

**CARACTERIZACION FÍSICA DE LA ZONA DE INFLUENCIA PARA EL CAMINO
DE LA VEREDA EL PALMAR Y DISEÑO GEOMETRICO PRELIMINAR DE LA
VIA, CON BASE EN LOS REQUERIMIENTOS DEL POT DEL MUNICIPIO DE
YOPAL DEPARTAMENTO DE CASANARE.**

**PROPUESTA DE TRABAJO DE GRADO
TRABAJO DE GRADO**

DIEGO JOSE VARGAS MENDEZ

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C., DICIEMBRE DE 2016**

**CARACTERIZACION FÍSICA DE LA ZONA DE INFLUENCIA PARA EL CAMINO
DE LA VEREDA EL PALMAR Y DISEÑO GEOMETRICO PRELIMINAR DE LA
VIA, CON BASE EN LOS REQUERIMIENTOS DEL POT DEL MUNICIPIO DE
YOPAL DEPARTAMENTO DE CASANARE.**

**DIEGO JOSE VARGAS MENDEZ
CODIGO: D7301611**

**Propuesta de grado presentada como requisito parcial para optar al Titulo de
Ingeniero civil**

**Director:
ING. SAIETH CHAVES**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C., DICIEMBRE DE 2016**

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	10
1. ANTECEDENTES.....	11
2. INTRODUCCIÓN.....	13
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
4. JUSTIFICACION.....	16
5. OBJETIVOS.....	17
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
6. ALCANCE.....	18
7. MARCO REFERENCIAL.....	18
7.1. MARCO CONTEXTUAL.....	18
7.1.1. Ordenamiento Territorial POT.....	18
7.2. MARCO CONCEPTUAL.....	19
7.3. MARCO LEGAL.....	24
7.3.1. Marco Legal General.....	24
7.3.2. Marco Normativo Ambiental.....	25
8. DISEÑO METODOLOGICO.....	27
8.1. METODOLOGIA GENERAL.....	27
8.1.1. Fuentes De Información.....	30
8.1.1.1. Factores Ambientales.....	30
9. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA VIA PARA LA VEREDA EL PALMAR.....	31
9.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	31
9.2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL AREA PLANTEADA PARA LA VÍA EN LA VEREDA EL PALMAR.....	32
9.3. ASPECTOS FÍSICOS.....	33
9.3.1. Clima.....	33
9.3.1.1. Temperatura.....	34
9.3.1.2. Evaporación.....	35
9.3.1.3. Brillo Solar.....	36

9.3.1.4.	Humedad Relativa	36
9.3.1.5.	Precipitación	37
9.3.1.6.	Caudal	39
9.3.2.	<i>Geología</i>	40
9.3.2.1.	Estratigrafía	41
9.3.2.2.	Estructuras Geológicas.....	43
9.3.3.	<i>Geomorfología</i>	44
9.3.3.1.	Paisaje de Montañas	46
9.3.4.	<i>Uso Potencial</i>	48
9.3.4.1.	Producción.....	48
9.3.4.2.	Conservación.....	49
9.3.5.	<i>Cobertura y Uso actual del suelo</i>	50
9.3.5.1.	Territorios agrícolas	52
9.3.5.2.	Bosques y áreas Seminaturales.....	54
9.3.5.3.	Superficies de agua	55
10.	ANÁLISIS DE SUELOS.....	56
10.1.	CLASIFICACION GRANULOMETRICA.....	57
10.1.1.	<i>Análisis Granulométrico por el método mecánico</i>	57
10.1.2.	<i>Procedimiento en el Laboratorio (Granulometría).</i>	57
10.2.	LÍMITES LÍQUIDO Y PLÁSTICO	59
10.2.1.	<i>Procedimiento en el Laboratorio (Límites)</i>	59
10.3.	RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO	60
10.3.1.	<i>Contenido de Humedad.</i>	60
10.3.2.	<i>Granulometría y límites</i>	61
10.4.	CLASIFICACION DE LOS SUELOS.	71
11.	ANÁLISIS Y DISEÑO PRELIMINAR DE LA VIA PARA LA VEREDA EL PALMAR Y SU PAVIMENTO.....	74
11.1.	ESTADO ACTUAL DE LA VÍA	75
11.1.1.	<i>Registro Fotográfico Camino actual vereda El Palmar</i>	76
11.2.	DISEÑO PRELIMINAR DE LA VIA VEREDA EL PALMAR	77
11.2.1.	<i>Parámetros de diseño</i>	78
11.2.2.	<i>Metodología para el Diseño Preliminar de la Vía</i>	83
11.2.3.	<i>Datos utilizados para el Diseño Preliminar de la Vía El Palmar</i>	84
11.3.	DISEÑO PRELIMINAR DE LA PLACA HUELLA	85

11.3.1.	<i>Metodología del diseño preliminar de la Placa Huella</i>	91
11.3.2.	<i>Calculo Placa Huella</i>	92
11.4.	DISEÑO PRELIMINAR DE CUNETAS.....	95
11.4.1.	<i>Parámetros de diseño</i>	95
11.4.2.	<i>Calculo de la Cuneta</i>	99
11.5.	DISEÑO PRELIMINAR DE ALCANTARILLA	101
11.5.1.	<i>Calculo Diseño Preliminar De Una Alcantarilla De D=0.90 M</i>	102
11.6.	RECOMENDACIONES PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LA VÍA.....	107
12.	CONCLUSIONES	108
13.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	109
14.	PRESUPUESTO	110
15.	BIBLIOGRAFIA	111
	ANEXOS FOTOGRAFICOS	113

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tamices.....	21
Tabla 2. Estaciones de Referencia.....	33
Tabla 3. Clasificación Climática del Área de Estudio	34
Tabla 4. Reporte Multianual Medios Mensuales de Temperatura Años 2012 y 2013	34
Tabla 5. Valores medios mensuales de caudales (1992 al 2010)	40
Tabla 6. Unidades cronoestratigráficas Vereda el Palmar:	42
Tabla 7. Geomorfología Vereda El Palmar - Yopal.	46
Tabla 8. Uso Potencial Vereda El Palmar - Yopal.....	49
Tabla 9. Cobertura y uso actual del suelo Vereda El Palmar - Yopal.....	51
Tabla 10. Información Apiques vereda El Palmar	58
Tabla 11. Contenido de Humedad Suelos vereda El Palmar	60
Tabla 12. Análisis Granulométrico Apique 1-1 K0+000.....	61
Tabla 13. Límite Líquido Apique 1-1 K0+000	62
Tabla 14. Límite Plástico Apique 1-1 K0+000	63
Tabla 15. Análisis Granulométrico Apique 1-2 K0+000.....	63
Tabla 16. Límite Líquido Apique 1-2 K0+000	64
Tabla 17. Límite Plástico Apique 1-2 K0+000	65
Tabla 18. Análisis Granulométrico Apique 2-1 K1+400.....	65
Tabla 19. Límite Líquido Apique 2-1 K1+400	66
Tabla 20. Límite Plástico Apique 2-1 K1+400	67
Tabla 21. Análisis Granulométrico Apique 2-2 k1+400.....	67
Tabla 22. Límite Líquido Apique 2-2 K1+400	68
Tabla 23. Análisis Granulométrico Apique 3-1 K2+150.....	69
Tabla 24. Análisis Granulométrico Apique 3-2 K2+150.....	70
Tabla 25. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos de la AASHTO	71
Tabla 26. Clasificación de suelos vereda El Palmar.....	73
Tabla 27. Velocidad de Diseño.....	78

Tabla 28. Pendiente Máxima del corredor de ruta (%) en Función de la Velocidad de Diseño	81
Tabla 29. Ancho de Calzada (m).....	81
Tabla 30. Coeficiente de Fricción Transversal Máxima.....	82
Tabla 31. Radios Mínimos para Peralte Máximo 6% y Fricción Máxima	82
Tabla 32. Parámetros de Diseño Vía El Palmar	84
Tabla 33. Categorías de Transito para la Selección de Espesores.....	86
Tabla 34. Clasificación de la Subrasante de acuerdo a su Resistencia	88
Tabla 35. Clasificación de los materiales de soporte para el Pavimento de Concreto.....	88
Tabla 36. Valores de Resistencia a la Flexotracción del concreto (MODULO DE ROTURA)	89
Tabla 37. Denominación del Sistema de Transferencia de Cargas y Confinamiento Lateral	89
Tabla 38. Recomendaciones para la Selección de los pasadores de Carga	90
Tabla 39. Espesores de Losa de Concreto de acuerdo con la combinación de variables y T0 como factor principal	91
Tabla 40. Variables Necesarias para el diseño de la Placa Huella	92
Tabla 41. Valores de Coeficientes de Escorrentía en áreas rurales.....	95
Tabla 42. Velocidades Máximas Permisibles en canales artificiales	98
Tabla 43. Datos Para el Diseño Preliminar de Alcantarilla	102
Tabla 44. Presupuesto	110

LISTA DE IMÁGENES.

Imagen 1. Ubicación Vereda El Palmar	31
Imagen 2. Localización de la vía en la Vereda El Palmar.....	32
Imagen 3. Mapa de Clasificación Geológica Vereda el Palmar - Municipio de Yopal.	42
Imagen 4. Mapa Geomorfología Vereda El Palmar - Yopal.....	45
Imagen 5. Mapa Uso Potencial Vereda el Palmar - Yopal.....	50
Imagen 6. Mapa Cobertura y uso actual del suelo Vereda El Palmar - Yopal	52
Imagen 7. Satelital de la Vereda El Palmar.....	74
Imagen 8. Trayecto de la vía principal para la vereda El Palmar.....	75

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Relación entre la Clasificación de Suelo y los valores de CBR y K	87
Ilustración 2. Espesor de Base Granular y Placa Huella	93
Ilustración 3. Pasador de carga	93
Ilustración 4. Perfil Transversal Placa Huella	94
Ilustración 5. Vista en Planta Placa Huella.....	94
Ilustración 7. Cuneta Seleccionada.....	101
Ilustración 8. Vista en Planta de Diseño Preliminar	103
Ilustración 9. Vista Perfil de diseño Preliminar	104
Ilustración 10. Vista en Planta de poseta de entrada de flujo	104
Ilustración 11. Vista de Perfil de poseta de entrada de flujo	105
Ilustración 12. Diámetro entrada de flujo.....	105
Ilustración 13. Elementos típicos de estructura terminal en alcantarillas: Cabezote, Aletas, Solera y Dentellón	106
Ilustración 14. Vista Frontal Salida de Flujo	106

LISTA DE GRAFICAS

Grafica 1. Registro Multianual Mensual de Temperatura Media Años 2012 y 2013	35
Grafica 2. Registro Multianual de Evaporación Años 2012 y 2013	35
Grafica 3. Registro Multianual de Brillo Solar Años 2012 y 2013	36
Grafica 4 Medios de Humedad Relativa Años 2012 y 2013	37
Grafica 5 Registro Multianual Mensual de Humedad Relativa años 2012 y 2013.....	37
Grafica 6. Valores totales mensuales de precipitación – Estación Yopal (1947 a 1994)...	38
Grafica 7. Valores totales mensuales de precipitación – Estación El Morro (1974 a 2014)	38
Grafica 8. Valores totales mensuales de precipitación – Estación Molinos de Casanare (1995 al 2014).....	38
Grafica 9. Valores totales mensuales de precipitación – Estación La Chaparrera (1995 al 2014)	39
Grafica 10. Valores totales mensuales de precipitación – Estación Apto Yopal (1974 al 2014)	39
Grafica 11. Valores medios mensuales de caudales (1992 al 2010).....	40
Grafica 12. Curva Granulométrica Apique 1-1 K0+000	61
Grafica 13. Curva de Fluidez Apique 1-1 K0+000	62
Grafica 14. Curva Granulométrica Apique 1-2 K0+000	63
Grafica 15. Curva de Fluidez Apique 1-2 K0+000	64
Grafica 16. Curva Granulométrica Apique 2-1 K1+400	65
Grafica 17. Curva de Fluidez Apique 2-1 K1+400	66
Grafica 18. Curva Granulométrica Apique 2-2 K1+400	68
Grafica 19. Curva de Fluidez Apique 2-2 K1+400	69
Grafica 20. Curva Granulométrica Apique 3-1 K2+150	69
Grafica 21. Curva Granulométrica Apique 3-2 K2+150	70
Grafica 22. Gráfico de plasticidad para Clasificación de Suelos.....	72
Grafica 23. Curvas IDF Yopal	96

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar deseo expresar mis agradecimientos al Ingeniero Saieth Baudilio Chaves Pabón quien me ofreció su colaboración al ser director de este proyecto brindándome el apoyo necesario durante el transcurso de este trabajo. Gracias por la confianza ofrecida.

De igual forma agradezco al Ingeniero Marlon Quintero por su colaboración, orientación y atención a mis consultas en el transcurso de mi trabajo y de mis estudios.

A mis compañeros de estudios Elkin Verdugo y Carlos Santana Uscategui con quien compartí de una u otra forma durante todo mi proceso de formación. Ahora hacen parte de mi vida profesional.

A Dios por darme la oportunidad de realizar mi proyecto de vida y porque a pesar de las dificultades hoy puedo escribir estos renglones

Pero sobre todo a mi esposa Norisley Rodriguez por su paciencia, comprensión, colaboración y apoyo durante todo el proceso, pues sin ella no hubiera sido posible su culminación, porque es la razón de mi vida.

GRACIAS A TOTALES !

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA ZONA DE INFLUENCIA PARA EL CAMINO DE LA VEREDA EL PALMAR Y DISEÑO GEOMÉTRICO PRELIMINAR DE LA VÍA, CON BASE EN LOS REQUERIMIENTOS DEL POT DEL MUNICIPIO DE YOPAL DEPARTAMENTO DE CASANARE.

1. ANTECEDENTES

Un Plan Básico de Ordenamiento Territorial es necesario para un municipio ya que es la herramienta con la cual éste, puede establecer los lineamientos del proceso de urbanización, ser competitivo ante las demás regiones y hacer frente a la globalización.

En Junio del año 2000, mediante acuerdo 021 se adoptó el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Yopal, posteriormente en el año 2007 mediante acuerdo 027 se adoptó la primera revisión al PBOT de este mismo municipio y su última revisión o ajustes se dio mediante acuerdo 024 del año 2013.

La vía de la vereda el Palmar en el municipio de Yopal – Casanare, no se encuentra legalizada en el POT del Municipio de Yopal. Por esta razón nace la necesidad de realizar los estudios pertinentes de la misma, para poder cumplir con este objetivo, se requiere compilar la mayor información posible a fin de realizar la caracterización de la zona aledaña a ésta y de tal forma poder crear un documento que sirva como herramienta ante los diferentes entes gubernamentales, para la gestión y generación de recursos que sirvan para su mejoramiento y mantenimiento.

En vista de la existencia de la ley 388 de 1997 que permite a los municipios adquirir nuevas herramientas para la gestión territorial municipal con miras a alcanzar un modelo de desarrollo donde las variables biofísicas,

socioeconómicas y culturales permitan a la comunidad que habita el área territorial alcanzar niveles altos de crecimiento humano sostenible, se realizan esta clase de proyectos para beneficio del sector rural del municipio de Yopal, POT 2013.

Para llevar a cabo la caracterización de la zona de influencia de la vía de la vereda El Palmar, se debe partir de la información general que se encuentra en el POT y los diferentes documentos fuente para este proyecto, contextualizando y ajustando puntualmente en el área de influencia directa, ya que no existen estudios previos para esta vía; es por ellos que se deben realizar las diferentes actividades que servirán para identificar cada una de las cualidades de la región que puedan aportar directrices claves para determinar el tipo de pre diseño necesario y factible en favor del desarrollo tanto de la vía y como de su comunidad.

Como parte de los antecedentes para este proyecto se toman las especificaciones técnicas para vías de tercer orden de INVIAS, siendo esta una de las herramientas fundamentales para el planteamiento de este diseño geométrico preliminar de la vía de la Vereda el Palmar en el Municipio de Yopal.

2. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de una población está relacionado con la disponibilidad de vías terrestres, contar con un mayor acceso y mejores carreteras facilita el desplazamiento de las personas, comercio, etc. La facilidad de movilidad permite ampliar el mercado de productos, especialmente agrícolas, acceder a servicios médicos básicos, así como también a servicios de educación, entre otros aspectos.

En Colombia, las áreas rurales son las que poseen menor infraestructura de transporte, por ende la falta de vías de comunicación dificulta los desplazamientos e impacta en la economía y comercialización de los productos.

Mediante el desarrollo de este Proyecto se busca conocer la caracterización física y ambiental de la zona de influencia del camino a la vereda el Palmar, como son aspectos climáticos, geológicos, suelos, cobertura, uso actual y potencial, clasificación hidrográfica, estructura ecológica principal e identificación de procesos de amenazas naturales; lo anterior basados en fuentes de información secundaria como es el POT del municipio de Yopal del año 2013, siendo esta la principal y otras como: el Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Instituto Geográfico Agustín Codazzi del Departamento de Casanare del año 2014, Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000 – 2010, Determinantes ambientales de la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia – Corporinoquia (Resolución No. 300.41.13.0191. Año 2013), Mapa Geológico de Casanare del año 2015, del Servicio Geológico Colombiano.

Plantear el pre diseño geométrico de la vía y placa huellas en la Vereda el Palmar, de acuerdo a la caracterización física y con base en los requerimientos

determinados por el POT del Municipio de Yopal departamento de Casanare y especificaciones técnicas para vías de tercer orden de INVIAS.

También se tiene levantamiento de información primaria bases tanto para los aspectos físicos - ambientales, como para los técnicos de la vía, basada en las visitas de campo a la vereda El Palmar, lo cual permite recopilar la información suficiente para definir sus características geográficas, ambientales, hidrológicas, técnicas de la zona, georreferenciar el camino de la vereda el Palmar con el uso de GPS y tomar un registro fotográfico con el fin de conocer plenamente el estado del mismo; además de la realización de apiques y toma de muestras de suelo para determinar mediante pruebas de laboratorio las características físicas y mecánicas de este y así definir el diseño preliminar más viable de la vía, placa huella y obras complementarias para la carretera de la vereda el Palmar y plantear diferentes recomendaciones de mejoramiento de la vía como obras de drenaje: alcantarillas y cunetas.

Durante la ejecución de este proyecto se utilizaran herramientas como: GPS, software MapSource, Google Earth, software Autocad Civil 3D versión para estudiantes 2014, Microsoft Office (Word, Excel), arcgis, entre otras, fuentes de información primaria y secundaria, las cuales se describen en la metodología.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La red Nacional de carreteras hace parte de la infraestructura de transporte y es una de las más importantes en el desarrollo de la ingeniería Civil, se encargan de integrar las zonas de producción y consumo del país. El sistema está compuesto por tres redes; red de carreteras primarias (vías nacionales, grandes autopistas o troncales), red secundaria (conexión entre municipios) y red terciaria (carreteras dentro de los municipios o caminos veredales), tomado del artículo 1 de Ley 1228 de 2008.

Lastimosamente y en comparación con otros países de América, las carreteras colombianas están muy atrasadas en cuestión de progreso, llegando a convertirse en embudos para el desarrollo de las vías internacionales, ya sea por la falta del pavimento, de un debido mantenimiento o de las condiciones climáticas, entre otros factores.

Las rutas, carreteables o caminos rurales presentan peores condiciones, ya que en ocasiones ni siquiera se encuentran incluidas en los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios; es el caso de la vía de la vereda el Palmar, del municipio de Yopal. Por esta razón, sus habitantes se ven seriamente afectados puesto que en su mayoría se dedican a la agricultura, ganadería y comercialización de sus productos, pero para lograr sacarlos de sus fincas tienen la necesidad de transportarlos en vehículos de tracción animal, y en épocas de invierno se hacen intransitables estas trochas, quedando incomunicados y perdiendo la mayoría de sus cultivos o productos.

A nivel de educación, también presentan grandes conflictos, pues a pesar de tener una pequeña escuela en la vereda, en el momento en que los niños terminan su educación primaria deben desplazarse a la cabecera municipal para continuar sus estudios, cosa que no es fácil pues acarrea la separación de su familia entre otros limitantes, en cuanto a la salud, los habitantes de la vereda el Palmar reciben los servicios médicos básicos en la escuela, pero en caso de emergencia, medicina especializada o toma de exámenes de laboratorio deben trasladarse al casco urbano del municipio, siendo esto una odisea para la persona enferma o las que tienen que transportarlo.

Es por esta problemática que la comunidad requiere de manera urgente este estudio que contiene los requerimientos técnicos para la inclusión de la vía en el POT del Municipio; lo cual les permitiría gestionar recursos para su construcción y mejoramiento de calidad de vida de las personas que allí habitan.

4. JUSTIFICACION

El progreso de una comunidad, población o país está estrechamente ligado a sus vías, sean del orden que sean (primarias, secundarias o terciarias), pues de estas depende la movilidad, conocimiento y comercialización de productos y/o el desarrollo integral de la región.

El municipio de Yopal - Casanare cuenta con vías que ayudan en su avance y modernidad en cualquier campo de acción, sea educacional, de salud, comercio, cultural, etc.,

Con la legalización e inclusión de la vía de la vereda el Palmar se puede conseguir que sus habitantes adquieran los beneficios que presenta el casco urbano del municipio, mejorando las posibilidades de desarrollo económico, cultural, de salud, servicios públicos, educación y calidad de vida, puesto que mientras hayan más vías y en mejores condiciones mayores son las oportunidades de prosperidad.

Con la ejecución de este proyecto, y la concepción de un documento técnico, el camino que comunica a la vereda el Palmar con el municipio de Yopal llegaría a pertenecer a la red vial legal del departamento de Casanare, siendo incluido en el POT, con esto a su vez en los rubros de inversión vial Municipal, mayor oportunidad para adelantar proyectos que generen los recursos para su sustento, dando un paso a la solución de la problemática del sector.

5. OBJETIVOS

5.1.OBJETIVO GENERAL

Realizar la caracterización física de la zona de influencia para el camino de la vereda El Palmar y diseño geométrico preliminar de la vía, con base en los requerimientos del POT del municipio de Yopal - Casanare.

5.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS

I. Realizar reconocimiento de la zona de influencia directa de este proyecto, en el área que involucra el camino de la Vereda el Palmar, con el fin de recopilar la información suficiente para definir sus características geográficas, ambientales, hidrológicas y demográficas de la zona.

II. Consultar y recopilar información secundaria ambiental, meteorológica y técnica de la vereda, como parte de la caracterización de la zona.

III. Georreferenciar el camino de la vereda el Palmar con el uso de GPS con el fin de obtener características del terreno como son: latitud, altitud, pendientes, límites geográficos y definir la longitud exacta del camino y demás datos cartográficos necesarios para el pre diseño, (ancho real y ancho recomendable de la vía).

IV. Realizar apiques y tomar muestras de suelo para determinar mediante pruebas de laboratorio las características físicas y mecánicas de este, y así definir un diseño factible.

V. Realizar un análisis de resultados, teniendo en cuenta la información de campo y documental recopilada con anterioridad.

VI. Realizar el diseño preliminar de la vía, placa huella y obras complementarias para la carretera de la vereda el Palmar, teniendo en cuenta su trazado vertical y horizontal, culminando esta actividad con la generación de los planos en físico del pre diseño realizado.

VII. Plantear diferentes recomendaciones de mejoramiento de la vía como obras de drenaje: alcantarillas y cunetas.

6. ALCANCE

Mediante el desarrollo de este Proyecto se busca conocer la caracterización física de la zona de influencia del camino a la vereda el Palmar y plantear el pre diseño geométrico de la vía y placa huellas, con base en los requerimientos del POT del Municipio de Yopal departamento de Casanare. El cual será entregado a la Junta de Acción Comunal de la Vereda para que ellos gestionen el trámite de legalización e inclusión al POT del Municipio.

7. MARCO REFERENCIAL

7.1. MARCO CONTEXTUAL

7.1.1. Ordenamiento Territorial POT

Sirve como herramienta para establecer o delimitar las áreas de expansión de un municipio, definiendo la clasificación y tratamientos urbanísticos del suelo. Es de uso obligatorio en el desarrollo y renovación de un perímetro urbanizable en función del crecimiento poblacional ya que en su contenido se encuentran soportes técnicos que justifican la expansión del casco urbano del municipio hacia una zona en particular. Fue creado por la ley 388 de 1997 y el decreto reglamentario nacional 2181 de 2006.

El POT de cada municipio ha determinado incorporar una serie de estructuras ecológicas y ambientales, además de sistemas artificiales proyectados, como vías principales, redes matrices de servicios públicos predeterminando los aspectos de articulación con el entorno urbano y rural y de protección.

Sus principios y Objetivos generales se basan en la función social y ecológica de la propiedad predominando el interés general sobre el particular impartiendo equitativamente tanto cargas como beneficios.

Busca facilitar a los habitantes el acceso a las vías y espacios públicos, infraestructura de transporte destinados al uso habitual y a hacer valer los derechos constitucionales, de vivienda y servicios públicos domiciliarios.

