

**"CONSTRUCCIÓN EN PAVIMENTO ASFÁLTICO DE LA VÍA QUE COMUNICA
LA VEREDA LA VENGANZA CON LA MARGINAL DE LA SELVA, EN EL
MUNICIPIO DE TAURAMENA DEPARTAMENTO DEL CASANARE"**

ESTUDIO GEOLÓGICO – GEOTÉCNICO

CASANARE

FEBRERO DE 2024

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	OBJETIVOS.....	4
2.1.	OBJETIVO GENERAL.....	4
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3.	LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
4.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO.....	6
4.1.	GENERALIDADES DEL MUNICIPIO	6
4.2.	CLIMA	6
5.	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS	8
5.1.	GEOLOGÍA REGIONAL	¡Error! Marcador no definido.
5.2.	GEOLOGIA MUNICIPAL.....	¡Error! Marcador no definido.
5.3	CARACTERIZACION GEOLOGICA.....	¡Error! Marcador no definido.
5.4	USOS DEL SUELO.....	¡Error! Marcador no definido.
6.	ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	20
6.1.	EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO	20
6.2.	ENSAYOS DE CAMPO.....	20
6.3.	ENSAYOS DE LABORATORIO	21
7.	CARACTERIZACION DE LA SUBRASANTE.....	22
7.1.	PERFIL ESTRATIGRÁFICO.....	22
7.2.	NIVEL FREÁTICO	22
7.3.	RESUMEN RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO.....	22
7.4.	CBR REPRESENTATIVO DE LA SUBRASANTE.....	23
8.	SISMICIDAD	23
9.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	25

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe hace parte fundamental del proyecto **“CONSTRUCCIÓN EN PAVIMENTO ASFÁLTICO DE LA VÍA QUE COMUNICA LA VEREDA LA VENGANZA CON LA MARGINAL DE LA SELVA, EN EL MUNICIPIO DE TAURAMENA DEPARTAMENTO DEL CASANARE”**, necesario para el diseño estructural del eje vial.

El objetivo principal del presente estudio es determinar la capacidad de soporte de la subrasante del sector de las vías, en el municipio de Tauramena, departamento de Casanare, realizado según la metodología del Manual de Diseño de Asfalto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito, del Instituto Nacional de Vías, INVIAS.

El programa de exploración de campo consistió en la ejecución de 9 apiques para las vías en estudio, a profundidades de 2.0 m, toma de muestras del sitio de ubicación de las obras, ensayos de campo, y ensayos de laboratorio del material encontrado en los sondeos, con el fin de obtener los parámetros necesarios para la caracterización de la subrasante.

El nivel freático no se evidenció hasta la profundidad explorada.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño de la estructura de pavimentos en asfalto para el proyecto **“CONSTRUCCIÓN EN PAVIMENTO ASFÁLTICO DE LA VÍA QUE COMUNICA LA VEREDA LA VENGANZA CON LA MARGINAL DE LA SELVA, EN EL MUNICIPIO DE TAURAMENA DEPARTAMENTO DEL CASANARE”**, de forma tal que se garantice el correcto desempeño de esta estructura en el periodo de diseño y con las cargas de tránsito mínimas.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Estimar el comportamiento del suelo frente a una carga de diseño y la capacidad de soporte, el tipo de suelo y resistencia de los mismos para estudiar la adecuada cimentación para la construcción.
- ✓ Localizar los puntos de interés: geológicos, geomorfológicos y usos de suelo.
- ✓ Precisar el modelo geológico y geotécnico de la zona de estudio, mediante caracterización de los sondeos realizados.
- ✓ Identificar zonas con posibles problemas geotécnicos a lo largo del corredor vial.
- ✓ Detectar problemas de cimentación inherentes al tipo de suelo, o la topografía del sector en estudio.
- ✓ Identificar los materiales que conforman la subrasante de las vías en toda la longitud del proyecto.

3. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto **“CONSTRUCCIÓN EN PAVIMENTO ASFÁLTICO DE LA VÍA QUE COMUNICA LA VEREDA LA VENGANZA CON LA MARGINAL DE LA SELVA, EN EL MUNICIPIO DE TAURAMENA DEPARTAMENTO DEL CASANARE”**, pretende mejorar en total 2100 metros de la vía que se encuentran en mal estado en el municipio de Tauramena.

A continuación, se presenta la localización general de los tramos a intervenir:

CUADRO DE COORDENADAS			
VIA	LONGITUD	COORDENADAS INICIO	COORDENADAS FIN
	2100 M	N = 4°58'24.40" E = 72°40'57.60"	N = 4°58'14.70" E = 72°39'52.60"
		ABSCISA INICIO K0+000	ABSCISA FINAL K2+100

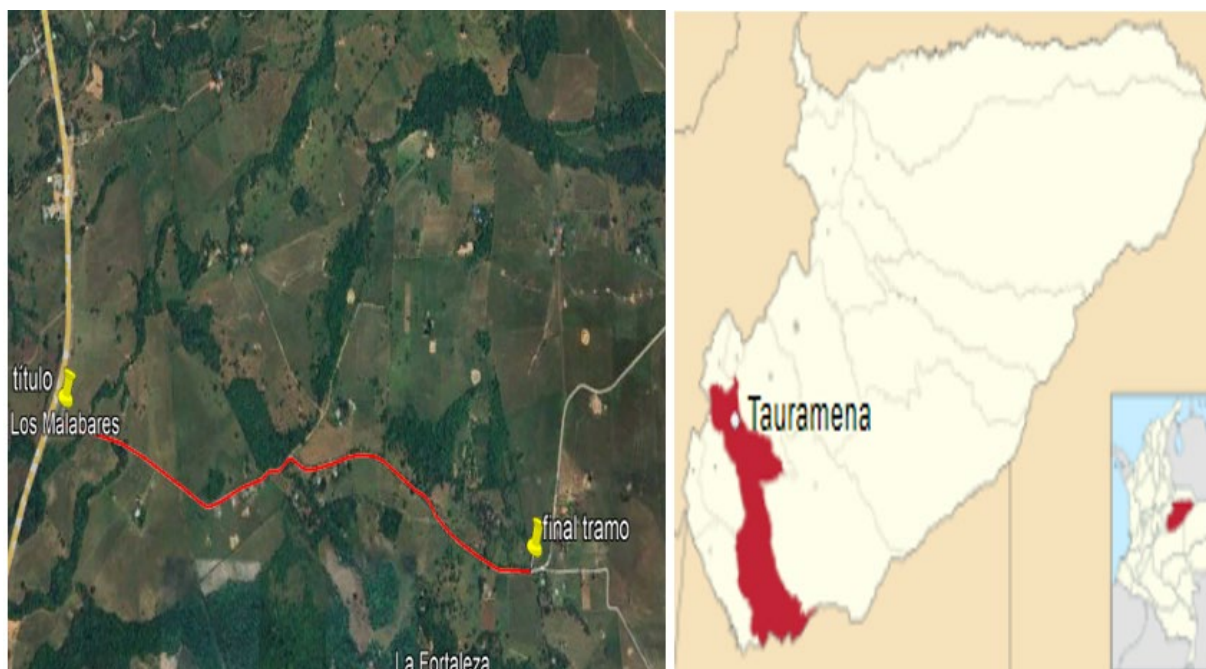


Ilustración 1. Ubicación geográfica vía en estudio

4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO

4.1. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO

Tauramena es turística, cuenta con centros recreacionales y de sano esparcimiento como: Centro Recreacional Palma Real, Parador el Cañito en la vía a Monterrey vereda El raizal, Balneario Agua blanca, Turismo ecológico, Lagos de Curimagua en la vía a Carupana sur de Tauramena y en general sus ríos como el Caja, el Cusiana. el Chitamena, sus quebradas como la Tauramenera, Agua blanca y la Quiquia, que en épocas de verano son un manantial de emociones y relajación para quien los visita.

