ESTUDIO DE SUELOS



ESTUDIO SUELOS Y GEOTÉCNICO

PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"

CONTIENE: ESTUDIO DE SUELOS Y GEOTÉCNICO

PRESENTADO A: MUNICIPIO DE SARAVENA

PRESENTADO POR: JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT

ING. CIVIL ESP. GEOTECNIA AMBIENTAL

SARAVENA, ARAUCA
JULIO DE 2026

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN **7**

1. PROYECTO **9**
1.1 PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO 9
1.2 OBJETIVOS 9
1.2.1 Objetivo general. 9
1.2.2 Objetivos específicos. 9
1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 10
1.4 DESCRIPCIÓN SISTEMA ESTRUCTURAL Y EVALUACIÓN DE CARGAS 12

2. CARACTERÍSTICAS ÁREA DEL PROYECTO **15**
2.1 ASPECTOS FÍSICOS 15
2.1.1 Geomorfología. *15*
2.1.2 Fisiografía. *16*
2.1.3 Estratigrafía. *16*
2.2 RECONOCIMIENTO DE CAMPO 18
2.3 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES 19
2.3.1 Clima. *19*
2.3.2 Vegetación. *19*
2.3.3 Hidrografía. *19*

3. INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO **21**
3.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO 21
3.2 ENSAYOS EN CAMPO 22
3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO 22

4. CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO **24**
4.1 ESTRATIGRAFÍAS 24
4.2 PROPIEDADES MECÁNICAS 25
4.2.1 Ensayo normal de penetración, SPT *25*
4.3 POTENCIAL DE EXPANSIÓN 28
4.4 NIVEL FREÁTICO 28
4.5 CLASIFICACIÓN DEL SUELO GUÍA DE TRABAJO SEGURO EN EXCAVACIONES 29

5. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS **31**
5.1 ESTIMATIVOS DE PARÁMETROS EFECTIVOS DE RESISTENCIA CON EL SPT 31
5.2 PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO 32
5.3 COMPRESIBILIDAD 33
5.4 MÓDULO DE ELASTICIDAD 34
5.5 PRESIONES DE TIERRA 35
5.5.1 Presión de tierra en reposo *35*
5.5.2 Presiones activas *36*
5.5.3 Presiones pasivas *36*
5.5.4 Parámetros para obras de retención *37*

6. ASPECTOS SÍSMICOS Y CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LOS SUELOS **38**

6.1 PERFIL DE LOS SUELOS 38
6.2 CLASIFICACIÓN ZONA DE AMENAZA SÍSMICA 38
6.3 DETERMINACIÓN PARÁMETROS SÍSMICOS 40
6.4 ANÁLISIS DE LICUACIÓN DE LOS SUELOS 40

7. CAPACIDAD PORTANTE 42
7.1 GENERALIDADES 42
7.2 NIVEL Y SISTEMA DE CIMENTACIÓN 42
7.3 CIMENTACIÓN SUPERFICIAL 43
7.4 CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE 43

8. ANÁLISIS GEOTÉCNICO PARA LA CIMENTACIÓN DE TUBERÍAS 45
8.1 CLASIFICACIÓN DE LAS EXCAVACIONES 45
8.2 GEOMETRÍA Y ANCHO MÍNIMO DE ZANJAS 45
8.3 ANÁLISIS DE CARGAS Y INTERACCIÓN TUBO-SUELO 45
8.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES 46

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 50
9.1 CONCLUSIONES 50
9.2 RECOMENDACIONES 50

10. REFERENCIAS 54

ANEXOS 55
ANEXO A-1 REGISTRO FOTOGRÁFICO 56
ANEXO A-2 PERFILES DE SUELOS 61
ANEXO A-3 ENSAYOS DE LABORATORIO 66
ANEXO A-4 DOCUMENTACIÓN GEOTECNISTA 105

LISTA DE TABLAS

TABLA 1- LOCALIZACIÓN Y PROFUNDIDAD DE LOS SONDEOS 22
TABLA 2- CANTIDAD TOTAL DE ENSAYOS EJECUTADOS EN CAMPO Y LABORATORIO 23
TABLA 3- RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO 24
TABLA 4- CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN SEGÚN EL NÚMERO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (N_{SPT}) 27
TABLA 5- NÚMERO DE GOLPES/PIE N_{CAMPO} 27
TABLA 6- NÚMERO DE GOLPES/PIE PROMEDIO N_{60} 27
TABLA 7- CLASIFICACIÓN DE SUELO EXPANSIVOS SEGÚN NSR-10 28
TABLA 8- CLASIFICACIÓN POTENCIAL DE EXPANSIÓN DE LOS SUELOS 28
TABLA 9- TIPOS DE SUELOS 30
TABLA 10- CÁLCULO DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO 32
TABLA 11- RESUMEN DE PARÁMETROS DE RESISTENCIA OBTENIDOS CON SPT 32
TABLA 12- PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DRENADO 33
TABLA 13- CORRELACIONES EMPÍRICAS PARA ESTIMAR EL MÓDULO DE YOUNG ES EN DIFERENTES TIPOS DE SUELO A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT. 34
TABLA 14- MÓDULO DE YOUNG ESTIMADO PARA LOS SUELOS ENCONTRADOS 34
TABLA 15- VALORES TÍPICOS DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD (E) 34
TABLA 16- COEFICIENTES DE EMPUJE PARA EL PERFIL DE DISEÑO 37
TABLA 17- PROMEDIO DE SPT A LO LARGO DE LAS EXPLORACIONES. 38
TABLA 18- CRITERIOS PARA CLASIFICAR SUELOS DENTRO DE LOS PERFILES DE SUELO TIPOS C, D O E 38
TABLA 19- PARÁMETROS SÍSMICOS 40
TABLA 20- CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE 44
TABLA 21- ANCHO MÍNIMO RECOMENDADO PARA ZANJAS DE ALCANTARILLADO 45
TABLA 22- RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD (FS) OBTENIDOS EN SLIDE 6.0 49

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. UBICACIÓN GENERAL DE SARAVENA EN COLOMBIA 10
FIGURA 2. UBICACIÓN GENERAL DEL PROYECTO 11
FIGURA 3. UBICACIÓN ESPECÍFICA DEL PROYECTO (REDES A CONSTRUIR EN ROJO) 12
FIGURA 4. EVALUACIÓN DE CARGAS RED DE ACUEDUCTO 13
FIGURA 5. EVALUACIÓN DE CARGAS RED DE ALCANTARILLADO 14
FIGURA 6. MAPA DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS 15
FIGURA 7. MAPA GEOLÓGICO PLANCHA 123 - SARAVENA 17
FIGURA 8. MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO 18
FIGURA 9. UBICACIÓN SONDEOS SECTOR DEL PROYECTO 21
FIGURA 10. MAPA DE AMENAZA SÍSMICA DE COLOMBIA 39
FIGURA 11. ANÁLISIS ESTÁTICO – POZO DE INSPECCIÓN (TALUD 0.50H:1V-CUMPLE) 46
FIGURA 12. ANÁLISIS DE CASO FALLIDO - ZANJA INESTABLE (TALUD 0.50H:1V - NO CUMPLE) .. 47
FIGURA 13. ANÁLISIS ESTÁTICO – ZANJA PARA COLECTORES (TALUD 0.70H:1V-CUMPLE) 48
FIGURA 14. ANÁLISIS PSEUDOESTÁTICO (SISMO) - ZANJA COLECTORES (TALUD 0.70H:1V) 48
FIGURA 15. ESQUEMA DE CIMENTACIÓN TÍPICA DE ZANJA PARA COLECTOR DE ALCANTARILLADO 51
FIGURA 16. DETALLE DE CIMENTACIÓN PARA ZANJA DE RED DE ACUEDUCTO 52
FIGURA 17. DETALLE DE CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA DE POZO DE INSPECCIÓN EN CONCRETO .. 53

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1. CURVAS DE NÚMERO DE GOLPES, N, EN EL ENSAYO SPT, CONTRA PROFUNDIDAD 26
GRÁFICO 2. HUMEDAD NATURAL CONTRA PROFUNDIDAD 29

INTRODUCCIÓN

El presente documento técnico constituye el Informe Geotécnico y de Estudio de Suelos elaborado para el proyecto cuyo objeto contractual es: "CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA". El diseño estructural y la ejecución de sistemas de conducción enterrados exigen una caracterización del medio geomecánico que albergará la infraestructura. Por consiguiente, el propósito fundamental de esta investigación es definir con precisión el perfil estratigráfico del subsuelo a nivel de la cota de instalación de las tuberías, cuantificar los parámetros de resistencia y deformabilidad del terreno, y establecer los lineamientos geotécnicos de obligatorio cumplimiento para garantizar la integridad, funcionalidad y durabilidad del sistema proyectado.

A diferencia de las cimentaciones puntuales concebidas para edificaciones, las obras de infraestructura lineal enterrada presentan desafíos críticos de interacción dinámica entre el suelo y la estructura a lo largo de su trazado. Las zanjas excavadas conforman un sistema compuesto donde el material circundante asume un papel activo en la disipación de esfuerzos. La tubería instalada debe soportar las cargas muertas derivadas del peso del prisma de suelo superior, así como las cargas vivas transitorias transmitidas por el tráfico vehicular operativo en las vías urbanas de Saravena, transfiriendo dichas solicitaciones de manera eficiente al estrato de fundación.

La fase constructiva en entornos urbanos conlleva riesgos inherentes asociados a la apertura de zanjas. Este proceso altera drásticamente el estado inicial de esfuerzos in situ del terreno, generando descompresión lateral y propiciando posibles fallas por corte en las paredes de la excavación. Este riesgo geomecánico se magnifica ante la presencia de solicitaciones dinámicas en superficie por maquinaria pesada y probables infiltraciones de agua. En respuesta, este informe suministra los parámetros efectivos de resistencia al corte necesarios para que el constructor dimensione de manera segura estructuras de contención temporal (entibados continuos o discontinuos) y formule protocolos para el manejo de escorrentías, previniendo fenómenos de pérdida de finos que comprometan la seguridad industrial y la estabilidad de pavimentos o cimentaciones aledañas.

Esta investigación se ha estructurado en estricto apego a los lineamientos técnicos vigentes en Colombia. Los criterios de exploración y cálculo se enmarcan en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y en los preceptos de rigor del Título H del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

Para construir un modelo del subsuelo altamente confiable, se ejecutó una campaña de exploración directa consistente en cuatro (04) sondeos mecánicos distribuidos estratégicamente en el área urbana de intervención. Estas perforaciones se adelantaron mediante el método de percusión con equipo manual, acoplados a la prueba dinámica del Ensayo de Penetración Estándar (SPT). Cada exploración alcanzó una profundidad de 4.00 metros medidos desde la rasante actual, consolidando un total de 16.00 metros lineales de investigación. Durante la perforación se documentó la resistencia del terreno para correlacionarla con la compacidad de los mantos, extrayendo un total de doce (12) muestras representativas (tres por sondeo) para asegurar una cobertura litológica completa del bulbo de presiones.

El material recuperado en campo fue debidamente embalado y remitido al laboratorio para ser sometido a un riguroso programa de ensayos. Este escrutinio incluyó análisis granulométricos por tamizado, determinación de límites de Atterberg, humedad natural, pesos unitarios y ensayos de corte directo destinados a obtener los parámetros intrínsecos de resistencia efectiva (cohesión y ángulo de fricción interna). Los resultados permitieron clasificar los geomateriales bajo el Sistema Unificado (USCS) como depósitos aluviales característicos del piedemonte, compuestos primordialmente por gravas limosas con arena (GM) y arenas limosas (SM); materiales de naturaleza granular que ostentan un comportamiento mecánico favorable bajo un confinamiento adecuado.

Finalmente, adoptando los valores de resistencia más críticos derivados de la caracterización (bajo un enfoque conservador de diseño), este documento compendia las memorias de cálculo para la capacidad de soporte, la estimación teórica de asentamientos elásticos y provee las especificaciones exactas para el tratamiento de la subrasante, selección de materiales de atraque, grados de compactación exigidos y metodologías constructivas que materializarán con éxito técnico la nueva red de alcantarillado.

1. PROYECTO

1.1 PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

El presente informe técnico documenta la caracterización física y geomecánica del subsuelo a lo largo del trazado proyectado para la red de acueducto y alcantarillado, con el propósito fundamental de definir los parámetros del terreno de fundación.

Este documento consolida los resultados de las investigaciones geotécnicas de campo y laboratorio, los análisis analíticos de la capacidad portante admisible a la cota de zanja, la estimación de deformaciones y asentamientos elásticos, y las directrices técnicas definitivas para la cimentación segura de la nueva infraestructura de acueducto y alcantarillado sanitario.

En el desarrollo del estudio se detalla la estratigrafía y la tipificación de los geomateriales a partir de sus propiedades índice y de resistencia al esfuerzo cortante. Asimismo, se evalúan las condiciones del entorno geológico y se incorporan las variables de amenaza sísmica local conforme a los preceptos del Reglamento NSR-10, analizando su posible incidencia en el comportamiento del sistema enterrado.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general.

Realizar el estudio geotécnico del proyecto "CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA", determinando la capacidad portante admisible a nivel de zanja y los parámetros de diseño requeridos para la estabilidad de excavaciones, en cumplimiento de la Resolución 0330 de 2017 y el Título H de la NSR-10.

1.2.2 Objetivos específicos.

- Ejecutar sondeos mecánicos a percusión con Ensayo de Penetración Estándar (SPT) hasta profundidad adecuada, para definir el perfil estratigráfico y la posición del nivel freático en el área de intervención.
- Determinar las propiedades índices y de estado de las muestras recuperadas mediante ensayos de laboratorio de granulometría, límites de Atterberg,

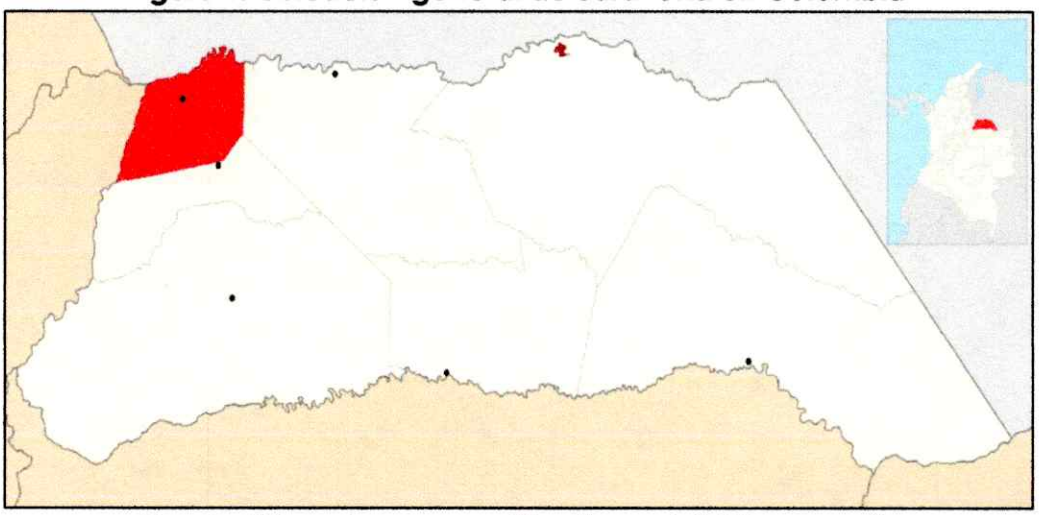
humedad natural y pesos unitarios, para clasificar los geomateriales bajo el sistema USCS.

- Obtener los parámetros efectivos de resistencia al esfuerzo cortante (cohesión y ángulo de fricción interna) mediante ensayos de corte directo, para modelar el comportamiento geomecánico de los estratos de apoyo.
- Calcular la capacidad portante admisible a la cota de zanja y estimar la magnitud de los asentamientos elásticos, garantizando la estabilidad del lecho y la conservación de la pendiente hidráulica exigida por el RAS.
- Clasificar el perfil de suelo para establecer los coeficientes de sitio y la amenaza sísmica local del proyecto, en estricto cumplimiento de los requerimientos del Título A y H de la NSR-10.
- Establecer los parámetros geotécnicos para el diseño seguro de entibados en zanjas, y formular las directrices constructivas para el manejo de aguas, conformación de subrasantes y compactación del material de atraque.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto se localiza en el casco urbano del municipio de Saravena, departamento de Arauca. De manera puntual, y de acuerdo con el levantamiento topográfico y los planos de diseño del trazado, los corredores viales objeto de intervención se concentran en el barrio libertadores desde la Carrera 16 hasta la Carrera 19A entre las Calles 30 y 30ª.

***Figura 1.* Ubicación general de Saravena en Colombia**



Fuente: Sitio web: www.es.wikipedia.org/wiki/ Saravena#.

En las figuras 1 y 2 se observa más detalladamente la ubicación geográfica de la unidad de estudio.

Figura 2. Ubicación general del Proyecto



Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 1/23/2024

Desde una perspectiva técnica y de infraestructura sanitaria, el alcance físico del sistema de alcantarillado proyectado abarca una longitud total de 797.92 metros lineales de red principal, conformada por conductos flexibles de policloruro de vinilo (PVC) de pared estructural corrugada con un diámetro nominal de 8 pulgadas, distribuidos en 10 tramos de recolección. Este sistema central se complementa con la instalación de de tubería PVC corrugada de 6 pulgadas de diámetro, destinados a conformar las acometidas. Asimismo, la infraestructura contempla la construcción de trece (13) nuevos pozos de inspección cilíndricos vaciados en concreto reforzado, y la integración funcional de un (1) pozo existente, los cuales operarán en conjunto como estructuras rígidas de transición, disipación de energía y mantenimiento.

La red de distribución de acueducto proyectada abarca una longitud total de 1214.82 metros lineales en tubería PVC-P de 3".

333

Figura 3. Ubicación específica del Proyecto (Redes a construir en rojo)



Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 1/23/2024

1.4 DESCRIPCIÓN SISTEMA ESTRUCTURAL Y EVALUACIÓN DE CARGAS

El proyecto "Construcción y/o optimización de acueducto y alcantarillado sanitario del barrio Libertadores del municipio de Saravena, departamento de Arauca" corresponde a una infraestructura enterrada conformada por un sistema mixto de tuberías flexibles de PVC y estructuras rígidas de concreto reforzado, destinadas a la conducción de agua potable, recolección de aguas residuales y labores de inspección y mantenimiento.

La red proyectada de acueducto está conformada principalmente por tuberías de PVC de diámetro nominal de 3 pulgadas, dispuestas bajo las vías y zonas de espacio público del barrio. Los tramos presentan longitudes variables, con conexiones, cambios de alineamiento y empalmes a la red existente.

Desde el punto de vista estructural, las tuberías de PVC funcionan como elementos flexibles enterrados. Su capacidad resistente depende de la interacción entre:

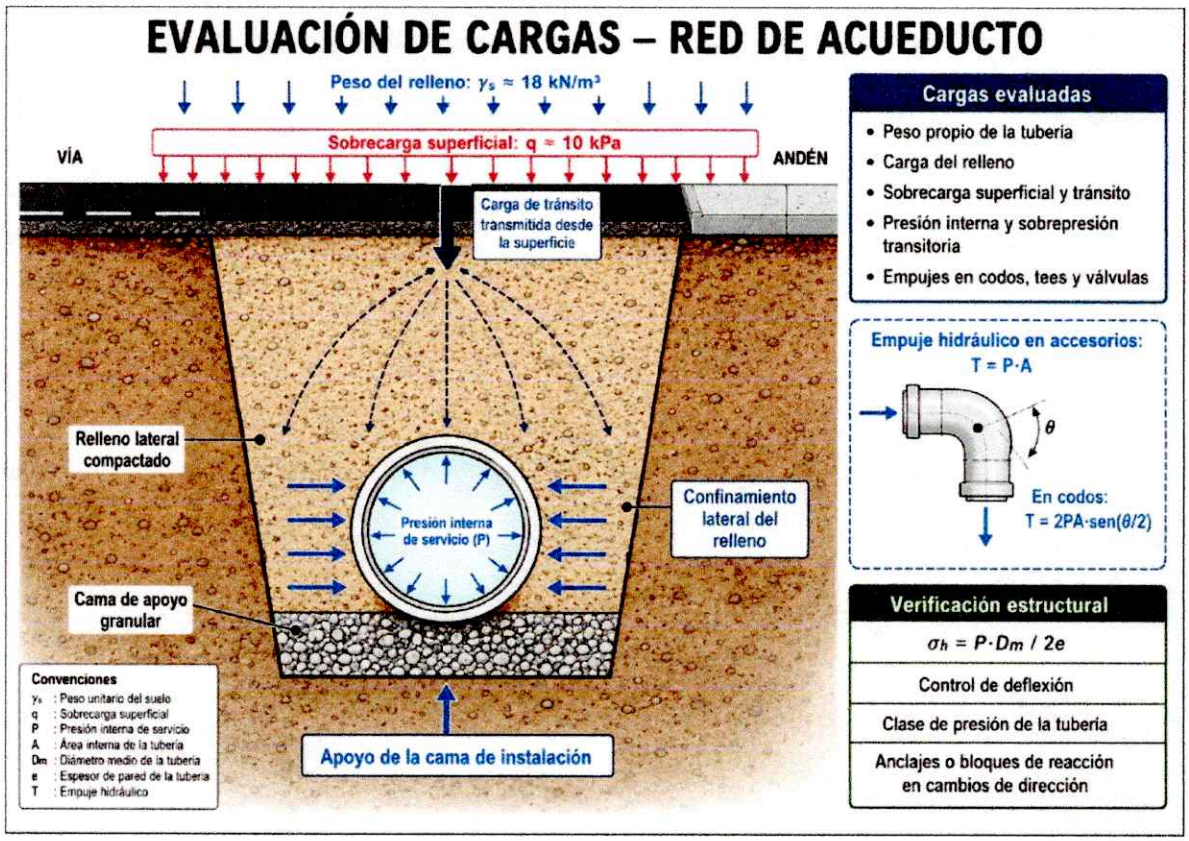
- La rigidez anular de la tubería.
- El apoyo proporcionado por la cama de instalación.

- La compactación del relleno lateral.
- La profundidad de enterramiento.
- Las cargas de tránsito transmitidas desde la superficie.
- La presión interna de operación y las sobrepresiones transitorias.

Las presiones internas producen esfuerzos circunferenciales en la pared de la tubería, mientras que las cargas externas generan deformaciones diametrales que deben ser controladas mediante una adecuada selección de la clase de presión, espesor de pared, material de cimentación y grado de compactación.

En los cambios de dirección, derivaciones, válvulas y extremos cerrados deberán verificarse los empujes hidráulicos y disponerse sistemas de anclaje, bloques de reacción o uniones restringidas, según corresponda.

Figura 4. Evaluación de cargas red de acueducto



Fuente: Elaboración propia apoyada con IA.

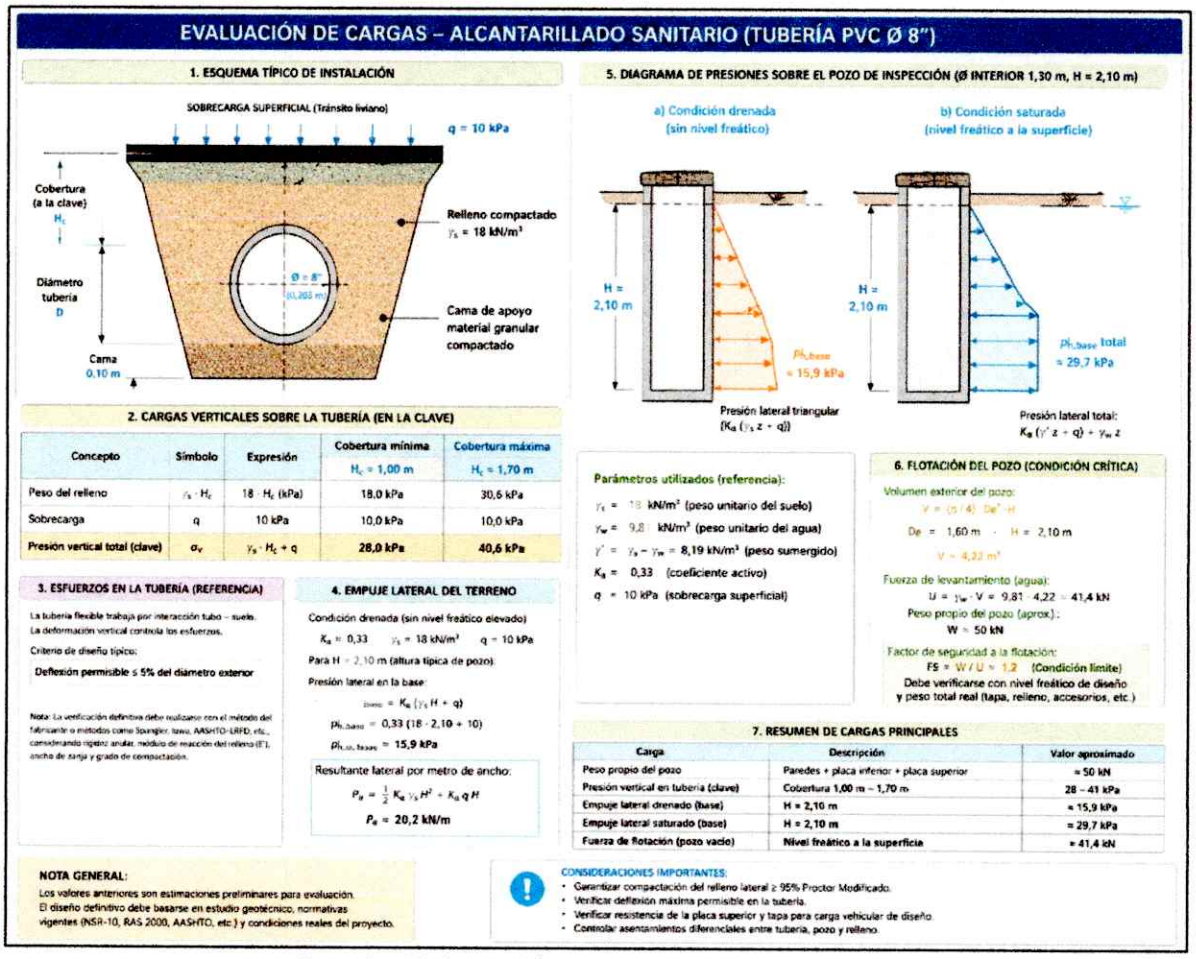
La red de alcantarillado está constituida principalmente por tuberías de PVC de 8 pulgadas de diámetro, funcionando hidráulicamente por gravedad. Los perfiles

longitudinales muestran pendientes aproximadas entre 0,55 % y 2,37 %, con tramos individuales de hasta aproximadamente 136 m.

