



ESTUDIO DE SUELOS, DISEÑO DE PAVIMENTOS, GEOTECNICO Y GEOLOGICO PARA EL PROYECTO:

ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN DE LA VÍA QUE CONDUCE DE LA VEREDA MONTELARGO A LA VEREDA LIMONAL (DEL SECTOR LOMA DIVINO NIÑO AL SECTOR PUENTE LA TRAMPA) MUNICIPIO DE ANOLAIMA, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA



ALCALDÍA MUNICIPAL DE ANOLAIMA

**REALIZADO POR:
ING. ESP. ELBER OLIVARES
M.P. 25202-161833 CND**

**ANOLAIMA
NOVIEMBRE 2025**

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	GENERALIDADES	5
2.1.	Localización del Municipio de Anolaima	5
2.2.	Clima y temperatura.....	6
2.2.1.	Precipitación.....	6
2.2.2.	Temperatura.....	6
2.3.	Localización de la zona de estudio	7
3.	Fisiografía y Geología.....	8
3.1.	Relieve.....	8
3.1.1.	Laderas de Montaña.....	8
3.1.2.	Laderas con influencia coluvial.....	9
3.1.3.	Laderas de Montaña con influencia coluvial.....	9
3.1.4.	Abanicos.....	9
3.2.	Geología.....	9
3.2.1.	Formación Conejo (Kscn).....	10
3.2.2.	Grupo Guadalupe, Formación Labor y Tierna (Ksglt).....	10
3.2.3.	Grupo Guadalupe, Formación Plaeners (Ksgpl).....	10
3.2.4.	Grupo Guadalupe, Formación Arenisca Dura (Ksgd).....	10
3.2.5.	Formación Frontera (Ksf).....	10
3.2.6.	Formación Simijaca (Kss).....	10
3.2.7.	Formación Capotes (Kic).....	11
3.2.8.	Formación Hilo (Kih).....	11
3.2.9.	Depósitos Fluvio – Glaciares (Kf).....	11
3.3.	Altimetría y pendientes.....	11
4.	Geomorfología Formaciones	13
5.	Trabajo de Campo	14
6.	Investigación del subsuelo.....	15
6.1.	Descripción de los Apiques y Ensayos Exploratorios	15
7.	Análisis de resultados para Diseño de Pavimento	17
7.1.	Perfiles de exploración	49
7.1.1.	Apique PDC 1.....	49
7.1.2.	Apique PDC 2.....	50
7.1.3.	Apique 3 PDC 3	51
7.1.4.	Apique 4 PDC 4	52
7.2.	Parámetros de CBR por tramo vial	53
7.2.1.	Nivel freático.....	54

7.2.2.	Potencial de Expansión	54
8.	Tránsito de diseño.....	60
9.	Diseño de Pavimento	61
9.1.	Configuraciones de las estructuras cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales	62
10.	Recomendaciones.....	66
10.1.	Antes de la construcción.....	66
10.2.	Durante la construcción	66
10.3.	Características del material de mejoramiento y compactación	67
10.4.	Controles de obra	68
10.5.	Control de flujo de agua.....	68
11.	Conclusiones	69
12.	Bibliografía	70
13.	ANEXOS.....	71
13.1.	Anexo A. Fotografías.....	72
13.2.	Anexo B. Documentos consultor.....	78
13.3.	Anexo C. Ensayos de laboratorio.....	80

TABLAS

Table 1	CBR para cada apique realizado.....	53
Table 2	Posición del nivel freático.....	54
Table 3	Potencial de Expansión Norma Inv 132-13	54
Table 4	Índice de liquidez suelos Tramo Fuente: INVIAS	55
Table 5	Expansividad de la subrasante según ensayo CBR	55
Table 6	Estimación del CBR de diseño por Inmersión Fuente: Autores.....	55
Table 7	Clima de la zona del proyecto Fuente: IDEAM	55
Table 8	Clasificación climática Invias Fuente: INVIAS.....	56
Table 9	Condiciones de Humedad por región Fuente: INVIAS	57
Table 10	Estabilización parcial del suelo de subrasante como mejora a su resistencia Fuente: Autores	57
Table 11	Categorías de la Resistencia de la subrasante Fuente: Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales	58
Table 12	Espesores Recomendados de mejoramiento de subrasante para alcanzar CBR de plataforma mínimo de 3% Fuente: Cartilla de Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales	59
Table 13	Categorías de carga de Diseño Fuente: Cartilla de Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales.....	60
Table 14	Dimensionamiento de Placa huella Fuente: Elaboración propia.....	62
Table 15	Despieces de Placa Huella según material de soporte Fuente: Elaboración propia.....	64

FIGURAS

Figura 1	Perfil Estratigráfico Apique 1 Fuente: autores.....	49
Figura 2	Perfil Estratigráfico Apique 2 Fuente: autores.....	50
Figure 3	Perfil Estratigráfico Apique 3 Fuente: autores	51
Figure 4	Perfil Estratigráfico Apique 4 Fuente: autores.....	52
Figure 5	Sección Transversal de Viga riostra en tramo recto Fuente: Elaboración propia	64

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene los resultados de la exploración geotécnica de suelos en el sitio de estudio a partir de ensayos de CBR por el método de PDC para el **ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN DE LA VÍA QUE CONDUCE DE LA VEREDA MONTELARGO A LA VEREDA LIMONAL (DEL SECTOR LOMA DIVINO NIÑO AL SECTOR PUENTE LA TRAMPA) MUNICIPIO DE ANOLAIMA, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA** donde se llevó a cabo una exploración del subsuelo mediante la realización de cuatro (04) ensayos de CBR por PDC, cuyos objetivos son:

- Conocer el tipo de material que constituye el perfil del subsuelo hasta una profundidad máxima de 1.50 metros.
- Tomar muestras alteradas de cada material del perfil del subsuelo.
- Establecer la presencia de agua y humedades de los suelos estudiados.
- Determinar las condiciones geológicas y geotécnicas a nivel local.

En primera instancia se dan a conocer algunas generalidades del municipio y del proyecto, indicando las unidades litoestratigráficas: aflorantes, características geomorfológicas y geológicas del área, de igual manera se describen los rasgos geotécnicos del terreno seleccionado para el desarrollo del proyecto; posteriormente se describen y se dan a conocer los resultados del análisis realizado sobre la información obtenida, así como indicaciones de interacción entre estructura y suelo de fundación.

2. GENERALIDADES

2.1. Localización del Municipio de Anolaima

El municipio de Anolaima está ubicado en el departamento de Cundinamarca, provincia del Tequendama, al occidente del distrito capital a una distancia de 71 kilómetros.

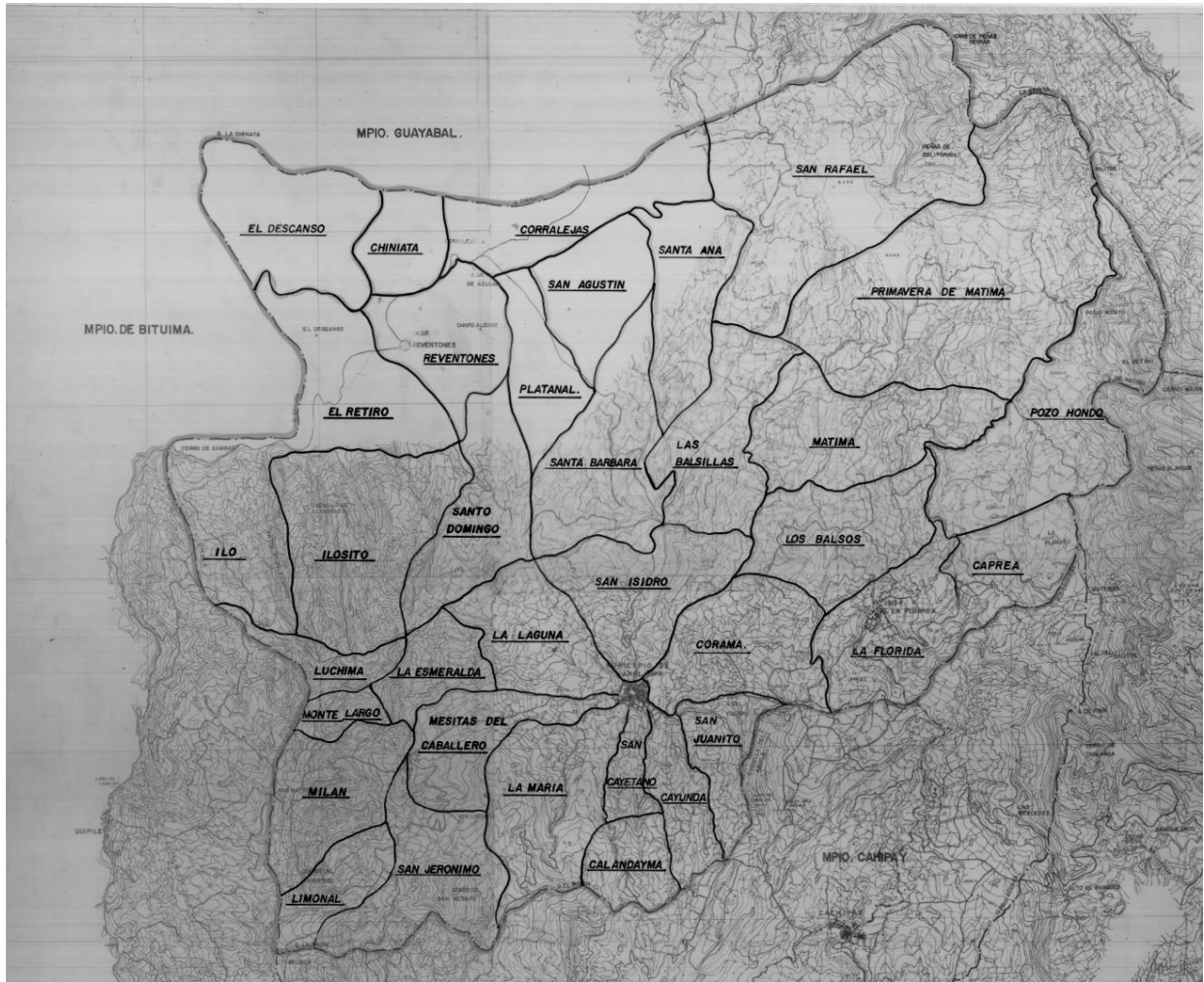


Figura 1 División política del municipio de Anolaima Fuente: CAR

Anolaima se encuentra dividido catastralmente en 12 veredas, el casco urbano, dos inspecciones y dos corregimientos. La composición de las veredas realmente existentes es posible analizarla en el cual se especifican las veredas catastrales y sus componentes en veredas reales. Catastralmente las veredas inscritas son: Reventones, Iló, San Agustín, Paloquemao, Mátima, La Florida, San Isidro, Mesitas de Caballero, Monte Largo, San Jerónimo, Las Mercedes, Cayundá.

2.2. Clima y temperatura

El clima de la localidad puede verse afectado por aspectos propios del paisaje, relieve, cobertura vegetal y poblados circunvecinos; sin embargo, factores de incidencia directa como son: precipitación, temperatura, humedad relativa y vientos, constituyen el soporte técnico de mayor validez para caracterizar estudios relacionadas con el medio físico, por cualificar la idoneidad del entorno y cumplir con funciones ecológicas.

2.2.1. Precipitación

El Municipio de Anolaima posee un régimen de lluvias de tipo ecuatorial con patrón monomodal, con una precipitación promedio anual de 1.232,1 mm, donde el registro máximo anual se presenta para 1987 con un valor de 3.306,7 mm y el mínimo en el año de 1997 con 620,3 mm. Los datos anteriores corresponden a los registros de la estación de Primavera de Mátima, la cual se encuentra ubicada a una altura de 1850 metros sobre el nivel del mar, y proporciona datos a partir del año de 1.986. La estación en mención reporta los meses de mayo, octubre y noviembre como los de mayor precipitación promedio en la última década, mientras que los meses de junio, julio y agosto, como los de menor precipitación en el mismo lapso.

La estación de La Florida, la cual se encuentra ubicada a una altura de 1.915 m.s.n.m., e instalada en noviembre de 1.970, muestra los meses de abril y mayo, al comienzo del año y los meses de octubre y noviembre finalizando el año, como los meses de mayor precipitación.

Los registros de menor precipitación en el transcurso del año, y tomados por la misma estación son los meses de junio, julio y agosto.

2.2.2. Temperatura

Por su localización el Municipio de Anolaima presenta pisos térmicos diferentes, como queda demostrado con las zonas de vida. El primero de ellos, corresponde al piso térmico frío, ubicado en la zona Norte del Municipio, abarcando parte del mismo, el segundo corresponde al piso térmico templado que abarca la mayor parte del Municipio, el último corresponde a una pequeña zona de clima cálido.

De acuerdo con los registros de las diferentes estaciones meteorológicas, en una misma zona se presenta poca variación en la temperatura durante el año. Así encontramos que en la estación Anolaima, con temperatura promedio anual de 18° C, se registra una máxima promedio de 19.4° C, en el mes de marzo y una mínima promedio de 18.4°C, en el mes de noviembre.

De acuerdo con lo anterior es posible afirmar que la temperatura promedio del Municipio está ubicada entre los dieciocho (18) y los veintidós (22) grados centígrados.

La estación de La Florida, en un compendio de datos que cubren desde noviembre de 1.970, da cuenta de una temperatura máxima histórica en el mes de enero y una temperatura mínima histórica en el

mes de diciembre. La temperatura promedio histórico es de 16.8 °C para este sector. La temperatura promedio anual más baja se registró en el año de 1.996 y el promedio más alto en el año de 1.998.

2.3. Localización de la zona de estudio

El proyecto se encuentra localizado municipio en la VIA QUE CONDUCE DE LA VEREDA MONTELARGO A LA VEREDA LIMONAL (DEL SECTOR LOMA DIVINO NIÑO AL SECTOR PUENTE LA TRAMPA). En la Figura 1 se muestra la localización aproximada del proyecto en la ciudad y en la Figura 2 se encuentra la localización local de la zona de estudio analizada.

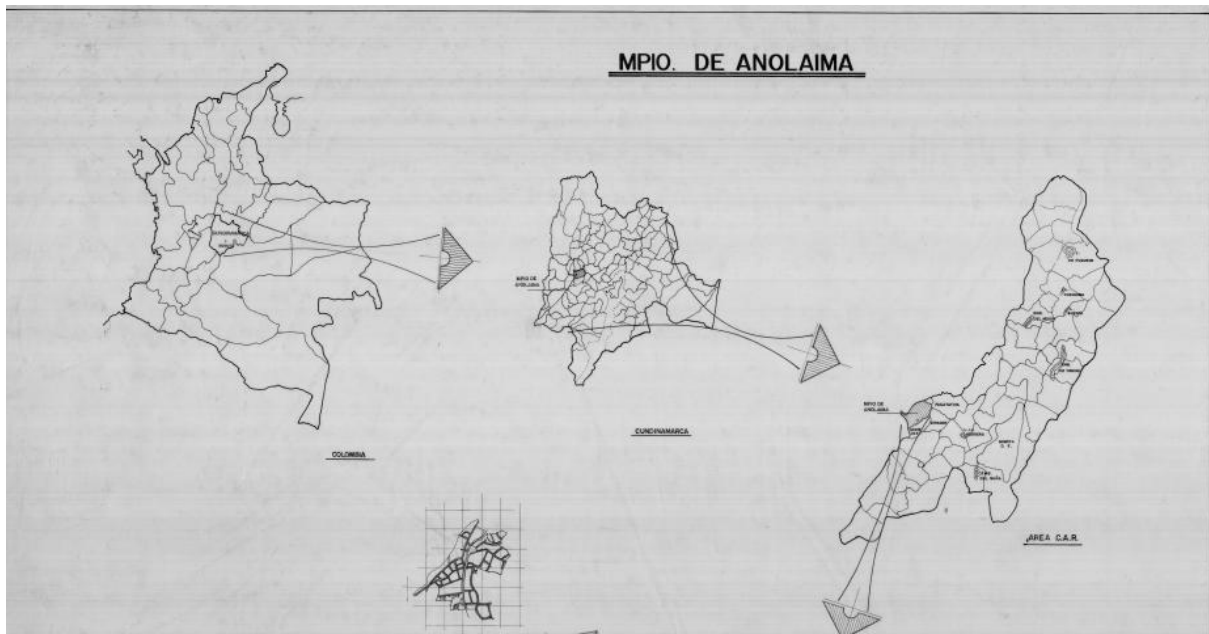


Figura 2 Localización del municipio Fuente: CAR-Satélite Pro



3. Fisiografía y Geología

Anolaima está situada en el piedemonte de un brazo de la cordillera oriental, denominado cruz verde, sus principales accidentes son: en límites con el Municipio de Facatativá, encontramos Peñas de California o Peñas blancas a una altura de 3.000 metros con el bosque húmedo de páramo.

En límites con Albán y Guayabal de Síquima encontramos, los montes de Alsacia o San Rafael a 2.500 metros de altura.

En cercanías con Guayabal de Síquima y Bituima encontramos la cordillera de la Cabrera a 1.500 metros de altura. Entre Bituima y Quipile el cerro de Camboa a 1.500 metros de altura.

