CONSTRUCCION MANTENIMIENTO Y/O MEJORAMIENTO DE LAS VIAS URBANAS DE LAS COMUNAS 2 Y 3 Y DE LAS VIAS RURALES DE LOS CORREGIMIENTOS DE PUERTO VILLAMIZAR Y BUENA ESPERANZA, MUNICIPIO DE SAN JOSE DE CUCUTA (PRESUPUESTO PARTICIPATIVO) SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA MUNICIPAL

INFORME GEOTECNICO
PUERTO VILLAMIZAR

SAN JOSE DE CUCUTA, JUNIO DE 2025

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION……6

1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO 8

1.1. NOMBRE.....8

1.2. LOCALIZACIÓN.....8

1.3. OBJETIVO DEL ESTUDIO 10

1.4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....10

2. INFORMACIÓN DEL SUBSUELO.....12

2.1. GEOMORFOLOGIA 12

2.2. GEOLOGÍA.....13

2.3. GEOTECNIA.....15

2.3.1. Ensayos de laboratorio……..15

3. REVISION DE CONDICIONES DE ESTABILIDAD DEL SUELO.....17

3.1. CAPACIDAD ADMISIBLE DE SOPORTE, q_{adm}.....17

3.2. ESTABILIDAD ANTE LA ACCION SISMCA 18

3.3. PÓTENCIAL DE LICUEFACCION.....19

3.4. SUCEPTIBILIDAD AL FENOMENO DE REMOSION EN MASA (FRM) ……..19

3.5. CALIFICACION DE LA SUBRASANTE SEGÚN CBR……..19

4. RECOMENDACIONES.....19

5. CONCLUSIONES……..20

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Contexto urbano. Localización satelital zona de corregimiento de Puerto Villamizar, San José de Cúcuta, Colombia……..…….7

Fotografía 2. Vista general del área de intervención para la construcción mantenimiento y/o mejoramiento de las vías rurales del corregimiento de Puerto Villamizar, municipio de San José de Cúcuta (presupuesto participativo) secretaria de infraestructura municipal…….……10

Fotografía 3. Sitio de ejecución del apique No 6, proyecto de construcción de vía en placa huella, corregimiento de Puerto Villamizar, zona rural de San José de Cúcuta, Norte de Santander……..……..18

Fotografía 4. Detalle del material superficial correspondiente al apique No 6 proyecto de construcción vía en placa huella en el corregimiento de Puerto Villamizar, zona rural de San José de Cúcuta, Norte de Santander……18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Área geográfica del sector corregimiento Puerto Villamizar, Zona rural de San José de Cúcuta, Colombia…….……8

Figura 2. Esquema general de la placa huella corregimiento, proyecto de pavimentación corregimiento de Puerto Villamizar, Zona rural de San José de Cúcuta, Colombia…….……9

Figura 3. Marco regional y geomorfológico de la zona de Cúcuta. Traza de fallas (derecha) del mapa de Norte de Santander, Ingeominas, 1997……11

Figura 4. Perfiles topográficos de dirección NW-SE. Exhiben la diferencia de altura entre los niveles base de los ríos Pamplonita y Zulia……..…….12

Figura 5**. Detalle de mapa en sistema de información geográfico (SIG) donde muestra la unidad geomorfológica correspondiente al sitio del proyecto, una planicie de inundación (Fpi). Corregimiento de Puerto Villamizar, zona rural de San José de Cúcuta, Norte de Santander……..…13**

Figura 6. Detalle de mapa en sistema de información geográfico (SIG) donde muestra la unidad geológica superficial correspondiente al sitio del proyecto, a un suelo transportado de planicie de inundación (Stpi). Corregimiento de Puerto Villamizar, zona rural de San José de Cúcuta, Norte de Santander……..…13

Figura 7. Localización de los apiques No1, No2 y No6 en el lineamiento de vía estudiado, proyecto de pavimentación en placa huella, corregimiento de Puerto Villamizar, zona rural de San José de Cúcuta. Norte de Santander…….…….14

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas apiques proyecto de pavimentación en placa huella corregimiento de Puerto Villamizar, zona rural de San José de Cúcuta, Norte de Santander……..…14

Tabla 2. Granulometría Apique 1, Corregimiento Puerto Villamizar, San José de Cúcuta, Colombia……..…16

Tabla 3. Granulometría Apique 2, Corregimiento Puerto Villamizar, San José de Cúcuta, Colombia……...……17

Tabla 4 Resultados de CBR de suelo compactado en laboratorio usando norma INV E-148-13, subrasante correspondiente al Apique No6 corregimiento Puerto Villamizar, zona rural de San Jose de Cúcuta, Norte de Santander…….17

Tabla 5. Valores de factor de seguridad con relación al tipo de zona……..…..……22

INTRODUCCION

El presente informe corresponde al estudio geotécnico para el proyecto *de diseño y la construcción, mantenimiento y/o mejoramiento de las vías urbanas de las comunas 2 y 3, y de las vías rurales de los corregimientos de Puerto Villamizar y Buena Esperanza, municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander*. Este informe corresponde al sitio del corregimiento de Puerto Villamizar. El contenido del informe se encuentra estructurado para cumplir con los requerimientos básicos de normas nacionales e internacionales en lo que respecta a estudios geotécnicos conducentes al análisis y diseño de estructuras de pavimento.

Se establece una información general del proyecto, objetivo del estudio y la descripción del mismo en una primera parte. Seguidamente se encontrarán los elementos técnicos que explican las condiciones del subsuelo tales como la geomorfología, geología superficial y las características geotécnicas de la zona, ésta última establecida a través de tres (3) apiques y toma de muestras para la caracterización física y mecánica de la unidad litológica presente. La parte tres del informe hace una revisión de las condiciones de estabilidad del suelo de estudio, aportando información básica tal como la capacidad admisible del suelo, condiciones sísmicas y potencial de licuefacción. Finalmente, el informe presenta recomendaciones para la fase de diseño de la estructura de pavimento y recomendaciones de carácter constructivo de tal manera que se garantice la estabilidad de la obra en su vida útil. Adicionalmente se encontrarán diez y seis (16) anexos. Los quince (15) primeros corresponden a aspectos técnicos: **Anexo 1** determinación de los límites líquido y plástico de los apiques No 1 y No 2; **Anexo 2** determinación de los tamaños de las partículas apiques No 1 y No 2**, Anexo 3** humedad natural apiques No 1 y No 2, **Anexo 4** determinación del CBR en campo a través de su correlación con el ensayo DCP; **Anexo 5** cálculo de la velocidad de onda cortante para el perfil de suelo; **Anexo 6** cálculo de capacidad de carga; **Anexo 7** mapa en Sistema de Información Geográfica (SIG) de la unidad geológica superficial correspondiente al área de intervención del proyecto, **Anexo 8** mapa en Sistema de Información Geográfica (SIG) de la unidad geomorfológica superficial correspondiente al área de intervención del proyecto; **Anexo 9** corresponde a los registros estratigráficos de los apiques No 1, No 2 y No 6 ejecutados; **Anexo 10** laboratorio humedad natural del Apique No 6; **Anexo 11,** laboratorio límites del apique No 6; **Anexo 12**, Determinación tamaño de las partículas apique No 6; **Anexo 13**, CBR compactado en laboratorio apique No 6; **Anexo 14**, cálculo del potencial de licuefacción del suelo, **Anexo 15** corresponde al plano de localización de los apiques ejecutados dentro del lineamiento de la vía.