Estar atentos en los procesos de cambio de uso del suelo y ajustarlos en miras del bien común, encaminando su uso racional en armonía con la función social y el desarrollo sostenible.

7.2. MARCO CONCEPTUAL

✓ **Componente rural:** encierra la acción pública interesada en suministrar la infraestructura y equipamiento básico al servicio de la población rural, garantizando la ordenada interacción entre las colonizaciones rurales y la cabecera municipal; usando adecuadamente el suelo rural sus propósitos se cimentan en políticas de servicio del suelo en el área rural.

- Fijación de ambientes de protección, mejoramiento y conservación de las zonas de protección agropecuaria
- Políticas para la fraccionamiento de predios rurales

- Disposición de procedimientos de abastecimiento en cuanto a servicios de agua potable y saneamiento básico y la implantación y suministros en salud y educación.

✓ **Caracterización:** La caracterización de una zona se refiere a todos aquellos componentes que detallan las propiedades particulares de nivel geográfico, hidrológico, demográfico y ambiental de esta, para que sean tenidas en cuenta en el momento de realizar algún diseño o construcción dentro de su área a fin de no incurrir en errores de ningún tipo.

✓ **Suelo de protección:** Son suelos en los cuales se prohíbe la urbanización por pertenecer a zonas de uso público como construcciones para el abastecimiento de servicios públicos domiciliarios, o por ser zonas de reservas naturales, paisajísticas o que presenten riesgo o amenaza por su localización.

✓ **Suelo rural:** Son aquellos suelos destinados al uso agrícola, pecuario, forestal, de aprovechamiento de recursos naturales, no aptos para uso urbanístico.

✓ **Zonas de riesgo recuperable o mitigable:** Son aquellas que se encuentran en un nivel de medio o bajo riesgo, pero que pueden ser recuperadas o rehabilitadas plenamente, por medio de procedimientos completos de obras de control y resguardo a costos sensatos que reduzcan significativamente el riesgo.

✓ **Índice de ocupación:** Es la proporción de área del suelo que puede ser ente de construcción.

✓ **Estudio de suelos:** Son análisis realizados a las muestras de suelo tomadas de la zona en estudio, de las cuales, mediante ensayos y pruebas de laboratorio, determinan sus características físicas y mecánicas. Dentro de ellos encontramos.

✓ **Análisis Granulométrico:** En una masa de suelo, los tamaños varían, por lo cual es apropiado que se clasifique con el fin de conocer su distribución granulométrica, según la muestra de suelo su clasificación se puede realizar mediante ensayos con mallas o por el hidrómetro.

✓ **Análisis granulométrico por mallas:** Se efectúa tomando una cantidad medida de suelo seco (entre 500 a 1000 gr), el cual se hace pasar por una serie de mallas o tamices de diferentes diámetros, de mayor a menor terminando en el fondo con una charola. La cantidad de suelo retenido en cada malla se mide y se toma el dato, el porcentaje acumulado del suelo es determinado.

Tabla 1. Tamices

Tamiz No	Abertura (mm)
Fondo	-
4	4.750
8	2.360
16	1.180
20	0.850
30	0.600
40	0.425
50	0.300
60	0.250
80	0.177
100	0.150
200	0.075

$\% \text{ que pasa} = \% \text{ que llega} - \% \text{ retenido}$ (Ecuación 1).

Para realizar este ensayo se tiene en cuenta se tiene en cuenta la normatividad AASHTO T88, ASTM D422-58 y D422-63.

De acuerdo con la distribución de tamaño de las partículas, se usa el tamiz No 200 como punto divisorio en términos de la cantidad retenida o la que pasa por él. A partir de la curva de distribución granulométrica, se puede obtener diámetros característicos tales como D_{10} , D_{85} , D_{60} , etc, refiriéndose a D como el tamaño del grano o partícula de suelo y el subíndice (10, 85, 60) denota el porcentaje de material más fino, con los cuales se obtiene el coeficiente de uniformidad, para indicar la gradación del material.

$$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} \text{ (Ecuación 2)}$$

Así, en cuanto más alto sea el valor de Cu, más amplio será el rango de tamaños de partículas en el suelo, clasificándolos como bien gradados si $Cu > 4$ ó 6.

✓ **Límites de Atterberg:** Una de las características más importantes de las arcillas es su plasticidad. La magnitud de la plasticidad que presenta una arcilla natural depende de su composición mineralógica y contenido de humedad. Además, la consistencia de una arcilla natural, varía de acuerdo con el contenido de humedad, desde un estado sólido en condición seca, pasando por un estado semisólido para bajos contenidos de humedad en el que el suelo se desmorona y no presenta plasticidad, pasando también por un estado plástico para altos contenidos de humedad, hasta llegar finalmente a un estado esencialmente líquido para contenidos de humedad muy altos.

El contenido de humedad para el cual la consistencia cambia de un estado a otro varía de una arcilla a otra, dependiendo de la cantidad y el tipo de mineral de arcilla presente. Puesto que la humedad es una propiedad que se mide muy fácilmente, se desarrolló un método de clasificación de las arcillas, basado en estos contenidos de humedad límite.

Como el cambio de un estado de consistencia a otro es gradual, para satisfacer los requerimientos de un sistema de clasificación estándar, fue necesario establecer límites arbitrarios entre los diferentes estados. (Peter L. Berry, 1993).

✓ **Límite Líquido WL:** El límite líquido se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra; se determina realizando el ensayo con la copa de Casagrande cerrando una ranura de 1/2", mediante 25 golpes.

$$WL = W_n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde, W_n contenido de humedad al número N de golpes.

✓ **Límite Plástico LP:** Se define como el contenido de humedad expresado en porcentaje cuando la muestra de suelo comienza a agrietarse al formarse un rollito de 1/8" de diámetro, al rodarlo con lamano sobre una superficie lisa y absorbente.

Índice de Plasticidad IP: La diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo se define como índice de plasticidad. (Bowles, 1982).

✓ **Elementos de la Vía:** Dentro los elementos de la vía se tienen los siguientes:

- **Placa Huella:** Se refiere a la fabricación, carga, colocación y vibrado de una mezcla de concreto reforzado, dispuesto en dos placas separadas por concreto ciclópeo, de acuerdo con los lineamientos, cotas, secciones y espesores indicados en las especificaciones correspondientes.

- **Cuneta:** Se definen así a las zonas longitudinales situados en los extremos de la calzada paralelas a esta, con el fin de recibir y canalizar las aguas pluviales procedentes de escorrentía de zonas de recarga o de la misma calzada.

- **Obras de Drenaje:** Son todas aquellas obras que permiten el buen funcionamiento de la vía, entre las cuales están: muros, alcantarillas, cunetas, Box Culverts, puentes, etc.

7.3. MARCO LEGAL

7.3.1. Marco Legal General

✓ **Constitución Política de Colombia:** El Plan Básico de Ordenamiento Territorial de un municipio debe estar regido bajo las leyes que le competen según la Constitución Política de Colombia, ya que los municipios son considerados entes territoriales fundamentales, por tal motivo son considerados organismos de derecho público dotado de competencias y funciones a desarrollar de acuerdo con el grado de autonomía que la carta magna le asigna.

-Artículo 311: Como entidad fundamental de la división política administrativa, un municipio debe prestar los servicios públicos explícitos por la ley, construir obras que conlleven al progreso local, ordenamiento territorial, concierto de la participación ciudadana en pro del mejoramiento socio cultural de sus habitantes y demás funciones asignadas por la ley y la constitución.

-Artículo 313: Un municipio en cabeza de su concejo debe reglamentar el uso del suelo, vigilar y controlar toda actividad que se relacione con la construcción, enajenación de inmuebles destinados a vivienda, preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural del mismo.

-Artículo 342: Reglamenta todo lo relacionado con procedimientos de elaboración, aprobación y ejecución de planes de desarrollo y la participación ciudadana en ellos, disponiendo mecanismos apropiados para su armonización, a la vez que determina la organización y funciones del Concejo Nacional de Planeación y concejos territoriales.

- ✓ **Ley 136 de 1994:** Detalla los principios generales sobre la organización y funcionamiento de los municipios enfatizando en ordenar el desarrollo del territorio y construir obras que demanden progreso para el municipio.

- ✓ **Ley 388 de 1997:** Establece mecanismos que le permitan a un municipio, en ejercicio de su autonomía promover el ordenamiento de su territorio, el uso equitativo y racional del suelo.

- ✓ **Decreto 1077 de 2015:** Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.

7.3.2. Marco Normativo Ambiental

A continuación se enuncia el marco normativo referente a la temática ambiental relacionada con el proyecto:

- ✓ **Ley 2 de 1959,** se realiza en Colombia una ordenación general del territorio Colombiano a través de la creación de las Zonas de Reserva Forestal ZRF, en un primer avance por establecer las normas para la ocupación y desarrollo del suelo rural.

- ✓ **Artículo 5 de la Ley 9 de 1989,** incorporación de medidas para protección, manejo y uso del medio ambiente, siendo parte de las bases para el manejo de los aspectos biológicos en los territorios rurales.

- ✓ **Constitución Política de 1991,** se incorporan los aspectos ambientales y es la base para la política nacional ambiental (Ley 99 de 1993).

- ✓ **Ley 99 de 1993:** Con la cual se creó el ministerio del Medio Ambiente y se organizó el Sistema Nacional Ambiental, permitiendo la creación de las

Corporaciones Autónomas Regionales, con el fin de reglamentar las normas de ordenamiento territorial y uso del suelo.

✓ **Ley 388 de 1997** de desarrollo territorial, se avanza con aspectos como la función pública del urbanismo, la propiedad como función social y ecológica, y se da prioridad al interés común sobre el particular.

En el artículo 33 de la Ley 388 de 1997, se constituyen categorías distintas a uso urbano o terrenos no aptos para uso urbano, por determinación de otros usos como agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales y actividades análogas. Abarcando las áreas de conservación y preservación de los recursos naturales, el suelo suburbano, y también recae sobre las zonas de expansión, hasta tanto estas no sean incorporadas mediante plan parcial a suelo urbano.

✓ **El Decreto 3600 de 2007**, “Por el cual se reglamentan las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo y se adoptan otras disposiciones”.

✓ A través del **Acuerdo 024 de Diciembre de 2013** el Concejo Municipal de Yopal adopta el POT del Municipio de Yopal, teniendo en cuenta que:

- El proyecto del Plan de Ordenamiento Territorial, fue sometido a consideración de la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia, en donde se declararon concertados los asuntos ambientales del proyecto, de conformidad con el contenido del acta de concertación suscrita por las partes el día 8 de noviembre de 2013.
- Que se cumplió con el procedimiento definido en el artículo 24 de la Ley 388 de 1997, por lo cual el proyecto del Plan de Ordenamiento Territorial para Yopal, fue radicado ante el Concejo de Yopal el día 18 de noviembre de 2013.

- Que durante el proceso de diagnóstico y formulación, así como en los períodos de formulación del Plan de Ordenamiento Territorial por la autoridad ambiental y el Consejo Territorial de Planeación; la Administración Municipal solicitó opiniones a los gremios económicos y agremiaciones profesionales; realizó convocatorias públicas para la discusión del proyecto de revisión, expuso los documentos básicos del mismo en sitios accesibles a todos los interesados y recogió las recomendaciones y observaciones formuladas por las distintas entidades gremiales, ecológicas, cívicas y comunitarias del municipio, procedió a su evaluación.

✓ **Decreto 1076 de 2015**, “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”. Compila la legislación nacional ambiental, siendo soporte para la elaboración de la “Caracterización física de la zona de influencia para el camino de la vereda el palmar y diseño geométrico preliminar de la vía”.

8. DISEÑO METODOLOGICO

8.1.METODOLOGIA GENERAL

Para el cumplimiento de este proyecto se necesita efectuar las actividades necesarias para recolectar la mayor cantidad de información que posteriormente servirá para la realización de los pre-diseños pertinentes y documento base para la legalización e inclusión de la vía de la vereda el Palmar en el POT del municipio de Yopal Casanare. Estas actividades son:

✓ **Actividad 1.**

Objetivo 1. Visitar las veces necesarias la vereda el Palmar, con el fin de recopilar la información suficiente para definir sus características geográficas, ambientales, hidrológicas y demográficas de la zona.

Como primera medida se realizara un reconocimiento de la zona, que involucra el camino o vía de la vereda el Palmar, para esto se cuenta con el permiso y colaboración del Presidente de la Junta de Acción Comunal de la vereda. s

Con ayuda de los distintos entes Nacionales como son el IDEAM, CATASTRO, y el actual POT del municipio de Yopal se hara una investigación, de la cual se obtendrá información cartográfica, ambiental y meteorológica de la vereda, la cual es de gran beneficio en la caracterización de la zona.

✓ **Actividad 2.**

Objetivo 2. Georreferenciar el camino de la vereda El Palmar con el uso de GPS y tomar un registro fotográfico con el fin de conocer plenamente el estado del mismo.

Se realizara, mediante el uso de un equipo GPS la georreferenciación del camino en estudio con el fin de obtener características del terreno como son: latitud, altitud, pendientes, límites geográficos y se establecerá la longitud exacta del camino y demás datos cartográficos necesarios para el pre diseño, (ancho real y ancho recomendable de la vía).

A la vez, se efectuara un registro fotográfico para tener de forma real el estado actual de la vía y obtener cada detalle tanto de relieve como del ecosistema presente para no incurrir en un Impacto ambiental perjudicial para el avance del proyecto.

✓ **Actividad 3.**

Objetivo 3. Realizar apiques y tomar muestras de suelo para determinar mediante pruebas de laboratorio las características físicas y mecánicas de este, y así definir un diseño factible.

Como siguiente paso se tomaran muestras de suelo a lo largo del camino de la vereda el Palmar, mediante la hechura de apiques a una profundidad entre 1.80 m y 2.00 m; las cuales serán llevadas a un laboratorio de suelos para realizarles los ensayos pertinentes a fin de obtener las características físicas y mecánicas del mismo, entre estos ensayos se tienen: Granulometría, humedad y límites de Atterberg.

✓ **Actividad 4.**

Objetivo 4. Realizar un análisis de resultados, teniendo en cuenta la información de campo y documental recopilada con anterioridad.

El análisis a manera de diagnóstico se realizara adquiriendo la cartografía particular, observaciones del estado actual de la vía, información climatológica e hidrológica, con el apoyo de la información de campo y documental; y teniendo en cuenta los registros fotográficos de la zona en estudio para posteriormente estructurarlo.

✓ **Actividad 5.**

Objetivo 5. Realizar el diseño preliminar de la vía, placa huella y obras complementarias para la carretera de la vereda El Palmar.

Después de obtenida toda la información requerida, se descargarán los puntos tomados con GPS para procesarlos con la ayuda del software MapSource, luego serán importados a Google Earth con el fin de extraer la superficie y la ruta al software Autocad Civil 3D versión para estudiantes 2014, para así hacer un pre diseño de la vía teniendo en cuenta su trazado vertical y horizontal, para culminar esta actividad se generarán los planos en físico del pre diseño realizado. Para

llevar a cabo esta actividad es necesario registrarse por los manuales de diseño de carreteras y pavimentos en concreto de INVIAS.

✓ **Actividad 6**

Objetivo 6. Plantear diferentes recomendaciones de mejoramiento de la vía como obras de arte, cortes, rellenos, etc. Finalizando el proyecto se plantearán diferentes recomendaciones que ayudarán al buen funcionamiento de la vía.

8.1.1. Fuentes De Información

En los siguientes numerales se enuncian las fuentes de información de acuerdo a los factores requeridos para el proyecto, como son: técnicos, ambientales, normativos.

8.1.1.1. Factores Ambientales

Dentro de las fuentes de información secundaria utilizadas para la caracterización Ambiental de la Vereda El Palmar y generalidades del Municipio de Yopal, se encuentran:

- ✓ Como principal fuente el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Yopal vigente.
- ✓ Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Instituto Geográfico Agustín Codazzi del Departamento de Casanare del año 2014.
- ✓ Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000 del año 2010.
- ✓ Mapa Geológico de Colombia 2015 del Servicio Geológico Colombiano.

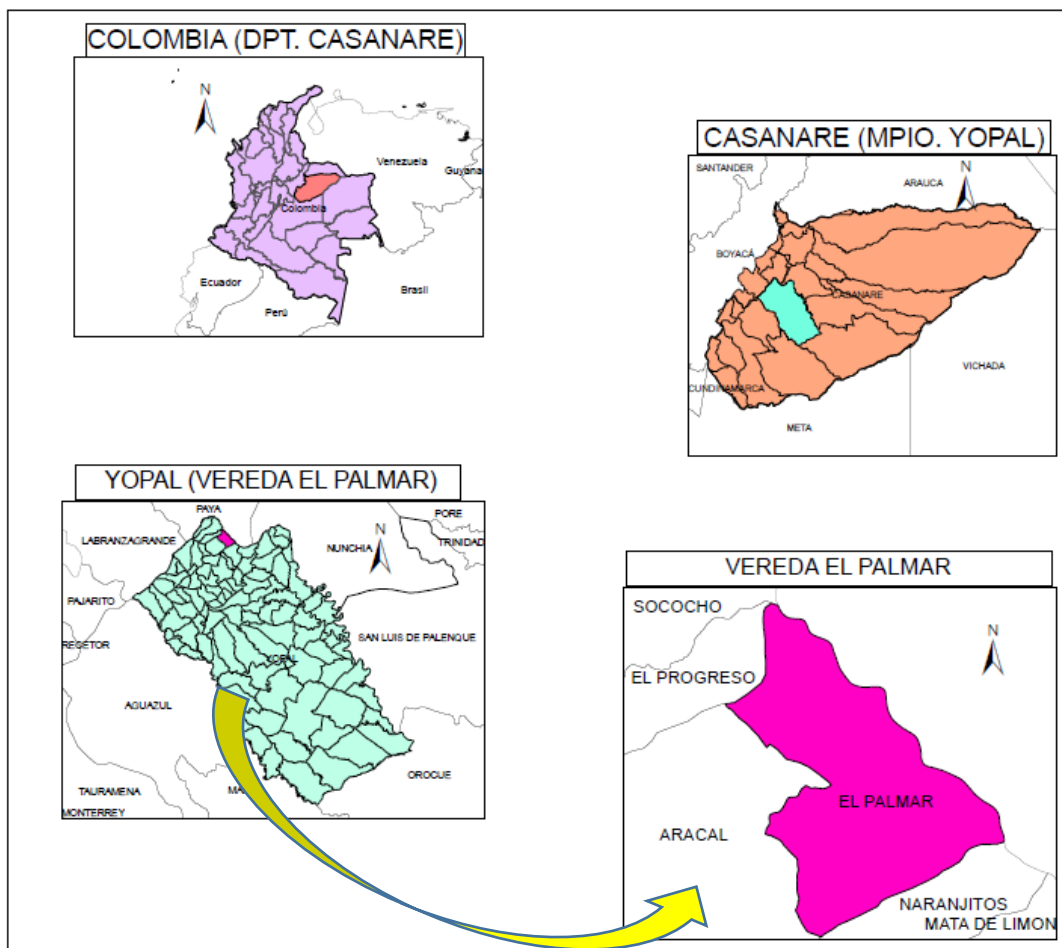
Información primaria con recorridos de campo para actualizar información existente e información de la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia – Corporinoquia,

9. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA ZONA DE INFLUENCIA DE LA VIA PARA LA VEREDA EL PALMAR.

9.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La vereda El Palmar se localiza en el Municipio de Yopal, en el Corregimiento de Mata de Limon; limita al NORTE: con el Municipio de Paya (Boyacá) y las veredas Sococho y el Progreso; al SUR: con la Vereda Naranjitos; al ESTE: con el Municipio de Paya y al OESTE, con la Vereda Aracal. Su ubicación se observa en la siguiente imagen.

Imagen 1. Ubicación Vereda El Palmar



Fuente: Ajustado Plan de Ordenamiento Territorial Yopal 2013.

9.2. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL AREA PLANTEADA PARA LA VÍA EN LA VEREDA EL PALMAR

La vía prevista para la vereda El Palmar se encuentra ubicada al nor-este del casco urbano del municipio de Yopal a una altitud de 564 m.s.n.m. a 5°30'40" latitud Norte y 72°21'24" longitud Oeste en su punto inicial; y a 462 m.s.n.m. a 5°31'11" latitud Norte y 72°21'37" longitud Oeste en su punto final.

Imagen 2. Localización de la vía en la Vereda El Palmar



Fuente: Google Earth|

9.3. ASPECTOS FÍSICOS

9.3.1. Clima

Se tiene como fuente oficial para el área en estudio, la información de climatología del IDEAM, específicamente al año 2013 de las estaciones hidrometeorológicas que se relacionan en la siguiente tabla y actualización de los valores medios, máximos y mínimos de precipitación al año 2014.

Tabla 2. Estaciones de Referencia

DESCRIPCIÓN ESTACIONES				COORDENADAS GEOGRÁFICAS					
No.	ESTACION	NOMBRE	TIPO EST	MUN.	LAT N	LONG W	ELEV. m.s.n.m	Años disponibles de información	CORRIENTE
1	3521510	APTO YOPAL	CP	YOPAL	5,19	72,23	325	1993 - 2014	CRAVO SUR
2	3521050	LA CHAPARRERA	PG	YOPAL	5,29	72,13	395	1995 - 2014	TOCARIA
3	3521040	MOLINOS DEL CASANARE	PG	YOPAL	5,24	72,18	330	1995 - 2014	CRAVO SUR
4	3521010	EL MORRO	PM	YOPAL	5,27	72,27	656	1992 - 2014	CRAVO SUR
5	3521710	PTE YOPAL	LG	YOPAL	5,22	72,24	343	1992 - 2010	CRAVO SUR
6	35210020	YOPAL	PM	YOPAL	5,21	72,24	320	1947 - 1994	CRAVO SUR

Fuente: IDEAM

Otra fuente que complementa la descripción climática del área donde se localiza La Vereda El Palmar, es el Atlas Climatológico Nacional (IDEAM 2005)¹ y en el Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia (IDEAM 2006)².

De acuerdo al IDEAM, la clasificación climatológica del departamento de Casanare pertenece a la región de la Orinoquia – Amazonia. El Clima del Municipio de

¹ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM), Atlas Climatológico Nacional. Henríquez Daza, Maximiliano; et ál. (Textos) Bogotá D.C. Colombia. Grupo de investigación en meteorología y climatología. Citado por POT Yopal 2014.

² INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM), Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia. (Textos) Bogotá D.C. Colombia. Grupo de investigación en meteorología y climatología. 2006. Citado por POT Yopal 2014.

Yopal se clasifica de acuerdo a las metodologías de Caldas –Lang, Lang, Holdrige y Martone, como se describe en la tabla que se encuentra líneas abajo.

Tabla 3. Clasificación Climática del Área de Estudio

CLASIFICACION CLIMATICA	TIPO DE CLIMA
Caldas – Lang	Cálido Húmedo
Lang	Húmedo
Holdrige	Cálido Húmedo
Martone	Húmedo

Fuente: IDEAM

El clima en la Orinoquia es monomodal, en el cual se reconoce una época de bajas precipitaciones, baja nubosidad y mayor número de horas de brillo solar.

9.3.1.1. Temperatura

Los datos Temperatura para el área de estudio son los registrados por la estación Aeropuerto Yopal, los cuales están relacionados con los descritos en el POT del Municipio de Yopal.

La temperatura media registra valores entre 25,2 °C. y 29,5 °C. Siendo el período húmedo es el más fresco, donde las temperaturas descienden en más de dos grados y el período seco es el más caluroso con valores que superan los 26 °C, teniendo como base los valores medios.

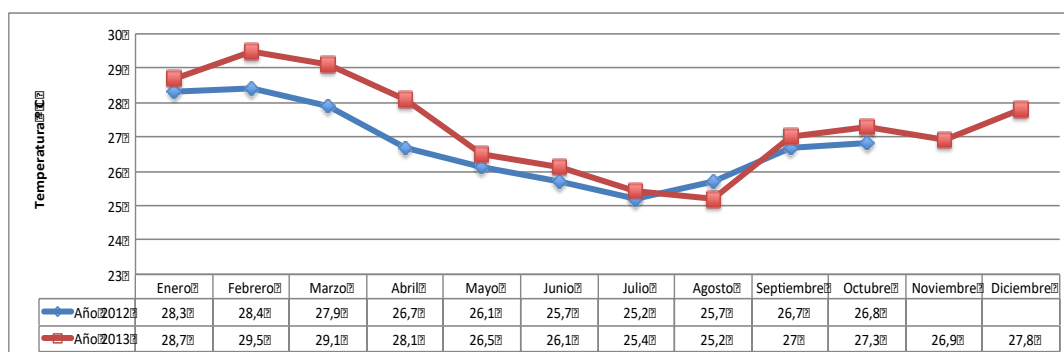
Tabla 4. Reporte Multianual Medios Mensuales de Temperatura Años 2012 y 2013

ESTACION APTO YOPAL													
AÑO	Ene	Febr	Marzo	Abril	May	Jun	Jul	Agos	Sept	Octubre	Nov	Dic	Vr. Anual
2012	28,3	28,4	27,9	26,7	26,1	25,7	25,2	25,7	26,7	26,8	*	*	26,8
2013	28,7	29,5	29,1	28,1	26,5	26,1	25,4	25,2	27,0	27,3	26,9	27,8	27,4

* Información no disponible.