El municipio de Tauramena se localiza en la zona suroccidental del Departamento de Casanare; tiene una extensión aproximada de 3290 Km² equivalentes al 7.4 % del total del departamento. cuya extensión es de 44640 Km². Ambas entidades territoriales se ubican en la región natural conocida como Orinoquia colombiana que tiene una extensión de 254.445 Km², equivalentes al 22.4% de la superficie nacional. Su cabecera municipal se localiza a los 5.01'07" de latitud norte y 72.45'19" de longitud Oeste



Ilustración 3. Localización del municipio de Tauramena, Casanare.

4.2. CLIMA

En Tauramena, los veranos son cortos, cálidos, húmedos y nublados y los inviernos son cortos, calurosos, bochornosos, mojados y mayormente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 21 °C a 33 °C y rara vez

baja a menos de 20 °C o sube a más de 36 °C.

En base a la puntuación de playa/piscina, las mejores épocas del año para visitar Tauramena para las actividades de calor son desde mediados de junio hasta mediados de octubre y desde principios de diciembre hasta mediados de febrero

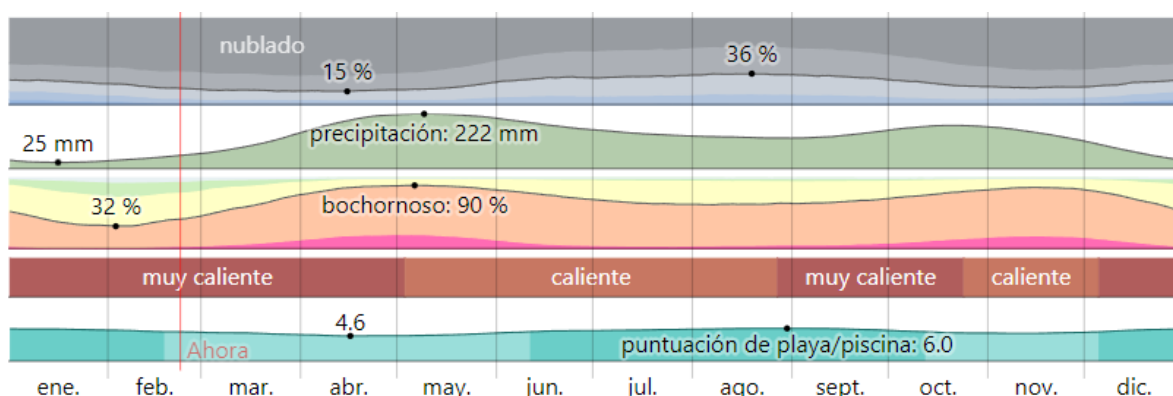


Ilustración 4. Temperatura del departamento de Casanare

5. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

5.1. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Geológicamente, el municipio de Tauramena se encuentra localizado dentro del cinturón plegado, principalmente en el paisaje de piedemonte, donde predominan sedimentos de edad terciaria y cuaternaria. El sistema de fallas de Guaicáramo al noroeste y el sistema de fallas de Yopal al sureste. El área se caracteriza por presentar una actividad tectónica intensa. Cronológicamente, las rocas afloran en fajas mas o menos regulares siguiendo la misma dirección de las principales estructuras del país, es decir, SW –NE. Las rocas más antiguas afloran hacia la parte alta de la cordillera, o bien hacia el NW del municipio y progresivamente, van apareciendo las secuencias de rocas mas jóvenes en el mismo sentido en que la pendiente disminuye hacia los llanos. Así, los materiales se ubican en una secuencia que se extiende desde el cretáceo hasta el cuaternario, correlacionándose con los distintos paisajes que se han separado; de esta manera, en la montaña predominan materiales del cretáceo, en el piedemonte, lomerío y altiplanicie abundan materiales terciarios, en tanto que la planicie aluvial y los valles están constituidos por sedimentos del cuaternario. La clasificación de las unidades Geológicas presentes en Tauramena, se realizó con base en la litología existente en el área del municipio, siguiendo la nomenclatura utilizada por BPX, la cual es correlacionable con la utilizada por INGEOMINAS en el Piedemonte llanero.

5.2. ESTRATIGRAFÍA

Formación Fómeque (Kif)

Representada por una secuencia sedimentaria con predominio de lutitas carbonosas, interestratificadas con calizas y areniscas. La Formación constituye el miembro inferior del Grupo Villeta y su espesor se ha calculado en 400 m. Se encuentra en las veredas de Monserrate, San José, Guafal del Caja, el Oso, Bendiciones, Zambo y Aguamaco en la zona montañosa de Tauramena.

Formación Une (Kiu)

Está constituida por areniscas, las cuales presentan una morfología escarpada, desarrollando macizos rocosos continuos y valles profundos en "V", con procesos leves de erosión y deslizamientos asociados al Sistema de fallas de cabalgamiento de Guaicáramo. Los patrones de drenaje son subparalelos y subdendríticos. El espesor reportado para las areniscas es de 760 m (Ulloa & Rodríguez, 1981). El Oso, Monserrate, Bendiciones, Visinaca, Lagunitas, Zambo. Formación Chipaque (Ksch)

Corresponde a una sucesión sedimentaria de arcillolitas y limolitas que desarrollan una morfología suave hacia el eje del pliegue sinclinal. Ulloa & Rodríguez dan un espesor variable entre 350 y 500m. Lagunitas, Guafal, Monserrate, El Oso.

Grupo Palmichal (Ktp)

Con este nombre se denominan las Formaciones del Grupo Guadalupe y Barco, caracterizadas por macizos continuos que conforman un paisaje de montaña con pendientes altas, valles profundos en "V", procesos leves de erosión y deslizamientos asociados a trazos de falla. El grupo está conformado por areniscas de grano fino a conglomeráticas con estratos delgados de arcillolitas. El drenaje observado es subparalelo y subdendrítico con control estructural. El Oso, Aguamaco, Zambo, Bendiciones, Visinaca.

Formación Cuervos (Kpc)

Conforma un paisaje montañoso denudado con pendientes moderadas a altas y varios fenómenos de remoción en masa asociados. El drenaje es en general subdendrítico con control estructural. La Formación está constituida por lutitas grises a negras y limolitas grises, con intercalaciones de areniscas cuarzosas de grano fino y niveles de liditas. Visinaca, Zambo y Bendiciones Formación Mirador (Tem) Desarrolla pendientes fuertes y alineadas. Esta compuesta por conglomerados cuarzosos en matriz arenosa, areniscas cuarzosas de grano fino a grueso, friables, arcillolitas y lutitas, con estratificación cruzada. Bendiciones, Zambo y Visinaca.

