 m y 1.70 m, en la Tabla 36 se presentan las características de la exploración del subsuelo ejecutada.

Tabla 36 Exploración del subsuelo

Sondeo	Profundidad (m)	Nivel freático (m)
1	1.70	No presenta
2	1.60	No presenta

Fuente: (INGEOLAB, 2017)

En la Tabla 37 y Tabla 38 se presentan los resultados de los perfiles estratigráficos del estudio de suelos entregado por la alcaldía de Nocaima.

Tabla 37 Perfil estratigráfico sondeo 1

PERFIL ESTRATIGRAFICO				
PROFUNDIDAD	NF	USC PERFIL	DESCRIPCIÓN	%Wn
0.00			Recebo color gris, mezclado con limos arcillosos	5.3
0.10			Arcillolitas combinadas con arcillas color gris con vetas amarillas de humedad y plasticidad media. Consistencia media a firme.	
0.55			Lutita consolidadas formando rocas laminadas de mayor tamaño.	13.5
1.70		CH		
			Fin del sondeo	

Fuente: (INGEOLAB, 2017)

Tabla 38 Perfil estratigráfico sondeo 2

PERFIL ESTRATIGRAFICO				
PROFUNDIDAD	NF	USC PERFIL	DESCRIPCIÓN	%Wn
0.00				
0.00			Recebo color gris, mezclado con limos arcillosos	8.3
0.11			Arcillolitas combinadas con arcillas color gris con vetas amarillas de humedad y plasticidad media. Consistencia media a firme.	18.6
0.80				
0.80		CH	Lutita consolidadas formando rocas laminadas de mayor tamaño.	20.1
1.60				
			Fin del sondeo	

Fuente: (INGEOLAB, 2017)

En las tablas de los perfiles estratigráficos anteriormente presentadas se puede observar que en el primer sondeo a menos de 1m se encuentra un material de recebo color gris mezclado con limos arcillosos y arcillolitas combinadas con color gris con vetas amarillas de humedad y plasticidad media, consistencia media firme y con un porcentaje de humedad natural (% Wn) de 5.3. A una profundidad de 1.70 m se encuentra un material de lutita consolidadas formadas de rocas laminadas en mayor tamaño con un % Wn de 13.5 dando como clasificación un suelo CH.

En el segundo sondeo obtuvieron como resultado que, a menos de 1 m se encontró un material de recebo color gris mezclado con limos arcillosos con un Wn% de 8.3 y arcillolitas combinadas con color gris con vetas amarillas de humedad y plasticidad media consistencia media firme con un Wn% 18.6.

A una profundidad de 1.60 m se obtiene un material de lulas consolidadas formadas de rocas laminadas en mayor tamaño dando como clasificación un suelo CH.

2.8.1. Caracterización geotécnica

A partir de la información geológica, la información de exploración del subsuelo de los sondeos y los resultados de ensayos de laboratorio en el sitio de interés se presenta el siguiente perfil estratigráfico:

Estrato 1: material de recebo color gris mezclado con limos arcillosos, hasta profundidades de 0.10 m y 0.11 m.

Arcillolitas combinadas con arcilla de color gris y vetas amarillas humedad y plasticidad media consistencia media firme hasta profundidades de 0.55 m y 0.80m con una clasificación de suelo USC: CH.

Estrato 2: lulas consolidadas formando rocas laminadas de mayor tamaño hasta profundidades de 1.50 m y 1.46 m, clasificación USC: CH.

2.8.2. Ensayos de laboratorio realizados en el estudio de suelos

Dentro del estudio de suelos entregado por la alcaldía de Nocaima se pudo apreciar que la empresa consultora INGEOLAB realizó el ensayo CBR con el fin de determinar las características mecánicas del suelo. A continuación, se presenta una descripción de este tipo de ensayo.

El ensayo de CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) se realiza para determinar la resistencia de los suelos para el diseño de pavimentos, definiendo la relación entre el esfuerzo necesario para que el pistón de la máquina de ensayo penetre cierta cantidad dentro del suelo que se está probando en el laboratorio y el esfuerzo necesario para que un pistón idéntico penetre la misma cantidad dentro de una muestra de patrón de piedra triturada. Para determinar el porcentaje de CBR, se aplica la formula dada a continuación:

$$CBR = \frac{\sigma_{\text{suelo de prueba}}}{\sigma_{\text{muestra patrón}}} * 100$$

Ecuación 7 porcentaje de CBR

- **Equipos a utilizar para el ensayo CBR**

- Moldes de CBR, con collarín y la base perforada.
- Disco espaciador.
- Pistón o martillo (10 lb y altura de caída de 18 pulg).
- Plato y vástago.
- Trípode y extensómetro.
- Dispositivo para extrusión de las muestras.
- Balanza y básculas.
- Horno termostáticamente controlado capaz de tener una temperatura de $110\pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Tamiz $\frac{3}{4}$ ".
- Recipientes y herramientas para mezclado.
- Tanque para inmersión.

- **Resultados del ensayo CBR realizado**

Las muestras recuperadas de los apiques fueron llevadas al laboratorio para realizar los siguientes ensayos: humedad natural, límites de atterberg, granulometría por tamizado y CBR. En la Tabla 39 se presenta el resumen de los resultados CBR.

Tabla 39 Resumen de resultados ensayo CBR

Sondeo	Valores mayores o iguales	CBR (%)	Valores mayores o iguales
1	1	3.67	100
2	2	4.41	50

Fuente: (INGEOLAB, 2017)

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta la dimensión del proyecto y la ubicación del apique, se determinó un valor promedio entre la condición saturada y seca, con esto se obtuvo el valor del CBR de diseño: CBR de diseño: 3.67%.

Para obtener el módulo de resiliencia del suelo se utilizó la siguiente correlación:

$$\text{Esr} = 10 \cdot \text{CBR} \quad (\text{klomp, 1962}).$$

$$\text{Esr} = 10 \cdot 1,54.$$

$$\text{Esr} = 15,4 \text{Mpa} = 154 \text{kg/cm}^2 = 2233.62 \text{PSI}.$$

El módulo de resiliencia es variable las características del material de subrasante de acuerdo con lo establecido el estudio de CBR de diseño 3.45% y el módulo de resiliencia es de 15.4 Mpa = 154 kg/cm² = 2233.62 PSI.

En la Tabla 40 se observan los resultados obtenidos del ensayo CBR realizado. Se observa que el porcentaje de humedad obtenida es de 21.41%. El CBR oscila entre 3% y 5%, la densidad es del 13.5 y la densidad seca es de 1.276.

Tabla 40 Datos obtenidos del CBR

Molde	1
Peso molde	8700
Peso de la muestra	11800
Volumen Molde	3100
Humedad %	21.41
Densidad	13,5
Densidad seca	1,276
C.B.R. A 0.1 %	3,67
C.B.R. A 0.2 %	4,41

Fuente: (INGEOLAB, 2017)

A continuación, en la Tabla 41 se presenta los resultados de la penetración de carga y esfuerzo.

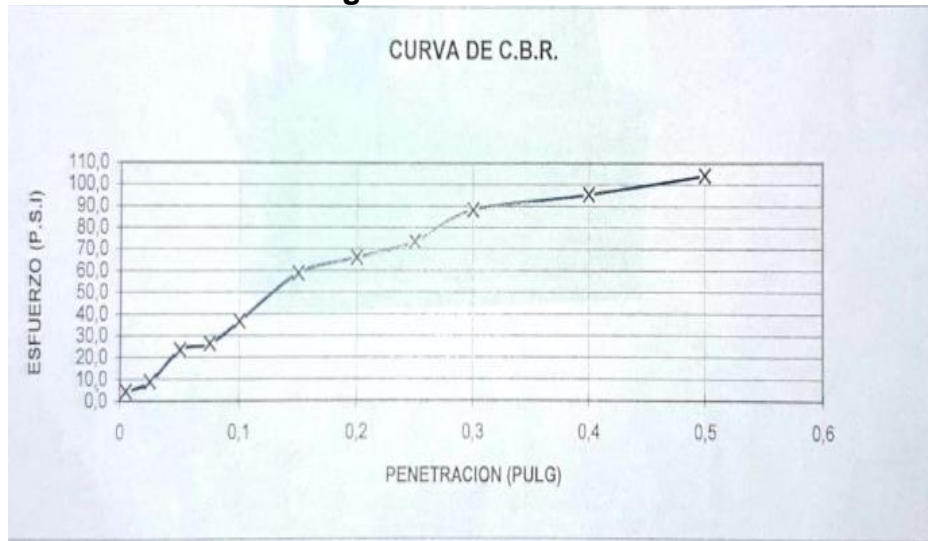
Tabla 41 Resultados penetración y esfuerzo

Penetración Pulg	Carga Kg	Carga Lbs	Esfuerzo P.S.I
0.005	6	13.22	4.4
0.025	12	26.45	8.8
0.050	32	70.54	23.5
0.075	36	79.36	26.5
0.100	50	110.23	36.7
0.150	80	176.36	58.8
0.200	90	198.41	66.1
0.250	100	220.46	73.5
0.300	120	264.55	88.2
0.400	130	286.59	95.5
0.500	142	313.05	104.4

Fuente: (INGEOLAB, 2017)

En la Figura 66 se evidencia la curva del CBR. En el eje X la penetración que tuvo el suelo y en el eje Y el esfuerzo, obteniendo como resultado una oscilación de la penetración desde 0.0 hasta 0.5 y para el esfuerzo entre 0.0 hasta 100.

Figura 66 Curva CBR



Fuente: (INGEOLAB, 2017)

3. ANALISIS DE RESULTADOS

Conforme al levantamiento de los datos en campo, se permite presentar los resultados obtenidos a continuación.

En el levantamiento topográfico y en la elaboración de los planos se identificó que la vía está catalogada de acuerdo con el manual de INVIAS como una vía secundaria y con un terreno ondulado, con una pendiente aproximada de 12.7% y con una velocidad de diseño de 40 (km/h), basando estos parámetros establecidos se considera que esta vía es apta para el tránsito de vehículos de carga liviana y pesada.

Es decir que el estudio de tránsito que se elaboró el día domingo en el municipio Nocaima-Cundinamarca, entre chico alto y la vía Jagual, se registró una actividad de aforos entre las 6am y las 6pm con una hora pico estimada entre las 10:00am a 11:00am por actividades religiosa y día de mercado, nos permite evaluar una afluencia 95 vehículos tanto de entrada como de salida, en el cual se tuvo en cuenta vehículos particulares (automóviles), camiones (carga pesada), servicio público, colectivos (de 15 a 35 pasajero), vehículos de servicio emergencia (ambulancias, bomberos, policía) en el total de la muestra.

Así mismo el día siguiente se tiene en cuenta a los vehículos de carga que se desplazan por la vía para distribuir productos de consumo, tanto de salida como de entrada de 154 vehículos en el rango de hora comprendida y se identificó en la muestra entre las 6:00am y a 7:00am hora pico gran afluencia vehicular con un total de (vehículos hora pico) en efecto permite identificar el estrés de la vía.

Con relación al estudio de suelos se obtuvo las siguientes características:

Descripción del suelo: color gris mezclado con limos arcillosos, clasificación: CH, Densidad: 1,276 lb/pie³, humedad óptima: 13.5% y un CBR: 3.67%, la clasificación de los suelos CH, OH, MH, podrán general contracciones y expansiones en el suelo de fundación se debe hacer un mejoramiento a la subrasante para este tipo de suelo y un módulo de resiliencia es de 15.4 Mpa = 154 kg/cm² = 2233.62 PSI.