Fuente: IDEAM

Grafica 1. Registro Multianual Mensual de Temperatura Media Años 2012 y 2013



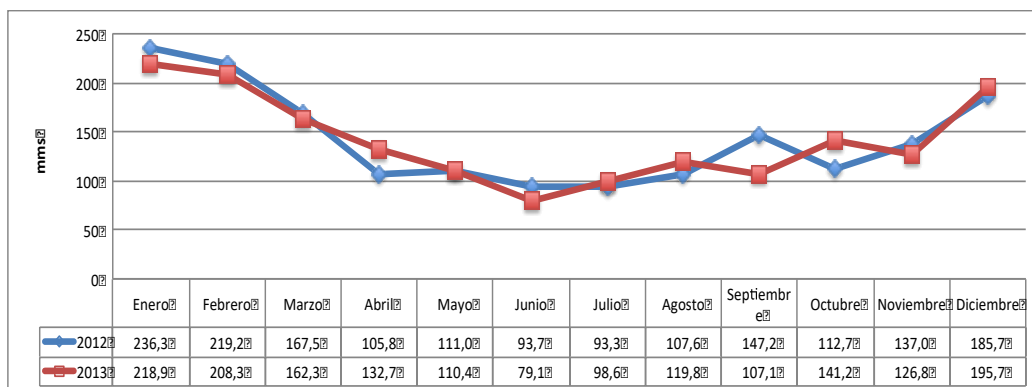
Fuente: IDEAM

El Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Yopal del año 2013, hace referencia que la temperatura promedio medio anual del año 2012 fue de 26,8 °C para el municipio de Yopal y para el año 2013 de 27,4 °C, con aumento de 6 centésimas en comparación con los datos del año 2012 y de 1 °C respecto al reporte del año 2007.

9.3.1.2. Evaporación

El POT del Municipio de Yopal, registra que la evaporación reportada en el año 2013 es inferior a la reportada en el año 2012. Los valores más altos de evaporación se presentan en el periodo seco de diciembre – febrero con un rango de 185 a 219 mm en el año 2012 y de 195 a 208 mm en el año 2013.

Grafica 2. Registro Multianual de Evaporación Años 2012 y 2013



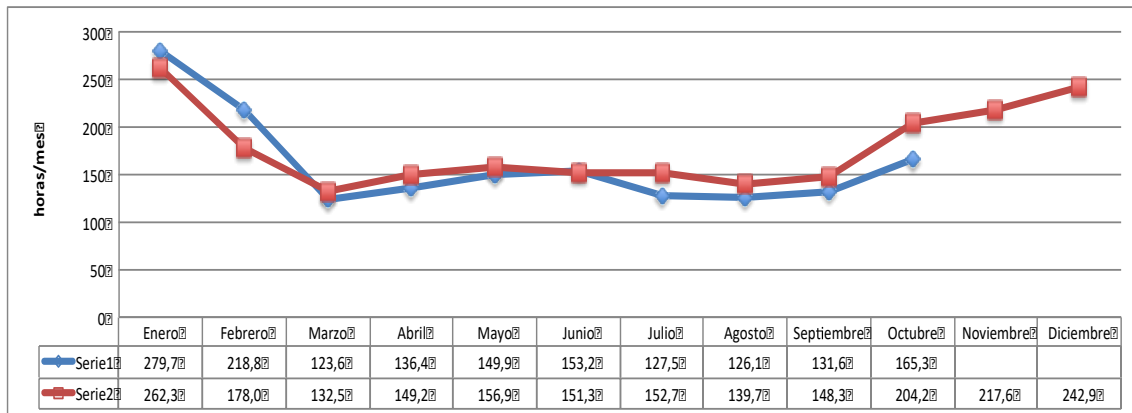
Fuente: IDEAM

9.3.1.3. Brillo Solar

Enero es el mes que reporta mayor número de horas de brillo solar, con un valor aproximado de 279 h/mes en el año 2012 y de 262 h/mes en el año 2013 y el mes con menor horas de brillo solar es Marzo con un valor de 123 h/mes en el año 2012 y 132 en el año 2013.

Como tendencia se encuentra que el periodo húmedo se caracteriza por presentar los valores más bajos de brillo solar y el seco los más altos.

Grafica 3. Registro Multianual de Brillo Solar Años 2012 y 2013



Fuente: IDEAM

9.3.1.4. Humedad Relativa

De acuerdo a los registros de la Estación Aeropuerto Yopal, del IDEAM, en el año 2012 el porcentaje de humedad osciló entre el 75% y 79% desde el mes de Abril hasta Octubre y durante el año 2013 en los meses de Mayo a Julio la humedad relativa media está por encima del 80%, meses que corresponden a periodo de lluvias en el área de estudio.

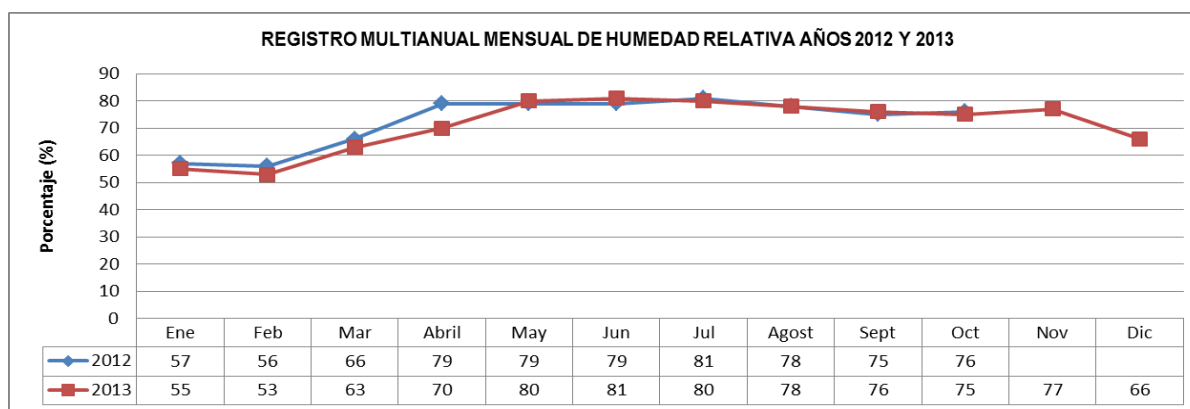
Grafica 4 Medios de Humedad Relativa Años 2012 y 2013

ESTACION APTO YOPAL													
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Agost	Sept	Oct	Nov	Dic	Vr. Anual
2012	57	56	66	79	79	79	81	78	75	76	*	*	73
2013	55	53	63	70	80	81	80	78	76	75	77	66	71

* Información no disponible.

Fuente: IDEAM.

Grafica 5 Registro Multianual Mensual de Humedad Relativa años 2012 y 2013



Fuente: IDEAM

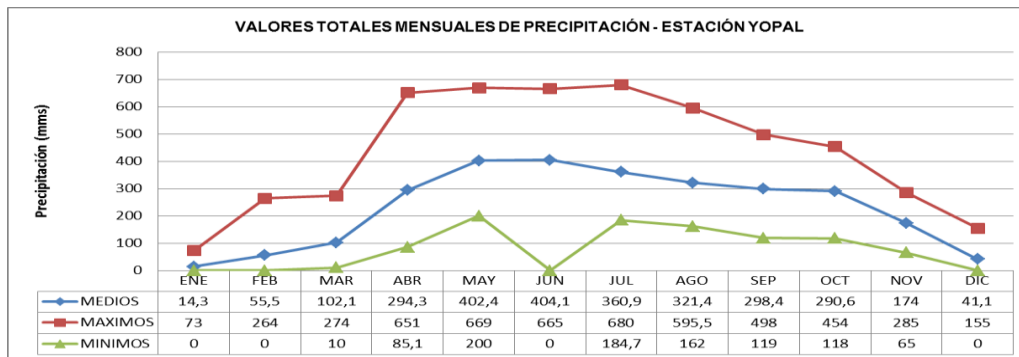
9.3.1.5. Precipitación

Los registros de precipitación se basan en la información del IDEAM al año 2014, para las estaciones: Morro, Molinos del Casanare, La Chaparrera, Apto Yopal y para la estación Yopal la información al año 1994.

Teniendo en cuenta que el área de estudio de la Vereda El Palmar, se localiza en el Municipio de Yopal. Con base en ello y en las gráficas que se muestran a continuación, los meses de mayor precipitación son de Abril a Julio y los más bajos se registran de noviembre a febrero.

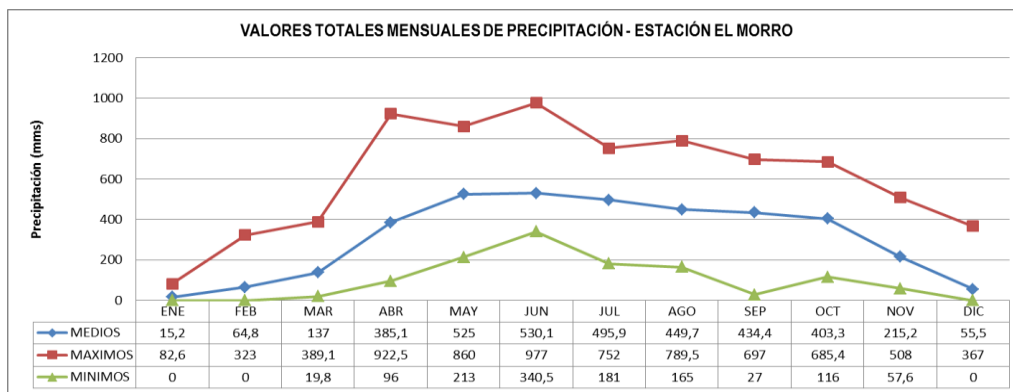
La precipitación en el Municipio de Yopal – Casanare es de carácter monomodal.

Grafica 6. Valores totales mensuales de precipitación – Estación Yopal (1947 a 1994)



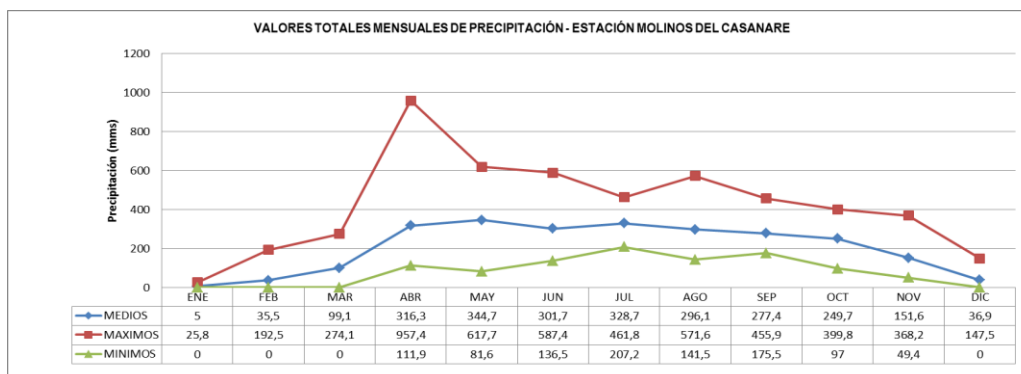
Fuente: IDEAM

Grafica 7. Valores totales mensuales de precipitación – Estación El Morro (1974 a 2014)



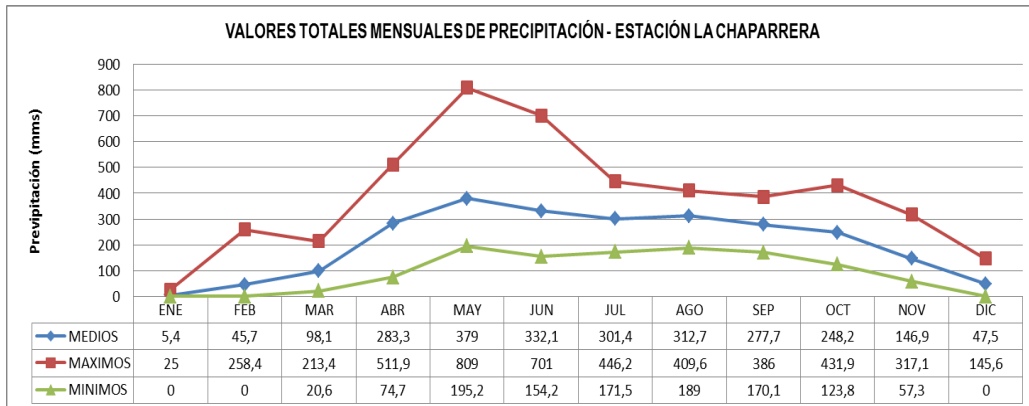
Fuente: IDEAM

Grafica 8. Valores totales mensuales de precipitación – Estación Molinos de Casanare (1995 al 2014)



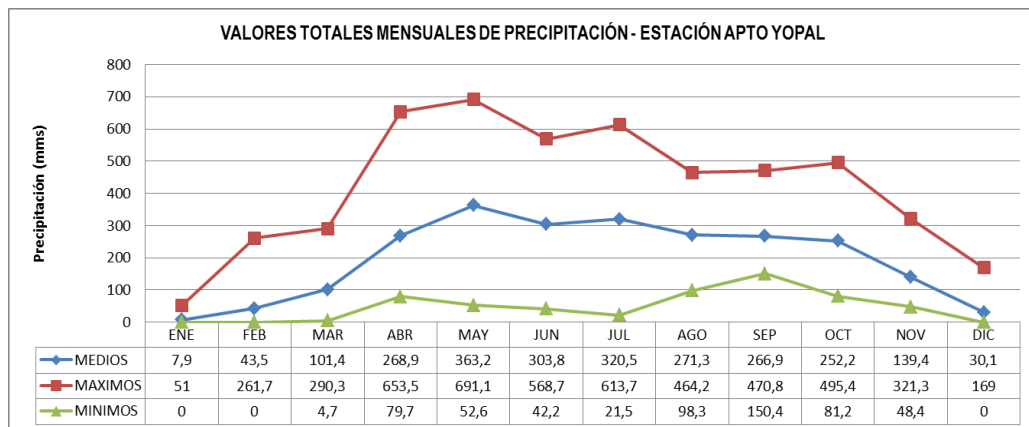
Fuente: IDEAM

Grafica 9. Valores totales mensuales de precipitación – Estación La Chaparrera (1995 al 2014)



Fuente: IDEAM

Grafica 10. Valores totales mensuales de precipitación – Estación Apto Yopal (1974 al 2014)



Fuente: IDEAM

9.3.1.6. Caudal

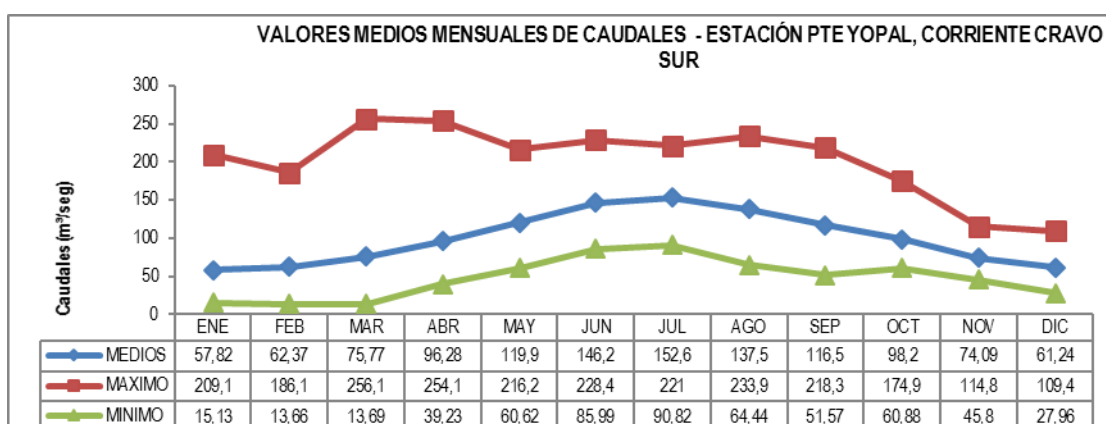
Teniendo como base los registros del IDEAM de la estación Pte Yopal de los años 1992 al 2010 y el POT del Municipio de Yopal, los caudales medios mensuales más altos se presentan entre los meses de Junio a Septiembre.

Tabla 5. Valores medios mensuales de caudales (1992 al 2010)

ESTACIÓN PTE YOPAL, CORRIENTE CRAVO SUR (m ³ /seg)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Medios	57,82	62,37	75,77	96,28	119,9	146,2	152,6	137,5	116,5	98,2	74,09	61,24
Máximo	209,1	186,1	256,1	254,1	216,2	228,4	221	233,9	218,3	174,9	114,8	109,4
Mínimo	15,13	13,66	13,69	39,23	60,62	85,99	90,82	64,44	51,57	60,88	45,8	27,96

Fuente: IDEAM

Grafica 11. Valores medios mensuales de caudales (1992 al 2010)



Fuente: IDEAM

9.3.2. Geología

La caracterización geológica de la Vereda el Palmar, se llevó a cabo a partir de información secundaria obtenida del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Yopal³ y del Mapa Geológico de Colombia 2015, del Servicio Geológico Colombiana (SGC).

“Las formaciones geológicas sobre las que se asienta el municipio de Yopal, ubican al municipio en una secuencia de varios millones de años que van desde el periodo cretáceo hasta el cuaternario, periodo en el que se forman los diferentes

³ ALCALDÍA DE YOPAL, Plan de Ordenamiento Territorial (POT), municipio de Yopal. Secretaria de Planeación Municipal Yopal Colombia. 2013.

paisajes, que actualmente conforman el territorio del municipio; estas formaciones se dan de occidente a Oriente. Siendo estas últimas las más recientes”⁴.

“La evolución geomorfológica de la región se remonta a finales de la era terciaria (plioceno), en la cual se dio un acentuado proceso erosivo, con levantamientos y plegamientos que originaron la cordillera Oriental, posteriormente agentes modeladores dieron origen al paisaje que se observa hoy, correspondientes a montaña, pie de monte y planicie aluvial”⁵.

9.3.2.1. Estratigrafía

En los paisajes de montaña y piedemonte se presentan una serie de fallas geológicas que atraviesan el municipio de Yopal en sentido sudoeste a noreste, y otras locales que afectan pequeños sectores entre las fallas de carácter regional; en conjunto todas están ejerciendo presiones sobre rocas de poca consolidación que terminan cediendo o desplazándose y con ello remodelando el paisaje a través de movimientos de masas considerables, su acción se muestra en varios sectores de los paisajes de Piedemonte y Montaña del municipio y del Departamento de Boyacá⁶.

El mapa de Clasificación Geológica de la Vereda el Palmar, se obtuvo con base en el Mapa Geológico de Colombia 2015, del Servicio Geológico Colombiana (SGC).

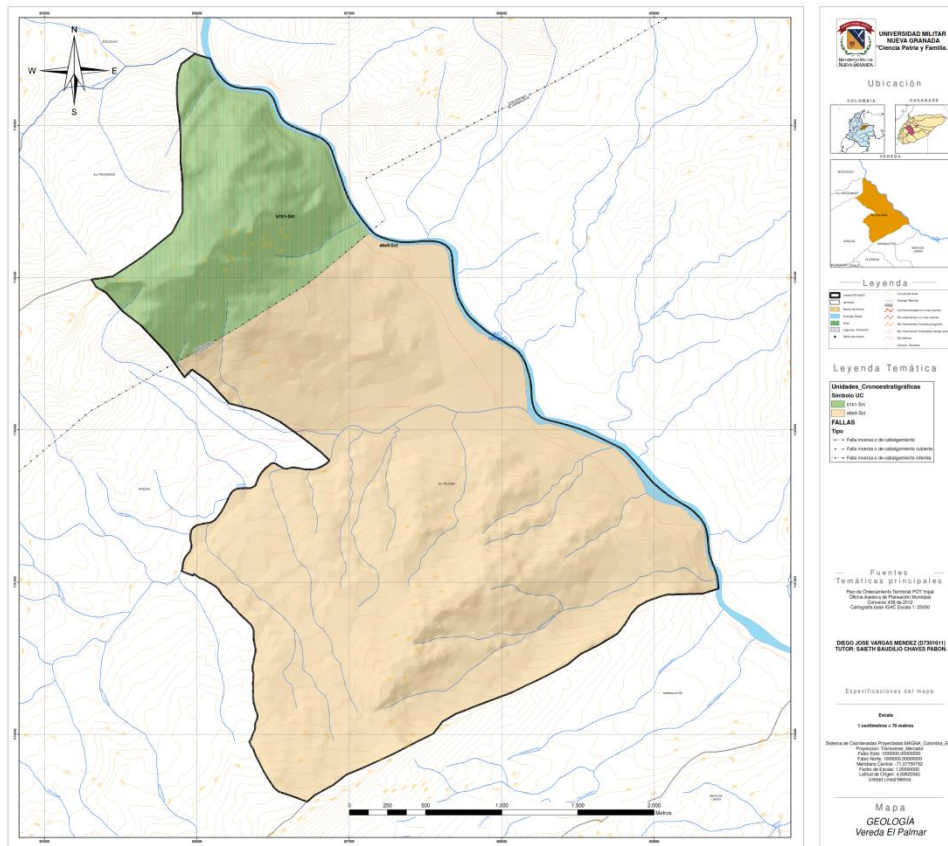
A continuación se relaciona la imagen y el mapa se anexa al presente documento.

⁴ IBID 7

⁵ ALCALDÍA DE YOPAL, Plan de Ordenamiento Territorial (POT), municipio de Yopal. Secretaria de Planeación Municipal Yopal Colombia. 2013.

⁶ ALCALDÍA DE YOPAL, Plan de Ordenamiento Territorial (POT), municipio de Yopal. Secretaria de Planeación Municipal Yopal Colombia. 2013.


Imagen 3. Mapa de Clasificación Geológica Vereda el Palmar - Municipio de Yopal.




Fuente: Adaptado por el autor del Mapa Geológico de Colombia 2015, del Servicio Geológico Colombiana (SGC).

En la siguiente tabla se describen las unidades cronoestratigráficas identificadas en la Vereda el Palmar:

Tabla 6. Unidades cronoestratigráficas Vereda el Palmar:

GEOLOGIA VEREDA EL PALMAR		
SIMBOLO UNIDADES CRONOESTRATIGRÁFICAS	DESCRIPCIÓN	EDAD
b1k1-Sm 	Arcillolitas y limolitas negras con intercalaciones menores de arenitas y calizas. Segmentos de cuarzoarenitas de grano fino a grueso y conglomerados.	Berriasiano-Cenomaniano (Cretácico)

e6e9-Sct 	Arenitas de grano fino a conglomeráticas interestratificadas con arcillolitas y limolitas. Ocasionalmente, lentes de hierro oolítico y carbón.	Bartoniano- Chatiano (Paleógeno)
---	---	--

Fuente: Adaptado por el autor del Mapa Geológico de Colombia 2015, del Servicio Geológico Colombiana (SGC).

9.3.2.2. Estructuras Geológicas.

A continuación se describe la estructura geológica del municipio de Yopal⁷.

La Falla de Guaicáramo: Ubicada entre los ríos Charte y Cravo Sur, llamada también del Morro–Monterral por Hebrard, nace al sur del alto de Guaicáramo (Ulloa y Rodríguez, 1975, Mapa: Cuadrícula D8) y termina en cercanías de la Quebrada La Tablona; su plano de falla se inclina al oeste y corta estratos de la formación, provocando fenómenos de levantamiento, plegamiento y fracturación. Esta falla localiza la zona de montaña de Yopal, en el mapa sísmico de Colombia, como de riesgo alto y afecta a veredas como: Los Cagüis Charte, Esperanza y Milagro, Rincón del soldado Volcaneras, Perico, Guayaquito, El Morro, Marroquín y Sococho.