En límites con Cachipay y Quipile, los cerros del Panóptico a 1.000 metros de altura.

En límites con Cachipay los cerros de San Vicente a 1.300 metros de altura, el cerro del Mohán con una altura de 1.500 metros, la cuchilla del alto del águila con 1.700 metros de altura y el alto de goteras con 2.400 metros, y peñas blancas en límites con Zipacón con 2.900 metros y el cerro de Manjúi con 2.900 metros y con Facatativá el alto de las cruces con 2.900 metros; los anteriores con Facatativá y Zipacón pertenecen a bosque húmedo de páramo.

Es un municipio topográficamente quebrado (85%), (altura promedio de mil seiscientos cincuenta y siete metros sobre el nivel del mar) por lo cual se dice que tiene un clima de pisos; en él se destacan alturas importantes como: Los Cerros de Peñas Blancas , el Alto del Águila, El cerro de Pan de Azúcar, el Cerro de San Vicente y la Cuchilla de Alta Gracia como las más importantes.

La meseta más importante es la de Mesitas de Caballero en donde en la actualidad se genera un desarrollo urbanístico y por ende turístico, jugando papel fundamental en todos los aspectos del desarrollo municipal.

3.1. *Relieve.*

El Municipio de Anolaima presenta a lo largo de su perímetro cuatro tipos de formas generales de relieve. Su descripción específica y de composición geológica estructural es la siguiente:

3.1.1. **Laderas de Montaña.**

En el sector de piso térmico frío húmedo está conformada por areniscas, lutitas y cenizas volcánicas presentándose de fuertemente quebradas a escarpadas. Actualmente presenta un proceso geomorfológico de escurrimientos concentrados y deslizamientos.

En un sector en el que predomina el piso térmico medio húmedo los suelos se componen de arcillas, areniscas y plaeners que presentan formas de quebradas a escarpadas con procesos geomorfológicos actuales de erosión por escurrimiento concentrado. En otro sector del mismo piso térmico la composición de los suelos denota la presencia de lutitas calcáreas, las cuales dan formas quebradas a escarpadas con procesos geomorfológicos actuales de escurrimientos concentrados y deslizamientos localizados.

3.1.2. Laderas con influencia coluvial.

En el sector del piso térmico frío húmedo a frío muy húmedo está conformada por cenizas volcánicas y/o lutitas y areniscas, sus formas se caracterizan por ser quebradas a escarpadas y su proceso geomorfológico actual es de soliflucción, deslizamientos localizados y golpes de cuchara.

En el sector medio húmedo se conforma por lutitas y cenizas volcánicas, su forma es de quebradas a fuertemente quebradas y su proceso geomorfológico actual es de coladas de barro, soliflucción y golpes de cuchara; y en otro sector del mismo piso térmico las características de sus formas son de onduladas a fuertemente onduladas y su proceso geomorfológico es de deslizamientos.

3.1.3. Laderas de Montaña con influencia coluvial.

En el sector de los pisos térmicos medio húmedo su material parental es de lutitas y materiales heterométricos de areniscas en matriz fina, arcillas, localmente cenizas, lutitas con inclusiones calcáreas, sus características son de fuertemente quebradas a escarpadas y onduladas a fuertemente onduladas, su proceso geomorfológico actual es de Soliflucción y deslizamientos sectorizados, coladas de barro, escurrimiento difuso y deslizamientos localizados.

3.1.4. Abanicos.

En el sector medio húmedo a muy húmedo sus materiales son heterométricos en matriz arcillosa, sus formas son ligeramente inclinado a inclinado y su proceso geomorfológico actual es de un escurrimiento difuso.

3.2. Geología.

En el Municipio de Anolaima se encuentran las siguientes formaciones geológicas, cuya sucesión estratigráfica se halla determinada por su localización como borde sur-occidental de la sabana de Bogotá, conformando la hoya hidrográfica de los ríos Bahamón y Curí.

3.2.1. Formación Conejo (Kscn).

Sucesión de arcillolitas y lodolitas, algo calcáreas gris con esporádicas capas medias de limolita, arenitas de cuarzo de grano fino y biomicrita. Se localiza hacia el norte del Municipio (3000 m.s.n.m) en el Cerro Negro en límites con el Municipio de Guayabal de Siquima, sobre márgenes de la quebrada La Gualauta en el sitio denominado Santa Ana, sector centro norte del Municipio y sobre el sector denominado San Cayetano hacia el norte de la Inspección de Policía La Florida.

3.2.2. Grupo Guadalupe, Formación Labor y Tierna (Ksglt).

Arenisca de cuarzo, grano fino medio en capas gruesas. Se ubica en el Municipio (3000 m.s.n.m) en nacimientos del Río Curí limitando con el Municipio de Facatativá.

3.2.3. Grupo Guadalupe, Formación Plaeners (Ksgpl).

Limolita silíceas y chert, en capas delgadas a medias, con intervalaciones de lodo y arenitas de cuarzo de grano fino en capas delgadas a medias. Al igual que la anterior se localiza sobre el nacimiento del Río Curí.

3.2.4. Grupo Guadalupe, Formación Arenisca Dura (Ksgd).

Arenisca de Cuarzo de grano fino, en capas delgadas a muy gruesas, con intercalaciones de limolitas silíceas. Se ubica en límites con el Municipio de Facatativá, sobre terrenos del nacimiento del Río Curí.

3.2.5. Formación Frontera (Ksf).

En la parte inferior, limolita calcárea con capas medias y delgadas de micrita, con concreciones de diferentes tamaños, se localiza en franjas delgadas en sentido norte - sur, conformando las Peñas de California hacia el oriente del Municipio y en el mismo sentido sobre el cauce de la quebrada La Gualauta; también un sector importante del centro del Municipio localizado entre la cabecera del mismo y la Inspección de La Florida. A este último corresponde la parte media que se compone en lodolitas silíceas en capas delgadas.

3.2.6. Formación Simijaca (Kss).

Está compuesta de arcillolitas y lodolitas negras con gris oscuras, con esporádicas intercalaciones de arenitas de cuarzo de grano fino.

Comprende gran parte del centro – occidente del Municipio, en límites con los Municipios de Quipile y Bituima.

3.2.7. Formación Capotes (Kic).

Se compone de limolitas de arcillolitas negras con algunos niveles de concreciones. En el Municipio se localizan al occidente, formando cintas estrechas que lo atraviesan en el sentido norte – sur.

3.2.8. Formación Hilo (Kih).

Compuesta por limolitas y lodolitas calcáreas a veces silíceas, con estratificación delgada a media, laminación plana paralela y esporádicas capas de micrita. Al igual que la anterior formación se ubica sobre sectores que limitan con el Municipio de Quipile, formando capas delgadas y alargadas en sentido norte – sur atravesando el Municipio.

3.2.9. Depósitos Fluvio – Glaciares (Kf).

Pertenecientes al periodo cuaternario del Holoceno. Se localiza disperso en sentido oriente – occidente; su parte más amplia se encuentra en las zonas altas del Municipio en límites con Facatativá.

De este punto hacia Quipile se va depositando y formando capas alargadas.

3.3. Altimetría y pendientes.

Topográficamente el Municipio de Anolaima posee un relieve montañoso donde las elevaciones oscilan entre 1.200 y 2.800 m.s.n.m. En la vereda de San Rafael sobresalen las Peñas de California, cuyas pendientes fluctúan entre los 50 y 75%. En las veredas de San Jerónimo y El Limonal encontramos pendientes superiores al 75%.

Sectores de Mesitas de Caballero, San Juanito y Cayundá se caracterizan conjuntamente con un sector intermedio entre Pozo Hondo, Primavera de Mátima y Mátima, por tener pendientes menores al 12%.

El sector occidental de la vereda el Retiro y desembocando en la vereda El Descanso, y Chiniata presenta pendientes de más del 75% en donde se destaca el alto del Burro.

El sector central, correspondiente a las veredas de San Isidro, Platanal, Santa Bárbara y Balsillas, presentan pendientes entre el 12 y el 25%. Así descritas, el Municipio cuenta con las siguientes pendientes

- Pendientes suaves: 7 - 12%
- Pendiente Moderada: 12 - 25%
- Pendiente ligeramente fuerte: 25 - 50%
- Pendientes Fuerte: 50%.

OBJECTID	33
Clase litológica	Rocas
Unidad litológica	Roca Sedimentaria Lutita Calcareas Clasticas Lutita
Fuente de Información	Secretaría de planeación - Gobernación de Cundinamarca
Vigencia	2010
RULEID	Roca Sedimentaria Lutita Calcareas Clasticas Lutita
Shape_Area	0.066545
Shape_Length	6.448665

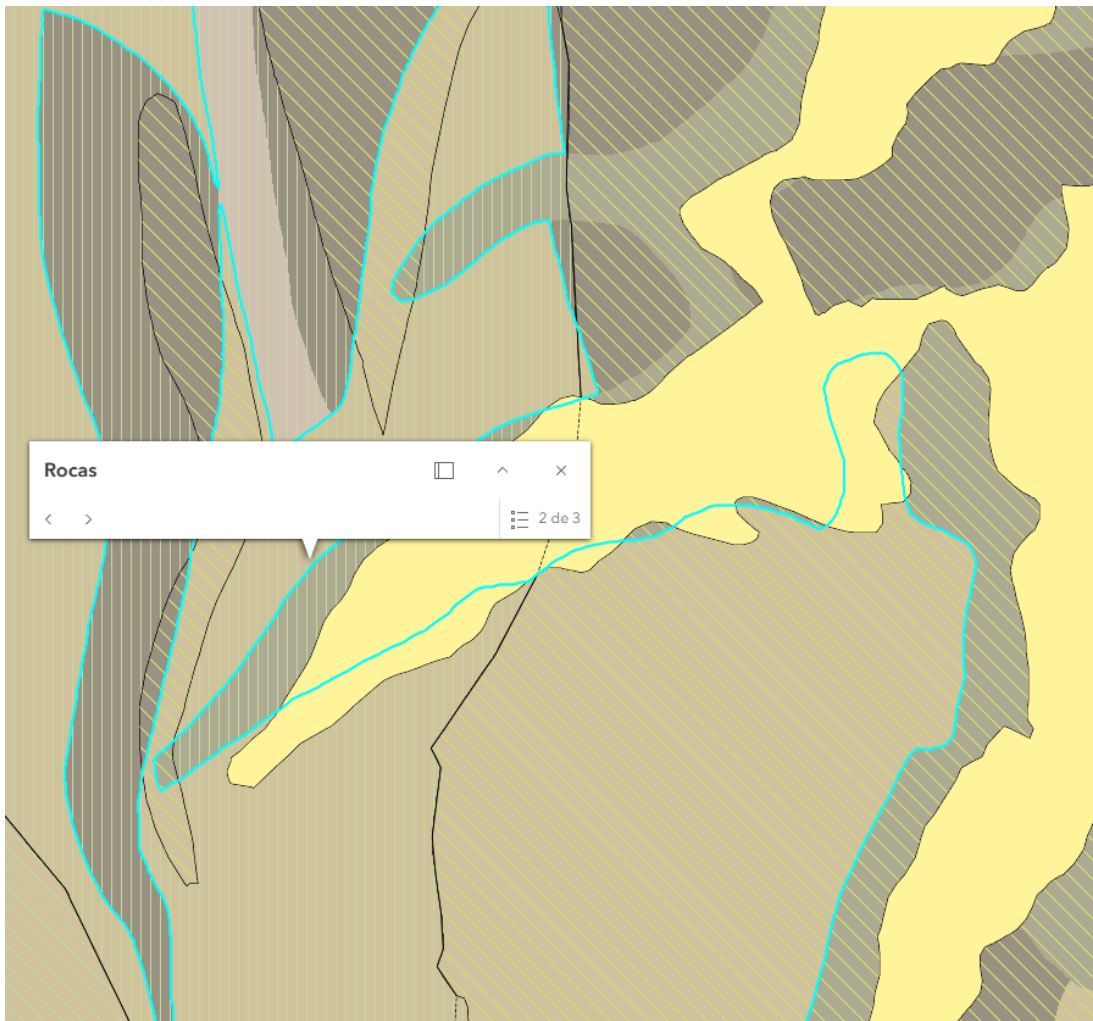


Imagen 3.3-1 Geología de la zona de influencia Fuente: Ingeominas

4. Geomorfología Formaciones

La geomorfología es la ciencia que estudia el modelado terrestre, su génesis y dinámica en relación con las características geológicas, climáticas, bióticas y su interrelación a través del tiempo. Ciencia básica para el conocimiento de una región si se desea planificar su desarrollo y explotar técnicamente sus recursos, conservando el equilibrio de los ecosistemas.

La geomorfología tiene por objeto, la descripción de las formas del terreno, su génesis, evolución, naturaleza de los materiales, clasificación de los paisajes, morfología y la explicación y descripción de los procesos geomorfológicos modeladores.

De esta manera, la formación Conejo la encontramos en las veredas de San Juanito, Caprea, Corama, Pozo Hondo, Balsillas, casi la totalidad de Mátima, Primavera de Mátima, San Rafael, un sector entre Santa Ana y San Agustín, así como un sector medio entre Balsillas, San Isidro y Los Balsos.

El grupo Guadalupe aflora en la parte alta de las veredas de Primavera de Mátima y Pozo Hondo. La formación Frontera aflora levemente entre las veredas de Santa Ana y San Agustín, presentando también un tramo alargado que va desde los límites entre la Florida y Corama cruza los Balsos y Mátima hasta la parte baja de Primavera de Mátima.

Los depósitos Fluvio Glaciares cubren el cuarenta y cinco por ciento del Municipio resaltándose en casi la totalidad de las veredas de La Florida, Mesitas de Caballero y San Rafael.

La formación Simijaca aflora en las veredas de El descanso, Chiniata, Platanal, San Agustín, occidente de Santo Domingo, Margen contra el río Curí en la vereda Milán, La María y Calandaima. Las formaciones capotes e Hiló hacen su presencia en un marcado sector al occidente del Municipio desde la vereda El Descanso, pasando por El Retiro, Iló, Luchima, Monte Largo, Milán, el Limonal, además de una franja en San Jerónimo, La Laguna y Santo Domingo.

5. Trabajo de Campo

Partiendo de la información suministrada por el interesado, se ubican cuatro (04) puntos donde se plantea la realización del proyecto. Allí se realiza la toma de muestras para ensayos de CBR por el método de PDC.

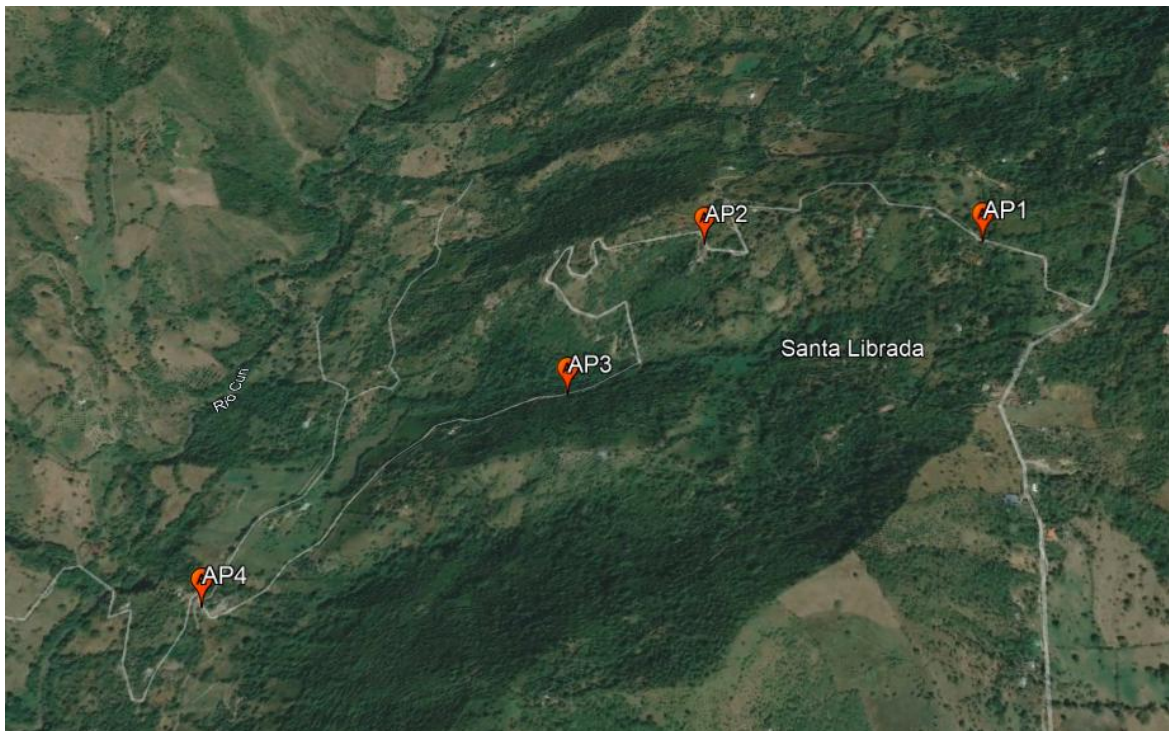


Imagen 3.3-1 Localización de apiques Fuente: Autores.