En el **Anexo 16** se encuentran los documentos de soporte profesional.

Todos los Anexos son parte vinculante de este informe geotécnico, los cuales deberán consultarse para una mejor interpretación y comprensión del informe.

1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

1.1. NOMBRE

Informe Geotécnico para el diseño y construcción de vías rurales en el corregimiento de Puerto Villamizar, San José de Cúcuta, Norte de Santander.

1.2. LOCALIZACIÓN

El proyecto se localiza en el municipio de Cúcuta, coordenadas planas: X=5061654.4270, Y=2477036.8040, Z=56.6140. La fotografía 1 nuestra imagen satelital de localización de la zona de la vía y áreas conexas en el corregimiento de Puerto Villamizar, San José de Cúcuta, Norte de Santander.

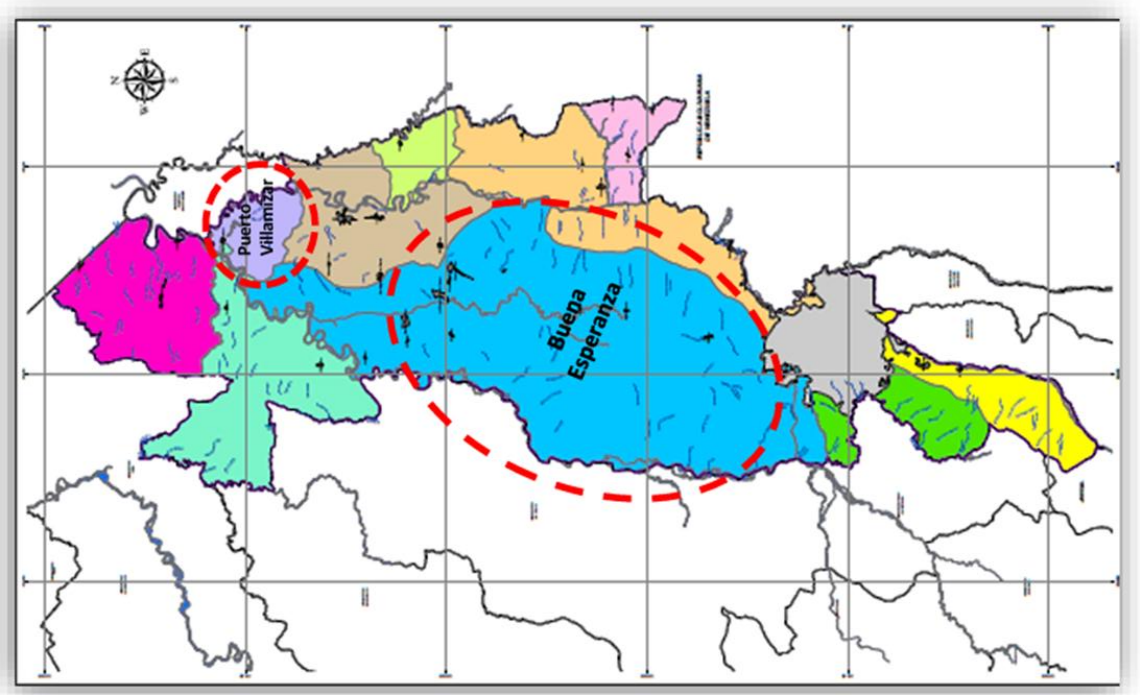
Fotografía 1. Contexto urbano. Localización satelital zona de corregimiento de Puerto Villamizar, San José de Cúcuta, Colombia.



Fuente: Google Earth, 2025. Modificación Autor, 2025.

La Figura 1 siguiente, muestra aspectos generales de la zona correspondiente al área del corregimiento de Puerto Villamizar, zona rural de San José de Cúcuta.

Figura 1. Área geográfica del sector corregimiento Puerto Villamizar, Zona rural de San José de Cúcuta, Colombia.



Fuente: Jaime Ramírez A., 2025

En términos generales, el municipio de San José de Cúcuta presenta dificultad en la movilidad en las vías, debido al mal estado de las mismas, lo que ocasiona que sean intransitables o con restricción de tránsito. Según el diagnóstico del plan de desarrollo, la red vial urbana del Municipio está conformada por 1284,4 kilómetros de vías urbanas, arteriales, zonales y barriales de las cuales se han caracterizado 685,2 kilómetros equivalentes al 53,3 %. De las vías caracterizadas el 42,63% se encuentran en buen estado (283, 6 Km), el 30,77% en regular estado (210,2 kilómetros) y el 26,6% (171 kilómetros) en mal estado o sin pavimento, datos suministrados por el Sistema de Información Geográfico de la Secretaría de Infraestructura (SIGI).