La Falla de Támara: Definida como de cabalgamiento de alto ángulo, cruza toda el área de la plancha desde el suroeste hacia el noreste, tiene su plano inclinado al occidente desde el sur hasta la quebrada Almorzadero, luego un plano sub-horizontal ligeramente inclinado hacia el oriente en las cabeceras de la quebrada Morreña, luego un plano sub-horizontal con traza alrededor de la cota 1000 hasta la quebrada Cauteña, luego un plano muy inclinado hacia el occidente hasta casi el río Payero donde toca la cota 550, luego un plano ligeramente inclinado hacia el occidente que se mantiene por un largo tramo hasta el límite septentrional de la plancha. A su paso se verifica la superposición de rocas cretácicas sobre las terciarias manifestando el mayor salto entre los de aquellas ocurrientes en la

⁷ ALCALDÍA DE YOPAL, Plan de Ordenamiento Territorial (POT del Municipio de Yopal. Secretaria de Planeación Municipal Yopal Colombia. 2013.

vertiente oriental de la cordillera. Finalmente su trazo se ha identificado hacia el norte hasta la población de Támara; el trazo de esta falla se encuentra cruzando sectores de los corregimientos del Charte, el Morro La Niata y Mata de limón y de las veredas Cagüi Charte, Los Cagüi Milagros, Brisas del Cravo, San Cristóbal la vega, Naranjito, villa Del Carmen, entre otras.

La Falla de Yopal: Es una falla inversa que buza hacia el occidente; su traza se pierde hacia el suroeste por debajo de la cubierta cuaternaria que, al parecer, fosiliza la falla. Hacia el noreste, la falla sigue hasta el Pauto. Se presenta en dirección general sudoeste a noreste y corre paralela al punto de contacto entre los cerros El Venado, Buena Vista y Palo Bajito y el inicio de la zona plana; atraviesa el río Cravo Sur muy cerca del centro urbano, mostrando su efecto sobre la vía Yopal - Paz de Ariporo en los kilómetros 2.0 (Sector del puente de la Cabuya) y 4 a 7, sector de Buena vista y más adelante se aprecia en el sector de la Cuchilla de Palo Bajito, su plano de falla se inclina hacia el oeste y ha presentado actividad reciente en los sectores anteriormente mencionados afectando las Veredas que se encuentran a lo largo de la carretera de la marginal: Buena Vista alta y Baja, Brisas del Oriente, La Niata, El Playón, Guayaque, Araguaney, Chaparrera, laguna, y los Aceites.

Estas fallas y su actividad sobre rocas fácilmente deleznable, suelos frágiles y de alta pendiente producen los fenómenos de deslizamientos, avalanchas y remoción en masa en los paisajes de piedemonte y montaña.

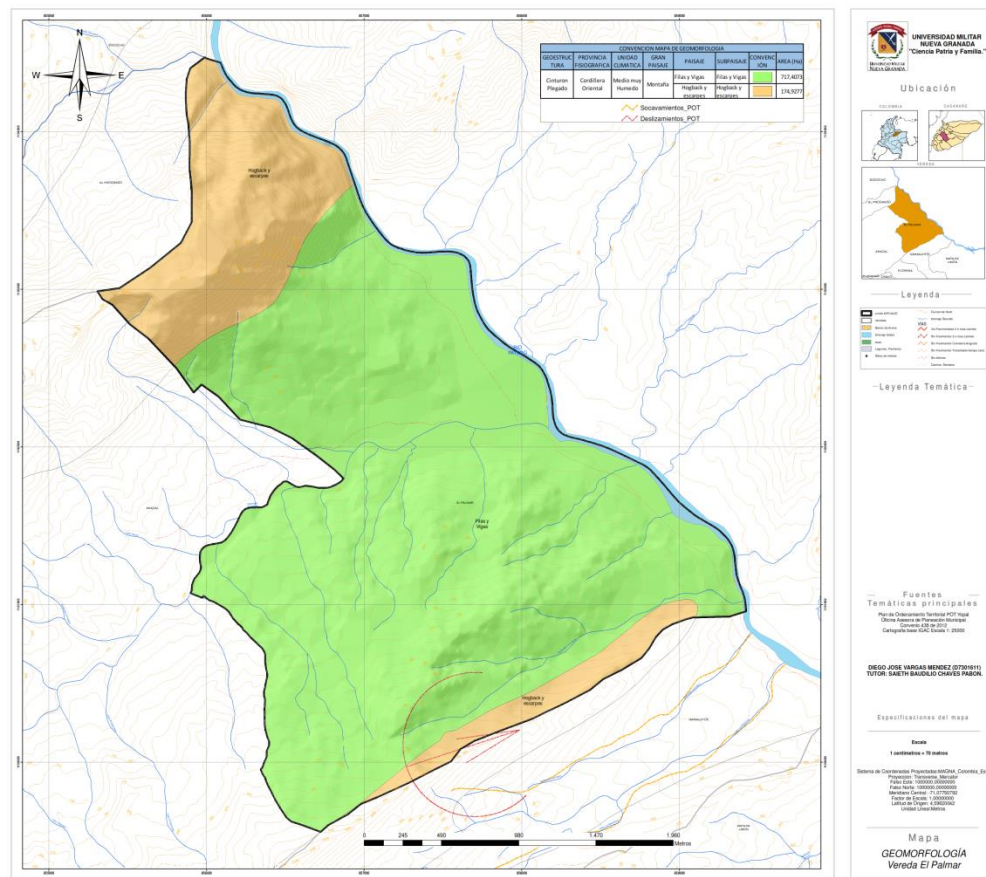
9.3.3. Geomorfología

La evolución geomorfológica del área del Casanare se remonta al Plioceno, período en el cual hubo un acentuado proceso erosivo en la cordillera Oriental colombiana, acompañado de fuertes levantamientos y plegamientos. El material desprendido por el citado proceso fue transportado y posteriormente depositado en la gran depresión del hoy departamento de Casanare.

La pérdida del material y su correspondiente deposición dio origen, en primera instancia a una superficie de denudación seguida de otra de acumulación, las cuales marcaron el inicio de la evolución geomorfológica de esta región. Posteriormente la acción modeladora dio origen a los diferentes paisajes.



En la Vereda El Palmar se encuentran los siguientes paisajes, los cuales se relacionan y describen en la siguiente tabla y Mapa de Geomorfología.

Imagen 4. Mapa Geomorfología Vereda El Palmar - Yopal.



Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Yopal - 2013. Adaptado por el Autor.

Tabla 7. Geomorfología Vereda El Palmar - Yopal.

Geoestructura	Provincia Fisiográfica	Unidad Climática	Gran Paisaje	Paisaje	Subpaisaje	Convención
Cinturón Plegado	Cordillera Oriental	Medio muy húmedo	Montaña	Filar y Vigas	Filar y Vigas	
				Hogback y escarpes	Hogback y escarpes	

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Yopal - 2013. Adaptado por el Autor.

9.3.3.1. Paisaje de Montañas

Resultado de una intensa actividad tectónica que actuando sobre rocas sedimentarias consolidadas, dio origen a diferentes tipos de relieve, entre los que se destacan hogbacks, cuestas, lomas, escarpes y mesas. En general dominan las geoformas denominadas hogbacks, que constituyen laderas de morfología irregular, derivada de la alternancia de estratos de diferente consistencia, representados por areniscas, arcillolitas y lutitas principalmente. Las áreas donde los estratos duros (areniscas) con pendientes superiores a 10 grados se disponen en forma escalonada, dando la apariencia de escamas, reciben en su conjunto el nombre de flatirones. Cuando el material aflorante es de menor consistencia (arcillolitas) da origen a un conjunto de lomas de lomos redondeados. En algunas áreas, los estratos sedimentarios han sufrido plegamientos suaves y sus pendientes son menores de 10 grados, pero mayores de 1 grado, las geoformas aquí resultantes se llaman cuestas y en el evento en que las pendientes sean inferiores a un grado, se conforman las llamadas mesas.

Este paisaje montañoso forma parte de la cordillera oriental Andina y fue allí donde se originó todo el material que sirvió de relleno a las depresiones de Casanare y Arauca.

En la actualidad este paisaje está afectado por diferentes movimientos en masa, los cuales se producen debido a las fuertes pendientes y a la abundante precipitación pluvial. Entre los movimientos en masa de ocurrencia común se encuentran la reptación, la soliflucción, el terraceo, los golpes de cuchara y los movimientos rotacionales, sin embargo, son la soliflucción y el terraceo los fenómenos más generalizados por cierto rozamiento a lo largo de las laderas de pendiente fuerte.

En algunas áreas, principalmente en aquellas donde se presentan materiales lutíticos, hay concurrencia de derrumbes que en ocasiones taponan las vías carretables dejando incomunicada la región. Generalmente los movimientos en masa son acelerados por la actividad humana, mediante la tala y quema del bosque, como también por el pisoteo del ganado que forma especie de escalones llamados comúnmente “pata de vaca”.

Otro agente que ha intervenido en gran medida en el modelado del paisaje de montaña, es el relacionado con el escurrimiento, tanto difuso como concentrado, ya que es en este sector donde tienen origen muchos ríos, quebradas y arroyos que irrigan el territorio de Casanare.

En el sector occidental del Municipio se presenta este tipo de paisaje, abarca el área comprendida aproximadamente entre los 2100 msnm en las cuchillas de las Lajas, límites de Yopal y Labranzagrande (Boyacá) hasta los 1000 m.s.n.m., donde se inicia la franja de piedemonte. Se caracteriza por las fuertes pendientes onduladas a muy escarpadas, suelos superficiales y su vocación forestal; La composición de los suelos proviene del período cretácico (Formación Areniscas de las Juntas), donde se alternan capas de arenitas de cuarzo prevalecientes y delgadas capas lutíticas (Kialj).

Comprende las cuencas altas de los ríos Cravo Sur, Tocaría, Payero y Charte; representa aproximadamente el 7% del área total municipal, es una región de gran

importancia por contener los ecosistemas estratégicos para el municipio, el departamento y la ciudad, allí se encuentran algunos sectores rurales que surten con los productos básicos a la capital; y nacen gran cantidad de fuentes hídricas afluentes de los grandes ríos, las microcuencas que abastecen a la ciudad de agua para la producción económica en el valle y las sabanas y se encuentran ecosistemas que proporcionan estabilidad al equilibrio ecológico y otros que regulan las amenazas y zonas de alto riesgo para el casco urbano.

El área transicional entre el sistema montañoso y la planicie aluvial está dominada por sustratos del Terciario, principalmente arcillolitas, lutitas, lodolitas, areniscas y conglomerados, con recubrimientos sectorizados de sedimentos del cuaternario (arenas, arcillas, limos y gravas). Este sector, al sufrir solevamiento, plegamiento y erosión severa, dio origen a los paisajes piedemonte, altiplanicie y lomerío.

9.3.4. Uso Potencial

La evaluación de capacidad y uso potencial en la Vereda el Palmar del Municipio de Yopal, que se presenta en la siguiente tabla y en el mapa de esta temática (anexo al documento), se definió de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial (POT), municipio de Yopal del año 2013.

9.3.4.1. Producción

"El uso de estas tierras corresponde a aquellos escenarios que reúnen requerimientos físico-bióticos adecuados para el desarrollo potencial de actividades productivas como suelos de mediana a buena capacidad agrológica, de pendientes estables y con limitaciones que pueden ser corregidas o manejadas"⁸. Dentro de este uso de las tierras se presentan los siguientes en la vereda el Palmar: Silvopastoril.

⁸ ALCALDÍA DE YOPAL, Plan de Ordenamiento Territorial (POT del Municipio de Yopal. Secretaria de Planeación Municipal Yopal Colombia. 2013.

9.3.4.2. Conservación

"Corresponde a aquellos escenarios que reúnen parámetros físico-bióticos frágiles como áreas afectadas por procesos morfodinámicos inestables tales como fallas geológicas, procesos erosivos, movimientos de remoción en masa, desbordamientos de ríos e inundaciones, y una morfodinámica hidrológica inestable; así como los hábitats especiales de flora que integran bosques naturales, bosques de galería, morichales y matas de monte entre otros y hábitats de fauna como los garceros"⁹. Dentro de este uso de las tierras se presentan los siguientes en la vereda el Palmar: Forestal Protector Productor y Protección.

Tabla 8. Uso Potencial Vereda El Palmar - Yopal

USO DE LAS TIERRAS	SUELO	CLASIFICACIÓN AGROLOGICA	DESCRIPCIÓN	USO POTENCIAL	AREA (Ha)
PRODUCCION	VMA _d 1	VI se	Baja muy baja fertilidad, reacción muy Fuertemente acida, niveles toxicos de aluminio baja retención de humedad. Pastos naturales y mejorados y bosque productor. Se debe fertilizar, encalar, rotar potreros y controlar malezas y donde sea posible aplicar riego.	SILVOPASTORIL	432,213989
CONSERVACION	VMA _e 2	VII se	Relieve quebrado a escarpado, alta susceptibilidad a la erosión, baja y muy baja fertilidad y reacción muy fuerte a extremadamente ácida. Se recomiendan bosques protectores y protector-Productor con especies nativas; se debe evitar la tala indiscriminada y las quemas.	FORESTAL PROTECTOR - PRODUCTOR	285,193352
	PMA _g 2	VIII	Bajas temperatura, alta susceptibilidad a la erosión, baja muy baja fertilidad, relieve fuertemente quebrado a a muy escarpado o alta susceptibilidad en inundaciones y	PROTECCION	174,927709

⁹ ALCALDÍA DE YOPAL, Plan de Ordenamiento Territorial (POT del Municipio de Yopal. Secretaria de Planeación Municipal Yopal Colombia. 2013.

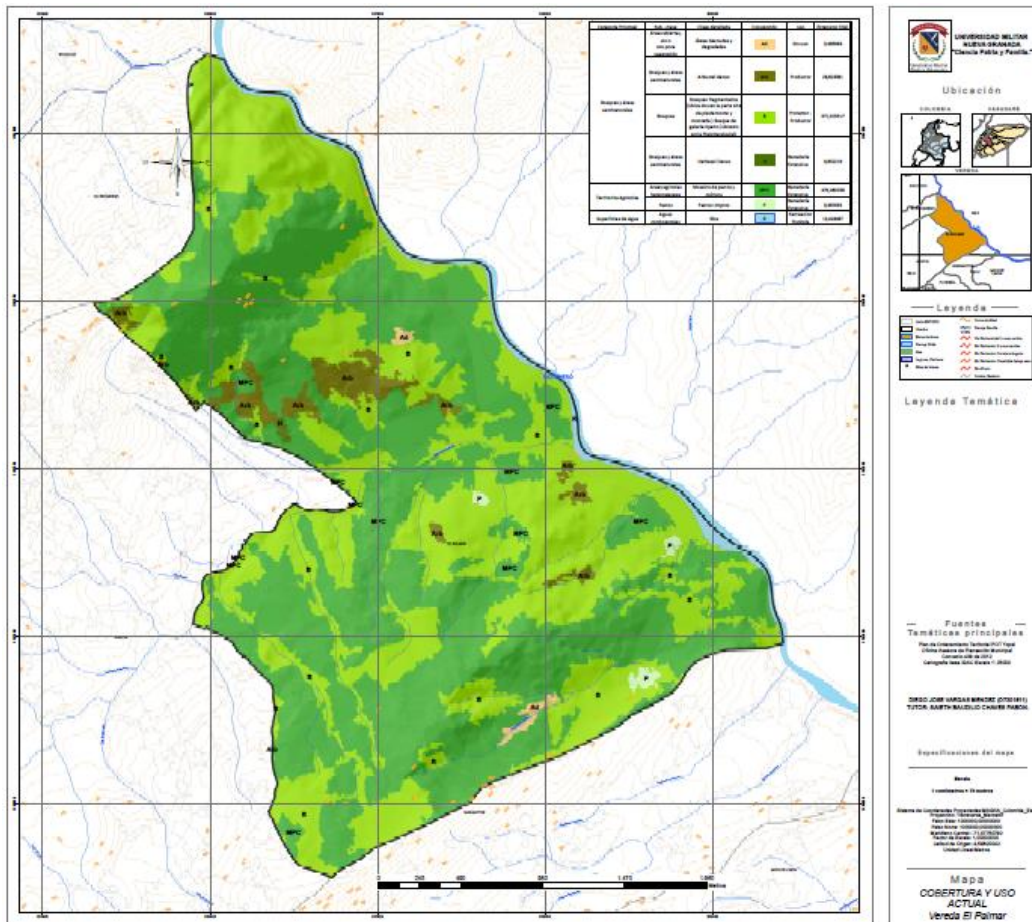
Rural año 2012, posteriormente dicha interpretación se estructuró de manera jerárquica, utilizando las categorías generales de Corine Land Cover: I) Territorios artificializados, II) Territorios Agrícolas, III) Bosques y áreas seminaturales, IV) Áreas húmedas, y V) Superficies de agua, presentados en la siguiente tabla y figura del mapa de cobertura y uso actual del suelo anexo a este documento.

Tabla 9. Cobertura y uso actual del suelo Vereda El Palmar - Yopal

Categoría Principal	Sub - clase	Clase detallada	Conv	Uso	Extension (Ha)
Bosques y áreas seminaturales	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	Áreas desnudas y degradadas	Ad	Sin uso	3,385364
	Bosques y áreas seminaturales	Arbustal denso	Arb	Productor	26,624591
	Bosques	Bosques fragmentados (Ubicados en la parte alta de piedemonte y montaña) Bosque de galería ripario (Ubicado en la Planicie aluvial)	B	Protector - Productor	371,015317
	Bosques y áreas seminaturales	Herbazal Denso	H	Ganadería Extensiva	0,852219
Territorios Agrícolas	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de pastos y cultivos	MPC	Ganadería Extensiva	473,462058
	Pastos	Pastos Limpios	P	Ganadería Extensiva	3,567435
Superficies de Agua	Aguas continentales	Ríos	R	Recreación Piscícola	13,428067

Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Yopal - 2013. Adaptado por el Autor.

Imagen 6. Mapa Cobertura y uso actual del suelo Vereda El Palmar - Yopal



Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Yopal - 2013. Adaptado por el Autor.

9.3.5.1. Territorios agrícolas¹⁰

Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas.

✓ Áreas Agrícolas Heterogéneas:

¹⁰ Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra; Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia; Escala 1:100.000; Junio de 2010; Colombia

Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra

- **Mosaico de pasto y cultivos:** Comprende las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.

✓ **Pastos**

Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace.

- **Pastos Limpios:** Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, enclamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.

En Colombia, se encuentran coberturas de pastos limpios asociadas con una amplia variedad de relieves y climas, con un desarrollo condicionado principalmente a las prácticas de manejo utilizadas según el nivel tecnológico disponible o las costumbres de cada región.

9.3.5.2. Bosques y áreas Seminaturales.¹¹

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con uso de producción - protección de los recursos naturales forestales. En la Vereda El Palmar se encuentran la sub-clases que corresponden a Herbazal Denso.

✓ **Áreas Abiertas, sin o con Poca Vegetación**

Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados.

✓ **Bosque**

Áreas naturales o seminaturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas. Los árboles son plantas leñosas perennes con un solo tronco principal, que tiene una copa más o menos definida. En la Vereda El Palmar se identifica:

- **Bosque Fragmentado:** Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición, las cuales deben representar entre 5% y 30% del área total de la unidad de bosque natural.

✓ **Arbustal denso**

Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente

¹¹ Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra; Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia; Escala 1:100.000; Junio de 2010; Colombia

arbustivos, los cuales forman un dosel irregular, el cual representa más de 70% del área total de la unidad. La unidad puede contener elementos arbóreos dispersos. Esta formación vegetal no ha sido intervenida o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales (IGAC, 1999).

9.3.5.3. Superficies de agua¹²

Son cuerpos de aguas continentales, permanentes, intermitentes y estacionales que comprenden lagos, lagunas, ciénagas, esteros, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce (no salina), embalses y cuerpos de agua en movimiento, como los ríos y canales.

- Ríos: El cuarto nivel de esta sub-categoría se denominó igualmente ríos.
- Cuerpos de agua artificiales: Se encuentran en esta sub-categoría, en el cuarto nivel se encuentran los estanques para acuicultura continental (cuerpos de agua artificiales).

¹² Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra; Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia; Escala 1:100.000; Junio de 2010; Colombia

10. ANÁLISIS DE SUELOS

La comunicación entre los seres humanos además de una necesidad siempre ha tenido gran importancia, es por eso que el hombre ha buscado la manera de mantener el contacto con su especie mediante la construcción de vías y carreteras que se han ido perfeccionando con el pasar del tiempo y la experiencia del hombre.

Un estudio de suelos permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo, es decir la composición de los elementos en las capas de profundidad, así como el tipo de cimentación más acorde con la obra a construir y los asentamientos de la estructura en relación al peso que va a soportar (Libre, 2014)

Este escrito contiene los análisis de suelos necesarios para efectuar la caracterización y pre diseños para una vía terciaria que comunica a la vereda El Palmar del municipio de Yopal Casanare con sus áreas aledañas ya que actualmente se encuentra en pésimas condiciones de circulación y no tiene las herramientas necesarias para la gestión de recursos en pro de su mejoramiento e inclusión dentro de la red vial nacional.

Para la realización de estos objetivos es preciso efectuar visitas de campo a la zona considerada para la construcción de la vía, con el propósito de determinar las características físicas del contorno, clasificación y ubicación de zonas importantes como áreas de protección, amenazas y fuentes hídricas. El análisis de las características mecánicas de los suelos se lleva a cabo con la hechura de apiques, de los cuales se sustrae información como la profundidad de estratificación del subsuelo y posteriormente, las muestras son llevadas al laboratorio para la obtención de las características mecánicas y físicas necesarias para realizar el pre diseño de la vía.

Objetivo general

Realizar los ensayos de laboratorio necesarios para hallar la clasificación de los suelos y sus características físicas y mecánicas a fin de elaborar caracterización de la zona y pre diseños para la vía.

Objetivos Específicos

- ✓ Efectuar ensayo de Análisis Granulométrico por el método mecánico a cada una de las muestras y obtener su clasificación.
- ✓ Establecer Límites de Attenberg (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad) a las muestras de suelo que así lo requieran para hallar su clasificación
- ✓ Dibujar e interpretar la curva granulométrica de los diferentes tipos de suelo.

10.1. CLASIFICACION GRANULOMETRICA.

El análisis Granulométrico Es la determinación de los tamaños de las partículas de una cantidad de muestra de suelo, y aunque no es de utilidad por sí solo, se emplea junto con otras propiedades del suelo para clasificarlo, a la vez que nos auxilia para la realización de otros ensayos. En los suelos granulares nos da una idea de su permeabilidad y en general de su comportamiento ingenieril, no así en suelos cohesivos donde este comportamiento depende más de la historia geológica del suelo. (Reyes, 2013).

10.1.1. Análisis Granulométrico por el método mecánico

Su finalidad es obtener la distribución por tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo. Así es posible también su clasificación mediante sistemas como AASHTO.

10.1.2. Procedimiento en el Laboratorio (Granulometría).

Los apiques realizados en la vereda El Palmar fueron hechos con ayuda de la comunidad de la zona, a distancias variables teniendo en cuenta el cambio de estratificación de manera visual.

Tabla 10. Información Apiques vereda El Palmar

APIQUE	ABSCISA	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m)	COLORACION
1	K0+000	1-1	1,14	CAFÉ OSCURO
		1-2	1,85	AMARILLO OSCURO
2	K1+400	2-1	0,9	CAFÉ CLARO
		2-2	1,8	GRIS
3	K2+150	3-1	1,35	NEGRO
		3-2	1,9	NEGRO

Fuente: El Autor

1. Una vez realizados los apiques se procedió a tomar muestras en el sitio de aproximadamente 20 kg por estrato, sustrayendo de cada una de ellas una parte pequeña (300gr aprox.) en bolsas especiales de cierre hermético con el fin de no perder la humedad natural con que se hallaron.
2. Las muestras grandes fueron llevadas a un lugar abierto y seguro con el fin de secarlas al aire libre, removiéndolas esporádicamente y con la ayuda de un martillo de goma se trituraron para eliminar terrones que no permitían el secado homogéneo.
3. En el momento en que las muestras estuvieron completamente secas se llevaron al laboratorio y se pesó una cantidad representativa (en algunas muestras solo 800 gr y para otras hasta 5000 gr), con el fin de lavarlas a través de los tamices No 16, No 80 y No 200, para quitar los excesos de limos y arcillas que pudieran adherirse a las partículas más gruesas. Se llevaron al horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas para su secado.

4. Después del secado al horno se procede a pesar la muestra y verterla a través de los tamices No 4,8,16,20,30,40,50,60,80,100 y 200. Dispuestos en columna de mayor a menor colocando al final un fondo para retener los limos o arcillas que no fueron lavados. Se colocan en la tamizadora durante 15 minutos.
5. Se pesa el contenido de muestra retenido en cada tamiz y se calculan los porcentajes que pasan para luego realizar los cálculos requeridos para la clasificación.

10.2. LÍMITES LÍQUIDO Y PLÁSTICO

En el límite líquido el contenido de humedad en la muestra es tanta, que la cohesión decrece permitiendo que la masa de suelo fluya por acción de la gravedad.

El límite plástico es un parámetro físico relacionado con la facilidad de manejo del suelo y el contenido y tipo de arcilla presente en este.