A partir de las diferencias entre las cotas de terreno y las cotas de fondo indicadas en los planos, se identifican profundidades de instalación aproximadas entre 1,20 m y 1,90 m, medidas hasta la batea de la tubería. Para una tubería nominal de 8 pulgadas, esto representa coberturas aproximadas sobre la clave del tubo del orden de 1,00 m a 1,70 m.

Al igual que la red de acueducto, las tuberías sanitarias presentan un comportamiento flexible, por lo que la estabilidad depende de la acción conjunta tubo-suelo. La cama inferior debe proporcionar apoyo continuo, mientras que el relleno lateral confinado controla la deformación horizontal y la ovalización de la tubería.

Figura 5. Evaluación de cargas red de alcantarillado



Fuente: Elaboración propia apoyada con IA.

2. CARACTERÍSTICAS ÁREA DEL PROYECTO

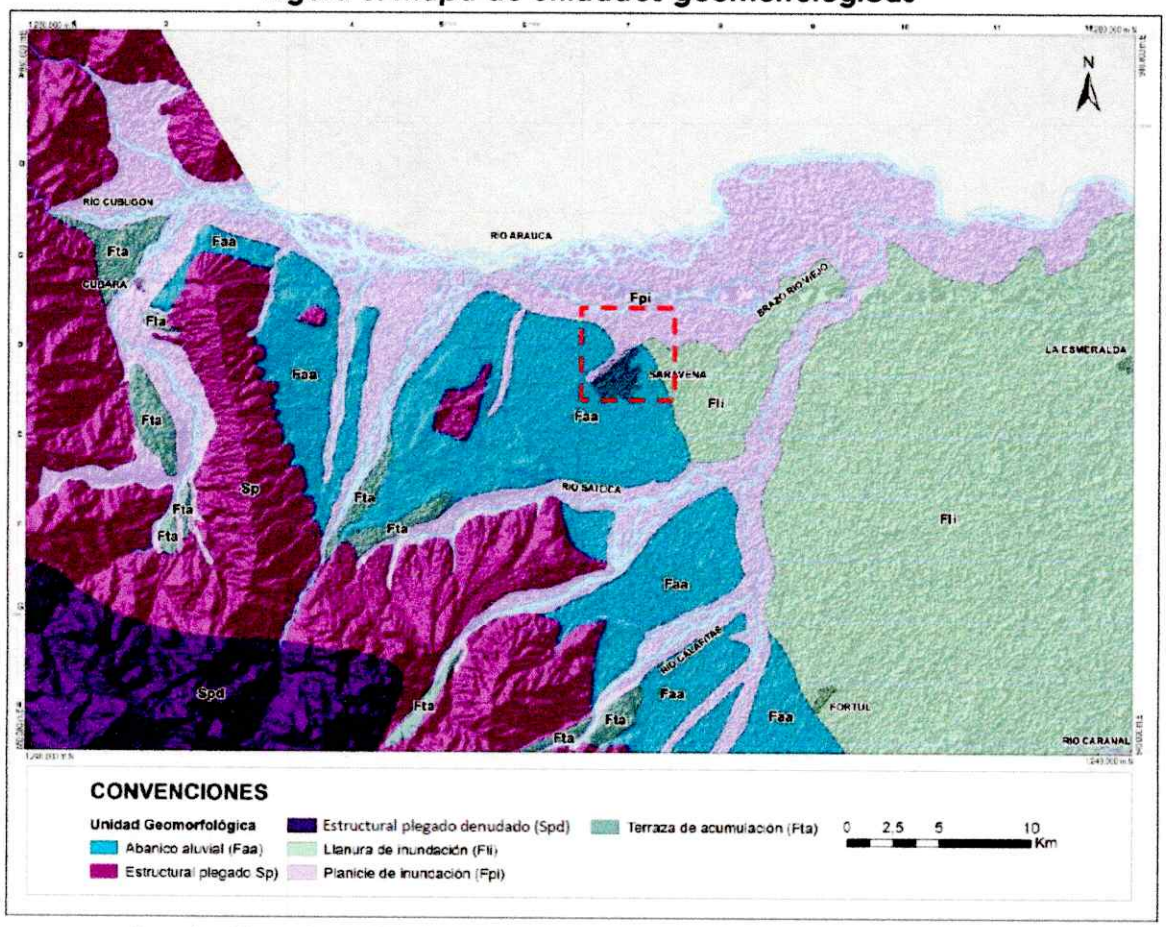
2.1 ASPECTOS FÍSICOS

El Municipio de Saravena se encuentra localizado al noroccidente del espacio geográfico de la Orinoquia Colombiana y representa uno de los paisajes más complejos en términos de su biodiversidad, de su conformación fisiográfica, de sus procesos culturales y de su dinámica de poblamiento.

2.1.1 Geomorfología.

La zona de estudio se encuentra en el cuadrante D-7 de la Plancha 123 – Saravena de la Cartografía Geológica del Servicio Geológico Colombiano.

Figura 6. Mapa de unidades geomorfológicas



Fuente: Plancha 123 – Saravena. Servicio Geológico Colombiano. 2013

Se distingue una unidad geomorfológica dentro de la zona de estudio:

Abanico aluvial (Faa): El origen de esta geoforma está ligado a la orogenia Andina durante la cual las corrientes provenientes de valles estrechos en las montañas pasaron a una zona plana donde depositaron el material que transportaban. Los abanicos tienen relieve plano con laderas levemente inclinadas en la dirección de la corriente, estas son extremadamente largas y rectas, de forma plana. Ocasionalmente son cortadas por drenajes subparalelos muy largos y de baja densidad.

2.1.2 Fisiografía.

El relieve del departamento de Arauca, está constituido por tres conjuntos morfológicos: la cordillera oriental, el piedemonte y la llanura aluvial. La Cordillera Oriental en el Occidente, representa aproximadamente la quinta parte de la superficie departamental y comprende elevaciones desde los 500 m, en límites con el piedemonte, hasta los 5380 m, en la Sierra Nevada del Cocuy; se caracteriza por las altas montañas, páramos cubiertos por pajonales y frailejones, pendientes abruptas, fuertemente disectadas y vertientes bajas con bosques subandinos.

La formación orográfica más destacada es la Sierra Nevada del Cocuy, la cual tiene entre sus accidentes más notables los cerros de la Plaza, La Piedra, El Diamante, Los Altos, Nievecitas y Los osos y las cuchillas Altamira y el Salitre.

El área del piedemonte está conformada por conos, abanicos aluviales y terrazas de relieve plano a inclinado, cubierta de vegetación de sabana y bosque ecuatorial; por último, la llanura aluvial que se extiende desde el piedemonte hasta los límites con Venezuela; el modelado es de terrazas y llanuras aluviales de desborde cubierta por vegetación de sabana inundable y por bosque de galería en las vegas de los ríos y caños del Sarare.

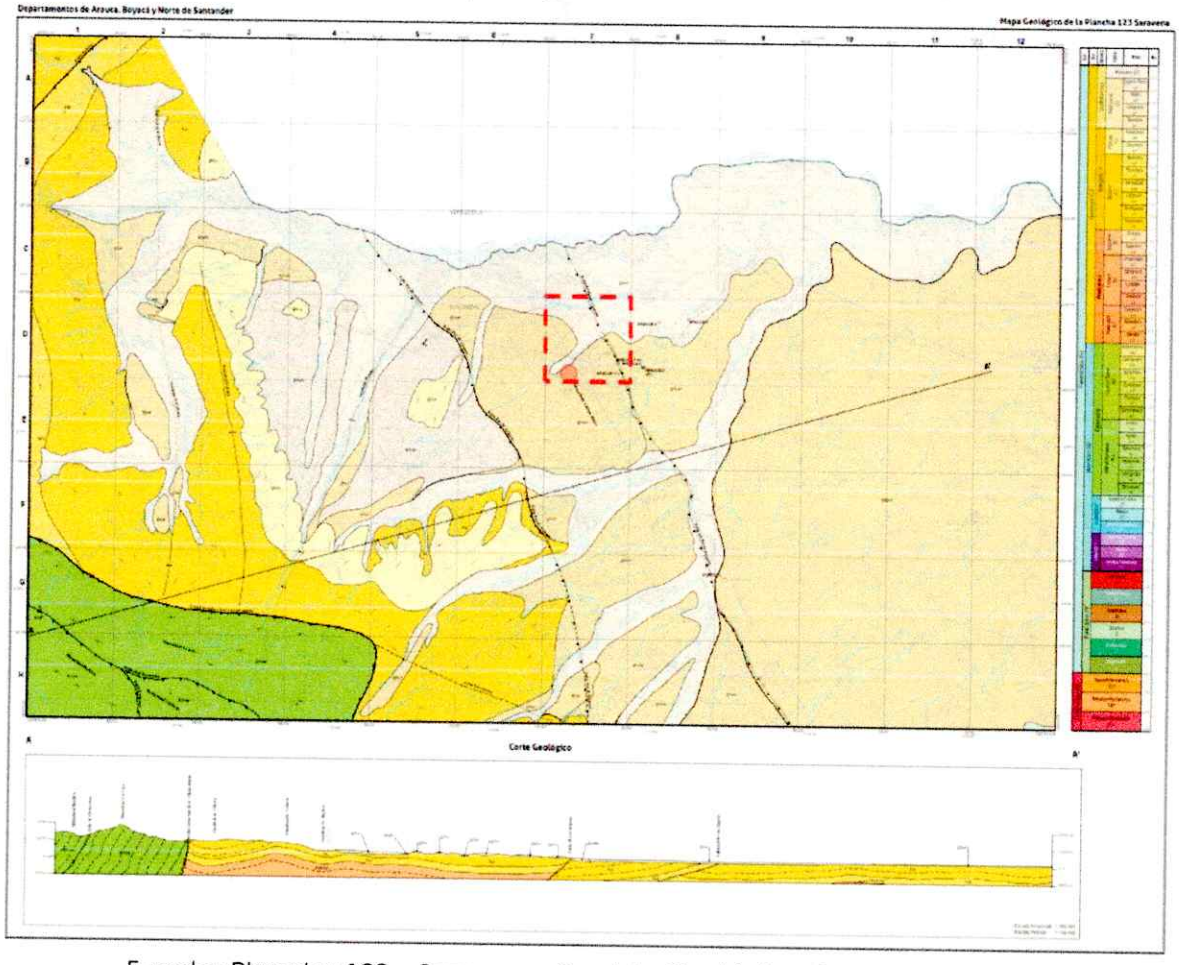
2.1.3 Estratigrafía.

En el cuadrante D-7 (zona de estudio) afloran depósitos cuaternarios con morfología completamente planas, donde se distinguen los depósitos de abanicos aluviales inferiores (Q_1abi).

Depósitos de abanicos aluviales inferiores (Q_1abi): La parte proximal de los abanicos aluviales inferiores presentan gravas de tamaño variable desde gránulo hasta cantos rodados, con predominio de tamaño guija a canto; con pendientes moderadas en los taludes hacia los caños y ríos, debido a la incisión por la erosión, en ocasiones con bloques en superficie hasta de 1 m de diámetro, de areniscas

cuarzosas, lodolitas y arcillolitas. La parte distal del abanico presenta disminución en el tamaño de los clastos, con aumento del contenido de arena y limo y esporádicas gravas tamaño guija.

Figura 7. Mapa geológico Plancha 123 - Saravena



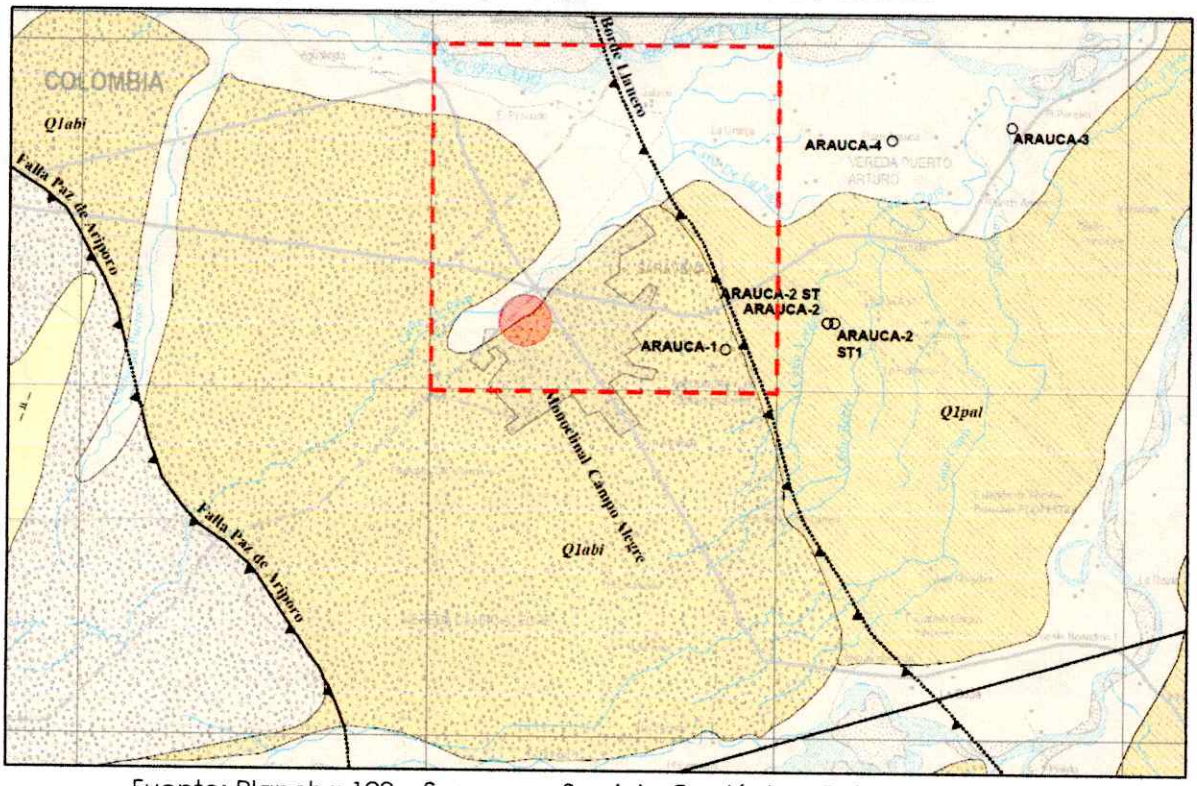
Fuente: Plancha 123 – Saravena. Servicio Geológico Colombiano. 2013

La llanura de inundación está conformado por una capa superior de arena limosa y limo-arcillosa en menor proporción, de color marrón amarillento moderado, con contenido de materia orgánica y espesores entre 0,15 – 0,30 m, aunque no siempre se presenta; seguida de una capa, con menos porcentaje de limo, constituida por sedimentos arenosos y areno-limosos; con tamaño de grano arena de fina a muy fina, compuesta por cuarzo (95%), líticos (<5%) y moscovitas como accesorio, con granos de subangulares a subredondeados, subesféricos a subelongados, de bien a moderadamente seleccionados, en ocasiones, principalmente cerca al cauce de los drenajes, presenta guijos redondeados de cuarzoarenita. La coloración típica es naranja amarillento oscuro con variaciones de marrón amarillento

moderado a marrón amarillento oscuro, dado por el contenido de materia orgánica; con manchas pardo rojizo de óxidos en los granos de cuarzo.

Esta unidad cubre los depósitos de abanicos aluviales y está depositada en la base o costados de las incisiones de las unidades del Neógeno, Paleógeno y Cretácico.

Figura 8. Mapa geológico de la zona de estudio



Fuente: Plancha 123 – Saravena. Servicio Geológico Colombiano. 2013

2.2 RECONOCIMIENTO DE CAMPO

Durante el reconocimiento de campo realizado en el área del proyecto de acueducto y alcantarillado sanitario del barrio Libertadores, se efectuó un recorrido general por los corredores viales previstos para la instalación de las redes, identificando las condiciones superficiales del terreno, los accesos, la presencia de viviendas, redes de servicios públicos y posibles restricciones para la ejecución de las excavaciones. En los puntos seleccionados se desarrollaron sondeos exploratorios mediante equipo manual de percusión soportado en trípode, con recuperación y almacenamiento de muestras representativas para su posterior descripción y análisis. Durante las actividades se observó una superficie

predominantemente granular, con presencia de arenas, gravas, cantos y sobretamaños en algunos sectores, así como vías sin pavimentar y condiciones variables de compactación. La información obtenida permitió reconocer preliminarmente la conformación del subsuelo y establecer criterios para la evaluación geotécnica de las zanjas, tuberías, rellenos, pozos de inspección y demás estructuras proyectadas.

2.3 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

2.3.1 Clima.

La temperatura promedio es de 25.5 grados centígrados; la precipitación pluvial es de 2890 mm al año y la humedad relativa es del 83%. El territorio del municipio cuenta con altitudes que van desde los 190 y 2600 m.s.n.m. Según el IDEAM la Humedad Relativa en Saravena es de 84% en promedio; el mayor porcentaje se da en el mes de junio con un 88% y el menor porcentaje se presenta en los tres primeros meses del año con un 80%. Estos porcentajes demuestran que en el municipio la humedad relativa es alta, si se tiene en cuenta que para el ser humano el rango de aceptación esté entre 50% y 70%.

2.3.2 Vegetación.

Hasta los años 70 el municipio poseía diferentes variedades de árboles y plantas, pero a causa del proceso colonizador esta riqueza se ve menguada, aumentó considerablemente la tala indiscriminada y la explotación desmedida por parte de ambiciosos madereros. Sin embrago, todavía se pueden considerar en el inventario forestal árboles como: Flor amarillo, oloroso, pardillo, Ceiba, Tolúa, comino, balso y otras plantas no maderables como la guadua, cañabrava, palma real, yarumo, palma seje, palma sarare y guamo.

2.3.3 Hidrografía.

Por influencia de la cordillera oriental se determina la distribución de las aguas corriendo en sentido sur / noreste, hacia la cuenca del río Arauca y a su vez, a la cuenca del Orinoco. En la cordillera, el recorrido es perpendicular al plegamiento hasta el cambio de cauce y en la parte plana, disperso hacia el Orinoco. El municipio presenta alta oferta hídrica debido al régimen mono modal que le permite contar con lluvias durante la mayor parte del año. Esta distribución temporal es complementada con la distribución espacial casi total en el área de

jurisdicción. Además, en el suelo y subsuelo, a poca profundidad, se puede encontrar agua de buena calidad para diversas actividades.

La complejidad de la dinámica hídrica en el Municipio de Saravena no ha sido suficientemente estudiada y por ello se presentan diferentes situaciones de afectación a la producción, a viviendas ubicadas en zonas de riesgo, a infraestructuras como puentes, vías, tendidos eléctricos, etc.

3. INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

3.1 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

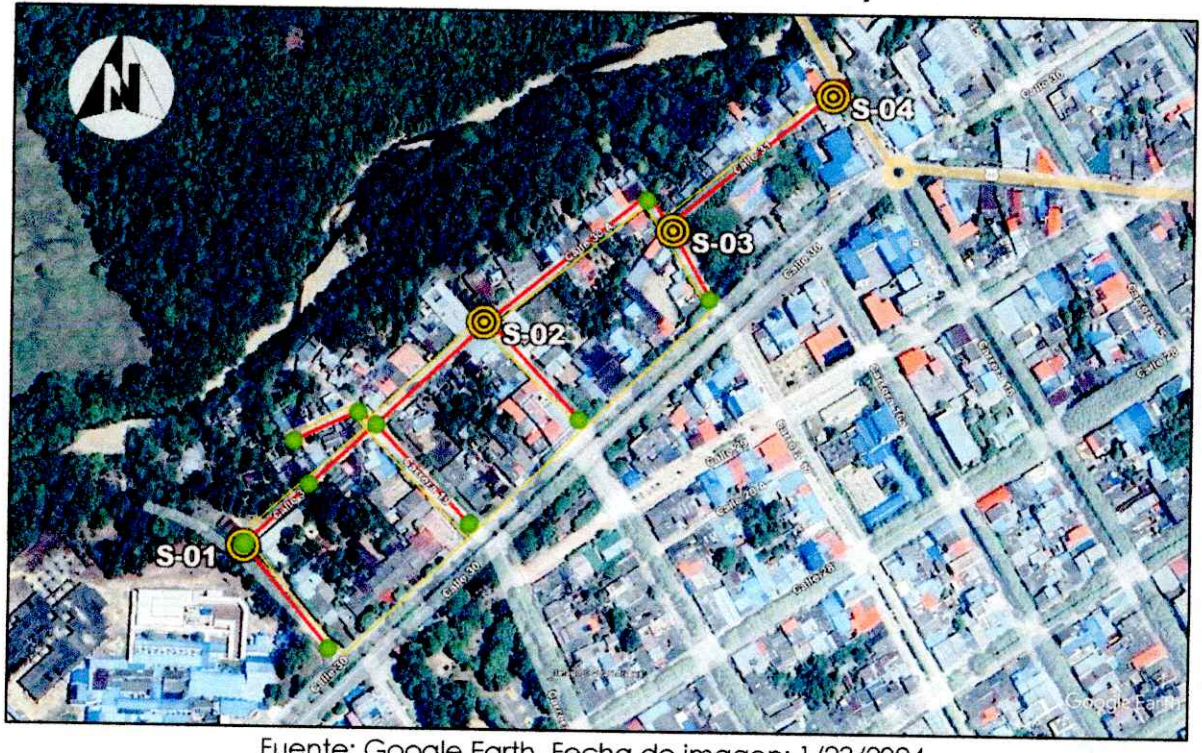
Las exploraciones geotécnicas realizadas con el fin de caracterizar y evaluar las condiciones de fundación para el proyecto "CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA", comprendieron:

- Sondeos con barreno y equipo a percusión.
- Penetración estándar SPT.
- Recuperación de muestras para caracterización y cálculo de propiedades físicas.

Sondeos manuales

Se realizaron cuatro (04) sondeos con herramienta manual con el objetivo de recuperar muestras alteradas directamente de la excavación.

Figura 9. Ubicación sondeos sector del Proyecto



Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 1/23/2024

En la Tabla 1 se presentan las profundidades de los sondeos finalmente ejecutados y su ubicación geográfica. En la Figura 9 se muestra la ubicación de los sondeos ejecutados.

Tabla 1- Localización y profundidad de los sondeos

Sondeo	Ubicación		Profundidad	Nivel freático
S-01	6°57'21.97"N 71°52'55.52"O	Calle 30A Cra. 19A	4.00 m	-
S-02	6°57'26.76"N 71°52'50.50"O	Calle 30A Cra. 18	4.00 m	-
S-03	6°57'28.75"N 71°52'46.55"O	Cra. 17 Calle 21	4.00 m	-
S-04	6°57'31.64"N 71°52'43.19"O	Calle 31 Cra. 16	4.00 m	-

De los sondeos se recuperaron muestras de suelo para ensayos de clasificación, pesos unitarios, humedad y corte directo.

3.2 ENSAYOS EN CAMPO

En cada uno de los apiques realizados se llevaron a cabo los siguientes ensayos de campo:

- Sondeos manuales.
- Ensayo de Penetración Estándar (SPT)
- Extracción de muestras.

Con estos ensayos se conocieron las propiedades físicas de consistencia y humedad de los suelos, igualmente se estimaron los parámetros de resistencia de los suelos explorados y con las muestras extraídas se procedió a la realización de los ensayos de laboratorio.

3.3 ENSAYOS DE LABORATORIO

De las exploraciones realizadas se tomaron muestras para realizar los siguientes ensayos de laboratorio:

- Contenido de humedad.
- Granulometría.
- Peso unitario.
- Límites de consistencia.
- Corte directo.

La exploración de campo y los ensayos de laboratorio se realizaron con el propósito de determinar las características y propiedades de los suelos que componen la zona de fundación de la obra mencionada. En el Anexo A-1 se incluyen los registros fotográficos, en el Anexo A-2 los perfiles estratigráficos y en el Anexo A-3 los ensayos de laboratorio realizados.

La cantidad de ensayos ejecutados se relaciona en la Tabla 2.

Tabla 2- Cantidad total de ensayos ejecutados en campo y laboratorio

Ensayo	Cantidad	Norma
[illegible]		
Contenido de humedad	12	INV E-122-13
Granulometría	12	INV E-123-13
Límites de Attemberg	*	INV E-125,126-13
Peso unitario	12	-
Corte directo	2	INV E-154-13
[illegible]		
Penetración estándar	12	INV E-111-13

* Los suelos no presentaron propiedades plásticas

4. CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO

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

La clasificación de los suelos se realizó tanto con el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) como con el sistema de clasificación AASHTO. La descripción realizada para caracterizar los suelos se basa en la clasificación SUCS.

4.1 ESTRATIGRAFÍAS

Los suelos de la zona están compuestos por arenas limosas y gravas limosas con arena y bloques identificados por la clasificación SUCS como **SM** y **GM** respectivamente.

La caracterización se efectuó considerando los resultados de los ensayos presentados en la Tabla 3.

Tabla 3- Resumen de resultados de laboratorio

SONDEO	NIVEL FREATICO	MUESTRA		CLASIFICACION			GRADACIÓN			% HUM.	%LL	%LP	%IP	Peso Unitario	Gravedad específica	PARÁMETROS DE RESISTENCIA	
		No.	PROF. (M)	U.S.C.	AASHTO	IG	% Gravas	% Arenas	% Finos					Ton/m3	Gs	C (kg/cm2)	Φ(°)
S-01	-	M1	0.60	GM	A-1-b	0	**56.86**	24.61	18.53	8.41	-	-	-	2.057	2.656	**0.05**	**32.4°**
		M2	2.00	GM	A-1-b	0	**49.86**	29.10	21.04	10.53	-	-	-	2.104	2.656		
		M3	3.00	GM	A-1-b	0	**50.25**	29.61	20.14	8.25	-	-	-	2.116	2.656		
S-02	-	M1	0.60	GM	A-1-b	0	**59.37**	23.84	16.79	6.49	-	-	-	2.049	2.655		
		M2	2.00	GM	A-1-b	0	**51.38**	25.27	23.35	11.74	-	-	-	2.098	2.657	**0.05**	**33.4°**
		M3	3.00	GM	A-1-b	0	**52.86**	25.66	21.48	8.28	-	-	-	2.109	2.656		
S-03	-	M1	0.60	SM	A-2-4	0	0.00	**66.24**	33.76	11.32	-	-	-	1.847	2.660	**0.08**	**25.0°**
		M2	2.00	GM	A-1-b	0	**53.30**	26.01	20.69	9.58	-	-	-	2.083	2.656		
		M3	3.00	GM	A-1-b	0	**52.46**	25.22	22.32	8.96	-	-	-	2.113	2.657		
S-04	-	M1	0.60	SM	A-2-4	0	0.00	**65.73**	34.27	10.48	-	-	-	1.855	2.660		
		M2	2.00	GM	A-1-b	0	**50.02**	26.46	23.52	9.18	-	-	-	2.078	2.657		
		M3	3.00	GM	A-1-b	0	**52.46**	25.52	22.02	7.63	-	-	-	2.107	2.657		
PROM	-					0	52.88	32.77	23.16	9.24	-	-	-	2.051	2.657	0.06	**30.3°**
MINIMO	-					0	0.00	23.84	16.79	6.49	-	-	-	1.847	2.655	0.05	**25.0°**
MAXIMO	-					0	59.37	66.24	34.27	11.74	-	-	-	2.116	2.660	0.08	**33.4°**

Fuente: Elaboración propia.