Formación Carbonera (Toc)

Presenta una topografía ondulada a escarpada con intensa erosión y fenómenos de remoción en masa. Se caracteriza por la interestratificación de areniscas cuarzosas de grano fino a medio, con arcillolitas de color gris amarillento a verdoso y mantos de carbón. El Oso, Aguamaco, Bendiciones, Zambo y Visinaca.

Formación Guayabo Medio (Tmgm)

Sobre la unidad se desarrolla gran cantidad de cárcavas y surcos de erosión, aún en pendientes moderadas a bajas. La unidad está compuesta por arcillolitas y limolitas rojizas con algunas intercalaciones de areniscas arcillosas rojizas de grano fino a medio y areniscas conglomeráticas. El espesor considerado de la unidad es de 1600 m a 2500 m. Se encuentra en las veredas: Bendiciones, Jaguito, Bendiciones, Aguamaco, Palmar, Guichire, Delicias, Batallera, Raizal, Chaparral. Esta formación es correlacionable con la

formación Caja (Tc).

Depósitos Cuaternarios

• Terrazas Aluviales y Fluviotorrenciales (Qt):

Se localizan principalmente en la parte alta del río Cusiana y en ellas se registra actividad neotectónica. Los depósitos están poco consolidados y las terrazas de origen aluvial son importantes como acuíferos por presentar un espesor considerable de material permeable. Aguablanca, Chaparral, Cabañas, Jaguito, Juve, Palmar, Paso Cusiana, Yaguaros, Iquia, Villa Rosa y en bloques muy dispersos en las veredas Batallera, Palmar, Aguamaco y Bendiciones.

• Depósitos Eólicos (Qeo):

Corresponden a arenas transportadas por el viento desde los playones de los ríos, en época de verano, las cuales forman fajas curvadas subparalelas anchas y de poca altura denominadas escarceos y depósitos de arena ordenados en forma alargada de acuerdo con la dirección predominante del viento, llamados médanos. Parte baja del Chitamena, Raizal, Cuernavaca, Alto guira, La Lucha, El guira, Puente guira, La Esmeralda, Vigía trompillos, La Urama, Piñalito, Tunupe y Carupana

• Depósitos aluviales recientes (Qal1):

Corresponden a la carga sedimentaria transportada por los ríos y acumulada en pequeñas depresiones cuando se presenta disminución del caudal. Están constituidos por bloques, cantos, guijos, arenas, arcillas y limos. Se encuentran en las cuencas de los ríos Cusiana y Chitamena y Túa particularmente.

• Depósitos de origen mixto (Qal2):

Son acumulaciones de arenas, limos y arcillas transportados por flujos superficiales y depositados en bajos de terreno (cubeta aluvial). En estos depósitos se desarrollan turbas a partir de la descomposición de materia orgánica, debido a que el área permanece inundada durante la mayor parte del año. Se localiza en la zona de llanura en las veredas Guira, Puente Guira, Esmeralda, Corocito, Urama y Vigía Trompillos.

5.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Las principales estructuras geológicas, descritas de manera ascendente desde el piedemonte son: la Falla de San Miguel, el Sinclinal de Zapatosa, la Falla de Guaicáramo (la principal estructura regional presente en todo el piedemonte llanero, en términos de actividad sísmica y zonificación de amenazas), los sinclinales del Porvenir y el Boquerón que señalan la continuidad de los esfuerzos de compresión sobre las rocas de la misma edad desde Tauramena hasta Aguazul y Yopal; el anticlinal de Monserrate y el Sinclinal de Recetor. Sucesivamente, se sigue presentando esta alternancia de pliegues anticlinales y sinclinales, interrumpidos solo por la falla de Chámeza a lo largo de un lineamiento en sentido casi E- W que aflora muy cerca de la cabecera municipal de Chámeza.

5.4 GEOLOGIA ECONOMICA

En el área del municipio de Tauramena se presentan unidades rocosas con variado potencial económico.

Una de las más importantes, la formación Mirador, conformada por areniscas que por sus particulares características de porosidad y permeabilidad constituye la roca Almacén del yacimiento petrolífero denominado Campo Cusiana y la formación Carbonera conformada por shales (arcillolitas) se constituye en la Roca Sello del mismo yacimiento, permitiendo la acumulación de hidrocarburos.

Por otra parte, las márgenes de ríos como el Cusiana, Caja, Chitamina y Tacuya, son fuente de excelente material de arrastre como arena suelta y piedra aprovechados en la construcción tanto de vivienda como de obras de infraestructura.

A partir de las areniscas conglomeráticas de la formación Guayabo medio que afloran en el paisaje de lomerío en la vereda El Palmar, se obtienen materiales para construcción de excelente calidad como grava y gravilla.

También de los Depósitos Aluviales Recientes localizados en los paisajes de Valle Intermontano (Vereda Paso Cusiana), se explotan materiales apropiados para la construcción como arena y cantos que se procesan como gravilla.

5.5 GEOMORFOLOGÍA.

La evolución geomorfológica del municipio se remonta al Plioceno, periodo en el cual hubo un acentuado proceso erosivo en la cordillera oriental colombiana, acompañado de fuertes levantamientos y plegamientos. El material desprendido por dicho proceso fue transportado y posteriormente depositado en la gran

depresión del Casanare.

La pérdida del material y su correspondiente depositación 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 de diferentes agentes como la tectónica, dinámica fluvial, erosión, acción eólica, dio como resultado los tres tipos principales de relieve que son: Andino, Subandino, y Llanura.

RELIEVE ANDINO

El relieve Andino está localizado en la parte norte del municipio, en altitudes que varían de los 600 a los 2400 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), con temperaturas que pueden variar de los 8° a 27°C, esto determina la presencia de diferentes pisos térmicos en una secuencia que va de cálido a frío. Además, la abundante precipitación que fluctúa entre los 2500 a 4000 milímetros anuales, determina un ambiente húmedo, muy húmedo y pluvial, en el que se desarrolla una exuberante vegetación boscosa, hoy en día en vía de extinción. El relieve andino en Tauramena, fue la resultante de una intensa actividad tectónica que actuando sobre rocas sedimentarias consolidadas, dio origen a diferentes tipos de relieve, entre los que se destacan hogbacks, cuestras, 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. El área transicional entre el sistema montañoso y la planicie aluvial está dominada por substratos del terciario, principalmente arcillolitas, lutitas, lodolitas, areniscas y conglomerados, con cubrimientos sectorizados de sedimentos del cuaternario. Este sector al sufrir solevantamiento, plegamiento y erosión severa dio origen a los relieves de piedemonte, altiplanicie y lomerío.

