CONSULTORÍA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA UNIDAD DE ATENCIÓN PRIMARIA Y CONSULTA EXTERNA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA



ESTUDIO DE SUELOS

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. HS-007 DEL 19 DE MARZO DE 2021
UNION TEMPORAL UNAP SARAVENA
Consultor

Elaborado por
JOAQUÍN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Ingeniero Civil – Especialista en Geotecnia Ambiental

Localización*:*
SARAVENA – ARAUCA
Marzo de 2021

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

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 4

1 PROYECTO 5

1.1 PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO 5
1.2 OBJETIVOS 5
1.2.1 Objetivo general 5
1.2.2 Objetivos específicos 5
1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO 6
1.4 DESCRIPCIÓN SISTEMA ESTRUCTURAL Y EVALUACIÓN DE CARGAS 8

2 CARACTERÍSTICAS ÁREA DEL PROYECTO 9

2.1 ASPECTOS FÍSICOS 9
2.1.1 GEOMORFOLOGÍA 9
2.1.2 FISIOGRAFÍA 10
2.1.3 ESTRATIGRAFÍA 11
2.2 RECONOCIMIENTO DE CAMPO 12
2.3 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES 12
2.3.1 Clima 12
2.3.2 Vegetación 13
2.3.3 Hidrografía 13
2.4 EDIFICACIONES E INFRAESTRUCTURAS VECINAS 13
2.5 AMENAZAS Y RIESGOS 14
2.5.1 De origen hidrológico 14
2.5.2 De origen geológico 16

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 24
4.2.1 Ensayo normal de penetración, SPT. 25
4.3 ESTRATIGRAFÍA DE DISEÑO 28
4.4 POTENCIAL DE EXPANSIÓN 28
4.5 NIVEL FREÁTICO 29

5 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS 30

5.1 ESTIMATIVOS DE PARÁMETROS EFECTIVOS DE RESISTENCIA CON EL SPT 30
5.2 PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE (SU, C, ϕ) 32
5.3 COMPRESIBILIDAD 32
5.4 MÓDULO DE ELASTICIDAD 33

6 ASPECTOS SÍSMICOS Y CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LOS SUELOS 35

6.1 PERFIL DE LOS SUELOS 35

6.2 CLASIFICACIÓN ZONA DE AMENAZA SÍSMICA 35
6.3 DETERMINACIÓN PARÁMETROS SÍSMICOS 37
6.4 ANÁLISIS DE LICUACIÓN DE LOS SUELOS 37
6.5 VERIFICACIÓN DE LA DISPERSIVIDAD DEL MATERIAL FINO 38

7 CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS 39

7.1 GENERALIDADES 39
7.2 NIVEL Y SISTEMA DE CIMENTACIÓN 39
7.2.1 Cimentación superficial. 40
7.3 CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE 40
7.3.1 Ecuaciones de capacidad portante utilizadas en el análisis 40
7.3.2 Cálculos de capacidad de carga admisible de los suelos de fundación (“perfil de diseño”) 41
7.4 ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS DE LAS OBRAS PROYECTADAS 43
7.4.1 Metodologías para el cálculo de asentamientos 44

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA CIMENTACIÓN DE LAS OBRAS 46

8.1 CONCLUSIONES 46
8.2 RECOMENDACIÓN DE CIMENTACIONES 47

9 REFERENCIAS 48

ANEXOS 49

ANEXO A-1. REGISTRO FOTOGRÁFICO 50
ANEXO A-2. PERFILES DE SUELOS 54
ANEXO A-3. ENSAYOS DE LABORATORIO 58
ANEXO A-4. DOCUMENTOS GEOTECNISTA 74
ANEXO A-5. MEMORIA DE RESPONSABILIDAD 78

INTRODUCCIÓN

El presente informe hace parte fundamental del Estudio de Suelos para el proyecto "CONSULTORÍA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA UNIDAD DE ATENCIÓN PRIMARIA Y CONSULTA EXTERNA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA", el cual se efectuó con base en la información de tres sondeos con equipo de perforación a percusión, de las muestras tomadas del sitio de ubicación de las obras y en los ensayos de laboratorio del material encontrado en los sondeos, con el fin de obtener los parámetros necesarios para la determinación de la capacidad última y admisible del suelo de cimentación.

La cimentación puede definirse en general como el conjunto de elementos de cualquier edificación cuya misión es transmitir al terreno que la soporta las acciones procedentes de la estructura. Su diseño dependerá por tanto no solo de las características del edificio sino también de la naturaleza del terreno.

La importancia del conocimiento de los caracteres propios del suelo se pone de manifiesto desde el momento de la propia ejecución de la obra por su influencia sobre la seguridad de los trabajadores en la realización de excavaciones y movimientos de tierras, así como en la de los elementos auxiliares de la construcción: cimbras, encofrados, pozos y zanjas de cimentación líneas enterradas, etc.

Se realizaron tres (03) sondeos con recuperación utilizando herramienta manual y equipo a percusión, alcanzando los 6,00 m de profundidad máxima y 18.00 m de profundidad total explorada, en los cuales se encontraron dos estratos diferentes compuestos por arenas limosas de granulometría media a fina y gravas limosas con arena y bloques de hasta 10 pulgadas.

Se tomaron muestras representativas de los estratos encontrados para ser analizados en laboratorio. Los parámetros que se emplearon para los respectivos cálculos de la capacidad de carga son los más críticos, es decir los menores valores, arrojados por los respectivos análisis.

1 PROYECTO

1.1 PRESENTACIÓN DEL ESTUDIO

El presente informe se realiza con el fin de dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo de fundación de las estructuras para el proyecto “CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA UNIDAD DE ATENCION Y CONSULTA EXTERNA PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA”.

En el siguiente documento se observan las investigaciones geotécnicas, análisis de capacidad portante, cálculo de asentamientos y recomendaciones de los suelos para la construcción de la edificación.

Se describe la caracterización de materiales en lo referente a las propiedades físicas y mecánicas de los suelos existentes y se evalúan algunos fenómenos asociados con los parámetros sísmicos locales.

Adicionalmente antes de realizar la investigación, se recopilaron y evaluaron todos los datos disponibles sobre las condiciones del sitio y las características del proyecto. Para el efecto se realizó una inspección de campo, se solicitaron las características del proyecto para evaluar todos parámetros concernientes de la construcción del mismo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Realizar el informe técnico correspondiente al Estudio de Suelos para el proyecto “Consultoría especializada para realizar estudios y diseños requeridos para la construcción de la Unidad de Atención Primaria del Hospital del Sarare ESE del Municipio de Saravena, Departamento de Arauca”.

1.2.2 Objetivos específicos

- Describir las características principales del área de estudio.

- Realizar la identificación del suelo, tomando muestras e información necesaria para la realización de ensayos de laboratorio.

- Caracterizar el estado actual en campo de los suelos, evaluando puntos como expansividad y colapsabilidad.
- Determinar los parámetros de diseño que gobiernan la capacidad de carga de los suelos.

- Reconocer los aspectos y parámetros sísmicos del área de estudio y la clasificación del tipo de suelo según la NSR – 10.

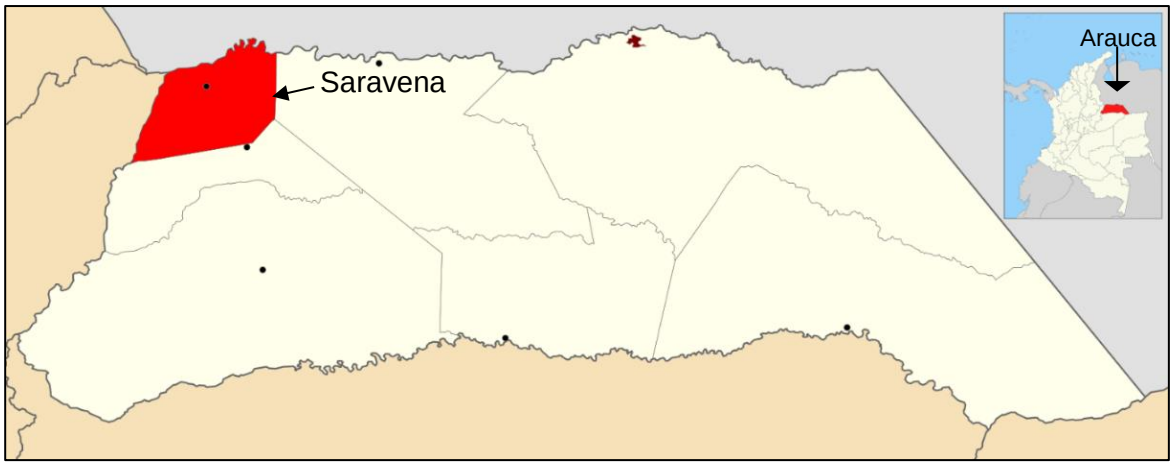
- Evaluar las condiciones de terreno y definir las alternativas de cimentación.

- Generar recomendaciones de diseño y construcción.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto se localiza en el casco urbano del Municipio de Saravena en el Departamento de Arauca, en el Barrio La Granja.

Figura 1-1 Ubicación general de Saravena en Colombia



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

El proyecto consiste en la construcción de la Unidad de Atención Primaria del Hospital del Sarare ubicado en el casco urbano del Municipio de Saravena, que comprende una edificación con sistema estructural porticado de un piso, clasificada como Edificaciones de Atención a la Comunidad (Grupo III), según la Norma Sismo Resistente, NSR-10. se contemplan obras de almacenamiento que involucren consideraciones adicionales de carga o uso.

En la figura 1-2 se observa más detalladamente la ubicación del proyecto en el municipio de Saravena.

Figura 1-2 Ubicación específica del proyecto



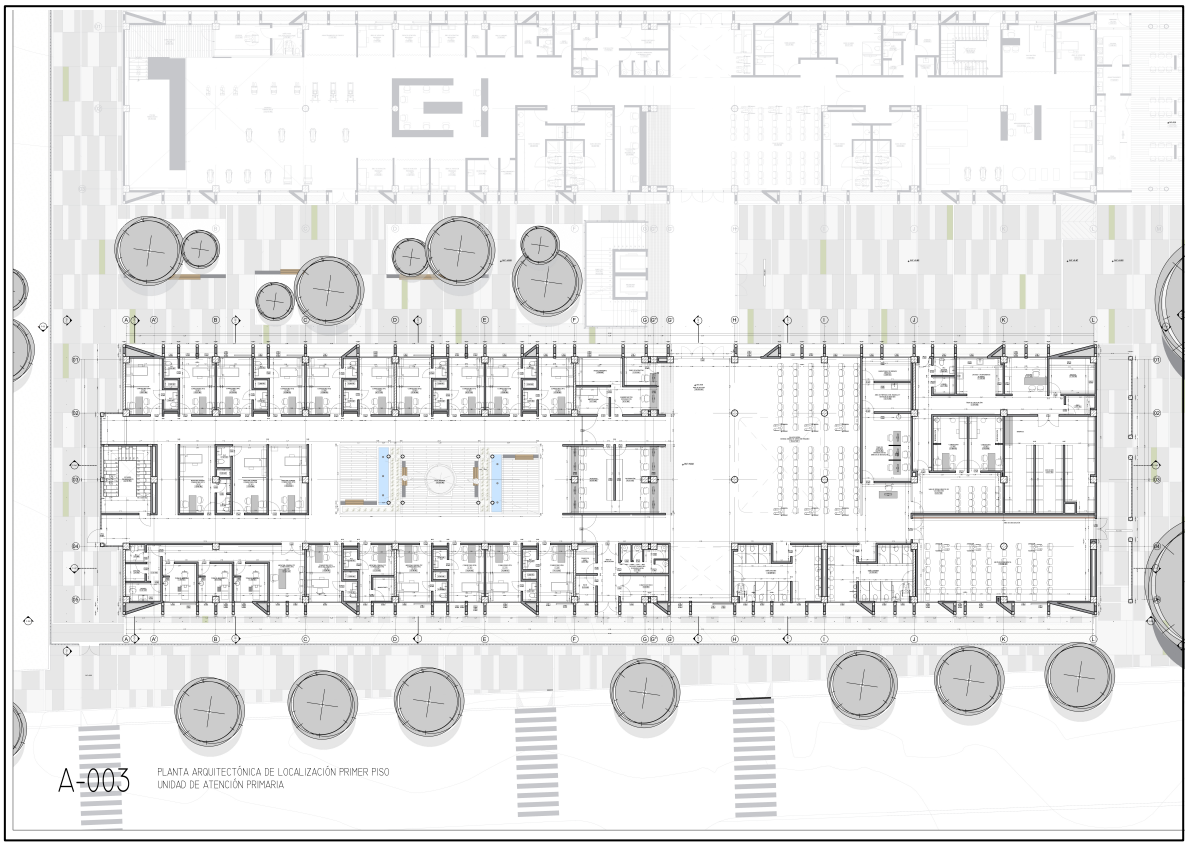
Fuente: Google Earth. Fecha de imagen: 1/10/2014

1.4 DESCRIPCIÓN SISTEMA ESTRUCTURAL Y EVALUACIÓN DE CARGAS

Las obras proyectadas serán construidas en concreto reforzado, cumpliendo las exigencias de la norma sismo resistente. En todos los casos la interacción suelo-estructura determinará la vida útil y de servicio de la misma, por lo tanto, se esperan cargas a pedestal entre 10 y 30 Toneladas aproximadamente.