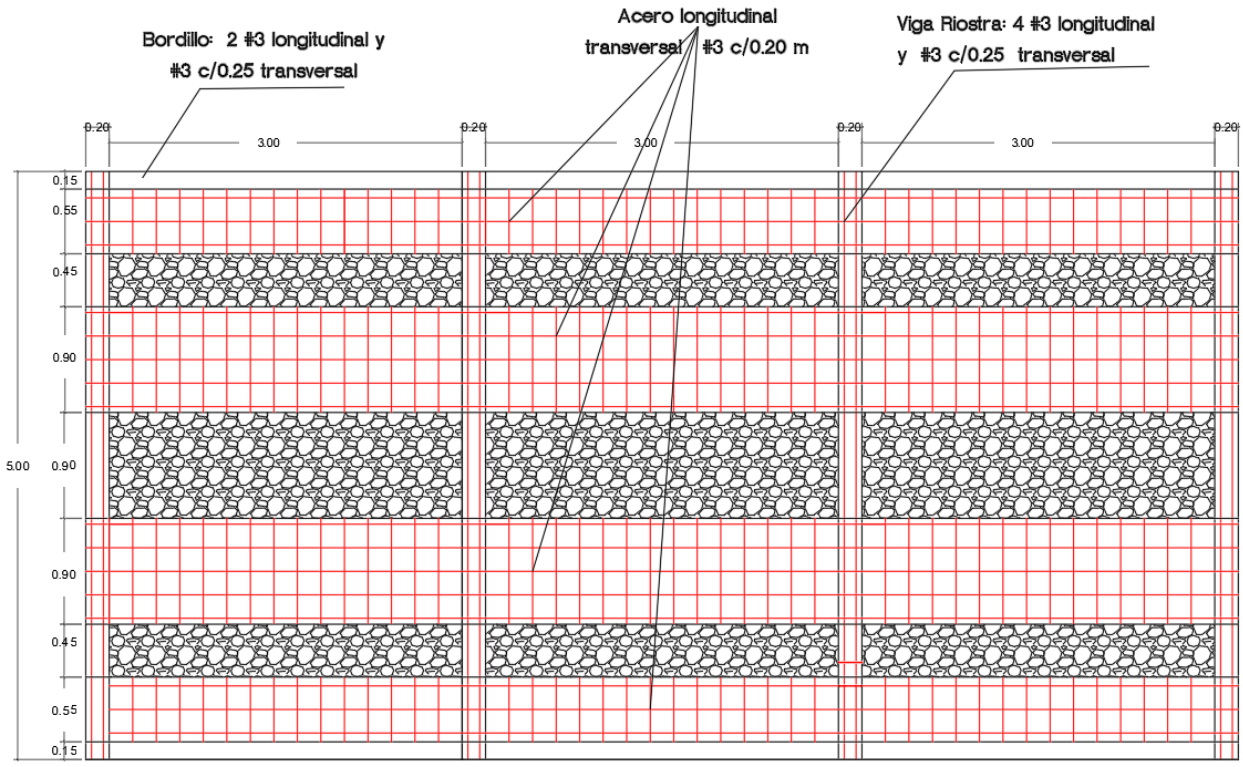
1.2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

Realizar la caracterización geotécnica para apoyar los estudios de diseño de la estructura de pavimento en placa huella y garantizar su correcto desempeño en la vida útil del mismo.

1.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto responde, arquitectónica e ingenierilmente la búsqueda de la comodidad para quienes serán son usuarios de las vías del corregimiento de Puerto Villamizar. Se realizarán los estudios de tránsito, diseño geométrico vial, caracterización geotécnica, topografía, de tal manera que el conjunto de información sobre el terreno permita el correcto diseño de pavimento en placa huella. en la longitud establecida. L=470 m. La Figura 2 siguiente muestra el esquema generala en planta de la placa huella. La Fotografía 2 muestra aspecto general del área a intervenir en el corregimiento de Puerto Villamizar.

Figura 2. Esquema general de la placa huella corregimiento, proyecto de pavimentación corregimiento de Puerto Villamizar, Zona rural de San José de Cúcuta, Colombia.



Fuente: Jaime Ramírez A., 2005.

Fotografía 2. Vista general del área de intervención para la construcción mantenimiento y/o mejoramiento de las vías rurales del corregimiento de Puerto Villamizar, municipio de San José de Cúcuta (presupuesto participativo) secretaria de infraestructura municipal.



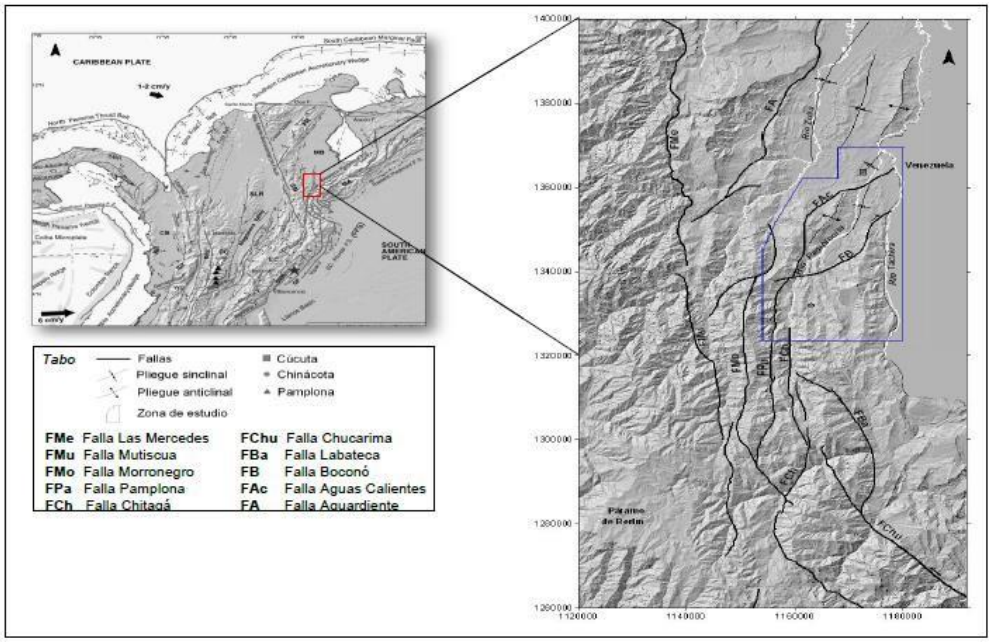
2. INFORMACIÓN DEL SUBSUELO

Se presenta un resumen de la información geomorfológica, geológica y geotécnica el cual caracteriza la aptitud del suelo en estudio.

2.1. GEOMORFOLOGIA

La zona del proyecto se caracteriza por una topografía plana a inclinada y de forma alargada, de amplitud generalmente mayor de 20 metros. Se encuentra en una de las zonas de menores lluvias, con precipitaciones menores a 1.000 mm/año y temperatura promedio de 30ºC. En la Figura 3 se observa la ubicación del marco regional y geomorfológico de la zona de Cúcuta, las trazas de fallas correspondientes a las fuentes sismogénicas de campo cercano a San José de Cúcuta.

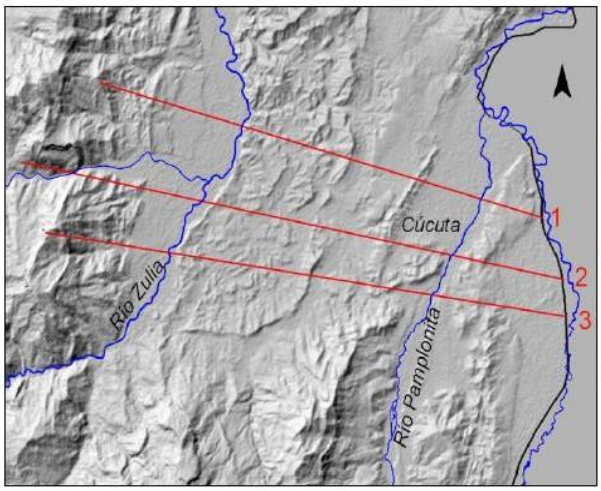
Figura 3. Marco regional y geomorfológico de la zona de Cúcuta. Traza de fallas (derecha) del mapa de Norte de Santander, Ingeominas, 1997.