4.2 PROPIEDADES MECÁNICAS

Para modelar el comportamiento mecánico del suelo de cimentación se realizan ensayos mecánicos de laboratorio que permiten evaluar parámetros numéricos que serán la base de los modelos de análisis de estabilidad. Estos ensayos se clasifican en dos grupos, el primero de ellos, pretende definir el comportamiento resistente del suelo frente a diferentes niveles de esfuerzos, el segundo grupo indica el comportamiento deformacional del suelo también bajo diferentes niveles de carga.

Para definir la resistencia del suelo se ha recurrido en el desarrollo del presente estudio al Criterio de resistencia de falla de Mohr-Coulomb, el cual considera el aumento de la resistencia cuando crece el esfuerzo de confinamiento del material, debido a fenómenos de fricción y dilatancia que presentan las partículas constituyentes del suelo. Este criterio exige la definición de dos parámetros para la elaboración del modelo: ángulo de resistencia al corte, φ, y cohesión, C. Estos parámetros se evaluaron a partir de los golpes de avance en el ensayo SPT y del ensayo de corte directo sobre muestras remoldeadas.

A continuación, se presentan las características del ensayo SPT y la metodología propuesta por González (1998), para la determinación de los parámetros de resistencia.

4.2.1 Ensayo normal de penetración, SPT.

La recuperación de muestras inalteradas en depósitos de naturaleza predominantemente granular genera alteraciones inevitables en su estructura original, lo cual imposibilita la correcta determinación de sus propiedades mecánicas mediante pruebas de laboratorio convencionales. Para solventar esta limitación técnica, resulta imperativo evaluar el grado de compacidad del subsuelo *in situ*. Esto se logra convirtiendo el proceso de muestreo en un ensayo dinámico de hinca, conocido internacionalmente como Ensayo de Penetración Estándar (SPT).

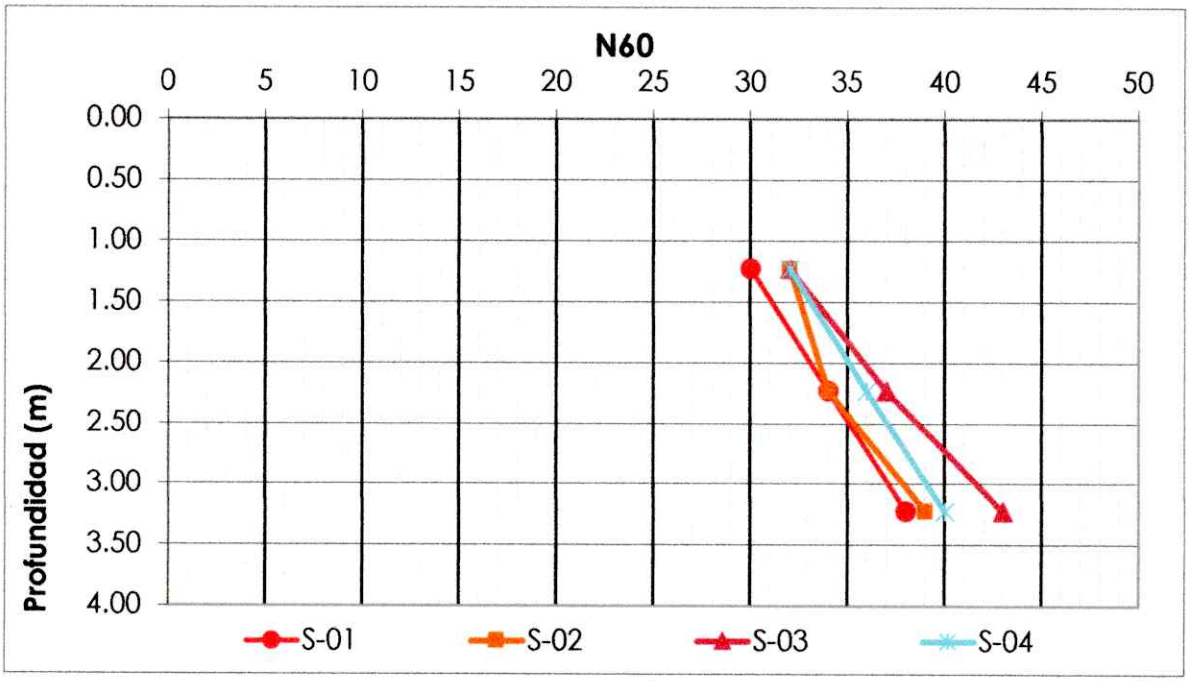
La ejecución de esta prueba se desarrolló bajo los rigurosos lineamientos metodológicos de la norma ASTM D1586 (homologada a nivel nacional por la norma INV E-111). Operativamente, el ensayo consiste en la hinca de un tomamuestras partido estandarizado (*Split-Spoon*) en el fondo de la perforación, utilizando la energía de impacto de un martinete de 63.5 kg (140 lb) liberado en caída libre desde una altura constante de 762 mm (30 pulgadas). Durante este procedimiento, el equipo debe penetrar una longitud total de 450 mm (18 pulgadas), registrando el número de golpes requeridos para avanzar en tres

intervalos sucesivos de 150 mm (6 pulgadas) cada uno. Consecuentemente, el índice de resistencia a la penetración (SPT) se define como la sumatoria de los impactos necesarios para hincar los dos últimos tramos (300 mm o 1 pie), descartando de manera sistemática los golpes del primer intervalo, ya que este corresponde únicamente a la etapa de acomodo del equipo sobre una porción de suelo previamente alterada por la perforación.

Para el presente estudio, los sondeos mecánicos a percusión y la respectiva ejecución de los ensayos SPT se iniciaron a partir de 1.00 m de profundidad, una vez superados los horizontes superficiales antrópicos. En el **Gráfico 1** se presenta el perfil de variación del número de golpes (N) frente a la profundidad, evidenciándose una tendencia generalizada de incremento leve en la resistencia a la penetración a medida que se desciende en el perfil estratigráfico.

A partir de los valores del índice de penetración (N_{SPT}) obtenidos en campo, fue posible determinar los parámetros efectivos de resistencia al esfuerzo cortante del terreno. Considerando la naturaleza friccionante de los materiales granulares identificados en el perfil de Saravena, las correlaciones empíricas se enfocaron en la estimación del ángulo de fricción interna(Φ') y la densidad relativa (D_r). Finalmente, la consistencia y el grado de compacidad de estos estratos granulares fueron calificados siguiendo los criterios geotécnicos clásicos establecidos por Terzaghi y Peck, cuyos rangos de clasificación se detallan en la **Tabla 4**.

Gráfico 1. Curvas de número de golpes, N, en el ensayo SPT, contra profundidad



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4- Criterios de clasificación según el número de golpes del ensayo de penetración estándar (N_{SPT})

CONSISTENCIA ARCILLAS	N	DENSIDAD RELATIVA ARENAS Y LIMOS	N
Muy blanda	< 2	Muy suelta	<4
Blanda	2 - 4	Suelta	4 - 10
Media	4 - 8	Media	10 - 30
Firme	8 - 15	Densa	30 - 50
Muy Firme	15 - 30	Muy Densa	>50
Dura	>30		

En la Tabla 5 se presenta el resumen del número de golpes/pie para cada depósito de suelo encontrado en los sondeos.

Tabla 5- Número de golpes/pie N_{CAMPO}

Sondeo	Muestra	Profundidad Inicial (m.)	Profundidad Final (m.)	Profundidad Media (m.)	golpes/pie con puntaza			golpes/pie cuchara = puntaza/1.3			N_{CAMPO}
					1	2	3	1	2	3	
S-01	1	1.00	1.45	1.23	8	13	16	6	10	12	22
	2	2.00	2.45	2.23	11	14	19	8	11	15	26
	3	3.00	3.45	3.23	15	20	22	12	15	17	32
S-02	1	1.00	1.45	1.23	9	14	17	7	11	13	24
	2	2.00	2.45	2.23	13	18	20	10	14	15	29
	3	3.00	3.45	3.23	16	22	25	12	17	19	36
S-03	1	1.00	1.45	1.23	7	12	15	5	9	12	21
	2	2.00	2.45	2.23	14	16	20	11	12	15	27
	3	3.00	3.45	3.23	18	22	26	14	17	20	37
S-04	1	1.00	1.45	1.23	6	10	15	5	8	12	20
	2	2.00	2.45	2.23	16	21	24	12	16	18	34
	3	3.00	3.45	3.23	19	24	27	15	18	21	39

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados de los ensayos de SPT para el perfil de diseño, los suelos encontrados son de densidad relativa **MEDIA** a **DENSA.**

Tabla 6- Número de golpes/pie promedio N_{60}

Sondeo	Prof. [m]	N_{60}[-]
S-01	1.00 – 4.00	27
S-02	1.00 – 4.00	30
S-03	1.00 – 4.00	28
S-04	1.00 – 4.00	31

4.3 POTENCIAL DE EXPANSIÓN

Para determinar las características de expansión de los suelos encontrados, se utilizaron las propiedades índices de estos. Con estas propiedades y mediante el uso de la Tabla H. 9.1-1 de la NSR-10 se definió el potencial de expansión de los suelos.

Tabla 7- Clasificación de suelo expansivos según NSR-10

Potencial de expansión	Expansión Consolidómetro (%)	LL (%)	LC (%)	IP (%)	Partículas menores 1µ (%)	Expansión libre en probeta (%)
Muy Alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 - 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 - 20.	39 - 50	8 - 18.	12 - 34.	12 - 37.	50 – 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Fuente: Título H de la NSR-10

Tabla 8- Clasificación potencial de expansión de los suelos

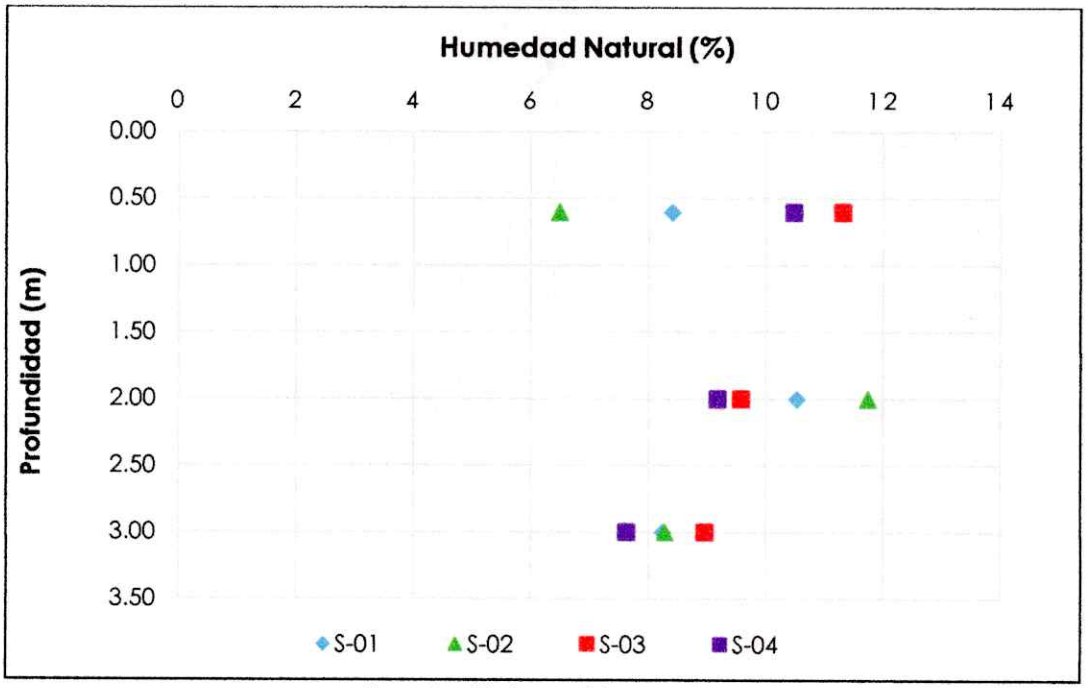
Parámetros	Valores máximos obtenidos	Valores referencia
LL %	0.00	< 39
IP %	0.00	< 20
Potencial de expansión		**BAJO**

Conforme a la Tabla 8 y los valores allí presentados el potencial de expansión de los suelos es **BAJO**.

4.4 NIVEL FREÁTICO

El nivel freático no se evidenció hasta la profundidad explorada (4.00 m). La humedad de los suelos encontrados presentó valores entre 6.88% y 8.18% con un valor promedio de 5.41%.

Gráfico 2. Humedad natural contra profundidad



Fuente: Elaboración propia

4.5 CLASIFICACIÓN DEL SUELO GUÍA DE TRABAJO SEGURO EN EXCAVACIONES

La primera actividad a realizar para determinar si una excavación requiere un sistema de protección es conocer el tipo del suelo en el cual se está realizando la excavación. A continuación, se describen los tipos de suelos según la Guía de Trabajo Seguro en Excavaciones 2014 del Ministerio del Trabajo.

Tras evaluar las condiciones del subsuelo mediante las perforaciones realizadas y los ensayos de laboratorio, el terreno debe ser clasificado como **TIPO C** para efectos de seguridad en excavaciones. Esta clasificación representa la condición de menor estabilidad y requiere las mayores precauciones de ingeniería:

Naturaleza del Material (Factor Primario): El subsuelo está compuesto predominantemente por suelos granulares, específicamente **Gravas Limosas con Arena (GM)** y **Arenas Limosas (SM)**. Según la guía de seguridad, los suelos granulares sin cohesión (arenas y gravillas) entran directamente en la categoría de Tipo C, ya que no poseen la cementación necesaria para mantener paredes verticales seguras.

Ausencia de Cohesión Efectiva: Los ensayos de resistencia muestran valores de cohesión (C) extremadamente bajos, con un promedio de **0.05 kg/cm²**. Esta

carencia de cohesión, sumada a la presencia de un alto porcentaje de gravas (hasta un 52.68%), confirma que el suelo se comportará de manera inestable una vez que se pierda el confinamiento natural durante la excavación.

Clasificación USCS y AASHTO: Los estratos han sido clasificados mayoritariamente como **A-1-b** y **A-2-4**, materiales que por su granulometría y falta de plasticidad son propensos al desmoronamiento o fallas por deslizamiento si no se implementan medidas de protección adecuadas.

Consideración Adicional sobre la Densidad: Aunque los ensayos SPT registran valores de N altos (entre 39 y 56 golpes), lo que indica un suelo muy denso en su estado natural, su comportamiento ante una excavación abierta sigue siendo el de un suelo Tipo C debido a que su estabilidad depende casi exclusivamente del rozamiento interno entre partículas y no de la cohesión química o física.

Tabla 9- Tipos de suelos

Tipo A	Tipo B	Tipo C
Es un suelo cohesivo con una resistencia a la compresión no confinada de 144 KPa ó mayor. Tipo A, si: • El suelo está fisurado. • El suelo está sujeto a vibración de tráfico pesado, hincado de pilotes, efectos similares. • El suelo ha sido previamente perturbado. • Es suelo es parte de un talud, en un sistema de capas donde las capas llegan dentro de la excavación en una pendiente de 4 horizontal a 1 vertical (4H:1V) ó mayor. • El suelo está sujeto a otros factores que podrían requerirlo para ser clasificado como un material menos inestable.	Es un suelo cohesivo con una resistencia a la compresión no confinada mayor a 48 KPa pero menor de 144 KPa, ó: • Es un suelo granular sin cohesión incluyendo: grava angular (similar a roca partida), limo, margas limosas, margas arenosas y en algunos casos, margas arcillo limosas, y margas arcillo arenosos. • Suelos previamente perturbados, excepto aquellos que puedan ser clasificados como Tipo C. • Suelos que cumplan los requerimientos de resistencia a la compresión no confinada ó de cementación para el tipo A, pero está fisurado ó sometido a vibración. • Roca seca pero que no es estable. • Material que es parte de un talud, sistema de capas donde las capas entran a la excavación en una pendiente menos de 4H:1V, pero solamente si el material pueda ser clasificado como Tipo B.	Es suelo cohesivo con una resistencia a la compresión no confinada de 48 KPa ó menos, ó: • Suelo granular incluyendo gravilla, arena margas. • Suelo sumergido o suelo donde el agua está drenada de forma lenta. • Roca sumergida que no es estable. • Material en un talud, sistema de capas donde las capas entran en la excavación sobre un talud de 4H:1V ó mayor

Fuente: Guía de trabajo seguro en excavaciones 2014. Ministerio del Trabajo.

Recomendación de Seguridad: Para este tipo de suelo, se recomienda un diseño de talud de excavación con una pendiente máxima de **1.5H:1V (34°)**. En caso de no contar con el espacio suficiente para este ángulo, es obligatorio el uso de sistemas de protección mecánica como entibados, tablestacas o cajas de zanja para prevenir atrapamientos.

5. DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

5.1 ESTIMATIVOS DE PARÁMETROS EFECTIVOS DE RESISTENCIA CON EL SPT

Se presenta un método aproximado de evaluación de los parámetros efectivos de resistencia c' y ϕ', mediante el empleo de los datos de SPT (N en golpes/pie). Aunque el método provee valores estimados, se obtienen resultados razonables útiles iniciales, especialmente para materiales granulares o intermedios, siendo menos aproximados para materiales cohesivos.

El procedimiento para obtener valores aproximados de valores efectivos de resistencia c' y ϕ' con SPT es el siguiente:

a) Obtener el valor de N (golpes/pie) en campo, con la profundidad respectiva e identificar al tipo de suelo en el cual se hizo el ensayo.

b) Colocar al ensayo la profundidad media entre las dos lecturas de golpes que se usen.

c) Obtener o estimar el valor del peso unitario total de la muestra, preferentemente en el sitio. Esta se puede obtener de la muestra de la cuchara perdida, pero corrigiendo el área por la compresión que sufre la muestra al entrar al muestreador.

d) Obtener lo más fiablemente posible la posición del nivel piezómetrico

e) Calcular el valor de los esfuerzos totales (σ), la presión de poros (u_w) y los esfuerzos efectivos ($\sigma' = \sigma - u_w$) para toda la columna de ensayo. Hay que tener en cuenta que el material puede estar saturado y la presión de poros puede ser negativa hasta la altura de capilaridad.

f) El valor de N_{45} para Colombia se corrige por confinamiento con la formulación de Cn de SeedIdriss (Marcuson), teniendo cuidado que $Cn \leq 2$.

g) Se obtiene el valor de $\phi eq'$ con la fórmula de Kishida.

h) Se calcula el valor de $\tau = \sigma' \times \tan(\phi eq')$

i) Se agrupan los valores de τ y σ' por tipos de materiales

j) Se hace la regresión τ vs σ' para cada tipo de material y se obtienen c' y $\tan\phi'$. Si en la regresión resulta $c' < 0$, se obliga a la regresión a pasar por cero.

k) Se puede obtener el ϕ' mínimo de cada material haciendo ϕ' mínimo = $\phi eq'$ mínimo

l) Se colocan los resultados en un diagrama c' - tanϕ' y si son materiales del mismo origen geológico, los puntos normalmente se alinean en forma aproximada.

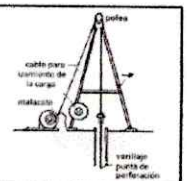
Tabla 10- Cálculo de parámetros de resistencia del suelo

La determinación de los parámetros de resistencia, se basa en las siguientes expresiones matemáticas:

$$\sigma = \frac{\sigma'}{2} \sum_{i=0}^{y} \gamma_i Z_i \qquad \mu = \gamma_w * Z_w \qquad \sigma' = \sigma - \mu \qquad RS = \frac{\sigma'}{Pa}$$

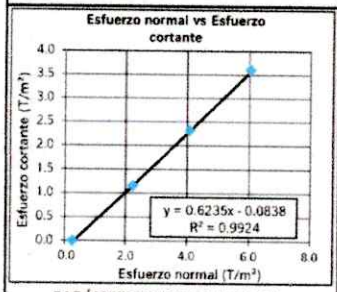
$$Ncor = N * Cn \qquad \phi_{eq} = -15 + (12.5\ Ncor)^{0.5} \qquad \tau = \tan\left(\frac{\phi_{eq}}{2}\right)\sigma' \qquad Cn = 1 - K \log RS$$

σ = Esfuerzo vertical normal; γ_i = Peso unitario en el nivel; Z_i = Profundidad del nivel; Ncor = Número de golpes corregido; N = Número de golpes en campo; Cn = Factor de corrección; μ = Presión vertical normal; γ_γ = Peso unitario del agua; Z_w = Profundidad; ϕ_{eq} = Ángulo de resistencia al corte; Ncor = Número de golpes corregido; σ' = Esfuerzo vertical efectivo; σ = Esfuerzo vertical efectivo; μ = Presión del agua intersticial; τ = Esfuerzo cortante; ϕ_{eq} = Ángulo de resistencia al corte; σ' = Esfuerzo vertical efectivo; RS = Parámetro adimensional; σ' = Esfuerzo vertical efectivo; Pa = Presión atmosférica; Cn = Factor de corrección; K = Constante del modelo; RS = Parámetro adimensional



Altura sobre nivel del mar: 225 m
Presión atmosférica : 10.08 T/m²

PARÁMETROS DE RESISTENCIA



PARÁMETROS DE RESISTENCIA			
Pendiente	m =	0.6235	
Ángulo de resistencia al corte	ϕ =	0.56	rad
	ϕ =	31.9	°
Cohesión	c =	0.08	T/m²

Sondeo	Muestra	SPT N1	SPT N2	SPT N3	SPT N	Prof. m	Nivel Piezom m	σ T/m²	μ T/m²	σ' T/m²	SPTcorregido RS	SPTcorregido Cn	SPTcorregido Ncor	ϕeq °	σ' T/m²	τ T/m²
S-01	1	4	10	12	22	1.22	12.00	2.51	0.25	2.26	0.22	1.92	19	30.41	2.26	1.33
S-01	2	8	15	15	28	2.22		4.59	0.45	4.13	0.41	1.55	18	30.00	4.13	2.29
S-01	3	12	15	17	32	3.22		6.70	0.67	6.03	0.60	1.31	19	30.41	6.03	3.34
S-02	1	7	11	13	24	1.22	12.00	2.32	0.23	2.09	0.21	1.96	21	31.20	2.09	1.26
S-02	2	10	14	15	29	2.22		4.42	0.44	3.98	0.39	1.57	20	30.31	3.98	2.37
S-02	3	12	17	17	34	3.22		6.52	0.65	5.87	0.58	1.28	22	31.58	5.87	3.61
S-03	1	5	9	12	21	1.22	12.00	2.55	0.26	2.30	0.23	1.91	18	30.00	2.30	1.28
S-03	2	11	12	15	27	2.22		4.63	0.45	4.17	0.41	1.54	19	30.41	4.17	2.45
S-03	3	14	17	20	37	3.22		6.73	0.67	6.06	0.60	1.31	22	31.58	6.06	3.73
S-04	1	5	8	12	20	1.22	12.00	2.27	0.22	2.05	0.20	1.98	18	30.00	2.05	1.18
S-04	2	12	16	18	31	2.22		4.24	0.42	3.81	0.38	1.57	24	32.32	3.81	2.21
S-04	3	24	27	15	39	3.22		6.33	0.63	5.70	0.57	1.35	24	32.32	5.70	3.61

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 11 resume los parámetros de diseño, para los suelos encontrados.

Tabla 11- Resumen de parámetros de resistencia obtenidos con SPT

Estrato	Prof. [m]	Φ' [°]	C' (kg/cm²)
Perfil de diseño	1.00 – 4.00	31.9°	0.08

5.2 PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Se realizaron ensayos de corte directo drenado sobre muestras remoldeadas de los suelos de los sondeos S-01, S-02 y S-03, encontrados a una profundidad entre 0.00m y 4.00 m, a humedad de saturación, obteniéndose resultados del ángulo de fricción interna (ϕ) entre 25° y 33.4°.

Tabla 12- Parámetros de resistencia al corte drenado

Sondeo	Prof. [m]	ϕ	C [kg/cm²]	USC
S-01	0.00 – 1.20	32.4°	0.05	GM
S-02	1.00 – 4.00	33.4°	0.05	GM
S-03	0.00 – 1.00	25.0°	0.08	SM

5.3 COMPRESIBILIDAD

Debido a que el comportamiento mecánico del subsuelo del lugar está afectado principalmente por fricción interna, los asentamientos serán de tipo elástico y se calcularán por el método semi-empírico de Schmertman:

$$S_e = C_1 C_2 \, \Delta q \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{I_z}{E} \right)_i \Delta z_i \qquad C_1 = 1 - 0.5 \left(\frac{\sigma'_{zo}}{\Delta q} \right) \geq 0.5$$

$$C_2 = 1 + 0.2 \, log_{10}(10 \; t) \qquad I_{zp} = 0.5 + 0.1 \sqrt{\frac{\Delta q}{\sigma'_{zp}}}$$

Donde:

C1= factor de corrección por profundidad

σ´zo = esfuerzo efectivo en el nivel de apoyo

Δq = esfuerzo neto de la cimentación, es igual a la presión sobre el cimiento (q) menos el esfuerzo efectivo en el nivel de apoyo; Δq = q - σ´zo

C2= factor de influencia para considerar efectos a largo plazo de tipo creep (fluencia lenta) o presencia de capas delgadas de suelos finos. Por lo general se toma como 1.0 en suelos granulares.

t =periodo de tiempo en años.

Δzi = espesor de la capa i en consideración

E = módulo de deformación promedio del suelo en la capa i.

Iz = factor de influencia para la capa i , tomado de la distribución de la figura 51.

Izp = valor máximo del valor de influencia Iz , a la profundidad mostrada en el figura 51.

σ´zp = esfuerzo efectivo en la profundidad donde ocurre el valor máximo del factor de influencia Izp

z = profundidad relativa bajo el nivel del apoyo.

5.4 MÓDULO DE ELASTICIDAD

El módulo de elasticidad E_s se obtuvo a partir del número de golpes del ensayo de penetración estándar, tal como se presenta en la Tabla 13.

Tabla 13- Correlaciones empíricas para estimar el módulo de Young Es en diferentes tipos de suelo a partir del ensayo de SPT.