La estructura a construir está conformada por pórticos en concreto reforzado constituida por columnas y vigas.

Figura 1-3 Planta arquitectónica del proyecto



Fuente: Diseño arquitectónico

2 CARACTERÍSTICAS ÁREA DEL PROYECTO

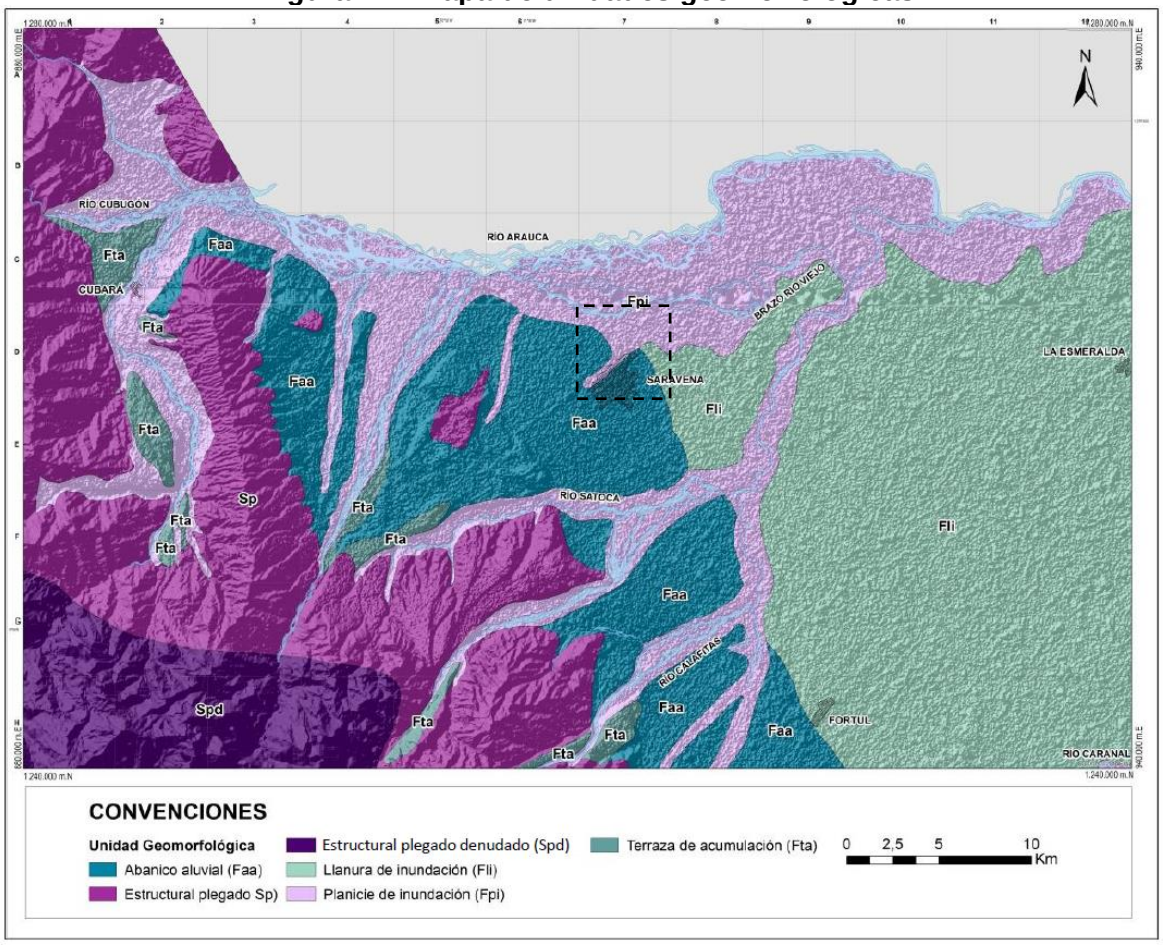
2.1 ASPECTOS FÍSICOS

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 F-6 de la Plancha 123 – Saravena de la Cartografía Geológica del Servicio Geológico Colombiano.

Figura 2-1. Mapa de unidades geomorfológicas



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

Se distinguen tres unidades geomorfológicas dentro de la zona de estudio de origen fluvial:

Llanura de inundación (Fli): Esta unidad se localiza hacia el Este del área de la plancha se caracteriza por ser una zona plana, con un contraste de relieve muy bajo, se diferencia de la planicie de inundación en que en esta unidad no se da actualmente la deposición de material transportado por los ríos que recorren la plancha, aunque puede estar sometida a inundaciones en épocas de alta pluviosidad.

Planicie de inundación (Fpi): Corresponde al área que han ganado los drenajes actuales y que se ubica a ambos lados de los mismos. Esta puede extenderse según el nivel del agua y en ella se acumula el material transportado por los ríos que recorren la plancha. Las planicies más importantes en la zona son las asociadas al río Arauca y sus afluentes y se extienden en un área aproximada de 380 km^2.

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.

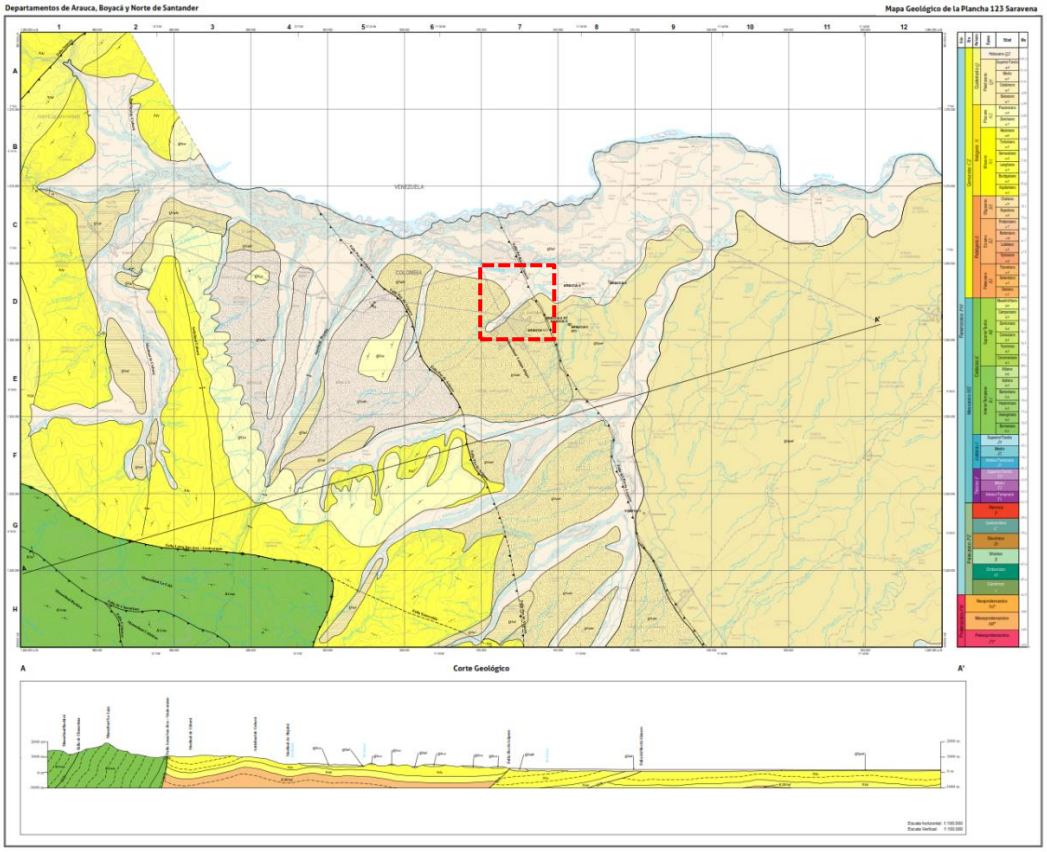
El área del piedemonte está conformada por conos, abanicos aluviales y terrazas de relieve plano a inclinado, cubierta de vegetación de sabana y bosque ecuatorial; por último, la llanura aluvial que se extiende desde el piedemonte hasta los límites con Venezuela; el modelado es de terrazas y llanuras 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 2-2. Mapa geológico Plancha 123 - Saravena



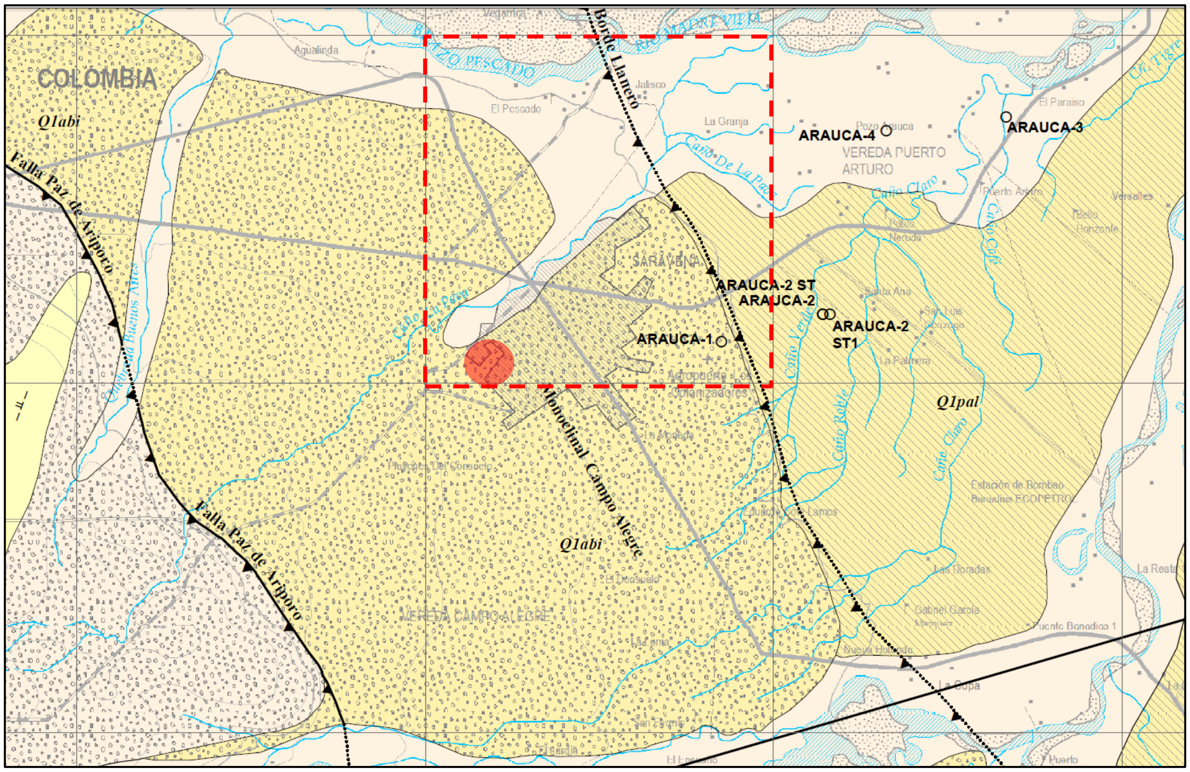
Fuente: Plancha 123 – Saravena. Servicio Geológico Colombiano. 2013

La composición de las arenas es 80% a 90% de cuarzo, en su mayoría cristalino, sin embargo, el color predominante de los sedimentos finos es marrón pálido (5YR 5/2) a

marrón amarillento moderado (10YR 5/4), debido a los procesos de oxidación y al contenido de materia orgánica.

Estos depósitos están cubiertos en algunos sectores por depósitos aluviales recientes.