Fuente: Diederix, H. Ingeominas, 2009.

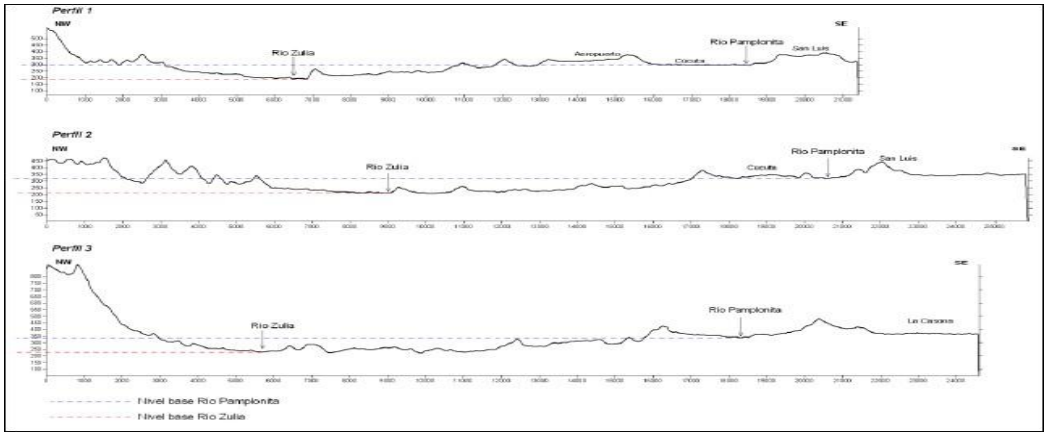
Hidrográficamente, la zona de Cúcuta corresponde a la confluencia de los ríos Pamplonita y Táchira, los cuales, al norte de su confluencia, en las afueras de la ciudad, continúan en la misma dirección hasta unirse con el rio Zulia que viene del Suroeste. La región de acoplamiento de los tres ríos es por lo general bastante plana con dominio de dos geoformas principales, la llanura aluvial actual y un relieve elevado entre 650m y 400m, que, aunque disectado, aún conserva una horizontalidad del nivel en los topes en donde se pueden encontrar algunos remanentes de gravas. Esto indica una antigua llanura de inundación en promedio de 150m por encima del nivel base actual de los ríos (Diederix, H. Ingeominas, 2009). La Figura 4 muestra los perfiles topográficos de dirección NW-SE, exhibiéndose la diferencia de altura entre los niveles base de los ríos Pamplonita y Zulia.

Figura 4. Perfiles topográficos de dirección NW-SE. Exhiben la diferencia de altura entre los niveles base de los ríos Pamplonita y Zulia.



Perfil	Nivel base Río Zulia (m)	Nivel base Río Pamplonita (m)	Diferencia de altura entre los niveles base de los río (m)
1	190	295	105
2	210	320	110
3	230	338	108

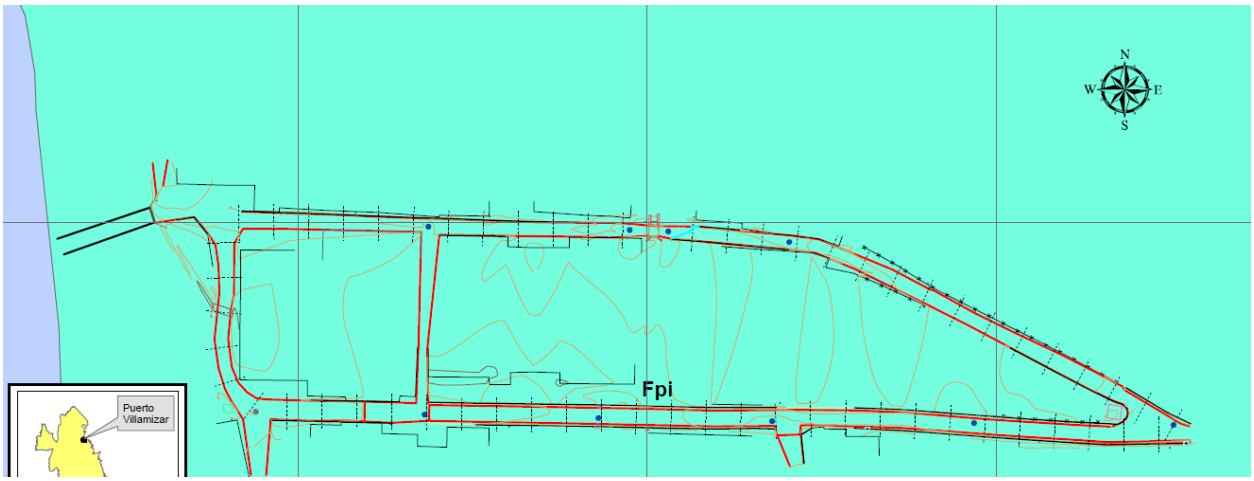
Fuente: Diederix, H. Ingeominas, 2009



Fuente: Diederix, H. Ingeominas, 2009.

El corregimiento de Puerto Villamizar, zona rural de San José de Cúcuta, geomorfológicamente es de topografía y superficie plana, conformada por geomateriales de terrazas aluviales recientes ubicado en el valle de deriva del Rio Zulia. La Figura 5 siguiente muestra muestra la geomorfología superficial de la zona en estudio correspondiente a una planicie de inundación (Fpi). Ver Anexo 8.