Paisaje de Montaña

El paisaje de montaña en el municipio de Tauramena ha sido uno de los menos intervenidos por la actividad humana debido a la dificultad de acceso a la zona por escasez de vías de penetración. Gracias a ello, aproximadamente el 85% de este territorio aún conserva su vegetación nativa conformada por bosques secundarios, bosques de galerías, rastrojos y pastos naturales. En contraste, la mayor parte de los relieves existentes en los pisos térmicos cálido y medio están desprovistos de su vegetación nativa habiéndola reemplazado por pastos manejados para ganadería y por parcelas para agricultura de subsistencia.

RELIEVE SUBANDINO

El relieve Subandino está conformado por geoformas con altitudes que van desde

los 225 a los 600 m.s.n.m. y en el pueden distinguirse cuatro tipos de paisaje principales que son: Lomerío, Altiplanicie, Piedemonte y Valle Intermontano.

Paisaje de Altiplanicie

El relieve de la altiplanicie fue originado por solevantamiento de superficies planas que se encontraban al pie del sistema montañoso andino. Tiene una altitud de 400 a 500 m.s.n.m. y un clima cálido húmedo, con temperatura media de 27°C y precipitación promedia anual de 2000 a 2500mm. La altiplanicie esta conformada por mesas, cuevas, glacia y vallecitos que tiene topografía plana a ondulada, con pendientes hasta del 12% y está limitada por escarpes de pendientes fuertes. Las características ambientales descritas anteriormente, de acuerdo a Holdridge permiten ubicar a esta área dentro del bosque húmedo tropical (bh-T) con excepción de algunos cordones boscosos de vegetación nativa que bordean pequeños caños, la vegetación primaria de altiplanicie ha sido talada y reemplazada por pastos naturales mejorados y rastrojos.

Paisaje de Lomerío

El paisaje de lomerío se localiza al pie del sistema montañoso contiguo a la altiplanicie, en altitudes que no exceden los 500 m.s.n.m. y el clima cálido-húmedo determinado por una temperatura media de 27°C y una precipitación anual promedia cercana a 2500 mm., que según Holdridge corresponde a la zona de vida denominada Bosque húmedo tropical (bh-T). Este relieve es la resultante de una intensa erosión que, actuando sobre una superficie que era inicialmente plana, levantada por efectos tectónicos, dio como resultado una superficie disectada en formas alargadas, en donde las cimas están aproximadamente al mismo nivel y desarrolladas principalmente sobre materiales arcillosos terciarios (arcillolitas y lodolitas). Los principales tipos de relieve que se encuentran en el paisaje de lomerío son: mesas, lomas y glacia. Mesas: son relictos de altiplanicie y por lo tanto presentan una morfología similar a la de aquella. Lomas: son superficies de formas alargadas, de relieve quebrado a escarpado, afectadas por erosión moderada, severa y muy severa y desarrolladas sobre materiales arcillosos. Glacia: el material erodado de las mesas y lomas es depositado hacia la base de estas, formando superficies planas a ligeramente onduladas que reciben el nombre de glacia y están constituidas principalmente por sedimentos areno - francos y fragmentos rocosos redondeados.

Paisaje de Piedemonte

El piedemonte comprende una franja de terreno localizada al pie del sistema montañoso, de relieves planos y ondulados, con pendientes menores del 12%. Su altitud varía entre 350 y 500 m.s.n.m. posee temperaturas superiores a 24°C y

recibe precipitaciones anuales cercanas a 2500mm, parámetros que determinan un clima cálido húmedo, propio de la zona de vida de bosque húmedo tropical (bhT) Los materiales constitutivos del piedemonte son producto de la denudación del sistema montañoso. Este paisaje ha sido y activamente retrabajado por todos los cauces que descienden de la cordillera y es aquí donde se deposita la mayor parte de los sedimentos gruesos que las corrientes hídricas arrastran de las partes altas de la montaña, especialmente durante las épocas de mayor precipitación, dando así origen a las geoformas que como tipo de relieve reciben el nombre de Glacis Coluvial y de explayamientos.

Paisaje de Valle Intermontano

Este paisaje está compuesto por unidades geomorfológicas de origen fluvial que ocupan las zonas intermedias del sistema montañoso. Los valles son superficies alargadas generalmente angostas, labradas por la inclusión de algunos ríos, en donde se van depositando materiales que traen de los sectores por donde transitan. En los Valles intermontanos se agrupan los depósitos aluviales y terrazas bajas susceptibles de inundación que ocupan las márgenes de ríos como el Cusiana, Caja y Chitamina en los sectores altos de sus cuencas. Su morfología es plana con pendientes hasta del 5% y afectada por procesos fluvioerosivos, forma un sistema entrelazado de brazos en el lecho menor y frecuente desplazamiento de arenales y cascajo; durante el invierno ocurren inundaciones irregulares de corta duración causando una sedimentación compleja. Los principales tipos de relieve que ocurren en este paisaje son: abanico terraza, terrazas y vegas. Abanico – terraza: son superficies planas y ligeramente onduladas de origen coluvio-aluvial, caracterizadas por materiales que han sufrido poco transporte; tienen abundante pedregosidad sectorizada. Terrazas: son superficies de acumulación de origen aluvial, constituidos por materiales que vienen de lejos; su relieve es plano a ligeramente ondulado y tienen también abundante pedregosidad sectorizada. Vegas: Son áreas de acumulación, muy susceptibles a inundaciones y encharcamientos; las vegas que forman los ríos a su paso por el sistema montañoso, la altiplanicie, el piedemonte y el lomerío, se caracterizan por abundante pedregosidad tanto en superficie como dentro del perfil de suelos, en tanto que en la planicie desaparece la pedregosidad, aumenta la susceptibilidad a inundaciones y se presentan meandros abandonados, especialmente en los lugares más cercanos a la confluencia con el río meta. La vegetación en estas zonas esta compuesta particularmente por Bosques secundarios, rastrojos, pastos naturales y en algunas zonas, pastos manejados para propósitos de ganadería lechera.

RELIEVE DE LLANURA

El relieve de llanura esta ubicado en la parte sur del municipio y ocupa

aproximadamente el 60% del total de su extensión territorial. Tiene altitudes entre 150 y 225 m.s.n.m. y su origen es de tipo fluvial y eólico particularmente. En la llanura Tauramenera pueden apreciarse dos paisajes particulares que son la planicie y los valles de Llanura o de inundación.

Paisaje de Planicie

Amplios sectores de la llanura aluvial fueron cubiertos por un espeso manto de material limoso, en cuya superficie se presenta un microrelieve particular denominado con el nombre de escarceos en donde se aprecian suaves camellones cuya altura máxima no excede los 50 cm, distribuidos en forma paralela, igualmente es común encontrar en las áreas cóncavas pequeños promontorios conocidos con el nombre de zurales, que han sido fruto básicamente de la actividad biológica de lombrices; casi siempre sobre estos promontorios las termitas construyen sus casas que en ocasiones alcanzan hasta 1 m de altura.

En general sobre estas planicies se forman Esteros que no son otra cosa que vías de drenaje de fondo plano y poco profundo. La vegetación presente en la planicie esta compuesta por sabanas semiestacional y estacional, pastos manejados y bosques de galería.