Figura 2-3. Mapa geológico de la zona de estudio



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

2.2 RECONOCIMIENTO DE CAMPO

El área del proyecto presenta una geomorfología plana, sin terrazas o desniveles que indiquen la presencia de taludes o zonas de posible inestabilidad. Igualmente, no se identificaron afloramiento de agua en el cuerpo del lote, no se evidencio procesos de erosión en los materiales superficiales.

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 FAUNA: Al igual que la flora era muy abundante antes de la colonización, sin embargo se conservan algunas especies salvajes y otras relativamente domesticables como el chigüiro, el cerdo de monte o chacharo, tigrillo, lapas, picures, venados, armadillos, osos, zorros y micos además de serpientes y peces, entre las aves podemos destacar, garzas, guacamayas, pericos, guacharacas, tucanes, loros y pavas.

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.

2.4 EDIFICACIONES E INFRAESTRUCTURAS VECINAS

En el área del proyecto se encuentran varias construcciones porticadas de un solo nivel, donde funciona el Pabellón de medicina Interna y el almacenamiento de gases medicinales.

También existe otra edificación que fue construida en los últimos 10 años, pero se dejó en obra gris por razones desconocidas.

En una inspección breve de las estructuras existentes, se evidencio que no había grietas, fisuras o algún otro tipo de daño asociados al comportamiento del suelo de fundación. Esto es un indicativo bueno del comportamiento del suelo ante la presencia de cargas externas y su capacidad de soporte.

2.5 AMENAZAS Y RIESGOS[1]

La zonificación de amenazas naturales como: inundaciones, movimientos en masa e incendios forestales (área urbana y rural) son de carácter preliminar, tienen como fuente el estudio que hizo el departamento de Arauca para elaborar el POT departamental, cuyo consultor fue el IGAC en el año 2006.

Entre las principales amenazas que se pueden presentar en Saravena se tiene:

2.5.1 De origen hidrológico

Inundaciones:

Las inundaciones son eventos recurrentes que se producen en las corrientes de agua, como resultado de lluvias intensas o continuas que, al sobrepasar la capacidad de retención del suelo y de los cauces, se desbordan y cubren con agua los terrenos relativamente planos que se encuentran aledaños a las riberas de ríos y quebradas (los de mayor recurrencia en Colombia). Las inundaciones se pueden dividir de acuerdo con el régimen de los cauces en: lenta o de tipo aluvial y súbita o de tipo torrencial.

En general, los eventos de inundación conocidos por la comunidad están relacionados con los incrementos en el nivel de las aguas y la anegación de áreas, no importando la causa de los mismos, bien sean desbordamientos sistemáticos de corrientes, cambios de curso de las mismas, lluvias intensas en áreas planas, encharcamientos por inadecuado drenaje superficial natural o urbano eventos, catastróficos como represamientos y crecientes súbitas o avalanchas.
La ubicación del municipio en área del piedemonte, la configuración geomorfológica del terreno, la existencia de numerosos cuerpos lóticos y la alta pluviosidad en determinados períodos del año determinan una alta amenaza por inundaciones.

[1] Información tomada del PBOT vigente.

Para atender las diferentes situaciones de emergencia generadas por las inundaciones mencionadas el Departamento y el Municipio han instalado infraestructuras y han realizado acciones que se pierden anualmente y se convierten en soluciones de carácter temporal.

El estudio basado en información del IGAC 2006 permitió establecer que sólo un 14% del área del municipio no tiene amenaza de inundación, correspondiente a las áreas altas del municipio, fundamentalmente hacia el occidente del municipio, y mayoritariamente en áreas de comunidades indígenas. El 9,24% del terreno del municipio tiene baja amenaza de inundación y corresponde también a áreas en partes altas del municipio. El 42,6% del área del municipio es susceptible en grado medio a inundaciones. El 29,75%, casi una tercera parte del área del municipio tiene alta amenaza por inundaciones, que corresponde a la totalidad de la Isla del Charo y a las áreas aledañas a los diferentes cursos de agua o rondas de protección y adyacentes de las fuentes hídricas de la cuenca del Río Banadías y parte de las rondas de protección del Río Bojabá.

Estas amenazas por inundaciones y desbordamientos a nivel de detalle se presentan a continuación.

Alto amenaza por desbordamientos de las fuentes hídricas en la zona rural. Se afectan periódicamente las veredas: Isla del Charo, Islas del Bojabá, Playas del Bojabá, Caño Negro, Campo Oscuro, Puerto Nariño, Rancho Pilón, Cobalongos, Puerto Lleras, Puerto Arturo, San Joaquín, San Miguel.

En el año 2006 se inundaron las veredas Agua Santa, La Chucua y Caño Rojo, que no se inundaban desde 1988.

Por desbordamientos del Caño Pescado y Madrevieja se inundan las veredas Campo Oscuro, El Pescado, Puerto Rico, Bajo Pescado, Puerto Arturo, Charo Alto, Charo Centro, Madre Vieja, San Rafael, Monteadentro y la Inspección de Puerto Nariño.

Por desbordamientos de los Ríos Satocá y San Miguel hay peligros en las veredas Satocá, San Miguel, San Joaquín y Alto San Joaquín.

El desbordamiento potencial del Río Banadía, en el Municipio de Fortul, sobre la Quebrada La Colorada, amenaza las veredas La Colorada, Los Alpes, La Pajuila, La Granada y parte del Municipio de Arauquita.

Se invadieron cauces naturales y rondas de protección con asentamientos poblacionales y producción agropecuaria, así se presentan amenazas en sitios de la ribera del río Arauca y Madrevieja en las veredas La Palma, El Remolino, Puerto Contreras, El Dique y la Inspección de Puerto Nariño.

En el casco urbano, los barrios Libertadores, La Esperanza, un sector del centro, San Luis, Las Flores, San Jorge y Pinzón se asentaron en el área de ronda de protección de la Quebrada La Pava. El desbordamiento de esta quebrada, a la altura de la vereda del mismo nombre, afecta más del 30% del casco urbano, a los barrios que están ubicados en las cotas topográficas más bajas; se ven afectados los barrios Versalles, Libertadores, Pinzón, Montebello, Las Palmeras, Santander, Los Alpes.

Por inexistencia de drenajes para la evacuación de aguas lluvias, se inundan los barrios Las Flores, San Jorge, Salinas, Villa Fany, Alfonso López, complejo metalmecánico, Las Villas, Madres Cabeza de Hogar.

Avalanchas:

Alta amenaza de avalanchas en los Ríos Satocá, Banadía, San Miguel, Calafitas y Bojabá, que coinciden con la alta amenaza de inundación sobre estos ríos.

2.5.2 De origen geológico

Deslizamientos o remoción en masa:

Los fenómenos de remoción en masa, son desplazamientos de masas de tierra o rocas por una pendiente en forma súbita o lenta.

Se clasifican de acuerdo con sus características, velocidad de movimiento, magnitud y material transportado. Se incluyen dentro de los fenómenos de remoción en masa los deslizamientos, volcamientos, caídas y flujos de roca o suelo, y entre estos últimos los flujos a lo largo de los cauces cuando el material que cae se mezcla con la corriente de agua, como es el caso de las llamadas avenidas torrenciales.

En la región andina colombiana por lo abrupto de las montañas y la acción de agentes antrópicos, biológicos y meteóricos (lluvias, vientos y cambios de temperatura) hacen que exista una alta susceptibilidad a la acción de eventos como deslizamientos y avalanchas. Aunque estos eventos se presentan en zonas muy específicas y por lo general con una pequeña área de influencia, ocasionan pérdidas humanas y materiales, obstrucción y congestión en los servicios vitales básicos, colapso o la seria deformación de edificaciones, estructuras o establecimientos, debido a la fuerza extrema causada por el deslizamiento. Son después de las inundaciones los fenómenos más frecuentes en el país.

Algunos de los eventos característicos de remoción en masa, su ambiente de ocurrencia, los factores que favorecen su presencia, los que aceleran su acción e intensifican sus impactos y la relación con otros eventos, que se podrían generar como deslizamientos en

roca y suelo, desprendimientos de laderas, flujos de suelo.

La configuración geomorfológica del municipio con pronunciadas pendientes y buena parte del área al pie de estas pendientes determina diferentes grados de amenaza por deslizamientos.

.

Existe un 3,06% del área del municipio con Muy Alta Amenaza por deslizamiento correspondiente a áreas con altas pendientes en la parte derecha del cauce del Río Satocá y a una pequeña elevación aislada ubicada en el noroccidente del municipio.

La Amenaza Alta es del 12,87% del área del municipio, y corresponde a áreas ubicadas en territorios indígenas en la parte sur – occidental del municipio.

La Amenaza intermedia es del 18,72% del área del municipio correspondiendo a áreas de laderas que llegan al piedemonte, sobre todo en la parte sur occidental del municipio y a terrenos en diferentes islas configuradas en los Ríos Arauca, Madre Vieja y Banadías.

El resto del área del municipio, un 60,98% tiene amenaza en grado bajo de deslizamiento.

En detalle existe una Alta amenaza por desprendimientos en las partes altas del distrito 9 del área rural, veredas Alto San Joaquín, Guasdualito, San Miguel, Las Palmeras, San Joaquín, San Miguel 2 y Caño Esmeralda.

De igual manera un desprendimiento en la Vereda Calafitas posibilitaría un represamiento con amenaza de avalancha del Río Calafitas. (Aunque este desprendimiento está ubicado en área del municipio de Fortul afectaría población del Municipio de Saravena).

Sísmico:

Los sismos (conocidos también como terremotos) son causados por movimientos bruscos que se producen entre fragmentos de la corteza terrestre y que desprenden grandes cantidades de energía.

Se conocen por las vibraciones o movimientos del terreno que generan, pero también pueden causar dependiendo de su localización y magnitud, otros fenómenos secundarios como fallas del terreno, avalanchas y tsunamis.

Según SIGAM – 2007, “Saravena se encuentra dentro del sistema de fallas del Piedemonte Llanero; sistema que se extiende a lo largo del flanco oriental de la Cadena Andina desde Ecuador hasta Venezuela y define el límite entre el dominio orogénico deformado y el Cratón Suramericano. Las fallas de este sistema son generalmente inversas con

buzamiento hacia la cordillera excepto la distribución de la sismiciclad delinea, en el continente, los cabalgamientos de vergencia opuesta paralelos a los piedemontes que ponen en evidencia el levantamiento y frente de deformación asociados a la convergencia de las placas de Nazca, Caribe y Sudamérica, y en profundidad, las peculiaridades del proceso de subducción (Taboada, A, 1.998). La Falla Frontal de la Cordillera Oriental conforma uno de los sistemas más activos de los Andes del Norte. El tipo de fallamiento, su longitud y su posición, se combinan con los parámetros de sismicidad para asignar a esta falla una magnitud última posible de 8 en la escala Ms. La longitud media de los segmentos mayores oscila entre 60 y 80 kilómetros, representando fuentes sismogénicas de alta capacidad destructora (Alarcón y Otros-Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 1.998).

Según Taboada (1.998) el Sistema Yopal es uno, uno de los sistemas de fallas activas y potencialmente activas en Colombia. Saravena hace parte de este sistema. El anterior autor describe el sector norte del piedemonte llanero así: hacia la frontera con Venezuela la dirección de las fallas activas más externas del piedemonte cambia progresivamente de azimut NE-SW a NS.

Estas fallas terminan contra nuevos accidentes de dirección NW-SE y movimiento inverso sinestral convergencia hacia los llanos de Venezuela. Si bien la sismicidad de la RSNC en este sector es difusa, se destaca la ocurrencia del sismo de 1.724 (I=X). Hacia la zona axial de la cordillera se observan nuevas fallas de dirección NS convergencia al NE, como la falla de Sácama, que contribuyen a la formación del relieve cordillerano que, en este sector, presenta una geometría en forma de cuña o boomerang. En esta zona se define un nuevo brazo de cordillera de dirección NNW conocido como el Macizo de Santander, limitado al este por la falla Santa Marta-Bucaramanga.