Sin embargo, lo socializado con la comunidad, se identificaron las oportunidades de mejora para la vía en estudio, enfocada a las necesidades de sus habitantes y el valor agregado del diagnóstico en pro del desarrollo económico e inclusión social.

4. ALTERNATIVAS PARA EL MEJORAMIENTO DEL TRAMO SELECCIONADO

A continuación, se describen las principales metodologías usadas para la pavimentación de las vías.

4.1. PAVIMENTOS FLEXIBLES O ASFÁLTICOS

Los pavimentos flexibles o asfálticos se encuentran conformados por una delgada capa de mezcla asfáltica utiliza agregado grueso o fino (piedra machacada, grava y arena) con material bituminoso obtenido del asfalto) construida sobre una capa de base granular y una capa de subbase, estas capas deben soportar un elevado volumen de tráfico pesado, esta estructura está apoyada en una capa de suelo compactado, llamada subrasante.

Los pavimentos tienen grandes superficies expuestas a las condiciones ambientales, lluvias y al tráfico. Una de las ventajas que tiene este tipo de pavimento es que tiene mayor drenabilidad, permite el desalojo del agua transversalmente sobre la macro textura superficial que presentan reduciendo la proyección de agua.

4.1.1. Método constructivo para pavimento flexible o asfáltico

Para la ejecución de este tipo de pavimento, se debe tener en cuenta el estudio de suelos con los valores entregados por el laboratorio basados en el ensayo de CBR inalterado el cual se realiza a la subrasante, luego se continúa con la instalación del Geotextil cuya función es separar el material granular de la subrasante y distribuir las cargas uniformemente sobre el terreno natural.

Luego de la instalación del material granular a lo largo y ancho de la vía, el cual debe cumplir con unas propiedades estipuladas por las normas INVIAS, y con el espesor estipulado por el diseñador, esta capa de material será compactado mecánicamente por un vibro compactador el cual garantizará el cumplimiento de porcentaje requerido. Este porcentaje de compactación será verificado con toma de densidades, ya sea con densímetro nuclear el cual es un equipo que emite radiaciones Ionizantes y se utiliza para medir la humedad y densidad de suelos o con el método de cono y arena.

Es un método utilizado durante un proceso de compactación con el fin de determinar el grado de compactación del pavimento. Una vez finalizado la instalación de las

capas de material granular, se procede a la instalación de la carpeta asfáltica de acuerdo con el tipo y espesor definido por el diseñador.

La planta de distribución debe proveer la caracterización del tipo de asfalto que se vaya a instalar y debe cumplir con los parámetros exigidos por las normas vigentes según INVIAS.

En la Figura 67 se pueden observar los componentes principales del sistema, para la estructura de pavimento flexible.

Figura 67 Estructura de un pavimento flexible



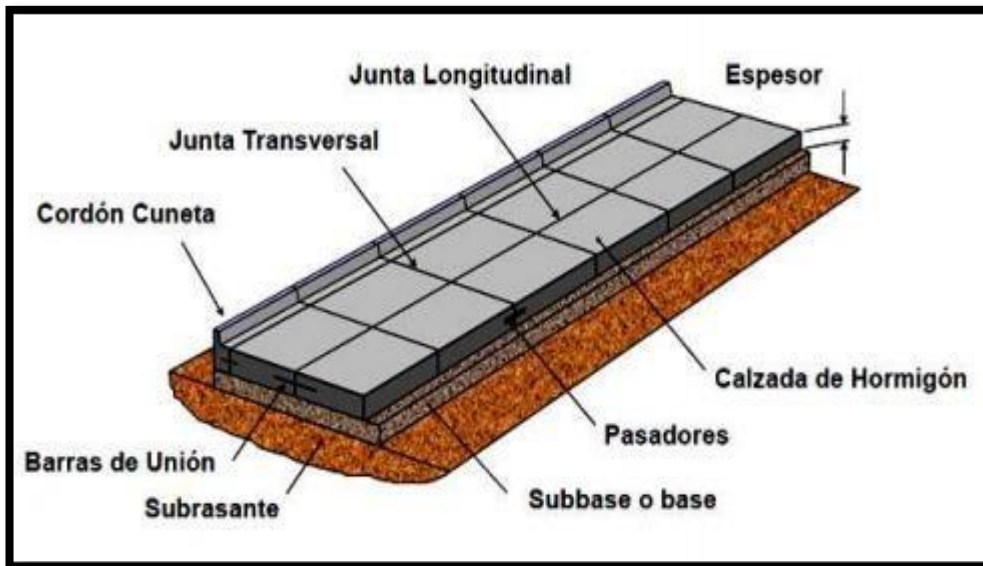
Fuente: (Claudio Giordani, 2015)

4.2. PAVIMENTOS RÍGIDOS

Los pavimentos rígidos se componen por una losa o placa de concreto que consta de una capa compuesta de material granular, se tiende a una distribución de las cargas sobre una mayor área de la subrasante, de modo que una mayor parte de estas cargas las absorbe la losa de hormigón. (Claudio Giordani, 2015).

En la Figura 68 se pueden observar los componentes principales del sistema, para la estructura de pavimento rígido se deben tener en cuenta los refuerzos en acero que componen la losa de concreto.

Figura 68 Componentes principales del sistema rígido



Fuente: (Claudio Giordani, 2015)

4.2.1. Método constructivo para pavimento rígido

Para la construcción del pavimento rígido, al igual que el método anterior el diseñador también toma de referencia los valores suministrados por el laboratorio basados en el ensayo de CBR es el que mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo y para poder evaluar la calidad del terreno para subrasante, subbase y base de pavimentos. Se efectúa bajo condiciones controladas de humedad y densidad, así mismo se incluirá la instalación del geotextil cuya función es separar el material granular de la subrasante y distribuir las cargas uniformemente sobre el terreno natural.

Las actividades necesarias para la construcción del pavimento rígido comprenden en la extendida y compactación de material seleccionado, instalación y/o construcción de sardineles y construcción de la placa de concreto hidráulico con sus respectivas juntas. (NACIONAL, 2006)

4.2.2. Juntas longitudinales

La junta longitudinal controla el agrietamiento producido por alabeo. En la construcción del pavimento, la junta debe ser marcada con una ranura que separe los carriles y proporcione alojamiento para el sellado, unida por una barra de anclaje que se encarga de la transferencia de carga.

NOTA: Las barras de acero no se deben instalar a menos de 40cm de la junta transversal para evitar que interfieran con el movimiento de las juntas.

4.2.3. Juntas transversales

Las juntas transversales o juntas de contracción son juntas de alabeo, es decir, controlan las grietas causadas por la retracción de fraguado del hormigón y por las acciones climáticas (temperatura y humedad).

4.2.4. Juntas de expansión

Son creadas para aislar una estructura fija, como son los pozos de inspección, sumideros y otras estructuras que presenten diferente comportamiento al pavimento que se construye. Así mismo se deberán utilizar donde se presenten cambios de dirección de la vía e intersecciones con otros pavimentos, o en cualquier caso en que se generen esfuerzos en las losas. (NACIONAL, 2006).

En los casos donde se presentan cambios de dirección de la vía, una empujara a la otra produciéndose esfuerzos, que deben ser controlados con la ayuda de juntas de expansión. Con el fin de incrementar la transferencia de carga y la eficiencia de la junta se deben usar pasadores de carga, ubicados en la mitad de la losa, además deben de ir engrasados en su totalidad para facilitar el movimiento.

En juntas de expansión en una intersección asimétrica o en rampas, las dovelas se deben omitir para permitir los movimientos horizontales diferenciales y evitar el daño del concreto colindante. Así mismo se construye la losa aumentándole su espesor para absorber los esfuerzos de borde no transferidos.

Figura 69 Estructura de Pavimento Rígido.



Fuente: (Claudio Giordani, 2015)

4.3. PAVIMENTO CON PLACA HUELLA

El pavimento está conformado por la placa huella, la sub rasante y la rasante, la subrasante está constituida por el suelo natural por una capa de material de afirmado con espesor variable, el criterio para la intervención de ésta, debe estar basado en el perfil longitudinal para que sea aceptable con pequeñas correcciones para mejorar las curvas verticales cóncavas que sean muy pronunciadas, realizando rellenos en tramos con poca longitud con material de afirmado utilizado para el mantenimiento de la vía o con el material que será utilizado para la sub base; por otra parte en la subrasante se debe evaluar la capacidad de soporte en el estrato subyacente al afirmado existente, el aporte estructural de la capa de afirmado no se toma en cuenta pues se considera como un factor de seguridad.

Para la subbase una vez se haya rectificado el perfil longitudinal con rellenos pequeños y se igual forma se encuentre compactada adecuadamente se debe extender, conformar y compactar una capa de subbase que debe cumplir con las especificaciones del INVIAS. (DPN, 2015).

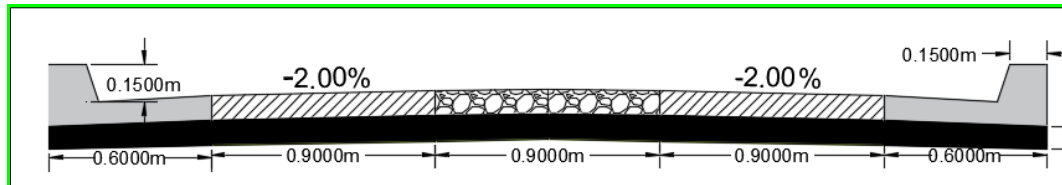
3.2.2. Método constructivo para placa huella

La placa huella está constituida por el suelo natural con una capa de material de afirmado de espesor variable. No se debe desestabilizar la superficie existente efectuando cajeos o excavaciones. Adicionalmente, se debe obtener un perfil longitudinal aceptable realizando pequeñas correcciones para mejorar las curvas verticales cóncavas que se encuentren muy pronunciadas. Para ello se harían rellenos en tramos de muy corta longitud con material seleccionado o con el material de afirmado utilizado para el mantenimiento de la vía o con el mismo material que sería utilizado para la subbase. (DPN, 2015)

La subrasante que se evalúa para calificar su capacidad de soporte es el estrato subyacente al armado existente. El aporte estructural de la capa de armado que pueda existir no se toma en cuenta y se considera como un factor de seguridad. Una vez que a la superficie existente se le haya rectificado su perfil longitudinal, con pequeños rellenos, y se encuentre adecuadamente compactada se deberá extender, conformar y compactar una capa de subbase que cumpla la especificación general vigente en el Instituto Nacional de Vías. De acuerdo con la Guía de diseño de Pavimentos con Placa-huella del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), la subbase granular debe tener un espesor 15 cm y la calidad exigida en las Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Nacional de Vías – INVIAS. (DPN, 2015).

En la Figura 70 se pueden observar los componentes principales del sistema, para la estructura de la de placa huella.

Figura 70 Placa huella



Fuente: (HERNANDEZ, 2015)

La placa-huella es una losa de concreto reforzado fundida sobre la subbase en la que su acero de refuerzo se entrecruza con el acero de refuerzo de la riostra, piedra pegada, cuneta a continuación se describe estos parámetros:

3.2.3. Riostra

Esta viga transversal de concreto reforzado consta de 20 cm de ancho y su acero de refuerzo entrecruzado con el acero de refuerzo de la placa huella del módulo anterior y con el acero de refuerzo de la placa huella del módulo siguiente, la riostra se apoya sobre la superficie sobre la que se construye la subbase, antes de la colocación de un solado de limpieza de 0.03 m de espesor.