TIPO DE SUELO	CORRELACIÓN (E_s en kPa)	REFERENCIA
Gravas	600(N+6) $N \leq 15$ 600(N+6)+2000 $N > 15$	Bowles, 1996
Arenas saturadas	250(N+15)	Bowles, 1996
Arenas limosas	1800+270N $N \leq 15$ 7740+135N $N > 15$	Ten et al, 1991
Arenas arcillosas	320(N+15)	Bowles, 1996
Limos	300(N+6)	Bowles, 1996
Arcillas	$E = 130*C_U$	Butler, 1974

En la Tabla 14 se presentan los valores de rigidez obtenidos para los materiales presentes en cada una de los sectores de construcción de los puentes.

Tabla 14- Módulo de Young estimado para los suelos encontrados

Perfil	Material	N60	E [MPa]
1.00 – 4.00	Grava limosa	20	17.60

Los valores de módulo de elasticidad de los materiales del perfil de diseño corresponden a la correlación para gravas.

Tabla 15- Valores Típicos del Módulo de elasticidad (E)[24]

Tipo de Suelo	Módulo de Elasticidad (E) Mpa
Arcilla	
Muy blanda	2-15
Blanda	5-25
Media	15-50
Dura	50-100
Arenosa	25-250
Limo	2-20

[24] BOWLES. Op. cit., p 99.

Tipo de Suelo	Módulo de Elasticidad (E) Mpa
Arena	
Limosa	5-20
Suelta	10-25
Densa	50-81
Arena y Grava	
Suelta	50-150
Densa	100-200

5.5 PRESIONES DE TIERRA

Las presiones y fuerzas sobre el muro se calculan utilizando los criterios de "análisis de equilibrio límite" propuestos por Rankine y por Coulomb.

5.5.1 Presión de tierra en reposo

La presión de tierra en reposo es una función de la resistencia al cortante del suelo, su historia esfuerzo - deformación y su historia de meteorización. El valor de la presión de reposo solamente debe aplicarse para aquellas situaciones de diseño donde el muro no puede moverse lateralmente por ningún motivo.

Para una superficie de tierra horizontal el coeficiente de presión de reposo se define como la relación entre el esfuerzo horizontal y el vertical efectivos, en el suelo bajo condiciones cero deformación.

Para una masa de suelo normalmente consolidada que no han sido sometida a remoción de cargas ni a actividades que hayan producido movimientos laterales, el coeficiente de presión al reposo es igual a:

$Ko = 1 - \text{sen } \varphi'$

Para una pared vertical que sostiene una superficie de tierra inclinada, el coeficiente de reposo puede obtenerse por la siguiente ecuación:

$Ko\beta = (1 - \text{sen } \varphi')(1 + \text{sen } \beta)$

Donde β = Angulo de inclinación del suelo arriba del muro.

Para presión de tierra al reposo de un suelo sobreconsolidado el valor es mayor que para un suelo normalmente consolidado y se puede obtener por la siguiente ecuación:

$Ko = (1 - \text{sen } \varphi')\, OCR^{05}$

Donde: OCR = Relación de sobreconsolidación del suelo

Debe siempre tenerse en cuenta que para muros las condiciones de suelos iniciales en la tierra generalmente se modifican durante el proceso de instalación o construcción de la estructura.

5.5.2 Presiones activas

En la teoría de Coulomb la fuerza que actúa sobre el muro se determina considerando el equilibrio límite de una tajada de suelo limitada por la espalda de la pared, la superficie del terreno y una superficie plana de falla. Se asume que la resistencia al cortante ha sido movilizada tanto en la espalda del muro, como en la superficie de falla. En contraste con la teoría de Rankine en este caso la fricción suelo - muro detrás de la estructura es movilizada hasta su estado límite. Aunque el valor de δ no afecta en forma significativa el valor calculado del coeficiente Ka, este tiene una influencia importante en el sentido de que cambia la orientación de la fuerza del suelo sobre el muro. Según Coulomb el coeficiente de la presión activa está dada por la siguiente expresión:

$$Ka = \left[\frac{Sen(\theta-\phi)\left(\frac{1}{Sen\,\theta}\right)}{\sqrt{Sen(\theta+\delta)}+\sqrt{\frac{Sen(\phi+\delta)\,Sen(\phi-i)}{Sen(\theta-i)}}} \right]^2$$

Donde:

θ = Angulo entre la pared del muro y el suelo.
δ = Fricción suelo - muro.

5.5.3 Presiones pasivas

Tanto Rankine como Coulomb presentan teorías para calcular las presiones pasivas. La teoría de Rankine generalmente subvalora la presión pasiva porque en la mayoría de los casos la dirección de la fuerza pasiva es asumida en forma incorrecta, en cambio la teoría de Coulomb sobreestima la presión pasiva, debido al error de asumir un incremento muy rápido con el aumento de valores de δ.

Para solucionar los defectos de las teorías de Rankine y Coulomb se sugiere utilizar otros métodos tales como las tablas de Caquot y Kerisel o el sistema de tajadas recomendado por Janbú.

La presión pasiva está dada por la relación:

$$pp = \gamma \times h\, Kp + 2c\sqrt{Kp}$$

Donde según Rankine:

$$Kp = Cos\, i\left[\frac{Cos\, i + \sqrt{Cos^2 i - Cos^2 \phi}}{Cos\, i - \sqrt{Cos^2 i - Cos^2 \phi}}\right]$$

y según Coulomb:

$$Kp = \left[\frac{Sen(\theta+\phi)\left(\frac{1}{Sen\,\phi}\right)}{\sqrt{Sen(\theta-\delta) - \sqrt{\frac{Sen(\phi+\delta)\,Sen(\phi+i)}{Sen(\theta-i)}}}}\right]^2$$

5.5.4 Parámetros para obras de retención

Para el diseño de obras de retención o estructuras enterradas, se recomiendan los siguientes parámetros geotécnicos del terreno, que consideran la eliminación total del material de pobre calidad mecánica de la fundación.

Tabla 16- Coeficientes de empuje para el perfil de diseño

Material	ϕ	Coeficientes de presión			
		Reposo (Ko)	Activo (Ka)	A. dinámico (Kae)	Pasivo (Kp)
Grava limosa gris	32.4°	0.464	0.302	0.412	3.309
Arena limosa amarilla	25.0°	0.577	0.406	0.524	2.464
Grava limosa amarilla	33.4°	0.450	0.290	0.399	3.449

359

6. ASPECTOS SÍSMICOS Y CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LOS SUELOS

6.1 PERFIL DE LOS SUELOS

Para la clasificación del perfil del suelo se utilizó el promedio de los golpes SPT desde el primer metro de profundidad, obteniéndose:

Tabla 17- Promedio de SPT a lo largo de las exploraciones.

Perfil	$\overline{N_{spt}}$
Perfil de diseño	20

Tabla 18- Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E

Tipo de perfil	$\overline{v}_s$	$\overline{N}$ o $\overline{N}_{ch}$	$\overline{s}_u$
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa (≈ 1 kgf/cm²)
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1 kgf/cm²)
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa (≈0.5 kgf/cm²)

Fuente: Tabla A.2.4-2 NSR-10

De acuerdo con las características predominantes de los perfiles, los suelos se sitúan en un **Tipo D** (15<N<15).

Coeficiente de importancia: I = 1.5 (Edificaciones indispensables) Grupo IV.

6.2 CLASIFICACIÓN ZONA DE AMENAZA SÍSMICA

Debido a que no existe mapa de micro zonificación sísmica para el municipio de Saravena, la información de zonificación se basó en el Mapa de Amenaza Sísmica de Colombia del Servicio Geológico Colombiano.

De acuerdo a la NSR (Normas Sismo Resistentes Colombianas 2010) título A, El municipio de Saravena – Arauca, pertenece a una zona de amenaza sísmica Alta, en la Figura 10 se observa la ubicación del municipio de Saravena en el mapa de amenaza sísmica de Colombia.

Figura 10. Mapa de amenaza sísmica de Colombia



Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

361

6.3 DETERMINACIÓN PARÁMETROS SÍSMICOS

De acuerdo a la NSR – 10, el tipo de clasificación del suelo y la zona de amenaza sísmica, se concluye que los parámetros símicos que caracterizan esta son:

Tabla 19- Parámetros sísmicos

Perfil de Suelo	D
A_v	0.25
F_a	1.2
F_v	1.9
A_e	0.21
A_d	0.08

Donde:

Aa: Coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño.
Av: Coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño.
Fa: Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debido a los efectos de sitio, adimensional.
Fv: Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio, adimensional.
Ae: Es la suma de los espesores de los k estratos de suelos cohesivos localizados dentro de los 30 m superiores del perfil.
Ad: Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva, para el umbral de daño.

6.4 ANÁLISIS DE LICUACIÓN DE LOS SUELOS

Las arenas mal gradadas y las arenas limpias presentan mayor susceptibilidad a ser licuadas, a medida que el porcentaje de contenido de finos de un suelo aumente, disminuye la susceptibilidad: "Cuando contenido de finos excede cierto porcentaje (aproximadamente 20-30%), el comportamiento del suelo es completamente gobernado por el contacto entre finos" (Chu, et al., 2002), es decir no son susceptibles a licuación.

Los suelos que presentan mayor susceptibilidad a la licuación son los que tienen bajas densidades, ya que hay una mayor cantidad de espacios vacíos que permitirían la reacomodación de las partículas de suelo cuando tiende a densificarse, producto de la aplicación de una carga. Un mismo material puede no ser susceptible a la licuación en estado denso, pero en estado suelto puede licuarse bajo la aplicación de una carga cíclica o estática. Materiales con valores altos de densidad relativa presentan menor susceptibilidad a la licuación que materiales con valores menores, los cuales pueden desarrollar altas presiones de poros bajo la aplicación de cargas, produciéndose altos valores de deformación en el suelo.

La presencia de agua en el suelo es fundamental para que ocurra el fenómeno de licuación ya que el aumento en la presión de poros del suelo, producido por la aplicación de una carga cíclica o estática, es el detonante en la ocurrencia de este fenómeno

7. CAPACIDAD PORTANTE

En este capítulo se realiza una evaluación de las condiciones de soporte del suelo y el cálculo de la capacidad portante para las obras de este proyecto.

7.1 GENERALIDADES

Se define la capacidad portante admisible (q_a) como el menor valor entre la capacidad calculada por resistencia última a la falla por corte (q_{ult}), reducida por un factor de seguridad geotécnico (FS ≥ 3.0), y la presión que limita los asentamientos a valores tolerables para la infraestructura proyectada (Se ≤ 2.5 cm).

De acuerdo con la caracterización geotécnica del subsuelo en el barrio Libertadores, conformada por depósitos granulares de gravas limosas (GM) y arenas limosas (SM) de compacidad media a densa (N6 ≅ 20 - 31 golpes/pie), el diseño adopta los parámetros de resistencia más conservadores obtenidos a partir de las correlaciones del ensayo SPT:

- Ángulo de fricción efectiva (ϕ):31.8°
- Cohesión efectiva (c'): 0.00 t/m^2 (0.00 kg/cm^2)
- Peso unitario húmedo (γ): 2.047 t/m^3 (20.08 kN/m^3)
- Nivel Freático (N.F.): No detectado hasta la profundidad explorada 4.00 m.

7.2 NIVEL Y SISTEMA DE CIMENTACIÓN

Las estructuras que integran el proyecto corresponden a cimentaciones superficiales continuas (tuberías flexibles de alcantarillado de Ø 8" y acueducto de Ø 3" y aisladas/circulares (pozos de inspección en concreto reforzado).

1. **Pozos de Inspección (Estructuras Circulares):**
    - **Nivel de Desplante (Df):** Se establece entre 1.20 m y 2.10 m de profundidad, apoyados directamente sobre las gravas limosas (GM) densas.
    - **Geometría de Cimentación:** Placa circular maciza en concreto reforzado con diámetro exterior medio de B = 1.60 m, apoyada sobre un solado de limpieza en concreto pobre de 0.10 m de espesor (f'c = 14 MPa).

2. **Redes y Zanjas de Alcantarillado (Cimentación Continua):**
    - **Nivel de Desplante (Df):** Entre 1.00 m y 2.70 m de profundidad según diseño hidráulico.
    - **Ancho Eficiente de Zanja (B):** Se fija en B = 0.70 m para cimentación continua en zanja sin entibado.
    - **Cama de Apoyo:** Reemplazo de 0.15 m por debajo de la batea de la tubería con material granular seleccionado (Arena Lavada / Clase II) compactado al 85% del Proctor Modificado para disipar concentraciones de esfuerzos de las gravas naturales.

7.3 CIMENTACIÓN SUPERFICIAL

Se aplica la ecuación general de Capacidad de Carga de Terzaghi ajustada por los factores de forma (sc, sγ) para cimentaciones superficiales continuas y circulares:

$$q_{ult} = c' N_c s_c + q N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma$$

Donde para $\phi' = 31.8°$:

- Factores de capacidad de carga: Nc = 35.25, Nq = 19.90, Nγ = 16.09
- Factores de forma circulares (B/L = 1.0): sc = 1.30, sγ = 0.60
- Factores de forma continuos (L>>B): sc = 1.00, sγ = 1.00
- Factor de Seguridad Geotécnico: FS = 3.0

$$q_a = \frac{q_{ult} - \gamma D_f}{FS} + \gamma D_f$$

7.4 CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

A partir de las formulaciones anteriores, se consolidan las capacidades de carga admisibles (qa) y cargas máximas sostenibles para los niveles de apoyo proyectados:

Tabla 20- Capacidad portante admisible

Tipo de Estructura	Geometría	Prof. Df (m)	Ancho / Diámetro B (m)	Capacidad Admisible qa (t/m2)	Capacidad Admisible qa (kPa)	Carga Máxima Admisible Qma´x (t)
Zanja Colectores	Continua	1.20	0.70	**17.44**	**171.00**	-
Pozo de Inspección	Circular	1.20	1.60	**19.24**	**188.70**	154.75
Zanja Colectores	Continua	1.50	0.70	**21.31**	**209.00**	-
Pozo de Inspección	Circular	1.50	1.60	**22.73**	**222.90**	182.84
Zanja Colectores	Continua	2.00	0.70	**27.13**	**266.10**	-
Pozo de Inspección	Circular	2.00	1.60	**28.56**	**280.10**	229.66
Pozo de Inspección	Circular	2.50	1.60	**34.38**	**337.20**	276.48

Fuente: Elaboración propia

Para un pozo de inspección típico en concreto (H = 2.10 m y D = 1.60 m), la carga vertical transmitida al suelo (peso propio + suelo superior + sobrecarga vehicular q=10 kPa) induce una presión de contacto aproximada de σ_{act} = 5.50 t/m² (53.9 kPa). Como σ_{act} << q_a = 28.56 t/m² a Df = 2.00 m, el factor de seguridad real por capacidad de carga es FS > 5.0, garantizando una amplia estabilidad geotécnica

Para las tuberías flexibles de ∅ 8", la carga total aplicada al fondo de la zanja oscila entre 2.40 t/m² y 3.85 t/m², valor infinitamente inferior a la capacidad admisible de 17.44 t/m² a 1.20 m, descartando fallas por punzonamiento o falla cortante del lecho.

8. ANÁLISIS GEOTÉCNICO PARA LA CIMENTACIÓN DE TUBERÍAS

8.1 CLASIFICACIÓN DE LAS EXCAVACIONES

De acuerdo con la Guía de Trabajo Seguro en Excavaciones (Ministerio del Trabajo) y el análisis estratigráfico del subsuelo, los materiales encontrados correspondientes a Gravas Limosas (GM) y Arenas Limosas (SM) carecen de cohesión efectiva significativa ($c' \cong 0.05 - 0.08$ kg/cm^2). Por ende, el terreno de fundación se clasifica numéricamente como SUELO TIPO C. Esta categoría representa la condición de menor estabilidad intrínseca, requiriendo el control estricto de los taludes de excavación o la implementación de protección mecánica (entibados) para prevenir desprendimientos o deslizamientos.

8.2 GEOMETRÍA Y ANCHO MÍNIMO DE ZANJAS

Con el fin de garantizar el espacio de trabajo para el personal, permitir la correcta compactación del material de atraque lateral y posibilitar la colocación de blindajes/entibados si se requiere, se definen los siguientes anchos de excavación:

Tabla 21- Ancho Mínimo Recomendado para Zanjas de Alcantarillado

Diámetro tubería mm	Ancho mínimo de zanja en m		Ancho adoptado en talud (m)	Ancho con entibado (m)
	1.25 D + 0.30	D + 0.40		
160	0.50	0.56	0.70 m	1.20 m
200	0.55	0.60	0.70 m	1.20 m

Fuente: Adaptado de especificaciones técnicas Gerfor/Pavco y Título H NSR-10

8.3 ANÁLISIS DE CARGAS Y INTERACCIÓN TUBO-SUELO

Las tuberías de PVC corrugado de ∅ 8" instaladas son estructuras flexibles. Su capacidad estructural frente a las cargas verticales producidas por el relleno (H = 1.00 m a 1.70 m) y la sobrecarga vehicular transitoria (q = 10 kPa) depende del soporte lateral proporcionado por el relleno confinado.

- **Presión Vertical Máxima en la Clave:** σ_v = 40.6 kPa (para cobertura de 1.70 m + tráfico).
- **Control de Deflexión:** Se exige que el material de relleno lateral (Relleno Inicial / Arena o Triturado Fino) sea compactado a un grado mínimo del 85% al 90% del Proctor Modificado para limitar la deflexión diametral vertical de la tubería a un valor $\Delta Y / D \leq 5.0\%$.

8.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN EXCAVACIONES

Se evaluó la estabilidad de las excavaciones temporales abiertas a través del método de Equilibrio Límite utilizando el software especializado Rocscience Slide 6.0, analizando los métodos de Bishop Simplificado, Spencer y Fellenius. En las modelaciones se incluyó una sobrecarga de trabajo/tráfico en el borde de la zanja de q = 10 kN/m² (1.0 t/m²) y un coeficiente sísmico pseudoestático de construcción Kh = 0.10 (50% del Aa de diseño para Saravena).

De acuerdo con el Título H de la NSR-10 (Tabla H.2.4-1), los Factores de Seguridad BÁSICOS MÍNIMOS para excavaciones temporales son:

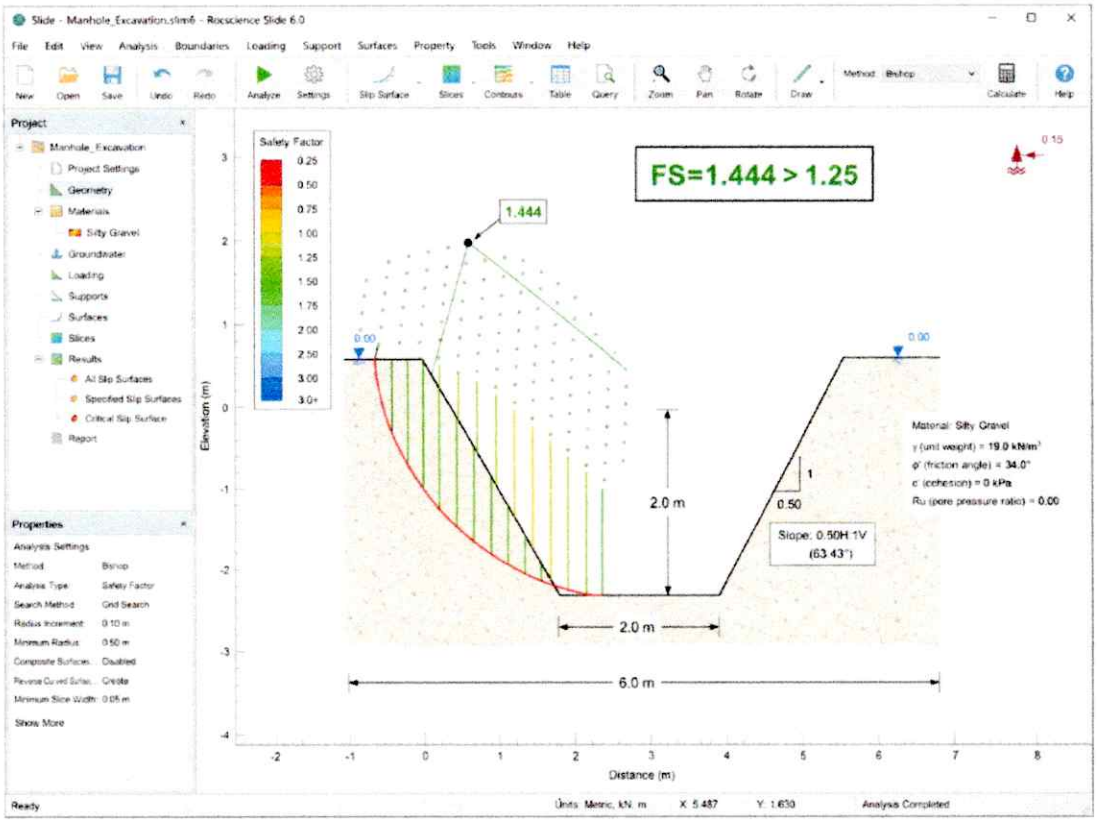
- Condición Estática (Construcción): $FS_{min} \geq 1.25$
- Condición Pseudoestática (Sismo de Construcción): $FS_{min} \geq 1.00$

Resultados de las Modelaciones:

1. Excavaciones para Pozos de Inspección (H = 2.00 m, Fondo B = 2.00 m):

   Geometría Propuesta: Talud inclinado 0.50H:1V (θ = 63.4°).

Figura 11. Análisis estático – Pozo de inspección (Talud 0.50H:1V-CUMPLE)



Condición Estática: FS_{Bishop} = 1.444, $FS_{Spencer}$ = 1.431, $FS_{Fellenius}$ = 1.416

→ CUMPLE (FS > 1.25).

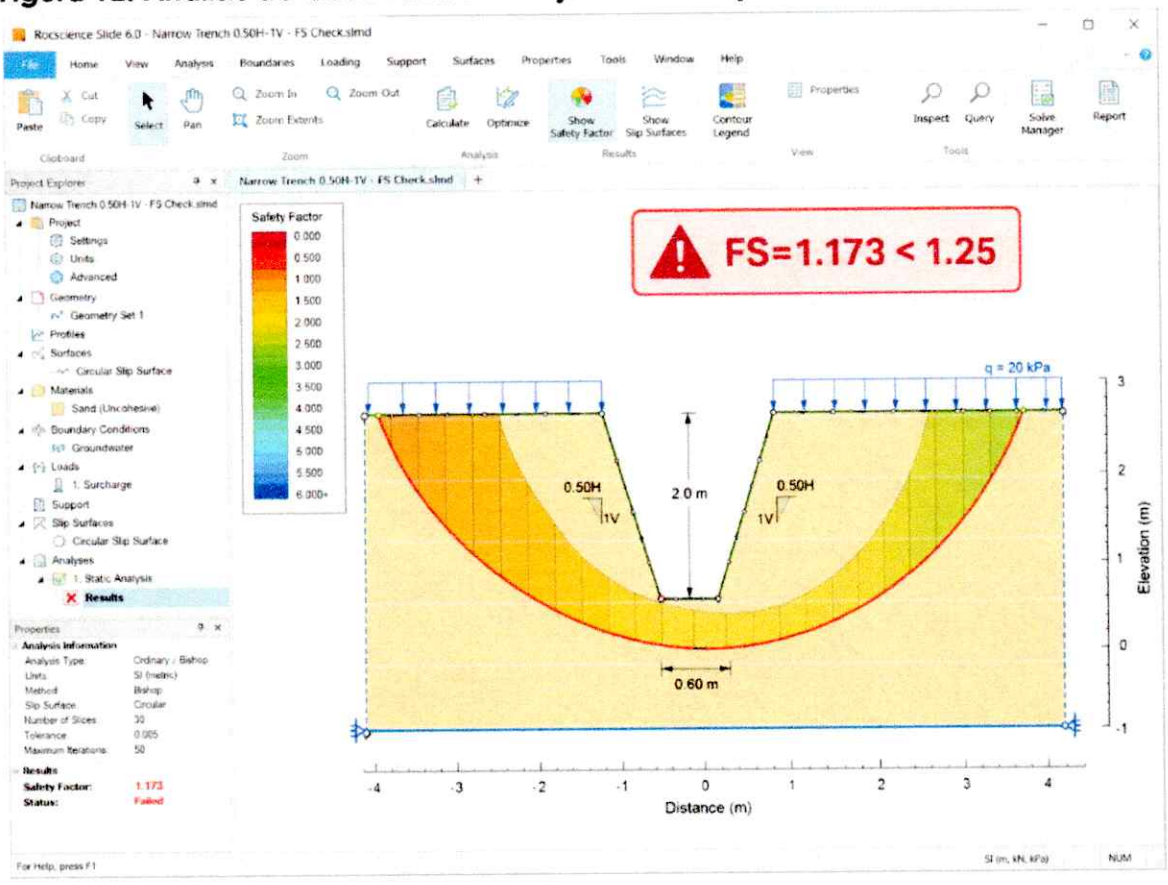
Condición Pseudoestática (Sismo): FS_{Bishop} = 1.336 CUMPLE (FS > 1.00)

→ CUMPLE (FS > 1.25).

2. Excavaciones para Zanjas de Colectores (H = 2.00 m}, Fondo B = 0.70 m):

   Evaluación con Talud 0.50H:1V: Arrojó $FS_{Fellenius}$ = 1.173 < 1.25 (NO CUMPLE, riesgo de inestabilidad).

Figura 12. Análisis de Caso Fallido - Zanja Inestable (Talud 0.50H:1V - NO CUMPLE)

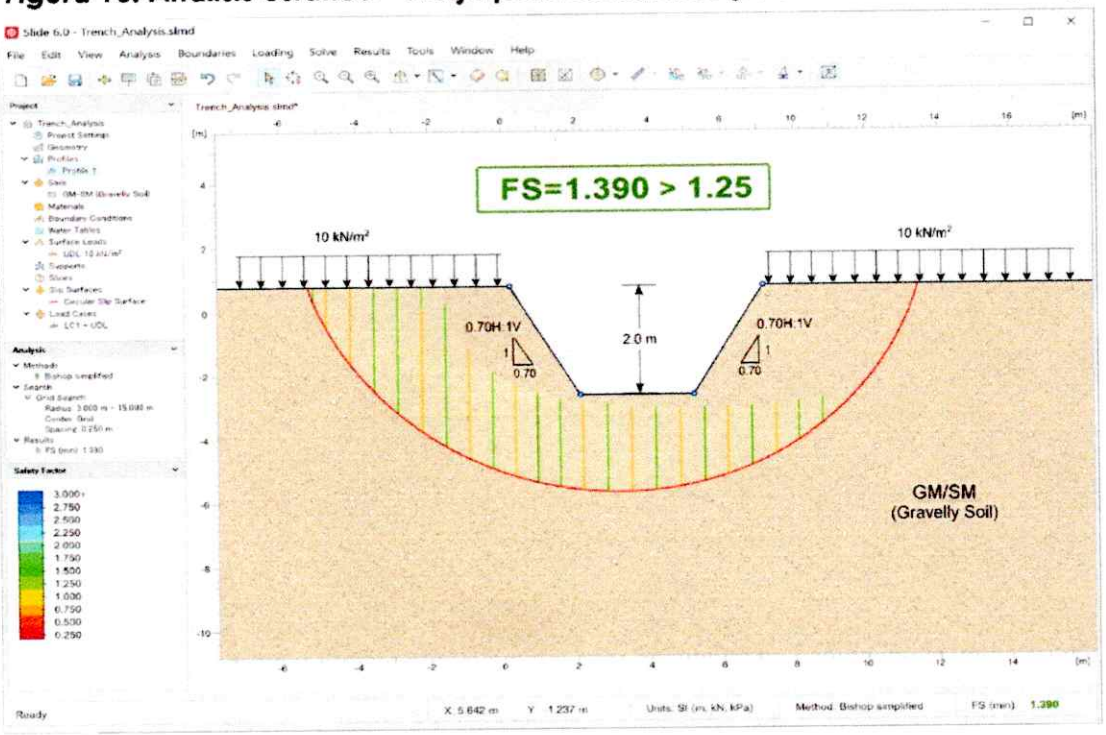


Geometría Ajustada a Talud 0.70H:1V (θ = 55.0°):

Condición Estática: FS_{Bishop} = 1.390, $FS_{Spencer}$ = 1.383, $FS_{Fellenius}$ = 1.363

→ CUMPLE (FS > 1.25).