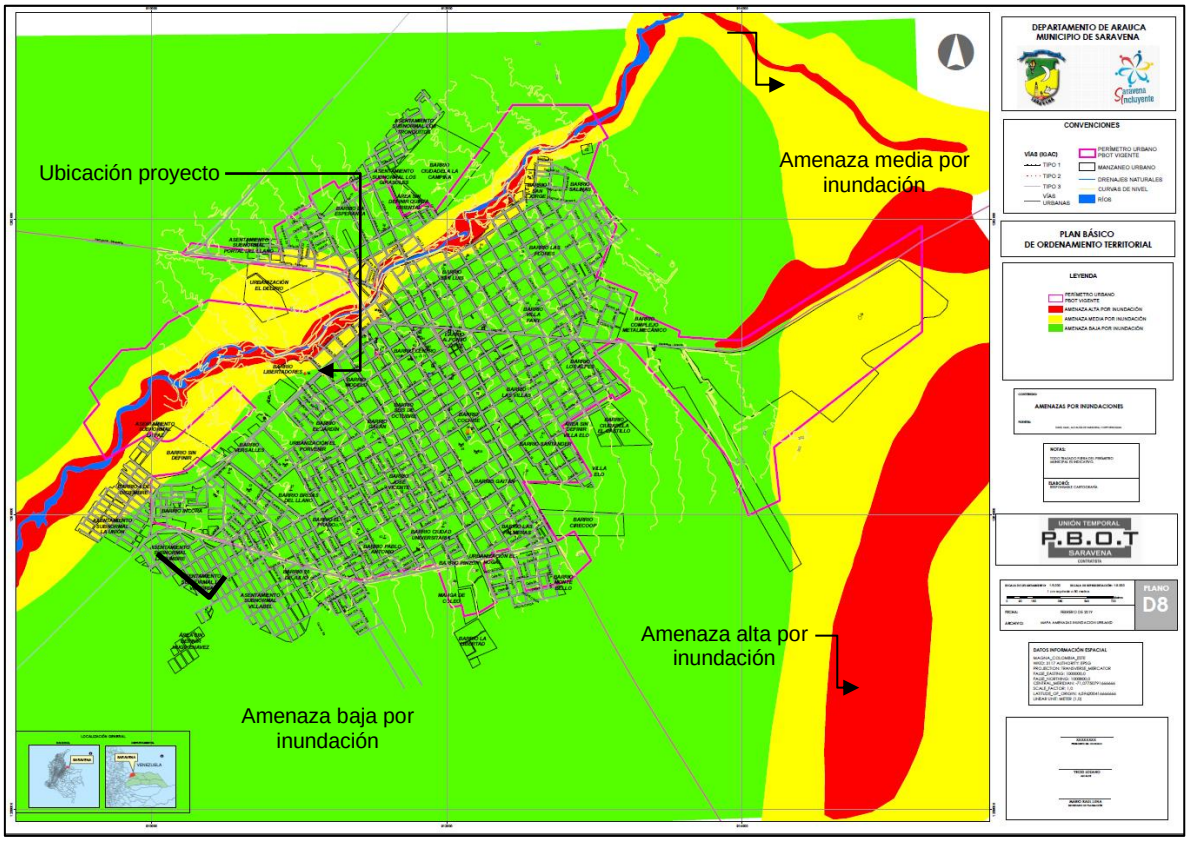
De acuerdo al plano geológico de Arauca del Instituto Colombiano de Geología y Minería “INGEOMINAS” (1.999), en Saravena se encuentran seis (6) fallas de las cuales cuatro (4) son inversas, una de rumbo dextral y de tipo una definida. De esta la más conocida es la frontal del borde llanero, que se localiza en el este y noreste del municipio, pasando entre Puerto Nariño y Saravena, hasta continuar a Venezuela por la Isla del Charo; que coincide con el centro de la amenaza (de media a alta) sísmica de la región. Las demás se localizan en el extremo sureste de municipio, correspondiendo a la zona de cordillera y más elevada (1.000 – 2.000 m.s.n.m).

En cuanto a los registros históricos de sismicidad se tiene que el más destructor y de mayor significado fue en 1.906 en el Océano Pacífico con una intensidad de 8,6 provocando tsunami y sintiéndose en la mayor parte de Colombia. Le siguen en su orden en el mismo Océano en 1.942 con 7,9; y con 7,8 en 1.904 y 1.958 respectivamente (Taboada y otros, 1.998).

Para el Piedemonte Llanero son de destacar en 1.995 en Tauramena (Casanare) y Cubará ambos con intensidad entre 6,5 – 7; en 1.923 en Paratebueno (Cundinamarca) con una intensidad entre 6 – 6,5 y Nuchía (Casanare) con intensidad entre 5,5 – 6 (INGEOMINAS, 1.995).

Para analizar el riesgo sísmico de Saravena, se tuvo en cuenta información anterior y registros de los municipios del piedemonte de Arauca (Tame, Fortul y Saravena) y Cubará (Boyacá), pues este fenómeno natural no tiene fronteras y en la mayoría de los casos afecta a más de un municipio.

Figura 2-4. Amenazas naturales urbanas municipio de Saravena



Fuente: PBOT Municipio de Saravena.

Se puede concluir que Saravena es el municipio donde menos frecuencia de eventos sísmicos se presentan en el área del piedemonte Araucano y el municipio de Cubará (Boyacá). Los municipios donde mayor número de eventos de sismicidad se presentan son Cubará seguido de Fortul. Pero esto no quiere decir que Saravena presente menos vulnerabilidad a los efectos de un fenómeno natural de importancia, pues realmente se

encuentra dentro de dos zonas de alta sismicidad, y la ocurrencia de un evento mayor, puede generar efectos y desastres en toda la región, pues las distancias son pocas; a la zona urbana de Cubará, 35 km y a Fortul 26 Km. El sismo del 17 de enero de 2.000 en Fortul de 5,9 de magnitud y superficial, merece atención, pues si lo comparamos con el del epicentro en Córdoba (Quindío) el 25 de enero de 1.999 donde se originaron daños y victimas en la zona cafetera; fue de 6,2 de magnitud y superficial. Sin embargo, el Estudio General de Amenaza Sísmica en Colombia del INGEOMINAS-Universidad de los Andes en 1.996, dentro de las zonas de amenaza sísmica está en un riesgo alto y medio; teniendo en cuenta las normas sismo resistentes le asignan valores de Aa (aceleración pico efectiva) de 0,25g y Ad de 0,03, siendo los más altos en Colombia 0,40g y 0,06 respectivamente; y en el departamento de Arauca con valores más altos Fortul y Saravena.

El Plan Básico de Ordenamiento Territorial estableció las áreas de mayor amenaza en el casco urbano del municipio, las cuales se ilustran en la figura 2-4. Los predios de la Unidad de Atención Primaria, ubicado en el Barrio La Granja, se encuentra en amenaza baja y media por inundación.

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 “Consultoría especializada para realizar estudios y diseños requeridos para la construcción de la Unidad de Atención Primaria del Hospital del Sarare ESE del Municipio de Saravena, Departamento de Arauca”.

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

Sondeos manuales

Se realizaron tres (3) sondeos con equipo de perforación manual a percusión con el objetivo de recuperar muestras alteradas directamente de la excavación. La cantidad de perforaciones y su profundidad se basa en criterios mínimos definidos en el numeral H.3 del Título H de la NSR-10 para unidades de construcción de categoría baja (construcciones de hasta tres niveles).

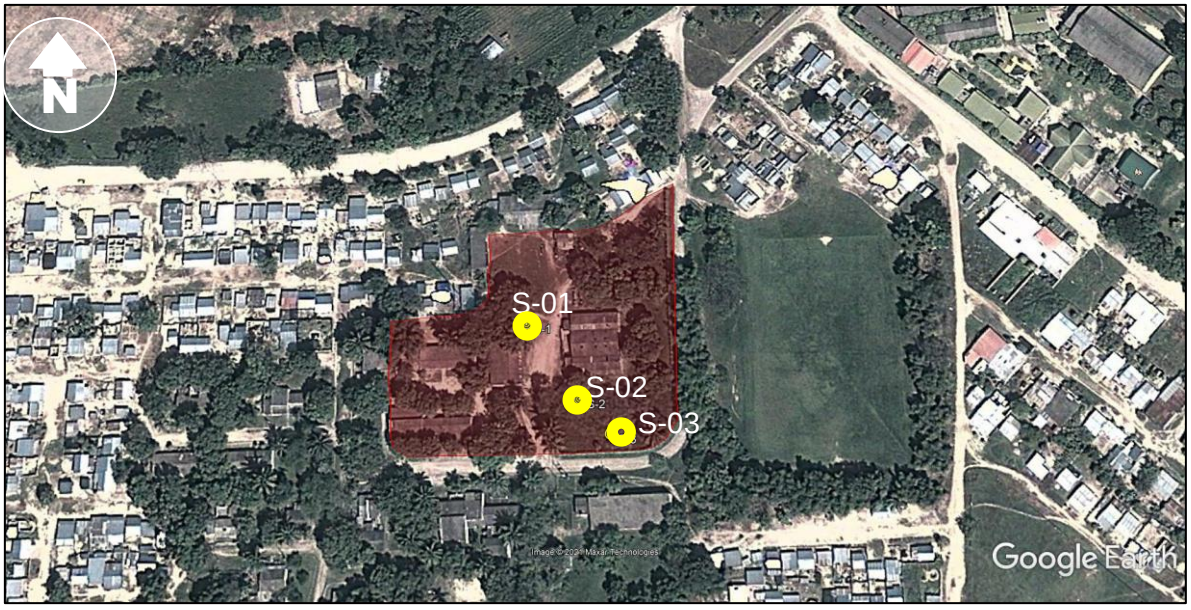
En el Cuadro 3-1 se presentan las profundidades de las perforaciones finalmente ejecutadas y su ubicación geográfica. En la figura 3-1, se muestran la ubicación de las perforaciones ejecutadas.

Cuadro 3-1. Localización y profundidad de los sondeos

Sondeo	Latitud	Longitud	Profundidad
S -01	6°56'52.11"N	6°56'52.11"O	6.00 m
S -02	6°56'51.04"N	6°56'51.04"O	6.00 m
S -03	6°56'50.55"N	6°56'50.55"O	6.00 m

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

Figura 3-1 Ubicación de los sondeos exploratorios



Fuente: Google Earth Pro. Fecha de imagen: 1/10/2014

3.2 ENSAYOS EN CAMPO

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

- Barrenos 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.
- 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 de suelos y en el Anexo A-3 los ensayos de laboratorio realizados.

La cantidad de ensayos ejecutados se relaciona en el Cuadro 3-2.

Cuadro 3-2 Cantidad total de ensayos ejecutados en campo y laboratorio

Ensayo	Cantidad	Norma
Ensayos de Laboratorio		
Contenido de humedad	5	INV E-122-13
Granulometría	5	INV E-123-13
Peso unitario	5	-
Corte directo	1	INV E-154-13
Ensayos de Campo		
Penetración estándar (SPT)	15	INV E-111-13

Para mayor información de los procedimientos de ensayos, por favor remitirse a las normas INVIAS respectivas dadas en el Cuadro 3-3.

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 abanicos aluviales (Q_1abi), estratificados de gravas limosas con arena y arenas limosas de granulometría media a fina con presencia de cantos subredondeados de hasta 4 pulgadas. Los suelos materiales de naturaleza granular abundan en toda la profundidad explorada. Se identificaron por medio de la campaña de exploración geotécnica principalmente los materiales o grupos de materiales que se describen a continuación. La caracterización de los suelos se realizó considerando los resultados de los ensayos presentados en el Cuadro 4-1.

Cuadro 4-1. Resumen de resultados de laboratorio

Sondeo	Muestra	Rango de muestreo (m)	Peso Unitario	Gravedad específica	Distribución granulométrica				Limites de plásticidad				Humedad		Clasificación de suelos		
					Grava	Arena	Limo	Arcilla	LL	LP	IP	IL	Weq	Natural			
			Ton / m3	Gs	%	%	%	%	%	%	%		%	%	U.S.C.	AASHTO	Indice de grupo
S-01	1	0.00 - 6.00	2.028	2.656	52.16	**27.40**	20.44	-	-	-	-	-	-	9.32	GM	A-1-a	0
S-02	1	0.00 - 1.70	1.886	2.664	0.00	**51.86**	48.14	-	-	-	-	-	-	7.44	SM	A-4	0
	2	1.70 - 6.00	2.057	2.655	53.35	**28.49**	18.16	-	-	-	-	-	-	7.73	GM	A-1-a	0
S-03	1	0.00 - 1.80	1.653	1.906	0.00	**57.68**	42.32	-	-	-	-	-	-	9.49	SM	A-4	0
	2	1.80 - 2.30	1.815	2.090	59.36	**32.66**	7.98	-	-	-	-	-	-	11.28	GP-GM	A-1-a	0
Mínimo			1.653	1.906	0.00	27.40	7.98	-	-	-	-	-	-	7.44	-	-	-
Promedio			1.888	2.394	32.97	39.62	27.41	-	-	-	-	-	-	9.05	-	-	-
Máximo			2.057	2.664	59.36	57.68	48.14	-	-	-	-	-	-	11.28	-	-	-
Promedio sobrecapa			1.856	2.409	17.39	45.65	36.97	-	-	-	-	-	-	8.75	-	-	-
Promedio suelo de fundación			1.967	2.467	54.96	29.52	15.53	-	-	-	-	-	-	9.44	-	-	-

Fuente: 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 primer 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.