3.2.3. Piedra pegada

Es una capa de concreto ciclópeo con espesor de 0,15 m, contribuye a que el diseño sea más estético y menos costoso a diferencia del concreto simple, debido a su alta rugosidad y al soporte de los esfuerzos producidos por los vehículos proporciona una buena canalización del tránsito.

3.2.4. Cuneta y bordillo

Funciona como drenaje superficial, es necesario que su construcción sea en concreto reforzados fundidos monolíticamente y articulados estructuralmente con la riostra para evitar que las juntas de construcción entre los elementos se fisuren con el paso del tiempo, y no permitan la infiltración del agua y así impedir el deterioro del pavimento.

4.4. PAVIMENTO ARTICULADO CON ADOQUIN

Los pavimentos articulados con adoquines se componen de distintas capas al igual que los pavimentos rígidos y flexibles. La principal diferencia con estos últimos radica en la composición de la carpeta de rodadura, que está conformada por adoquines inter-trabados, que brindan al pavimento un comportamiento estructural semiflexible. De este modo, los pavimentos de adoquines están constituidos por una capa de adoquines, arena de juntas, una cama de arena, base y subbase y Poseen también un borde de confinamiento que contribuye al desarrollo del mecanismo de trabazón mecánica. (Bahamondes, 2013).

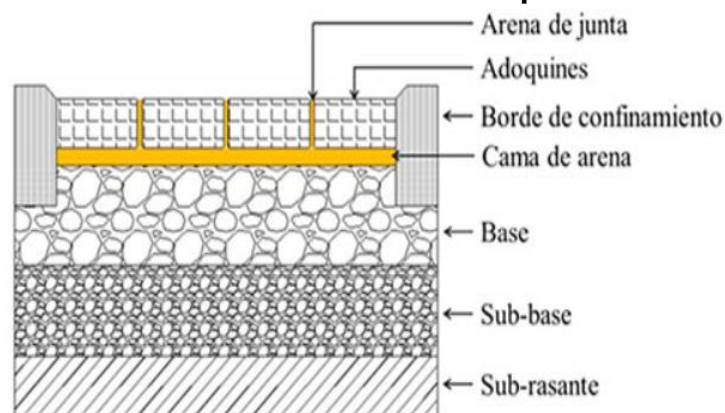
4.4.1. Método constructivo para pavimento articulado

La subrasante deberá tener una composición homogénea, libre de materia orgánica y se compactará lo necesario para proporcionar un soporte uniforme al pavimento. A la subrasante se le darán las características geométricas especificadas para la superficie de adoquines.

Estas piezas de pavimento prefabricadas deben cumplir con varios requisitos geométricos y resistencia, como: muestreo, forma, dimensiones, color, textura, y resistencia a varios esfuerzos. (Sarmiento, 2009).

En la Figura 71 se pueden observar los elementos estructurales principales del pavimento articulado.

Figura 71 Elementos estructurales de un pavimento articulado



Fuente: (Bahamondes, 2013)

4.5. COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA MEJORAMIENTO DE LAS VÍAS

De acuerdo descripción realizada sobre las principales metodologías que se emplean como estrategia de mejoramiento para las vías a continuación en la Tabla 42 se presenta la comparación de cada una.

Tabla 42 Comparaciones tipo de pavimentos

ITEM	PAVIMENTO EN CONCRETO ASFALTICO	PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO	PAVIMENTO MEDIANTE EL USO DE PLACA HUELLA	PAVIMENTO ARTICULADO EN ADOQUIN
	Las capas de pavimentos flexibles están compuestas básicamente por dos ingredientes, agregados pétreos más un producto asfáltico, por ello en este tipo de pavimentos las capas asfálticas no tienen una función estructural y las capas granulares soportan casi en su totalidad las capas rodantes. (Fonseca, 2008)	La losa de concreto hidráulico están constituidas por una losa de hormigón con o sin armadura apoyada sobre una capa de subbase granular colocada directamente sobre la subrasante. (Fonseca, 2008) Es una mezcla de agregados, naturales, procesados o artificiales, cemento y agua, a la que además se le puede agregar algunos aditivos; esta mezcla debe ser dosificada en masa o en volumen. (Gpo Vallarta, 2015)	Están compuestas de concreto reforzado con franjas de concreto con piedra pegada es decir un material con las características de concreto ciclópeo, rocas distribuidas adecuadamente y pegadas con concreto, la estructura de ésta se compone de una subrasante y subbase granular. (Plain-concrete strip road pavements: 3D finite element analysis, 2016)	El pavimento articulado está compuesto por adoquines son piezas prismáticas prefabricadas de hormigón y, se colocan en orden ascendente, sobre el terreno al que se le denomina subrasante, la subbase, la base y la capa de rodadura que soporta directamente el tráfico. La base y la subbase generalmente están conformadas por material pétreo, suelos estabilizados, concreto pobre o concreto asfáltico. (INVIAS, 2013)

ITEM	PAVIMENTO EN CONCRETO ASFALTICO	PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO	PAVIMENTO CON PLACA HUELLA	PAVIMENTO ARTICULADO EN ADOQUIN
CAPACIDAD	<p>Su componente principal es el asfalto; material bituminoso apreciado por su gran fuerza de cohesión, resistencia a la acción mecánica de cargas y por sus propiedades impermeables que lo vuelven ideal para utilizarse como una carpeta asfáltica que soporta grandes cargas en movimiento. (Escudero, Grupo Empresarial).</p> <p>Los concretos asfálticos son resistentes a las cargas del tráfico (tanto a la abrasión, como al asentamiento vertical, como al despegue por los neumáticos).</p> <p>Debe poderse trabajar con facilidad y su puesta en obra factible. (Equipment, 2003).</p>	<p>Está diseñado para soportar esfuerzos a flexión, lo que permite que la losa no trabaje en una sola área.</p> <p>Tiene la capacidad de absorber el esfuerzo y distribuirlo en el suelo. Eso es lo que se busca en una estructura de concreto.</p> <p>Ofrecen mejor resistencia a las presiones de arranque, frenado y circulación producidas por el tráfico.</p> <p>Tienen una deformación mínima de su superficie pues duran más y resisten los derrames de diésel, gasolina y aceite de los vehículos, así como presentan mayor resistencia a los efectos del intemperismo. (Gpo Vallarta, 2015)</p>	<p>En los pavimentos con placa-huella por ser rígidos y además reforzados la influencia de la rigidez del apoyo es despreciable después de cumplir con unos requisitos mínimos.</p> <p>En los pavimentos con placa-huella, que son estructuras de concreto reforzado similares a la estructura de un edificio, la falla estructural (o ruptura) se produce por la aplicación de una carga que produzca esfuerzos que superen la resistencia última de los elementos de concreto reforzado. (INVIAS, MINTRANSPORTE, 2015).</p>	<p>Los adoquines de hormigón han de poseer unas determinadas propiedades físicas y mecánicas, concretamente se pueden distinguir en tres grupos de características a exigir: resistencia mecánica, resistencia a los agentes atmosféricos, resistencia al desgaste superficial. (INVIAS, 2013).</p>

ITEM	PAVIMENTO EN CONCRETO ASFALTICO	PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO	PAVIMENTO MEDIANTE EL USO DE PLACA HUELLA	PAVIMENTO ARTICULADO EN ADOQUIN
<p>FACTORES AMBIENTALES</p>	<p>En los climas cálidos la mezcla puede calentarse, fluyendo y generando huellas de neumáticos (roderas) y baches, por las altas pendientes de la vía es recomendable no usar este tipo de pavimento, generando disminución de la rigidez, y por lo tanto un incremento en la deformación del pavimento. (Fonseca, 2008).</p> <p>Dado que el asfalto tiene una alta susceptibilidad térmica, el aumento o la disminución de la temperatura puede ocasionar una modificación sustancial en el módulo de estabilidad de las capas asfálticas, ocasionando deformaciones o agrietamientos. (Vaswani, 1999).</p>	<p>Las losas de pavimento de concreto sometidas a un gradiente térmico a través de su profundidad tendrán tendencia a ladearse, por ello estará restringida por el peso propio de la losa.</p> <p>Cuando una losa se contrae por disminución uniforme de temperatura tiende a agrietarse por su parte media. (Fonseca, 2008).</p> <p>Los cambios de temperatura en las losas de concreto hidráulico ocasionan esfuerzos muy elevados que en algunos casos pueden ser superiores a los generados por las cargas de los vehículos que circulan sobre ellas. (Gpo Vallarta, 2015).</p>	<p>Los parámetros del clima que inciden en el comportamiento de un pavimento son fundamentalmente la temperatura y la precipitación. La temperatura en un pavimento de concreto, como lo es el de placa-huella, se refleja en los esfuerzos de alabeo.</p> <p>(INVIAS, MINTRANSPORTE, 2015).</p>	<p>La característica necesaria en zonas urbanas donde deben evacuarse las aguas y transportarlas hacia los elementos de recogida de la red de saneamiento o hacia la propia subbase del terreno, y no hacia los edificios colindantes. La rugosidad de la cara exterior le proporciona una buena resistencia al deslizamiento y/o resbalamiento (también resbaladicidad), según el caso. (ARMIJOS, 2011).</p> <p>Los adoquines son elementos que permiten la filtración del agua dejando que la misma llegue al suelo, a diferencia de los pavimentos tradicionales de asfalto que bloquean el acceso del agua hacia el interior. (Terron, 2017).</p>

ITEM	PAVIMENTO EN CONCRETO ASFALTICO	PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO	PAVIMENTO MEDIANTE EL USO DE PLACA HUELLA	PAVIMENTO ARTICULADO EN ADOQUIN
TIPO DE VIA	El concreto asfáltico es el material asfáltico comúnmente utilizado en los proyectos de construcción de calles, autopistas, aeropuertos y estacionamientos. (Escudero, Grupo Empresarial).	El concreto hidráulico es utilizado para proyectos de calles, avenidas, vías secundarias y terciarias. (Instituto mexicano del cemento y del concreto, A.C., 2009).	La placa huella es utilizada para proyectos de vías terciarias y caminos veredales. (Obrecol S.A.S, 2017).	El pavimento en adoquín se utiliza en vías zonas peatonales y plazas, donde el tráfico es básicamente peatonal, en vías internas de urbanizaciones, calles y avenidas. (ARMIJOS, 2011).
TRANSITO	Es utilizado para tráfico pesado y medio ligero, el tránsito esta expresado como el número acumulado de ejes simples equivalentes de 8,2 toneladas en el carril de diseño y durante el periodo de diseño. (Fonseca, 2008).	Es utilizado para tránsito moderado, tránsito más intenso y pesado expresado como el número acumulado de ejes simples equivalentes de 8,2 toneladas en el carril de diseño y durante el periodo de diseño. (Fonseca, 2008).	Es utilizado para paso vehicular ligero y pesado medio por ello es un sistema de pavimentación para vías de bajos volúmenes de tránsito por lo cual adopta como vehículo de diseño el camión C-2 con un eje trasero sencillo de once toneladas. (INVIAS, MINTRANSPORTE, 2015).	Es utilizado para paso vehicular que puede ir desde unos cuantos vehículos livianos, hasta gran número de vehículos pesados, en zonas de carga, patios de puertos, plataformas de aeropuertos y zonas donde se tienen cargas muy altas e inclusive tráfico de vehículos montados sobre orugas (INVIAS, MINTRANSPORTE, 2015).