10.2.1. Procedimiento en el Laboratorio (Límites)

1. Con la muestra restante secada al aire libre se toma una porción suficiente para pulverizarla con ayuda de un martillo de goma y se lleva al tamiz No 40 hasta obtener 250 gr de la muestra que pasa.
2. Se verifica que la cazuela de Casagrande esté debidamente calibrada
3. En una taza se colocó la muestra 250 gr y se adiciona agua con un atomizador mezclándola con una espátula hasta conseguir un color uniforme y una pasta homogénea y pegajosa.
4. Con una cuchara se toma un poco de la pasta obtenida y se moldea a la forma de la cazuela, a continuación se pasa el ranurador por el centro de la cazuela formando una muesca, separando la masa en dos partes,

5. seguidamente y con ayuda de la manivela de la cazuela se dan los golpes necesarios para cerrar la muesca; cuando esto suceda registrar la cantidad de golpes y pasar una porción de la masa a un recipiente para humedad previamente pesado y nuevamente se pesa el conjunto (recipiente-muestra) para luego llevarlo al horno a secar durante al menos 18 horas. Este proceso se debe realizar en cuatro (4) oportunidades teniendo en cuenta los rangos para número de golpes 1. De 30 a 40 golpes; 2. De 25 a 30; 3. De 20 a 25 y cuarto de 15 a 20 golpes.
6. Calcular la humedad correspondiente a cada muestra.
7. Realizar los cálculos correspondientes para su clasificación

10.3. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO

10.3.1. Contenido de Humedad.

Tabla 11. Contenido de Humedad Suelos vereda El Palmar

APIQUE	MUESTRA	PESO MOLDE VACIO	PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	PESO MOLDE + SUELO SECO	PESO SUELO SECO	% DE HUMEDAD	HUMEDAD PROMEDIO
1	1-1	7,2	83,3	69,7	62,5	21,76	18,51
	1-2	8,4	62,7	53,8	45,4	19,60	
	1-3	8,4	55,1	49,3	40,9	14,18	
	2-1	6,4	79	63,2	56,8	27,82	35,57
	2-2	7,1	56,6	43,6	36,5	35,62	
	2-3	8,6	56,6	42,1	33,5	43,28	
2	1-1	8,6	73,9	63,9	55,3	18,08	19,39
	1-2	8,7	59,4	51,7	43	17,91	
	1-3	7,1	58,9	49,5	42,4	22,17	
	2-1	8,7	81,1	63,2	54,5	32,84	34,45
	2-2	6,6	51,9	39,9	33,3	36,04	
	2-3	8,5	47,9	37,8	29,3	34,47	
3	1-1	6,8	69,9	60,5	53,7	17,50	16,92

	1-2	7,3	82,6	72,6	65,3	15,31	13,38
	1-3	8,4	74,1	64,1	55,7	17,95	
	2-1	8,6	80,7	72,3	63,7	13,19	
	2-2	10	64,3	57,4	47,4	14,56	
	2-3	8,3	74,5	67,2	58,9	12,39	

Fuente: El autor

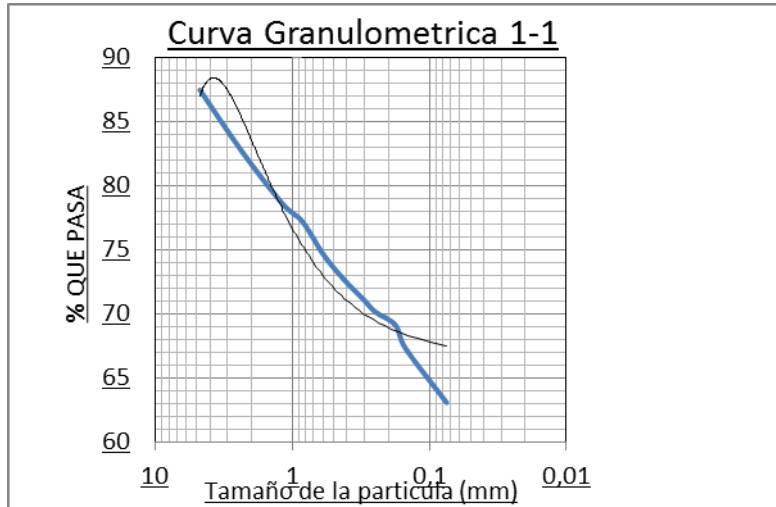
10.3.2. Granulometría y límites

Tabla 12. Análisis Granulométrico Apique 1-1 K0+000

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso Tamiz Vacío (gr)	peso tamiz + suelo retenido	Peso retenido (gr)	Peso Retenido Ajustado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,750	647	898	251	251,00	12,55	12,55	87,45
8	2,360	545	640	95	95,00	4,75	17,30	82,70
16	1,180	542	625	83	83,00	4,15	21,45	78,55
20	0,850	527	554	27	27,00	1,35	22,80	77,20
30	0,590	521	574	53	53,00	2,65	25,45	74,55
40	0,425	521	558	37	37,00	1,85	27,30	72,70
50	0,300	511	544	33	33,00	1,65	28,95	71,05
60	0,250	499	517	18	18,00	0,90	29,85	70,15
80	0,177	456	477	21	21,00	1,05	30,90	69,10
100	0,150	481	517	36	36,00	1,80	32,70	67,30
200	0,075	457	542	85	85,00	4,25	36,95	63,05
Fondo		569	572	1261	1261,00	63,05	100,00	0,00

Fuente: El autor

Grafica 12. Curva Granulométrica Apique 1-1 K0+000



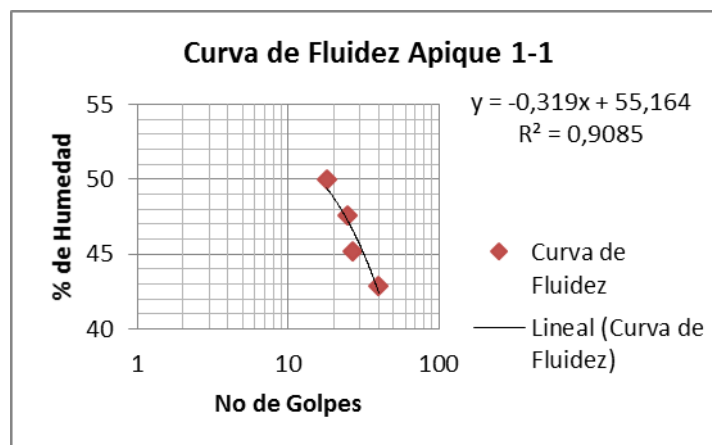
Fuente: El autor

Tabla 13. Limite Líquido Apique 1-1 K0+000

No de Golpes	Peso del Recipiente	Peso del Recipiente + suelo húmedo	Peso del Recipiente + suelo seco	Peso del Suelo Seco	% de Humedad	N/25	Limite liquido
40	6,4	15,4	12,7	6,3	42,86	1,6	45,37
27	6,4	15,4	12,6	6,2	45,16	1,08	45,58
25	6,5	15,5	12,6	6,1	47,54	1	47,54
18	6,3	15,3	12,3	6	50,00	0,72	48,05

Fuente: El autor

Grafica 13. Curva de Fluidez Apique 1-1 K0+000



Fuente: El autor

Tabla 14. Límite Plástico Apique 1-1 K0+000

Peso del Recipiente	Peso del Recipiente + suelo húmedo	Peso del Recipiente + suelo seco	Peso del Suelo Seco	% de Humedad	Límite Plástico
6,3	9,3	8,7	2,4	25,00	24,78
6,5	9,6	9	2,5	24,00	
6,3	8,7	8,2	1,9	26,32	
6,4	9	8,5	2,1	23,81	

Fuente: El autor

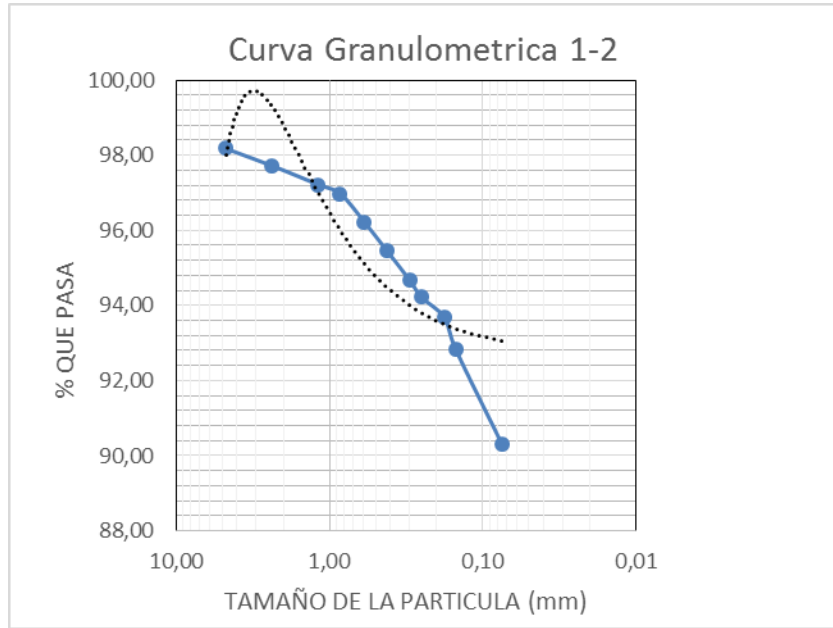
Índice de plasticidad
21,85

Tabla 15. Análisis Granulométrico Apique 1-2 K0+000

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso Tamiz Vacío (gr)	peso tamiz + suelo retenido	Peso retenido (gr)	Peso Retenido Ajustado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,750	647	738	91	91,05	1,82	1,82	98,18
8	2,360	545	568	23	23,01	0,46	2,28	97,72
16	1,180	542	567	25	25,02	0,50	2,78	97,22
20	0,850	527	539	12	12,01	0,24	3,02	96,98
30	0,590	521	559	38	38,02	0,76	3,78	96,22
40	0,425	521	558	37	37,02	0,74	4,52	95,48
50	0,300	511	551	40	40,02	0,80	5,32	94,68
60	0,250	499	522	23	23,01	0,46	5,78	94,22
80	0,177	456	483	27	27,02	0,54	6,32	93,68
100	0,150	481	523	42	42,03	0,84	7,16	92,84
200	0,075	457	583	126	126,08	2,52	9,69	90,31
Fondo		569	573	4513	4515,71	90,31	100,00	0,00

Fuente: El autor

Grafica 14. Curva Granulométrica Apique 1-2 K0+000



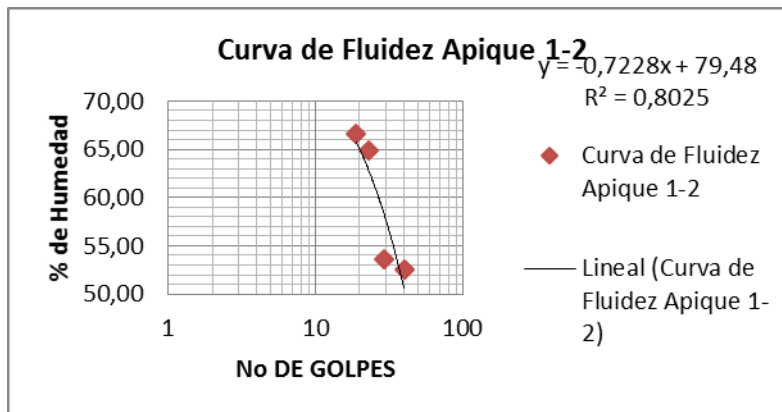
Fuente: El autor

Tabla 16. Límite Líquido Apique 1-2 K0+000

No de Golpes	Peso del Recipiente	Peso del Recipiente + suelo húmedo	Peso del Recipiente + suelo seco	Peso del Suelo Seco	% de Humedad	N/25	Límite líquido
40	6,5	12,6	10,5	4	52,50	1,6	55,57
29	6,4	12,7	10,5	4,1	53,66	1,16	54,63
23	6,5	12,6	10,2	3,7	64,86	0,92	64,21
19	6,6	12,6	10,2	3,6	66,67	0,76	64,49

Fuente: El autor

Grafica 15. Curva de Fluidez Apique 1-2 K0+000



Fuente: El autor

Tabla 17. Límite Plástico Apique 1-2 K0+000

Peso del Recipiente	Peso del Recipiente + suelo húmedo	Peso del Recipiente + suelo seco	Peso del Suelo Seco	% de Humedad	Límite Plástico
5,5	7,1	6,7	1,2	33,33	34,09
6,4	7,6	7,3	0,9	33,33	
6,6	8,1	7,7	1,1	36,36	
6,6	7,8	7,5	0,9	33,33	
Índice de plasticidad					
25,64					

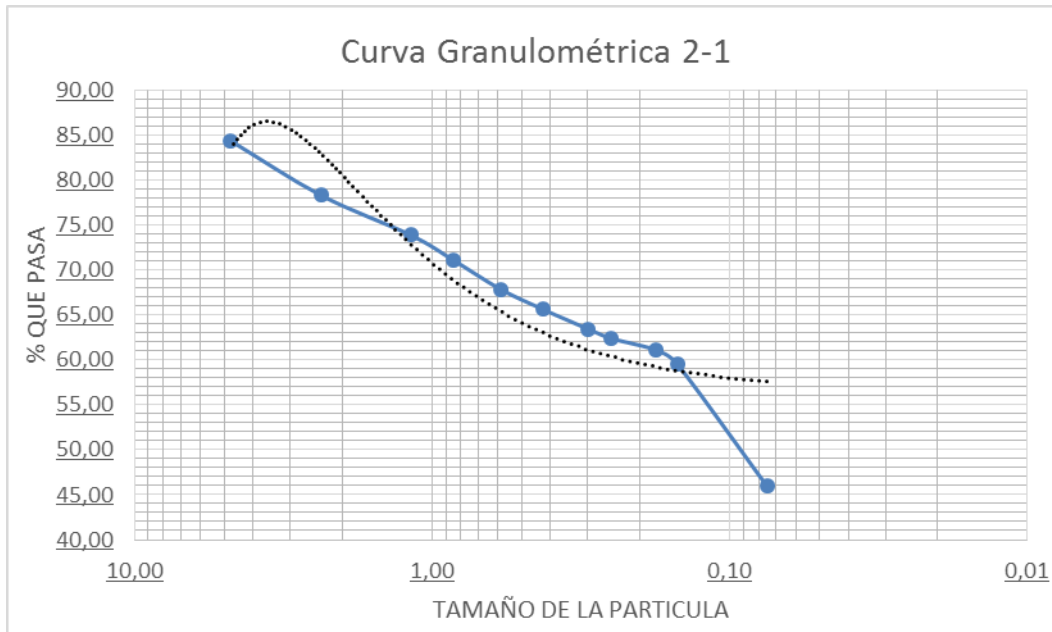
Fuente: El autor

Tabla 18. Análisis Granulométrico Apique 2-1 K1+400

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso Tamiz Vacío (gr)	peso tamiz + suelo retenido	Peso retenido (gr)	Peso Retenido Ajustado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,750	647	912	265	265,47	15,62	15,62	84,38
8	2,360	545	648	103	103,18	6,07	21,69	78,31
16	1,180	542	617	75	75,13	4,42	26,10	73,90
20	0,850	527	574	47	47,08	2,77	28,87	71,13
30	0,590	521	576	55	55,10	3,24	32,12	67,88
40	0,425	521	559	38	38,07	2,24	34,35	65,65
50	0,300	511	548	37	37,07	2,18	36,54	63,46
60	0,250	499	517	18	18,03	1,06	37,60	62,40
80	0,177	456	478	22	22,04	1,30	38,89	61,11
100	0,150	481	508	27	27,05	1,59	40,48	59,52
200	0,075	457	687	230	230,41	13,55	54,04	45,96
Fondo		569	580	780	781,38	45,96	100,00	0,00

Fuente: El autor

Grafica 16. Curva Granulométrica Apique 2-1 K1+400



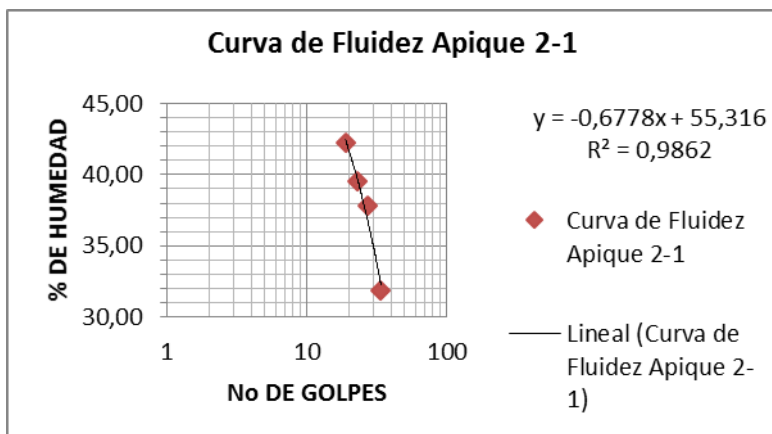
Fuente: El autor

Tabla 19. Límite Líquido Apique 2-1 K1+400

No de Golpes	Peso del Recipiente	Peso del Recipiente + suelo húmedo	Peso del Recipiente + suelo seco	Peso del Suelo Seco	% de Humedad	N/25	Límite líquido
34	6,4	12,6	11,1	4,7	31,91	1,36	33,12
27	6,4	12,6	10,9	4,5	37,78	1,08	38,13
23	6,5	12,5	10,8	4,3	39,53	0,92	39,14
19	6,3	12,7	10,8	4,5	42,22	0,76	40,84

Fuente: El autor

Grafica 17. Curva de Fluidez Apique 2-1 K1+400



Fuente: El autor

Tabla 20. Límite Plástico Apique 2-1 K1+400

Peso del Recipiente	Peso del Recipiente + suelo húmedo	Peso del Recipiente + suelo seco	Peso del Suelo Seco	% de Humedad	Límite Plástico
6,3	8,6	8,1	1,8	27,78	28,16
5,5	8,5	7,85	2,35	27,66	
6,3	8,5	8	1,7	29,41	
6,5	8,8	8,3	1,8	27,78	

Índice de plasticidad
9,65

Fuente: El autor

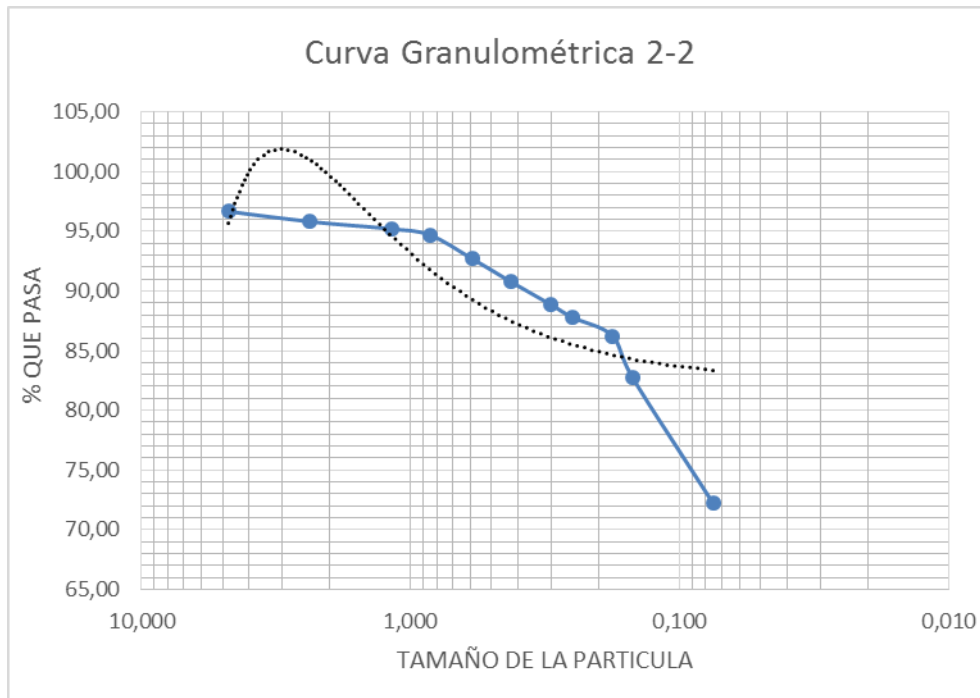
Tabla 21. Análisis Granulométrico Apique 2-2 k1+400

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso Tamiz Vacío (gr)	peso tamiz + suelo retenido	Peso retenido (gr)	Peso Retenido Ajustado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,750	647	714	67	67,10	3,36	3,36	96,64
8	2,360	545	562	17	17,03	0,85	4,21	95,79
16	1,180	542	554	12	12,02	0,60	4,81	95,19
20	0,850	527	537	10	10,02	0,50	5,31	94,69
30	0,590	521	561	40	40,06	2,00	7,31	92,69
40	0,425	521	559	38	38,06	1,90	9,21	90,79

50	0,300	511	550	39	39,06	1,95	11,17	88,83
60	0,250	499	520	21	21,03	1,05	12,22	87,78
80	0,177	456	487	31	31,05	1,55	13,77	86,23
100	0,150	481	550	69	69,10	3,46	17,23	82,77
200	0,075	457	668	211	211,32	10,57	27,79	72,21
Fondo		569	586	1442	1444,17	72,21	100,00	0,00

Fuente: El autor

Grafica 18. Curva Granulométrica Apique 2-2 K1+400



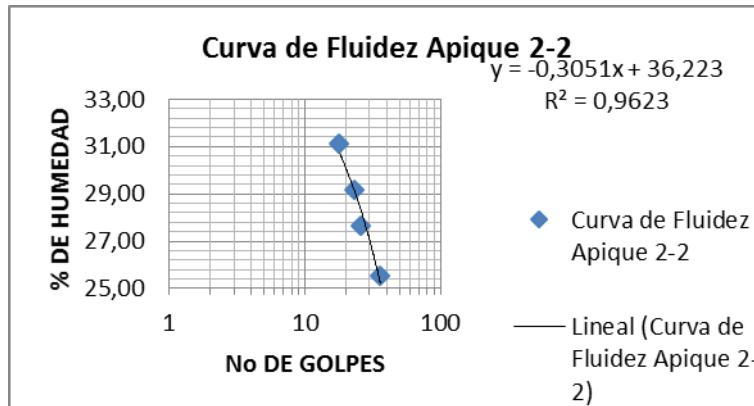
Fuente: El autor

Tabla 22. Límite Líquido Apique 2-2 K1+400

No de Golpes	Peso del Recipiente	Peso del Recipiente + suelo húmedo	Peso del Recipiente + suelo seco	Peso del Suelo Seco	% de Humedad	N/25	Límite líquido
36	6,6	12,5	11,3	4,7	25,53	1,44	26,68
26	6,5	12,5	11,2	4,7	27,66	1,04	27,79
23	6,4	12,6	11,2	4,8	29,17	0,92	28,87
18	5,5	11,4	10	4,5	31,11	0,72	29,90

Fuente: El autor

Grafica 19. Curva de Fluidez Apique 2-2 K1+400



Fuente: El autor

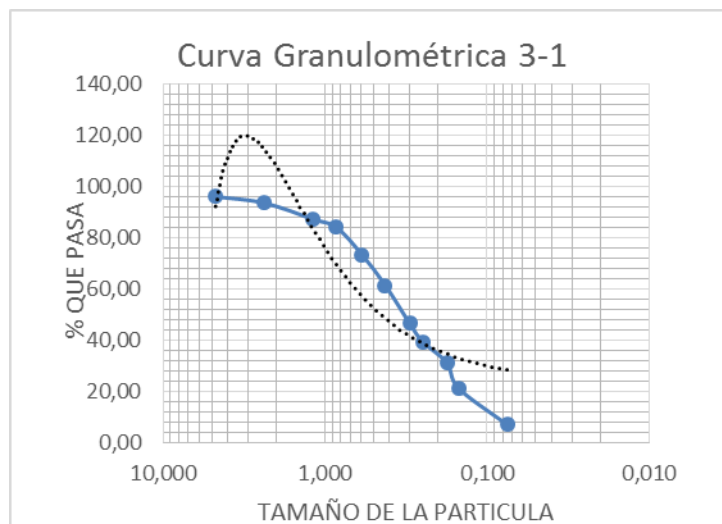
La Muestra de suelo Número dos (2) del Apique 2 no presenta Límite Plástico

Tabla 23. Análisis Granulométrico Apique 3-1 K2+150

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso Tamiz Vacío (gr)	peso tamiz + suelo retenido	Peso retenido (gr)	Peso Retenido Ajustado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,750	647	677	30	30,38	3,80	3,80	96,20
8	2,360	545	565	20	20,25	2,53	6,33	93,67
16	1,180	542	592	50	50,63	6,33	12,66	87,34
20	0,850	527	552	25	25,32	3,16	15,82	84,18
30	0,590	521	606	85	86,08	10,76	26,58	73,42
40	0,425	521	615	94	95,19	11,90	38,48	61,52
50	0,300	511	629	118	119,49	14,94	53,42	46,58
60	0,250	499	555	56	56,71	7,09	60,51	39,49
80	0,177	456	521	65	65,82	8,23	68,73	31,27
100	0,150	481	560	79	80,00	10,00	78,73	21,27
200	0,075	457	570	113	114,43	14,30	93,04	6,96
Fondo		569	586	55	55,70	6,96	100,00	0,00

Fuente: El autor

Grafica 20. Curva Granulométrica Apique 3-1 K2+150



Fuente: El autor

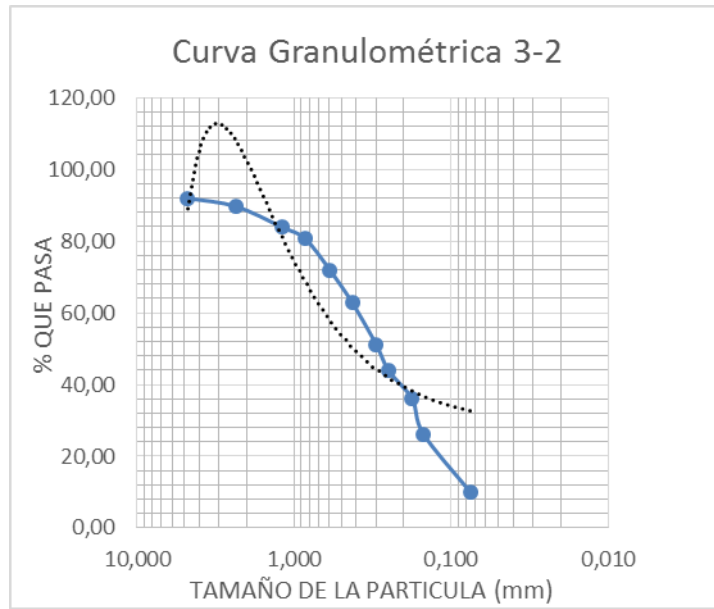
Las Muestras tomadas en el K2+150 no muestran Límites líquido ni plástico

Tabla 24. Análisis Granulométrico Apique 3-2 K2+150

Tamiz No	Diámetro (mm)	Peso Tamiz Vacío (gr)	peso tamiz + suelo retenido	Peso retenido (gr)	Peso Retenido Ajustado	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
4	4,750	647	711	64	64,24	8,03	8,03	91,97
8	2,360	545	563	18	18,07	2,26	10,29	89,71
16	1,180	542	589	47	47,18	5,90	16,19	83,81
20	0,850	527	552	25	25,09	3,14	19,32	80,68
30	0,590	521	591	70	70,26	8,78	28,11	71,89
40	0,425	521	594	73	73,27	9,16	37,26	62,74
50	0,300	511	603	92	92,35	11,54	48,81	51,19
60	0,250	499	557	58	58,22	7,28	56,09	43,91
80	0,177	456	519	63	63,24	7,90	63,99	36,01
100	0,150	481	559	78	78,29	9,79	73,78	26,22
200	0,075	457	587	130	130,49	16,31	90,09	9,91
Fondo		569	578	79	79,30	9,91	100,00	0,00

Fuente: El autor

Grafica 21. Curva Granulométrica Apique 3-2 K2+150



Fuente: El autor

10.4. CLASIFICACION DE LOS SUELOS.

Las clases de suelos se establecieron por medio del Sistema de Clasificación de suelos de la AASHTO).