Figura 5. Detalle de mapa en sistema de información geográfico (SIG) donde muestra la unidad geomorfológica correspondiente al sitio del proyecto, una planicie de inundación (Fpi). Corregimiento de Puerto Villamizar, zona rural de San José de Cúcuta, Norte de Santander



2.2. GEOLOGÍA

Geológicamente esta zona corresponde a terrazas y depósitos de sedimentos aluviales pertenecientes al cuaternario reciente (Qt, Qal), producidos por la acción del río Zulia. Constituyen mezclas de sobre tamaño y gravas ígneas aluviales, con matriz de arena y sedimentos finos mixtos (limos y arcillas) de color pardo a gris, dependiendo de la naturaleza de los minerales de solución. Los materiales básicos de esta unidad lo conforman fragmentos de rocas sedimentarias, metamórfica e ígnea, geológicamente trabajadas y transportadas por corrientes naturales y superficiales de agua. La Figura 6 muestra el mapa en sistema de información geográfico (SIG) que muestra la unidad geológica superficial de ingeniería, correspondiente a un suelo transportado de planicie de inundación **(Stpi). Ver Anexo 7.**

Figura 6. Detalle de mapa en sistema de información geográfico (SIG) donde muestra la unidad geológica superficial correspondiente al sitio del proyecto, a un suelo transportado de planicie de inundación (Stpi). Corregimiento de Puerto Villamizar, zona rural de San José de Cúcuta, Norte de Santander



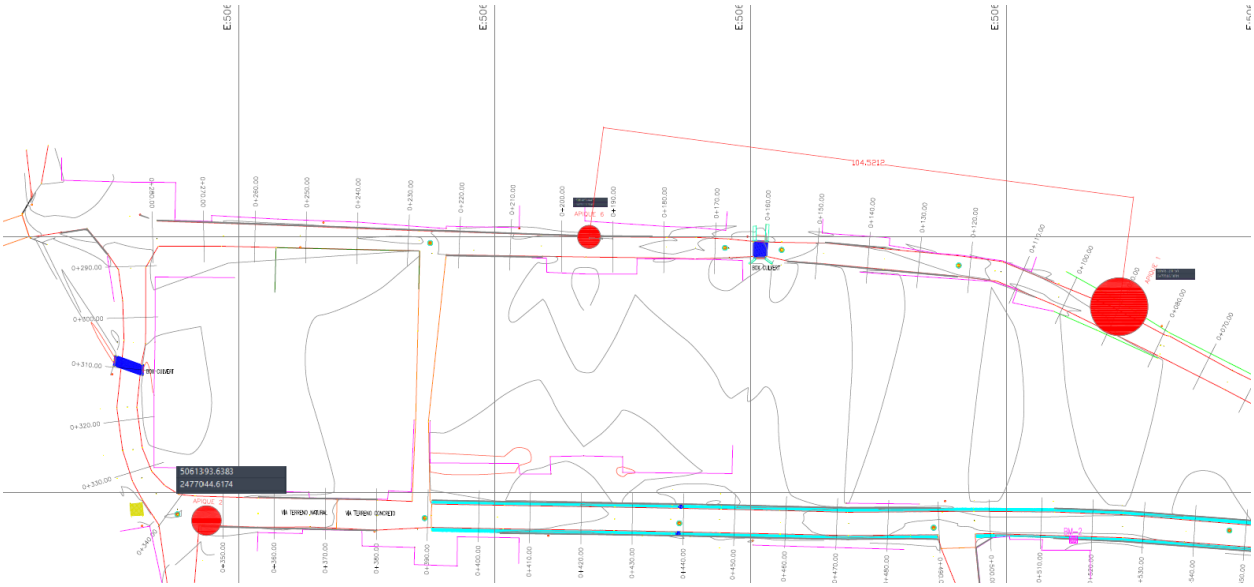
2.3. CARACTERIZACION GEOTECNICA

La caracterización geotécnica se realizó mediante tres (3) apiques separados a una distancia de menor a la establecida en INVIAS 2018, dada la longitud del tramo a intervenir, menor de 500 m. Los apiques conservaron una profundidad de 1.50 m. La Tabla 1 muestra las coordenadas de los apiques No 1, No 2 y No 6 y la Figura 2 muestra la localización espacial en el plano de levantamiento topográfico.

Tabla 1. Coordenadas apiques proyecto de pavimentación en placa huella corregimiento de Puerto Villamizar, zona rural de San José de Cúcuta, Norte de Santander.

APIQUE	COORDENADA N	COORDENADA E
1	5,061,572.08	2,477,086.31
2	5,061,393.64	2,477,044.62
6	5,061,468.45	2,477,099.92

Figura 7. Localización de los apiques No1, No2 y No6 en el lineamiento de vía estudiado, proyecto de pavimentación en placa huella, corregimiento de Puerto Villamizar, zona rural de San José de Cúcuta. Norte de Santander.



Fuente: Laboratorio de Suelos Geotécnicas del Norte, 2025.

2.3.1. Ensayos de laboratorio

Se realiza una descripción de los ensayos de laboratorio ejecutados para la caracterización de la unidad litológica presente en el sitio de intervención y los métodos utilizados en las pruebas de laboratorio ejecutadas.

2.3.1.1. Humedad Natural.

El ensayo de humedad natural del suelo, también conocido como ensayo de humedad in situ, determina la cantidad de agua presente en una muestra de suelo en su estado natural. Este ensayo es fundamental para entender las propiedades del suelo y su comportamiento en diversas aplicaciones geotécnicas. Norma utilizada para el ensayo de Humedad natural, Norma INV E-122-13 Método A.

2.3.1.2. Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos por tamizado.

La determinación del tamaño de las partículas del suelo mediante tamizado, también conocido como análisis granulométrico por tamizado, es un método para separar las partículas del suelo según su tamaño y determinar la distribución de estos tamaños en la muestra, Norma utilizada: Norma INV E-123-13.

2.3.1.3. Determinación del límite liquido de los suelos.
La determinación de los límites líquido y plástico en suelos, también conocidos como límites de Atterberg, es crucial para caracterizar el comportamiento de suelos finos y su clasificación geotécnica. Estos límites indican el contenido de humedad en el cual el suelo cambia de estado: líquido a plástico (límite líquido) y plástico a semisólido (límite plástico). Norma utilizada para ensayos de Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos: Norma INV E-125/126-13. Método A.

2.3.1.4. Ensayo DCP
Se realizó el ensayo DCP bajo la norma ASTM-D 6951-03. Este ensayo consiste en la introducción de una varilla de acero de penetración de 16 mm de diámetro, la cual en su extremo inferior posee un cono de acero temperado de 60 grados y 20 mm de diámetro. El DCP es introducido en el suelo por un martillo deslizante de 8 kg-f que cae desde una altura de 575mm. Para realizar las lecturas posee una regla de medición sujeta al instrumento por dos soportes; un soporte superior unido al yunque que sirve de referencia para las lecturas y un soporte inferior fijo a la regla y unido a la barra de penetración. El ensayo DCP mide la penetración dinámica por golpes, a través del terreno natural o suelo de fundación, o suelos levemente cementados (K.S. Gill et al., 2010). Existen diversas correlaciones entre el valor del DCP y el CBR. Ejemplo: CBR Relationship: TRL equation: $\log_{10}(CBR) = 2.48 - 1.057 \times \log_{10}(Strength)$

2.3.1.5. California Bearing Ratio (CBR) en laboratorio
El valor del Índice de Rodadura de California (CBR, por su sigla en inglés) se calcula como la relación entre la presión de penetración de la muestra de suelo y la presión de penetración de una muestra estándar de piedra triturada, generalmente expresada como un porcentaje. Se calcula para penetraciones específicas, comúnmente 2.5 mm y 5 mm, y se usa el valor mayor de los dos para el diseño, según el Indian Railway Institute of Civil Engineering. Método utilizado para el cálculo del CBR: Método INV E-148-13, material de subrasante.