ITEM	PAVIMENTO EN CONCRETO ASFALTICO	PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO	PAVIMENTO MEDIANTE EL USO DE PLACA HUELLA	PAVIMENTO ARTICULADO EN ADOQUIN
DURABILIDAD	Periodo de vida útil de 10 a 15 años. (2002)	Periodo de vida útil de 10 a 15 años. (2002)	Periodo de vida útil de 20 años. (Plain-concrete strip road pavements: 3D finite element analysis, 2016)	Periodo de vida útil entre 10 a 15 años. (ARMIJOS, 2011)
CARACTERÍSTICAS	<p>La mezcla asfáltica contamina al ser colocada, no importando si se trata de mezclas en caliente o en frío e independientemente de una carpeta o de un bacheo rutinario.</p> <p>El asfalto tiene menos durabilidad dado que su vida útil es más corta y el costo de mantenimiento es más alto. (D Croney; P Croney).</p> <p>Los concretos asfálticos presentan un fenómeno de acuaplaneo de vehículos, es decir proporcionan mayor deslizamiento cuando su superficie esta mojada. (Alfaro, 2015).</p>	<p>El concreto hidráulico gana resistencia con el tiempo soportando hasta tres veces su capacidad de carga de diseño, además de necesitar un mantenimiento mínimo el cual consiste en un oportuno sellado de grietas que aparezcan. (D Croney; P Croney).</p> <p>Mayor velocidad de construcción.</p> <p>·Se puede reparar bajo cualquier condición climática. (Alfaro, 2015).</p>	<p>Reduce los costos de construcción y mantenimiento respecto a los mismos costos de un pavimento convencional.</p> <p>Demuestra ser una infraestructura de rápida y económica ejecución.</p> <p>Ofrece la posibilidad de utilización de materiales y mano de obra locales.</p> <p>(INVIAS, MINTRANSPORTE, 2015).</p>	<p>Debido a la sencillez del proceso constructivo toda la estructura del pavimento se puede construir y dar al servicio en un mismo día, por lo cual las interrupciones en el tráfico son mínimas y se logran economías en tiempo, equipos, materiales, costos financieros y sociales; para acometer un plan a gran escala; se puede, por lo tanto, adoquinar en varias etapas, a medida que se vayan produciendo las piezas o se obtengan los recursos. (ARMIJOS, 2011).</p>

5. DIAGNOSTICO PARA MEJORAMIENTO DE LA VÍA CASCAJAL-NOCAIMA

De acuerdo con los resultados del trabajo realizado en campo y la investigación elaborada sobre las metodologías para el mejoramiento del tramo de la vía, en este numeral se presentan 3 diagnósticos para el mejoramiento de la vía carrera 6 entre el sector el Jagual y el sector de Chico Alto localizada en el municipio de NOCAIMA – CUNDINAMARCA.

A continuación, se presentan los posibles diagnósticos para el mejoramiento del tramo de la vía seleccionado.

5.1. DIAGNOSTICO 1: MEJORAMIENTO DE LA VÍA CON PAVIMENTO ARTICULADO

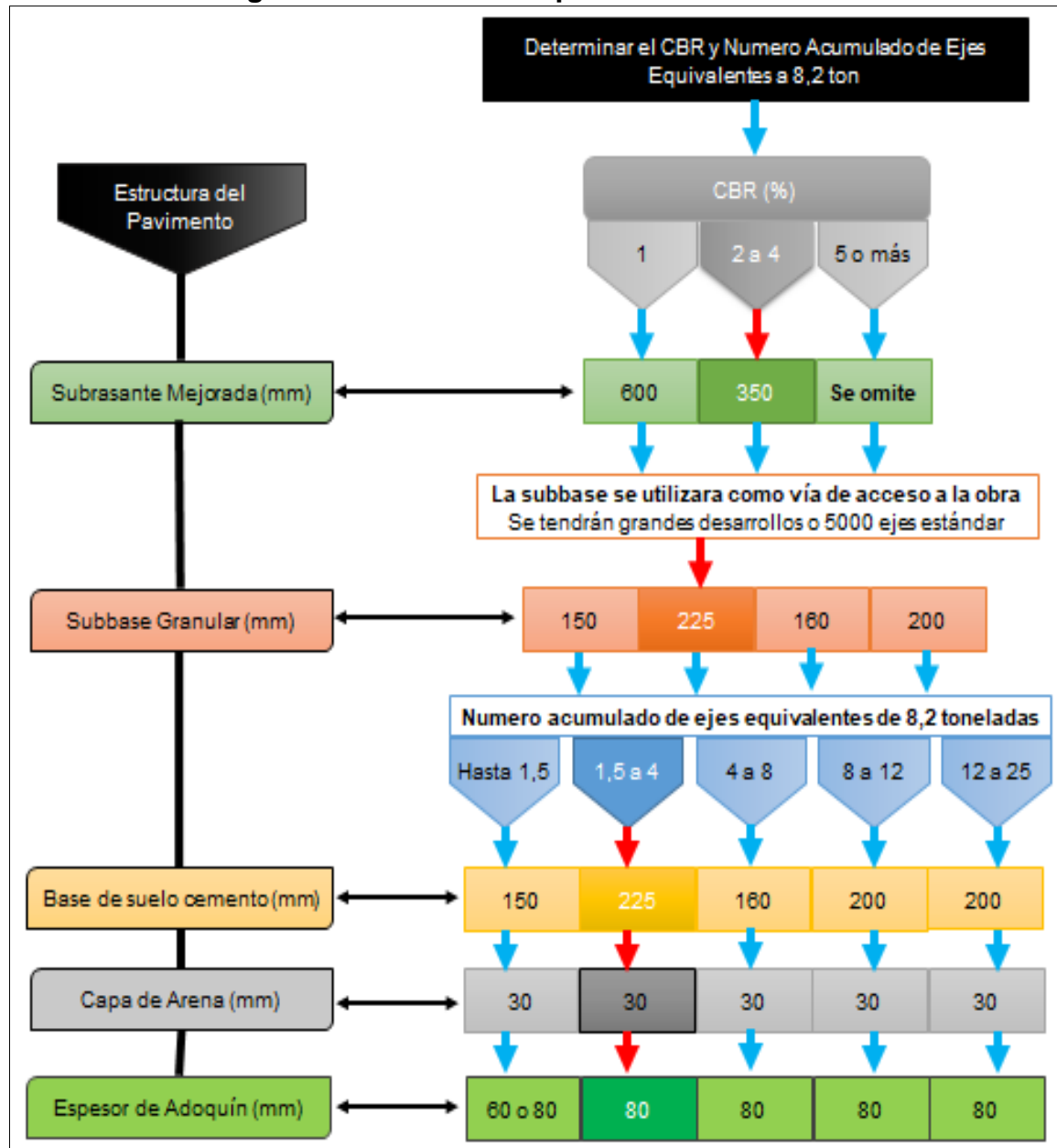
De acuerdo con las 4 alternativas resulta asequible considerar la construcción de un pavimento de tipo articulado con adoquines de arcilla, estructura que requiere una baja inversión inicial y unos mantenimientos rutinarios económicos, adicional a ello, no se necesitan grandes equipos para su construcción.

Para obtener la estructura adecuada y el espesor de cada una de las capas, se debe dar inicio con la determinación del porcentaje de CBR del 3.67% que dio como resultado en el estudio de suelos presentado, con un numero de ejes equivalentes a un eje simple rueda doble de 8.2 toneladas, se recomienda seguir la línea de caracterización en la modulación que se puede observar en la Figura 72.

El valor del valor de CBR obtenido en campo se encuentra entre 2 y 4% con una subrasante mejorada de 35 cm de espesor, la cual se debe realizar solo si es necesario; teniendo en cuenta que la subbase se utilizara como vía de acceso a la obra y que cuenta con una subrasante mejorada se obtiene una subbase granular de 22.5 cm de espesor, para obtener el espesor de la base del suelo de cemento determinamos a partir de las 3.5 ton correspondientes a vehículos de carga, en el rango correspondiente entre 1.5 a 4 ton, dando como resultado 22.5 cm de espesor, de esa forma siguiendo la línea correspondiente se obtiene que la capa de arena es de 3 cm de espesor para cualquier caso, y se establece un espesor de adoquín de 8 cm.

Con relación a lo anterior y con los resultados obtenidos del trabajo en campo como el estudio de suelos, topografía y estudio de tránsito en la figura 64 presenta el diseño para el mejoramiento de la vía en pavimento articulado con adoquín.

Figura 72 Estructura de pavimento articulado



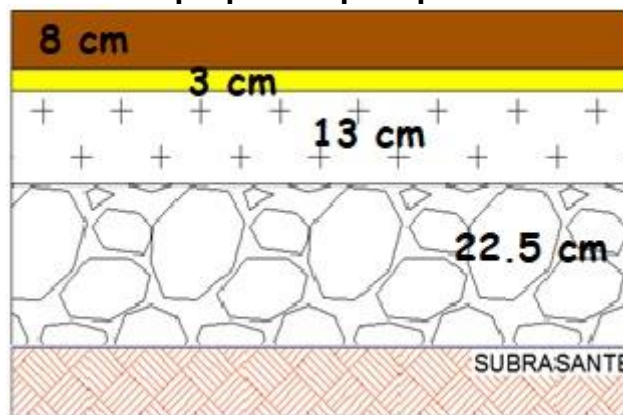
Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con la modulación del pavimento articulado y sus respectivos resultados, a continuación, se presenta el diseño para el mejoramiento de la vía con pavimento articulado con adoquín.

En efecto se debe construir una subbase granular de 22.5 cm, con una base de suelo de cemento de 13 cm, una cama de arena lavada de 3 cm y un adoquín de arcilla de 8 cm.

El diseño se puede observar en la Figura 73.

Figura 73 Diseño propuesto para pavimento articulado



Fuente: Elaboración Propia

A continuación, algunas recomendaciones para el proceso de construcción de un pavimento articulado con adoquín.

- La subrasante se deberá compactar con un vibro compactador cuyo peso estático no podrá exceder de 3 ton. Con un mayor peso del equipo se producirá en los suelos las fallas por capacidad portante y el remoldeo correspondiente del suelo.
- La subrasante de la estructura del pavimento deberá ser aprobada por un Ingeniero Geotecnista.
- De ser necesario se deberá colocar un mejoramiento con rajón cuyo espesor se definirá en el terreno por el ingeniero.
- Los materiales por utilizar deberán cumplir con las normas especificadas por cada uno.

- La base y/o subbase se compactarán con cilindro hasta lograr alcanzar una densidad mínima del 95% del ensayo Proctor Modificado o en todo caso la exigida por la norma correspondiente. Sin embargo, la densidad se deberá verificará en un punto cada 200 m².
- Con el fin de controlar el grado de compactación se deberá realizar antes de iniciar la ejecución de la obra de la estructura granular como mínimo 3 ensayos Proctor sobre el material a utilizar.
- Para garantizar el confinamiento de la estructura se deberá construir un sardinel, el cual será colocado desde la profundidad de la base el cual deberá sobresalir 15 cm.
- Se deberán manejar los drenajes de agua lluvia con un bombeo mínimo del 2%.
- Los sumideros se deberán construir mínimo cada 30 m o en su defecto se realizada una ubicación de 2 por calle.
- Se deben utilizar filtros laterales y el aislamiento de la subrasante con geotextil.