# APIQUE	LATITUD (N)	LONGITUD (W)
1	4°45'5.20"N	74°29'52.56"O
2	4°45'9.30"N	74°30'7.47"O
3	4°45'1.18"N	74°30'15.21"O
4	4°44'50.85"N	74°30'34.84"O

Tabla 3.2.9.1 Coordenadas de Apiques Fuente: autores

6. Investigación del subsuelo

Para determinar la composición del perfil del subsuelo presente en los sitios donde se plantea la pavimentación de la vía, con la información suministrada por parte del cliente, se efectuaron cuatro (04) ensayos de CBR por PDC, recolectando las muestras y empacadas en papel aluminio y vinipel para su posterior identificación y ejecución de ensayos en el laboratorio permitiendo establecer el tipo de material encontrado, su espesor y características macroscópicas, así como las condiciones del agua subterránea de la capa de material del subsuelo atravesado. La exploración realizada en cada sitio se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en las Normas técnicas colombianas y Normatividades INVÍAS.

A la totalidad de las muestras colectadas, se les clasifico y referencio de tal manera que se facilitara sobre las mismas la ejecución de un programa de ensayos de laboratorio que permitiera conocer sus características geomecánicas para establecer mediante modelos las propiedades de esfuerzo y deformación del material. El registro fotográfico de los apiques se incluye en el Anexo A del presente informe. El programa de ensayo del laboratorio consta de los siguientes ensayos:

- Contenido de agua – Humedad natural. (INV E-122)
- Ensayo de clasificación: Límites de Atterberg. (INV E-125 e INV E-126)
- Ensayo de gravedad específica. (INV E-128)
- Ensayo Pasa Tamiz 200 (INV E-214)
- Ensayo CBR (INV E-172)
- Otros

Los resultados de los ensayos de laboratorio sobre las muestras seleccionadas del perfil de cada apique se indican en el Anexos.

6.1. Descripción de los Apiques y Ensayos Exploratorios

El operador sostiene el dispositivo a través de la manija en una posición vertical o a plomo, levanta y libera el martillo, de manera que caiga a la altura especificada. El encargado de registrar la información mide y registra la penetración total para un determinado número de golpes o la penetración por cada golpe. El equipo utilizado se presenta en la Figura 4.

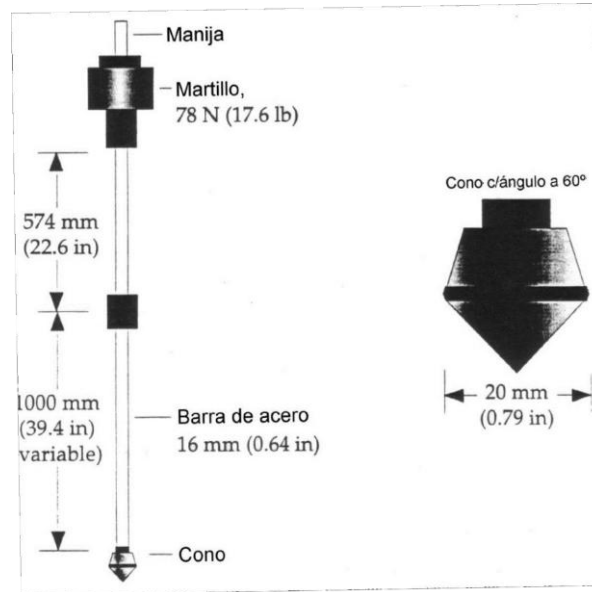


Figura 3 Equipo de PDC utilizado en campo. **Fuente:** imágenes de Google, 2022.

7. Análisis de resultados para Diseño de Pavimento

Por las condiciones topográficas, geológicas y las disposiciones del proyecto en el área de estudio, los apiques realizados se desarrollaron hasta máximo 1.50 m de profundidad.

Se considera que estas profundidades son suficientes para caracterizar e identificar adecuadamente el suelo existente.

Figura 16. Muestras de Laboratorio



Fuente: Autores.

Clasificado cada uno de los materiales reportados e identificadas las características físicas y mecánicas necesarias para el estudio, se lleva a cabo la construcción de los perfiles geotécnicos, en estos se muestran los diferentes niveles o estratos de suelo que se encuentran en el subsuelo de la zona de estudio, e interpolando linealmente a lo largo de la línea entre sondeos realizados, queda definido un perfil estratigráfico para la zona.

7.1. Perfiles de exploración

A continuación, se presenta cada uno de los apiques realizados con los parámetros reportados de los ensayos de laboratorio.

7.1.1. Apique PDC 1

Inicialmente se encuentra una capa de arcilla con mezcla de lutita y grava color grisáceo presencia de raíces material orgánico hasta 0.20 m de profundidad, seguido de un estrato de Arcilla limosa con grava de baja plasticidad de color Marrón y Gris con: Wn=12.4%, LL=51%, IP=28%, Finos=82.9%, Arenas=17.1%, Gravas=0.0%, y CBR=3.5% hasta 1.00 metros de profundidad. No se reporta nivel freático.

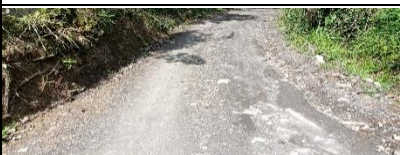

Profundidad	Perfil de suelo	Descripción
0,00 m – 0,20 m		Mezcla de lutita con grava - presencia de raíces - material orgánico
0,20 m – 1,50 m		Arcilla limosa con grava de baja plasticidad de color Marrón y Gris

Figura 1 Perfil Estratigráfico Apique 1 Fuente: autores

7.1.2. Apique PDC 2

Inicialmente se encuentra una capa de arcilla con mezcla de lutita y grava color grisáceo presencia de raíces material orgánico hasta 0.20 m de profundidad, seguido de un estrato de Arcilla limosa con grava de baja plasticidad de color Marrón y Gris con: $W_n=13.2\%$, $LL=50\%$, $IP=28\%$, $Finos=80.8\%$, $Arenas=19.2\%$, $Gravas=0.0\%$, y $CBR=3.7\%$ hasta 1.00 metros de profundidad. No se reporta nivel freático.


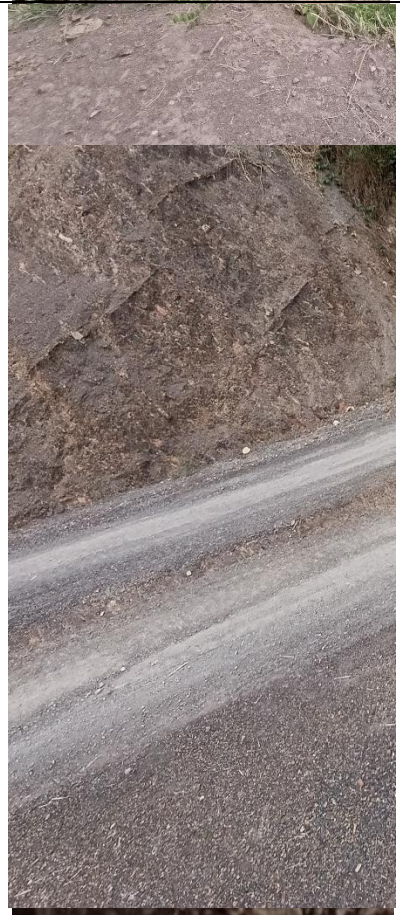
Profundidad	Perfil de suelo	Descripción
0,00 m – 0,20 m		Recebo de Vía - presencia de raíces - material orgánico
0,20 m – 1,50 m		Limo arcilloso con lutitas de baja plasticidad de color Negro y Gris

Figura 2 Perfil Estratigráfico Apique 2 Fuente: autores

7.1.3. Apique 3 PDC 3

Inicialmente se encuentra una capa de arcilla con mezcla de lutita y grava color grisáceo presencia de raíces material orgánico hasta 0.20 m de profundidad, seguido de un estrato de Arcilla limosa con grava de baja plasticidad de color Marrón y Gris con: Wn=11.6%, LL=51%, IP=23%, Finos=81.1%, Arenas=18.9%, Gravas=0.0%, y CBR=4.3% hasta 1.00 metros de profundidad. No se reporta nivel freático.



Profundidad	Perfil de suelo	Descripción
0,00 m – 0,20 m		Recebo de Vía - presencia de raíces - material orgánico
0,20 m – 1,50 m		Arcilla fina arenosa con grava de baja plasticidad de color Marrón y Gris

Figure 3 Perfil Estratigráfico Apique 3 Fuente: autores

7.1.4. Apique 4 PDC 4

Inicialmente se encuentra una capa de arcilla con mezcla de lutita y grava color grisáceo presencia de raíces material orgánico hasta 0.20 m de profundidad, seguido de un estrato de Arcilla limosa con grava de baja plasticidad de color Marrón y Gris con: Wn=12.7%, LL=51%, IP=23%, Finos=82.9%, Arenas=17.1%, Gravas=0.0%, y CBR=3.5% hasta 1.00 metros de profundidad. No se reporta nivel freático.

Figura 20. Perfil de exploración 4.



Profundidad	Perfil de suelo	Descripción
0,00 m – 0,20 m		Recebo de Vía - presencia de raíces - material orgánico
0,20 m – 1,50 m		Arena arcillosa con grava de baja plasticidad de color Negro y Gris

Figure 4 Perfil Estratigráfico Apique 4 Fuente: autores

7.2. Parámetros de CBR por tramo vial

Por las condiciones topográficas del área de estudio, las especificaciones del cliente y las normas pertinentes para este tipo de proyectos, los apiques realizados se desarrollaron hasta una profundidad de 1.00 metros.

Según estos apiques y los correspondientes ensayos de laboratorios se pueden considerar como valores representativos de CBR para cada uno de los tramos viales los siguientes valores:

Table 1 CBR para cada apique realizado

Tramo	Apique	Nomenclatura	CBR PDC (%)
1	1	PDC 1	3.50
	2	PDC 2	3.70
	3	PDC 3	4.30
	4	PDC 4	3.50
	PROMEDIO CBR= 3.75%		

Fuente: Autores.

De acuerdo con los resultados de CBR arrojados por los apiques hechos, se puede determinar que, para el diseño de pavimentos de la vía en el sector de estudio, se hace necesario hacer un mejoramiento del suelo en todos los tramos antes de instalar la estructura recomendada por el diseñador dados los valores obtenidos de CBR, pero se recomienda usar un material de mejoramiento tipo afirmado para escarificar el material de subrasante y compactar una capar delgada para cerear y nivelar la superficie .

Para el uso de materiales de afirmado, subbase o base, se remite al numeral “8.3 Características del material de mejoramiento y compactación”.

Los materiales para utilizar deben ser los permitidos por las especificaciones INVIAS y recomendados para la estructura de pavimento.

7.2.1. Nivel freático

Se presenta un resumen de la posición del nivel freático encontrado en cada una de las exploraciones realizadas.

Table 2 Posición del nivel freático

Tramo	Apique	Nomenclatura	Posición del Nivel Freático
1	1	PDC 1	No se reporta Nivel Freático
	2	PDC 2	No se reporta Nivel Freático
	3	PDC 3	No se reporta Nivel Freático
	4	PDC 4	No se reporta Nivel freático

Fuente: Autores.

7.2.2. Potencial de Expansión

Algunos suelos, en especial de tipo arcilloso, tienen la propiedad de contraerse cuando pierden agua y de expandirse cuando la ganan de nuevo, según las condiciones ambientales, son los denominados suelos expansivos. Esa expansión y contracción genera daños progresivos en los suelos, reflejados en fisuras, grietas y giros en muros y elementos estructurales.

DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS	CONTRATO DE CONSULTORIA:	GEOTECNIA VIAL
	INTERVENTOR:	
	FASE Estudios y Diseños	
	DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS	
PLACA HUELLA		
REHABILITACIÓN DE LA VÍA QUE CONDUCE DE LA VEREDA MONTELARGO A LA VEREDA LIMONAL (DEL SECTOR LOMA DIVINO NIÑO AL SECTOR PUENTE LA TRAMPA) MUNICIPIO DE ANOLAIMA, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA		
CARACTERIZACIÓN SUELO DE SUBRASANTE		

NORMA INVIAS 132-2013

APIQUE No.	LL (%)	GRADO DE EXPANSION		LP (%)	IP (%)	GRADO DE EXPANSION			Wn (%)	IC (%)	CLASIFICACION SUCS
		CHEN	IS 1498			CHEN	IS 1498	HOLTZ-GIBBS			
AP-1	51.00	ALTO	ALTO	23.00	28.00	MEDIO	ALTO	MEDIO	12.40	137.86	CH
AP-2	50.00	ALTO	ALTO	22.00	28.00	MEDIO	ALTO	MEDIO	13.20	131.43	CH
AP-3	51.00	ALTO	ALTO	23.00	28.00	MEDIO	ALTO	MEDIO	11.60	140.71	CH
AP-4	51.00	ALTO	ALTO	23.00	28.00	MEDIO	ALTO	MEDIO	12.70	136.79	CH

Table 3 Potencial de Expansión Norma Inv 132-13

Para lo cual siguiendo los resultados de laboratorio obtenidos y su análisis pertinente, se determina que para los suelos recuperados existe un potencial de expansión Medio-Alto, y suelos muy susceptibles al cambio de humedad.

INDICE DE LIQUIDEZ			APIQUE No.	IL (%)	SENSIBILIDAD	CLASIFICACION S.U.C.S.
IL (%)	COMPORTAMIENTO	SENSIBILIDAD				
< 0,0	Colapsable	Frágil	1	-0.68	FRAGIL	CH
0,0 < IL < 1,0	No Colapsable	Plástico	2	-0.67	FRAGIL	CH
> 1,0	Expansivo	Viscoso	3	-0.71	FRAGIL	CH
			4	-0.67	FRAGIL	CH

Table 4 Índice de liquidez suelos Tramo Fuente: INVIAS

APIQUE No.	Expansión (%)	Situación Crítica = 2%
1	2.30	MARGINAL
2	2.50	

Table 5 Expansividad de la subrasante según ensayo CBR

No.	CBR (Wn)
AP1	1.90
AP2	1.72
$\Sigma =$	3.62
n =	2
Media (X) =	1.81
CBR de Diseño (%) =	1.81

Table 6 Estimación del CBR de diseño por Inmersión Fuente: Autores

Índice de Thornthwaite (%) :	32.69
Categoría Climática por Humedad :	B1.Ligeramente Humedo Lluvia moderada ó lluvia fuertemente estacional
Temperatura media de los 7 días consecutivos mas calientes :	19.81°C
Categoría Climática por Temperatura :	Templado

Table 7 Clima de la zona del proyecto Fuente: IDEAM

El clima y la humedad que predominan en la región donde es presentada la propuesta de intervención de la estructura de pavimento tienen gran importancia en el funcionamiento de éste. Las condiciones climáticas de la región en que se encuentra la carretera en estudio son:

- Temperatura promedio de 19.5 °C para la zona de influencia del Municipio de Anolaima

Teniendo en cuenta el manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS, se considera que la zona de diseño se encuentra en una región R2 – Templado seco y Templado semihúmedo, como se muestra en la Tabla 8.

Detalles de la Clasificación Climática INVIAS

No.	Región	Temperatura TMAP (°C)	Precipitación media anual (mm)
R1	Fría seca y fría semihúmeda	< 13	< 2.000
R2	Templado seco y templado semihúmedo	13-20	< 2.000
R3	Cálido seco y cálido semihúmedo	20-30	< 2.000
R4	Templado húmedo	13-20	2.000-4.000
R5	Cálido húmedo	20-30	2.000-4.000
R6	Cálido muy húmedo	20-30	> 4.000

Table 8 Clasificación climática Invias Fuente: INVIAS

La Tabla 9, del Manual de diseño de pavimentos asfálticos del INVIAS, describe las condiciones de humedad para el ensayo basadas en la región climática, la temperatura media anual (TMAP) y la precipitación media anual (mm), especifica si la muestra debe ser ensayada "con humedad y densidad de equilibrio" o "sumergida", dependiendo de las condiciones climáticas de la región.