2.3.2. Resultados ensayos de laboratorios
Se presentan los resultados de los ensayos de laboratorios ejecutados a las muestras recuperadas de los apiques numerados como AP3, AP4 y AP5. La Figura 7 siguiente muestra detalle de los puntos donde se ejecutaron los apiques a lo largo del lineamiento de la vía con espaciamiento y profundidad dado en el numeral 2.3 y la Tabla 2 muestra las coordenadas de los mismos. Los apiques se señalan con puntos rojos (**Ver Anexo 11**)

AP1-M1 $0 \leq z \leq 1{,}50$ m

La muestra fue tomada a una profundidad comprendida entre el nivel 0.00 m hasta -1.50. m. Superficialmente se encuentra un suelo orgánico color marrón.; humedad natural promedio, w=25%; con contenido de grava G=0.1%, arena, S=5,8% y porcentaje de finos, F=94,1%, lo que le otorga una clasificación según la AASHTO: A-7; y según el Sistema Unificado USC: OL, es decir, un suelo orgánico de baja plasticidad. La fracción fina presenta limite líquido, LL=46%; limite plástico, LP=17%; Índice de plasticidad, IP=29%. Del ensayo DCP se obtiene un CBR= 4%. La Tabla 2 muestra la granulometría obtenida del apique 1.

Tabla 2. Granulometría Apique 1, Corregimiento Puerto Villamizar, San José de Cúcuta, Colombia.

TAMIZ DE SEPARACIÓN No. 200 - SERIE ALTERNATIVA					
Masa Inicial Muestra (g)	788,2	Masa Inicial Muestra Seca + Recipiente (g)	636,1	Masa Retenida T200 + Recipiente (g)	94,6
Masa Recipiente (g)	60,4	Masa Inicial Muestra Seca (g)	575,7	Masa Retenida T200 (g)	34,2
Tamaño Máximo de Partícula (mm)				9,5	
Tamiz	Masa Retenida (g)	% Retenido Individual	% Retenido Acumulado	% Pasa	
3"	0	0,0	0,0	100,0	
1 1/2"	0	0,0	0,0	100,0	
3/4"	0	0,0	0,0	100,0	
3/8"	0	0,0	0,0	100,0	
No. 4	0,73	0,1	0,1	99,9	
No. 8	0,37	0,1	0,2	99,8	
No. 16	1,44	0,3	0,4	99,6	
No. 30	4,01	0,7	1,1	98,9	
No. 50	11,81	2,1	3,2	96,8	
No. 100	9,39	1,6	4,8	95,2	
No. 200	6,27	1,1	5,9	94,1	
% Gravas	0,1	% Arenas	5,8	% Finos	94,1

Fuente: Ing. Jaime Ramírez A, 2025.

AP2-M1 0,00 ≤ z ≤ 1,50 m

La muestra fue tomada a una profundidad comprendida entre el nivel 0.00 m hasta -1.00. m. Superficialmente se encuentra un suelo orgánico color marrón.; humedad natural promedio, w=18%; con contenido de grava G=36.5%, arena, S=30,8% y porcentaje de finos, F=32,7%, lo que le otorga una clasificación según la AASHTO: A-2; y según el Sistema Unificado USC: CL, es decir, una arcilla de baja plasticidad. La fracción fina presenta limite líquido, LL=34%; limite plástico, LP=15%; Índice de plasticidad, IP=19%. Del ensayo DCP se obtiene un CBR= 7%. La Tabla 3 muestra la granulometría obtenida del apique 2. Se encontró nivel freático en el fondo de la exploración, a -1,50 m.

Tabla 3. Granulometría Apique 2, Corregimiento Puerto Villamizar, San José de Cúcuta, Colombia.

TAMIZ DE SEPARACIÓN No. 200 - SERIE ALTERNATIVA					
Masa Inicial Muestra (g)	2194,9	Masa Inicial Muestra Seca + Recipiente (g)	1926,9	Masa Retenida T200 + Recipiente (g)	1318,9
Masa Recipiente (g)	66,0	Masa Inicial Muestra Seca (g)	1860,9	Masa Retenida T200 (g)	1252,9
Tamaño Máximo de Partícula (mm)				75,0	
Tamiz	Masa Retenida (g)	% Retenido Individual	% Retenido Acumulado	% Pasa	
3"	0	0,0	0,0	100,0	
1 1/2"	153,3	8,2	8,2	91,8	
3/4"	470,6	25,3	33,5	66,5	
3/8"	35,54	1,9	35,4	64,6	
No. 4	19,80	1,1	36,5	63,5	
No. 8	19,22	1,0	37,5	62,5	
No. 16	32,62	1,8	39,3	60,7	
No. 30	120,4	6,5	45,8	54,2	
No. 50	275,6	14,8	60,6	39,4	
No. 100	77,32	4,2	64,7	35,3	
No. 200	47,82	2,6	67,3	32,7	
% Gravas	36,5	% Arenas	30,8	% Finos	32,7

Fuente: Ing. Jaime Ramírez A, 2025.

AP6-M1 0,00 ≤ z ≤ 1,50 m

La muestra fue tomada a una profundidad comprendida entre el nivel 0.00 m hasta -1.50. m. Superficialmente se encuentra un suelo arcilloso con algún contenido de arena color marrón-grisáceo.; humedad natural promedio, w=18%; con contenido de grava G=0.00%, arena, S=12,19% y porcentaje de finos, F=87,1%, lo que le otorga una clasificación según la AASHTO: A-2; y según el Sistema Unificado USC: CL, es decir, una arcilla de mediana a baja plasticidad. La fracción fina presenta limite líquido, LL=31%; limite plástico, LP=15%; Índice de plasticidad, IP=16%. Del ensayo CBR compactado en laboratorio se obtiene un CBR según Tabla 4 adjunta. La Fotografía 4 y Fotografía 5 muestran sitio de ejecución del apique No6 y detalle del material superficial encontrado, arcilla de mediana plasticidad, respectivamente.

Tabla 4 Resultados de CBR de suelo compactado en laboratorio usando norma INV E-148-13, subrasante correspondiente al Apique No6 corregimiento Puerto Villamizar, zona rural de San Jose de Cúcuta, Norte de Santander.

Densidad máxima seca (gr/cm^3)	%CBR
Al 95%	1.3
Al 98%	2.2
Al 100%	2.8

Fuente: Laboratorio de suelos Geotécnicas del Norte, 2025.