A continuación se muestra la tabla para la clasificación:

Tabla 25. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos de la AASHTO

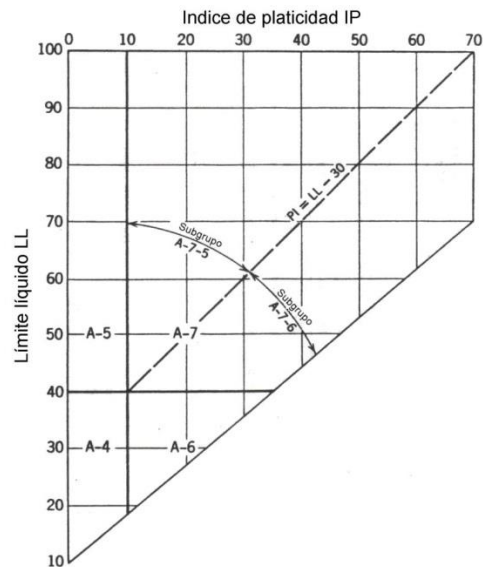
Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
	A-1		A-3 ^A	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado, % que pasa											
No. 10 (2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite líquido	...		...	B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		N.P.	B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín. ^B
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

^A La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.

^B El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.

Fuente: <https://www.google.com.co/search?q=clasificacion+de+suelos+ashto>

Grafica 22. Gráfico de plasticidad para Clasificación de Suelos



Fuente: http://notasingenierocivil.blogspot.com/2011/05/propiedades-fisicas-del-suelo_1019.html

La clasificación Obtenida por los ensayos de laboratorio fue la siguiente:

Tabla 26. Clasificación de suelos vereda El Palmar

APIQUE	ABSCISA	MUESTRA	CLASIFICACION						
			% QUE PASA TAMIZ 200	WL	WP	Ip	% HUMEDAD	SIMBOLO AASHTO	NOMBRE
1	K0+000	1-1	63.05	46,6	24,78	21,85	18,51	A-7-6	Arcillas Inorgánicas
		1-2	90.31	59,7	34,09	25,64	35,57	A-7-5	Arcillas Orgánicas - Limos Inorgánicos
2	K1+400	2-1	45.96	37,8	28,16	9,65	19,39	A-4	Arenas arcillosas
		2-2	72.21	28,3	----	28,31	34,45	A-6	Arcillas Inorgánicas
3	K2+150	3-1	6.96	----	----	----	16,92	A-3	Arenas pobremente gradadas
		3-3	9.91	----	----	----	13,38	A-3	Arenas pobremente gradadas

Fuente: El autor

CONCLUSIONES

Realizados los ensayos de laboratorio correspondientes a las muestras de suelo de los diferentes apiques hechos en la vía de la vereda El Palmar a distancias variables y a una profundidad entre 1.80 y 2.00 m, se puede determinar que existen cinco tipos de suelos en la zona, observando que la mayoría tiene presencia de limos y arcillas lo cual dificulta la permeabilidad del terreno, complicando el drenaje natural.

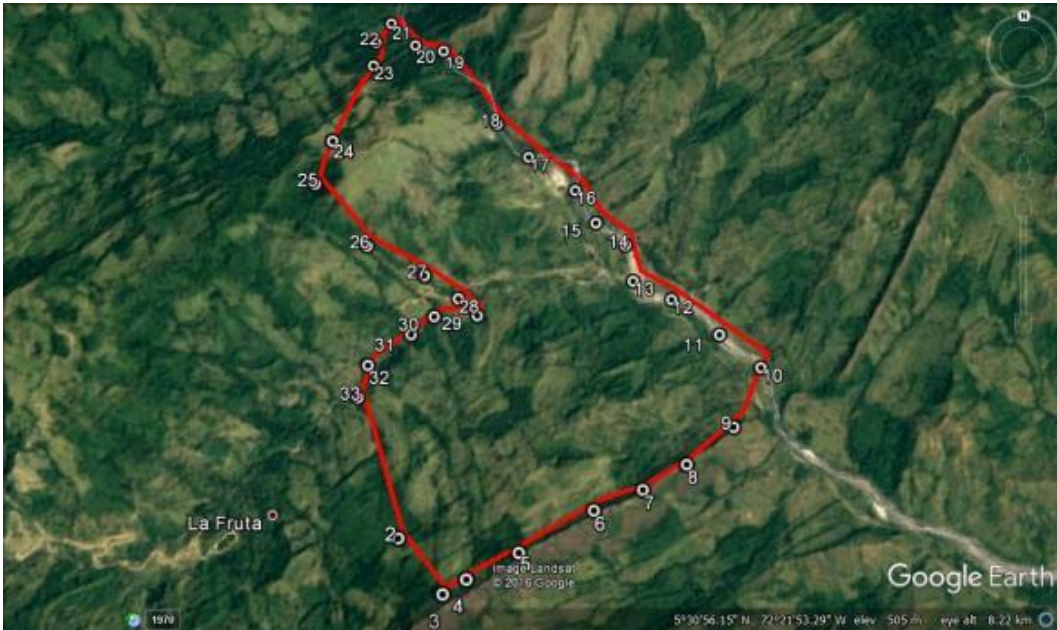
De esta forma es preciso recomendar, la debida intervención en las obras de drenaje correspondientes.

11. ANALISIS Y DISEÑO PRELIMINAR DE LA VIA PARA LA VEREDA EL PALMAR Y SU PAVIMENTO.

Este documento muestra el informe correspondiente al diseño preliminar de la Placa Huella y trazado vertical y horizontal para la vía de la vereda El Palmar del municipio de Yopal Casanare, ubicada al nor-este del casco urbano del municipio de Yopal a una altitud de 564 m.s.n.m. a 5°30'40" latitud Norte y 72°21'24" longitud Oeste en su punto inicial; y a 462 m.s.n.m. a 5°31'11" latitud Norte y 72°21'37" longitud Oeste en su punto final.

Una Placa Huella se refiere a la elaboración, transporte, colocación y vibrado de una mezcla de concreto hidráulico reforzado, dispuesto en dos placas separadas por concreto ciclópeos, de acuerdo con los lineamientos, cotas, secciones y espesores indicados o determinados en el pre diseño transversal y longitudinal y regido por las normas de INVIAS para carreteras terciarias.

Imagen 7. Satelital de la Vereda El Palmar.



Fuente: Google Earth

11.1. ESTADO ACTUAL DE LA VÍA

El camino existente en la vereda El Palmar como vía principal de acceso para sus habitantes presenta grandes dificultades, sobre todo en épocas de invierno debido a las malas condiciones en las que se encuentra, y agregando la pluviosidad y la escorrentía superficial generada por sus áreas aferentes.

Estas variantes hacen que crezca la fluctuación en cada uno de los campesinos que día a día deben transportar sus insumos, ganados y productos para su subsistencia.

Para conocer el estado actual de la vía fue necesario realizar un registro fotográfico a lo largo de su recorrido y mediante una fotografía satelital se observa la longitud total y su relieve.

Imagen 8. Trayecto de la vía principal para la vereda El Palmar



Fuente: Google Earth

11.1.1. Registro Fotográfico Camino actual vereda El Palmar

Foto 1. Recorrido Vía El Palmar



Fuente: El autor

Foto 2. Anchos de Vía Inadecuados



Fuente: El autor

Foto 3. Presencia de Lodazales



Foto 4. Aguas de Escorrentía superficial



Fuente: El autor



11.2. DISEÑO PRELIMINAR DE LA VIA VEREDA EL PALMAR

Objetivos

Elaborar un diseño preliminar de la vía y de La placa Huella respectiva con factibilidad económica para la vereda El Palmar del municipio de Yopal Casanare, en pro del mejoramiento de la calidad de vida de los que allí habitan, dando solución a las diferentes necesidades de movilidad.

Cumplir con la normatividad vigente para vías terciarias en cuanto lo permita la estabilidad Geotécnica y la topografía de la zona Mediante el diseño preliminar, para garantizar un corredor apto para su servicio y con condiciones aprobadas de seguridad.

11.2.1. Parámetros de diseño

✓ Vía Terciaria:

Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí.

Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las vías Secundarias. (INVIAS I. N., 2008)

✓ Velocidad de Diseño:

La Velocidad de Diseño de un tramo homogéneo está definida en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno. A un tramo homogéneo se le puede asignar una Velocidad de diseño en el rango que se indica en la Tabla. En ella se resume el equilibrio entre el mejor nivel de servicio que se puede ofrecer a los usuarios de las carreteras colombianas y las posibilidades económicas del país.

La velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad a la que pueden realizar con seguridad el recorrido.

El diseñador, para garantizar la consistencia en la velocidad, debe identificar a lo largo del corredor de ruta tramos homogéneos a los que por las condiciones topográficas se les pueda asignar una misma velocidad. (INVIAS I. N., 2008)

Tabla 27. Velocidad de Diseño

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO V_{TR} (km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras INVIAS (Tabla 2.1)

✓ **Vehículo de Diseño:**

“El diseño geométrico de una vía está orientado a definir un trazado que facilite la circulación de los vehículos tanto en el sentido longitudinal como en su ubicación en el sentido transversal de la calzada. El vehículo representativo de todos los vehículos que puedan circular por dicha vía se denomina vehículo de diseño.

Para efectos del diseño geométrico se adopta la siguiente clasificación, en concordancia con lo estipulado por el Ministerio de Transporte en la Resolución 4100 del 28 de diciembre de 2004.

1) Vehículos livianos con menos de cinco toneladas (5.0 T) de capacidad tales como automóviles, camionetas y camperos.

2) Vehículos pesados con más de cinco toneladas (5.0 T) de capacidad como buses y vehículos de transporte de carga.

Particularmente los vehículos livianos inciden en las velocidades máximas, en las distancias de visibilidad de parada y distancias de visibilidad de adelantamiento,

mientras que los vehículos pesados (buses y vehículos de carga) lo hacen en la pendiente longitudinal y en la longitud crítica de pendiente” (INVIAS I. N., 2008)

Los vehículos que transitarán la vía de la vereda El Palmar son de tipo liviano ya que corresponden a camperos, camionetas y vehículos pequeños, y esporádicamente vehículos de transporte de insumos o materiales.

✓ **Peralte:**

En carreteras Terciarias, especialmente en terreno montañoso y escarpado, es difícil disponer de longitudes de entre-tangencia amplias, por lo que no es fácil hacer la transición de peralte. Por lo anterior se considera que el peralte máximo más adecuado para este caso es de seis por ciento (6%). (INVIAS I. N., 2008)

✓ **Pendiente:**

La pendiente mínima longitudinal de la rasante debe garantizar especialmente el escurrimiento fácil de las aguas lluvias en la superficie de rodadura y en las cunetas. La pendiente mínima que garantiza el adecuado funcionamiento de las cunetas debe ser de cero punto cinco por ciento (0.5%) como pendiente mínima deseable y cero punto tres por ciento (0.3%) para diseño en terreno plano o sitios donde no es posible el diseño con la pendiente mínima deseable. En la selección de uno de los dos valores anteriores se debe tener en cuenta el criterio de frecuencia, intensidad de las lluvias y el espaciamiento de las obras de drenaje tales como alcantarillas y aliviaderos.

La pendiente máxima está en relación directa con la velocidad a la que circulan los vehículos, teniendo en dicha velocidad una alta incidencia el tipo de vía que se desea diseñar. Para vías Terciarias las pendientes máximas se ajustan a velocidades entre veinte y sesenta kilómetros por hora (20 - 60 km/h), en donde la

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIAS) (Tabla 5.2)

✓ **Fricción Transversal Máxima:**

Está determinada por numerosos factores, entre los cuales: el estado de la superficie de rodadura, la velocidad del vehículo y el tipo y condiciones de las llantas de los vehículos. Se adoptan los valores del coeficiente de fricción transversal máxima indicados por los estudios recientes de la AASHTO, los cuales se indican en la Tabla.

Tabla 30. Coeficiente de Fricción Transversal Máxima

VELOCIDAD ESPECÍFICA V_{CH} (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL MÁXIMA $f_{Tmáx}$	0.35	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIAS) (Tabla3.1)

✓ **Radio de Curvatura Mínimo:**

El radio mínimo es el valor límite de curvatura para una Velocidad específica de acuerdo con el peralte máximo y el coeficiente de fricción transversal máxima. El Radio mínimo de curvatura solo debe ser usado en situaciones extremas, donde sea imposible la aplicación de radios mayores. El radio mínimo se calcula de acuerdo al criterio de seguridad ante el deslizamiento mediante la aplicación de la ecuación de equilibrio: (INVIAS I. N., 2008)

$$R_{Cmín} = \frac{(V_{CH})^2}{127 \times (e_{máx} + f_{Tmáx})}$$

Tabla 31. Radios Mínimos para Peralte Máximo 6% y Fricción Máxima

VELOCIDAD ESPECÍFICA (V _{CH}) (km/h)	PERALTE MÁXIMO (%)	COEFICIENTE DE FRICCIÓN TRANSVERSAL f _{Tmáx}	TOTAL e _{máx} + f _{Tmáx}	RADIO MÍNIMO (m)	
				CALCULADO	REDONDEADO
20	6,0	0,35	0,41	7,7	15 ⁽¹⁾
30	6,0	0,28	0,34	20,8	21
40	6,0	0,23	0,29	43,4	43
50	6,0	0,19	0,25	78,7	79
60	6,0	0,17	0,23	123,2	123

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIAS) (Tabla3.3)

11.2.2. Metodología para el Diseño Preliminar de la Vía

El diseño para la vía debe realizarse de manera coherente buscando que no afecte negativamente la seguridad ni la comodidad de los futuros usuarios, ni impliquen exceder significativamente el presupuesto para la ejecución del proyecto. Por lo tanto, se debe desarrollar bajo los criterios para el diseño geométrico de carreteras establecido por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS); con el fin de garantizar la consistencia y conjugación armoniosa de todos sus elementos unificando los procedimientos y documentación requeridos para la elaboración del proyecto, según sea su tipo y grado de detalle. (INVIAS I. N., 2008)

Para la elaboración del Diseño preliminar de la vía de la vereda El Palmar del municipio de Yopal Casanare fue necesario realizar una serie de actividades referidas a continuación.

- Como primera actividad, se realizó una visita de campo para recorrer el trayecto planteado para la vía, en ésta se generó la ruta de puntos de georreferenciación con ayuda de un equipo GPS, a fin de obtener los parámetros esenciales para el inicio del diseño preliminar
- Una vez descargados los puntos tomados en la visita, fueron transformados a formato KML para importarlos al programa Informático Google earth el cual

nos permite la visualización de variada cartografía con base en fotografías satelitales, y de la misma forma conseguir la ubicación real de la vía.

- Como siguiente paso se exportaron los datos desde la herramienta Google earth al software de diseño AutoCAD Civil 3D de Autodesk versión estudiantil con el fin de obtener los puntos de trazado inicial y su respectiva superficie.
- Con ayuda del software AutoCAD Civil 3D se dibuja la línea de ceros por medio de triangulación, tratando de atañerse a la vía existente en la actualidad, la cual servirá para dibujar el trazado final.
- Obtenida la línea de ceros, se procede a realizar los alineamientos horizontal y vertical (también con el software Auto CAD versión estudiantil), teniendo en cuenta los parámetros para vías terciarias como son velocidad de diseño, pendientes, radios mínimos y peraltes.
- Seguidamente y con el uso del mismo software se crea la rasante de la vía junto con su perfil
- Por último se organizan los planos y su presentación formato INVIAS.

11.2.3. Datos utilizados para el Diseño Preliminar de la Vía El Palmar

Mediante la información encontrada tanto en las visitas como en la cartografía procesada se determinó que la vía para la vereda El Palmar del municipio de Yopal Casanare se clasifica por sus pendientes transversales en terreno montañoso, aprobando mediante estos datos los respectivos parámetros de diseño preliminar.

Tabla 32. Parámetros de Diseño Vía El Palmar

PARAMETRO DE DISEÑO	RESULTADOS VÍA EL PALMAR
VELOCIDAD DE DISEÑO	20 Km/h A 40 Km/h
PERALTE	6%
PENDIENTE MAXIMA	7%

ANCHO DE LA CALZADA	6,00 m
FRICCION TRANSVERSAL	0,28
RADIO DE CURVATURA MINIMO	21

Fuente: El autor

11.3. DISEÑO PRELIMINAR DE LA PLACA HUELLA

Los pavimentos se diseñan y construyen con el objetivo de prestar el servicio para el cual fue concebido, durante un periodo determinado, manteniendo unas condiciones de seguridad óptimas, con un costo apropiado.

En el diseño del pavimento es necesario tener en cuenta varios elementos, de los cuales los más importantes son la capacidad de soporte del suelo, el tránsito que circulará sobre la estructura durante todo su periodo de diseño, las condiciones climáticas y los materiales con que se construirá. (INVIAS, ICPC, & MINTRASPORTE, 2008)

✓ Tránsito y Periodo de Diseño

El tránsito promedio diario semanal (TPDs), se conoce como el volumen total de vehículos que son registrados en una sección de la vía en el término de una semana, a fin de establecer el porcentaje de usuarios potenciales.

Los ejes acumulados de 8,2 ton, son los ejes equivalentes que han de pasar por el carril de diseño durante el período de diseño

El manual de diseño de pavimentos de INVIAS considera un periodo de diseño de 20 años para todos los análisis estructurales, el cual bajo premisas teóricas debe coincidir como mínimo con la vida útil del pavimento, en el caso que exista una buena certidumbre en el análisis de las variables de diseño y su respectiva proyección.

Tabla 33. Categorías de Transito para la Selección de Espesores

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: Manual de diseño de Pavimentos de Concreto INVIAS (Tabla 3.1)

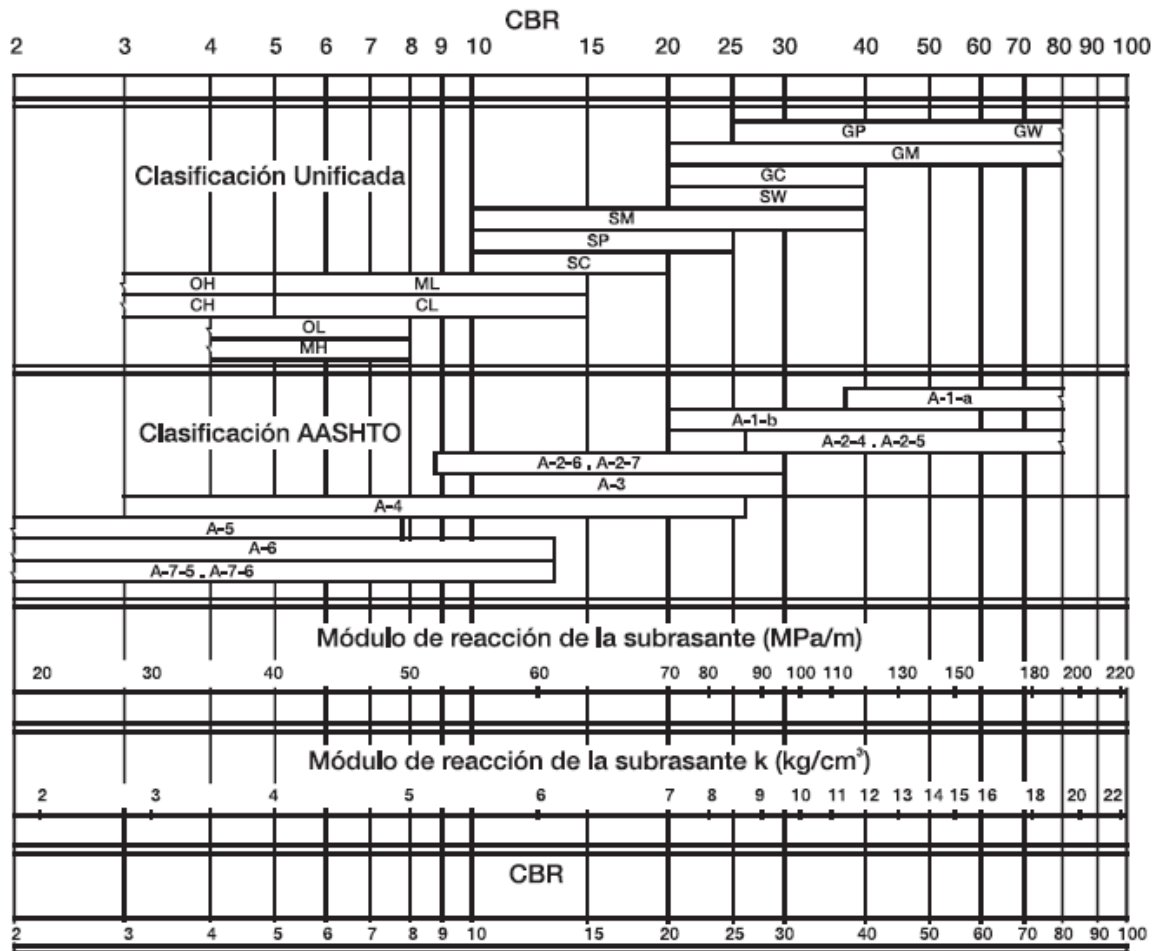
* Vt = vía terciaria E= estrechas

✓ CBR

La prueba del CBR es un ensayo normalizado (Norma INV-E 148-07, AASHTO T193), en el cual un vástago penetra, en el suelo compactado en un molde, con una presión y a una velocidad controlada; se establecen un conjunto de penetraciones prefijadas y se determina la presión ejercida correspondiente a cada una de ellas; el vástago tiene un área de 19,4 cm² y penetra la muestra a una velocidad de 0,127 cm/min.

El valor relativo de soporte (CBR) se expresa en porcentaje y se define como la relación entre la carga unitaria aplicada que produce cierta deformación en la muestra de suelo requerida, para producir igual deformación en una muestra patrón.