Paisajes de Valle de Llanura (de inundación)

En este sector, los ríos que vienen de la cordillera ya han perdido su capacidad de carga y solo llevan en suspensión sedimentos finos. En consecuencia, los cauces que venían encajonados y profundos se transforman en lechos amplios y de poca profundidad, lo cual favorece la ocurrencia de fenómenos como desbordamientos, inundaciones y cambios de curso, especialmente durante las épocas de lluvia, en las que es importante evacuar toda el agua que se almacena en la llanura. La vegetación presente en los valles de llanura se conforma por bosques de galería, sabanas semiestacionales y pastos naturales.

5.6 COBERTURA Y USO ACTUAL DEL SUELO

La cobertura de la tierra comprende todos los elementos que se encuentran sobre la superficie del suelo ya sean naturales o creados por el ser humano, es decir, tanto la vegetación natural denominada cobertura vegetal, hasta todo tipo de construcción o edificación destinada para el desarrollo de las actividades del hombre para satisfacer sus necesidades, a lo cual en forma genérica se denomina uso de la Tierra.

Cobertura Vegetal

Bosque Natural Intervenido (Bni)

En esta unidad se incluyen las áreas boscosas con características florísticas heterogéneas y estructuras verticales con estrato dominante, suprimido y herbáceo. Su estructura, dinámica y composición florística ha sido alterada de tal forma que se le puede clasificar como bosque natural intervenido. Dentro de esta unidad para el área de estudio se identificaron dos tipos de bosque: el bosque de colina que corresponde a los ubicados en las zonas más pendientes de las colinas y los de vega, ubicados en las terrazas aledañas a los ríos y que son sometidos o fueron sometidos en alguna época a inundaciones periódicas:

Bosque de Colina

En esta unidad se presentan tres estratos: el dominante, el suprimido y el herbáceo. Se encontraron 40 especies arbóreas y en cuanto a las plantas en regeneración se registran 30 especies.

Bosque de Vega

Las especies arbóreas sobresalientes en este bosque son: ceibo blanco, yopo, sangretoro, taray, chirimoyo, guásimo y malpaso; siendo el ceibo blanco la especie con el mayor VIE con 45.67%, ya que es la más abundante y registra las mayores áreas basales. La densidad arbórea promedio calculada fue de 190 individuos/Ha. El estrato herbáceo en este bosque está conformado por aproximadamente 5 especies, siendo la familia Araceae la dominante con 2 especies

Bosques de Galería (Bg)

Son unidades alargadas y angostas que siguen los cursos de los ríos y riachuelos, la vegetación es similar en estructura a selvas higrófilas. La tendencia a expansionarse de estos bosques de galería es prueba del origen antrópico de las sabanas como consecuencia de quemados y tumbas para pastoreo. Algunas especies representativas encontradas en el estudio, son: Anime (*Protium* sp), Guaimaro (*Brosimum* sp), Cedro Macho (*Guarea* sp), Guayacán (*Bulnesia* arbórea), Balsa (*Ochroma* sp), Nacedero (*Trichanthera gigantea*), Platanote (*Thachigalia geniculata*), Guamo (*Swartzia* sp.), Palma (*Maximiliana* sp.), Trompillo (*Guarea* sp.), yopo, indio viejo, cárcamo, cordoncillo, moriche, caucho, entre otras.

Rastrojo Alto (Ra)

Esta unidad está conformada por la vegetación arbórea y arbustiva que se

implantó en áreas de cultivo abandonadas o zonas de bosque intervenidas. Se presentan como vegetación secundaria y alcanzan características estructurales y florísticas en lapsos de tiempo relativamente cortos.

Las especies arbóreas sobresalientes son quincedias, alcornoco, guamo, lanzo, chizo y guarataro. El estrato herbáceo está conformado por las especies *Ciclantus* sp. (20% de cobertura), *Stenospermation* sp. (30% de cobertura), *Anturium* sp. (40% de cobertura) y *Abarema* sp. (10% de cobertura); predominando la familia Araceae.

Rastrojo Bajo (Rb)

Esta unidad representa la vegetación de tipo arbustivo bajo, denso y con especies heliófilas. Las alturas del estrato superior no sobrepasan los 5m, se presentan hasta dos estratos: arbustivo y herbáceo, donde éste último está conformado por especies invasoras que en un lapso de pocos años logran dominar los pastos sin ningún tipo de manejo. En esta unidad predominan las familias Euphorbiaceae, Rubiaceae y Poaceae, encontrándose también especies de las familias Verbenaceae, Mimosaceae, Piperaceae y Fabaceae.

Pastos Naturales (Pn) y Manejados (Pm)

En la unidad de pastos naturales se ubican las especies herbáceas naturales que son dedicados al pastoreo de tipo extensivo y que en ocasiones están acompañados por algunos árboles y arbustos esparcidos. En cuanto a los pastos manejados, corresponde a aquellas áreas predominantemente cubiertas por pastos introducidos y naturales, dedicados a la ganadería de tipo extensivo, donde se realizan prácticas como rotación de potreros, control de malezas, introducción de especies mejoradas como *Braquiaria humidicola*, *Braquiaria decumbes*, Angleton, Alemán, Argentino y Carimagua. Los suelos protegidos por pastos naturales albergan una mayor diversidad de especies de pastos (8), en comparación con los pastos manejados (3 especies); mientras que otro tipo de plantas herbáceas se presentan en ambas unidades con aproximadamente el mismo número de especies. En los pastos naturales dominan por cobertura el pasto sabana (*Abarena* sp.) y otras dos especies no identificadas; en cuanto a las demás plantas herbáceas, en cobertura predomina la familia Compositae. En los pastos manejados dominan por su cobertura el pasto *Braquiaria* sp. y las plantas herbáceas de la familia Cyperaceae.

Cultivos (Cu)

Para la explotación agrícola se aprovechan los suelos ubicados en zonas con facilidad de riego, vegas de los ríos y otros planos de inundación. Existen cultivos

de subsistencia de carácter tanto permanente como transitorio: maíz, plátano, yuca, malanga, ñame, ahuyama, y frutales como papaya, guanábana y cítricos; Estos cultivos son más comunes en las regiones Subandina y Andina. Los cultivos comerciales más importantes son arroz y palma de aceite que se cultivan en la zona de llanura y maní que se cultiva en la región Subandina. Actualmente, como actividad económica alternativa, dentro d se están realizando cultivos de papaya, cítricos y plátano. Información detallada respecto a las actividades económicas, productos y técnicas empleadas, se detallan en el Capítulo 4. Sistema Económico.