Condiciones de Humedad por Región

Región	Subregión Climática	Condiciones de Humedad para el Ensayo
R1	Fría seca	Con humedad y densidad de equilibrio. Norma I.N.V. E-146
	Fría semihúmeda	Sumergido
R2	Templado seco	Con humedad y densidad de equilibrio. Norma I.N.V. E-146
	Templado semihúmedo	Sumergido
R3	Cálido seco	Con humedad y densidad de equilibrio. Norma I.N.V. E-146
	Cálido semihúmedo	Sumergido
R4	Templado húmedo	Sumergido
R5	Cálido húmedo	Sumergido
R6	Cálido muy húmedo	Sumergido

Table 9 Condiciones de Humedad por región Fuente: INVIAS

REHABILITACION DE LA VIA QUE CONDUCE DE LA VEREDA MONTELARGO A LA VEREDA LIMONAL (DEL SECTOR LOMA DIVINO NIÑO AL SECTOR PUENTE LA TRAMPA) MUNICIPIO DE ANOLAIMA, DEPARTAMENTO DE					
CONSIDERACION DE LA ESTABILIZACIÓN PARCIAL DEL SUELO DE SUBRASANTE COMO APORTE A SU RESISTENCIA					
METODOLOGIA RACIONAL DE IVANOV:					
$H = (2 * a/n) * (TAN[(1 - (Einf. / Eeqv.)) / (2 / \pi * (1 - (1 / n^{3,5}))])$					
H = Espesor material de relleno o material granular necesario para el CBR equivalente.					
a = 15,22cm					
n = (Esup. / Einf.) ^{0,4}					
Esup. = Módulo de Elasticidad del Material Granular Aportante: E _{sup.} = 0,206 * (h ^{0,45}) * Einf.					
Eeqv. = Módulo de Elasticidad de Subrasante Mejorada.					
Einf. = Módulo de Elasticidad de la Subrasante: E _{inf.} = 130 * (CBR) ^{0,714}					
CBR Sbr.	1.81	(%)			CBR suelo de subrasante natural
Einf. =	199	(Kg/cm2)	2,824	PSI	Módulo resiliente de subrasante.
h =	200	(mm)	8.00	(plg)	Espesor preliminar de capa de mejoramiento
Esup. =	444	(Kg/cm2)	6,313	PSI	Módulo resiliente de material seleccionado.
n =	1.38				
a =	15.22				
2*(a/n) =	22.07				
1 - (Einf. / Eeqv.) =	0.32				
π =	3.1416				
2 / π	0.64				
1 - (1 / n ^{3,5})	0.68				
H =	20	(cm)	8.0	(plg)	Espesor capa de mejoramiento
E eqv. =	291	(Kg/cm2)	4,134	PSI	Módulo resiliente de subrasante mejorada.
CBR eqv. =	3.09	(%)			CBR suelo de subrasante mejorado.
2 < (Einf./Esup) < 4 - Validez de la aplicación			2.24	ok	

Table 10 Estabilización parcial del suelo de subrasante como mejora a su resistencia Fuente: Autores

CATEGORÍA	CBR [%]
S1	$3 \leq \text{CBR} < 5$
S2	$5 \leq \text{CBR} < 7$
S3	$7 \leq \text{CBR} < 10$
S4	$10 \leq \text{CBR} < 15$

Table 11 Categorías de la Resistencia de la subrasante Fuente: Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales

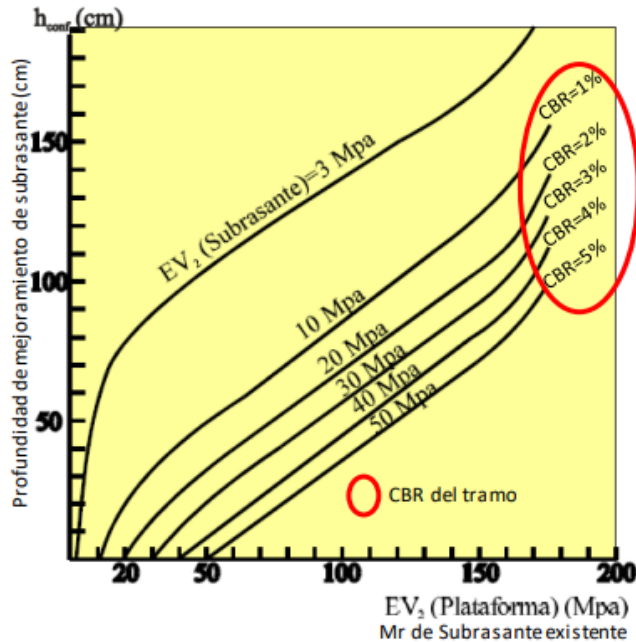
Se obtuvo con un CBR combinado de 3.09% teniendo en cuenta que la capa de afirmado es de 20cm. Debido a que la capacidad de soporte no es buena, se determina que se requiere mejoramiento para el tramo vial. A partir del análisis de datos de CBR anteriormente presentados clasificando la subrasante como S1.

Como resultado de los ensayos de laboratorio para el estudio de suelos expuestos, una de las variables que establecerá la necesidad de requerir mejoramiento de subrasante es el CBR además de tener potencial expansivo.

Para el presente PROYECTO, el diseño de la estructura para la vía terciaria a intervenir recomienda que se contemple el mejoramiento de la subrasante cuando el CBR sea menor al 3%. Cuando se evidencie que la subrasante tiene $\text{CBR} < 3\%$ en el o los tramos de proyecto se recomendará, mediante la ayuda de la herramienta anexa al presente proyecto tipo, apoyar las capas de las estructuras viales sobre una subrasante mejorada con CBR mínimo del 3%.

Lo anterior con el fin de soportar de manera adecuada dichas capas durante el proceso de construcción de la estructura, debido a que, en vías terciarias con subrasantes de baja capacidad portante, se dificultan los procesos de compactación de las capas granulares de subbase y base y se pueden generar fallos estructurales tanto en la fase constructiva, como en el corto plazo de la fase de operación.

Por lo tanto, cuando en el estudio de suelos se reporte un valor de CBR menor a 3%, en dos (02) tramos donde el $\text{CBR} < 3.0\%$ se recomienda mejorar parte de la subrasante, en los espesores estimados, mostrados en el nomograma siguiente:



Relación de módulo resiliente de la subrasante existente con respecto al CBR objetivo para estimar profundidad de mejoramiento de subrasante.

Gráfico 1 Relación de Módulo resiliente de la subrasante existente con respecto al CBR objetivo por estimar Fuente: Rondón Quintana Hugo alexander, Reyes Lizcano Fredy Alberto.

Se debe considerar las condiciones de flujo subsuperficial, en caso de que puedan afectar la resistencia de la subrasante y plantear los mecanismos para controlar dicha condición.

El método de mejoramiento de la subrasante, en la profundidad que se estime en el estudio de suelos propuesto para el presente proyecto tipo es el mejoramiento de la subrasante con adición de materiales, el cual se describe en el Capítulo 2 Explanaciones Artículo INV 200-22 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS.

CBR de subrasante existente (%)	Espesor de mejoramiento para alcanzar CBR objetivo de 3% (cm)
<1	45
1,0	30
2,0	15
2,9	5
3,0	0

Table 12 Espesores Recomendados de mejoramiento de subrasante para alcanzar CBR de plataforma mínimo de 3% Fuente: Cartilla de Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales

La expresión usada para determinar el espesor de mejoramiento de la subrasante, obtenida es:

$$h(cm) = -14.571 \times (CBR) + 43.936$$

ESPESOR MEJORAMIENTO



Gráfico: 1 Obtención de Mejoramiento para el CBR de 1.30% promedio Fuente: Cartilla Colombia Rural

$$H(\text{cm}) = -14.571 \times (1.81\%) + 43.936 = 17.5 \text{ cm}$$

sería el espesor del refuerzo en Subbase Clase en los tramos donde el CBR < 3.0.

Para construcción de Placa huella se recomienda una capa de Subbase Granular Tipo C de 20Cm.

8. Tránsito de diseño

En general, el tránsito influye de manera directa en el diseño de las estructuras de pavimento. El número y el peso de los ejes que pasan en el período de diseño imponen una agresividad o daño a la estructura. En una vía Terciaria este parámetro de diseño influye en mayor magnitud, puesto que el tiempo de aplicación de la carga es mayor debido a que la velocidad de diseño es inferior si se compara con vías principales.

La evaluación del tránsito tiene en cuenta la clasificación y configuración de los vehículos, que permite diferenciar el flujo vehicular que puede circular en este tipo de vías. La clasificación de los vehículos se realiza acorde con su uso, comercial o no, y a su peso, vehículos livianos y pesados. La clasificación asociada al uso de los vehículos define la distribución de tránsito en una vía local rural. Por su parte, la clasificación según la carga permite evaluar el daño que los vehículos pesados imponen a la estructura de pavimento.

CATEGORÍA	CARGA [EE _{8.21}]
N1	$N \leq 150000$
N2	$150000 < N \leq 300000$
N3	$300000 < N \leq 500000$

Table 13 Categorías de carga de Diseño Fuente: Cartilla de Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales

Al Tramo No se le realizó conteo de tránsito, pero es un Tránsito muy bajo, No se determinó el promedio diario de camiones que pasan, como No se hicieron las proyecciones de tránsito para el periodo de diseño de 20 años se va a tomar el menor correspondiente a Tránsito Categoría N1.

9. Diseño de Pavimento

El diseño de pavimento rígido busca determinar un conjunto de capas de materiales que logren soportar las cargas de los vehículos durante el periodo de diseño, reutilizando los materiales existentes y generando una solución técnica y económicamente viable. A continuación, se presenta el método de diseño, las alternativas a diseñar y el cálculo de espesores.

En el componente de pavimentos, fueron considerados ocho (8) configuraciones de estructuras de pavimento flexibles, semi rígidos y rígidos para diferentes rangos de variables establecidos. Además, se presentan las estructuras en Placa Huella y los Caminos Ancestrales como alternativas para mejorar la accesibilidad y la transitabilidad en las regiones. El alcance de la cartilla es delimitado bajo las siguientes restricciones.

1. Solamente podrá ser implementada en vías terciarias.
2. La carga de diseño máxima es de 150.000 EE8.2t.
3. Se considera procesos de estabilización sobre suelos especiales: suelos blandos, arcillas expansivas o cenizas volcánicas.
4. La resistencia mecánica mínima (CBR) es 3%.
5. La Temperatura Media del Anual Ponderada (TMAP) máxima podrá ser 30°C y la Precipitación Media Anual (PMA) máxima podrá ser 6000 mm/año.
6. La dosificación de los mejoramientos de suelo propuestos (suelo cemento y suelo cal) deberá ser diseñada por un Ingeniero de Transporte y Vías o Civil Especialista.
7. El diseño geométrico y estructural de las losas irregulares y las juntas de los pavimentos rígidos será desarrollado por un Ingeniero de Transporte y Vías o Civil Especialista.
8. Las características de los materiales y procesos constructivos tienen que cumplir las exigencias de las Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras del Instituto Nacional de Vías vigentes.

CARGA DE DISEÑO (ESAL)	N1	N<=150.000			
RESISTENCIA DE SUBRASANTE (%)	S1	3<=CBR<5			
TRANSFERENCIA DE CARGA	TC1	Dovelas y confinamiento			
DESCRIPCIÓN	CAPAS	MATERIAL	ESPESOR (cm)	%FATIGA	%EROSION
PAVIMENTO RIGIDO	CR (sobre subrasante)	CR	21	49.52%	1.15%
		STE	0		
	CR + 15 cm SBG	CR	20	85.11%	1.68%
		SBG	15		
	CR + 15 cm SCE	CR	18	49.52%	1.86%
		SCE	15		

Configurando un pavimento Rígido sería N1 S1 TC1 P1

9.1. Configuraciones de las estructuras cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales

9.1.1. Dimensionamiento Placa Huella

PLACA HUELLA	ANCHO ELEMENTOS							
	Cuneta Izq.	Ciclopeo Ext. Izq.	Placa Izq.	Ciclopeo Eje Izq.	Ciclopeo Eje Der.	Placa Der.	Ciclopeo Ext. Der.	Cuneta Der.
ANCHO	0.7	0.45	0.9	0.45	0.45	0.9	0.45	0.7
DISTANCIA RELATIVA	-0.7	-0.45	-0.9	-0.45	0.45	0.9	0.45	0.7

Table 14 Dimensionamiento de Placa huella Fuente: Elaboración propia

9.1.1.1. Estructura para Tipo Placa Huella

La placa huella es un sistema orientado a generar condiciones de transitabilidad adecuadas para vehículos, animales y personas en tramos críticos de vías rurales. El sistema consiste en la colocación de franjas delgadas de placas de concreto separadas transversalmente a una distancia tal, que coinciden con las huellas de la circulación vehicular, con anchos en promedio de 0,90 m cada una, entre las cuales se aloja una zona central construida en concreto ciclopeo y/o piedra pegada, manteniendo unos sobre anchos externos variables en piedra pegada para garantizar el acomodamiento de la sección al ancho disponible de la vía. Sus módulos se confinan transversalmente con viguetas de concreto, tipo riostras y lateralmente por berma cunetas.

Dadas sus características estructurales, el sistema placa huella presentado en esta cartilla es un sistema para vías con bajos niveles de tránsito, que permitan su canalización sobre los rieles de concreto reforzado. Por tanto, debe emplearse en secciones viales existentes con espacio para un solo carril de circulación, estableciéndose nichos específicos con el ancho suficiente, y una superficie distinta de rodado, que permita el paso simultáneo de vehículos en direcciones opuestas. Poder garantizar que el tránsito vehicular se canalice sobre los rieles de concreto reforzado implica que la velocidad de la vía sea baja y los tramos de la placa huella sean discontinuos. Por lo anterior, se recomienda que, el Sistema Placa Huella de esta cartilla sólo se use en vías con ancho de calzada inferior a 5.5 m, velocidad de operación inferior a 30 km/h y que los tramos no superen 500 m de longitud. Así las cosas, en vías predominantemente bidireccionales como las de nuestro país, se sugiere que sólo se utilice este sistema en vías donde las restricciones propias de pendiente y ancho de vía originen velocidades de circulación inferiores a 30 km/h y garanticen condiciones efectivas de comodidad y seguridad. Caso contrario, el sistema podría convertirse en una solución menos segura para los usuarios y deberá considerarse otra alternativa.

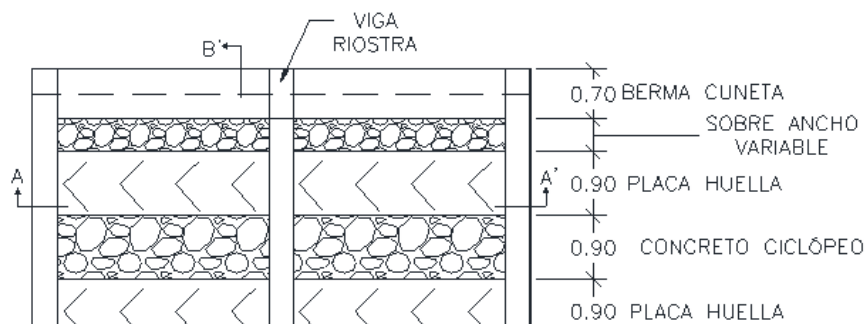
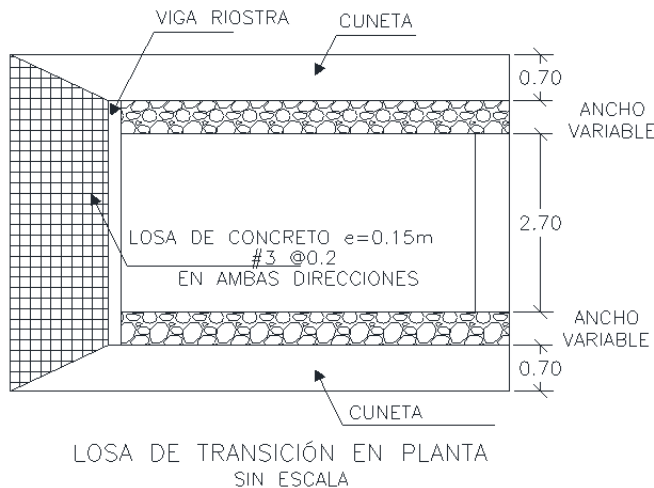
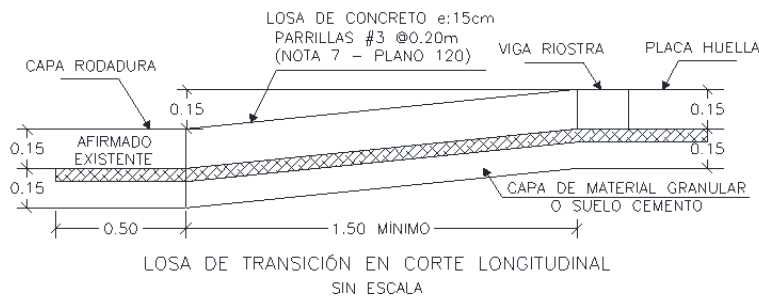
En el desarrollo de esta cartilla, se evaluaron diversas combinaciones de espesores de placa, cargas vehiculares y tipos de suelo de subrasante. Se realizaron modelos numéricos considerando vehículos tipo C2, C2p y vehículos ligeros (camionetas y automóviles). También se consideró que la placa estuviera en contacto

directo con suelo de bajas especificaciones y sobre una capa de material granular compactado. Se evaluaron igualmente diferentes longitudes de placa para identificar la mejor combinación posible.

9.1.1.2. Placa-huella y riostra

En la Figura 5 se puede observar un módulo de construcción que se repite. Este módulo está conformado por las placas-huella y la riostra. Se dice que es un módulo porque estructuralmente trabajan en conjunto.

Tanto las placas-huella como las riostras se construyen en concreto reforzado. Las placas-huella y la riostra de un módulo se funden monóticamente con las placas-huella y la riostra del módulo siguiente y así sucesivamente conformando lo que se podría denominar un Pavimento de concreto de cemento Portland con refuerzo continuo, conado mediante riostras uniformemente espaciadas, se puede consultar planos 125 y 126.



9.1.1.3. *Figure 5 Sección Transversal de Viga riostra en tramo recto Fuente: Elaboración propia*

La placa-huella es una losa de concreto reforzado fundida sobre la subbase en la que su acero de refuerzo se entrecruza con el acero de refuerzo de la riostra y con el acero de refuerzo de la placa-huella del módulo siguiente.