5.2. DIAGNOSTICO 2: MEJORAMIENTO DE LA VIA CON PAVIMENTO RÍGIDO

El diseño de pavimento rígido que se realice debe estar de acuerdo con lo descrito en el “Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito” del INVIAS. Como mínimo se debe realizar ensayo CBR ya que a partir de estos se define la capacidad de soporte del suelo.

A continuación, se presenta algunos criterios para el diseño de la estructura de pavimento rígido, la cual la alcaldía puede tomar como referencia.

5.2.1. Categorías de tránsito para la selección de espesores

De acuerdo con el estudio de tránsito realizado en este trabajo de grado y con categorías definidas en el manual (INVIAS, 2013) se define que el tránsito oscila entre 0 a 200 TPDs. El manual los clasifica como un tránsito categoría T0 Esta categoría corresponde a menos de 1 millón de ejes acumulados de tránsito cumpliendo con lo solicitado respecto a un diseño para bajos volúmenes de tránsito.

Tabla 43 Categorías de tránsito para la selección de espesores vía

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T ₀	(Vt) – (E)	0 a 200	< 1'000.000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1'000.000 a 1'500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1'500.000 a 5'000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5'000.000 a 9'000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9'000.000 a 17'000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17'000.000 a 25'000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25'000.000 a 100'000.000

Fuente: (Invias, ICPC, 2008)

5.2.2. Clasificación de la subrasante de acuerdo con su resistencia

Con relación al ensayo CBR presentado en el capítulo 2.7.2 el resultado fue de 3.67%.

De acuerdo con la Tabla 44 y el resultado del CBR la subrasante se clasifica como S2 con un módulo resiliente entre 200 y 500 (Kg/cm²).

Tabla 44 Clasificación de la subrasante

Clase o Tipo	CBR (%)	Módulo resiliente (kg/cm ²)
S1	< 2	< 200
S2	2 - 5	200 - 500
S3	5 - 10	500 - 1.000
S4	20 - 10	1.000 - 2.000
S5	> 20	> 2.000

Fuente: (Invias, ICPC, 2008)

Teniendo en cuenta las condiciones de la categoría de tránsito con bajos volúmenes de tránsito, y la clasificación de la subrasante con un CBR mayor a 3% se recomienda las siguientes actividades adicionales:

- Sellar el material tipo rajón con material tipo recebo que cumpla con normativa INVIAS.
- Instalar geotextil NT 2400
- Instalar 20cm subrasante natural

5.2.3. Material de la subrasante

Como se mencionó anteriormente el material final clasificado es un SN (subrasante Natural), en relación a este material escogido conviene resaltar que el CBR es de 3,67% y el tipo de suelo es CH, el cual pertenece a los suelos arcillosos o limosos, y al humedecerse las partículas de estos materiales pueden penetrar en las capas granulares del pavimento contaminándolas, por lo cual debe proyectarse una capa de material anticontaminante de 10cm de espesor como mínimo y un geotextil según lo especifique el ingeniero responsable.

Tabla 45 Materiales de la subrasante de acuerdo con su resistencia

Denominación	Descripción
SN	Subrasante Natural
BG	Base Granular
BEC	Base Estabilizada con Cemento

Fuente: (Invias, ICPC, 2008)

5.2.4. Resistencia de los materiales

Se considera el uso de concreto con módulo de rotura de 38kg/cm² de acuerdo con las características anteriormente descritas.

Tabla 46 Valores de resistencia a la flexotracción del concreto

Descripción	Resistencia a la flexión (kg/cm ²)
MR1	38
MR2	40
MR3	42
MR4	45

Fuente: (Invias, ICPC, 2008)

5.2.5. Definición de espesor de losa para pavimento rígido

Se considera el diseño del pavimento rígido con dovelas y sin bermas, ya que la berma se considera mediante la construcción como un bordillo en concreto que garantiza el confinamiento del pavimento.

En la Tabla 47 se resumen las condiciones de diseño del pavimento, mencionados en los numerales anteriores.

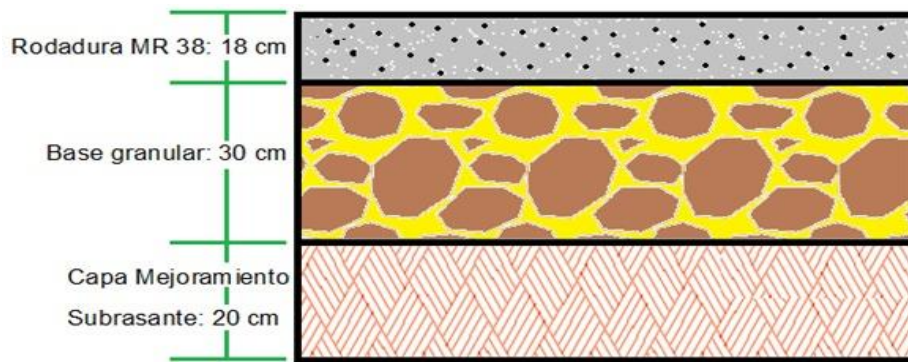
Tabla 47 Datos de entrada de diseño de pavimento

Variables y su representación				
Suelos	Tránsito	Transferencia y confinamiento	Soporte	Concreto
S1 (CBR<2)	T0 (EALS <1x10 ⁶)	D y B (Dovelas y Bermas)	SN (Subrasante)	MR1=38 MPa
S2 (2<CBR<5)	T1 (1x10 ⁶ <EALS <1,5x10 ⁶)	D y No B (Dovelas y No Bermas)	BG (15 cm BG)	MR2=40 MPa
S3 (5<CBR<10)	T2 (1,5x10 ⁶ <EALS <5x10 ⁶)	No D y B (No Dovelas y Bermas)	BEC (15 cm BEC)	MR3=42 MPa
S4 (10<CBR<20)	T3 (5x10 ⁶ <EALS <9x10 ⁶)	No D y No B (No Dovelas y No Bermas)		MR4=45 Mpa
S5 (CBR>20)	T4 (9x10 ⁶ <EALS <17x10 ⁶)			
	T5 (17x10 ⁶ <EALS <25x10 ⁶)			
	T6 (25x10 ⁶ <EALS <100x10 ⁶)			

Fuente: (Invias, ICPC, 2008)

De acuerdo con la Tabla 47 se diseñó la propuesta de pavimento rígido con una subrasante de 20cm (capa de mejoramiento), base granular de 30cm y usando un concreto con MR=38 kg/cm².

Figura 74 diseño pavimento rígido



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el diseño establecido se propone tener en cuenta los siguientes parámetros para la ejecución.

5.2.6. Pasadores de carga

El manual del INVIAS da recomendaciones para la selección de pasadores de carga a partir del espesor del pavimento. Estos pasadores se proponen con el fin de evitar escalonamiento en losas de concreto.

De acuerdo con el espesor de la losa que se propuso en el diseño su espesor es de 18cm observamos el diámetro del pasador es de una pulgada (1”), con una longitud de 35 cm y separación entre centros de 30 cm.

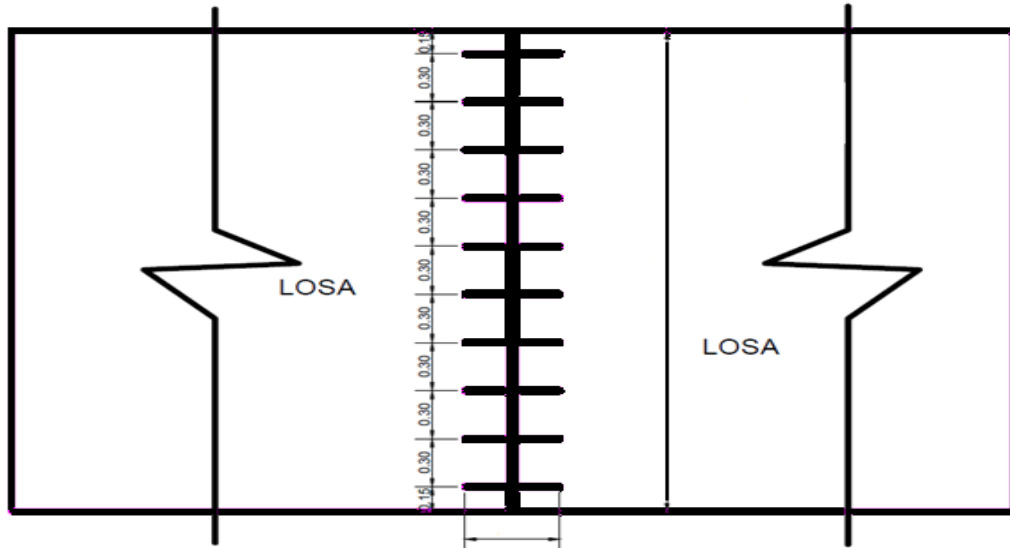
Tabla 48 Recomendaciones para selección de pasadores de carga

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada		
0 - 100	13	1/2	250	300
110 - 130	16	5/8	300	300
140 - 150	19	3/4	350	300
160 - 180	22	7/8	350	300
190 - 200	25	1	350	300
210 - 230	29	1 1/8	400	300
240 - 250	32	1 1/4	450	300
260 - 280	35	1 3/8	450	300
290 - 300	38	1 1/2	500	300

Fuente: (Invias, ICPC, 2008)

A continuación, se presenta en el diseño propuesto para los pasadores de carga 1” con 30 cm de separación entre centros.

Figura 75 Diseños de pasadores de carga

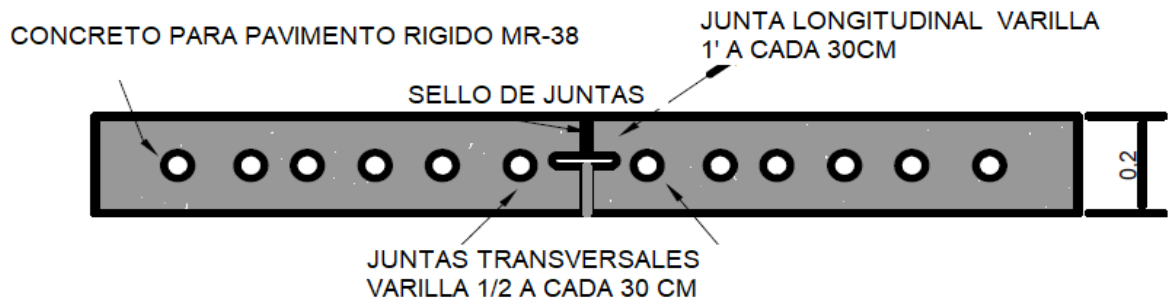


Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Figura 76 se presentan los detalles de la losa de pavimento, el refuerzo de las juntas longitudinales. En caso de que esta sea la opción seleccionada deberá realizarse con barras corrugadas de 1/2" de diámetro con acero de $f_y = 275 \text{ MPa}$ (2800 Kg/cm^2).

Figura 76 Detalles de la losa de pavimento

DETALLES DE LOSA DE PAVIMENTO



Fuente: Elaboración propia

5.2.7. Resumen del diseño de estructura de pavimento rígido

La estructura propuesta para la alternativa de pavimento rígido es la siguiente:

- Mejoramiento con 20 cm de rajón tipo INVIAS.
- Sellar el material tipo rajón con material tipo recebo que cumpla con normativa INVIAS.
- Instalar geotextil NT 2400.
- Construcción de placa en concreto de 18 cm de concreto MR = 38 kg/cm². Además, uso de pasadores de 1" y 30 cm de separación entre centros.