Figura 13. Análisis estático – Zanja para colectores (Talud 0.70H:1V-CUMPLE)



Condición Pseudoestática (Sismo): FS_{Bishop} = 1.266 → CUMPLE (FS > 1.00).

Figura 14. Análisis Pseudoestático (Sismo) - Zanja Colectores (Talud 0.70H:1V)

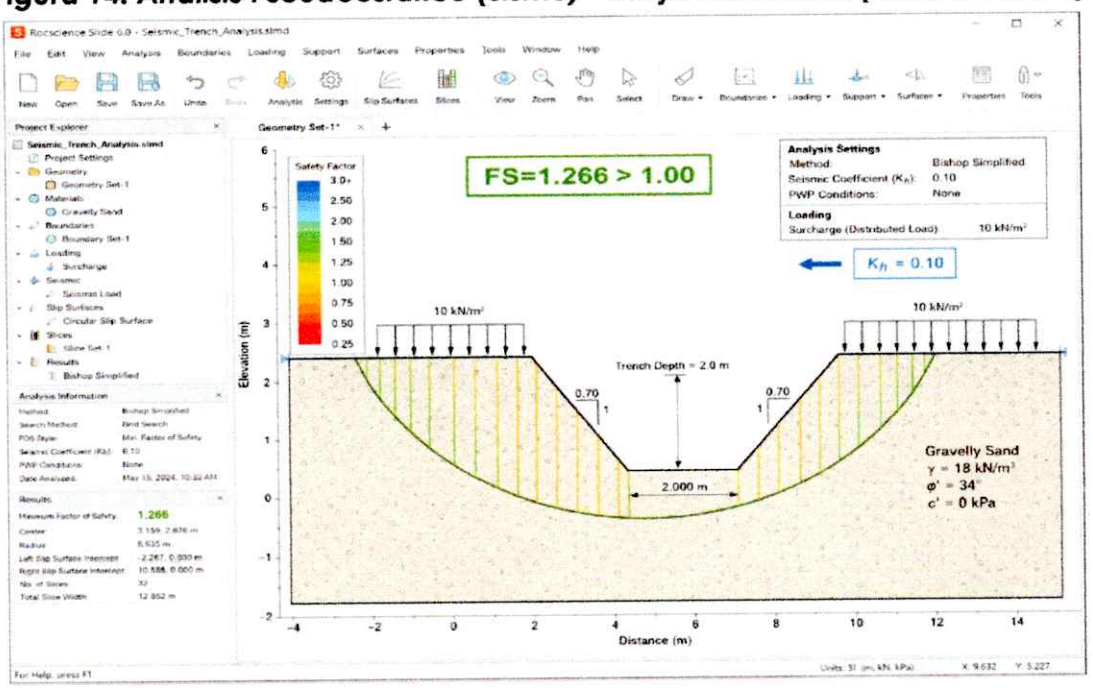


Tabla 22- Resumen de Factores de Seguridad (FS) Obtenidos en Slide 6.0

Tipo de Excavación	Talud Analizado	Condición de Carga	FS Bishop	FS Spencer	FS Fellenius	FS Mínimo Exigido	Estado / Cumplimiento
Pozos de Inspección	0.50H : 1V	Estática	1.444	1.431	1.416	1.25	CUMPLE (Aprobado)
Pozos de Inspección	0.50H : 1V	Estática + Sismo	1.336	1.291	1.302	1	CUMPLE (Aprobado)
Colectores (Zanja)	0.50H : 1V	Estática	1.173	1.167	1.151	1.25	NO CUMPLE (Rechazado)
Colectores (Zanja)	**0.70H : 1V**	**Estática**	**1.39**	**1.383**	**1.363**	**1.25**	CUMPLE (Aprobado)
Colectores (Zanja)	**0.70H : 1V**	**Estática + Sismo**	**1.266**	**1.348**	**1.237**	**1**	CUMPLE (Aprobado)

Fuente: Memorias de cálculo y capturas de pantalla del software Slide 6.0

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

Estratigrafía y Geomateriales: El subsuelo del área de intervención en el barrio Libertadores está compuesto superficialmente por horizontes de arenas limosas (SM) de granulometría fina a media, sobrepuestos a potentes depósitos aluviales de gravas limosas con arena (GM) con presencia de sobretamaños (bloques y cantos rodados de 4" a 6"), correspondientes al abanico aluvial del piedemonte de Saravena.

Nivel Freático y Humedad: No se registró la presencia de nivel freático dentro de los 4.00 m de profundidad explorados en los cuatro sondeos (S-01 a S-04). La humedad natural del terreno varió entre el 5.41% y el 11.74, con un valor promedio general del 6.88%.

Clasificación para Excavaciones: Debido a la naturaleza predominantemente granular y a la nula o muy baja cohesión efectiva (c' 0.05 kg/cm^2), los suelos se clasifican geotécnicamente como **SUELO TIPO C** según la Guía de Trabajo Seguro en Excavaciones.

Potencial de Expansión: Dado el nulo índice de plasticidad en las gravas y la baja plasticidad de las matrices finas, el potencial de expansión del subsuelo se clasifica oficialmente como **BAJO**.

Capacidad Portante: La capacidad portante admisible de las gravas y arenas limosas de fundación es altamente satisfactoria. Para un pozo de inspección (B = 1.60 m) a Df = 2.00 m se obtuvo q_a = 28.56 t/m^2 (280.1kPa), y para las zanjas de colectores (B = 0.70 m) a Df = 1.20 m se obtuvo q_a = 17.44 t/m^2 (171.0 kPa), superando con amplios márgenes las cargas actuantes del proyecto.

Estabilidad de Excavaciones: Los análisis de estabilidad geotécnica confirmaron que no es viable realizar cortes verticales sin contención. Para evitar fallas o colapsos de las paredes de la zanja, las excavaciones abiertas para pozos deben conformarse con un talud máximo de **0.50H:1V** (≅ 63°), mientras que las zanjas para colectores y tuberías deben ser perfiladas a un talud moderado de **0.70H:1V** (≅ 55°).

9.2 RECOMENDACIONES

Perfilado de Taludes y Entibados:

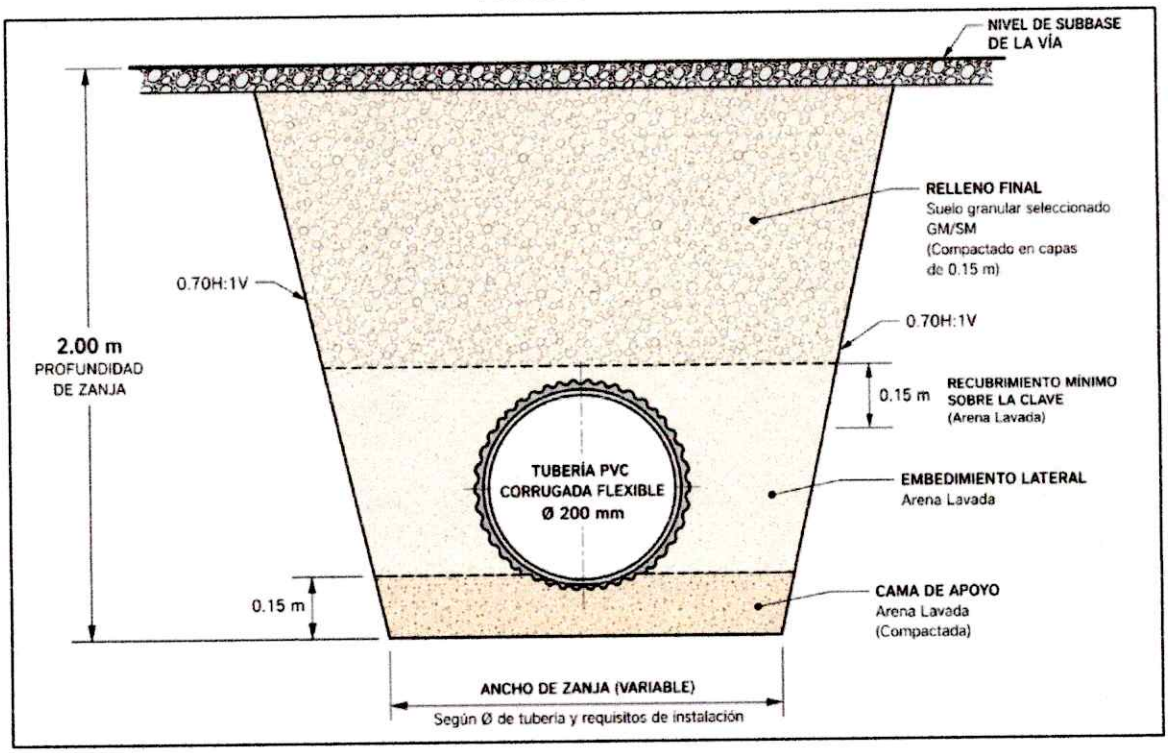
- En tramos viales despejados donde se disponga de ancho de franja suficiente, las excavaciones se ejecutarán a cielo abierto respetando la inclinación máxima de **0.70H:1V** en colectores y **0.50H:1V** en pozos.

- En sectores estrechos, con presencia de viviendas aledañas, o donde el ancho de la vía no permita el corte inclinado, es **estrictamente obligatorio** instalar sistemas de contención temporal (entibados metálicos, tablestacados o cajas metálicas de zanja Tipo "Trench Box").

Estructura de Cimentación y Apoyo de Tuberías:

- **Cama de Apoyo (Atraque Inferior):** Sobre el fondo perfilado de la zanja, se colocará obligatoriamente una cama de soporte de 0.15 m de grosor conformada por material granular seleccionado **Clase II (Arena Lavada de Peña o Triturado Fino)**, perfectamente nivelada para evitar el punzonamiento de la tubería PVC por contacto con los bloques o cantos de la grava natural.
- **Relleno Lateral y Superior Inicial:** Una vez colocada la tubería, se procederá al adosado lateral y relleno hasta 0.15 m por encima de la clave del tubo con el mismo material Clase II (Arena Lavada), compactando cuidadosamente en capas de 0.15 m con pisón manual de apisonado hasta alcanzar el **85% al $90% del Proctor Modificado**.

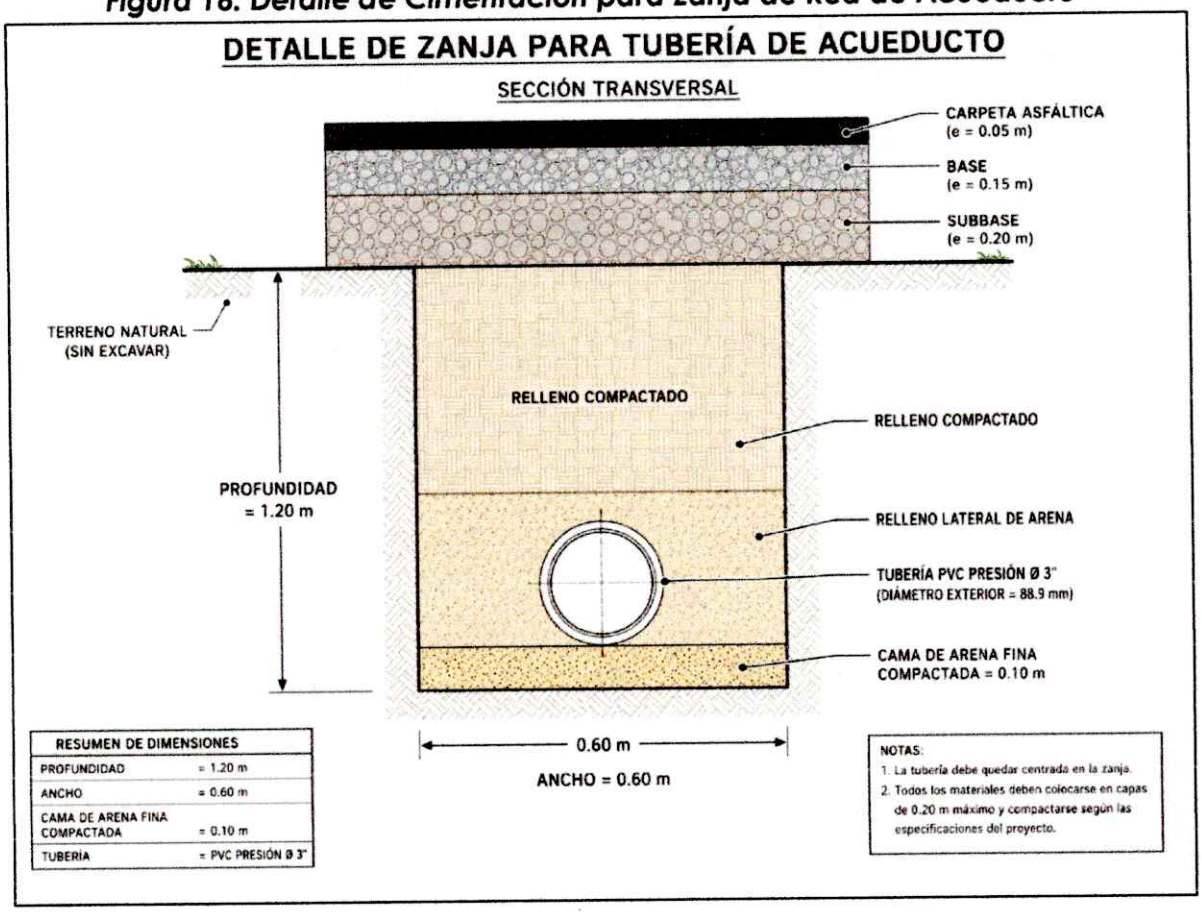
Figura 15. Esquema de Cimentación Típica de Zanja para Colector de Alcantarillado



Relleno Final de Zanjas:

- El resto de la zanja (0.15 m por encima del tubo hasta cota de subrasante) se rellenará utilizando material seleccionado de la misma excavación (**Clase III: Suelos GM, SM**), siempre que se encuentre libre de materia orgánica (< 8%), escombros o sobretamaños mayores a 3". Este relleno se compactará mecánicamente (mediante rana u oruga) en capas de 0.15 m a 0.20 m hasta alcanzar una densidad mínima del **95% del Proctor Modificado.**

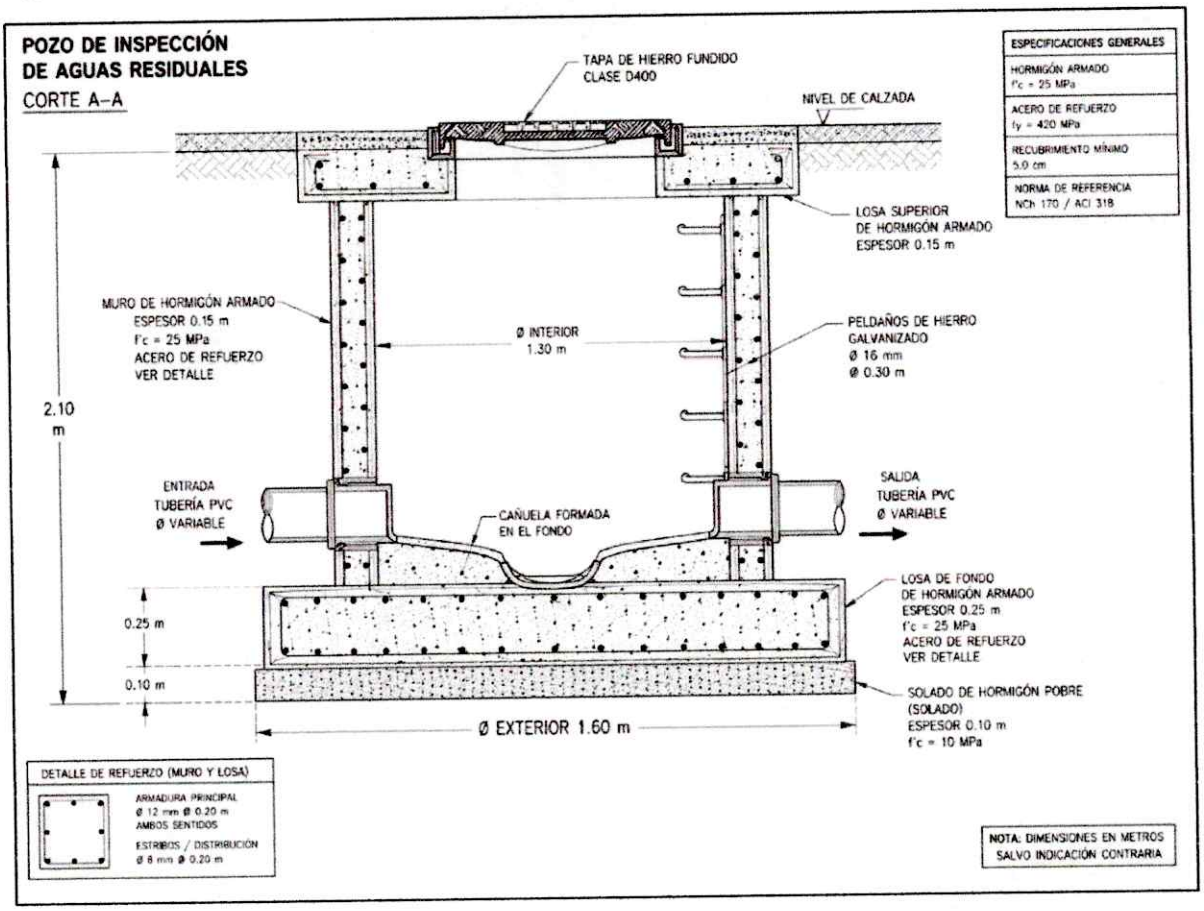
Figura 16. Detalle de Cimentación para Zanja de Red de Acueducto



Cimentación de Pozos de Inspección:

- Los pozos de inspección se cimentarán mediante una placa circular maciza de concreto reforzado (f'c = 21 MPa), vaciada sobre una capa previa de solado de limpieza en concreto pobre de f'c = 14 MPa (140 kg/cm^2) y 0.10 m de espesor.

Figura 17. Detalle de Cimentación y Estructura de Pozo de Inspección en Concreto



Control de Aguas y Seguridad:

- En caso de precipitaciones intensas que generen acumulación de aguas de escorrentía dentro de la zanja, el constructor debe disponer de bombas tragasólidos para el achique inmediato. No se permitirá la colocación de cama de apoyo ni tuberías sobre estratos inundados o ablandados.

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Ing. Civil UFPS – Esp. En Geotecnia Ambiental UDES
MP. 54202-72031 NTS - CC. 88.215.089 de Cúcuta

10. REFERENCIAS

BOWLES J. E. Foundation analysis and design. McGraw-Hill, 1997.

Das D. Shallow Foundations-Bearing capacity and settlement. Taylor & Francis Group, 2009.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10), marzo de 2010.

INVIAS. Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, Artículo 220-13.

VICEMINISTRO DE AGUA Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Resolución 330 de junio 8 de 2017.

ANEXOS

ANEXO A-1. REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 1. Exploración de Campo S-01



Foto 2. Exploración de Campo S-01



Foto 3. Exploración de Campo S-02

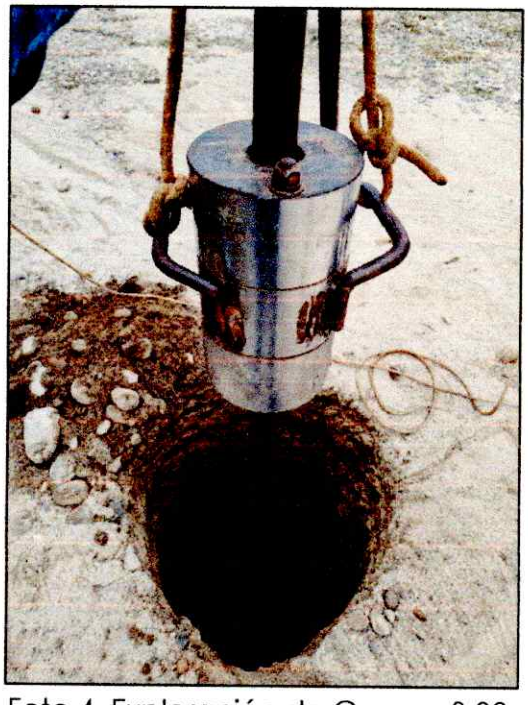


Foto 4. Exploración de Campo S-02



Foto 5. Exploración de Campo S-03



Foto 6. Exploración de Campo S-03



Foto 7. Exploración de Campo S-04



Foto 8. Exploración de Campo S-04

382

ANEXO A-2 PERFILES DE SUELOS

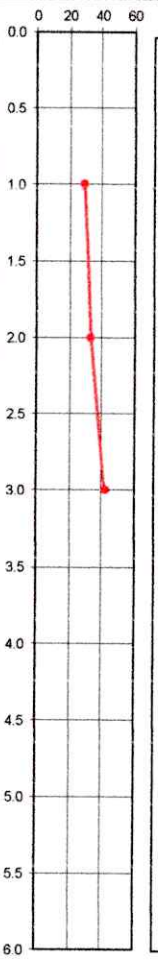
PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE: MUNICIPIO DE SARAVENA — **CONTRATO:**

TECNICA DE INVESTIGACIÓN : SONDEO CON SPT
COTAS DE REFERENCIA : NIVEL DEL TERRENO TOPOGRAFIA
FECHA : JULIO DE 2026
UBICACIÓN : CALLE 30A CARRERA 19A
PROFUNDIDAD FINAL : 4.00 m
NIVEL FREÁTICO : N.A.
6°57'21.97"N
71°52'55.52"O
PERFORACIÓN S-01

PROF. METROS	COTA	ESTRATO	SIMBOLO GRÁFICO	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	DESCRIPCIÓN DE SUELO	N SPT CON PUNTAZA N1	N2	N3	N	MUESTREO TIPO	No.	PROF.
0.00	229.43												
0.20													
0.40													
0.60		1				GRAVA LIMOSA CON ARENA CON SOBRETAMAÑOS HASTA 4"					MAB	1	0.60 m
0.80													
1.00				GM	A-1-b	COLOR GRIS	8	13	16	29			
1.20	228.23												
1.40													
1.60													
1.80													
2.00				GM	A-1-b	GRAVA LIMOSA CON ARENA CON SOBRETAMAÑAOS HASTA 4" COLOR AMARILLA	11	14	19	33	MAB	2	2.00 m
2.20													
2.40													
2.60		2											
2.80						GRAVA LIMOSA CON ARENA							
3.00				GM	A-1-b	CON SOBRETAMAÑAOS HASTA 6" COLOR AMARILLA	15	20	22	42	MAB	3	3.00 m
3.20													
3.40													
3.60													
3.80													
4.00	225.43												
4.20						FIN DE LA EXPLORACIÓN							
4.40													
4.60													
4.80													
5.00													
5.20													
5.40													
5.60													
5.80													
6.00													



OBSERVACIONES:

MAB: Muestra altera en bolsa CBR: Muestra inaletrada en molde MIT: Muestra inaletrada en Tubo Shelby

REALIZÓ: SEINCO CONTROL INGENIERIA Y SERVICIOS SAS		REVISO:
Enderson Cacua		
ENDERSON JADIR CACUA RICO Laboratorista	Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS	

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

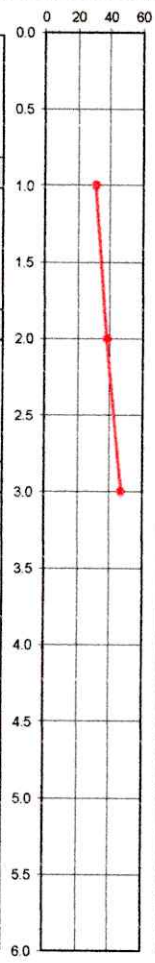
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE: MUNICIPIO DE SARAVENA — **CONTRATO:**

TECNICA DE INVESTIGACIÓN : SONDEO CON SPT
COTAS DE REFERENCIA : NIVEL DEL TERRENO TOPOGRAFIA
FECHA : JULIO DE 2026
UBICACIÓN : CALLE 30A CARRERA 18
PROFUNDIDAD FINAL : 4.00 m
NIVEL FREÁTICO : N.A.
6°57'26.76"N
71°52'50.50"O
PERFORACIÓN S-02

PROF. METROS	COTA	ESTRATO	SIMBOLO GRÁFICO	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	DESCRIPCIÓN DE SUELO	N SPT CON PUNTAZA N1	N2	N3	N	MUESTREO TIPO	No.	PROF.
0.00	226.32												
0.20													
0.40						GRAVA LIMOSA CON ARENA							
0.60		1		GM	A-1-b	CON SOBRETAMAÑOS HASTA 4"					MAB	1	0.60 m
0.80						COLOR GRIS							
1.00	225.32						9	14	17	31			
1.20													
1.40													
1.60													
1.80						GRAVA LIMOSA CON ARENA							
2.00				GM	A-1-b	CON SOBRETAMAÑAOS HASTA 4"	13	18	20	38	MAB	2	2.00 m
2.20						COLOR AMARILLA							
2.40		2											
2.60													
2.80						GRAVA LIMOSA CON ARENA							
3.00				GM	A-1-b	CON SOBRETAMAÑAOS HASTA 6"	16	22	25	47	MAB	3	3.00 m
3.20						COLOR AMARILLA							
3.40													
3.60													
3.80													
4.00	222.32												
4.20						FIN DE LA EXPLORACIÓN							
4.40													
4.60													
4.80													
5.00													
5.20													
5.40													
5.60													
5.80													
6.00													