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.

El muestreo de los suelos granulares con el toma muestras partido produce cambios intensos en su estructura original e imposibilita la correcta determinación de las propiedades mecánicas mediante pruebas de laboratorio. Para obviar esta dificultad se ha encontrado conveniente medir en forma sencilla el grado de compacidad del suelo en el sitio, al convertir el proceso de hincar el toma muestras en el terreno en un ensayo dinámico de penetración conocido como Ensayo Normal de Penetración, SPT.

Suelo inalterado un toma muestras partido normalizado (Split spoon) en una distancia de 305 mm (1 Desde 1958 los procedimientos para su ejecución y los equipos usados fueron normalizados como la prueba ASTM D-1586). EL ensayo SPT es una prueba in-situ que se realiza en el fondo de una perforación; consiste en determinar el número N de golpes de un martillo con peso de 63 kg (140 lb) y 762 mm (30 pg.) de altura de caída, necesarios para hincar en el pie).

No obstante, la aparente simplicidad del ensayo, incontables experiencias documentales indican una acentuada sensibilidad de los resultados a numerosos factores y variables involucrados en su ejecución.

Uso de puntaza:

En ocasiones, si se trata de un suelo granular grueso, para no dañar el bisel de la puntaza abierta o zapata de hinca, suele substituirse por una puntaza ciega.

Por ultimo en *Jiménez Salas et al.* (1975) se recomienda el uso de un factor de corrección de 1.3 si el ensayo se realiza con puntaza ciega, ya que el ensayo normalizado es el realizado con puntaza abierta:

N(puntaza) = 1,3N(cuchara)

O lo que es lo mismo:

N(cuchara) = (1/1,3)N(puntaza)

En la Figura 4-1 se muestran los perfiles encontrados para el número de golpes, N, en el ensayo normal de penetración, SPT, para cada uno de los sondeos realizados. Se aprecia un aumento para los valores del número de golpes encontrados en cada sondeo a medida que aumenta la profundidad.

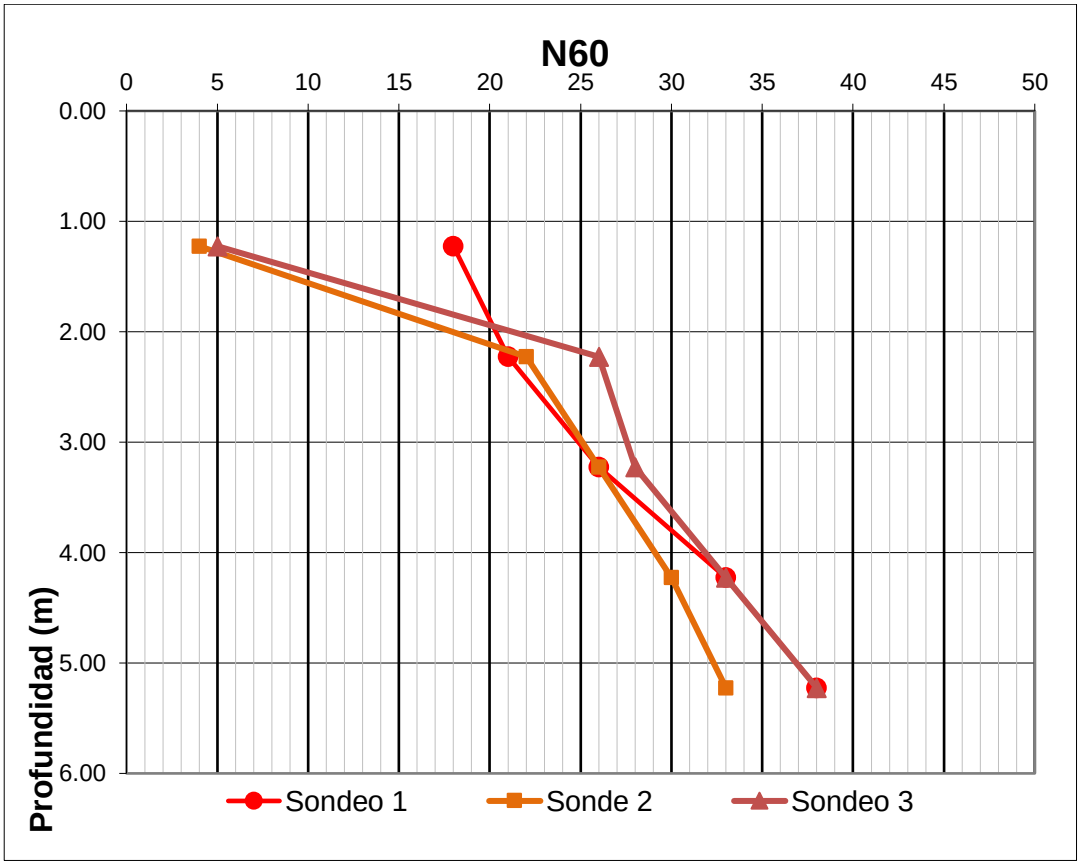
El ensayo de penetración estándar (SPT) realizado en los barrenos manuales, permitió determinar los parámetros de resistencia de los suelos, tales como el ángulo de fricción interna y resistencia al corte no drenado (Su). La consistencia y densidad relativa de los suelos puede ser calificada de acuerdo con lo indicado por Terzaghi y Peck. En el Cuadro 4-2 se muestran los criterios de clasificación según el número de golpes por pie del ensayo de penetración estándar (N_{SPT}).

Cuadro 4-2. 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 el Cuadro 4-3 se presenta el resumen del número de golpes/pie para cada depósito de suelo encontrado en los sondeos.

Figura 4-1. Curvas de número de golpes, N, en el ensayo SPT, contra profundidad



Fuente: propia

Cuadro 4-3. 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	10	13	6	8	10	18
	2	2.00	2.45	2.23	9	12	15	7	9	12	21
	3	3.00	3.45	3.23	11	15	18	8	12	14	26
	4	4.00	4.45	4.23	14	19	23	11	15	18	33
	5	5.00	5.45	5.23	16	24	26	12	18	20	38
S-02	1	1.00	1.45	1.23	-	-	-	2	2	2	4
	2	2.00	2.45	2.23	10	13	16	8	10	12	22
	3	3.00	3.45	3.23	12	14	19	9	11	15	26
	4	4.00	4.45	4.23	14	17	22	11	13	17	30
	5	5.00	5.45	5.23	14	19	24	11	15	18	33
S-03	1	1.00	1.45	1.23	-	-	-	2	2	3	5
	2	2.00	2.45	2.23	12	15	18	9	12	14	26
	3	3.00	3.45	3.23	13	16	21	10	12	16	28
	4	4.00	4.45	4.23	15	18	25	12	14	19	33
	5	5.00	5.45	5.23	17	21	28	13	16	22	38

Cuadro 4-4. Número de golpes/pie promedio corregido N_{60} estrato portante

Sondeo	Prof. [m]	N_{60}[-]
S-01	1.00 - 5.45	17
S-02	1.00 - 5.45	14
S-03	1.00 - 5.45	16

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

4.3 ESTRATIGRAFÍA DE DISEÑO

El suelo superficial está constituido por material grueso del tipo arena limosa de granulometría media a fina (**SM**) de color amarillo de densidad relativa suelta.

Seguido de estos suelos se encuentran mezclas de grava limosa con pocos finos (**GM**) de color amarillo y café con presencia de cantos rodados de hasta 6 pulgadas, que se extienden hasta los 6.00 m (máxima profundidad explorada). Este estrato presenta una compacidad media, densidad media y en estado de humedad seca.

En el Cuadro 4-5 se presenta la estratigrafía completa del subsuelo del área de estudio.

Cuadro 4-5 Estratigrafía general registrada con los sondeos S-01, S-02 y S-03

Sondeo	Arena limosa	Gravas con arena, limo y bloques
S – 01	-	0.20 m – 6.00 m
S – 02	0.20 m – 1.70 m	1.70 m – 6.00 m
S – 03	0.20 m – 1.80 m	1.80 m – 6.00 m

Se observa que se mantiene la misma distribución de material, por lo tanto, se concluye que se trata de un solo perfil de suelo presente en el área del proyecto o un perfil geotécnico de diseño único.

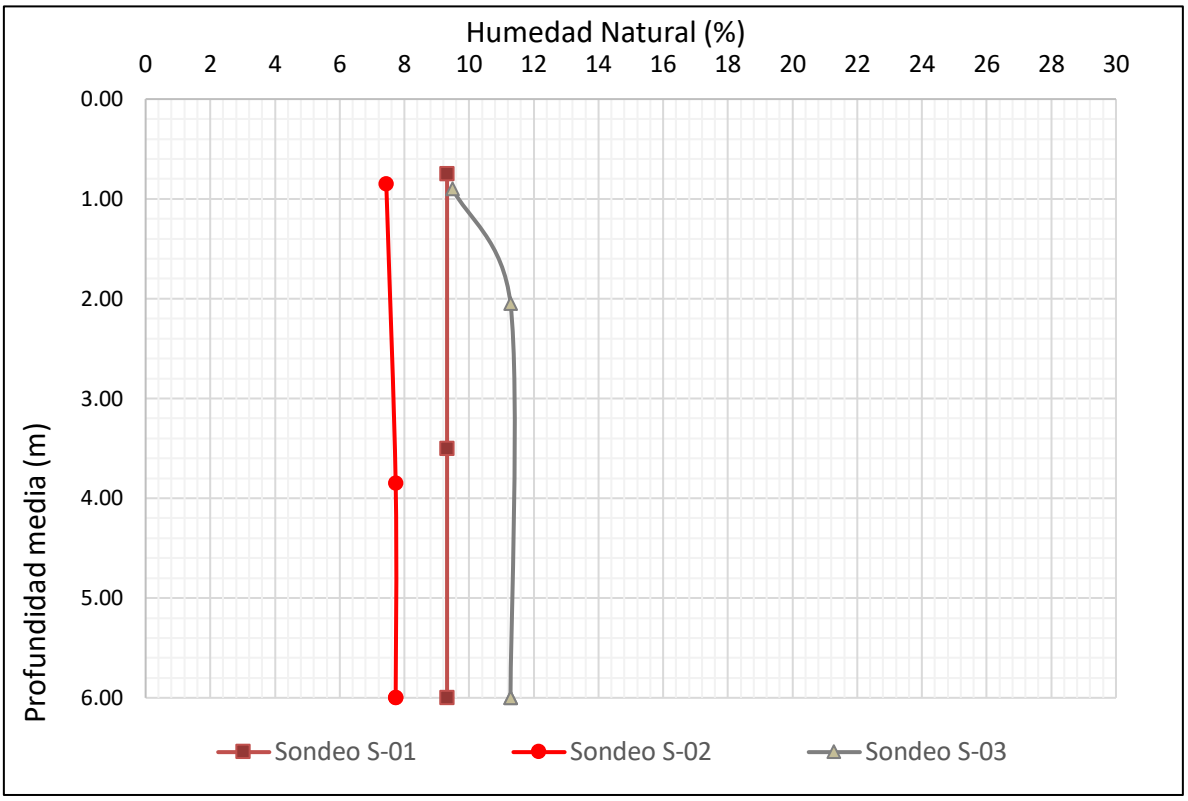
4.4 POTENCIAL DE EXPANSIÓN

Los suelos encontrados en los apiques exploratorios corresponden a arenas limosas y gravas limosas con bloques, luego de realizado los ensayos de límites a la porción fina se determinó que no poseían características plásticas y por ende corresponden a suelos no expansivos.

4.5 NIVEL FREÁTICO

El nivel freático no se evidenció hasta la profundidad explorada (6.00 m). La humedad de promedio de los suelos encontrados fue de 9.05%, frutando entre 7.44 % y 11.28%, siendo el estrato superficial el más seco.

Figura 4-2. Curvas de humedad contra profundidad



Fuente: Propia

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. En el estrato de grava limosa se empleó una puntaza para lo cual el valor de N de la cuchara fue corregido, N(cuchara) = (1/1,3)N(puntaza).