Ilustración 1. Relación entre la Clasificación de Suelo y los valores de CBR y K



Fuente: Manual de diseño de Pavimentos de Concreto INVIAS (Tabla 2.12)

✓ **Subrasante**

La Subrasante puede estar constituida por suelos en su estado natural (cortes), o por éstos con algún proceso de mejoramiento tal como sucede cuando se someten a una estabilización mecánica (terraplén) o mixtas, estabilización físico-química con aditivos como el cemento Portland, la cal o el asfalto, entre otras, y básicamente es la fundación sobre la cual el pavimento se construirá.

Se denomina suelo a la acumulación no consolidada de partículas sólidas, agua y aire, provenientes de la desintegración mecánica o la descomposición química de las rocas. Es una de las variables que está involucrada en el diseño de los

pavimentos de concreto, por eso es necesario conocer su clasificación y su comportamiento mecánico, con el fin de predecir su respuesta ante los esfuerzos que se le aplican bajo la acción de las cargas estáticas y dinámicas que ofrece el tránsito y el propio peso de la estructura del pavimento sobre su fundación, que en la técnica de los pavimentos recibe el nombre de subrasante. (INVIAS, ICPC, & MINTRANSPORTE, 2008)

Tabla 34. Clasificación de la Subrasante de acuerdo a su Resistencia

Clase o Tipo	CBR (%)
S1	< 2
S2	2 - 5
S3	5 - 10
S4	10 - 20
S5	>20

Fuente: Manual de diseño de Pavimentos de Concreto INVIAS (Tabla 2.13)

✓ **Materia de Soporte**

El Manual de diseño de Pavimentos tiene en cuenta tres (3) tipos de soporte para el pavimento: el suelo natural, las bases granulares y las bases estabilizadas con cemento de 150 mm de espesor. Su efecto en el espesor de su estructura se tendrá en cuenta elevando el valor de la capacidad de soporte del terreno natural o suelo de Subrasante.

Tabla 35. Clasificación de los materiales de soporte para el Pavimento de Concreto

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

Fuente: Manual de diseño de Pavimentos de Concreto INVIAS (Tabla 3.3)

✓ **Características del Concreto**

En los métodos de diseño de pavimentos de concreto, se considera la resistencia a la flexión, medida a 28 días, evaluada mediante su módulo de rotura, siguiendo el método de ensayo de la Norma INV E-414-07, como uno de los parámetros que determinan el espesor, sin embargo el ensayo que controla ese esfuerzo, es de difícil realización y motivo de grandes discusiones por la poca confiabilidad y gran dispersión en los valores que arroja el propio ensayo. (INVIAS, ICPC, & MINTRANSPORTE, 2008)

Tabla 36. Valores de Resistencia a la Flexotracción del concreto (MODULO DE ROTURA)

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

Fuente: Manual de diseño de Pavimentos de Concreto INVIAS (Tabla 3.4)

✓ **Transferencia de cargas**

Hay dos factores que influyen en la determinación del espesor de las losas de concretos y son la presencia de pasadores de carga (dovelas) en las juntas transversales y los confinamientos laterales del pavimento, como son las bermas, los bordillos o los andenes (INVIAS, ICPC, & MINTRANSPORTE, 2008)

Tabla 37. Denominación del Sistema de Transferencia de Cargas y Confinamiento Lateral

Denominación	Descripción
D	Dovelas
B	Bermas
No D	No Dovelas
No B	No Bermas

Fuente: Manual de diseño de Pavimentos de Concreto INVIAS (Tabla 3.5)

✓ **Pasadores de Carga según el espesor del Concreto**

Tabla 38. Recomendaciones para la Selección de los pasadores de Carga

Espesor del pavimento	Diámetro del pasador		Longitud	Separación entre centros
	mm	Pulgada	mm	mm
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: Manual de diseño de Pavimentos de Concreto INVIAS (Tabla 6.2)

✓ **Juntas de contracción**

Los materiales de construcción, por lo general, se ven sometidos a contracciones, expansiones o alabeos debidos a variaciones del tenor de humedad y temperatura ambientes.

La tendencia general es a contraerse y esto causa agrietamiento a edad temprana. Las grietas irregulares son feas y difíciles de manejar, pero generalmente no afectan la integridad del concreto. Las juntas son grietas planificadas previamente, pueden ser creadas mediante moldes, aserrado o colocación de formadores de juntas.

✓ **Espesor del concreto**

La selección del espesor se hace seleccionando en primer lugar el tránsito (T#), luego se escoge el tipo de suelo (S#) a partir de la capacidad de soporte de la Subrasante, a continuación se define si el pavimento tendrá dovelas (D) o no (ND)

y bermas laterales (B) o (NB), hasta este punto los datos se presentan en las columnas.

Luego se escoge el tipo de soporte sobre el que se desea construir el pavimento (SN, BG, o BEC) y finalmente se escoge la calidad del concreto (MR#) y en la casilla en donde coincidan todas las variables escogidas se lee el espesor en centímetros, que debe tener la losa, que cumple con las condiciones fijadas.

Tabla 39. Espesores de Losa de Concreto de acuerdo con la combinación de variables y T0 como factor principal

ESPEORES DE LOSA DE CONCRETO (cm) DE ACUERDO CON LA COMBINACIÓN DE VARIABLES																								
Tránsito T0																								
		S1				S2				S3				S4				S5						
		D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B	D y B	D y no B	No D y B	No D y no B			
SN	MR1		24	28		23	27	23	27		21	24	21	24		20	24	20	24		20	23	20	23
	MR2		23	27		22	26	22	26		20	24	20	24		20	23	20	23		19	22	19	22
	MR3		23	26		21	25	21	25		20	23	20	23		19	22	19	22		19	22	19	22
	MR4		21	24		20	24	20	24		19	22	19	22		18	21	18	21		18	21	18	21
BG	MR1		23	26		22	26	22	26		21	24	21	24		20	23	20	23		20	23	20	23
	MR2		22	25		21	25	21	25		20	23	20	23		19	22	19	22		19	22	19	22
	MR3		21	24		20	24	20	24		20	23	20	23		19	22	19	22		18	21	18	21
	MR4		20	23		19	23	19	23		20	23	20	23		18	21	18	21		17	20	18	20
BEC	MR1		20	23		19	22	19	22		18	21	18	21		18	20	18	20		17	20	17	20
	MR2		19	22		19	21	19	21		17	20	17	20		17	20	17	20		17	19	17	19
	MR3		18	21		18	21	18	21		17	19	17	19		16	19	17	19		16	19	17	19
	MR4		18	20		17	20	18	20		16	19	17	19		16	18	17	18		15	18	17	18

Fuente: Manual de diseño de Pavimentos de Concreto INVIAS (Tabla 4.1)

11.3.1. Metodología del diseño preliminar de la Placa Huella.

Para realizar el diseño preliminar de la placa huella para la vía El Palmar se siguieron los siguientes pasos:

- ✓ Teniendo en cuenta que la vía de diseño pertenece a la clasificación de la red terciaria, ya que es una carretera veredal y siguiendo los criterios del manual de diseño de pavimentos se eligió un TPDs entre 0 a 200, que a su vez clasificó la vía con la categoría de tránsito T0.

- ✓ El tipo de suelo presente en la vereda tiene una variedad desde limos orgánicos, Arcillas Orgánicas, Limos inorgánicos, arenas arcillosas y arenas pobremente gradadas, por lo tanto y con base en la tabla 45 (Relación entre clasificación del suelo y los valores de CBR) se encuentra entre 3% y 20% se decidió tomar el de condiciones más críticas (3%) para el diseño de la placa huella.
- ✓ Con base en el CBR tomado y la tabla 46 (Clasificación de la Subrasante de acuerdo con su resistencia) la clasificación para la placa es de tipo S2
- ✓ La base granular BG propuesta fue de 15 cm.
- ✓ A causa de las condiciones ambientales y de terreno a las que la vía estará expuesta se optó por un módulo de rotura MR3 que equivale a 42 Kg/cm².
- ✓ Ya que se trata de una placa huella se definió su diseño sin Bermas y con dovelas
- ✓ Con la información anterior y mediante la tabla 51. Se definió el espesor de la losa de 25 cm.
- ✓ Por último y rigiendo el diseño según las normas INVIAS se realizará a un periodo de diseño de 20 años.

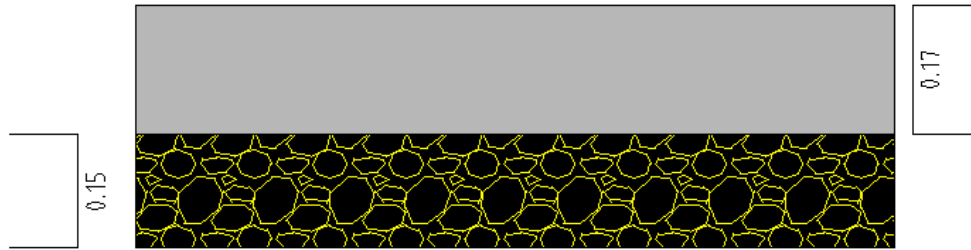
11.3.2. Cálculo Placa Huella

Tabla 40. Variables Necesarias para el diseño de la Placa Huella

VARIABLES PARA EL CALCULO DE LA PLACA HUELLA	
TRANSITO	T0
SUBRASANTE	S2
BASE GRANULAR (BEC)	15 cm
MR4	45 Kg/cm ²
DOVELAS Y NO BERMAS	D y no B
ESPELOR PLACA HUELLA	17 CM

Fuente: El autor

Ilustración 2. Espesor de Base Granular y Placa Huella



Fuente: El autor

✓ **Calculo de los pasadores de carga**

Con ayuda de la tabla No #. Y hallamos los pasadores de carga correspondientes.

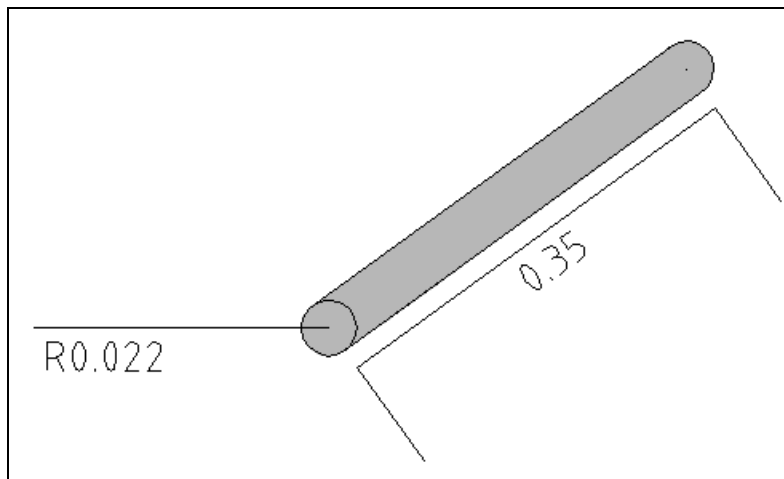
Para un espesor de placa entre 160 y 180 mm:

22 mm = 7/8"

350 mm de longitud total

Separación entre centros = 300 mm

Ilustración 3. Pasador de carga

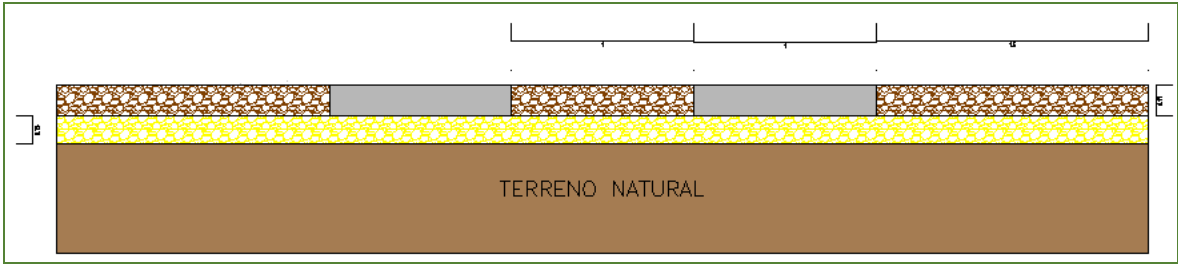


Fuente: El autor

✓ **Espaciamiento de Juntas transversales**

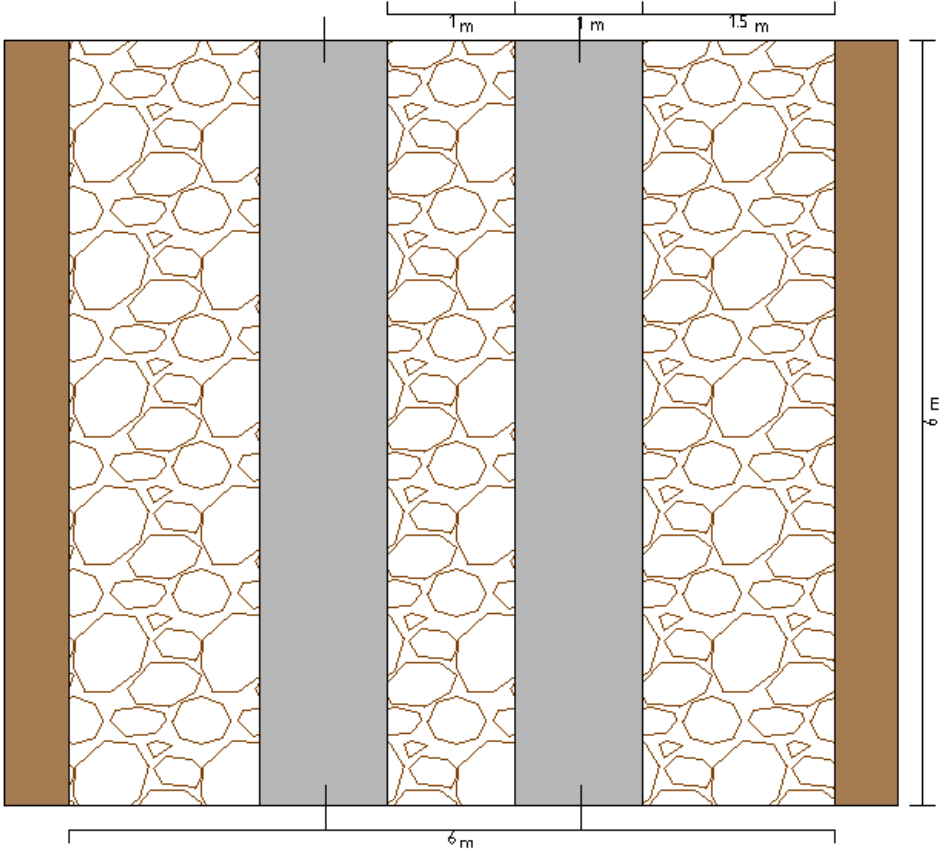
La separación máxima entre juntas se determinó teniendo en cuenta el tipo de agregado a utilizar, y sabiendo que en la zona se encuentran nacimientos de caliza se tomó como agregado grueso para el concreto, por tanto se obtuvo una separación de 6 m entre juntas transversales.

Ilustración 4. Perfil Transversal Placa Huella



Fuente: El autor

Ilustración 5. Vista en Planta Placa Huella



Fuente: El autor

11.4. DISEÑO PRELIMINAR DE CUNETAS

Las cunetas son estructuras de drenaje que captan las aguas de escorrentía superficial proveniente de la plataforma de la vía y de los taludes de corte, conduciéndolas longitudinalmente hasta asegurar su adecuada disposición.

11.4.1. Parámetros de diseño

✓ Caudal de diseño

Considerando que por lo general el área aferente a las cunetas es inferior a una hectárea (1.0 ha), para la obtención de los caudales de diseño se emplea el método racional.

$$Q = C \times I \times A$$

✓ Coefficiente de escorrentía.

Coefficiente de escorrentía C, valor adimensional, el cual se puede definir como la relación entre el volumen de escorrentía superficial, VE, y el volumen de precipitación total, VP, ambos expresados en m³, así:

$$C = \frac{V_{\text{Escorrentía Superficial}}}{V_{\text{Precipitación Total}}} = \frac{V_E}{V_P} = \frac{\frac{V_E}{t}}{\frac{V_P}{t}} \quad (\text{INVIAS I. N., 2009})$$

Tabla 41. Valores de Coeficientes de Escorrentía en áreas rurales

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
BOSQUES			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
PASTOS			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
TIERRAS CULTIVADAS			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Montañoso	0.52	0.72	0.82

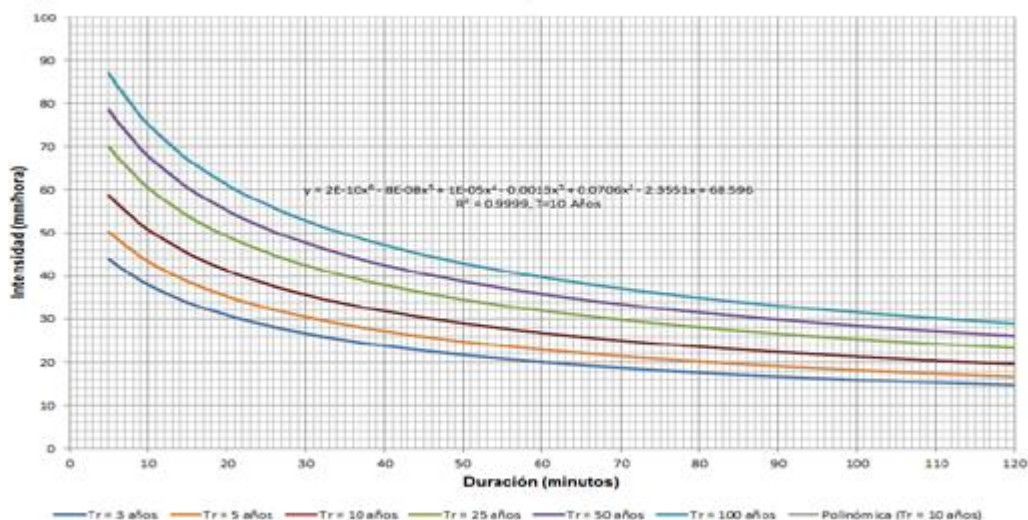
Nota: Plano (pendiente 0 - 5%); Ondulado (pendiente 5 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30 %, a falta de datos, utilizar los valores para pendientes entre el 10 y el 30 %.

Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras (Tabla 2.10)

✓ Curvas intensidad-duración-frecuencia, IDF

Las curvas intensidad, duración, frecuencia, IDF, son arreglos en los cuales se presentan las lluvias (estimadas como intensidad de precipitación) contra su duración y el periodo de retorno.

Grafica 23. Curvas IDF Yopal



Fuente: IDEAM

✓ **Tiempo de concentración**

El tiempo de concentración t_c de una determinada cuenca hidrográfica es el tiempo necesario para que el caudal saliente se estabilice, cuando ocurra una precipitación con intensidad constante sobre toda la cuenca.¹

Para áreas pequeñas, sin red hidrográfica definida, en las cuales el escurrimiento es laminar en la superficie, Izzard² dedujo la siguiente expresión para determinar el tiempo de concentración t_c :

$$T_C = \frac{107 L_R^{0.33} n_H}{S_R^{0.5}} \quad [3.3]$$

Donde: T_C : Tiempo de concentración, en minutos (min).

L_R : Longitud resultante de la trayectoria de flujo, en metros (m) (ver ecuación [3.5]).

n_H : Valor de rugosidad de Horton (0.015 para superficies pavimentadas).

S_R : Pendiente resultante de la trayectoria de flujo, en porcentaje (%).

✓ **Periodo de retorno**

El periodo de retorno se define como el intervalo de recurrencia (T), al lapso promedio en años entre la ocurrencia de un evento igual o mayor a una magnitud dada. Este periodo se considera como el inverso de la probabilidad, del m-ésimo evento de los n registros. (UNAD, 2013)

El periodo de retorno para cunetas se considera de 5 años.

✓ **Tipo de cuneta usual**

La sección transversal de la vía y dentro de ella la de la cuneta, juega un papel fundamental en la seguridad vial, por lo que al proyectar las cunetas con una determinada sección, este aspecto debe ser considerado.

En el medio colombiano es usual la cuneta triangular de 1.0 m de ancho total, distribuido 0.96 m al lado de la calzada y 0.04 m del lado del talud y 0.20 m de profundidad (constituyendo un vértice de 90°), con lo que se obtiene una pendiente lateral de 20.8%. Modificaciones a estas dimensiones siempre y cuando la pendiente al lado de la calzada sea menor o igual al 25%, son también aceptables.

Cuando la sección de la cuneta triangular para el ancho máximo disponible en la sección de la vía es insuficiente, se debe emplear una cuneta trapezoidal, deseablemente con una pendiente o talud hacia la calzada menor del 25%, condición que de no cumplirse implica el empleo de barreras de seguridad o de bordillos debidamente espaciados para permitir la entrada del agua. (INVIAS I. N., 2009)

✓ **Velocidades máximas permisibles**

Tabla 42. Velocidades Máximas Permisibles en canales artificiales

MATERIAL	VELOCIDAD MAXIMA (m/s)
Ladrillo común	3,0
Ladrillo Vitrificado	5,0
Arcilla Vitrificada (Gres)	4,0
Concreto 175 kg/cm ²	6,0
Concreto 210 kg/cm ²	10,0
Concreto 280 kg/cm ²	15,0
Concreto 350 kg/cm ²	20,0

Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras (Tabla 4.2)

11.4.2. Cálculo de la Cuneta

Se realizó el diseño preliminar para las cunetas en el K0 + 815 hasta el K0+915, puesto que viendo el perfil longitudinal de la vía y por observación en el periodo de las visitas de campo es el trazo donde se presenta un talud al costado izquierdo de la misma, recibiendo la escorrentía del área aferente de este. (La pendiente de bombeo es en un solo sentido). El tramo mencionado anteriormente tiene una pendiente representativa para las cunetas totales de la vía.

Se tomó como coeficientes de escorrentía

Calzada 0.8

Talud 0.42

La intensidad de diseño estimada a partir de la curva de intensidad-duración-frecuencia característica de la zona es de 48 mm/hora (1.333×10^{-5} m/s), para un período de retorno de 5 años y una duración de 7 minutos

✓ Cálculo del caudal de diseño

En primer lugar, se determina el área de drenaje, teniendo presente que la longitud de la cuneta es de 845 m (entre el K 0+815 y el K 0+915), el ancho de la calzada es de 6 m y el ancho del talud es de 20 m.

Entonces el área aferente es:

Calzada: $6 \times 100 = 600 \text{ m}^2 = 0.06 \text{ Ha}$

Talud: $20 \times 100 = 2000 \text{ m}^2 = 0.2 \text{ Ha}$

Por tanto el área aferente total será $0.26 \text{ Ha} = 2600 \text{ m}^2$

El coeficiente de escorrentía es = 0.51

El caudal de diseño según el método racional será:

$$Q=C \times I \times A = 0.51 \times 1.333 \times 10^{-5} \times 2600 = 0.0145 \text{ m}^3/\text{s} = 17.7 \text{ l/s}$$

✓ **Diseño de la Cuneta**

Se escoge una cuneta de sección triangular con un ancho total de 0.90 m, repartidos 0.88 m por el costado de la calzada y 0.02 m por el costado del talud, con una profundidad total de 0.20 m, revestida en concreto, con una rugosidad $n = 0.014$ y una pendiente hacia la calzada de 22.7%, admisible desde el punto de vista de seguridad

Para un caudal de 17.7 l/s, una pendiente longitudinal de 11.4% y un coeficiente de rugosidad de Manning de 0.014, las variables que describen el funcionamiento hidráulico de la cuneta toman los siguientes valores, obtenidos al igualar la expresión de Manning con el caudal de diseño

$$Q = \frac{1}{n} (A R^{2/3} S^{1/2}) \quad [4.21]$$

Siendo: Q: Caudal de diseño, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

A: Área mojada, en metros cuadrados (m^2).

R: Radio hidráulico, en metros (m).

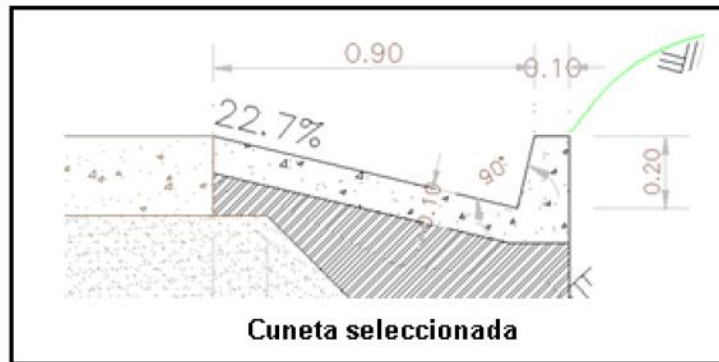
S: Pendiente, en metros por metro (m/m).