De acuerdo con lo anterior, a continuación, se presentan algunas recomendaciones para tener en cuenta en la construcción de la vía:

- La tirilla de respaldo debe tener un diámetro de 9 mm \pm 1,5 mm.
- La relación ancho / profundidad del sellador de silicón deberá ser como mínimo 1:1 y máximo 2:1.
- La ranura inicial de 3 mm para debilitar la sección deberá ser en el momento oportuno para evitar el agrietamiento de la losa, la pérdida de agregados en la junta, o el despostillamiento. El corte adicional para formar el depósito de la junta deberá efectuarse cuando menos 72 horas después del colado.
- La superficie del sello debe quedar entre 3 y 6 mm por debajo de la superficie de la losa.
- La cavidad debajo de la junta siempre debe permanecer limpia y libre de cualquier tipo de material.
- Toda conducción de aguas sea alcantarillado o acueducto al igual que las líneas de teléfonos y eléctricas, como las del gas, deberán quedar construidas antes del pavimento, durante el periodo constructivo se debe tener especial cuidado con todo tipo de tubería ya instaladas ya que estas se encuentran a profundidad media que no supera los 0.70 metros.

- Las capas estructurales se deberán extender y compactar en capas de máximo 0.20 m previo humedecimiento a la humedad óptima del Proctor.
- Los pasadores se ubican en las juntas transversales son lisos y tendrán la mitad de su longitud aceitada las barras de anclaje se colocan en las juntas longitudinales.
- Debido a fenómenos de lluvias en la zona, se debe construir filtros laterales para disminuir presión de poros y lograr mayor estabilización del suelo esto en el costado izquierdo frente a la plata de tratamiento.
- Conformar la superficie de la subrasante con un bombeo del 3% del centro hacia los hombros en la zona plana y hacia un lado en la zona inclinada.

5.3. DIAGNOSTICO 3: MEJORAMIENTO DE LA VIA CON DE LA PLACA HUELLA

Según las características obtenidas de la vía y dadas las condiciones de diseño analizadas en la propuesta, se propone un diseño de tipo placa huella que podrá ser implementado; por lo tanto, es clasificada como una vía terciaria que da inicio a una conexión veredal cumpliendo con las condiciones adecuadas para esta construcción.

Como se presenta en la Tabla 49 la vía se categoriza en T0, ajustándose así a su clasificación de vía terciaria y estrecha; la vía carrera 6 cuenta con bajo tráfico debido a su alta pendiente mayor a 12.7%, que tiene un ancho de vía menor a 5 metros.

Tabla 49 Categorías de tránsito para la selección de espesores

Categoría	Tipo de Vía	TPDs	Ejes acumulados de 8.2 t
T0	(VI) – (E)	0 a 200	< 1000.000
T1	(Vs) – (M ó A) – (CC)	201 a 500	1000.000 a 1500.000
T2	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	501 a 1.000	1500.000 a 5000.000
T3	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	1.001 a 2.500	5000.000 a 9000.000
T4	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	2.501 a 5.000	9000.000 a 17000.000
T5	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	5.001 a 10.000	17000.000 a 25000.000
T6	(Vp) – (A) – (AP-MC-CC)	Más de 10.001	25000.000 a 100000.000

En la Tabla 42 las siglas tienen el siguiente significado:	
M: Medias	A: Anchas
VI: Vía terciaria	CC: Carreteras de 2 direcciones
Vs: Vía secundaria	MC: Carreteras multicarriles
Vp: Vía principal	AP: Autopistas
E: Estrechas	

Fuente: (INVIAS, ICPC, 2008)

A continuación, en la Tabla 50 se describe el espesor y elemento de la estructura de pavimento.

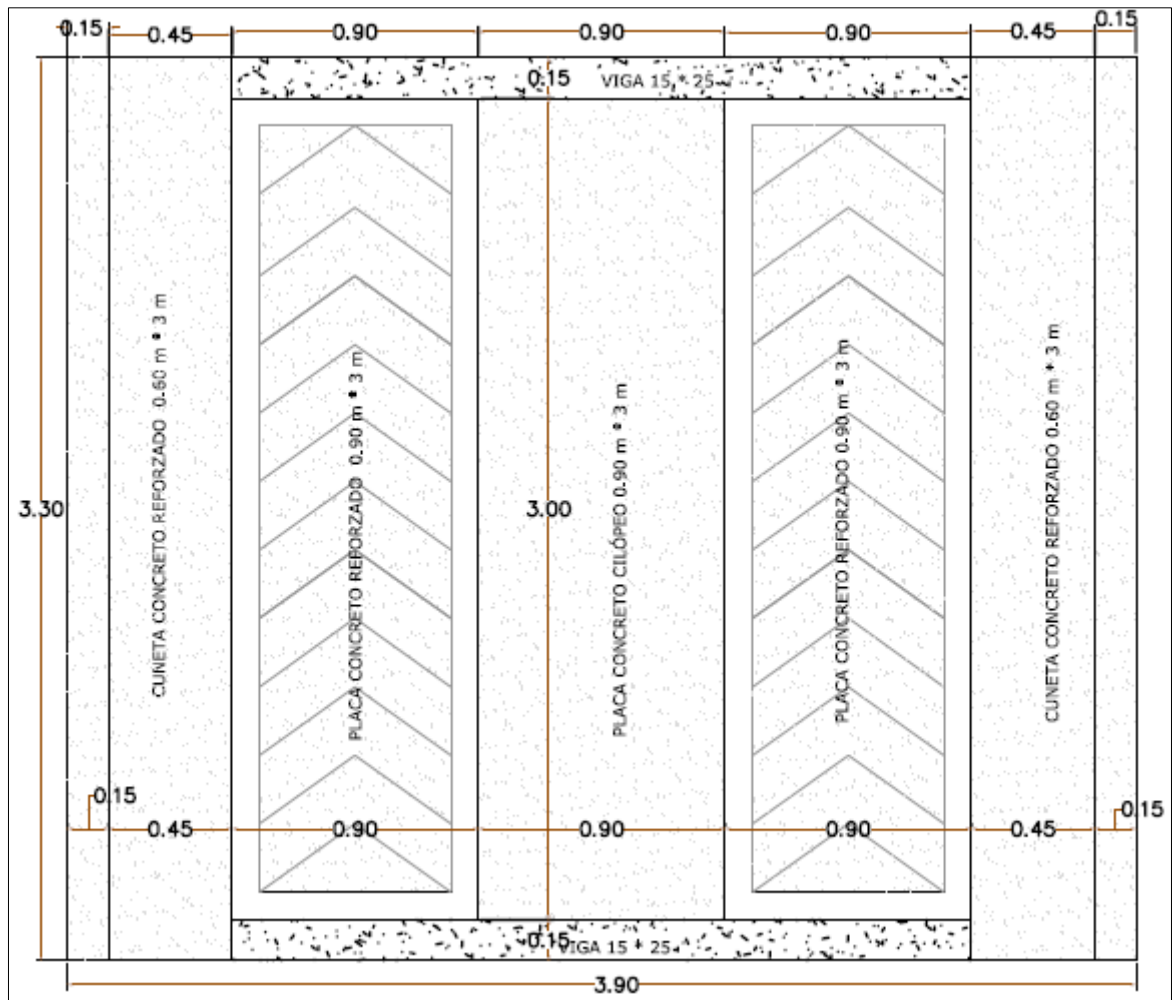
Tabla 50 Estructura diseñada en pavimento rígido

Elemento	Espesor (cm)
Afirmado	15
Concreto reforzado	15

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, en Figura 77 se muestra el diseño en planta correspondiente propuesto para el mejoramiento de un trayecto del tramo vial seleccionado del municipio

Figura 77 Diseño en planta placa huella

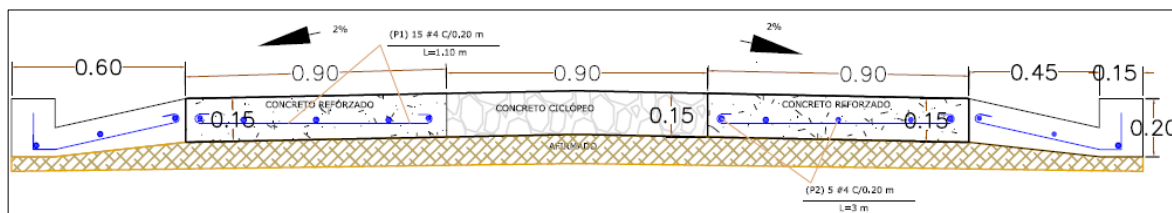


Fuente: Elaboración propia.

Con relación a la Figura 77 se puede observar que el diseño propuesto cuenta con dos placas de concreto reforzado que en caso de que esta sea la opción seleccionada deberán ser colocadas en segmentos de 3m, que tendrán las siguientes dimensiones: un ancho de 0.90m, con un espesor de 0.15m; entre estas placas de concreto reforzado se deberá tener en cuenta una la placa de concreto cilópeo con un ancho de 0.90, adicional a todo lo anterior se construirá una placa de concreto reforzado para la cuneta con un ancho de 0.45m.

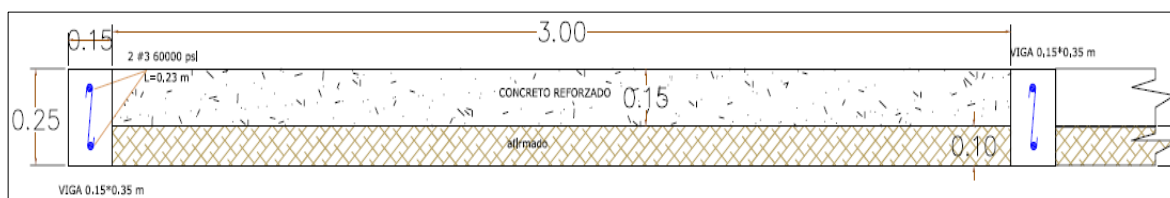
Se puede observar en la Figura 78 y Figura 79 las secciones de placa huella propuestas en el diseño para el mejoramiento de un segmento del tramo vial seleccionado.

Figura 78 Sección transversal Placa Huella



Fuente: Elaboración propia

Figura 79 Sección Longitudinal Placa Huella



Fuente: Elaboración propia

A continuación, algunas recomendaciones para el proceso de construcción de la placa huella.

- El terreno natural debe estar debidamente conformado, así como debe instalarse el afirmado en un espesor de 0.10 metros el cual se compactará hasta cumplir con la especificación CBR al 95%.
- La formaleta longitudinalmente debe guardar una separación entre módulos de 3.0 metros, se coloca la armadura en ambos sentidos de las cintas o placa huella, como también el hierro en las viguetas transversales para poder fundir.
- Colocada la armadura respectiva a la placa huella y viguetas transversales, se procede a fundir.
- Se sugiere dejar un estriado final tipo espina de pescado en la placa de concreto reforzado, con el fin de proporcionar una buena adherencia de las llantas de los vehículos y así permitir una rápida evacuación del agua que circule sobre la placa huella.
- Se indica realizar una protección contra la acción del sol, con algún material, compuesto químico, o con rociado permanente de agua.
- Realizar los mantenimientos pertinentes para la durabilidad de la estructura y el buen funcionamiento.

6. SOLUCION ALTERNATIVA DE MEJORA PARA LA VIA CASCAJAL-NOCAIMA

Con el objetivo de proponer un diagnóstico de mejora de la infraestructura vial del tramo seleccionado con base a las posibles alternativas de pavimentos, se diseñaron 3 diagnósticos con alternativas diferentes.