Fotografía 3. Sitio de ejecución del apique No 6, proyecto de construcción de vía en placa huella, corregimiento de Puerto Villamizar, zona rural de San José de Cúcuta, Norte de Santander.



Fotografía 4. Detalle del material superficial correspondiente al apique No 6 proyecto de construcción vía en placa huella en el corregimiento de Puerto Villamizar, zona rural de San José de Cúcuta, Norte de Santander.



Los suelos con contenido de limos son un tipo de suelo compuesto principalmente por partículas minerales muy pequeñas, más grandes que la arcilla, pero más pequeñas que la arena. Los limos son sedimentos clásticos transportados en suspensión por los ríos o el viento, o bien resultantes de procesos de glaciación (Zapata, 2018). El subsuelo encontrado corresponde al típico que se presenta en la zona, debido a la formación geológica producto de las terrazas aluviales del río Zulia. El espesor total de capas suelos limosos, arcillosos y arenosos que se han encontrado en la zona puede llegar hasta más de 15 m antes de llegar al techo del manto de gravas arenosas típicas como subsuelo profundo en este sector. El sitio explorado presenta suelos de naturaleza aluvial, predominantemente de tipo arcillas arenosas de baja a mediana plasticidad.

Los parámetros geotécnicos se resumen en los siguientes valores asumidos, afectados por valores de seguridad:

Peso efectivo (γeff):	1,20 t/m^3
Angulo de fricción interna (ϕ):	5^o
Cohesión (c_u):	3,00 t/m^2
Modulo Elasticidad (E)	40 Mpa**
Relación de Poisson (μ)	0,3*

*****Table A.7 Typical Values of Poisson´s Ratio. Budhu M. *Soil Mechanics and Foundations. p605*. Jhon Wiley & Son, Inc. 2007

******Table A.8 Typical Values of *E* and *G*. Budhu M. *Soil Mechanics and Foundations. p605*. Jhon Wiley & Son, Inc. 2007

2.4. NIVEL FREATICO

En el numeral 2.3.2 se estableció que, el nivel freático fue interceptado en la exploración a una profundidad de -1,50 m. La zona de Puerto Villamizar se encuentra afectada hidráulicamente por el comportamiento del rio Zulia. En estudios anteriores sobre la zona se ha reportado que, el nivel freático puede oscilar entre los 3 m y 4 m de profundidad, haciéndose más superficial en periodos de lluvia. Los continuos desbordamientos del río Zulia ha hecho tomar medidas a las autoridades tales como la realización de trabajos como dragado mecánico, instalación de hidro contenedores como elementos de protección e instalación de manto anti socavación que permiten de alguna manera mantener una franja de protección o aislamiento desde la zona de cultivos hasta la infraestructura de riego y vial (La Opinión, https://www.laopinion.co/cucuta/corregimiento-de-buena-esperanza-sera-blindado-contra-inundaciones). La presencia del nivel freático superficial puede ocasionar una reducción de la capacidad de resistencia al esfuerzo cortante de esto suelos por tanto se deberá tener cuidado en la protección de la estructura a construir.

3. REVISION DE CONDICIONES DE ESTABILIDAD DEL SUELO

3.1. CAPACIDAD ADMISIBLE DE SOPORTE, q_{adm}

En cimentaciones se denomina capacidad portante a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo. Aunque el parámetro de capacidad de carga no es de uso dentro de la metodología del diseño de pavimentos, esta consultoría considera importante dejar el valor de capacidad de carga obtenido en la zona de estudio del proyecto vial si por alguna circunstancia se indicara el diseño y construcción de infraestructura sobre la vía (puentes, pontones, alcantarillas, otras estructuras).

Utilizando ecuación de Meyerhof (1964) y Brinch Hansen (1970, con ángulo de fricción interna, $\varphi' = 5^o$, cohesión $c_u = 3{,}00$ t/m^2.

q_{adm} =12.49 t/m^2 (122.45 kPa). **Ver Anexo 6.**

3.2. ESTABILIDAD ANTE LA ACCION SISMICA

Según el Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes, NSR10, el departamento de Norte de Santander está ubicado en un 90%, en la zona de riesgo sísmico alto. El Área Metropolitana de la ciudad de San José de Cúcuta, registra una aceleración pico efectiva (Aa) de 0.35.

Efectos locales. Según la NSR10 Titulo A, se determinan los siguientes parámetros sísmicos:

De la Tabla A.2.3.-2, Valores de Aa y de Av para la ciudad de San José de Cúcuta, Norte de Santander.

Aa = coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño, dado en A.2.2.

Aa =0,35.

Av = coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño, dado en A.2.2.

Av = 0,30.

Zona de amenaza sísmica: Alta.

Para los efectos locales, A.2.4.

Tipo de perfil: D.

Vs30= 307.72 m/s **Ver Anexo 5**

Fa = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debida a los efectos de sitio, adimensional.

Fa = 1.05

Fv= coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio, adimensional.

Fv= 1.55

Según Coeficiente de importancia, A.2.5.
Grupo de Uso: Grupo I.
Coeficiente de Importancia: 1.0
Valores que deberán ser corroborados por el ingeniero de diseño vial del proyecto.

3.3. PÓTENCIAL DE LICUEFACCION

La licuefacción es el proceso de pérdida total de la resistencia al corte de un suelo, debido a un incremento en la presión de poros por efectos sísmicos. Se encuentra acompañado normalmente de deformaciones cuya amplitud es de gran magnitud. Las arenas limosas pueden considerarse potencialmente licuables si poseen características tales como su Grado de Saturación de agua sean cercano al 100%, tamaño de grano con un coeficiente Cu < 15; $Cu=D_{60}/D_{10}$ y 0,05 mm ≤ D_{50} ≤ 1,5 mm. En caso de que, las anteriores indicaciones revelen la posibilidad de licuefacción, ésta se puede cuantificar. Para este estudio se utiliza el método desarrollado por Seed e Idriss (1971) basado en datos del ensayo de penetración estándar (SPT, por su sigla en inglés). La relación de esfuerzo cíclico (CSR, por su sigla en inglés), generado por un sismo a una profundidad dada se puede calcular según la ecuación siguiente:

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0.65\left(\frac{a_{max}}{g}\right)\left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}}\right)r_d$$

Donde τ_{av} es la tensión cortante cíclica promedio; a_{max} es la aceleración horizontal máxima en la superficie del terreno; g = 9,81 m/s² es la aceleración de la gravedad; σ_{vo} y σ'_{vo} son las tensiones de sobrecarga verticales totales y efectivas, respectivamente; y r_d es un factor de reducción de tensiones que depende de la profundidad. Robertson y Wride (1998) resumen los detalles sobre el factor r_d, basándose en las recomendaciones de Seed e Idriss (1971) y Liao y Whitman (1986).