- La longitud máxima de la placa-huella es de tres metros (3,00 m). Como el ancho de la riostra siempre es de veinte centímetros (0,20 m) la longitud máxima de un módulo es de tres metros (3,20 m) y corresponde a la longitud del módulo en tangente.
- En las curvas horizontales la longitud de la placa-huella puede fluctuar entre un (1,00) metro y dos metros con ochenta centímetros (3,00 m).
- El ancho de la placa-huella en tangente es de noventa centímetros (0,90 m).
- Dependiendo de su deflexión y radio de curvatura las curvas horizontales pueden requerir placas-huella de anchos mayores. En la presente Guía se han establecido para las placas-huella en curva tres valores de ancho: noventa centímetros (0,90 m), un metro con treinta y cinco centímetros (1,35 m) y un metro con ochenta centímetros (1,80 m).
- El espesor de la placas-huella es de quince centímetros (0,15 m).
- Las funciones de la placa-huella son:
 - Soportar los esfuerzos que se producen por el paso de los ejes de los vehículos.
 - Canalizar la circulación vehicular permitiendo sustituir en las franjas de la sección transversal no sometidas al paso de los ejes un material relativamente costoso como es el concreto simple por uno más económico como lo es la piedra pegada (concreto ciclópeo). Lo anterior se traduce en una menor inversión.

CON MATERIAL GRANULAR							
LONGITUD DE LA PLACA (m)	ESPESOR DE LA PLACA	BARRA #	SEPARACIÓN ENTRE BARRAS	CONCRETO PLACAS (m3)	ACERO DE REFUERZO (KG)	CONCRETO CICLÓPEO (m3)	MATERIAL GRANULAR O SUELO CEMENTO (m3)
3	0.15	4	0.15	51	3024	13	130
	0.20	4	0.20	60	2745	13	130

SIN MATERIAL GRANULAR						
LONGITUD DE LA PLACA (m)	ESPESOR DE LA PLACA	BARRA #	SEPARACIÓN ENTRE BARRAS	CONCRETO PLACAS (m3)	ACERO DE REFUERZO (KG)	CONCRETO CICLÓPEO (m3)
3	0.15	5	0.10	51	4579	13
	0.20	5	0.20	60	3244	13

Table 15 Despieces de Placa Huella según material de soporte Fuente: Elaboración propia

9.1.1.4. Riostra

La riostra es una viga transversal de concreto reforzado en la que su acero de refuerzo se entrecruza con el acero de refuerzo de la placa-huella del módulo anterior y con el acero de refuerzo de la placa-huella del módulo siguiente.

- El ancho de la riostra es de veinte centímetros (0,20 m).

- El peralte de la riostra es de veinte cinco centímetros (0,25 m). Dicha riostra se apoya totalmente sobre la superficie existente, es decir en la superficie sobre la que se construye la subbase, previa la colocación de un solado de limpieza de tres centímetros (0,03 m) de espesor.

Lo anterior implica:

- Excavar, en la subbase, una zanja transversal de veinte centímetros (0,20 m) de ancho y dieciocho centímetros (0,18 m) de profundidad en la sección donde se debe construir la riostra.
- Lo anterior se requiere para compensar la diferencia entre el peralte de la riostra + el solado de limpieza y el espesor de la placa-huella (0,33 m - 0,15 m) = 0,18 m.
- Se aclara que la subbase se extiende, se conforma y se compacta en toda su longitud y ancho y posteriormente se procede a construir las zanjas transversales para alojar las riostras.
- La longitud de la riostra es variable y se ajusta al ancho de la sección transversal sea ésta en tangente, en curva, en transición del sobreebanco o en Zona de Cruce. Esta última es un tramo en tangente cuya sección transversal se ha ampliado para permitir el cruce de dos vehículos grandes como son los camiones y los buses.
- La función de la riostra es exclusivamente de confinamiento transversal y longitudinal de los elementos del pavimento que se construyen sobre la subbase como son las placas-huella, la piedra pegada, la berma-cuneta y el bordillo. Dado que el acero de refuerzo de la placa-huella anterior pasa a través de la riostra y se traslapa con el acero de refuerzo de la placa-huella siguiente son estas placas-huella, que están totalmente apoyadas sobre la subbase, las que "sostienen" la riostra por lo que la rigidez de su apoyo resulta irrelevante.

9.1.1.5. Piedra pegada

La piedra pegada es una capa de concreto ciclópeo con espesor de quince centímetros (0,15 m).

Las funciones de la piedra pegada son:

- Disminuir los costos de construcción del pavimento ya que es un material menos costoso que el concreto simple.
- Propiciar la canalización del tránsito dado que la alta rugosidad que presenta la piedra pegada desestimula a los conductores a circular por fuera de las placas-huella que son los elementos diseñados para soportar los esfuerzos producidos por el paso de los vehículos.
- Contribuir a la estética del camino.

9.1.1.6. Berma-cuneta y bordillo

La Berma-cuneta y el bordillo son elementos de drenaje superficial contruidos en concreto reforzado, fundidos monolíticamente y articulados estructuralmente con la riostra.

La razón de fundir monolíticamente la berma-cuneta y el bordillo es evitar la junta de construcción que se formaría en la frontera entre ambos elementos, junta que con el paso del tiempo se convertiría en una fisura

que permitiría la infiltración del agua que correría por la berma-cuneta con el consecuente deterioro del pavimento.

Las funciones de la Berma-cuneta y el bordillo son:

- Servir como franja de estacionamiento temporal en el caso de que un vehículo lo requiera por fallas mecánicas u otra causa de fuerza mayor permitiendo que el flujo vehicular no se interrumpa totalmente.
- Permitir la recolección de las aguas lluvias y conducir las hasta las alcantarillas y aliviaderos para su evacuación.
- Brindar confinamiento a la subbase.

Adicionalmente a las bermas-cunetas el pavimento debe complementarse con alcantarillas y aliviaderos, así como con subdrenes en el caso de que sean requeridos.

10. Recomendaciones

Las características de los suelos encontrados en los sitios de estudio permiten establecer una serie de comentarios finales y recomendaciones que se deben tener en cuenta en los procesos de construcción de los pavimentos que se pretendan realizar.

Con base en las exploraciones realizadas en el sitio de estudio, se puede definir para esta zona la presencia de materiales correspondientes principalmente a estratos de Arcillas grises con presencia de lutitas y limos, siendo suelos muy finos.

10.1. Antes de la construcción

- Las humedades naturales de los materiales son menores a las humedades de equilibrio, pero se hace necesario realizar un control sobre el flujo de aguas que afecte el proyecto durante cualquiera de sus etapas pues este es uno de los factores claves para reducir el fenómeno de expansión y garantizar la estabilidad y funcionalidad de la estructura.

10.2. Durante la construcción

Para el inicio de las obras debe garantizarse un área libre de materiales orgánicos y otros residuos, a la vez que se considera que el material que sea extraído en el corte o excavaciones requeridas no puede ser utilizado como material de relleno, por lo cual debe garantizarse su disposición final y tener controlados los tiempos y volúmenes de estos.

Así como emplear un material de reemplazo de propiedades adecuadas de acuerdo con lo establecido en la normatividad vigente según INVIAS.

Se deberá localizar topográficamente las secciones de trabajo, se considera una de las etapas más importantes dentro del proceso constructivo, pues cualquier error en la demarcación puede generar reparaciones costosas.

La topografía se debe indicar de forma clara, con referencias exteriores a la zona de trabajo, para evitar que como es factible se pierdan a ras de tierra debido al movimiento del equipo pesado, de acuerdo a los documentos de diseño.

10.3. Características del material de mejoramiento y compactación

El material de Mejoramiento deberá ser caracterizado de acuerdo con los lineamientos normativos para material tipo Afirmado, Base o Subbase (según corresponda), para el cual deberá cumplir con las características requeridas por las normas INVIAS-2022.

Las capas de materiales deben cumplir a cabalidad los lineamientos establecidos en el Capítulo 3 de las “Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022”:

- Artículo 311 –Afirmado
- Artículo 320 – Subbase granular
- Artículo 330 –Base granular

Para la ejecución de los trabajos de compactación deberá seguirse el siguiente procedimiento:

- El material de mejoramiento debe extenderse
- Nivelarse con equipo disponible
- Humedecerse hasta que alcance la humedad óptima o muy cercana.
- Compactarse con el medio de compactación disponible hasta alcanzar la densidad de diseño

- Realizar verificación del porcentaje de compactación, el cual deberá ser $\geq 95\%$ o $\geq 98\%$ (según corresponda), mediante pruebas de determinación de densidad y humedad.

10.4. Controles de obra

- El material que sea extraído de cortes no debe utilizarse como relleno, no es apto para labores de mejoramiento o conformación de rellenos que den apoyo a las obras.
- En caso de encontrar materiales distintos a los descritos en el presente estudio, se deberá validar dicho hallazgo con la realización de estudios complementarios.
- Control del porcentaje de compactación y calidad de los agregados a emplear.
- Ante cualquier eventualidad o evidencia de ocurrencia de algún fenómeno geotécnico será necesaria la realización de instrumentación y monitoreo de la posible variación de propiedades esfuerzo- deformación de los suelos de apoyo.

10.5. Control de flujo de agua

- En el suelo encontrado en campo predominan materiales con expansión Medio y Alto, se debe canalizar adecuadamente las aguas de la zona y el manejo de estas evitando la infiltración al terreno.
- El proyecto deberá contar con un sistema de disposición y evacuación de aguas eficiente, que evite al máximo la infiltración del agua lluvia al terreno natural y la erosión de este.
- Se deberá fijar adecuadamente los niveles de desagüe, accesos, pistas, acequias y otros así como la construcción de nuevas Alcantarillas que capten adecuadamente el agua de escorrentía.

11. Conclusiones

- Con base en las exploraciones realizadas en el sitio de estudio, se puede definir para esta zona la presencia de materiales correspondientes principalmente a estratos de:
 - Arcilla limosa con grava de baja plasticidad de color Marrón y Gris
 - Limo arcilloso con grava de baja plasticidad de color Negro y Gris
 - Arcilla fina arenosa con grava de media plasticidad de color Marrón y Gris
- Durante la realización de las exploraciones no se evidenció la presencia de nivel freático.
- El terreno presenta condiciones de expansividad Medio y Alto.
- Se recomienda un manejo adecuado de aguas, con el fin de evitar la infiltración al terreno y la erosión de este.
- Las excavaciones no deben permanecer indefinidamente expuestas a la intemperie, los cambios de humedad modifican la consistencia del suelo y el potencial de expansión.
- Mientras la excavación permanezca abierta, el talud deberá contenerse mediante entibado temporal, que brinde estabilidad al terreno. Se deben tapar las excavaciones con plástico, con el fin de evitar que se deposite agua en las mismas, evitando así el uso de sistemas de bombeo y reblandecimiento del suelo de fundación.
- Igualmente se deben disponer zanjas interconectadas en el fondo que lleven el agua a un cárcamo situado a un nivel inferior del resto de la excavación. En el cárcamo la cota del agua debe mantenerse suficientemente baja para que el nivel de agua libre en el perfil de suelo adyacente quede por debajo del fondo de la excavación, con el fin de evitar inestabilidad en el pie de los taludes y paredes excavadas.
- Los resultados y recomendaciones del presente estudio son consecuencia lógica de observaciones y mediciones en campo y laboratorio, las cuales tienen como soporte fundamental la investigación puntual del sitio en concretos del área de la obra, tales resultados muestran un suelo homogéneo en resistencia, y en propiedades índice; sin embargo, puede ocurrir que durante las excavaciones para los cimientos se encuentren suelos con propiedades diferentes de las anunciadas en el presente informe, para tal situación se recomienda análisis complementario en cada punto en divergencia por parte del geotecnista.

12. Bibliografía

SGC. (1967). Geología de la plancha 171, Anolaima

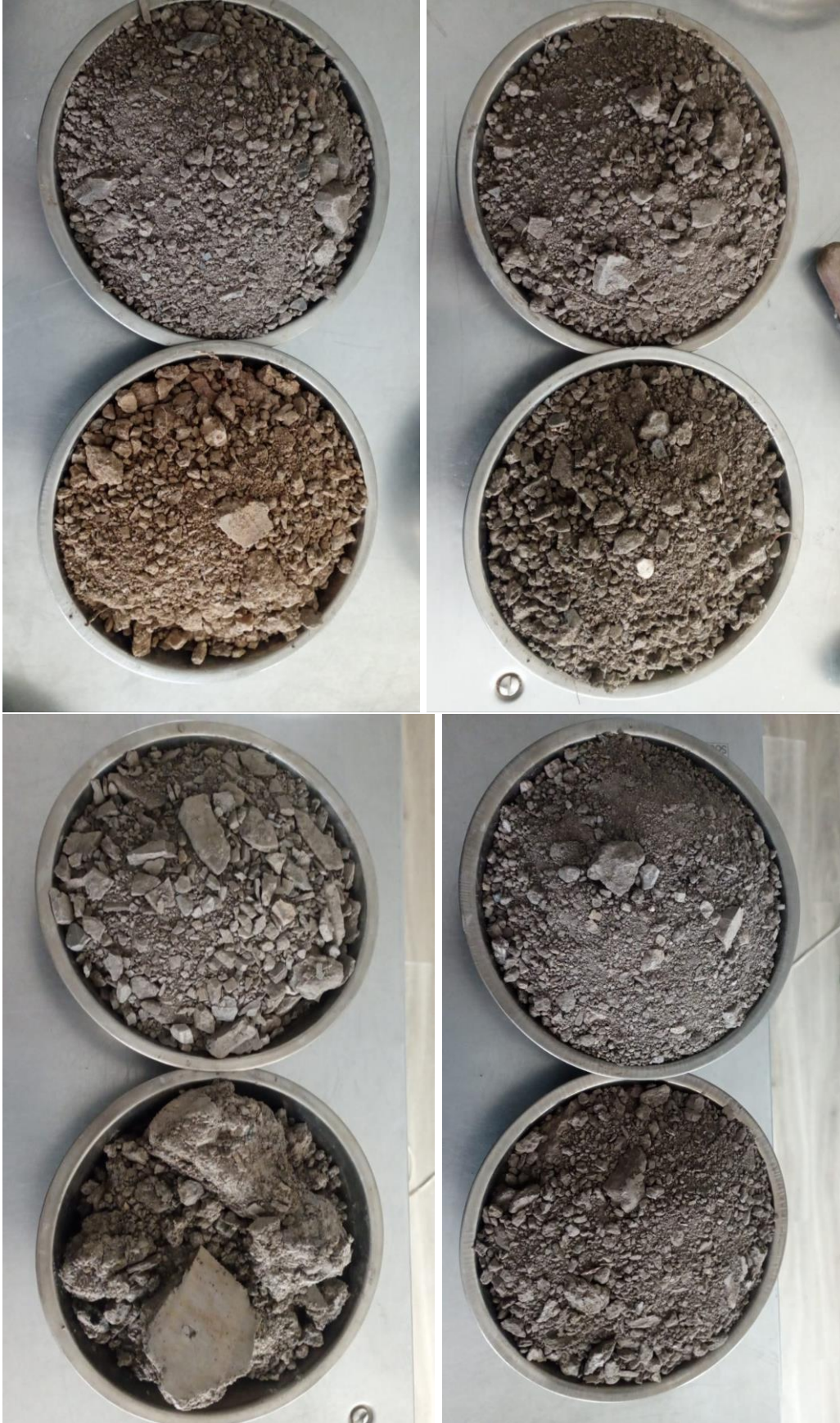
El Esquema de Ordenamiento Territorial de Anolaima consta de tres documentos o textos a saber: Diagnóstico, Formulación, Acuerdo y un juego de 25 planos los cuales conforman lo que la corporación Autónoma Regional (C.A.R.) denomina Documento técnico de Soporte.

13. ANEXOS

13.1. Anexo A. Fotografías











13.2. Anexo B. Documentos consultor

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Diciembre 15 de 2025

Señores

ALCALDÍA MUNICIPAL DE ANOLAIMA CUNDINAMARCA

Ciudad

Yo **ELEBR RAMIRO OLIVARES BAREÑO** Ingeniero Civil con Matrícula Profesional **M.P 25202-161833 CND**, debidamente registrado en el consejo profesional nacional de Ingeniería, presentó este documento referente a **ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACIÓN DE LA VÍA QUE CONDUCE DE LA VEREDA MONTELARGO A LA VEREDA LIMONAL (DEL SECTOR LOMA DIVINO NIÑO AL SECTOR PUENTE LA TRAMPA) MUNICIPIO DE ANOLAIMA, DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

Acepto la responsabilidad del concepto técnico implícito en este documento según lo establecido en los artículos, 28 de la ley 400 para la experiencia e idoneidad del consultor de geotecnia.

Cualquier modificación parcial o total de los conceptos dados y/o del no cumplimiento de las Normas Técnicas de Construcción Colombianas, exime de toda responsabilidad al consultor y hace responsable de la estabilidad y normal funcionamiento de la obra directamente al propietario y al constructor por las posibles modificaciones.

Atentamente,



ELBER RAMIRO OLIVARES BAREÑO

M.P 25202-161833 CND

Ing. Civil

Especialista en pavimentos

13.3. Anexo C. Ensayos de laboratorio

Mosquera, Diciembre de 2025.