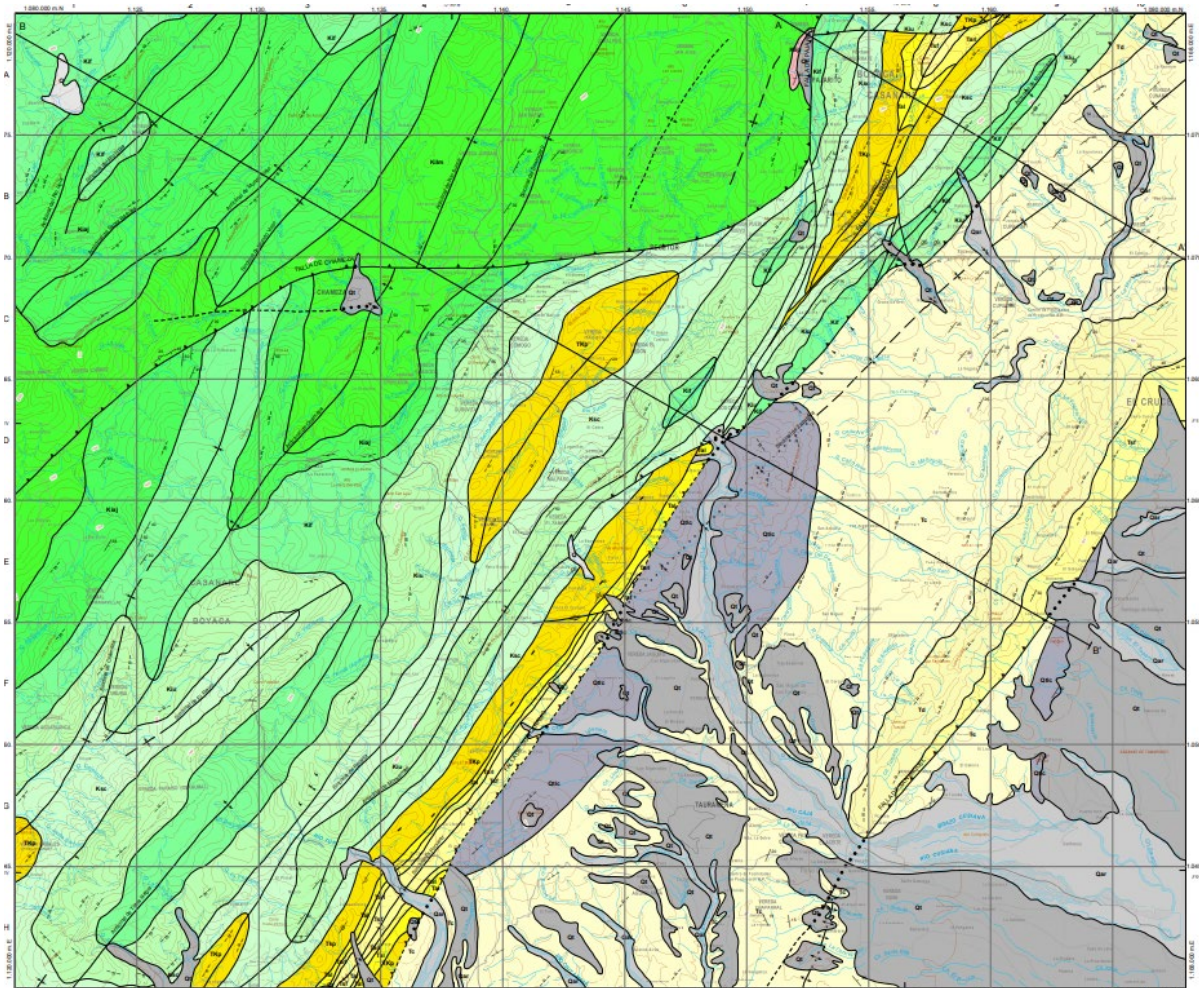
Sabanas

Son llanuras cubiertas de una vegetación baja de gramíneas con arbustos y en algunas ocasiones por árboles esparcidos, las especies típicas y características de las sabanas son árboles de escasa altura, perennifolios, algunos de hoja gruesa, con corteza suberosa. El factor edáfico es importante lo que ocasiona rápida desecación en tiempo seco y lavado del suelo en época de lluvias. En lugares bajos o menos pantanosos se encuentra vegetación higrófilas y en lugares altos y bien drenados se desarrollan gramíneas bajas y densas o ciperáceas arrosetadas. En esta área se ubican dos tipos de sabana:

Sabana Estacional (Se):

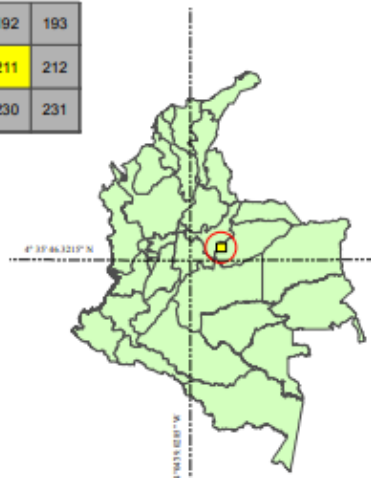
Cobertura ubicada en relieve plano a levemente inclinado, con suelos bien a moderadamente drenados de textura media a gruesa, ácidos, con baja disponibilidad de nutrientes y sin saturación de agua. Dado el régimen climático, que genera una época de humedad disponible en el suelo sin alcanzar saturación y otra de déficit de humedad, en la cual se refleja la estacionalidad climática, su vegetación principalmente es de gramíneas y cyperáceas, las cuales se hallan acompañadas de algunos arbustos.

5.7 UBICACIÓN DEL PROYECTO EN LA PLANCA 211



ÍNDICE DE LOCALIZACIÓN

191	192	193
210	211	212
229	230	231



6. ESTUDIO GEOTÉCNICO

6.1. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

La exploración del subsuelo se define como la actividad dentro de la práctica de la ingeniería geotécnica, que busca establecer las características de disposición espacial y propiedades físicas de un medio geológico que tienen influencia en la respuesta de éste a las solicitaciones planteadas por un proyecto específico en sus diferentes instancias de desarrollo: diseño, construcción y operación. Para el cumplimiento de esta definición es posible la realización de diferentes actividades de exploración entre las que se cuentan los apiques y los sondeos, complementados con las labores de correlación geomorfológica realizada a través de las visitas de campo.

Los objetivos específicos que comprende un programa de exploración del subsuelo son:

- Evaluar la viabilidad general del sitio propuesto para el proyecto.
- Fundamentar las bases de un diseño económico y adecuado.
- Describir de manera detallada los diferentes estratos geológicos que conforman la rasante del proyecto.

En atención a la proyección del tránsito de diseño que se espera circule por el corredor vial en estudio, se adoptó la metodología del Manual de Diseño de Pavimentos de asfalto para Vías con Bajos, Medios y Altos Volúmenes de Tránsito del Ministerio de Transporte y el Instituto Nacional de Vías, para el estudio de la capacidad de soporte de los suelos de subrasante.

Para caracterizar los suelos de subrasante del corredor vial se realizó un programa de perforaciones manuales a una profundidad máxima de 2.0 m, extrayendo muestras alteradas para determinación de granulometría y límites de consistencia

6.2. ENSAYOS DE CAMPO

Para el presente estudio se realizaron 9 apiques distribuidos en las vías, en el municipio de Tauramena, departamento de Casanare; esto con herramienta manual con el objetivo de recuperar muestras alteradas directamente de la excavación.

Lo anterior con el fin de determinar las características de los suelos. Se hicieron ensayos de límites de Atterberg, contenido de humedad, granulometría, también se tomaron muestras del suelo existente (sub-rasante), para realizar ensayos de clasificación y CBR.