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 ≤ 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

Cuadro 5-1 Parámetros de resistencia

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

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

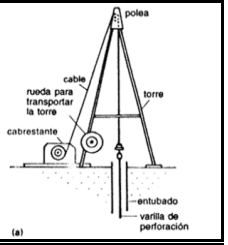
$$Ncor = N * Cn \qquad \phi_{eq}' = 15 + (12.5Ncor)^{0.5} \qquad \tau = \tan(\phi_{eq}')\sigma' \qquad Cn = 1 - K Log RS$$

σ = Esfuerzo vertical normal
γ_i = Peso unitario en el nivel i
Z_i = Profundidad del nivel i
Ncor = Número de golpes corregido
N = Número de golpes en campo
Cn = Factor de correción

μ = Presión del agua intersticial
γ_w = Peso unitario del agua
Z_w = Profundidad
ϕ_{eq} = ángulo de resistencia al corte
Ncor = Número de golpes corregido

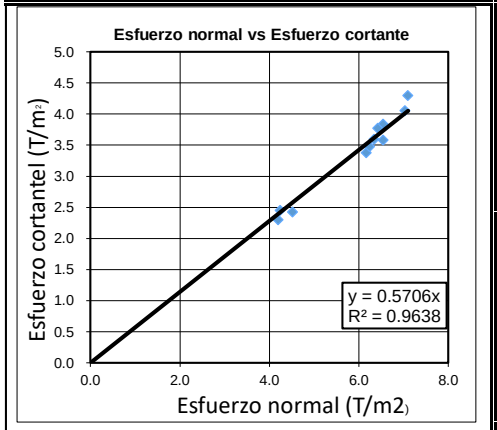
σ' = Esfuerzo vertical efectivo
σ = Esfuerzo vertical normal
μ = Presión del agua intersticial
σ = Esfuerzo cortante
ϕ_{eq} = ángulo de resistencia al corte
σ' = Esfuerzo vertical efectivo

RS = Parámetro adimensional
σ' = Esfuerzo vertical efectivo
Pa = Presión atmosférica
Cn = Factor de correción
K = Constante del modelo
RS = Parámetro adimensional



Altura sobre nivel del mar: 248 m
Presión atmosférica : 10.05 T/m²

PARÁMETROS DE RESISTENCIA



PARÁMETROS DE RESISTENCIA

Pendiente	m =	0.5706
Ángulo de resistencia al corte	ϕ =	0.52 rad
	ϕ =	29.7 °
Cohesión	**C =**	**0.00** kg/cm²

Sondeo	Muestra	SPT N1	SPT N2	SPT N3	SPT N	Prof. m	Nivel piezométrico m	σ T/m²	μ T/m²	σ' T/m²	SPTcorregido RS	SPTcorregido Cn	SPTcorregido Ncor	ϕ_{eq}.	σ' T/m²	τ T/m²
1	1	6	8	10	18	1.23		2.48	0.00	2.48	0.25	1.86	15	28.69	2.48	1.36
1	2	7	9	12	21	2.23		4.51	0.00	4.51	0.45	1.49	14	28.23	4.51	2.42
1	3	8	12	14	26	3.23		6.54	0.00	6.54	0.65	1.26	15	28.69	6.54	3.58
1	4	11	15	18	33	4.23		6.54	0.00	6.54	0.65	1.26	19	30.41	6.54	3.84
1	5	12	18	20	38	5.23		7.10	0.00	7.10	0.71	1.21	21	31.20	7.10	4.30
2	1	2	2	2	4	1.23		2.31	0.00	2.31	0.23	1.90	3	21.12	2.31	0.89
2	2	8	10	12	22	2.23		4.20	0.00	4.20	0.42	1.54	15	28.69	4.20	2.30
2	3	9	11	15	26	3.23		6.17	0.00	6.17	0.61	1.30	15	28.69	6.17	3.38
2	4	11	13	17	30	4.23		6.34	0.00	6.34	0.63	1.28	17	29.58	6.34	3.60
2	5	11	15	18	33	5.23		7.03	0.00	7.03	0.70	1.22	18	30.00	7.03	4.06
3	1	2	2	3	5	1.23		2.33	0.00	2.33	0.23	1.89	4	22.07	2.33	0.95
3	2	9	12	14	26	2.23		4.24	0.00	4.24	0.42	1.53	18	30.00	4.24	2.45
3	3	10	12	16	28	3.23		6.24	0.00	6.24	0.62	1.29	16	29.14	6.24	3.48
3	4	12	14	19	33	4.23		6.42	0.00	6.42	0.64	1.27	19	30.41	6.42	3.77
3	5	13	16	22	38	5.23		7.13	0.00	7.13	0.71	1.21	21	31.20	7.13	4.32

Carrera 18 #27-21 B. Modelo
seincojedm@gmail.com CEL. 3132635714
Saravena-Arauca

j) Se hace la regresión τ vs σ' para cada tipo de material y se obtienen c' y tanϕ'. 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 = ϕeq' 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.

Perfil de diseño

El Cuadro 5-2 resume los parámetros de diseño para los suelos explorados.

Cuadro 5-2 Parámetros de resistencia al corte drenado - Perfil de diseño

Estrato	Prof. [m]	Φ [°]	Cu (kg/cm^2)
Grava limosa	1.70-6.00	29.7	0.04

5.2 PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE (SU, C, ϕ)

Con el fin de definir los parámetros de resistencia al corte se realizó un ensayo de resistencia al corte directo drenado según norma INVIAS E-154-13 sobre muestra remoldeada a humedad de saturación (teniendo en cuenta las altas precipitaciones presentes en la región).

Cuadro 5-3 Parámetros de resistencia al corte drenado - Perfil de diseño.

Estrato	Prof. [m]	Φ [°]	Cu (kg/cm^2)	USC
Grava limosa	1.70 – 6.00	31.1°	0.08	GM

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:

$$S_e = C_1 C_2 \, \Delta q \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{I_z}{E} \right)_i \Delta z_i$$

$$C_1 = 1 - 0.5\left(\frac{\sigma'_{zo}}{\Delta q}\right) \geq 0.5$$

$$C_2 = 1 + 0.2\log_{10}(10\,t)$$

$$I_{zp} = 0.5 + 0.1\sqrt{\frac{\Delta q}{\sigma'_{zp}}}$$

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 el Cuadro 5-4.

Cuadro 5-4 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	Arcilla de alta plasticidad $E = 300*S_u$ Arcilla de baja plasticidad $E = 1000*S_u$ (S_u es la resistencia al corte no drenado)	Bowles, 1996

En el Cuadro 5-5 se presentan los valores de rigidez obtenidos para los materiales presentes en la zona.

Cuadro 5-5 Módulo de Young estimado para el perfil de diseño

Estrato	Material	N60	E [MPa]
0.20 – 1.70	Arena limosa (SM)	4	2.88
1.70 – 6.00	Grava limosa (GM)	17	15.80

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

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:

Cuadro 6-1 Promedio de SPT a lo largo de las exploraciones.

Perfil	$\overline{N_{spt}}$
Perfil de diseño	15

Cuadro 6-2 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

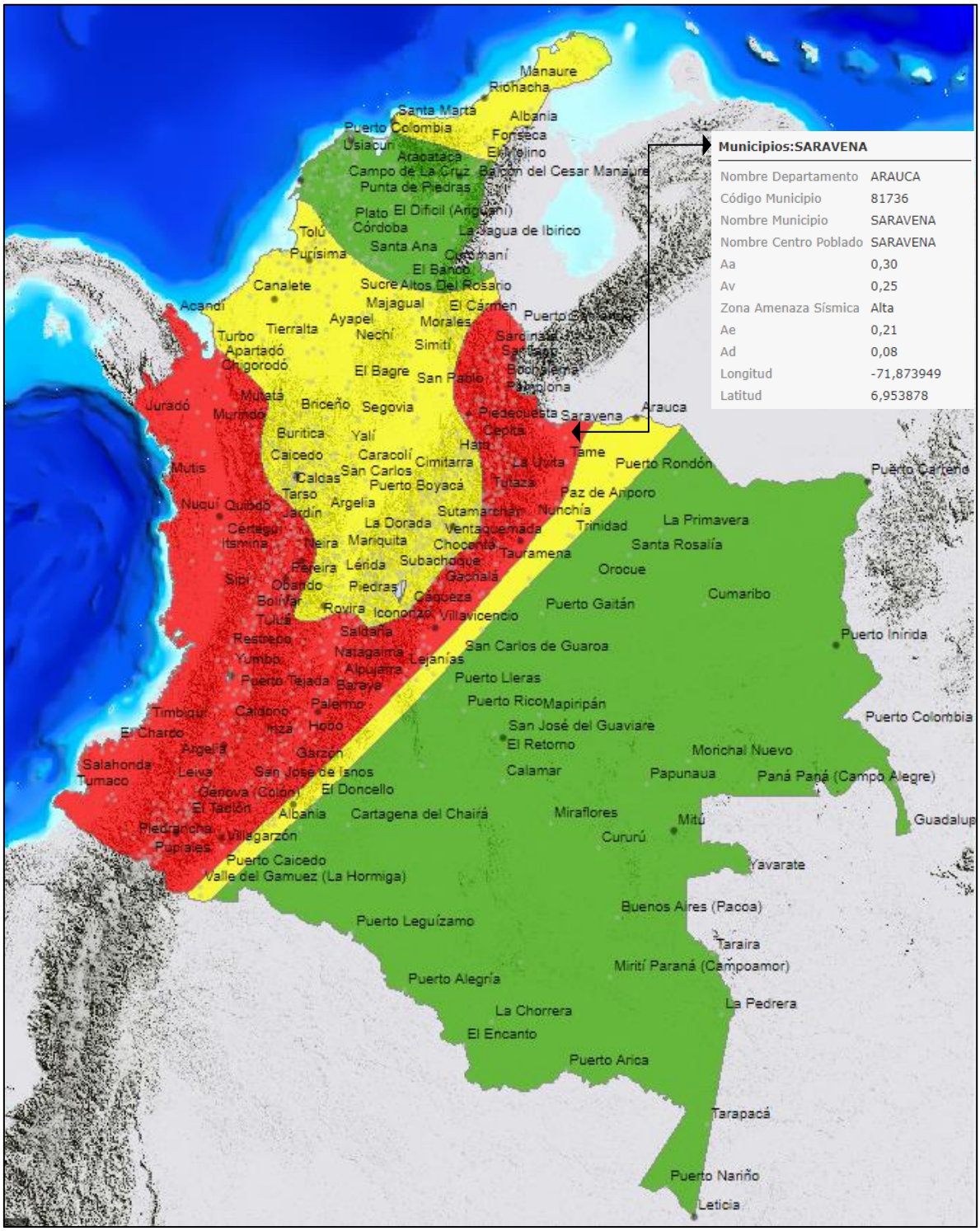
De acuerdo con las características predominantes de los perfiles, los suelos se sitúan en un **Tipo D** (15<N<50).

Coeficiente de importancia: I = **1.25** (Edificaciones de Atención a la Comunidad) Grupo III.

6.2 CLASIFICACIÓN ZONA DE AMENAZA SÍSMICA

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 6.1 se observa la ubicación del municipio de Saravena en el mapa de amenaza sísmica de Colombia.

Figura 6-1 Mapa de amenaza sísmica de Colombia



Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

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:

A_a	0.30
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, debida 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

En los perfiles de suelo registrados a nivel de cimentación, se encontraron depósitos de gravas limosas de compacidad media. A dichos depósitos se le realizó el análisis de licuación, cuyos resultados están resumidos en el Cuadro 6-3.

Cuadro 6-3. Análisis de licuación (Perfil de diseño).

SONDEO-PERFIL DE DISEÑO

Estrato	Prof. media (m)	USCS	% Finos	Densidad Relativa	Nivel Freático	CONDICIÓN
1	0.85	SM	45.23		-	No Licuable
2	3.85	GM	15.53	Media	-	No Licuable

Considerando los resultados presentados en el cuadro anterior hasta la profundidad explorada y teniendo en cuenta que el nivel freático se encuentra por debajo de los 12 m, se concluye que los suelos NO son licuables, por lo tanto no se esperan que ocurran deformaciones por licuación.

6.5 VERIFICACIÓN DE LA DISPERSIVIDAD DEL MATERIAL FINO

Para la verificación de la dispersividad del material fino que conforma los suelos de fundación se utilizó el criterio de Sherard et al. 1976, para el cual materiales cohesivos con IP mayor a 15% y con un límite líquido de entre 30 y 50% pueden corresponder a materiales de características dispersivas.

Al revisar los límites de consistencia del material que conforma el suelo de fundación se encontró (como se describió en la Sección 4.1) que estos son predominantemente de plasticidad nula, por lo tanto, es poco probable que el material presente características dispersivas. Por esta razón, para la fase de análisis y diseño no se considerará esta característica del material.