$r_d=1 - 7{,}5x10^{-4}z^2$ para 0 m ≤ z ≤ 20 m

La resistencia cíclica al cortante del suelo se calcula a partir de su resistencia a la penetración estándar. Si N es el número de golpes del SPT, se define:

$N_1=(100/\sigma'_{vo})^{1/2}xN$

La resistencia al cortante cíclico, τ_L está dada por:

$\tau_L=A(N_1)^{0,75}xe^{0,06N}{}_1x\ \sigma'_{vo}$

Donde el coeficiente A depende del contenido de finos del suelo y de la zona de sismicidad (Ambraseys, 1988), asimismo varía entre $5x10^{-3}$ y $2{,}5x10^{-2}$.

El Factor de Seguridad (FS) viene dado por la relación entre la resistencia al cortante cíclica y el

esfuerzo cíclico, así:

FS=τ L/CSR

Los resultados del análisis se presentan en una tabla que diferencia cuatro zonas de acuerdo a los valores de FS, dados en la Tabla 5.

Tabla 5. Valores de factor de seguridad con relación al tipo de zona.

Factor de seguridad	Tipo de zona
FS ≥ 2.0	Sin licuefacción
1.5 ≤ FS < 2.0	Licuefacción improbable
1.0 ≤ FS < 1.5	Licuefacción probable
FS < 1.0	Licuefacción casi segura

Fuente: Alfaro Castillo, 2010.

Según los cálculos ejecutados en ANEXO 14, la zona clasifica SIN LICUEFACCION, con FS=5,83. En el Anexo 14 se pueden revisar los datos asumidos para el cálculo del potencial de licuefacción. La arcilla con bajo contenido de arena permite inferir un bajo potencial de licuefacción.

3.4. SUCEPTIBILIDAD AL FENOMENO DE REMOSION EN MASA (FRM)

No se presenta, topografía completamente plana.

3.5. CALIFICACION DE LA SUBRASANTE SEGÚN CBR

De acuerdo a la literatura técnica para construcción de pavimentos en placa huella, se establece el valor de CBR como un indicador clave para la tipificación de la resistencia de la subrasante. Los valores encontrados de CBR a partir del ensayo DCP corresponden a 4% y 7% para los dos apiques No1 y No2 ejecutados en una profundidad de 1,5 m. Los valores de CBR de suelo compactado encontrados en el ensayo de laboratorio oscilan entre 1.3% y 2.8%, de acuerdo a los valores de densidad máxima seca del 95%, 98% y 100%. Estos valores obtenidos de CBR en laboratorio se reducen con relación a los obtenidos usando la correlación del DCP. El valor de CBR de laboratorio, no cumplen con la condición de resistencia mínima exigida (CBR ≥3) lo cual implicaría un mejoramiento de las condiciones de subrasante, sin embargo, las condiciones de laboratorio no son las prevalencientes en el terreno, cuatro dias de inmersion, teniendo en cuenta que la humedad natural encontrada fue del 18%, humedad relativamente baja, razón por la cual la muestra no se dejó tallar insitu y fue necesario remoldearla, alterando totalmente la caracteríticas efectivas de soporte del terreno, considerando que con el establecimiento en el diseño de la estructura de soporte el uso de material granular tipo subbase, se podría obterner un modulo resiliente combinado que aporte el valor mínimo de diseño, Estás condiciones deben ser corroboradas por el diseñador de la estructura de pavimento en placa huella.

4. RECOMENDACIONES

Se recomienda al ingeniero de diseño de pavimentos revisar los datos de campo del ensayo DCP con los cuales y a través de correlación se calcularon los valores de CBR de los apiques No1 y No2 y los valores de CBR obtenidos en laboratorio del apique No6 y definir el CBR de diseño sobre su criterio y experiencia documentada técnicamente.

Se recomienda igualmente, establecer como mínimo, una compactación de la subrasante al 95% de la máxima densidad seca determinada por el ensayo Proctor estándar.

Por las condiciones hidráulicas de la zona se recomienda establecer obras de drenaje superficial, con el fin de evacuar las aguas de escorrentía superficial, y de alguna manera, protejer la subrasante.

5. CONCLUSIONES

Las condiciones geotécnicas, geológicas, geomorfológicas presentes en la zona de estudio, correspondiente al corregimiento de Puerto Villamizar, zona rural de San José de Cúcuta, permiten inferir que, el comportamiento de esta unidad litológica como soporte de una estructura de pavimento en placa huella es viable y se deben seguir las recomendaciones dadas en este informe y las establecidas en los manuales nacionales de diseño para este tipo de pavimento. Lo anterior garantiza la estabilidad de la estructura del pavimento en su vida útil. La unidad litológica corresponde a una arcilla con algún contenido de arena, clasificación USC: CL. La composición granulométrica encontrada muestra que más del 80% del suelo se encuentra conformado por material fino con plasticidad media a baja. La geomorfología superficial de la zona en estudio corresponde a una planicie de inundación (Fpi) y la unidad geológica superficial corresponde a un suelo a un suelo transportado de planicie de inundación **(Stpi)**. Estas condiciones pueden inferir algunos cambios en el comportamiento mecánico del suelo por efecto de probables inundaciones de la zona, sometidas por comportamiento hidráulico del rio Zulia, sin embargo, bajo una condición de inundación el comportamiento de cualquier estructura es impredecible.



CARLOS H. FLOREZ GONGORA
MP No 54202-47868 NTS

BIBLIOGRÁFIA

American Society of Civil Engineers ASCE. (2005). Soil constitutive Models. Evaluation, Selection, and Calibartions. Geotechnical Special Publication No 128.

Berry P. L and Reid D. Mecánica de suelos. Editorial Mc Graw Hill, 1993.

Flórez Góngora, Carlos Humberto (2016). Introducción a los modelos constitutivos del suelo. p.178. Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cúcuta.

Montejo Fonseca, Alfonso, 2002. Ingeniería de pavimentos para carreteras. Universidad Católica de Colombia. Ediciones y Publicaciones. p.733 Bogotá, D.C.

Mora Murcia, Leonardo. 2022. Diseño de la estructura de pavimento flexible mediante el método AASHTO – 93 para un tramo de la via 7506GV14 en el departamento del Guaviare entre el cruce de la vía nacional 7506 hasta el cruce de la vereda guacamayas conocida comúnmente como la trocha ganadera del Guaviare. Universidad Militar Nueva Granada. p.57 Bogotá, D.C.

República de Colombia. Ministerio de Transporte. Instituto Nacional de Vías. Dirección Técnica. Subdirección de Estudios e Innovación (2018). Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito. 2ª edición. p.258. Bogotá, D.C.