Una vez realizada la identificación y descripción visual de las muestras, se seleccionaron muestras en bolsa representativas para efectuarles los siguientes ensayos, obteniendo así una caracterización y capacidad de soporte del suelo a lo largo del tramo vial en estudio.

- Humedad Natural - Norma I.N.V. E-122.
- Límites de consistencia - Normas I.N.V. E-125 y E-126.
- Porcentaje que pasa el Tamiz No. 200 - Norma I.N.V. E-123.
- Granulometrías, de acuerdo con las normas I.N.V. E-122/E-123.
- CBR Muestra Inalterada - Norma I.N.V. E-169.

6.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Las muestras fueron transportadas al laboratorio, en donde se les practico los análisis correspondientes (Gradaciones, Humedades, Limites de Atterberg, Clasificaciones y ensayo CBR); también se efectuaron pruebas de compactación para definir la densidad máxima y humedad optima de los suelos al ser sometidos a determinada energía de compactación.

De esta manera se logró obtener las capacidades de los suelos para poder aplicar sus parámetros en los cálculos y diseño de pavimento.

Se realizó visita de inspección preliminar al sitio estudiado con el objeto de determinar las características físicas, geológicas y geotécnicas generales del área.

En la tabla a continuación se presenta la localización de la exploración geotécnica efectuada para el diseño de la estructura de pavimento.

APIQUE	TRAMO	ABCISA
1	1	K+
2	1	K+250
3	1	K+500
4	1	K+750
5	1	K1+000
6	1	K1+250
7	1	K1+500
8	1	K1+750
9	1	K2+000

Tabla 1. Localización de apiques realizados para las vías en estudio.

7. CARACTERIZACION DE LA SUBRASANTE

Para la clasificación y caracterización de los materiales extraídos de las exploraciones hechas en la zona se ejecutaron una serie de ensayos de laboratorio.

La clasificación de los suelos se realizó con el sistema de clasificación AASHTO.

7.1. PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Con los apiques realizados se identificaron varios perfiles de suelos de acuerdo a los materiales encontrados.

Una vez realizadas las exploraciones geotécnicas en la zona de estudio se encontró un perfil estratigráfico definido por capas de ARENA LIMOSA (A-2-6) y ARENA ARCILLOSA (A-2-7).

7.2. NIVEL FREÁTICO

No se detectó afloramientos de agua en ninguna de las perforaciones hasta la profundidad explorada (2 metros), entendiéndose con esto que, si hay presencia de nivel freático, está por debajo de este nivel.

7.3. RESUMEN RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO

APIQUE	TRAMO	ABCISA	PROFUNDIDAD (m)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	Wnat (%)	CLASIFICACION AASTHO
1	1	K+	2	51	31	20,3	57,8	A-2-7
2	1	K+250	2	38	17	21,3	27,9	A-2-6
3	1	K+500	2	30	17	13,0	58,7	A-2-6
4	1	K+750	2	23	8	14,7	27,2	A-2-6
5	1	K1+000	2	69	30	38,7	27,5	A-2-7
6	1	K1+250	2	34	15	18,5	24,6	A-2-6
7	1	K1+500	2	21	9	12,5	27,7	A-2-6
8	1	K1+750	2	24	4	20,2	28,7	A-2-6
9	1	K2+000	2	22	9	13,1	33,8	A-2-6

Tabla 2. Resultado ensayos de límites de Atterberg.

7.4. CBR REPRESENTATIVO DE LA SUBRASANTE

Con el fin de determinar la capacidad portante del suelo de subrasante o competencia mecánica de los materiales de fundación del pavimento, se tomaron por cada sondeo moldes de CBR inalterados, localizados directamente en los sitios de la obra y sobre la superficie de la sub-rasante, aclarando, que se realizaron sobre el terreno natural y no sobre los rellenos.

Los CBR obtenidos que se deben tener en cuenta para el diseño del pavimento en los tramos viales en estudio para conocer la calidad de la subrasante, se muestran a continuación,

APIQUE	TRAMO	ABCISA	PROFUNDIDAD (m)	CBR (%)
1	1	K+	2	3,35%
2	1	K+250	2	3,72%
3	1	K+500	2	4,30%
4	1	K+750	2	3,15%
5	1	K1+000	2	4,01%
6	1	K1+250	2	3,29%
7	1	K1+500	2	3,87%
8	1	K1+750	2	3,78%
9	1	K2+000	2	3,44%
PROMEDIO				3,66%

Tabla 4. Valores de CBR.

Definidos los valores de CBR, se realiza un promedio elegir un valor representativo de la capacidad de soporte de la unidad definitiva de diseño.

NO se detectó presencia del nivel freático hasta la profundidad explorada.

Por último, cabe mencionar que una vez realizados los análisis geotécnicos se determinó que para de la vía en el municipio de Tauramena, departamento de Casanare, no se identificaron riesgos por movimientos en masa e inestabilidad de taludes, ni ningún otro riesgo geotécnico en general como deslizamientos, zonas de erosión o puntos críticos.

8. SISMICIDAD

La Norma Colombiana de construcciones sismo resistentes ubica a Tauramena en una zona de amenaza sísmica Intermedia, los coeficientes sísmicos tienen las siguientes magnitudes:

- $A_a = 0.10$ (Coeficiente de aceleración pico efectiva).

- $A_e = 0.06$ (Coeficiente de aceleración pico efectiva para diseño con seguridad limitada).