Gráfico N vs Profundidad



OBSERVACIONES:

MAB: Muestra altera en bolsa CBR: Muestra inaletrada en molde MIT: Muestra inaletrada en Tubo Shelby

REALIZÓ: SEINCO CONTROL INGENIERIA Y SERVICIOS SAS		REVISO:
Enderson Cacua		
ENDERSON JADIR CACUA RICO Laboratorista	Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS	

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE: MUNICIPIO DE SARAVENA **CONTRATO:**

TECNICA DE INVESTIGACIÓN : SONDEO CON SPT **UBICACIÓN** : CARRERA 17 CALLE 21 **PERFORACIÓN**

COTAS DE REFERENCIA : NIVEL DEL TERRENO TOPOGRAFIA **PROFUNDIDAD FINAL** : 4.00 m 6°57'28.75"N **S-03**

FECHA : JULIO DE 2026 **NIVEL FREÁTICO** : N.A. 71°52'46.55"O

PROF. METROS	COTA	ESTRATO	SIMBOLO GRÁFICO	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	DESCRIPCIÓN DE SUELO	N SPT CON PUNTAZA N1	N2	N3	N	Gráfico N vs Profundidad	MUESTREO TIPO	No.	PROF.
0.00	225.59													
0.20						AFIRMADO GRANULAR TM 4"								
0.40														
0.60		1		SM	A-2-4	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLA						MAB	1	0.60 m
0.80														
1.00	224.59						7	12	15	27				
1.20														
1.40														
1.60														
1.80						GRAVA LIMOSA CON ARENA								
2.00				GM	A-1-b	CON SOBRETAMAÑAOS HASTA 4"	14	16	20	36		MAB	2	2.00 m
2.20						COLOR AMARILLA								
2.40														
2.60		2												
2.80						GRAVA LIMOSA CON ARENA								
3.00				GM	A-1-b	CON SOBRETAMAÑAOS HASTA 6"	18	22	26	48		MAB	3	3.00 m
3.20						COLOR AMARILLA								
3.40														
3.60														
3.80														
4.00	221.59													
4.20						FIN DE LA EXPLORACIÓN								
4.40														
4.60														
4.80														
5.00														
5.20														
5.40														
5.60														
5.80														
6.00														

Gráfico N vs Profundidad: 0 20 40 60 | 0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5 6.0

OBSERVACIONES:

MAB: Muestra altera en bolsa CBR: Muestra inaletrada en molde MIT: Muestra inaletrada en Tubo Shelby

REALIZÓ: SEINCO CONTROL INGENIERIA Y SERVICIOS SAS		REVISO:
Enderson Cacua	Joaquin Eduardo	
ENDERSON JADIR CACUA RICO Laboratorista	Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS	

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

SEINCO SAS	**JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT** **Ingeniero Civil UFPS – Esp. Geotecnia Ambiental UDES**	**Fecha:** Julio de 2026
	CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	**ESTUDIO DE SUELOS Y GEOTÉCNICO** **Página 65**

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

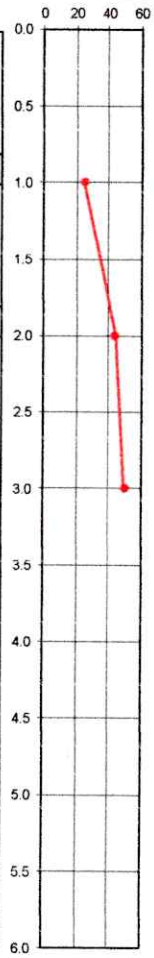
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE SARAVENA **CONTRATO:**

TECNICA DE INVESTIGACIÓN : SONDEO CON SPT **UBICACIÓN** : CALLE 31 CARRERA 16 **PERFORACIÓN**

COTAS DE REFERENCIA : NIVEL DEL TERRENO TOPOGRAFIA **PROFUNDIDAD FINAL** : 4.00 m 6°57'31.64"N **S-04**

FECHA : JULIO DE 2026 **NIVEL FREÁTICO** : N.A. 71°52'43.19"O

PROF. METROS	COTA	ESTRATO	SIMBOLO GRÁFICO	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	DESCRIPCIÓN DE SUELO	N SPT CON PUNTAZA N1	N2	N3	N	MUESTREO TIPO	No.	PROF.
0.00	224.12												
0.20	223.92					AFIRMADO GRANULAR TM 4"							
0.40													
0.60		1		SM	A-2-4	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLA					MAB	1	0.60 m
0.80													
1.00							6	10	15	25			
1.20	222.72												
1.40													
1.60													
1.80						GRAVA LIMOSA CON ARENA							
2.00				GM	A-1-b	CON SOBRETAMAÑAOS HASTA 4"	14	19	25	44	MAB	2	2.00 m
2.20						COLOR AMARILLA							
2.40		2											
2.60													
2.80						GRAVA LIMOSA CON ARENA							
3.00				GM	A-1-b	CON SOBRETAMAÑAOS HASTA 6"	20	24	26	50	MAB	3	3.00 m
3.20						COLOR AMARILLA							
3.40													
3.60													
3.80													
4.00	220.12												
4.20						FIN DE LA EXPLORACIÓN							
4.40													
4.60													
4.80													
5.00													
5.20													
5.40													
5.60													
5.80													
6.00													



OBSERVACIONES:

MAB: Muestra altera en bolsa CBR: Muestra inaletrada en molde MIT: Muestra inaletrada en Tubo Shelby

REALIZÓ: SEINCO CONTROL INGENIERIA Y SERVICIOS SAS		REVISO:
Enderson Cacua		
ENDERSON JADIR CACUA RICO Laboratorista	Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS	

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

ANEXO A-3 ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-01
MUESTRA: M1

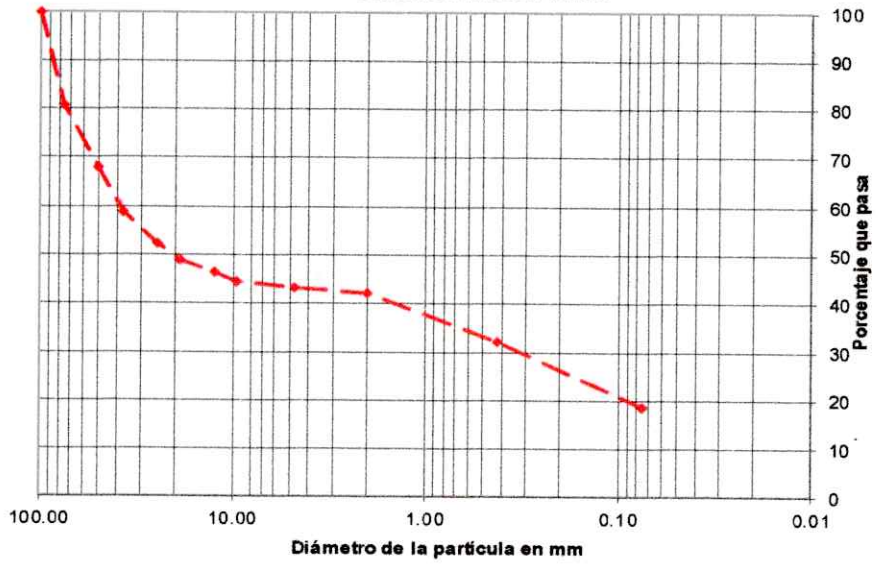
Peso Total 1 6,210.00 grs
Peso Total 2 5,059.00 grs
Pérdida por Lavado 1,151.00 grs

Descripción: GRAVA LIMOSA CON ARENA
CON SOBRETAMAÑO HASTA DE 4"
Color GRIS

LL: -
IP: -
USC: GM
AASHTO: A-1-b

GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

CURVA GRANULOMETRICA



Ref. NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	1,212.00	19.52	19.52	80.48	
50.000 mm	2"	786.00	12.66	32.17	67.83	-
37.500 mm	1 1/2"	568.00	9.15	41.32	58.68	-
25.000 mm	1"	402.00	6.47	47.79	52.21	-
19.000 mm	3/4"	206.00	3.32	51.11	48.89	-
12.500 mm	1/2"	154.00	2.48	53.59	46.41	-
9.500 mm	3/8"	135.00	2.17	55.76	44.24	-
4.750 mm	No. 4	68.00	1.10	56.86	43.14	-
2.000 mm	No. 10	59.00	0.95	57.81	42.19	-
0.420 mm	No. 40	622.00	10.02	67.83	32.17	-
0.075 mm	No. 200	847.00	13.64	81.47	18.53	-
Fondo		1,151.00	18.53	100.00	0.00	-
Suma=		6,210.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 56.86 %
ARENAS 24.61 %
FINOS 18.53 %

PROYECTO:
CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE SARAVENA

MATERIAL: GRAVA LIMOSA CON ARENA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No.:

FECHA: JULIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-01
MUESTRA: M2

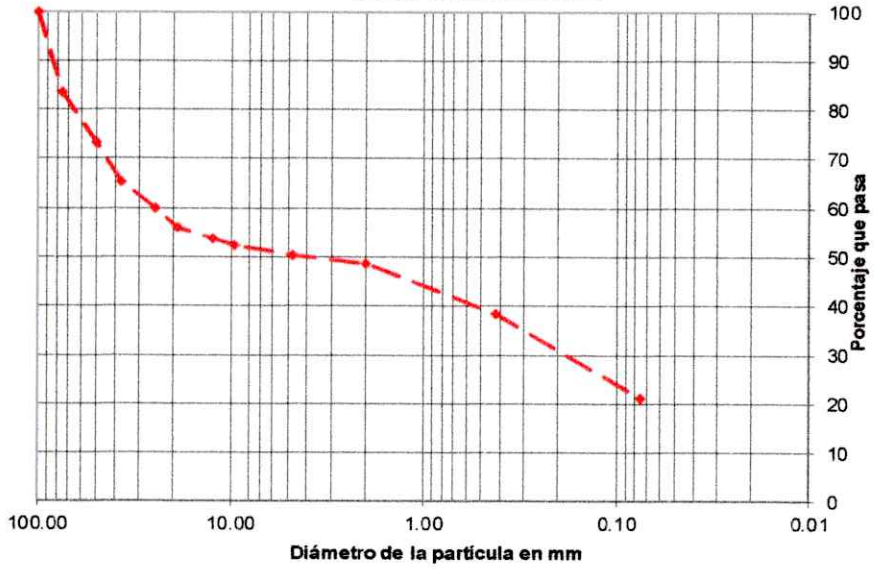
Peso Total 1 5,612.00 grs
Peso Total 2 4,431.00 grs
Pérdida por Lavado 1,181.00 grs

Descripción: GRAVA LIMOSA CON ARENA
CON SOBRETAMAÑO HASTA DE 4"
Color amarillo

LL: -
IP: -
USC: GM
AASHTO: A-1-b

GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	922.00	16.43	16.43	83.57	
50.000 mm	2"	587.00	10.46	26.89	73.11	-
37.500 mm	1 1/2"	432.00	7.70	34.59	65.41	-
25.000 mm	1"	312.00	5.56	40.15	59.85	-
19.000 mm	3/4"	226.00	4.03	44.17	55.83	-
12.500 mm	1/2"	122.00	2.17	46.35	53.65	-
9.500 mm	3/8"	85.00	1.51	47.86	52.14	-
4.750 mm	No. 4	112.00	2.00	49.86	50.14	-
2.000 mm	No. 10	92.00	1.64	51.50	48.50	-
0.420 mm	No. 40	568.00	10.12	61.62	38.38	-
0.075 mm	No. 200	973.00	17.34	78.96	21.04	-
Fondo		1,181.00	21.04	100.00	0.00	-
Suma=		5,612.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 49.86 %
ARENAS 29.10 %
FINOS 21.04 %

PROYECTO:
CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE SARAVENA

MATERIAL: GRAVA LIMOSA CON ARENA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No.:

FECHA: JULIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-01
MUESTRA: M3

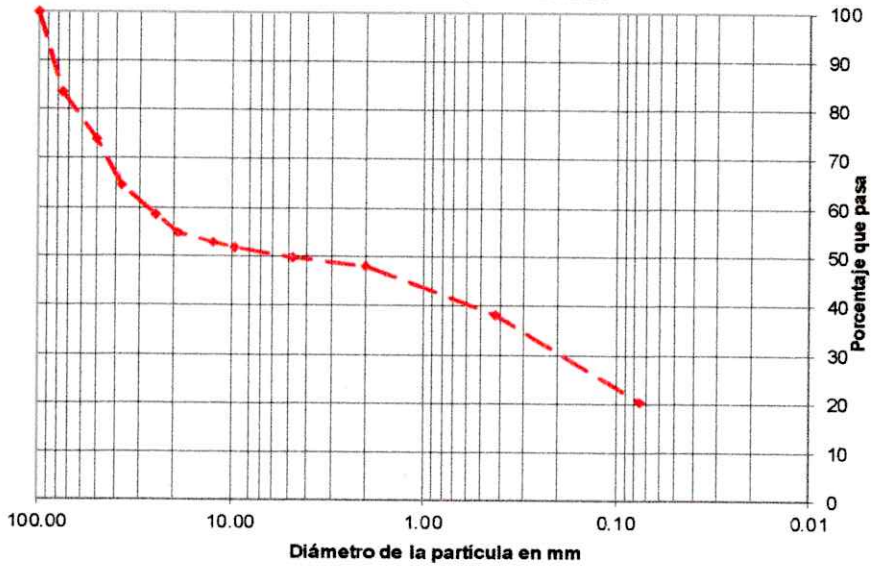
Peso Total 1	4,812.00 grs
Peso Total 2	3,843.00 grs
Pérdida por Lavado	969.00 grs

Descripción: GRAVA LIMOSA CON ARENA CON SOBRETAMAÑO HASTA DE 4"
Color amarillo

GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

LL: -
IP: -
USC: GM
AASHTO: A-1-b

CURVA GRANULOMETRICA



TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	802.00	16.67	16.67	83.33	
50.000 mm	2"	465.00	9.66	26.33	73.67	-
37.500 mm	1 1/2"	438.00	9.10	35.43	64.57	-
25.000 mm	1"	298.00	6.19	41.63	58.37	-
19.000 mm	3/4"	174.00	3.62	45.24	54.76	-
12.500 mm	1/2"	98.00	2.04	47.28	52.72	-
9.500 mm	3/8"	47.00	0.98	48.25	51.75	-
4.750 mm	No. 4	96.00	2.00	50.25	49.75	-
2.000 mm	No. 10	78.00	1.62	51.87	48.13	-
0.420 mm	No. 40	486.00	10.10	61.97	38.03	-
0.075 mm	No. 200	861.00	17.89	79.86	20.14	-
Fondo		969.00	20.14	100.00	0.00	-
Suma=		4,812.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	50.25 %
ARENAS	29.61 %
FINOS	20.14 %

Ref: NTC 77-78

PROYECTO:
CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE SARAVENA

MATERIAL: GRAVA LIMOSA CON ARENA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No.:

FECHA: JULIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-02
MUESTRA: M1

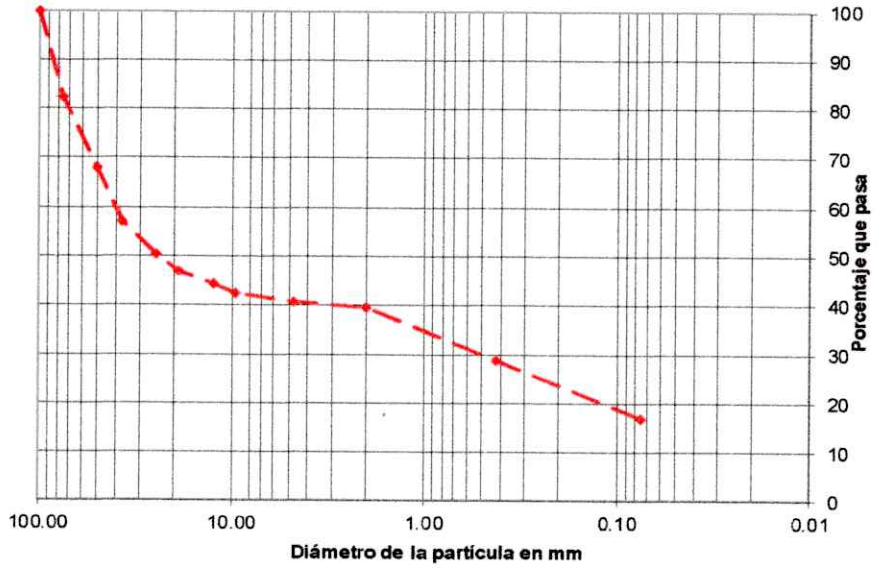
Peso Total 1 5,826.00 grs
Peso Total 2 4,848.00 grs
Pérdida por Lavado 978.00 grs

Descripción: GRAVA LIMOSA CON ARENA
CON SOBRETAMAÑO HASTA DE 4"
Color gris

LL: -
IP: -
USC: GM
AASHTO: A-1-b

GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

CURVA GRANULOMETRICA



Ref. NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	1,038.00	17.82	17.82	82.18	
50.000 mm	2"	842.00	14.45	32.27	67.73	-
37.500 mm	1 1/2"	616.00	10.57	42.84	57.16	-
25.000 mm	1"	404.00	6.93	49.78	50.22	-
19.000 mm	3/4"	202.00	3.47	53.24	46.76	-
12.500 mm	1/2"	141.00	2.42	55.66	44.34	-
9.500 mm	3/8"	118.00	2.03	57.69	42.31	-
4.750 mm	No. 4	98.00	1.68	59.37	40.63	-
2.000 mm	No. 10	63.00	1.08	60.45	39.55	-
0.420 mm	No. 40	624.00	10.71	71.16	28.84	-
0.075 mm	No. 200	702.00	12.05	83.21	16.79	-
Fondo		978.00	16.79	100.00	0.00	-
Suma=		5,826.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	59.37 %
ARENAS	23.84 %
FINOS	16.79 %

PROYECTO:
CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE SARAVENA

MATERIAL: GRAVA LIMOSA CON ARENA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No.:

FECHA: JULIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-02
MUESTRA: M2

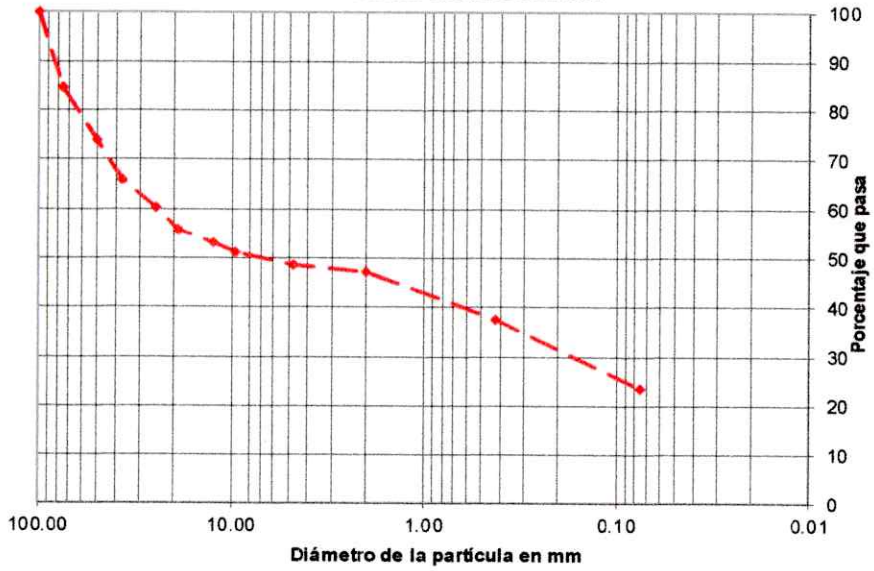
Peso Total 1 4,702.00 grs
Peso Total 2 3,604.00 grs
Pérdida por Lavado 1,098.00 grs

Descripción: GRAVA LIMOSA CON ARENA
CON SOBRETAMAÑO HASTA DE 4"
Color amarillo

LL: -
IP: -
USC: GM
AASHTO: A-1-b

GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	724.00	15.40	15.40	84.60	
50.000 mm	2"	503.00	10.70	26.10	73.90	-
37.500 mm	1 1/2"	384.00	8.17	34.26	65.74	-
25.000 mm	1"	262.00	5.57	39.83	60.17	-
19.000 mm	3/4"	206.00	4.38	44.22	55.78	-
12.500 mm	1/2"	131.00	2.79	47.00	53.00	-
9.500 mm	3/8"	84.00	1.79	48.79	51.21	-
4.750 mm	No. 4	122.00	2.59	51.38	48.62	-
2.000 mm	No. 10	68.00	1.45	52.83	47.17	-
0.420 mm	No. 40	457.00	9.72	62.55	37.45	-
0.075 mm	No. 200	663.00	14.10	76.65	23.35	-
Fondo		1,098.00	23.35	100.00	0.00	-
Suma=		4,702.00	100.0			

Cu= _____
Cc= _____

GRAVAS	51.38 %
ARENAS	25.27 %
FINOS	23.35 %

PROYECTO:
CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE SARAVENA

MATERIAL: GRAVA LIMOSA CON ARENA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No.:

FECHA: JULIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-02
MUESTRA: M3

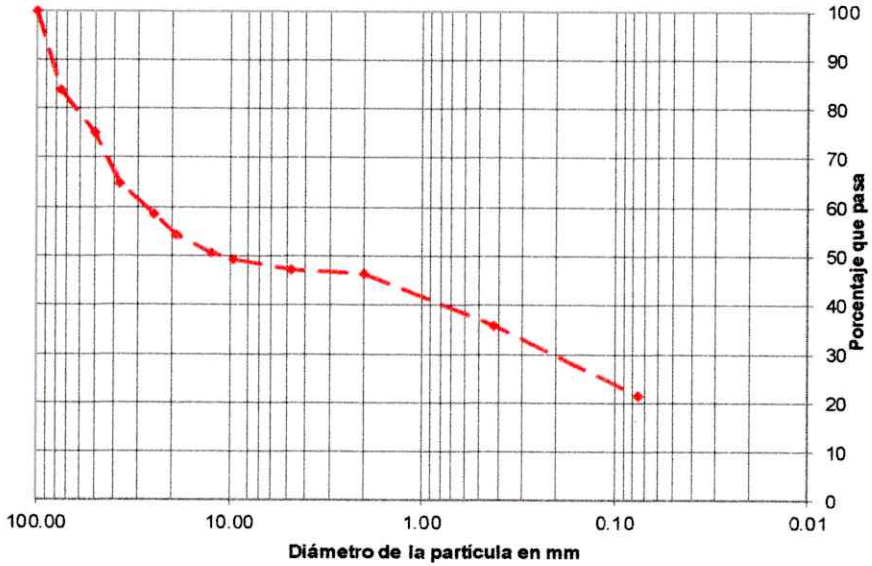
Peso Total 1 4,809.00 grs
Peso Total 2 3,776.00 grs
Pérdida por Lavado 1,033.00 grs

Descripción: GRAVA LIMOSA CON ARENA CON BLOQUES CON SOBRETAMAÑO HASTA DE 4"
Color amarillo

LL: -
IP: -
USC: GM
AASHTO: A-1-b

GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	782.00	16.26	16.26	83.74	
50.000 mm	2"	426.00	8.86	25.12	74.88	-
37.500 mm	1 1/2"	482.00	10.02	35.14	64.86	-
25.000 mm	1"	302.00	6.28	41.42	58.58	-
19.000 mm	3/4"	214.00	4.45	45.87	54.13	-
12.500 mm	1/2"	172.00	3.58	49.45	50.55	-
9.500 mm	3/8"	68.00	1.41	50.86	49.14	-
4.750 mm	No. 4	96.00	2.00	52.86	47.14	-
2.000 mm	No. 10	44.00	0.91	53.77	46.23	-
0.420 mm	No. 40	504.00	10.48	64.25	35.75	-
0.075 mm	No. 200	686.00	14.26	78.52	21.48	-
Fondo		1,033.00	21.48	100.00	0.00	-
Suma=		4,809.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 52.86 %
ARENAS 25.66 %
FINOS 21.48 %

PROYECTO:
CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE SARAVENA

MATERIAL: GRAVA LIMOSA CON ARENA CON BLOQUES

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO NO.:

FECHA: JULIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-02
MUESTRA: M1

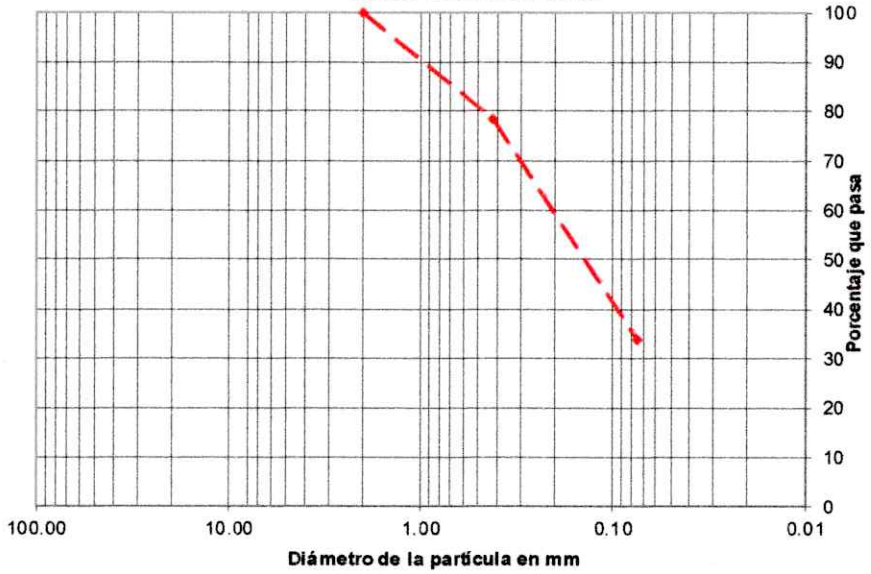
Peso Total 1 1,404.00 grs
Peso Total 2 930.00 grs
Pérdida por Lavado 474.00 grs

Descripción: ARENA LIMOSA
De granulometria fina
Color amariila

LL: -
IP: -
USC: SM
AASHTO: A-2-4

GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	302.00	21.51	21.51	78.49	-
0.075 mm	No. 200	628.00	44.73	66.24	33.76	-
Fondo		474.00	33.76	100.00	0.00	-
Suma=		1,404.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 0.00 %
ARENAS 66.24 %
FINOS 33.76 %

PROYECTO:
CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE SARAVENA

MATERIAL: ARENA LIMOSA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No.:

FECHA: JULIO DE 2026

294

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-03
MUESTRA: M2

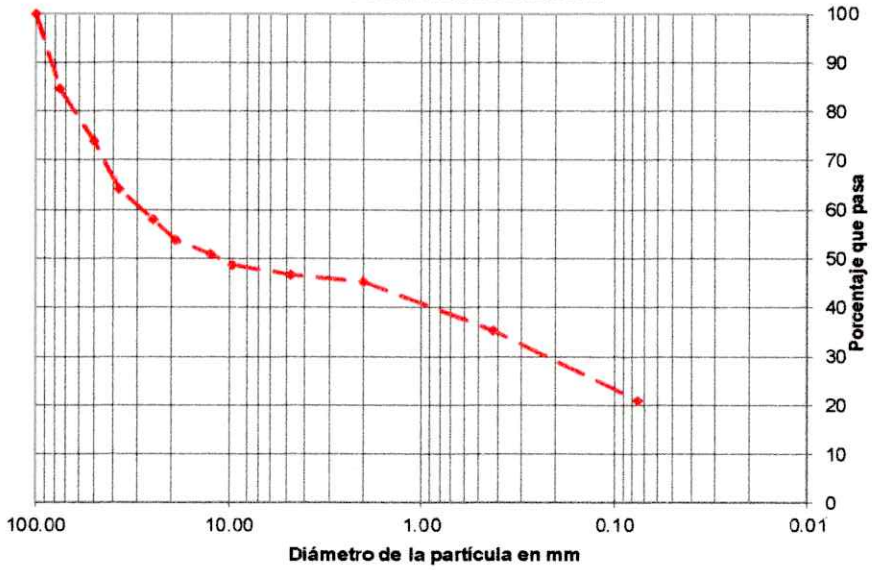
Peso Total 1 4,206.00 grs
Peso Total 2 3,336.00 grs
Pérdida por Lavado 870.00 grs

Descripción: GRAVA LIMOSA CON ARENA
CON SOBRETAMAÑO HASTA DE 4"
Color amarillo

LL: -
IP: -
USC: GM
AASHTO: A-1-b

GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	653.00	15.53	15.53	84.47	
50.000 mm	2"	452.00	10.75	26.27	73.73	-
37.500 mm	1 1/2"	398.00	9.46	35.73	64.27	-
25.000 mm	1"	271.00	6.44	42.18	57.82	-
19.000 mm	3/4"	178.00	4.23	46.41	53.59	-
12.500 mm	1/2"	116.00	2.76	49.17	50.83	-
9.500 mm	3/8"	96.00	2.28	51.45	48.55	-
4.750 mm	No. 4	78.00	1.85	53.30	46.70	-
2.000 mm	No. 10	64.00	1.52	54.83	45.17	-
0.420 mm	No. 40	412.00	9.80	64.62	35.38	-
0.075 mm	No. 200	618.00	14.69	79.32	20.68	-
Fondo		870.00	20.68	100.00	0.00	-
Suma=		4,206.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	53.30 %
ARENAS	26.01 %
FINOS	20.69 %

PROYECTO:
CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE SARAVENA

MATERIAL: GRAVA LIMOSA CON ARENA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No.:

FECHA: JULIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-03
MUESTRA: M3

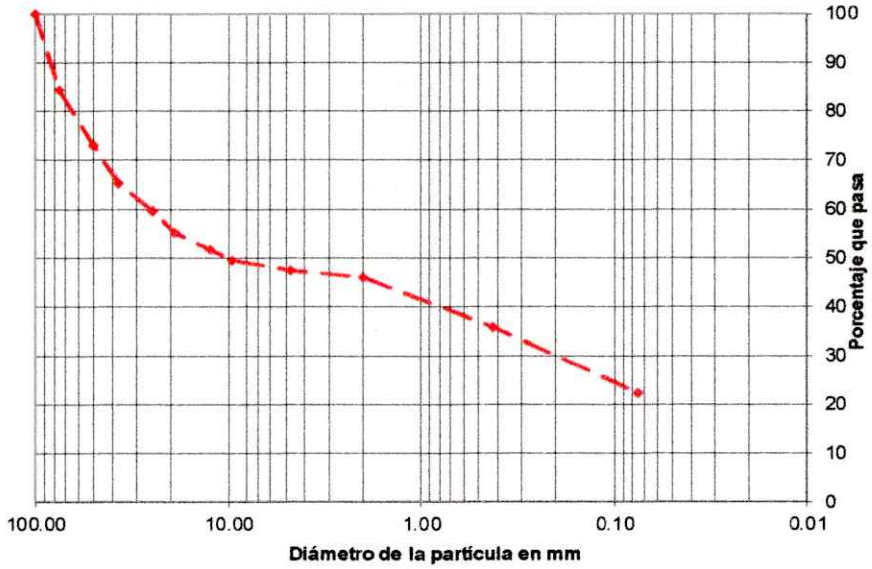
Peso Total 1	5,202.00	grs
Peso Total 2	4,041.00	grs
Pérdida por Lavado	1,161.00	grs

Descripción: GRAVA LIMOSA CON ARENA
CON SOBRETAMAÑO HASTA DE 4"
Color amarillo

GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

LL: -
IP: -
USC: GM
AASHTO: A-1-b

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	823.00	15.82	15.82	84.18	
50.000 mm	2"	582.00	11.19	27.01	72.99	-
37.500 mm	1 1/2"	404.00	7.77	34.78	65.22	-
25.000 mm	1"	292.00	5.61	40.39	59.61	-
19.000 mm	3/4"	233.00	4.48	44.87	55.13	-
12.500 mm	1/2"	185.00	3.56	48.42	51.58	-
9.500 mm	3/8"	114.00	2.19	50.62	49.38	-
4.750 mm	No. 4	96.00	1.85	52.46	47.54	-
2.000 mm	No. 10	82.00	1.58	54.04	45.96	-
0.420 mm	No. 40	526.00	10.11	64.15	35.85	-
0.075 mm	No. 200	704.00	13.53	77.68	22.32	-
Fondo		1,161.00	22.32	100.00	0.00	-
Suma=		5,202.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	52.46 %
ARENAS	25.22 %
FINOS	22.32 %

PROYECTO:
CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE SARAVENA

MATERIAL: GRAVA LIMOSA CON ARENA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No.:

FECHA: JULIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-04
MUESTRA: M1

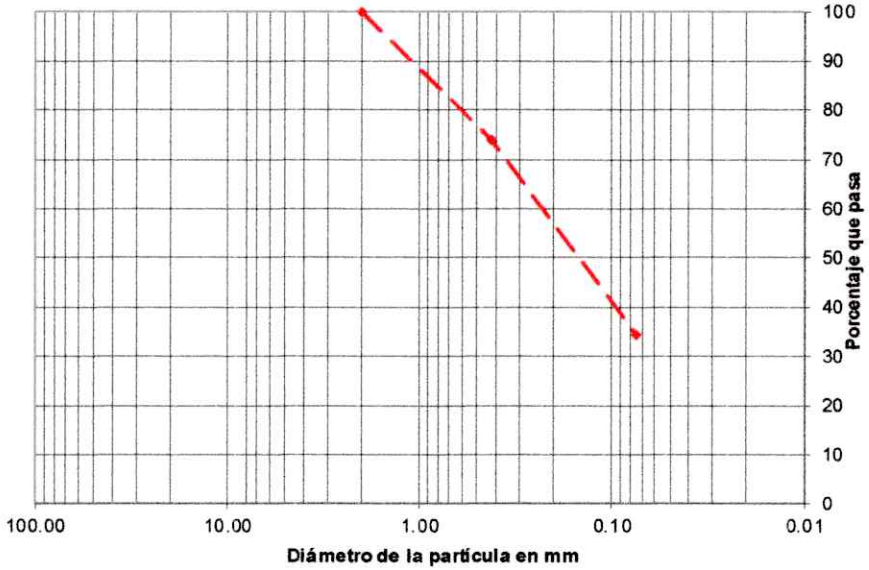
Peso Total 1 1,526.00 grs
Peso Total 2 1,003.00 grs
Pérdida por Lavado 523.00 grs

Descripción: ARENA LIMOSA
De granulometria fina
Color amariila

LL: -
IP: -
USC: SM
AASHTO: A-4

GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	398.00	26.08	26.08	73.92	-
0.075 mm	No. 200	605.00	39.65	65.73	34.27	-
Fondo		523.00	34.27	100.00	0.00	-
Suma=		1,526.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 0.00 %
ARENAS 65.73 %
FINOS 34.27 %

PROYECTO:
CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE SARAVENA

MATERIAL: ARENA LIMOSA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No.:

FECHA: JULIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-04
MUESTRA: M2

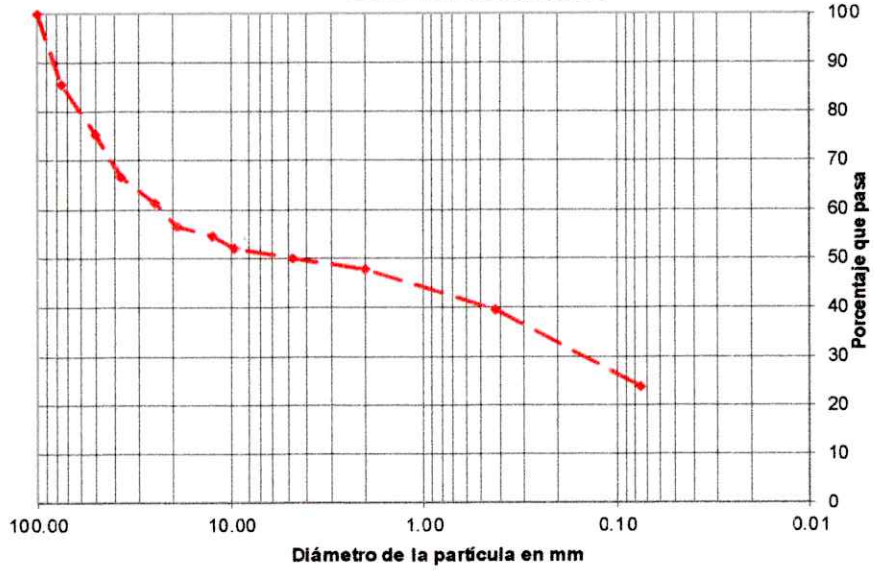
Peso Total 1 4,512.00 grs
Peso Total 2 3,451.00 grs
Pérdida por Lavado 1,061.00 grs

Descripción: GRAVA LIMOSA CON ARENA
CON SOBRETAMAÑO HASTA DE 4"
Color amarillo

LL: -
IP: -
USC: GM
AASHTO: A-1-b

GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	652.00	14.45	14.45	85.55	
50.000 mm	2"	463.00	10.26	24.71	75.29	-
37.500 mm	1 1/2"	382.00	8.47	33.18	66.82	-
25.000 mm	1"	251.00	5.56	38.74	61.26	-
19.000 mm	3/4"	220.00	4.88	43.62	56.38	-
12.500 mm	1/2"	81.00	1.80	45.41	54.59	-
9.500 mm	3/8"	112.00	2.48	47.89	52.11	-
4.750 mm	No. 4	96.00	2.13	50.02	49.98	-
2.000 mm	No. 10	102.00	2.26	52.28	47.72	-
0.420 mm	No. 40	374.00	8.29	60.57	39.43	-
0.075 mm	No. 200	718.00	15.91	76.48	23.52	-
Fondo		1,061.00	23.52	100.00	0.00	-
Suma=		4,512.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 50.02 %
ARENAS 26.46 %
FINOS 23.52 %

PROYECTO:
CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE SARAVENA

MATERIAL: GRAVA LIMOSA CON ARENA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No.

FECHA: JULIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-04
MUESTRA: M3

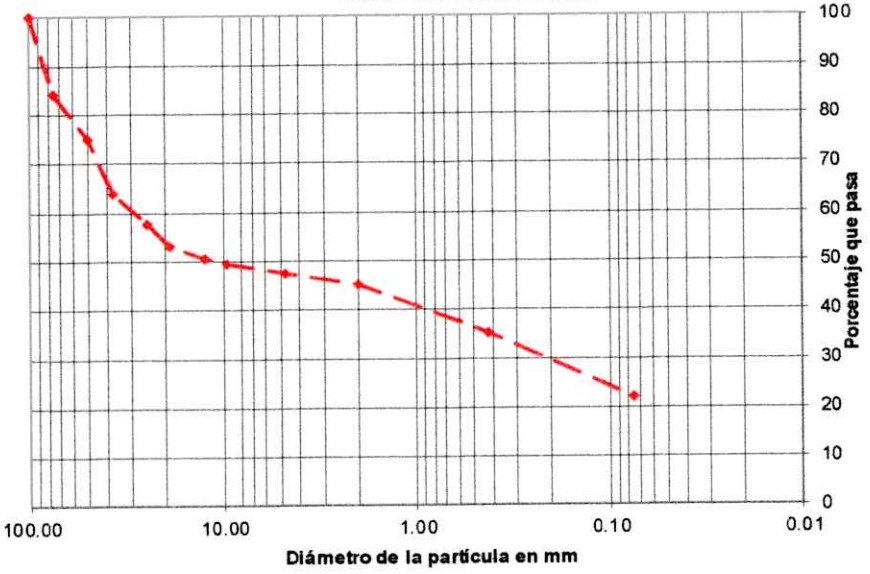
Peso Total 1 4,220.00 grs
Peso Total 2 3,291.00 grs
Pérdida por Lavado 929.00 grs

Descripción: GRAVA LIMOSA CON ARENA CON SOBRETAMAÑO HASTA DE 4"
Color amarillo

LL: -
IP: -
USC: GM
AASHTO: A-1-b

GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	

CURVA GRANULOMETRICA



Ref. NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	679.00	16.09	16.09	83.91	
50.000 mm	2"	384.00	9.10	25.19	74.81	-
37.500 mm	1 1/2"	458.00	10.85	36.04	63.96	-
25.000 mm	1"	272.00	6.45	42.49	57.51	-
19.000 mm	3/4"	184.00	4.36	46.85	53.15	-
12.500 mm	1/2"	106.00	2.51	49.36	50.64	-
9.500 mm	3/8"	56.00	1.33	50.69	49.31	-
4.750 mm	No. 4	75.00	1.78	52.46	47.54	-
2.000 mm	No. 10	102.00	2.42	54.88	45.12	-
0.420 mm	No. 40	416.00	9.86	64.74	35.26	-
0.075 mm	No. 200	559.00	13.25	77.99	22.01	-
Fondo		929.00	22.01	100.00	0.00	-
Suma=		4,220.00	100.0			

Cu=	6.67	GRAVAS	52.46 %
Cc=	0.74	ARENAS	25.52 %
		FINOS	22.02 %

PROYECTO:
CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE SARAVENA

MATERIAL: GRAVA LIMOSA CON ARENA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS

CONTRATO No:

FECHA: JULIO DE 2026

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE SARAVENA			**APIQUE No.**	S-01
FECHA	JULIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	0.60 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	GRAVA LIMOSA CON ARENA COLOR GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	10302		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4354		
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.057		
Humedad natural del suelo (%)	8.41		
Densidad seca (gr/cm3)	1.897		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE SARAVENA			**APIQUE No.**	S-01
FECHA	JULIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	2.00 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	GRAVA LIMOSA CON ARENA COLOR AMARILLA				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	10402		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4454		
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.104		
Humedad natural del suelo (%)	10.53		
Densidad seca (gr/cm3)	1.904		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE SARAVENA			**APIQUE No.**	S-01
FECHA	JULIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	3.00 m	**MUESTRA No.**	3
DESCRIPCION	GRAVA LIMOSA CON ARENA COLOR AMARILLA				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	10427		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4479		
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.116		
Humedad natural del suelo (%)	8.25		
Densidad seca (gr/cm3)	1.955		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE SARAVENA			**APIQUE No.**	S-02
FECHA	JULIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	0.60 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	GRAVA LIMOSA CON ARENA COLOR GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	10285		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4337		
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.049		
Humedad natural del suelo (%)	6.49		
Densidad seca (gr/cm3)	1.924		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE SARAVENA			**APIQUE No.**	S-02
FECHA	JULIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	2.00 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	GRAVA LIMOSA CON ARENA COLOR AMARILLA				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	10389		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4441		
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.098		
Humedad natural del suelo (%)	11.74		
Densidad seca (gr/cm3)	1.877		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE SARAVENA			**APIQUE No.**	S-02
FECHA	JULIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	3.00 m	**MUESTRA No.**	3
DESCRIPCION	GRAVA LIMOSA CON ARENA COLOR AMARILLA				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	10412		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4464		
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.109		
Humedad natural del suelo (%)	8.28		
Densidad seca (gr/cm3)	1.948		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

SEINCO SAS	**JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT** **Ingeniero Civil UFPS – Esp. Geotecnia Ambiental UDES**	Fecha: Julio de 2026
	CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	ESTUDIO DE SUELOS Y GEOTÉCNICO **Página 85**

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE SARAVENA			**APIQUE No.**	S-03
FECHA	JULIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	0.60 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLA				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9857		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3909		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.847		
Humedad natural del suelo (%)	11.32		
Densidad seca (gr/cm3)	1.659		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 54202272031 NTS

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE SARAVENA			**APIQUE No.**	S-03
FECHA	JULIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	2.00 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	GRAVA LIMOSA CON ARENA COLOR AMARILLA				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	10357		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4409		
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.083		
Humedad natural del suelo (%)	9.58		
Densidad seca (gr/cm3)	1.901		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE SARAVENA			**APIQUE No.**	S-03
FECHA	JULIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	3.00 m	**MUESTRA No.**	3
DESCRIPCION	GRAVA LIMOSA CON ARENA COLOR AMARILLA				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	10421		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4473		
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.113		
Humedad natural del suelo (%)	8.96		
Densidad seca (gr/cm3)	1.939		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE SARAVENA			**APIQUE No.**	S-04
FECHA	JULIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	0.60 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA DE COLOR AMARILLA				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9875		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3927		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.855		
Humedad natural del suelo (%)	10.48		
Densidad seca (gr/cm3)	1.679		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE SARAVENA			APIQUE No.	S-04
FECHA	JULIO DE 2026	PROFUNDIDAD	2.00 m	MUESTRA No.	2
DESCRIPCION	GRAVA LIMOSA CON ARENA COLOR AMARILLA				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	10347		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4399		
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.078		
Humedad natural del suelo (%)	9.18		
Densidad seca (gr/cm3)	1.903		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE SARAVENA			**APIQUE No.**	S-04
FECHA	JULIO DE 2026	**PROFUNDIDAD**	3.00 m	**MUESTRA No.**	3
DESCRIPCION	GRAVA LIMOSA CON ARENA COLOR AMARILLA				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	10408		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4460		
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.107		
Humedad natural del suelo (%)	7.63		
Densidad seca (gr/cm3)	1.958		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M.
MP. 5420272031 NTS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	ALCANTARILLADO BARRIO LOS LIBERTADORES SARAVENA				
SONDEO No. :	S-01				
MUESTRA No. :	1 (Grava limosa, color gris)				
PROFUNDIDAD :	0.60 metros				
Ao (cm^2):	17.40	Peso humedo(W1):	58.96	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	8	Peso seco(W2):	49.82		
		Peso tara(W3):	6.95	σn (Kg/cm^2) :	0.46
		Humedad (%):	21.32		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$\tau = Q/A$ (Kg/cm^2)	TAN $\phi = \tau / \sigma n$
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
9	10	491	0.73	0.04	0.0911
13	20	489	1.05	0.06	0.1316
17	30	486	1.38	0.08	0.1721
22	40	484	1.78	0.10	0.2228
28	50	483	2.27	0.13	0.2835
34	60	482	2.75	0.16	0.3443
40	80	481	3.24	0.19	0.4050
45	100	479	3.65	0.21	0.4556
50	120	477	4.05	0.23	0.5063
56	140	476	4.54	0.26	0.5670
62	160	474	5.02	0.29	0.6278
65	180	473	5.27	0.30	0.6581
67	200	471	5.43	0.31	0.6784
71	250	470	5.75	0.33	0.7189
72	300	468	5.83	0.34	0.7290
73	350	466	5.91	0.34	0.7391
73	400	464	5.91	0.34	0.7391
73	**450**	**462**	**5.91**	**0.34**	**0.7391**
72	500	460	5.83	0.34	0.7290
68	600	458	5.51	0.32	0.6885

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	ALCANTARILLADO BARRIO LOS LIBERTADORES SARAVENA				
SONDEO No. :	S-01				
MUESTRA No. :	1 (Grava limosa, color gris)				
PROFUNDIDAD :	0.60 metros				
Ac (cm^2):	17.40	Peso humedo(W1):	55.18	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	14	Peso seco(W2):	46.54		
		Peso tara(W3):	7.02	σn (Kg/cm^2) :	0.80
		Humedad (%):	21.86		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$\tau = Q/A$ (Kg/cm^2)	TAN ϕ = $\tau / \sigma n$
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
13	10	481	1.05	0.06	0.0752
20	20	479	1.62	0.09	0.1157
27	30	476	2.19	0.13	0.1562
34	40	473	2.75	0.16	0.1967
41	50	471	3.32	0.19	0.2372
49	60	470	3.97	0.23	0.2835
56	80	467	4.54	0.26	0.3240
64	100	465	5.18	0.30	0.3703
72	120	463	5.83	0.34	0.4166
81	140	460	6.56	0.38	0.4686
89	160	459	7.21	0.41	0.5149
96	180	457	7.78	0.45	0.5554
104	200	457	8.42	0.48	0.6017
111	250	457	8.99	0.52	0.6422
115	300	455	9.32	0.54	0.6654
118	350	454	9.56	0.55	0.6827
119	400	451	9.64	0.55	0.6885
120	**450**	**450**	**9.72**	**0.56**	**0.6943**
118	500	448	9.56	0.55	0.6827
114	600	448	9.23	0.53	0.6596

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	ALCANTARILLADO BARRIO LOS LIBERTADORES SARAVENA				
SONDEO No. :	S-01				
MUESTRA No. :	1 (Grava limosa, color gris)				
PROFUNDIDAD :	0.60 metros				
Ac (cm^2):	17.40	Peso humedo(W1):	60.26	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	20	Peso seco(W2):	50.79		
		Peso tara(W3):	7.14	σn (Kg/cm^2) :	1.15
		Humedad (%):	21.70		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	τ = Q/A (Kg/cm^2)	TAN ϕ = $\tau / \sigma n$
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
20	10	459	1.62	0.09	0.0810
39	20	457	3.16	0.18	0.1580
49	30	454	3.97	0.23	0.1985
58	40	452	4.70	0.27	0.2349
69	50	451	5.59	0.32	0.2795
80	60	448	6.48	0.37	0.3240
91	80	446	7.37	0.42	0.3686
102	100	444	8.26	0.47	0.4131
113	120	443	9.15	0.53	0.4577
123	140	443	9.96	0.57	0.4982
134	160	441	10.85	0.62	0.5427
144	180	439	11.66	0.67	0.5832
153	200	438	12.39	0.71	0.6197
159	250	435	12.88	0.74	0.6440
163	300	435	13.20	0.76	0.6602
165	350	435	13.37	0.77	0.6683
166	400	433	13.45	0.77	0.6723
167	**450**	**430**	**13.53**	**0.78**	**0.6764**
165	500	428	13.37	0.77	0.6683
160	600	427	12.96	0.74	0.6480

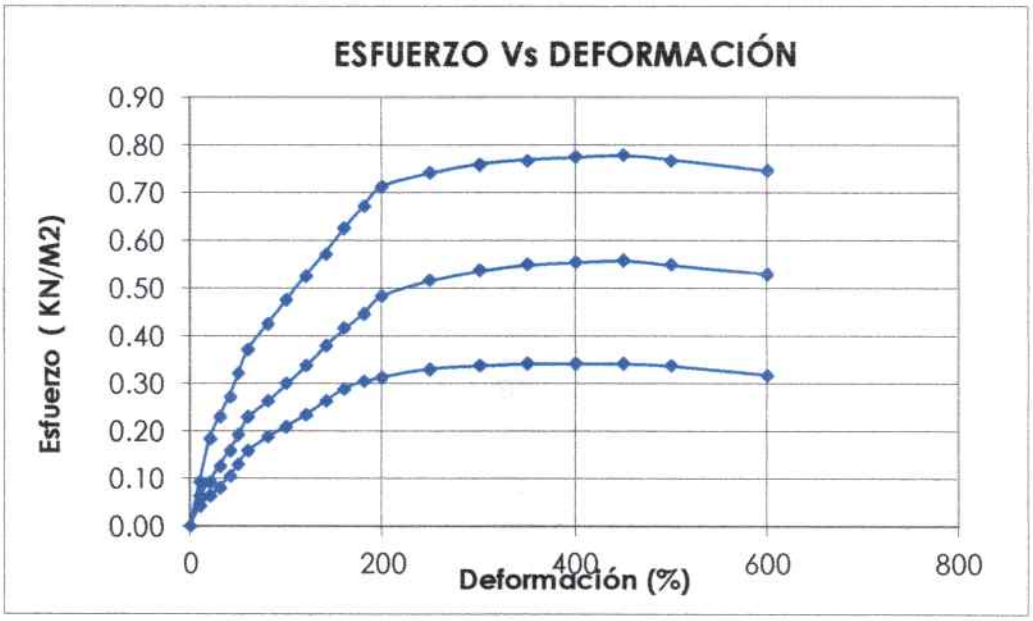
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

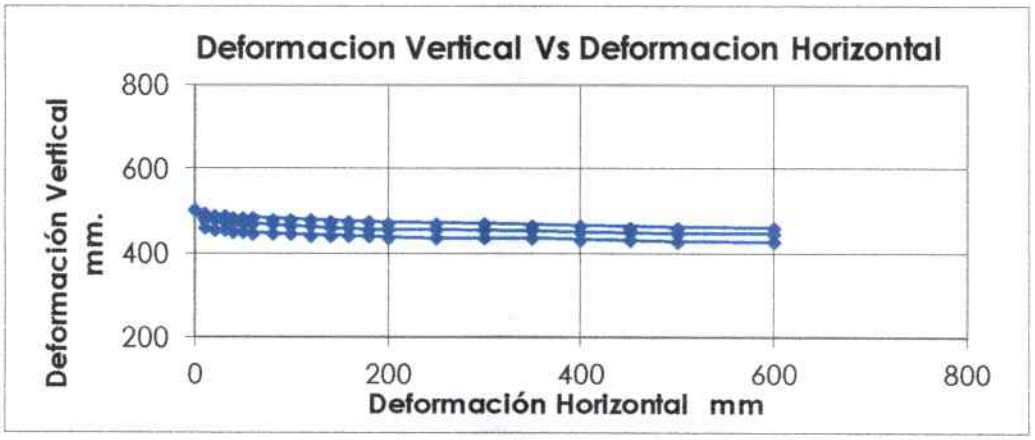
Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	ALCANTARILLADO BARRIO LOS LIBERTADORES SARAVENA
SONDEO No. :	S-01
MUESTRA No. :	1 (Grava limosa, color gris)
PROFUNDIDAD :	0.60 metros