7 CAPACIDAD PORTANTE Y ASENTAMIENTOS

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

7.1 GENERALIDADES

Se define capacidad admisible para una cimentación como: “el menor valor entre la capacidad calculada a partir de la resistencia ante falla, reducida por el factor de seguridad, y la que produzca asentamientos inferiores a los permitidos. Esta capacidad debe ser claramente establecida en los estudios geotécnicos. Después de conocer las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que conforman la zona geotécnica encontrada mediante la exploración realizada se procede a determinar la capacidad de carga y el nivel de deformaciones que se pueden presentar debido a las cargas impuestas, se establece ahora el nivel de cimentación para entrar a valorar la capacidad portante. Para el sitio de estudio se determinarán las capacidades portantes del suelo a diferentes profundidades.

7.2 NIVEL Y SISTEMA DE CIMENTACIÓN

El nivel de la cimentación debe quedar a una profundidad tal que se garantice una resistencia adecuada del suelo y que presente deformaciones inmediatas y por consolidación tolerable para el tipo de proyecto y las cargas que se impondrán.

El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR 10, en el numeral H4.6 – Profundidad de cimentación, establece para la profundidad de cimentación:

(a) La profundidad tal que se elimine toda posibilidad de erosión o meteorización acelerada del suelo, arrastre del mismo por tubificación causada por flujo de las aguas superficiales o subterráneas de cualquier origen.

(b) En los suelos arcillosos, la profundidad de las cimentaciones debe llevarse hasta un nivel tal que no haya influencia de los cambios de humedad inducidos por agentes externos.

(c) Es preciso diseñar las cimentaciones superficiales en forma tal que se eviten los efectos de las raíces principales de los árboles próximos a la edificación o alternativamente se deben dar recomendaciones en cuanto a arborización.

Según las condiciones encontradas en el sitio de estudio y a la estructura a construir se recomienda llevar las cargas a una profundidad mínima de 1.70 m, en el estrato de grava arenosa.

7.2.1 Cimentación superficial.

De acuerdo a la zona geotécnica encontrada y definida, se hace la evaluación de la capacidad de carga con las expresiones de cimentaciones. De manera que se pueda establecer un perfil de capacidad de carga. También se evalúa la capacidad de carga como máximo a 3.00 m de profundidad. Es necesario mencionar que para aplicar los valores de carga a áreas resultantes es indispensable comprobar que los materiales existentes son los reportados en el estudio realizado. La capacidad de soporte del suelo reportada en la exploración realizada se calculó ecuación presentada por Meyerhof; la cual dice que una cimentación es superficial si la profundidad Df de la cimentación es menor o igual al ancho de la misma. Sin embargo, investigadores posteriores han sugerido que cimentaciones con Df igual a 3 o 4 veces el ancho se definen como cimentaciones superficiales.

7.3 CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

En este literal se procederá a realizar los diferentes cálculos de capacidad portante que apliquen a este proyecto, adicionalmente se presentaran las metodologías y expresiones matemáticas que se emplearan para el desarrollo y obtención de dichos cálculos.

7.3.1 Ecuaciones de capacidad portante utilizadas en el análisis

Ecuación general de capacidad portante para suelo con fricción y cohesión ($\phi \neq 0$, $c \neq 0$), MEYERHOF.

$$q_u = cN_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + \tfrac{1}{2}\gamma BN_\gamma F_{\gamma s}F_{\gamma d}F_{\gamma i}$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\phi \qquad N_q = \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)e^{\pi\tan\phi} \qquad N_\gamma = 2(N_q + 1)\tan\phi$$

Dónde:

c: cohesión del suelo
B: ancho de la cimentación
γ: peso unitario del suelo de fundación
q = γD: esfuerzo efectivo a nivel del fondo de la cimentación. D=profundidad de desplante, γ peso unitario del suelo por encima de la profundidad de desplante.
N_c, N_q, $N\gamma$: Factores de capacidad de carga
F_{cs}, F_{qs}, $F\gamma$s: Factores de forma
F_{cd}, F_{qd}, $F\gamma$d: Factores de profundidad
F_{ci}, F_{qi}, $F\gamma$i: Factores de inclinación de la carga sobre la cimentación

7.3.2 Cálculos de capacidad de carga admisible de los suelos de fundación ("perfil de diseño")

La capacidad de carga nominal del suelo fue evaluada utilizando análisis de esfuerzos totales y parámetros de resistencia al corte no drenado obtenidos mediante correlaciones del ensayo de SPT, siendo estos resultados los más críticos, y considerando el máximo nivel freático esperado durante la vida útil de la estructura.

Cuadro 7-1. Capacidad portante admisible

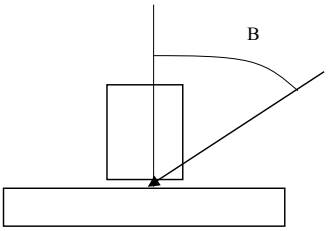
SUELO NATURAL

Propiedades del suelo

Ángulo de resistencia al corte	ϕ = 29.70 °				
	ϕ = 0.518 rad	N.F= 12.00 m			
Cohesión	C = 0.000 T/m^2	γsat = 2.068 T/m^3			
Peso unitario de la sobrecapa	γ_b = 1.856 T/m^3	$\gamma\omega$ = 1.00 T/m^3			
Peso unitaro del suelo de fundación	γ = 1.967 T/m^3	γ` 1.07 T/m^3			

Inclinación de cargas

B = 0 °
0 rad



Factores de Capacidad Portante

Nc =	29.43140299
Nq =	17.78742316
Nγ =	21.43237432

H estrato	**H=** **6**	m
FS	3	

Excentricidad e = 0.00 m

Cálculo de Capacidad Portante del Suelo para cimientos superficiales.

Df	B	B/L	L	B'/L'	L'	Fcs	Fqs	Fγs	D_f/B	Fcd	Fqd	Fγd	Fci	Fqi	Fγi	q	γ	$\sigma_{u\ (t/m2)}$	$\sigma_{a(t/m2)}$	$\sigma_{n(t/m2)}$	Qmax(T)
1.70	1.00	--	--	--		1.000	1.000	1.000	1.700	1.416	1.302	1.00	1.00	1.00	1.00	3.1552	1.8560	92.95	89.79	29.93	29.93
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.604	1.570	0.600	1.700	1.416	1.302	1.00	1.00	1.00	1.00	3.1552	1.9670	127.38	124.22	41.41	41.41
	1.00	0.75	1.34	0.75	1.34	1.451	1.426	0.701	1.700	1.416	1.302	1.00	1.00	1.00	1.00	3.1552	1.9670	118.94	115.79	38.60	51.72
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.302	1.285	0.800	1.700	1.416	1.302	1.00	1.00	1.00	1.00	3.1552	1.9670	110.76	107.60	35.87	71.73
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.151	1.143	0.900	1.700	1.416	1.302	1.00	1.00	1.00	1.00	3.1552	1.9670	102.45	99.29	33.10	132.39
2.00	1.00	--	--	--	--	1.000	1.000	1.000	2.000	1.443	1.322	1.00	1.00	1.00	1.00	3.7120	1.9670	108.33	104.62	34.87	34.87
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.604	1.570	0.600	2.000	1.443	1.322	1.00	1.00	1.00	1.00	3.7120	1.9670	149.67	145.96	48.65	48.65
	1.00	0.75	1.34	0.75	1.34	1.451	1.426	0.701	2.000	1.443	1.322	1.00	1.00	1.00	1.00	3.7120	1.9670	139.18	135.47	45.16	60.51
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.302	1.285	0.800	2.000	1.443	1.322	1.00	1.00	1.00	1.00	3.7120	1.9670	129.00	125.29	41.76	83.53
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.151	1.143	0.900	2.000	1.443	1.322	1.00	1.00	1.00	1.00	3.7120	1.9670	118.67	114.96	38.32	153.28
2.50	1.00	--	--	--	--	1.000	1.000	1.000	2.500	1.476	1.346	1.00	1.00	1.00	1.00	4.6400	1.9670	132.14	127.50	42.50	42.50
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.604	1.570	0.600	2.500	1.476	1.346	1.00	1.00	1.00	1.00	4.6400	1.9670	187.06	182.42	60.81	60.81
	1.00	0.75	1.34	0.75	1.34	1.451	1.426	0.701	2.500	1.476	1.346	1.00	1.00	1.00	1.00	4.6400	1.9670	173.12	168.48	56.16	75.26
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.302	1.285	0.800	2.500	1.476	1.346	1.00	1.00	1.00	1.00	4.6400	1.9670	159.60	154.96	51.65	103.31
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.151	1.143	0.900	2.500	1.476	1.346	1.00	1.00	1.00	1.00	4.6400	1.9670	145.87	141.23	47.08	188.31
3.00	1.00	--	--	--	--	1.000	1.000	1.000	3.000	1.500	1.363	1.00	1.00	1.00	1.00	5.5680	1.9670	156.04	150.48	50.16	50.16
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.604	1.570	0.600	3.000	1.500	1.363	1.00	1.00	1.00	1.00	5.5680	1.9670	224.59	219.03	73.01	73.01
	1.00	0.75	1.34	0.75	1.34	1.451	1.426	0.701	3.000	1.500	1.363	1.00	1.00	1.00	1.00	5.5680	1.9670	207.20	201.63	67.21	90.06
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.302	1.285	0.800	3.000	1.500	1.363	1.00	1.00	1.00	1.00	5.5680	1.9670	190.32	184.75	61.58	123.17
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.151	1.143	0.900	3.000	1.500	1.363	1.00	1.00	1.00	1.00	5.5680	1.9670	173.18	167.61	55.87	223.48

Convenciones:

- ϕ = Ángulo de resistencia al corte
- C = Resistencia no drenada
- B = Ancho de cimentación
- L = Largo de cimentación
- D_f = Profunidad de desplante
- L' = Largo efectivo
- Fcs, Fqs, Fγs = Factor de corrección por f
- Fcd, Fqd, Fγd = Factor de corrección por profundidad
- Fci, Fqi, Fγi = Factor de corrección por inclinación
- σ_u = Esfuerzo último
- σ_n = Esfuerzo neto
- σ_{ns} = Esfuerzo neto de seguridad
- Qmax = Carga máxima

Las capacidades portantes evaluadas para diferentes relaciones ancho, longitud y profundidad de desplante, se presentan en el cuadro 7-1 para el perfil geotécnico de diseño encontrado en el sitio del proyecto.