Señor:

Ing ELBER OLIVARES

OBRA: EJECUCION DE LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA REHABILITACION DE LA VIA QUE CONDUCE DE LA VEREDA MONTELARGO A LA VEREDA LIMONAL DEL SECTOR DIVIÑO AL SECTOR PUENTE LA TRAMPA MUNICIPIO ANOLAIMA CUNDINAMARCA
Ciudad.

Respetado Ingeniero:

Anexo a la presente le remito los resultados de las muestras tomadas Insitu

En los cuadros adjuntos se encuentran los resultados de los ensayos.

Cordialmente

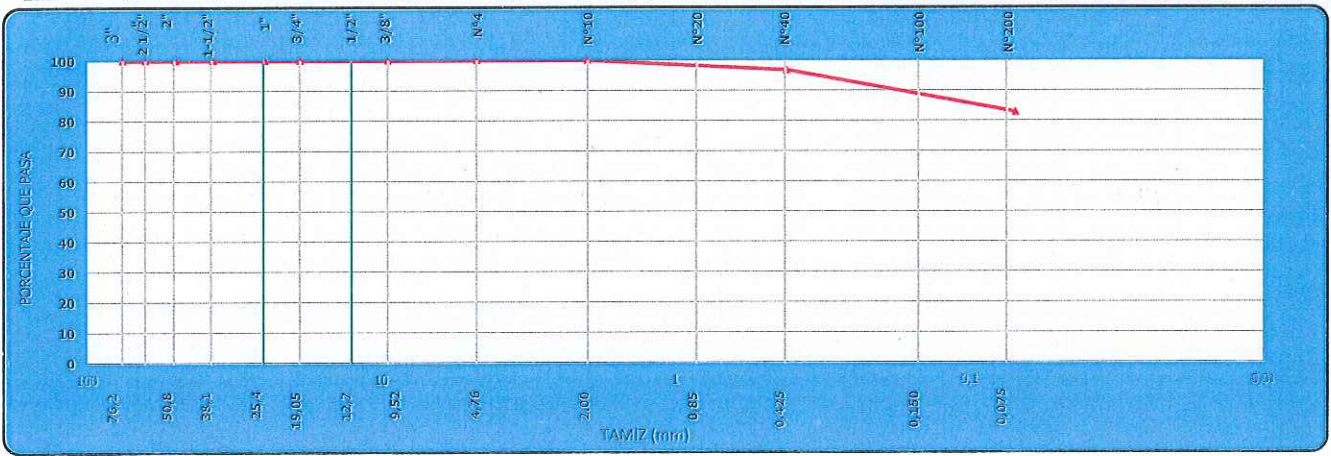
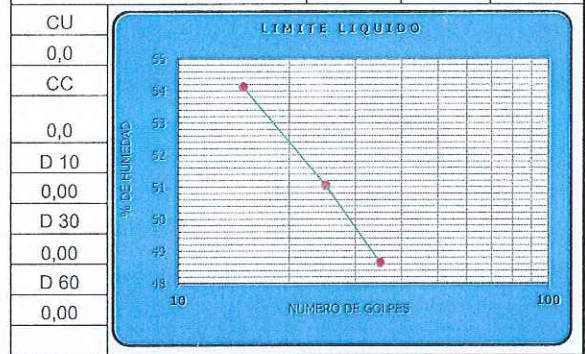

INGEOLAB S.A.S.
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

ANDRES FELIPE COLMENARES
C.C. No 1.032.383.841 de Bogota
Ingeniero Civil M.P 25202-245744 CND

FECHA: miércoles, 3 de diciembre de 2025
LOCALIZACIÓN: Ejecución de los estudios y diseños para la rehabilitación de la vía que conduce de la vereda Montelargo a la vereda Limonal (del sector loma Divino Niño al sector puente La Trampa)
MUNICIPIO: Anolaima - Cundinamarca
DESCRIPCIÓN: Arcilla lutita con grava de color grisáceo
APIQUE: 1 **MUESTRA:** 1 **PROFUNDIDAD:** 1,00 metros

PESOS	INICIAL	311,2	FINAL	53,3	GRANULOMETRÍA	
TAMIZ		PESO. RET INDIV.	% RET. INDIV.	% QUE PASA	NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1522	
Pulg	mm					
3"	76,20		0,0	100,0		
2-1/2"	63,50	0,0	0,0	100,0		
2"	50,80	0,0	0,0	100,0		
1-1/2"	38,10	0,0	0,0	100,0		
1"	25,40	0,0	0,0	100,0		
3/4"	19,05	0,0	0,0	100,0		
1/2"	12,70	0,0	0,0	100,0		
3/8"	9,52	0,0	0,0	100,0		
N°4	4,76	0,0	0,0	100,0		
N°10	2,000	0,0	0,0	100,0		
N°20	0,850	0,0	0,0	100,0		
N°40	0,425	10,2	3,3	96,7		
N°100	0,150	19,0	6,1	90,6		
N°200	0,075	24,1	7,7	82,9		
Pasa						
Totales =		53,3				
CLASIFICACION				CONTENIDO DE HUMEDAD NTC 1495		
LIMITE LIQUIDO	51,0		AASHTO	Tara N°	1	
LIMITE PLASTICO	23,0		A-7-6	P. Húm + tara	31,3	
INDICE DE PLASTICIDAD	28		U.S.C.S	P. Seco + tara	28,2	
INDICE DE GRUPO	0		CH	Peso tara	3,3	
%GRAVA	0,0	TAMAÑO MÁXIMO		Peso agua	3,1	
% ARENA	17,1			Peso seco	24,9	
% FINOS	82,9			% de humedad	12,4	

LIMITE LIQUIDO NTC 1494			
ENSAYO N°	1	2	3
TARA N°	10	11	12
N° DE GOLPES	35	25	15
PESO SUELO+TARA HUMEDO	15,53	16,53	15,61
PESO SUELO+TARA SECO	11,73	12,23	11,49
PESO TARA	3,92	3,81	3,88
% DE HUMEDAD	48,66	51,07	54,14
LIMITE PLASTICO NTC 1493			
ENSAYO N°	1	2	
TARA N°	30	31	
PESO SUELO+TARA HUMEDO	11,21	12,15	
PESO SUELO+TARA SECO	9,85	10,59	
PESO TARA	3,92	3,82	
% DE HUMEDAD	22,93	23,04	



OBSERVACIONES :

[Firma]

Laboratorio

INGEOLAB S.A.S.
 LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL

62
 Ingeniero

FECHA: miércoles, 3 de diciembre de 2025
LOCALIZACIÓN: Ejecución de los estudios y diseños para la rehabilitación de la vía que conduce de la vereda Montelargo a la vereda Limonal (del sector loma Divino Niño al sector puente La Trampa)
MUNICIPIO: Anolaima - Cundinamarca
DESCRIPCIÓN: Arcilla lutita con grava de color grisáceo
APIQUE: 2 **MUESTRA:** 1 **PROFUNDIDAD:** 1,00 metros

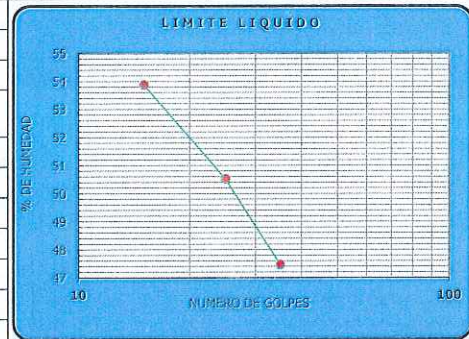
PESOS		295,3	FINAL	56,7	GRANULOMETRÍA
TAMIZ		PESO. RET INDIV.	% RET. INDIV.	% QUE PASA	
Pulg	mm				NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1522
3"	76,20		0,0	100,0	
2-1/2"	63,50	0,0	0,0	100,0	
2"	50,80	0,0	0,0	100,0	
1-1/2"	38,10	0,0	0,0	100,0	
1"	25,40	0,0	0,0	100,0	
3/4"	19,05	0,0	0,0	100,0	
1/2"	12,70	0,0	0,0	100,0	
3/8"	9,52	0,0	0,0	100,0	
N°4	4,76	0,0	0,0	100,0	
N°10	2,000	0,0	0,0	100,0	
N°20	0,850	0,0	0,0	100,0	
N°40	0,425	9,3	3,1	96,9	
N°100	0,150	21,3	7,2	89,6	
N°200	0,075	26,1	8,8	80,8	
Pasa					
Totales =		56,7			

CLASIFICACION		CONTENIDO DE HUMEDAD NTC 1495	
LIMITE LIQUIDO	50,0	AASHTO	Tara N° 2
LIMITE PLASTICO	22,0	A-7-6	P. Húm + tara 28,2
INDICE DE PLASTICIDAD	28	U.S.C.S	P. Seco + tara 25,3
INDICE DE GRUPO	0	CH	Peso tara 3,3
%GRAVA	0,0	TAMAÑO MÁXIMO	Peso agua 2,9
% ARENA	19,2		Peso seco 22,0
% FINOS	80,8		% de humedad 13,2

LIMITE LIQUIDO NTC 1494			
ENSAYO N°	1	2	3
TARA N°	14	15	16
N° DE GOLPES	35	25	15
PESO SUELO+TARA HUMEDO	15,32	16,47	15,53
PESO SUELO+TARA SECO	11,65	12,22	11,45
PESO TARA	3,92	3,81	3,88
% DE HUMEDAD	47,48	50,54	53,90

LIMITE PLASTICO NTC 1493		
ENSAYO N°	1	2
TARA N°	32	33
PESO SUELO+TARA HUMEDO	11,55	12,37
PESO SUELO+TARA SECO	10,14	10,81
PESO TARA	3,92	3,82
% DE HUMEDAD	22,67	22,32

CU	0,0
CC	0,0
D 10	0,00
D 30	0,00
D 60	0,00
D 100	0,00
D 200	0,00



OBSERVACIONES :

[Firma]
 Laboratorio

INGEOLAB S.A.S.
 LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL
 Ingeniero

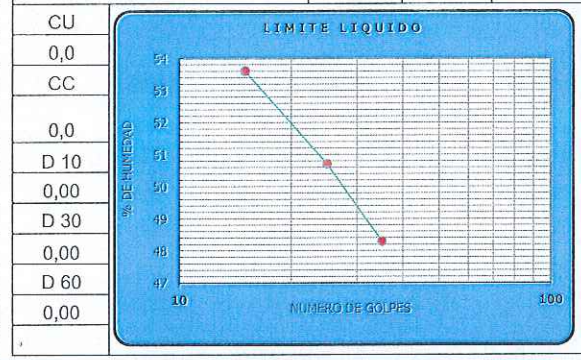
FECHA: miércoles, 3 de diciembre de 2025
LOCALIZACIÓN: Ejecución de los estudios y diseños para la rehabilitación de la vía que conduce de la vereda Montelargo a la vereda Limonal (del sector loma Divino Niño al sector puente La Trampa)
MUNICIPIO: Anolaima - Cundinamarca
DESCRIPCIÓN: Arcilla lutita con grava de color grisáceo
APIQUE: 3 **MUESTRA:** 1 **PROFUNDIDAD:** 1,00 metros

PESOS		INICIAL	305,7	FINAL	57,8	GRANULOMETRÍA
TAMIZ		PESO. RET INDIV.		% RET. INDIV.	% QUE PASA	
Pulg	mm					NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1522
3"	76,20			0,0	100,0	
2-1/2"	63,50	0,0		0,0	100,0	
2"	50,80	0,0		0,0	100,0	
1-1/2"	38,10	0,0		0,0	100,0	
1"	25,40	0,0		0,0	100,0	
3/4"	19,05	0,0		0,0	100,0	
1/2"	12,70	0,0		0,0	100,0	
3/8"	9,52	0,0		0,0	100,0	
N°4	4,76	0,0		0,0	100,0	
N°10	2,000	0,0		0,0	100,0	
N°20	0,850	0,0		0,0	100,0	
N°40	0,425	11,2		3,7	96,3	
N°100	0,150	22,3		7,3	89,0	
N°200	0,075	24,3		7,9	81,1	
Pasa						
Totales =		57,8				

CLASIFICACION			CONTENIDO DE HUMEDAD NTC 1495	
LIMITE LIQUIDO	51,0	AASHTO	Tara N°	3
LIMITE PLASTICO	23,0	A-7-6	P. Húm + tara	31,1
INDICE DE PLASTICIDAD	28	U.S.C.S	P. Seco + tara	28,2
INDICE DE GRUPO	0	CH	Peso tara	3,3
%GRAVA	0,0	TAMAÑO MÁXIMO	Peso agua	2,9
% ARENA	18,9		Peso seco	24,9
% FINOS	81,1		% de humedad	11,6

LIMITE LIQUIDO NTC 1494			
ENSAYO N°	1	2	3
TARA N°	17	18	19
N° DE GOLPES	35	25	15
PESO SUELO+TARA HUMEDO	15,28	16,38	15,57
PESO SUELO+TARA SECO	11,58	12,15	11,49
PESO TARA	3,92	3,81	3,88
% DE HUMEDAD	48,30	50,72	53,61

LIMITE PLASTICO NTC 1493		
ENSAYO N°	1	2
TARA N°	34	35
PESO SUELO+TARA HUMEDO	11,63	12,23
PESO SUELO+TARA SECO	10,19	10,65
PESO TARA	3,92	3,82
% DE HUMEDAD	22,97	23,13



OBSERVACIONES :

[Firma]
Laboratorio

INGEOLAB S.A.S.
LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL
Ingeniero

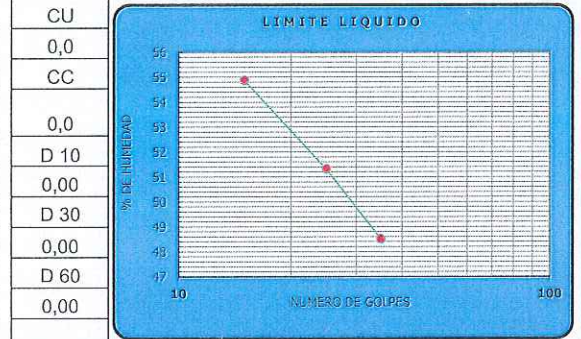
FECHA: miércoles, 3 de diciembre de 2025
LOCALIZACIÓN: Ejecución de los estudios y diseños para la rehabilitación de la vía que conduce de la vereda Montelargo a la vereda Limonal (del sector loma Divino Niño al sector puente La Trampa)
MUNICIPIO: Anolaima - Cundinamarca
DESCRIPCIÓN: Arcilla lutita con grava de color grisáceo
APIQUE: 4 **MUESTRA:** 1 **PROFUNDIDAD:** 1,00 metros

PESOS	INICIAL	288,9	FINAL	49,4	GRANULOMETRÍA
TAMIZ		PESO. RET. INDIV.	% RET. INDIV.	% QUE PASA	
Pulg	mm				NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1522
3"	76,20		0,0	100,0	
2-1/2"	63,50	0,0	0,0	100,0	
2"	50,80	0,0	0,0	100,0	
1-1/2"	38,10	0,0	0,0	100,0	
1"	25,40	0,0	0,0	100,0	
3/4"	19,05	0,0	0,0	100,0	
1/2"	12,70	0,0	0,0	100,0	
3/8"	9,52	0,0	0,0	100,0	
N°4	4,76	0,0	0,0	100,0	
N°10	2,000	0,0	0,0	100,0	
N°20	0,850	0,0	0,0	100,0	
N°40	0,425	8,3	2,9	97,1	
N°100	0,150	18,6	6,4	90,7	
N°200	0,075	22,5	7,8	82,9	
Pasa					
Totales =		49,4			

CLASIFICACION			CONTENIDO DE HUMEDAD NTC 1495	
LIMITE LIQUIDO	51,0	AASHTO	Tara N°	4
LIMITE PLASTICO	23,0	A-7-6	P. Húm + tara	27,3
INDICE DE PLASTICIDAD	28	U.S.C.S	P. Seco + tara	24,6
INDICE DE GRUPO	0	CH	Peso tara	3,3
%GRAVA	0,0	TAMAÑO MÁXIMO	Peso agua	2,7
% ARENA	17,1		Peso seco	21,3
% FINOS	82,9		% de humedad	12,7

LIMITE LIQUIDO NTC 1494			
ENSAYO N°	1	2	3
TARA N°	20	21	22
N° DE GOLPES	35	25	15
PESO SUELO+TARA HUMEDO	15,52	16,25	15,45
PESO SUELO+TARA SECO	11,73	12,03	11,35
PESO TARA	3,92	3,81	3,88
% DE HUMEDAD	48,53	51,34	54,89

LIMITE PLASTICO NTC 1493			
ENSAYO N°	1	2	
TARA N°	36	37	
PESO SUELO+TARA HUMEDO	11,42	12,56	
PESO SUELO+TARA SECO	10,03	10,88	
PESO TARA	3,92	3,82	
% DE HUMEDAD	22,75	23,80	



OBSERVACIONES :

Laboratorio

INGEOLAB SAS
 LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL
 Ingeniero

FECHA: miércoles, 3 de diciembre de 2025

LOCALIZACIÓN: Ejecución de los estudios y diseños para la rehabilitación de la vía que conduce de la vereda Montelargo a la vereda Limonal (del sector loma Divino Niño al sector puente La Trampa)