En resumen, se abarcan las opciones de pavimento rígido, pavimento articulado con adoquín en arcilla y placa huella, sin embargo, se presenta una posible propuesta para cada sub tramo de la vía de la carrera 6, las cuales están basadas en las necesidades del municipio y la comunidad.

En la Figura 80 se presentan los subtramos seleccionados.

Figura 80 Tramos de estudio



Fuente: Elaboración propia

Para el tramo No. 1. Plaza de Mercado a Estación de Policía, se sugieren dos diagnósticos posibles como lo son el pavimento articulado siendo una estructura estética, económica con un mantenimiento que no es costoso y pavimento rígido que cuenta con una mayor resistencia y una vida útil mayor, estos diagnósticos se diseñaron para la zona en la cual transita el tráfico pesado, en el cual se tiene en cuenta la pendiente de este tramo de vía, tramo el cual se puede observar en la Figura 80 señalado en color azul.

Para el tramo No. 2. Estación de Policía a Parque Principal, se sugiere el diagnóstico de pavimento rígido que tiene una mayor resistencia a un mayor tiempo, es una alternativa que se diseñó para el tramo con la pendiente más alta la cual es mayor del 12.7%. Por lo cual conviene resaltar que para este tramo no se realizó la propuesta de pavimento flexible, por la dificultad en el momento de la instalación por el peso de la volqueta cargada y la pendiente anteriormente mencionada, tramo el cual se puede observar en la Figura 80 señalado en color morado.

Para el tramo No. 3. Parque Principal hasta Finalizar el atrio de la iglesia, se sugieren dos diagnósticos posibles como lo son el pavimento articulado con adoquín de arcilla y la placa huella, se realiza el diagnóstico de placa huella dado que en este tramo se encuentra un fragmento clasificado como vía terciaria, que se encuentra sin ninguna infraestructura, siendo una opción de gran ayuda para la comunidad y generando un ahorro de tiempo en los recorridos hacia una gran parte de la zona rural del municipio, tramo el cual se puede observar en la Figura 80 señalado de color anaranjado.

6.1. ALTERNATIVA DEFINITIVA PARA TODO EL TRAMO

Luego de poder crear y evaluar los diagnósticos correspondientes con alternativas diferentes para cada uno de los subtramos que se observan en la Figura 80, se concluye que el presente trabajo considera como alternativa para todo el tramo de la Cra 6 seleccionado inicialmente correspondido entre el jagual y chico alto, el mejoramiento de la vía Cascajal-Nocaima con pavimento articulado en adoquín de arcilla, conclusión basada en las comparaciones realizadas en todo el proceso elaborado de los diagnósticos presentados, realizando una descripción de las ventajas y las características del pavimento propuesto como alternativa para cumplir con el objetivo.

No sin antes afirmar que a simple vista los pavimentos articulados con adoquines cuentan con muchas ventajas y características resaltantes respecto a otras alternativas de pavimentos, sin embargo, es bueno aclarar que cualquier tipo de pavimento bien diseñado puede cumplir su función satisfactoriamente.

De acuerdo con los resultados obtenidos del trabajo en campo realizado y a la comparación de las alternativas del pavimento rígido, flexible, placa huella y adoquín se puede observar que, el costo inicial del pavimento rígido es alto y se debe tener cuidado en el diseño. El Pavimentos flexible no tiene una durabilidad igual que la del pavimento rígido, la vida útil es de máximo 10 años realizando mantenimientos frecuentes, adicionalmente se presentan baches, hundimientos y con más frecuencia. La resistencia de este pavimento flexible tiende a disminuir en climas calientes, requieres mayores excavaciones movimiento de tierras y son más las capas a colocar, las acciones de rutinarias de conservación y las reparaciones frecuentes interrumpen el tráfico y hacen más costosa la vía, en superficies húmedas pierden su textura rápido, las altas temperaturas y lluvias promueven perdida del material, y los métodos de dimensionamiento son muy diversos.

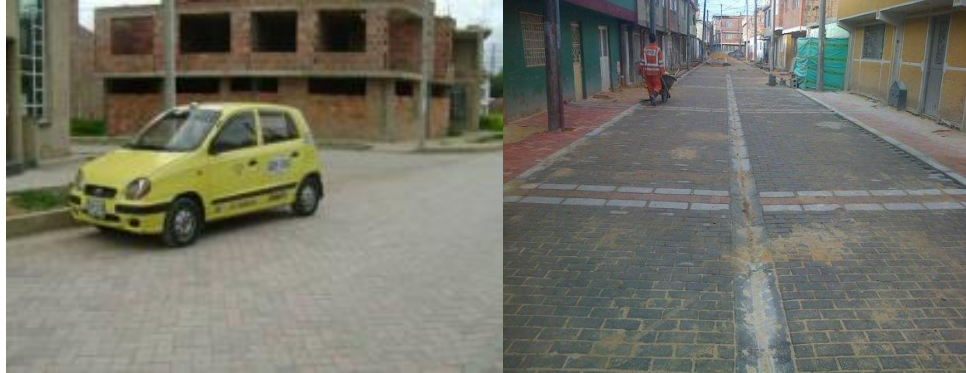
Con base a lo anterior y de acuerdo con las características que presenta el municipio de Nocaima, se determinó que el pavimento de adoquines de arcilla, resulta una buena alternativa especialmente porque es competitivo en vías de tráfico liviano y medio y pesado, donde pueden tener un costo inicial inferior al de un pavimento equivalente de asfalto o concreto.

Debido a la sencillez del proceso constructivo, toda la estructura del pavimento en adoquín se puede construir y dar al servicio en un mismo día, por lo cual las interrupciones en el tráfico son mínimas y podría reducirse los tiempos de instalación, equipos, materiales, costos financieros y sociales; además, como se trabaja con pequeñas zonas a la vez, cualquier área se puede adoquinar por etapas con lo cual no se altera ninguna economía de escala, cosa que sí ocurriría con otros tipos de pavimento.

Con el adoquín se pueden realizar diseños más originales y jugar con diferentes composiciones. En cuanto a la temática ambiental tiene una ventaja, ya que absorbe la temperatura y no es brillante, lo que significa que no refleja el sol y se vuelve un área mucho más fresca.

A continuación, se presenta en la Figura 81 y Figura 82 tipos de pavimento articulado.

Figura 81 Pavimento articulado en Bogotá



Fuente: Elaboración Propia

Figura 82 Pavimento articulado en zona recreativa y vía terciaria



Fuente: (Ingunimeta, 2016)

De acuerdo con las condiciones del municipio es muy importante recalcar las adaptaciones para las pendientes en las vías que tiene este pavimento resaltando el gran agarre en estas zonas, como también resulta sencilla la demarcación o el señalamiento vial horizontal, que se puede realizar de forma sencilla mediante la variación de color o de su textura superficial, generando una mejora en la señalización, motivando con un sentido de orden y limpieza visual que genera esta infraestructura.

Adicional a lo anterior mencionado este pavimento cuenta con una gran cantidad de ventajas con relación a los materiales, dado que la utilización de la arena disminuye el costo de los materiales, los materiales llegan a la obra listos para ser utilizados.

A lo largo de la vida útil del pavimento el mantenimiento es mínimo, duradero y la reparación bajo la capa de rodadura es muy sencillo y no se requiere el empleo de personal o herramientas especializadas, dado que con una buena capacitación es suficiente para el buen procedimiento requerido, adicional a esto genera una manera sencilla de construir por tramos grandes o pequeños, basados en la

necesidad de los nocaimeros para el transporte de toda la materia prima y los productos comerciales más vendidos.

Entre las características funcionales más importantes que nos genera esta alternativa propuesta está la resistencia estructural y al deslizamiento que se crea mediante una adecuada textura superficial, soportando así la abrasión del tráfico, resistencias por las cuales el ruido de la rodadura, tanto en el interior de los vehículos como en el exterior es una ventaja.

Por todo lo anterior, se considera el pavimento articulado con adoquín en arcilla como la mejor alternativa técnica y económica para el municipio de Nocaima, teniendo en cuenta lo descrito anteriormente y el porcentaje de empleo que puede generar en la mano de obra no calificada junto con los grandes beneficios que trae para los habitantes que la puesta al servicio de las áreas adoquinadas es inmediata, por lo cual se puede construir y dar servicio el mismo día, destacando que es una estructura establecida para cualquier tipo de clima.

7. CONCLUSIONES

Se realizó la investigación de estrategias aplicables para el mejoramiento vial, y se encontró que en Colombia las alternativas más utilizadas para pavimentación son: pavimento rígido, pavimento flexible, pavimento con placa huella y pavimento articulado en adoquín. Se realizó una comparación entre las alternativas y se encontró que tienen ventajas y desventajas pero que su implementación depende de diferentes factores, tales como: Presupuesto, objetivo de la vía, ubicación, tipo de terreno entre otros.

A partir de las alternativas investigadas y del trabajo en campo realizado se generaron tres diagnósticos; el primero se enfocó en el mejoramiento del tramo con pavimento rígido, este diagnóstico se realizó de acuerdo con lo descrito en el "Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito". En el segundo diagnóstico se presentó el mejoramiento de pavimento con placa huella. El tercer diagnóstico fue de pavimento articulado. Estos diagnósticos permitieron evaluar cuál sería la mejor alternativa de solución para el mejoramiento del tramo vial en estudio.

Del análisis de los 3 diagnósticos realizados se planteó una solución de mejora de la infraestructura vial en el tramo comprendido entre el municipio de Cascajal y municipio de Nocaima. Se propuso emplear el pavimento articulado con adoquín en arcilla para todo el tramo de la carrera 6. Esta alternativa fue escogida de acuerdo con los resultados obtenidos del trabajo en campo. A partir de esto se concluyó que el pavimento articulado es una buena solución debido a las ventajas que presenta orientadas a su vida útil, mantenimiento y reparación bajo la capa de rodadura.

Adicional no requiere de mano de obra especializada, no consume derivados del petróleo, toda labor desde la fabricación de los adoquines hasta el terminado del pavimento, puede incorporar recursos comunitarios y mano de obra local, esto podría beneficiar al municipio de Nocaima para generar empleo a la comunidad. Visualmente su estética puede ser agradable y llamativa a la vista, esto permitiría aportar en embellecer el municipio ya que, sus materiales son de colores terracotas y otorgaría una sensación de antigüedad. Esto podría aportar a que el municipio pudiera volverse turístico.

Los resultados del estudio de tránsito muestran que, para el día típico y para el atípico, la operación actual del tramo vial no presenta altas demoras ni colas importantes, por lo cual incorpora una fluidez en la circulación de los volúmenes vehiculares sin afectaciones mayores.

Los volúmenes vehiculares son bajos y cuentan con una circulación máxima de vehículos en las horas pico, relacionado con las actividades de misa, mercado de plaza, carga y descarga de la panela y el ingreso al colegio.

Se realizaron varios acercamientos vía telefónica, escrita y presencial con la alcaldía de Nocaima Cundinamarca, en las cuales notificaron que no contaban con mucha información, que tenían un estudio previo no finalizado sobre esta vía, por lo tanto, se realizaron los trabajos de campo correspondientes para poder realizar el diagnóstico correspondiente.

En la descripción vial se observó que a la vía le hacen falta obras que ayuden con el drenaje, ya que en épocas de invierno es una vía de alto riesgo, como también se pudo detallar que no cuenta con suficiente señalización vertical ni suficiente iluminación.