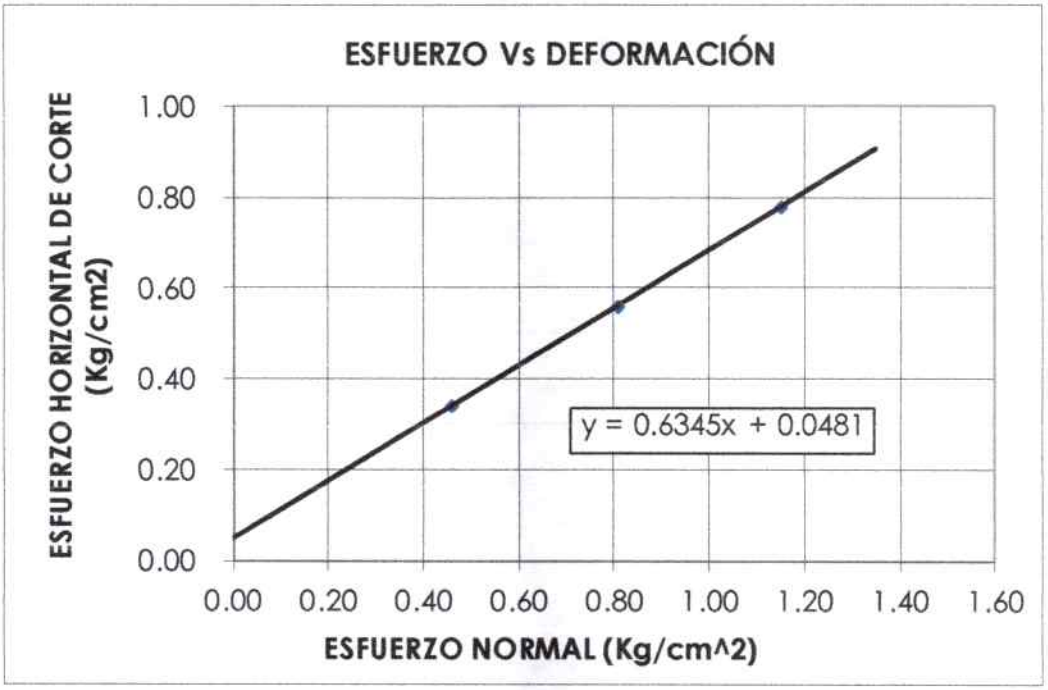
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	ALCANTARILLADO BARRIO LOS LIBERTADORES SARAVENA
SONDEO No. :	S-01
MUESTRA No. :	1 (Grava limosa, color gris)
PROFUNDIDAD :	0.60 metros



Cohesión (C) :	**0.05 Kg/cm^2**
Angulo de fricción (ϕ):	**32.4°**
Peso Unitario Húmedo (γ):	Kg/cm^3
Condición del ensayo	Saturado
Peso Unitario Seco (γ):	Kg/cm^3
Humedad de Saturación	21.63%

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	ALCANTARILLADO BARRIO LOS LIBERTADORES SARAVENA				
SONDEO No. :	S-02				
MUESTRA No. :	2 (Grava limosa, color amarilla)				
PROFUNDIDAD :	2.00 metros				
Ac (cm^2):	17.40	Peso humedo(W1):	59.88	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	8	Peso seco(W2):	49.89		
		Peso tara(W3):	7.06	σn (Kg/cm^2) :	0.46
		Humedad (%):	23.32		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$\tau = Q/A$ (Kg/cm^2)	TAN ϕ = $\tau / \sigma n$
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
8	10	485	0.65	0.04	0.0810
14	20	483	1.13	0.07	0.1418
18	30	481	1.46	0.08	0.1823
24	40	479	1.94	0.11	0.2430
29	50	477	2.35	0.14	0.2936
35	60	476	2.84	0.16	0.3544
42	80	475	3.40	0.20	0.4253
48	100	473	3.89	0.22	0.4860
54	120	472	4.37	0.25	0.5468
60	140	470	4.86	0.28	0.6075
65	160	469	5.27	0.30	0.6581
69	180	468	5.59	0.32	0.6986
72	200	467	5.83	0.34	0.7290
74	250	465	5.99	0.34	0.7493
75	300	463	6.08	0.35	0.7594
76	350	461	6.16	0.35	0.7695
77	400	459	6.24	0.36	0.7796
77	**450**	**457**	**6.24**	**0.36**	**0.7796**
75	500	455	6.08	0.35	0.7594
71	600	453	5.75	0.33	0.7189

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	ALCANTARILLADO BARRIO LOS LIBERTADORES SARAVENA				
SONDEO No. :	S-02				
MUESTRA No. :	2 (Grava limosa, color amarilla)				
PROFUNDIDAD :	2.00 metros				
Ac (cm^2):	17.40	Peso humedo(W1):	44.40	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	14	Peso seco(W2):	37.40		
		Peso tara(W3):	6.92	σn (Kg/cm^2) :	0.80
		Humedad (%):	23.26		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$\tau = Q/A$ (Kg/cm^2)	TAN ϕ = $\tau / \sigma n$
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
14	10	479	1.13	0.07	0.0810
22	20	477	1.78	0.10	0.1273
30	30	474	2.43	0.14	0.1736
38	40	472	3.08	0.18	0.2199
47	50	470	3.81	0.22	0.2719
56	60	468	4.54	0.26	0.3240
65	80	466	5.27	0.30	0.3761
74	100	464	5.99	0.34	0.4281
84	120	462	6.80	0.39	0.4860
93	140	460	7.53	0.43	0.5381
102	160	458	8.26	0.47	0.5901
110	180	457	8.91	0.51	0.6364
116	200	455	9.40	0.54	0.6711
120	250	454	9.72	0.56	0.6943
122	300	452	9.88	0.57	0.7059
124	350	451	10.04	0.58	0.7174
125	400	449	10.13	0.58	0.7232
125	**450**	**448**	**10.13**	**0.58**	**0.7232**
124	500	446	10.04	0.58	0.7174
119	600	445	9.64	0.55	0.6885

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	ALCANTARILLADO BARRIO LOS LIBERTADORES SARAVENA				
SONDEO No. :	S-02				
MUESTRA No. :	2 (Grava limosa, color amarilla)				
PROFUNDIDAD :	2.00 metros				
Ac (cm^2):	17.40	Peso humedo(W1):	50.87	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	22	Peso seco(W2):	42.60		
		Peso tara(W3):	7.28	σn (Kg/cm^2) :	1.26
		Humedad (%):	23.41		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	τ = Q/A (Kg/cm^2)	TAN ϕ = $\tau / \sigma n$
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
21	10	457	1.70	0.10	0.0773
32	20	455	2.59	0.15	0.1178
43	30	453	3.48	0.20	0.1583
54	40	451	4.37	0.25	0.1988
66	50	448	5.35	0.31	0.2430
78	60	446	6.32	0.36	0.2872
91	80	444	7.37	0.42	0.3350
104	100	442	8.42	0.48	0.3829
117	120	440	9.48	0.54	0.4308
131	140	438	10.61	0.61	0.4823
143	160	437	11.58	0.67	0.5265
155	180	435	12.56	0.72	0.5707
166	200	433	13.45	0.77	0.6112
174	250	432	14.09	0.81	0.6406
180	300	431	14.58	0.84	0.6627
183	350	430	14.82	0.85	0.6738
187	400	429	15.15	0.87	0.6885
191	**450**	**427**	**15.47**	**0.89**	**0.7032**
186	500	425	15.07	0.87	0.6848
179	600	424	14.50	0.83	0.6590

Enderson Cacua

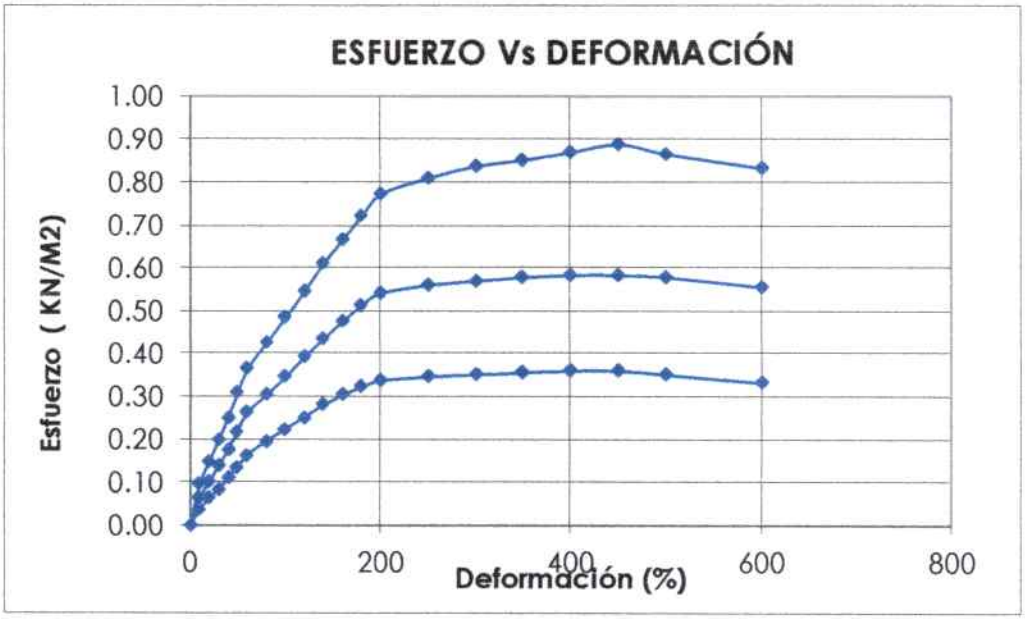
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

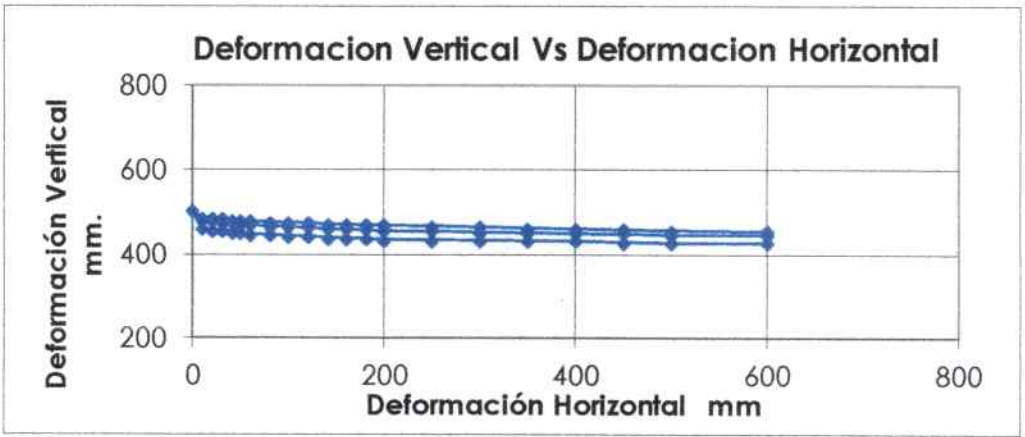
Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	ALCANTARILLADO BARRIO LOS LIBERTADORES SARAVENA
SONDEO No. :	S-02
MUESTRA No. :	2 (Grava limosa, color amarilla)
PROFUNDIDAD :	2.00 metros



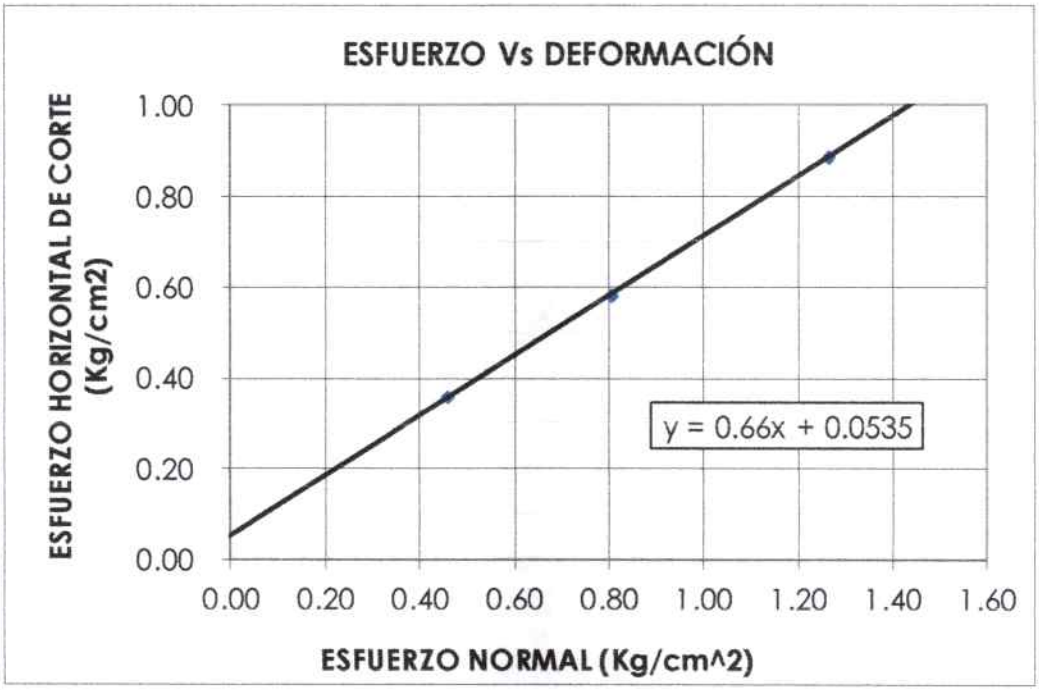


ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	ALCANTARILLADO BARRIO LOS LIBERTADORES SARAVENA
SONDEO No. :	S-02
MUESTRA No. :	2 (Grava limosa, color amarilla)
PROFUNDIDAD :	2.00 metros



Cohesión (C) :	**0.05 Kg/cm^2**
Angulo de fricción (ϕ):	**33.4°**
Peso Unitario Húmedo (γ):	Kg/cm^3
Condición del ensayo	Saturado
Peso Unitario Seco (γ):	Kg/cm^3
Humedad de Saturación	23.33%

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	ALCANTARILLADO BARRIO LOS LIBERTADORES SARAVENA				
SONDEO No. :	S-03				
MUESTRA No. :	1 (Arena limosa, color amarilla)				
PROFUNDIDAD :	0.60 metros				
Ao (cm^2):	17.40	Peso humedo(W1):	67.61	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	8	Peso seco(W2):	56.22		
		Peso tara(W3):	6.91	σn (Kg/cm^2) :	0.46
		Humedad (%):	23.10		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	τ = Q/A (Kg/cm^2)	TAN ϕ = $\tau / \sigma n$
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
8	10	473	0.65	0.04	0.0810
12	20	471	0.97	0.06	0.1215
17	30	469	1.38	0.08	0.1721
21	40	467	1.70	0.10	0.2126
25	50	465	2.03	0.12	0.2531
29	60	463	2.35	0.14	0.2936
34	80	461	2.75	0.16	0.3443
38	100	459	3.08	0.18	0.3848
42	120	457	3.40	0.20	0.4253
46	140	455	3.73	0.21	0.4658
50	160	454	4.05	0.23	0.5063
54	180	453	4.37	0.25	0.5468
57	200	452	4.62	0.27	0.5771
60	250	450	4.86	0.28	0.6075
61	300	448	4.94	0.28	0.6176
62	350	446	5.02	0.29	0.6278
63	400	444	5.10	0.29	0.6379
63	**450**	**442**	**5.10**	**0.29**	**0.6379**
62	500	440	5.02	0.29	0.6278
57	600	437	4.62	0.27	0.5771

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	ALCANTARILLADO BARRIO LOS LIBERTADORES SARAVENA				
SONDEO No. :	S-03				
MUESTRA No. :	1 (Arena limosa, color amarilla)				
PROFUNDIDAD :	0.60 metros				
Ac (cm^2):	17.40	Peso humedo(W1):	44.28	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	14	Peso seco(W2):	37.23		
		Peso tara(W3):	6.91	σn (Kg/cm^2) :	0.80
		Humedad (%):	23.25		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$\tau = Q/A$ (Kg/cm^2)	TAN ϕ = $\tau / \sigma n$
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
15	10	454	1.22	0.07	0.0868
21	20	452	1.70	0.10	0.1215
27	30	450	2.19	0.13	0.1562
33	40	447	2.67	0.15	0.1909
39	50	445	3.16	0.18	0.2256
45	60	443	3.65	0.21	0.2604
52	80	441	4.21	0.24	0.3009
58	100	439	4.70	0.27	0.3356
64	120	437	5.18	0.30	0.3703
70	140	435	5.67	0.33	0.4050
76	160	433	6.16	0.35	0.4397
81	180	431	6.56	0.38	0.4686
86	200	429	6.97	0.40	0.4976
91	250	427	7.37	0.42	0.5265
95	300	425	7.70	0.44	0.5496
96	350	423	7.78	0.45	0.5554
97	400	421	7.86	0.45	0.5612
97	**450**	**419**	**7.86**	**0.45**	**0.5612**
96	500	417	7.78	0.45	0.5554
92	600	414	7.45	0.43	0.5323

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	ALCANTARILLADO BARRIO LOS LIBERTADORES SARAVENA				
SONDEO No. :	S-03				
MUESTRA No. :	1 (Arena limosa, color amarilla)				
PROFUNDIDAD :	0.60 metros				
Ao (cm^2):	17.40	Peso humedo(W1):	50.39	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	20	Peso seco(W2):	42.22		
		Peso tara(W3):	7.30	σn (Kg/cm^2) :	1.15
		Humedad (%):	23.40		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$\tau = Q/A$ (Kg/cm^2)	TAN ϕ = $\tau / \sigma n$
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
18	10	432	1.46	0.08	0.0729
27	20	430	2.19	0.13	0.1094
35	30	428	2.84	0.16	0.1418
44	40	426	3.56	0.20	0.1782
52	50	424	4.21	0.24	0.2106
60	60	422	4.86	0.28	0.2430
67	80	420	5.43	0.31	0.2714
78	100	418	6.32	0.36	0.3159
87	120	416	7.05	0.41	0.3524
96	140	414	7.78	0.45	0.3888
105	160	412	8.51	0.49	0.4253
113	180	410	9.15	0.53	0.4577
121	200	408	9.80	0.56	0.4901
126	250	406	10.21	0.59	0.5103
129	300	404	10.45	0.60	0.5225
130	350	402	10.53	0.61	0.5265
131	400	400	10.61	0.61	0.5306
132	**450**	**398**	**10.69**	**0.61**	**0.5346**
130	500	396	10.53	0.61	0.5265
122	600	393	9.88	0.57	0.4941

Enderson Cacua

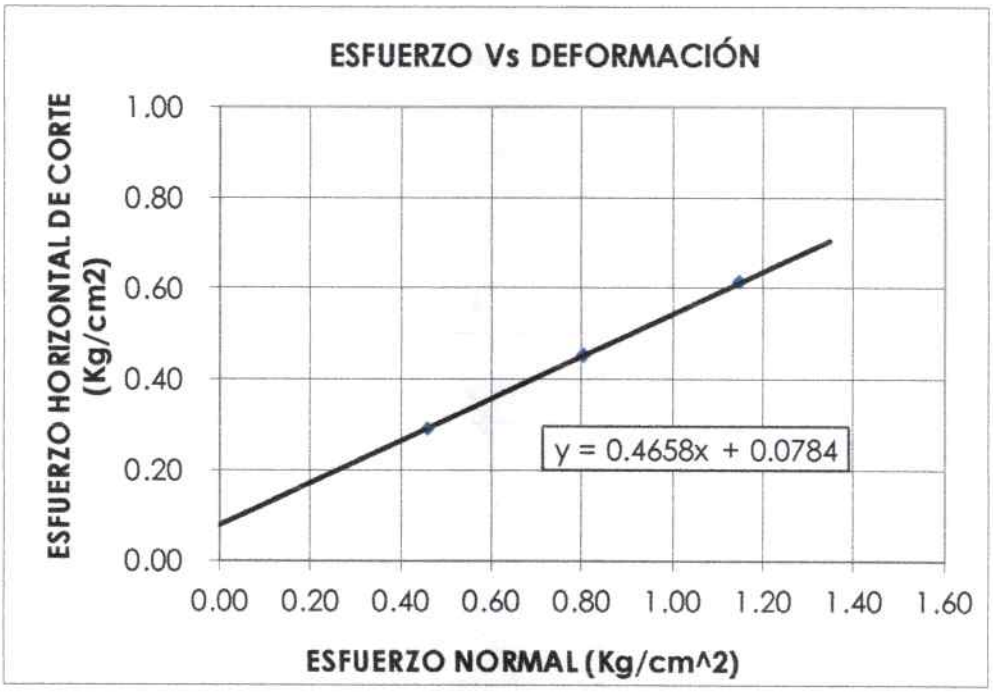
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

Carrera 18 # 27-21 Barrio Modelo
seincojedm@gmail.com Cel. 3132635714
Saravena-Arauca

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	ALCANTARILLADO BARRIO LOS LIBERTADORES SARAVENA
SONDEO No. :	S-03
MUESTRA No. :	1 (Arena limosa, color amarilla)
PROFUNDIDAD :	0.60 metros



Cohesión (C) :	**0.08 Kg/cm²**
Angulo de fricción (ϕ):	**25.0°**
Peso Unitario Húmedo (γ):	Kg/cm³
Condición del ensayo	Saturado
Peso Unitario Seco (γ):	Kg/cm³
Humedad de Saturación	23.25%

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

ANEXO A-4 DOCUMENTACIÓN GEOTECNISTA


REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA
NUMERO 88.215.089
DELGADO MONTAGUT
APELLIDOS
JOAQUIN EDUARDO
NOMBRES
FIRMA


FECHA DE NACIMIENTO 20-AGO-1974
CUCUTA
(NORTE DE SANTANDER)
LUGAR DE NACIMIENTO
1.70
ESTATURA
A+
G.S. RH
M
SEXO
10-SEP-1993 CUCUTA
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION
REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SÁNCHEZ TORRES
INDICE DERECHO
A-2500100-00125777-M-0088215089-20081107
0005483681A 1
6980006837


REPUBLICA DE COLOMBIA
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA
COPNIA
MATRICULA PROFESIONAL No.
5420272031NTS
INGENIERO CIVIL
DE FECHA 14/05/1998
JOAQUIN EDUARDO
DELGADO MONTAGUT
C.C. 88215089
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE
PAULA SANTANDER
PRESIDENTE DEL CONSEJO



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional
y en su nombre

La Universidad Francisco de Paula Santander

Personería Jurídica No 20 Septiembre 19 de 1962 de la Gobernación del Departamento Norte de Santander

Confiere el Título de

Ingeniero Civil

A

Joaquín Eduardo Delgado Montagut

C.C. No. 88.215.089 expedida en Cúcuta, N. de S.

Quien cumplió satisfactoriamente con los requisitos académicos exigidos.
En testimonio de ello otorga el presente

DIPLOMA

Expedido en la ciudad de Cúcuta, a 30 de Enero de 1998

EL RECTOR

EL DECANO DE LA FACULTAD

LIBRO No. 20 ACTA No. 2744 FOLIO 031
Registro 0103329



La Universidad de Santander
UDES

Aprobada por el Ministerio de Educación Nacional de conformidad con la
Personería Jurídica No. 510 del 12 de marzo de 1996 y la Resolución No. 6210 del 22 de diciembre de 2005

Teniendo en cuenta que:

Joaquín Eduardo Delgado Montagut

C. C. No. 88215049 Expedida en: Cúcuta

Cursó y aprobó los estudios y cumplió con las exigencias legales y reglamentarias,
le confiere el título de:

Especialista en Geotecnia Ambiental

En constancia de lo anterior se firma y sella este Diploma,
en la ciudad de Bucaramanga, el día 14 del mes Febrero del año 2018

Rector

Registrado en el folio 63853 Libro 23-5 de 2017 Diploma No. 54126

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4559091

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 88215089, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 54202-72031 desde el 14 de Mayo de 1998, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1216.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los uno (01) días del mes de Julio del año dos mil veintiseis (2026).

Rubén Darío Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA - COPNIA
Calle 78 Nº 9 - 57 - Teléfono 322 0191 - Bogotá D.C.
e-mail: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co

CARTA DE RESPONSABILIDAD

Yo **JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT**, identificado con cédula de ciudadanía No. 88.215.089 expedida en la Ciudad de Cúcuta – N.S., en mi condición de INGENIERO CIVIL y ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, portador de Matrícula Profesional No. 54202-72031 NTS, declaro que realicé el informe ESTUDIO DE SUELOS Y GEOTÉCNICO para el proyecto cuyo objeto es **"CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"**, de conformidad con lo establecido en el Art. 22 del Decreto 1469 de 2010, NSR 10, INVÍAS, RAS, y demás normas vigentes.

Por lo anterior, manifiesto que es viable el proyecto de construcción, siempre y cuando se construyan las obras conforme a los estudios realizados.

En consecuencia, asumo toda la responsabilidad referente al **ESTUDIO DE SUELOS Y GEOTÉCNICO**, y exonero al Municipio de Saravena, de cualquier responsabilidad, civil, penal o administrativa, por cualquier falta u omisión del presente estudio y/o diseño.

Declaro así mismo, que asumo la responsabilidad por los perjuicios que por causa de ellos pueda deducirse, exonerando al Municipio de Saravena de cualquier responsabilidad.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por el Municipio de Saravena no constituye una aprobación al estudio y/o diseño, sino una verificación del cumplimiento de los decretos y/o normas antes mencionadas.

Se expide a solicitud del interesado, a los veintidós (22) días del mes de julio de 2026.

Cordialmente,

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
C.C. 88215089 de Cúcuta – M.P. 5420272031 NTS
Ing. Civil UFPS – Especialista en Geotecnia Ambiental UDES

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo **JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT**, identificado con cédula de ciudadanía No. 88.215.089 expedida en la Ciudad de Cúcuta – N.S., en mi condición de INGENIERO CIVIL y ESPECIALISTA EN GEOTECNIA, portador de Matrícula Profesional No. 54202-72031 NTS, certifico que realicé el **ESTUDIO DE SUELOS Y GEOTÉCNICO** para el proyecto cuyo objeto es: **"CONSTRUCCIÓN Y/O OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL BARRIO LIBERTADORES DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA".**

Por lo anterior, manifiesto ceder plenamente los derechos al MUNICIPIO DE SARAVENA.

La duración de los derechos cedidos será por término indefinido a partir de la fecha de la firma de la presente carta de cesión de derechos.

Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional, certificado de vigencia de la misma y copia de la cédula de ciudadanía.

Se expide a solicitud del interesado, a los veintidós (22) días del mes de julio de 2026.

Cordialmente,

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
C.C. 88215089 de Cúcuta – M.P. 5420272031 NTS
Ing. Civil UFPS. - Especialista en Geotecnia Ambiental UDES