MUNICIPIO: Anolaima - Cundinamarca

MATERIAL: Material existente en la subrasante

APIQUE No. 1 **ABSCISA:** _____

GOLPES	PROFUNDIDAD mm	GOLPES	PROFUNDIDAD mm	GOLPES	PROFUNDIDAD mm
LECTURA INICIAL					
1	10	21		41	
2	30	22		42	
3	50	23		43	
4	80	24		44	
5	110	25		45	
6	150	26		46	
7	190	27		47	
8	230	28		48	
9	260	29		49	
10	300	30		50	
11	330	31		51	
12	350	32		52	
13	380	33		53	
14	410	34		54	
15	460	35		55	
16	490	36		56	
17	520	37		57	
18	570	38		58	
19	600	39		59	
20	650	40		60	
PEND. RECTA		30,401			
CBR		3,5			



OBSERVACIONES: Ensayo realizado al material existente en la subrasante

[Firma manuscrita]

LABORATORIO

INGEOLAB S.A.S.
 LABORATORIO INGENIERÍA CIVIL

FECHA: miércoles, 3 de diciembre de 2025

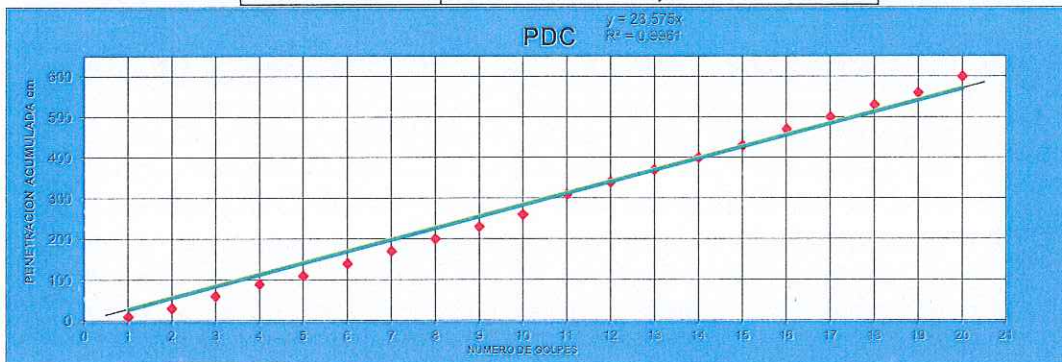
LOCALIZACIÓN: Ejecución de los estudios y diseños para la rehabilitación de la vía que conduce de la vereda Montelargo a la vereda Limonal (del sector loma Divino Niño al sector puente La Trampa)

MUNICIPIO: Anolaima - Cundinamarca

MATERIAL: Material existente en la subrasante

APIQUE No. 2 **ABSCISA:** _____

GOLPES	PROFUNDIDAD mm	GOLPES	PROFUNDIDAD mm	GOLPES	PROFUNDIDAD mm
LECTURA INICIAL					
1	10	21		41	
2	30	22		42	
3	60	23		43	
4	90	24		44	
5	110	25		45	
6	140	26		46	
7	170	27		47	
8	200	28		48	
9	230	29		49	
10	260	30		50	
11	310	31		51	
12	340	32		52	
13	370	33		53	
14	400	34		54	
15	430	35		55	
16	470	36		56	
17	500	37		57	
18	530	38		58	
19	560	39		59	
20	600	40		60	
PEND. RECTA		28,575			
CBR		3,7			



OBSERVACIONES: Ensayo realizado al material existente en la subrasante

[Firma]

LABORATORIO

INGEOLAB S.A.S.
 LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL

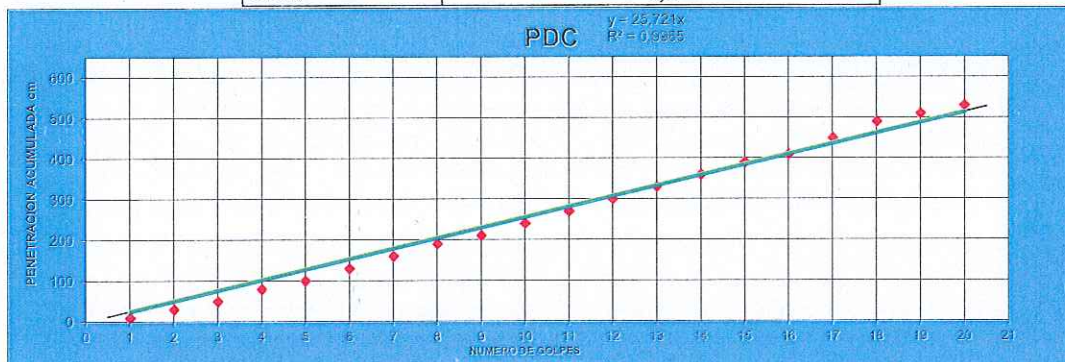
FECHA: miércoles, 3 de diciembre de 2025
 LOCALIZACIÓN: Ejecución de los estudios y diseños para la rehabilitación de la vía que conduce de la vereda Montelargo a la vereda Limonal (del sector loma Divino Niño al sector puente La Trampa)

MUNICIPIO: Anolaima - Cundinamarca

MATERIAL: Material existente en la subrasante

APIQUE No. 3 ABSCISA: _____

GOLPES	PROFUNDIDAD mm	GOLPES	PROFUNDIDAD mm	GOLPES	PROFUNDIDAD mm
LECTURA INICIAL					
1	10	21		41	
2	30	22		42	
3	50	23		43	
4	80	24		44	
5	100	25		45	
6	130	26		46	
7	160	27		47	
8	190	28		48	
9	210	29		49	
10	240	30		50	
11	270	31		51	
12	300	32		52	
13	330	33		53	
14	360	34		54	
15	390	35		55	
16	410	36		56	
17	450	37		57	
18	490	38		58	
19	510	39		59	
20	530	40		60	
PEND. RECTA		25,721			
CBR		4,3			



OBSERVACIONES: Ensayo realizado al material existente en la subrasante

[Firma]

LABORATORIO

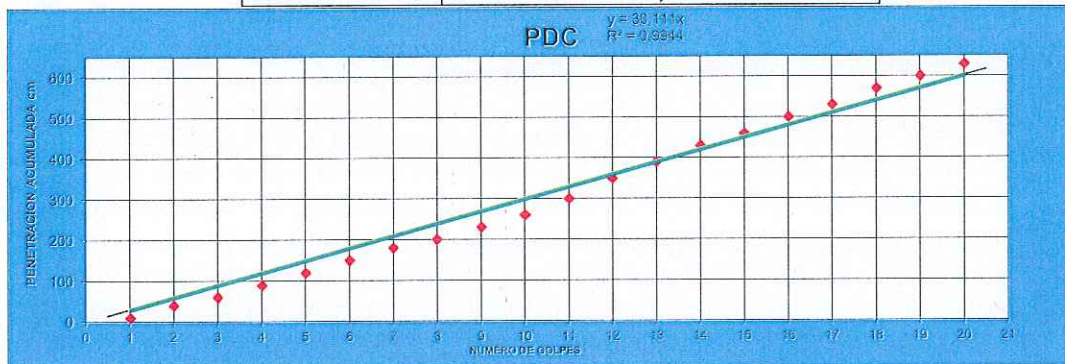
INGEOLAB S.A.S.
LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL
INGENIERO

MÉTODO DEL ENSAYO NORMAL PARA USO DEL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO EN APLICACIONES DE PAVIMENTO A POCA PROFUNDIDAD I.N.V. E - 172 -13

Código: M-I-001
 Versión: 1
 Fecha: 5/10/2022
 Pagina: 1 de 1

FECHA: miércoles, 3 de diciembre de 2025
 LOCALIZACIÓN: Ejecución de los estudios y diseños para la rehabilitación de la vía que conduce de la vereda Montelargo a la vereda Limonal (del sector loma Divino Niño al sector puente La Trampa)
 MUNICIPIO: Anolaima - Cundinamarca
 MATERIAL: Material existente en la subrasante
 APIQUE No. 4 ABSCISA: _____

GOLPES	PROFUNDIDAD mm	GOLPES	PROFUNDIDAD mm	GOLPES	PROFUNDIDAD mm
LECTURA INICIAL					
1	10	21		41	
2	40	22		42	
3	60	23		43	
4	90	24		44	
5	120	25		45	
6	150	26		46	
7	180	27		47	
8	200	28		48	
9	230	29		49	
10	260	30		50	
11	300	31		51	
12	350	32		52	
13	390	33		53	
14	430	34		54	
15	460	35		55	
16	500	36		56	
17	530	37		57	
18	570	38		58	
19	600	39		59	
20	630	40		60	
PEND. RECTA			30,111		
CBR			3,5		



OBSERVACIONES: Ensayo realizado al material existente en la subrasante


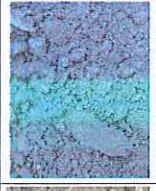


[Firma]

LABORATORIO

INGEOLAB S.A.S.
 LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL

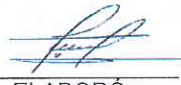
FECHA: miércoles, 3 de diciembre de 2025 **NIVEL FREÁTICO:** _____
LOCALIZACIÓN: Ejecución de los estudios y diseños para la rehabilitación de la vía que conduce de la vereda Montelargo a la vereda Limonal (del sector loma Divino Niño al sector puente La Trampa)
MUNICIPIO: Anolaima - Cundinamarca
APIQUE No. 1 **ABSCISA:** _____


PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Profundidad (m)	NF	DESCRIPCIÓN	u.s.c.s	
0,00		Relleno con material granular		
0,10		Limo arcilloso color negro	MH	
0,30		Limo arcillosos color café	MH	
0,70		Arcilla lutita con gravas de color grisáceo, con algunas piedras	CH	
1,80				

Fin del sondeo

NOTA: Sin Escala


 ELABORÓ


 APROBÓ





FECHA: miércoles, 3 de diciembre de 2025 **NIVEL FREÁTICO:** _____

LOCALIZACIÓN: Ejecución de los estudios y diseños para la rehabilitación de la vía que conduce de la vereda Montelargo a la vereda Limonal (del sector loma Divino Niño al sector puente La Trampa)

MUNICIPIO: Anolaima - Cundinamarca

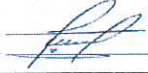
APIQUE No. 2 **ABSCISA:** _____

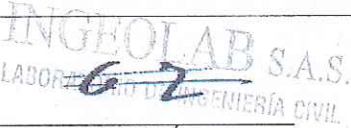
PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Profundidad (m)	NF	DESCRIPCIÓN	u.s.c.s	
0,00		Relleno con material granular		
0,10		Limo arcilloso color negro	MH	
0,30		Limo arcillosos color café	MH	
0,80		Arcilla lutita con gravas de color grisáceo, con algunas piedras	CH	
1,50				

Fin del sondeo

NOTA: Sin Escala






 ELABORÓ


 APROBÓ

INGEOLAB	PERFIL DE SUELOS	Código:	M-I- 0001
		versión:	1
		Fecha:	5/10/2022
		Página:	1 de 1
LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL			

FECHA: miércoles, 3 de diciembre de 2025 NIVEL FREÁTICO: _____
 LOCALIZACIÓN: Ejecución de los estudios y diseños para la rehabilitación de la vía que conduce de la vereda Montelargo a la vereda Limonal (del sector loma Divino Niño al sector puente La Trampa)
 MUNICIPIO: Anolaima - Cundinamarca
 APIQUE No. 3 ABSCISA: _____

PERFIL ESTRATIGRÁFICO


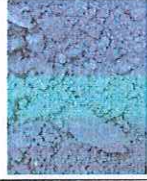




Profundidad (m)	NF	DESCRIPCIÓN	u.s.c.s
0,00		Relleno con material granular	
0,15			
0,15		Limo arcilloso color negro	MH 
0,20			
0,20		Limo arcillosos color café	MH 
0,60			
0,60		Arcilla lutita con gravas de color grisáceo, con algunas piedras	CH 
1,50			
Fin del sondeo			

NOTA: Sin Escala


 ELABORÓ

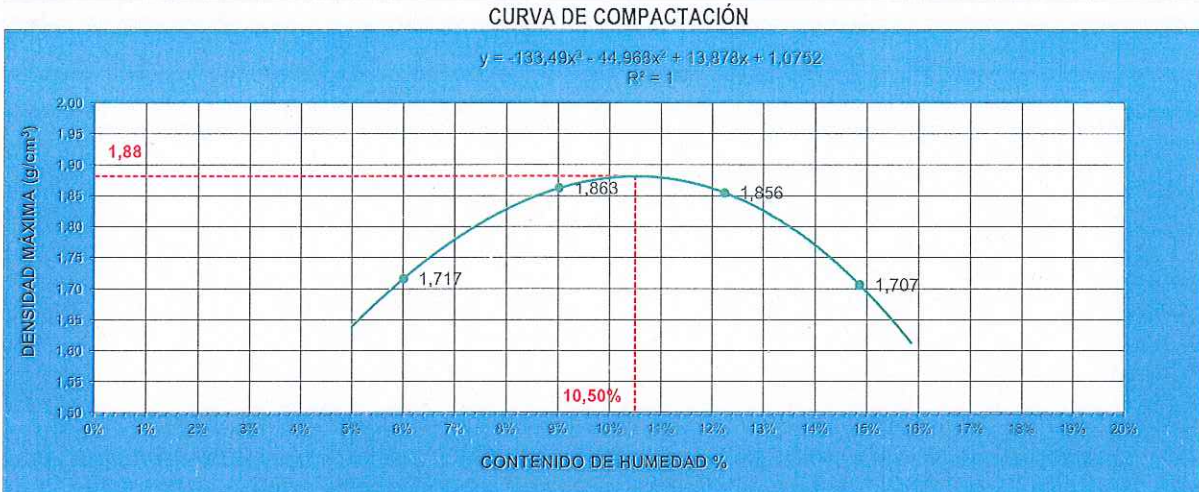
INGEOLAB S.A.S.
 LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL

 APROBÓ

INGEOLAB	PERFIL DE SUELOS		Código:	M-I- 0001
			versión:	1
LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL			Fecha:	5/10/2022
			Página:	1 de 1
FECHA:	miércoles, 3 de diciembre de 2025		NIVEL FREÁTICO:	
LOCALIZACIÓN:	Ejecución de los estudios y diseños para la rehabilitación de la vía que conduce de la vereda Montelargo a la vereda Limonal (del sector loma Divino Niño al sector puente La Trampa)			
MUNICIPIO:	Anolaima - Cundinamarca			
APIQUE No.	4	ABSCISA:		
PERFIL ESTRATIGRÁFICO				
Profundidad (m)	NF	DESCRIPCIÓN	U.S.C.S	
0,00		Relleno con material granular		
0,20		Limo arcilloso color negro	MH	
0,40		Limo arcillosos color café	MH	
0,80		Arcilla lutita con gravas de color grisáceo, con algunas piedras	CH	
1,50		Fin del sondeo		
NOTA: Sin Escala				
 ELABORÓ		 APROBÓ		

MUNICIPIO: Anolaima - Cundinamarca MUESTRA No. 1
LOCALIZACIÓN: Ejecución de los estudios y diseños para la rehabilitación de la vía que conduce de la vereda Montelargo a la vereda Limonal (del sector loma Divino Niño al sector puente La Trampa)
MATERIAL: Material existente en la subrasante
FECHA DE TOMA: miércoles, 3 de diciembre de 2025 FECHA ENSAYO 4/12/2025

TIPO DE ENSAYO	DENSIDAD SECA			
Nº Ensayo	1	2	3	4
No. de Golpes	56	56	56	56
Molde No.	1	1	1	1
No. de Capas	5	5	5	5
Peso muestra húmeda + molde, g	10560,0	11010,0	11120,0	10860,0
Peso molde, g	6680,0	6680,0	6680,0	6680,0
Peso muestra húmeda, g	3880,0	4330,0	4440,0	4180,0
Volumen molde, cm ³	2132,0	2132,0	2132,0	2132,0
Densidad muestra húmeda, g/cm ³	1,820	2,031	2,083	1,961
Densidad muestra seca, g/cm ³	1,717	1,863	1,856	1,707
	HUMEDAD			
Recipiente No.	1	3	4	6
Peso muestra húmeda + recipiente, g	427,3	245,3	273,2	292,3
Peso muestra seca + recipiente, g	405,4	228,2	248,4	254,5
Peso recipiente, g	40,2	38,5	45,7	0,0
Contenido de humedad (%)	6,0%	9,0%	12,2%	14,9%



Nota: Los resultados obtenidos corresponden únicamente a las muestras sometidas al ensayo.