Debido a la propuesta que se planteó en este proyecto, es necesario involucrar más a la comunidad para presentar la misma. Se realizaron unos acercamientos para conocer el nombre de algunos habitantes del municipio.

Se determinó que la zona de influencia del proyecto corresponde a todo el casco urbano del municipio, y los beneficios que obtendrá la comunidad en cuanto a desplazamientos, seguridad y economía son necesarios para una vida más confrontable.

Con base al levantamiento topográfico y a la elaboración de los planos se clasifico como terreno ondulado basados en los parámetros establecidos por el INVIAS ya que arrojo una pendiente aproximada de 12.7%, con una velocidad de diseño de 40 (km/h) la cual se considera adecuada por lo observado en el estudio correspondiente de tránsito realizado.

Por último, se puede concluir que, la relación de la ingeniería civil con una sociedad es que tiene la responsabilidad de precisar criterios de servicio con un sin número de valores que llevan al ingeniero a tener una responsabilidad social en atender las necesidades básicas de la población creciente y darle la posibilidad que cuente una serie de servicios y de comodidades acordes con los avances y prototipos de la modernidad. Crear las condiciones de infraestructura que permitan el desarrollo de

la actividad productiva y el crecimiento económico. Resolver los problemas relacionados con la satisfacción de las demandas de agua, drenaje, vivienda, comunicaciones, energía, a partir de los recursos naturales renovables y no renovables de un país.

Se propone la alternativa de pavimento articulado con adoquín de arcilla para todo el tramo de la carrera 6, ya que son atractivas, ecológicas, durables, amigables con el medio ambiente, estéticas con gran facilidad en diseños y colores, no requiere de acabados superficiales cuidadosos y prolongados; que puede generar un alto porcentaje de empleo y beneficios para todos los habitantes del municipio.

8. RECOMENDACIONES

A partir de la propuesta técnica del diagnóstico y mejoramiento vial realizado, se recomienda a la alcaldía del municipio de Nocaima-Cundinamarca, precisar un seguimiento al mantenimiento en las vías del municipio para evitar más deterioro. Realizar un diseño de desagüe de cunetas y alcantarillado, mejorar el diseño geométrico existente, y adicional a esto se debe implementar la iluminación suficiente en todo el corredor vial, también señalizaciones verticales como horizontales para ayuda a la seguridad de la comunidad.

En las zonas de cargue y descargue de materiales se recomienda que este se realice sobre una sección dentro del tramo de la obra a intervenir, sin tener afectación a vías primarias, y terciarias de los predios colindantes, de tal manera que se pueda hacer el retiro del material en horas en las que cuales no se vea afectado el tránsito de vehículos que transportan; para el manejo y la disposición de los escombros y desechos de construcción, se debe tener en cuenta lo dispuesto en el código de policía, así como también la reutilización de los materiales que puedan servir en otros tramos del municipio.

Es adecuado que se realice mantenimiento a la vía en un periodo de tiempo no mayor a un año, para que esta mantenga sus propiedades físicas en un estado adecuado, o en caso de presentar zonas críticas causadas por el paso del tiempo, se realicen las respectivas reparaciones para mantener en condiciones adecuadas el acceso y transpirabilidad a lo largo de la vía, de esta manera se evita o reduce que el tramo vial no continúe deteriorándose, puesto que en épocas de invierno la lluvia acelera el proceso de deterioro y disminuye la sostenibilidad de la misma.

Se recomienda establecer una base de datos y un archivo muerto y vivo con todos los documentos y estudios de la zona en el área de planeación de la Alcaldía Municipal, ya que la información existente es demasiado escasa.

1. BIBLIOGRAFÍA

Alfaro, Marcelo. 2015. ASOCEM. [En línea] 04 de 05 de 2015. <http://www.asocem.org.pe/noticias-internacionales/ventajas-comparativas-entre-pavimentos-de-concreto-y-pavimentos-de-asfalto>.

ARMIJOS, VICTOR FABIAN. 2011. *Estudio constructivo de pavimentos articulados*. Santiago de Chile : s.n., 2011.

Bahamondes, Rodrigo. 2013. diseño de pavimentos de adoquines de hormigón. Chile : s.n., 2013.

Cal y Mayor Reyes Spíndola, R., & Cárdenas Grisales, J. 2007. *Ingeniería de tránsito: fundamentos y aplicaciones*. 8a. s.l. : Alfaomega, 2007.

CardenasG., James. 2013. *Manual de diseño geométrico de carreteras*. Bogotá D.C. : ECOE EDICIONES, 2013.

Claudio Giordani, Diego Leone. 2015. *Pavimentos* . Argentina : universidad rosario , 2015.

CMGR. 2012. *Consejo municipal gestion de riesgo*. Nocaima : s.n., 2012.

D Cronney; P Cronney. *The design and performance of road pavements*. Segunda. Londre : McGraw-Hill.

DPN, MINTRANSPORTE. 2015. *Rehabilitación de Vías terciarias mediante el uso de placa huella*. Bogotá D.C : Departamento Nacional de Planeación, 2015.

Earth, Google. 2020. Google Earth. [En línea] 27 de 02 de 2020. [Citado el: 09 de 05 de 2020.] <https://earth.google.com/web/@4.9919019,-73.42575569,1616.11482177a,794.09746626d,35y,0h,0t,0r>.

Equipment, Asphalt Machineries and. 2003. Pavimentos. [En línea] 2003. <http://www.e-asfalto.com/pavimentos/pavimentos.htm>.

Escudero, Grupo Empresarial. Escudero, Grupo Empresarial. *Concreto Asfáltico* . [En línea] <http://escudero.com.mx/concreto-asfaltico/>.

2002. ESPECIFICAR CDT. [En línea] 2002. <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/docTec/Pavimentos.pdf>.

Fonseca, Alfonso Montejo. 2008. *Ingeniería de pavimentos*. Tercera. Bogota D.C. : Panamericana, 2008. Vol. I.

Gpo Vallarta, Ingenieria. 2015. SAC-VISA. *Soluciones asfaltos y concretos.* [En línea] 2015. <http://www.sacvisa.com.mx/que-es-el-concreto-hidraulico/>.

HERNANDEZ, JUAN CAMILO MUÑOZ. 2015. *Diseño y construcción de la placa huella .* 2015.

IGAC, Secretaria de obras publicas cundinamarca. 2008. *Cartografía Nocaima.* 2008.

INGEOLAB. 2017. *Estudio de suelos para la vía la Laja desde la entrada de los Guadales hasta el alto de la Cruz.* Cundinamarca. Nocaima : s.n., 2017.

Ingunimeta. 2016. <http://pavimentosingunimeta.blogspot.com/p/pavimento-articulado.html>. *pavimentos articualdos.* [En línea] 06 de 03 de 2016.

Instituto mexicano del cemento y del concreto, A.C. 2009. IMCYC. [En línea] 2009. http://www.imcyc.com/50/pdfs/50a_PavimentosChih.pdf.

INVIAS. Germán Ospina Ovalle, Ingeniero Civil, especialista en Gestión Vial,. 2016. n° 44, Bogotá : Revista de Ingeniería,, 2016, págs. 20-27.

INVIAS. 2013. *Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito.* 2013.

—. **2008.** *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.* Republica de Colombia : s.n., 2008.

—. **2004.** Manual de señalización. 2004.

Invias, ICPC. 2008. Manual de diseño de pavimentos de concreto. *Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.* Medellín : s.n., 2008.

INVIAS, ICPC. 2008. Manual de diseño de pavimentos de concreto . *Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.* Medellín : s.n., 2008.

INVIAS, MINTRANSPORTE. 2015. Guía de diseño de pavimentos con placa-huella. 2015.

klomp, E.C Heukelom y. 1962. E.C Heukelom y klomp. [En línea] 1962.

Ministerio, de Transporte y Comunicaciones. 2014. *Manual de Carreteras-Diseño Geométrico.* Perú : s.n., 2014.

MINTRANSPORTE. 2015. *Manual de señalización vial .* 2015.

NACIONAL, UNIVERSIDAD. 2006. *Manual para la inspeccion visual de pavimento rigidos.* Bogota : s.n., 2006.

Nocaima, Alcaldia de. 2015. *Plan de desarrollo municipal .* Nocaima : s.n., 2015.
Obrecol S.A.S. 2017. Obras civiles /Interventoria. [En línea] 2017.
<http://www.obrecol.com.co/construccion/placa-huella/>.

Plain-concrete strip road pavements: 3D finite element analysis. **Armando Orobio, Juan Carlos Orobio. 2016.** Valle del cauca, Cali : DYNA, 11 de 07 de 2016, bdigital, Universidad Nacional de Colombia., Vol. LXXXIII, pág. 199.

Rafael Cal y Mayor , James Cardenas. 2013. *Ingenieria de Transito, Fundamentos y aplicaciones.* 8a. s.l. : Alfaomega, 2013.

Sarmiento, Simon Ferney Sandoval. 2009. *Obras Civiles .* Bogota : s.n., 2009.
Tayabji, S.D., & Colley, B.E. 1986. *Analysis of jointed concrete pavements.* United States : s.n., 1986.

Terron. 2017. Adoquín: ventajas y beneficios.
<https://estanciaelterror.com.ar/blog/2017/03/03/ventajas-y-beneficios-del-adoquin/>.
[En línea] 03 de 03 de 2017.

ÚMBITA, Diagnostico para el mejoramiento de la via ÚMBITA. 2018. Diagnostico para el mejoramiento de la via ÚMBITA. [En línea] marzo de 2018. [Citado el: 30 de septiembre de 2019.]

Vaswani, N K. 1999. Sciences engineering medicine. [En línea] 1999.
<https://trid.trb.org/view/33932>.

VIVAR PONCE, Yolanda Aracely. 2019. *Caracterizaciónfísico-mecánico del suelo utilizado como cimentación para edificaciones de hasta tres niveles,.* JIPIJAPA : s.n., 2019.

zuriaga, perez. 2012. caracterizacion de la velocidad de operacion en carreteras. [En línea] 2012.

2. ANEXOS

Anexo 1 Estado de la vía Cascajal-Nocaima



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Anexo 2 Carta a la alcaldía



República de Colombia
Departamento de Cundinamarca
Municipio de Nocaima
NIT: 899.999.718-9
DESPACHO ALCALDE



EL SUSCRITO ALCALDE MUNICIPAL DE NOCAIMA, CUNDINAMARCA

AVALA

A las estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Colombia, **INGRID JOHANNA URQUIJO MERCHAN** identificada con cédula de ciudadanía No. 1.019.111.442 y **ANA MARÍA DUQUE** identificada con cédula de ciudadanía No. 1.018.462.040 para que realicen la practica social en el Municipio de Nocaima, como opción de trabajo de grado.

Dado en el Municipio de Nocaima, Cundinamarca a los Diez (10) días del mes de Octubre de Dos Mil Diecinueve (2.019).

WILLIAM GUILLERMO OSPINA DELGADO
Alcalde Municipal de Nocaima

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FIRMA
Elaboró	Secretaria de Despacho – Clara Mayrily Hernández Pirzón	
Revisó/Probó	Alcalde – William Guillermo Ospina Delgado	
Folios	1	

"CON HUMILDAD Y COMPROMISO POR UNA MEJOR NOCAIMA"

Alcaldía Municipal de Nocaima- www.nocaima-cundinamarca.gov.co - E-mail: alcaldia@nocaima-cundinamarca.gov.co
Dirección: Carrera 6 No. 6 – 41 – Código Postal: 253627– Teléfono: 300 7285906 - 3007285914