Profundidad de flujo = 0.056

Velocidad media de flujo = 3.1

La profundidad del flujo no rebasa la altura máxima de la cuneta (0.20 m), ni la velocidad media favorece procesos de sedimentación (0.60 m/s) o de erosión de la cuneta (la que, de acuerdo con la Tabla 4.2 es de 6.0 m/s para concretos de 175kg/cm²). Por lo tanto, el diseño elegido se considera adecuado. (INVIAS I. N., 2009)

Ilustración 6. Cuneta Seleccionada



11.5. DISEÑO PRELIMINAR DE ALCANTARILLA

✓ Caudal de diseño

Una alcantarilla es un conducto relativamente corto a través del cual se cruza el agua bajo la vía de un costado a otro. Incluye, por lo tanto, conductos con cualquier sección geométrica: circulares y alcantarillas de cajón principalmente.

El diseño de la alcantarilla consiste en determinar el diámetro más económico que permita pasar el caudal de diseño sin exceder la carga máxima a la entrada¹² (H_w) atendiendo también criterios de arrastre de sedimentos y de facilidad de mantenimiento.

Para establecer el caudal de diseño de la alcantarilla se tuvo en cuenta los datos de coeficiente ponderado de escorrentía del diseño preliminar de cunetas ($C=0.42$), un área aferente de 0.26 ha (2600 m²) y una intensidad de diseño

estimada a partir de la curva de intensidad-duración-frecuencia característica de la zona de 55 mm/hora (1.527×10^{-5} m/s), para un período de retorno de 10 años y una duración de 7 minutos.

$$Q = C \times I \times A = 0.42 \times 1.527 \times 10^{-5} \times 2600 = 0.0168 \text{ m}^3/\text{s} = 16.8 \text{ l/s}$$

✓ **Datos para el Diseño preliminar de la alcantarilla.**

Tabla 43. Datos Para el Diseño Preliminar de Alcantarilla

DESCRIPCION	DATO
Cota Rasante de la Vía	551
Cota batea de la alcantarilla	550
Diámetro de la Alcantarilla	0,9 m = 36"
Longitud de la alcantarilla	4 m
profundidad de entrada de diseño	1,28
Caudal de diseño	0,0168 m ³ /s
Pendiente longitudinal	11,4

Fuente: Autor

11.5.1. Cálculo Diseño Preliminar De Una Alcantarilla De D=0.90 M.

Para determinar la capacidad hidráulica de las alcantarillas se utilizó el modelo HY-8 desarrollado por la Federal Highway Administration del U.S. Department of Transportation. Este modelo realiza la evaluación considerando el control tanto en la entrada como en la salida y hace una selección de acuerdo con las condiciones del sitio, las características de la alcantarilla y el caudal.

Cuando el control ocurre en la entrada, el modelo HY-8 emplea las siguientes expresiones para analizar la capacidad de la alcantarilla:

En condiciones no sumergidas: (INVIAS I. N., 2009)

$$\frac{HW}{D} = K \left[\frac{1.811Q}{AD^{0.5}} \right]^M$$

En condiciones sumergidas:

$$\frac{HW}{D} = c \left[\frac{1.811Q}{AD^{0.5}} \right]^2 + Y - 0.5S^2$$

Dónde:

HW: Profundidad en la entrada (m).

D: Altura interior de la alcantarilla (m).

Q: Caudal (m³/s).

A: Área de la sección de la alcantarilla (m²).

S: Pendiente de la alcantarilla (m/m).

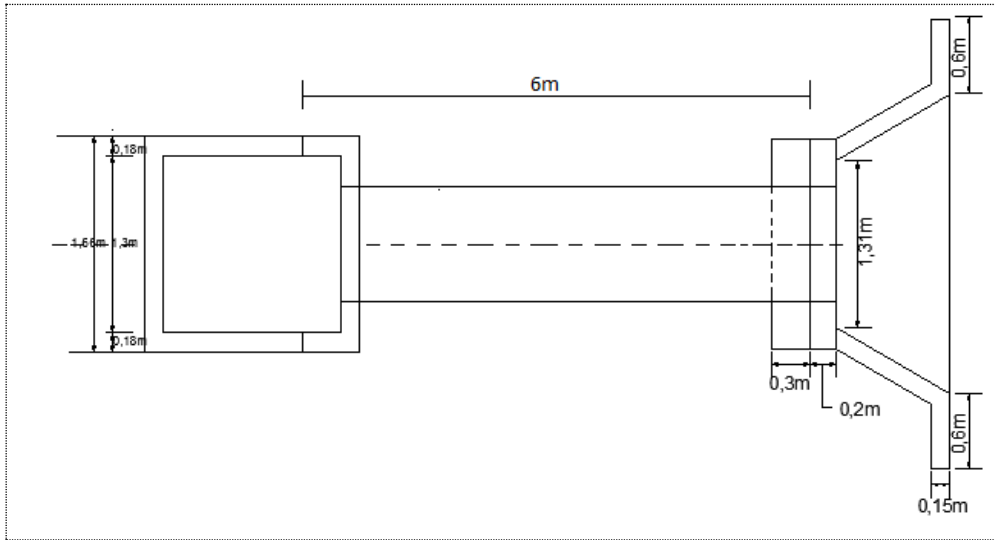
K, M, c, Y: Constantes de acuerdo con las condiciones y geometría de la estructura de entrada.

La evaluación hidráulica se realizó para una alcantarilla típica circular de 0.9 m de diámetro, a su vez con pendiente del 2% y para una operación hidráulica sin ahogamiento ($H/D \leq 1.2$). A partir de esto se determinó el caudal que puede pasar por la alcantarilla y se comprobó si la alcantarilla cumple con la capacidad hidráulica para el periodo de diseño de 10 años circulares.

De acuerdo a la modelación hidráulica en HY-8, una alcantarilla circular de 0.9m tiene una capacidad máxima de 1.30 m³/s sin trabajar ahogada y sin presentar desbordamientos por encima de la vía.

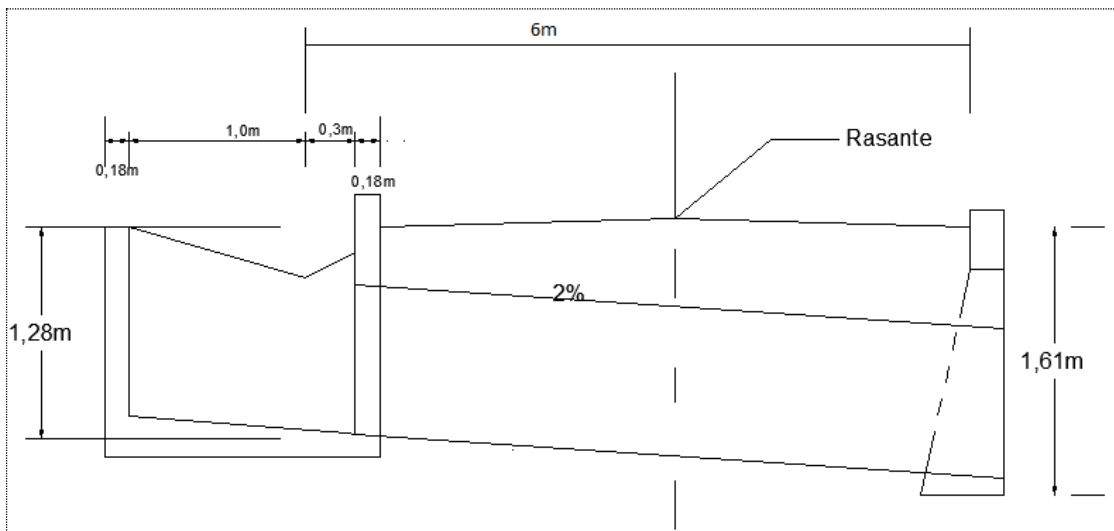
✓ **Vistas del Diseño preliminar de una alcantarilla de D=0.90 m.**

Ilustración 7. Vista en Planta de Diseño Preliminar



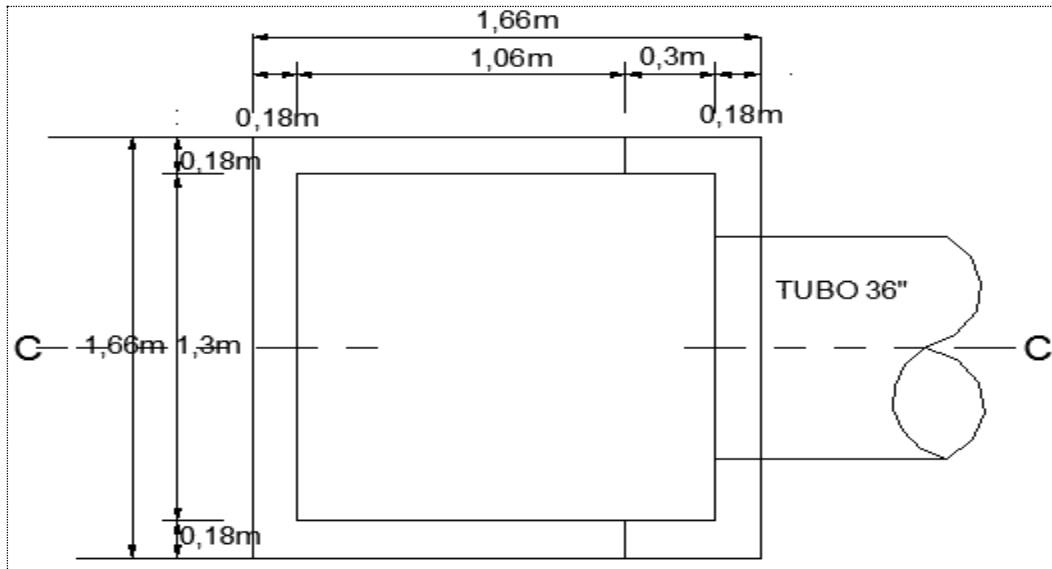
Fuente. Manual de Diseño de acueductos y alcantarillados

Ilustración 8. Vista Perfil de diseño Preliminar



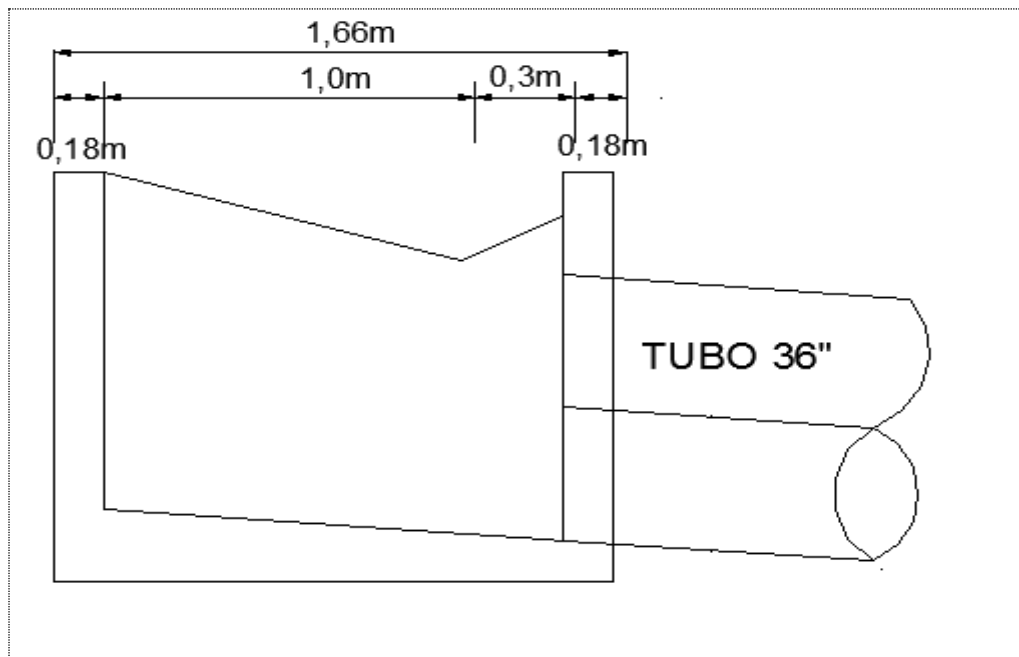
Fuente. Manual de diseño acueductos y alcantarillados.

Ilustración 9. Vista en Planta de poseta de entrada de flujo



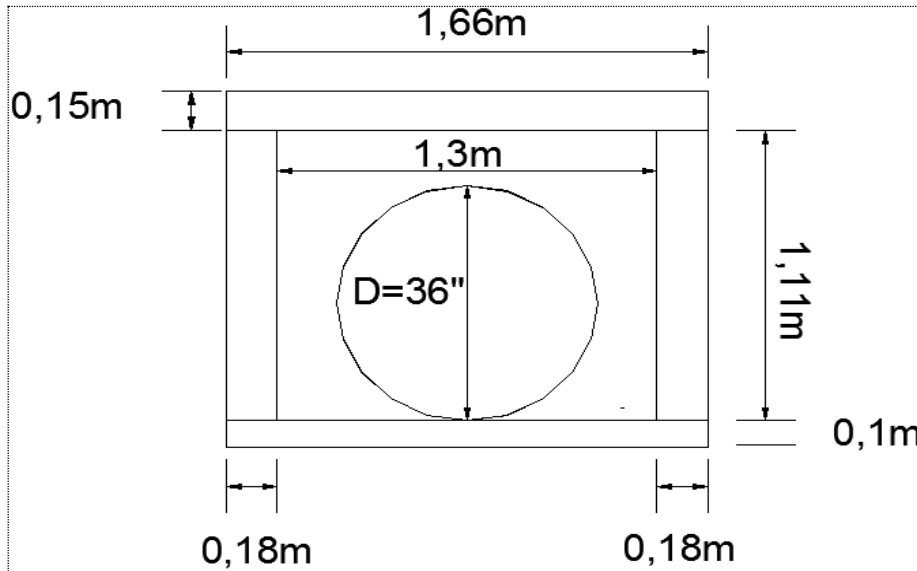
Fuente. Manual de diseño de acueductos y alcantarillados

Ilustración 10. Vista de Perfil de poseta de entrada de flujo



Fuente. Manual de diseño de acueductos y alcantarillados.

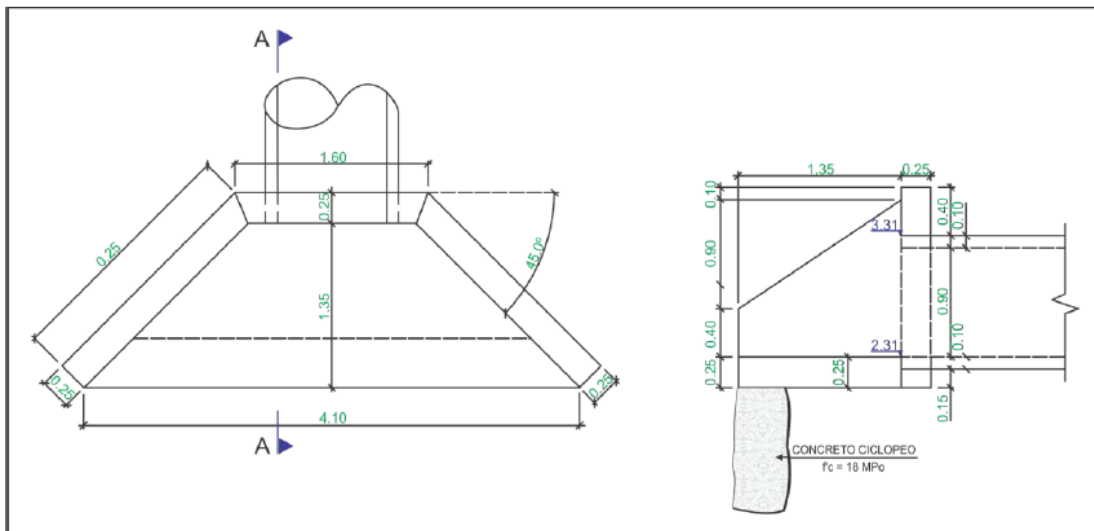
Ilustración 11. Diámetro entrada de flujo



Fuente. Manual de Diseño de acueductos y alcantarillados

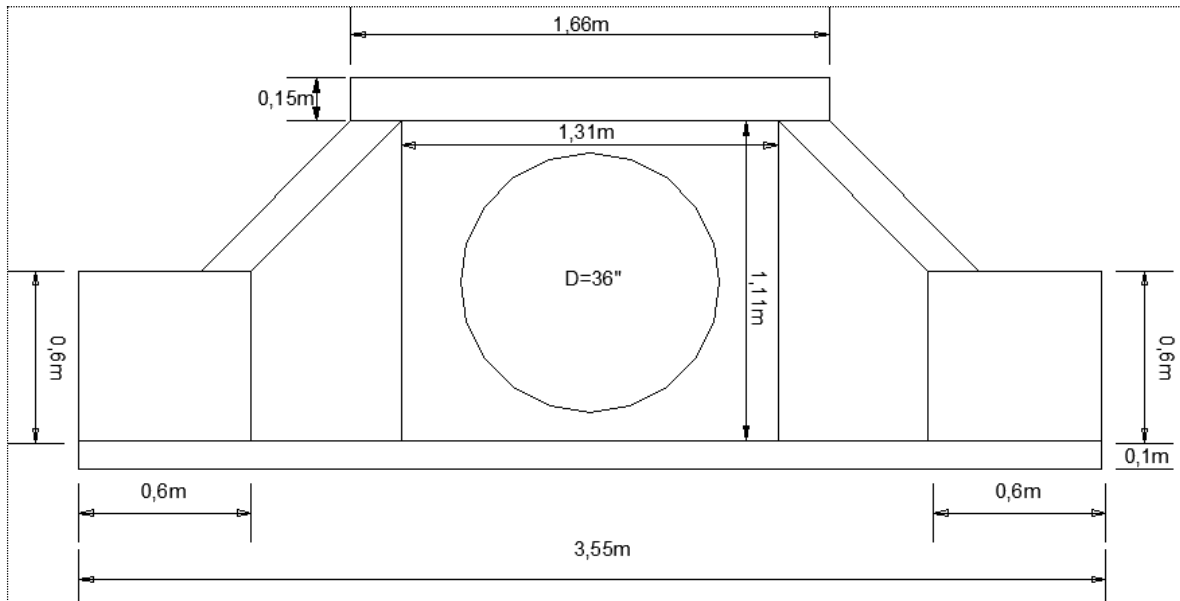
✓ **Estructuras de salidas (aletas, cabezotes y soleras).**

Ilustración 12. Elementos típicos de estructura terminal en alcantarillas: Cabezote, Aletas, Solera y Dentellón



Fuente: Manual de drenaje para Carreteras

Ilustración 13. Vista Frontal Salida de Flujo



Fuente. Manual de diseño de Acueductos y alcantarillados

11.6. RECOMENDACIONES PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LA VÍA

Se recomienda que este documento sea considerado como un lineamiento base para la gestión ambiental del proyecto en la etapa de construcción y que sirva como materia práctica que permita generar apertura al momento de ejecutar la obra, para realizar las complementaciones en función las particularidades que surjan durante la construcción de la carretera

Además, debe tenerse en cuenta el denominado drenaje de estabilización, relacionado con la propia naturaleza de los terrenos atravesados y su régimen hidrogeológico, en el que debe incidirse especialmente desde las primeras fases de concepción del proyecto.

Todas las consideraciones adjuntas en este documento, en compañía de los avances tecnológicos, la aparición de nuevos materiales, productos sistemas constructivos, y la experiencia acumulada, hacen conveniente la sistematización y actualización de los criterios básicos de aplicación al proyecto y construcción de la vía, placa huella y obras de arte y de drenaje para no incurrir en malos procedimientos que conlleven al deterioro temprano de la estructura.

La más importante recomendación es regirse por los manuales correspondientes del Instituto Nacional de Vías INVIAS para que la ejecución del proyecto finalice en los mejores términos.

12. CONCLUSIONES

De la seguridad, efectividad y eficiencia de una vía, en este caso la vía Terciaria que comunica a la vereda El Palmar con sus alrededores, depende la posibilidad de generar en forma proyectada y sostenible, los máximos beneficios regionales del transporte tanto de carga como de pasajeros y del mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

Las carreteras componen un mecanismo importante dentro del desarrollo productivo y social de una región; puesto que envuelven en el mismo conjunto de interdependencia a las ciudades, los asentamientos humanos, el territorio rural y recursos naturales.

Luego de la construcción debe tenerse en cuenta que la influencia sobre los recursos naturales se verá engrandecida por la facilidad del acceso de las poblaciones aledañas por lo cual se debe fomentar el buen uso del servicio vial y tratar de que los habitantes de la vereda conozcan la forma potencial del uso de sus recursos para que con el tiempo sean implementados.

Realizados los ensayos de laboratorio correspondientes a las muestras de suelo de los diferentes apiques hechos en la vía de la vereda El Palmar a distancias variables y a una profundidad entre 1.80 y 2.00 m, se puede determinar que existen cinco tipos de suelos en la zona, observando que la mayoría tiene presencia de limos y arcillas lo cual dificulta la permeabilidad del terreno,

complicando el drenaje natural. De esta forma es preciso recomendar, la debida intervención en las obras de drenaje correspondientes.

13.CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDADES	Ago.		Sept.				Oct.				Nov.				Dic.	
	Semanas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Recopilación de información relevante de la vereda El Palmar, necesaria para el desarrollo del proyecto																
Visita de reconocimiento a la zona en estudio con la compañía del Presidente de la Junta de accion comunal del lugar																
Georreferenciacion con GPS de la vía y registro fotografico para obtener detalles de la zona																
Recoleccion de muestras de suelo de los diferentes apiques en la vía																
realizacion de los estudios de suelos en el laboratorio con las muestras tomadas																
Digitalizacion de resultados obtenidos en laboratorio																
Procesamiento de datos en los diferentes softwares para obtener la superficie y ruta en Autocad Civil 3D																
Pre diseño del trazado vertical y horizontal de la vía																
Generacion de Planos en Físico de los diferentes trazados de la vía																
Redaccion del Informe técnico final de la via																
Entrega Final de Documentos, Planos e Informe																

14. PRESUPUESTO

Tabla 44. Presupuesto

COSTOS DIRECTOS:				
Descripción	Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Total
Tiquetes aéreos	Pasaje	4	120.000	480000
Desplazamiento (Aeropuerto- Universidad)	Pasaje	4	25.000	100000
Fotocopias	Unidad	500	100	50000
Impresiones	Unidad	500	500	250000
Planos, mapas	Unidad	50	7000	350000
Muestras de suelo y laboratorios	Global	---	1000000	1000000
Papelería	Global	1	200000	200000
Subtotal				2430000
Total				2430000

Fuente: El Autor

15.BIBLIOGRAFIA

Borfitz, A., Bosch, D., Arce, G., Casco, H., & Nuñez, D. (2008). *Ing.unne.edu.ar*.
<http://ing.unne.edu.ar/pub/Geotecnia/2k8-04-10/l3-pcs.pdf>

Bowles, J. (1982). *Manual de Laboratorio de Suelos de Ingeniería Civil*. Mexico:
Mc Graw Hill 2° Edicion.

CIVIL, A. D. (5 de Enero de 2012). *Apuntes de Ingeniería Civil*.
<http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2011/03/iii-determinacion-del-contenido-de.html>

CODAZZI, I. G. (2002). *Uso adecuado y conflictos de uso de las tierras en Colombia. Tomo IV*. Bogotá: Grapa.

CORINE Land Cover. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra Metodología adaptada para Colombia Escala 1:100.000 – 2010,

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA –
CORPORINOQUIA. Determinantes ambientales de la (Resolución No.
300.41.13.0191. Año 2013).

D4318-05, A. (28 de Agosto de 2014). *Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of soils*.

ANEXOS FOTOGRAFICOS

Foto 5. Apiques



Fuente: El autor

Foto 6. Secado muestras de suelo



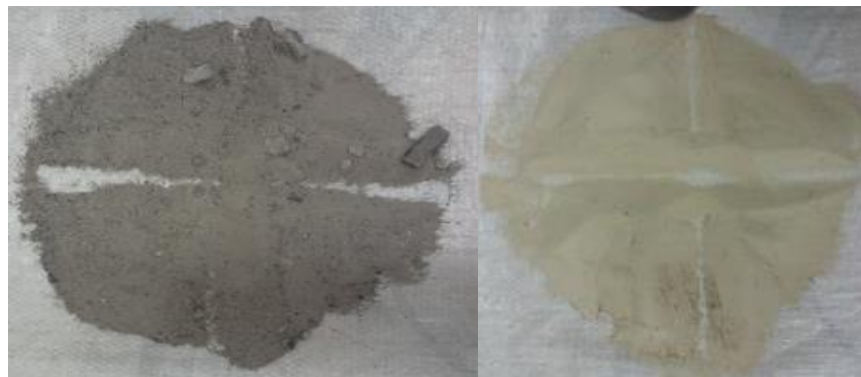
Fuente: El autor

Foto 7. Pulverización y Lavado de muestras



Fuente: El autor

Foto 8. Cuarteo Muestras para tamizado



Fuente: El autor

Foto 9. Análisis Granulométrico por Tamizado



Fuente: El autor

Foto 10. Ensayo para determinar Límite líquido



Fuente: El autor