DENSIDAD MÁXIMA 1,882 g/cm³
HUMEDAD ÓPTIMA 10,5%

OBSERVACIONES: _____

MANUEL MANRIQUE
LABORATORIO

INGEOLAB S.A.S.
LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL
ANDRÉS COLMENARES
INGENIERO

FECHA: miércoles, 3 de diciembre de 2025

LOCALIZACIÓN: Ejecución de los estudios y diseños para la rehabilitación de la vía que conduce de la vereda Montelargo a la vereda Limonal (del sector loma Divino Niño al sector puente La Trampa)

MUNICIPIO: Anolaima - Cundinamarca

DESCRIPCIÓN: Material existente en la subrasante

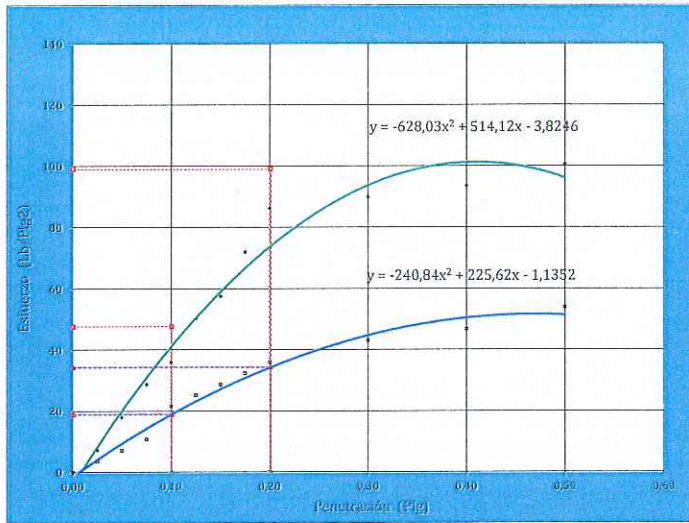
APIQUE: 1 MUESTRA 1

(C.B.R INALTERADO)

I.N.V. E-148

Nº DE MOLDE	CAPA ENSAYADA	VOL. cm ³	PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE g	PESO DEL MOLDE g.	CONTENIDO DE HUMEDAD %	HORAS DE INMERSIÓN	EXPANSIÓN %	HUMEDAD DE PENETRA. (%)	PESO UNITARIO SECO (g/cm3)	CBR CORREG 2,54 mm.	CBR CORREG. 5,08 mm.
16	NATURAL	2134	6553,0	3265	12,5	96	2,3	12,5	1,370	4,76	6,60
16	SUMERGIDO	2134	6565,0	3273	16,3			16,3	1,326	1,90	2,29

ESTADO DEL SUELO	PENETRACION (mm.) / ESFUERZO (lb./pg ²)											
		0,63	1,27	1,90	2,540	3,17	3,81	4,45	5,08	7,62	10,16	12,70
NATURAL	Lectura Kg	10,2	25,5	40,8	51,0	71,4	81,6	102,0	122,4	127,5	132,6	142,8
	Esfuerzo	7,2	18,0	28,7	35,9	50,3	57,5	71,9	86,2	89,8	93,4	100,6
SUMERGIDO	Lectura Kg	5,10	10,20	15,30	30,59	35,69	40,79	45,89	50,99	61,18	66,28	76,48
	Esfuerzo	3,59	7,19	10,78	21,56	25,16	28,75	32,3	35,94	43,12	46,72	53,90



ESTADO DEL SUELO	NATURAL		SUMERGIDO		
	Penetración mm	Lectura Carga (kg)	Esfuerzo lb/pg ²	Lectura Carga (kg)	Esfuerzo lb/pg ²
0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00
0,630	0,025	10,2	7,2	5,1	3,6
1,270	0,050	25,5	18,0	10,2	7,2
1,900	0,075	40,8	28,7	15,3	10,8
2,540	0,100	51,0	35,9	30,6	21,6
3,170	0,125	71,4	50,3	35,7	25,2
3,810	0,150	81,6	57,5	40,8	28,7
4,450	0,175	102,0	71,9	45,9	32,3
5,080	0,200	122,4	86,2	51,0	35,9
7,620	0,300	127,5	89,8	61,2	43,1
10,160	0,400	132,6	93,4	66,3	46,7
12,700	0,500	142,8	100,6	76,5	53,9
C.B.R. Corregido 0.1"			4,76		1,90
C.B.R. Corregido 0.2"			6,60		2,29

CBR NATURAL : 4,76 %

CBR SUMERGIDO : 1,90 %

OBSERVACIONES: Ensayo realizado al material existente en la subrasante

LABORATORIO

INGEOLAB S.A.S.
LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL

INGENIERO

FECHA: miércoles, 3 de diciembre de 2025

LOCALIZACIÓN: Ejecución de los estudios y diseños para la rehabilitación de la vía que conduce de la vereda Montelargo a la vereda Limonal (del sector loma Divino Niño al sector puente La Trampa)

MUNICIPIO: Anolaima - Cundinamarca

DESCRIPCIÓN: Material existente en la subrasante

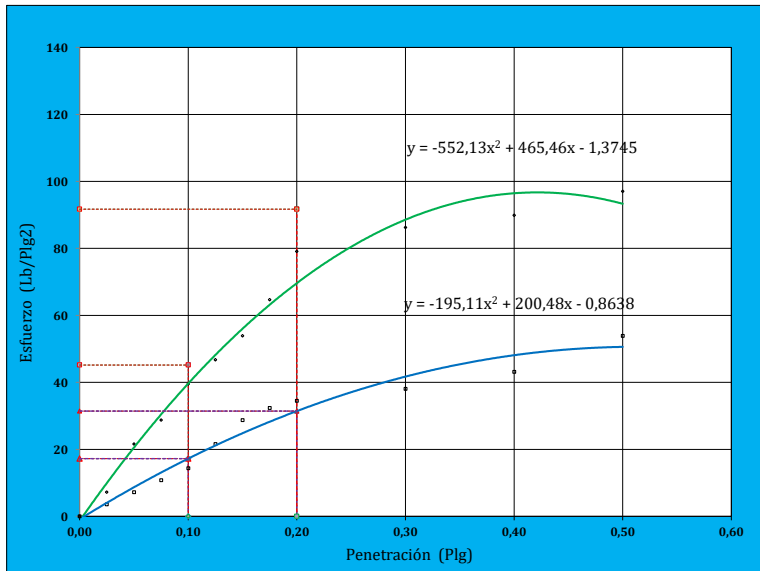
APIQUE: 2 **MUESTRA** 1

(C.B.R INALTERADO)

I.N.V. E-148

Nº DE MOLDE	CAPA ENSAYADA	VOL. cm ³	PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE g	PESO DEL MOLDE g.	CONTENIDO DE HUMEDAD %	HORAS DE INMERSIÓN	EXPANSIÓN %	HUMEDAD DE PENETRA. (%)	PESO UNITARIO SECO (g/cm ³)	CBR CORREG 2,54 mm.	CBR CORREG. 5,08 mm.
16	NATURAL	2134	6553,0	3265	11,3	96	2,5	11,3	1,384	4,52	6,11
16	SUMERGIDO	2134	6565,0	3273	15,8			15,8	1,332	1,72	2,10

ESTADO DEL SUELO	PENETRACIÓN (mm.) / ESFUERZO (lb./pg ²)											
		0,63	1,27	1,90	2,540	3,17	3,81	4,45	5,08	7,62	10,16	12,70
NATURAL	Lectura Kg	10,2	30,6	40,8	56,1	66,3	76,5	91,8	112,2	122,4	127,5	137,7
	Esfuerzo	7,2	21,6	28,7	39,5	46,7	53,9	64,7	79,1	86,2	89,8	97,0
SUMERGIDO	Lectura Kg	5,10	10,20	15,30	20,39	30,59	40,79	45,89	48,95	54,04	61,18	76,48
	Esfuerzo	3,59	7,19	10,78	14,37	21,56	28,75	32,3	34,50	38,09	43,12	53,90

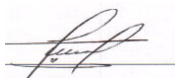



ESTADO DEL SUELO	NATURAL		SUMERGIDO			
	Penetración mm	Plg	Lectura Carga (kg)	Esfuerzo lb/pg ²	Lectura Carga (kg)	Esfuerzo lb/pg ²
0,000	0,000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,630	0,025	10,2	7,2	5,1	3,6	
1,270	0,050	30,6	21,6	10,2	7,2	
1,900	0,075	40,8	28,7	15,3	10,8	
2,540	0,100	56,1	39,5	20,4	14,4	
3,170	0,125	66,3	46,7	30,6	21,6	
3,810	0,150	76,5	53,9	40,8	28,7	
4,450	0,175	91,8	64,7	45,9	32,3	
5,080	0,200	112,2	79,1	48,9	34,5	
7,620	0,300	122,4	86,2	54,0	38,1	
10,160	0,400	127,5	89,8	61,2	43,1	
12,700	0,500	137,7	97,0	76,5	53,9	
C.B.R. Corregido 0.1"			4,52		1,72	
C.B.R. Corregido 0.2"			6,11		2,10	

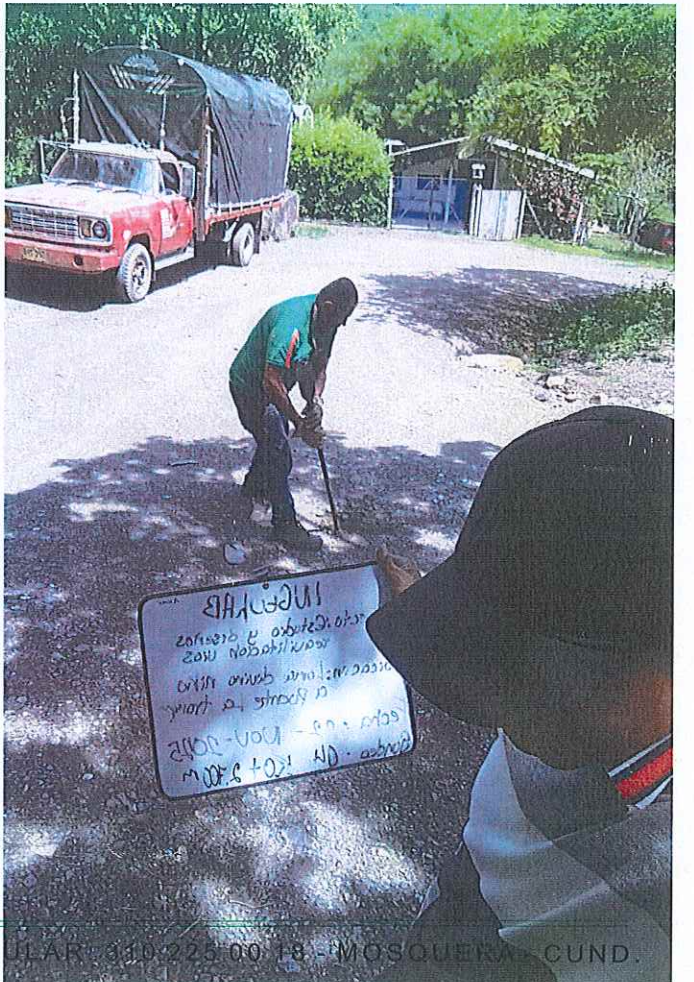
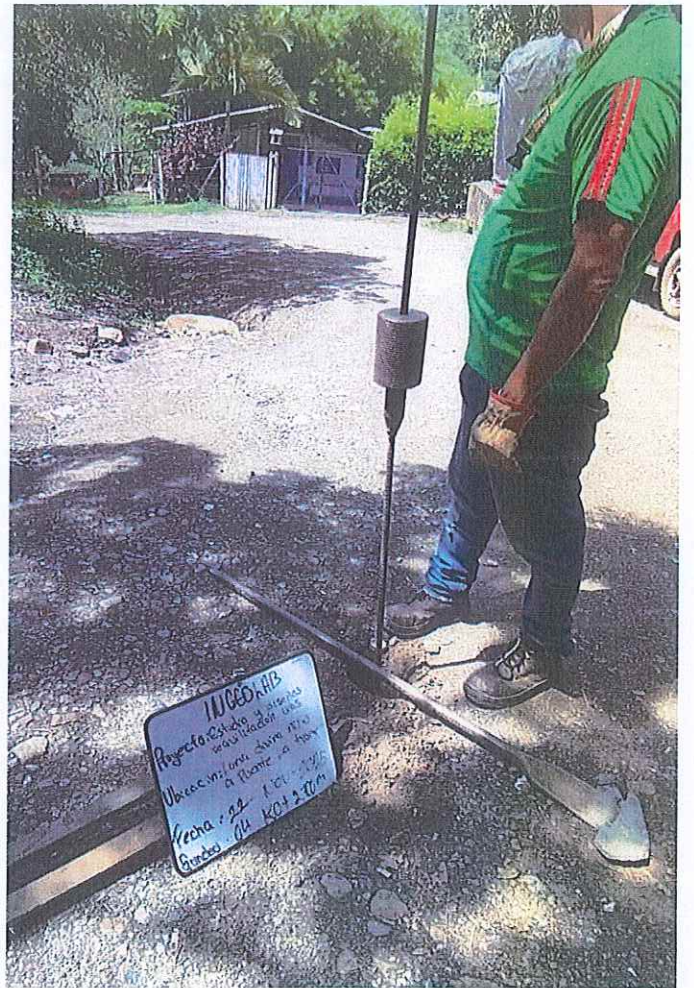
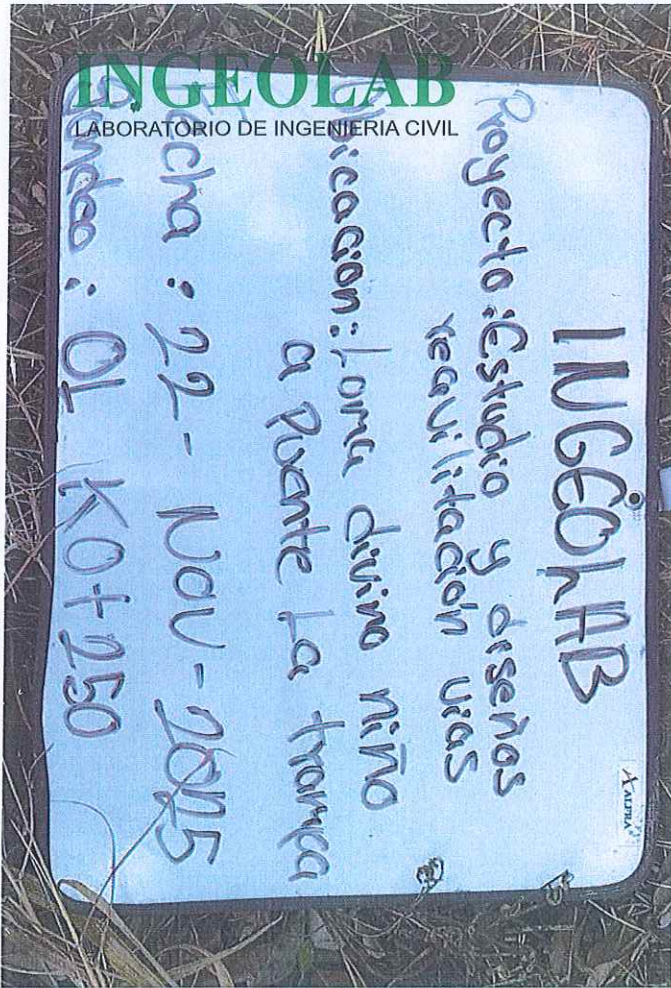
CBR NATURAL : 4,52 %

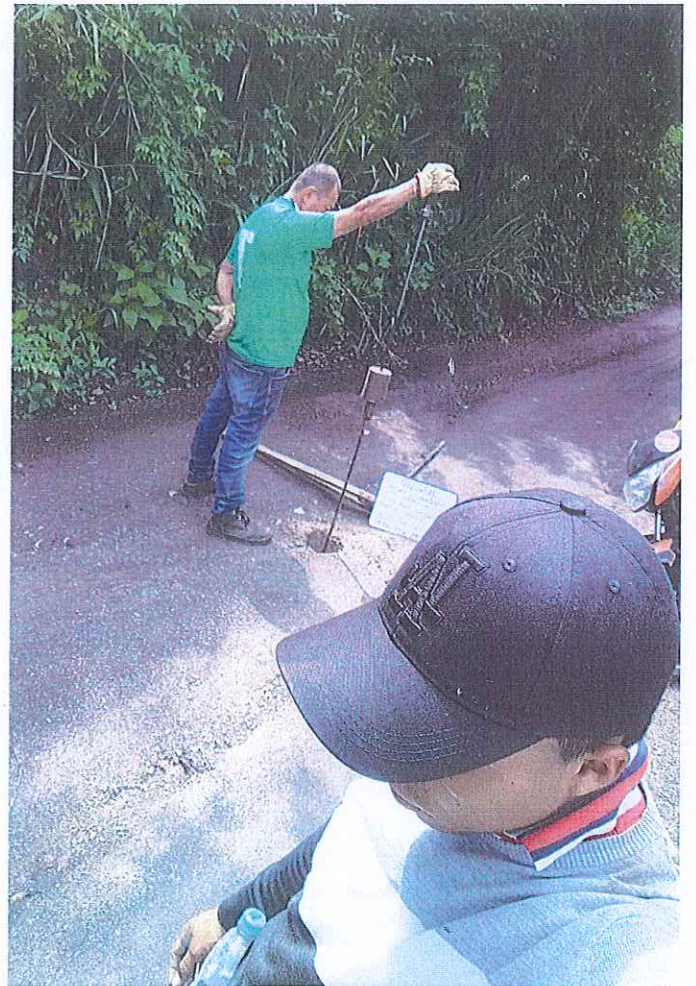
CBR SUMERGIDO : 1,72 %

OBSERVACIONES: Ensayo realizado al material existente en la subrasante


LABORATORIO


INGENIERO





INGEOLAB

LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