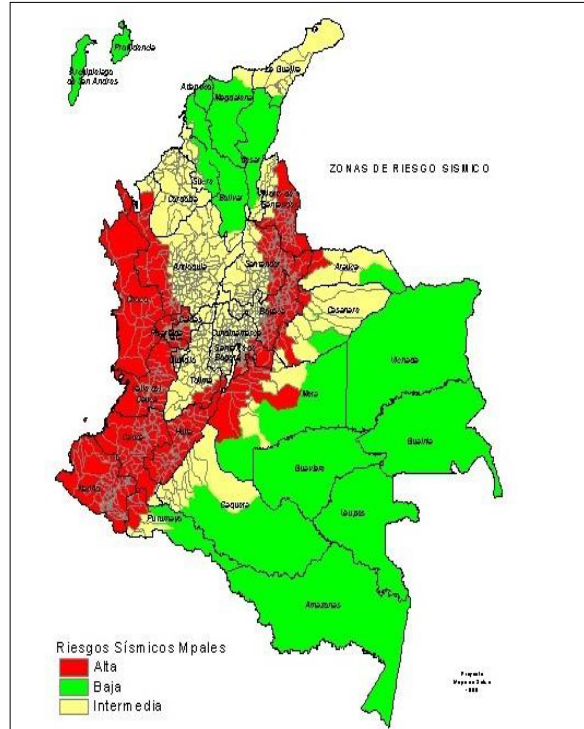


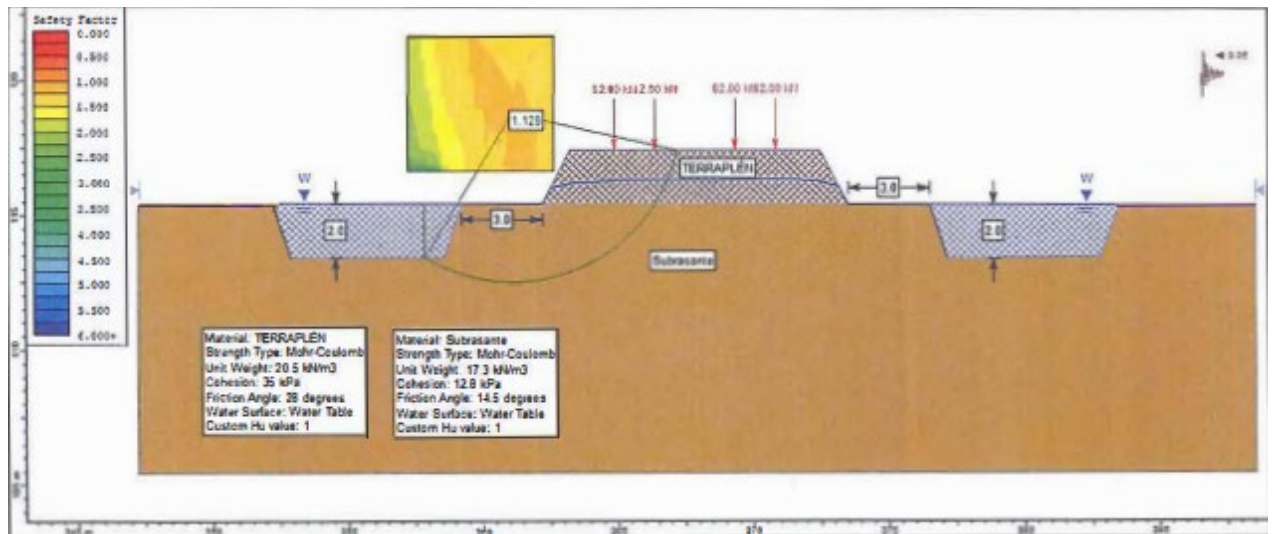
Ilustración 6. Zonas de riesgo sísmico en Colombia

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El análisis de las características geológicas y geotécnicas del sitio estudiado permitió determinar que no existen limitaciones o amenazas geotécnicas importantes que afecten la estabilidad del proyecto. Dado lo anterior la zona de ubicación del proyecto es viable para el mejoramiento de la vía con pavimento asfáltico.
- La vía en estudio no posee puntos críticos de orden geológico, por lo tanto, el proyecto es viable para el mejoramiento de la vía con pavimento asfáltico.
- Una vez realizados los análisis geotécnicos se determinó que, para la vía en el municipio de Tauramena, departamento de Casanare, no se identificaron riesgos por movimientos en masa e inestabilidad de taludes, ni ningún otro riesgo geotécnico en general como deslizamientos, zonas de erosión o puntos críticos.
- El perfil estratigráfico de los suelos encontrados está definido por capas de ARENA LIMOSA (A-2-6) y ARENA ARCILLOSA (A-2-7).
- No se detectó afloramientos de agua en ninguna de las perforaciones hasta la profundidad explorada (2.0 mts), entendiéndose con esto que, si hay presencia de nivel freático, está por debajo de este nivel.
- Es necesario realizar labores de mantenimiento rutinario y periódico, a fin de conservar los estándares de servicio y funcionamiento de la vía.
- Las características mecánicas como resistencia y deformabilidad de los suelos de subrasante en condiciones naturales se consideran aceptables y no representan ningún problema para las cargas proyectadas.
- Las propiedades de resistencia mecánica de la subrasante fueron valoradas por medio del ensayo CBR. Para el diseño de la estructura para la realización de los cálculos de la estructura de soporte, se considera un valor de CBR (california Bearing Ratio) de 3.66%.
- Las épocas de invierno no son recomendables para realizar las excavaciones y conformación de subrasante; se deberá garantizar que los suelos a este nivel no estén saturados; de encontrarse así se deberá profundizar en la excavación hasta lograr un suelo base de fundación adecuado. Se deberá disponer de un adecuado drenaje vial que garantice que las aguas de escorrentía no lleguen hasta los suelos de fundación que puedan alterar sus propiedades de resistencia geomecánica.
- Como procedimiento constructivo y para garantizar el buen comportamiento del

pavimento, antes de su colocación se deben construir todas las obras de drenaje necesarias.

- Una vez se inicien las excavaciones, se deben realizar los ajustes al diseño en aquellos sitios puntuales en los que sea necesario, para lo cual debe notificarse al diseñador para su aprobación. Se deben cumplir con las especificaciones técnicas de características y colocación de los materiales según lo establece el Instituto Nacional de Vías INVIAS.
- El nivel freático (N.F.), no se encontró durante las perforaciones, pero este tiene tendencia a ascender en épocas de lluvia fuertes, ya que este es controlado por el río Atrato, las quebradas que conformaban las redes antiguas, fuentes aledañas al tramo de vía del proyecto y los frentes de humedad que descienden de la superficie. Por esta razón la profundidad a la que se encuentra el manto freático fluctúa con las épocas de sequía y lluvia. En el área y en particular en el tramo de vía del proyecto no se presentan condiciones de inundación.
- Es necesario construir obras que me permitan controlar de una manera eficiente las cantidades de agua superficiales que se transportaran por la superficie de la nueva estructura de pavimento a construir, esto permitirá garantizar la vida útil de la estructura de pavimento.
- Dentro de las obras a ejecutar se establece la construcción de alcantarillas en los tramos a pavimentar para mitigar problemas de inundación de la vía, Se describieron las curvas intensidad, duración y frecuencia según el manual de drenaje de carreteras y la información suministrada por las estaciones hidrometeorológicas de la zona con el objetivo de determinar caudales de diseño para cualquier periodo de diseño y tiempo de duración a criterio del diseñador, todo esto se puede verificar en el informe hidráulico del proyecto.
- Condiciones del terraplén: Altura $h=2.5\text{m}$, pendiente del talud $1:2$, saturado con sismo y aplicación de cargas sobre la corona de la vía.
- El hecho de que la profundidad de excavación sea muy pequeña (2m), que se realice con taludes inclinados y a una distancia de la base del terraplén; garantiza que no se presente ningún tipo de problema de inestabilidad en la estructura de la vía ni en sus áreas perimetrales, tal como se muestra en el análisis de estabilidad realizado para la sección típica y en condiciones críticas de presencia de agua, ocurrencia de sismo y aplicación de cargas sobre la corona del terraplén para simular el tránsito de vehículos, cuyo Factor de Seguridad (FS) es mayor al mínimo requerido de 1,05.



- El análisis de estabilidad realizado para la sección típica recomendada para la franja de extracción de material de préstamo lateral arroja un Factor de seguridad de 1, 128; indicando que la geometría recomendada es estable y no incide de manera desfavorable sobre la estabilidad de la estructura de la vía.

David

DAVID RICARDO DIAZ PRADA
 INGENIERO CIVIL
 68202-257151 STD