Figura 7-1 Esfuerzo máximo vs profundidad de desplante

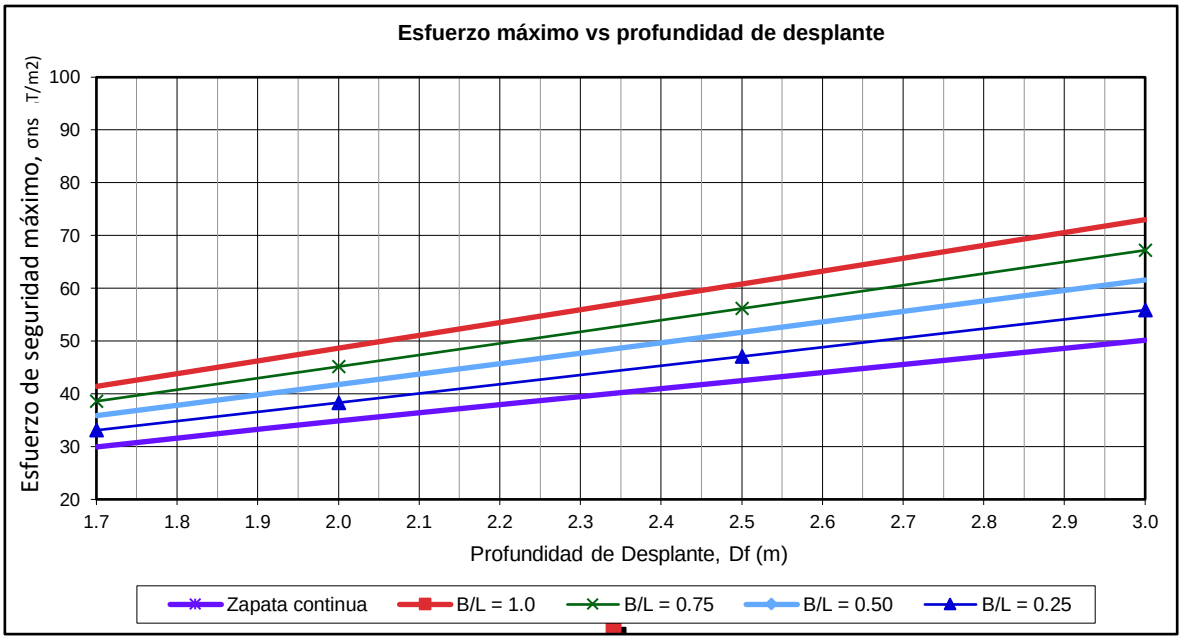
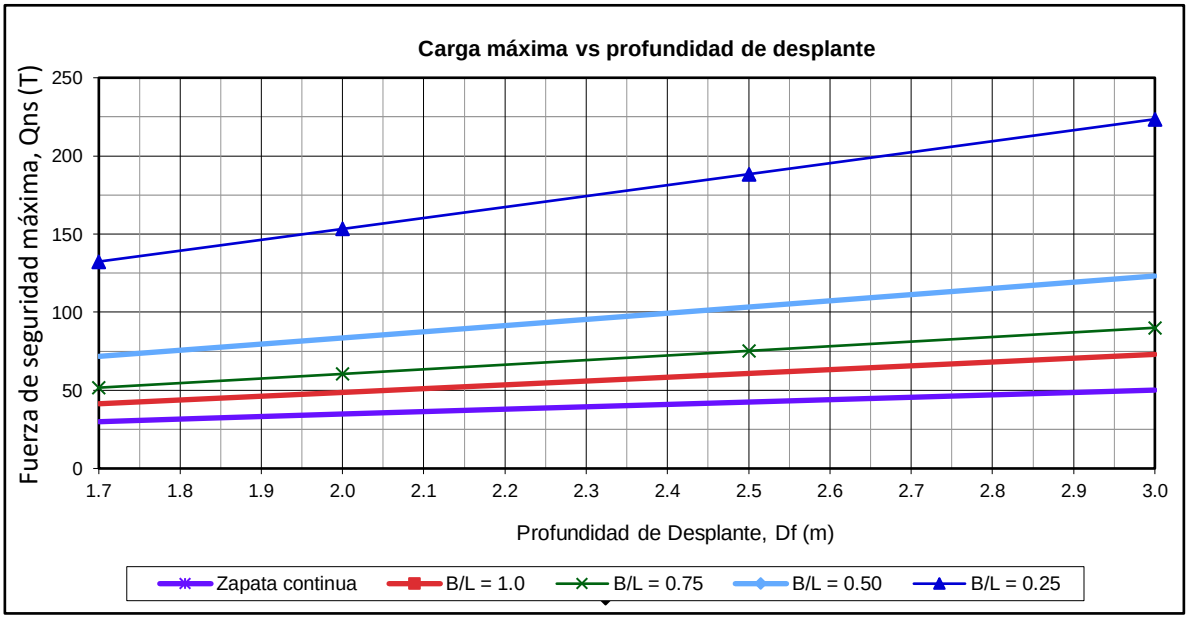


Figura 7-2 Carga máxima vs profundidad de desplante



Se puede observar que la capacidad portante a 1.70 m de profundidad obtenida para un cimiento cuadrado con relación B/L = 1.00 es de 414 kPa (41.41 Ton/m^2), la cual se considera satisfactoria para las cargas transmitidas.

7.4 ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS DE LAS OBRAS PROYECTADAS

La NSR-10 en el numeral H.4.9.2 presenta la siguiente consideración sobre el límite de los asentamientos totales:

(a) Para construcciones aisladas 30 cm, siempre y cuando no se afecten la funcionalidad de conducciones de servicios y accesos a la construcción.

(b) Para construcciones entre medianeros 15 cm, siempre y cuando no se afecten las construcciones e instalaciones vecinas.[2]

El valor propuesto del asentamiento total por la norma colombiana es bastante alto, dado que lo que pretende es dar un tope máximo para casos especiales. Los asentamientos máximos permitidos serán verificados considerando los criterios dados en los cuadros 7-2 y 7-3.

Cuadro 7-2 Asentamientos diferenciales máximos. NSR-10.

Tipo de Construcción	Asentamiento Diferencial máximo
(a) Edificaciones con muros y acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	L/1000
(b) Edificaciones con muros de carga en concreto o en mampostería	L/500
(c) Edificaciones con pórticos en concreto, sin acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores	L/300
(d) Edificaciones en estructura metálica, sin acabados susceptibles de dañarse con asentamientos menores.	L/160

L= distancia entre apoyos o columnas

Si se limitan los asentamientos máximos totales, también se limita la ocurrencia de asentamientos diferenciales. Por este motivo en la práctica se recomienda ser más estricto en los asentamientos máximos tolerables para una estructura. Es común encontrar valores en el rango de 2.5 a 5.0 cms. Los valores más pequeños se emplean en suelos firmes o granulares, con asentamientos de tipo elástico. Los valores más altos se emplean para el

[2] MADS. NSR-10 Op. Cit., p. H-18.

caso de suelos finos de consistencia media a blanda y con posibilidades de sufrir asentamientos por consolidación a mediano y largo plazo.[3]

Cuadro 7-3 Asentamiento total admisible[4]

Tipo de Estructura	Asentamiento total Admisible (mm)
Edificios de oficinas o residenciales	12 a 50 25 es el valor más común
Edificios Industriales, Fábricas	25 a 75
Puentes	50

7.4.1 Metodologías para el cálculo de asentamientos

Se calcularán los asentamientos por el método de Schmertman para suelos granulares.

$$S_e = C_1 C_2 \, \Delta q \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{I_z}{E} \right)_i \Delta z_i$$

$$C_1 = 1 - 0.5 \left(\frac{\sigma'_{zo}}{\Delta q} \right) \geq 0.5$$

$$C_2 = 1 + 0.2 \log_{10}(10\,t)$$

$$I_{zp} = 0.5 + 0.1 \sqrt{\frac{\Delta q}{\sigma'_{zp}}}$$

B = 1.00 m L = 1.00 m

σ'_{zo} = q sobrecarga = 31.55 KN/m2 (Nivel de apoyo -1.70 m)

$\sigma'_{zp} = \sigma'_{zo} + (B/2)\ \gamma_2 = 31.55 + 1.00/2 * 19.67 = 41.39$ KN/m^2 esfuerzo efectivo a la profundidad B/2 bajo el cimiento.

q = q_o = 300 KN/m^2 presión de contacto al nivel de apoyo asumida (30 Ton)

$\Delta q = q - \sigma'_{zo} = 300.00 - 31.55 = 268.45$ KN/m^2 presión de contacto neta, descontando sobrecarga.

$C_1 = 1\text{-}0.5\ (\sigma'_{zo}/\Delta q) = 1 - 0.5 * (31.55/268.45) = 0.941 > 0.5$ o.k.

C_2= 1.0 se desprecian los asentamientos secundarios con el tiempo (suelo no plástico).

[3] PINEDA, José Ricardo. Op. Cit., p 192.
[4] CODUTO. Op. cit., p 29.

I_{zp} = 0..755

Para cimiento cuadrado (L/B ≅1):

I_z=0.1 en z=0.0, nivel de apoyo.

I_z=0.1+2 (z/B)*(I_{zp}-0.1) para 0< z <B/2

I_z=I_{zp} máximo en z=B/2

I_z = 2/3 I_{zp} (2 - z/B) para B/2< z <2B

I_z=0.0 en z=2B = 2 m, máxima profundidad de influencia.

Δz_i = 0.25 m.

E = 15.8 Mpa = 15800 KN/m^2

z = profundidad relativa bajo el nivel del apoyo para cada capa

zi	zf	z	z/B	Δz	Iz	(Iz/E)Δz
0.00	0.25	0.13	0.125	0.25	0.26375000	0.000004173
0.25	0.50	0.38	0.375	0.25	0.59125000	0.000009355
0.50	0.75	0.63	0.625	0.25	0.69208333	0.000010951
0.75	1.00	0.88	0.875	0.25	0.56625000	0.000008960
1.00	1.25	1.13	1.125	0.25	0.44041667	0.000006969
1.25	1.50	1.38	1.375	0.25	0.31458333	0.000004978
1.50	1.75	1.63	1.625	0.25	0.18875000	0.000002987
1.75	2.00	1.88	1.875	0.25	0.06291667	0.000000996
					Σ (Iz/E)Δz	0.000049367

Asentamiento elástico total:

$$S_e = C_1 C_2 \, \Delta q \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{I_z}{E} \right)_i \Delta z_i$$

S_e = 0.0125 m = 12.5 mm

Según los resultados, se tiene que los asentamientos esperados en el perfil de diseño considerado, son MENORES a los establecidos en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismoresistente (NSR-10), y en el cuadro 7-5 (Se = 25 mm) por lo que se considera que el dimensionamiento de la cimentación SI es satisfactorio.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA CIMENTACIÓN DE LAS OBRAS

8.1 CONCLUSIONES

- Los suelos de la zona están compuestos por abanicos aluviales (Q_1abi), estratificados de arenas limosas de granulometría media a fina y gravas limosas con arena, con pocos finos y con presencia de cantos subredondeados de hasta 6 pulgadas, clasificados como SM y GM según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos y como A-4 y A-1-a según el sistema de clasificación AASHTO.

- Del análisis de los resultados de los ensayos de laboratorio obtenidos para el perfil promedio establecido en el sitio del proyecto, se obtienen los parámetros de resistencia al corte del suelo de cimentación, por medio de correlaciones del ensayo de SPT: c = 0.0 ton/m^2, ϕ = 29.7° γ = 1.967 ton/m^3, y de los ensayos de corte directo sobre material remoldeado a humedad de saturación ϕ' = 31.1°. Para el cálculo de capacidad portante se trabajó con los parámetros de resistencia al corte no drenado obtenidos mediante correlaciones del ensayo de SPT, siendo estos resultados los más críticos

- **La capacidad portante admisible para una cimentación superficial es de 414 kPa (41.4 Ton/m^2),** con una profundidad de desplante de **-1.70 m**.

Cálculo de Capacidad Portante del Suelo para cimientos superficiales.																					
Df	B	B/L	L	B'/L'	L'	Fcs	Fqs	Fγs	D_f/B	Fcd	Fqd	Fγd	Fci	Fqi	Fγi	q	γ	$\sigma_{u\ (t/m2)}$	$\sigma_{a(t/m2)}$	$\sigma_{n(t/m2)}$	Qmax(T)
1.70	1.00	--	--	--		1.000	1.000	1.000	1.700	1.416	1.302	1.00	1.00	1.00	1.00	3.1552	1.8560	92.95	89.79	29.93	29.93
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.604	1.570	0.600	1.700	1.416	1.302	1.00	1.00	1.00	1.00	3.1552	1.9670	127.38	124.22	41.41	41.41
	1.00	0.75	1.34	0.75	1.34	1.451	1.426	0.701	1.700	1.416	1.302	1.00	1.00	1.00	1.00	3.1552	1.9670	118.94	115.79	38.60	51.72
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.302	1.285	0.800	1.700	1.416	1.302	1.00	1.00	1.00	1.00	3.1552	1.9670	110.76	107.60	35.87	71.73
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.151	1.143	0.900	1.700	1.416	1.302	1.00	1.00	1.00	1.00	3.1552	1.9670	102.45	99.29	33.10	132.39

- El potencial de expansión de los suelos es bajo.

- De acuerdo a la NSR-10 título A, el suelo de diseño presenta un perfil de suelo **Tipo D**, con un coeficiente de importancia de 1.25 perteneciente al grupo III, Edificaciones de Atención a la Comunidad.

- Hasta la profundidad explorada (6.00 m) no se evidenció la presencia del nivel freático.

- Durante las exploraciones no se identificaron suelos problemáticos (orgánicos).

- Los asentamientos máximos esperados totales son menores a 25 mm y corresponden a asentamientos elásticos inmediatos.

- Los suelos no presentan problemas de licuación.

8.2 RECOMENDACIÓN DE CIMENTACIONES

- Como solución de cimentación se recomienda una cimentación superficial directa sobre el manto de grava limosa (GM) de color amarillo, mediante zapatas aisladas colocadas a una profundidad de desplante mínima de 1.70 m. En todo caso deberá verificarse siempre que el suelo de apoyo de la cimentación no coincida con la presencia de otros materiales objetables desde el punto de vista geotécnico para el apoyo de las futuras estructuras (rellenos antrópicos, basuras, escombros, materia orgánica, suelos muy blandos, entre otros).

- Para el caso de la cimentación superficial, el ingeniero calculista deberá realizar el chequeo de la relación entre cargas actuantes, capacidad portante y área de la cimentación.

- Las zapatas de la cimentación se apoyarán sobre una capa de concreto de saneamiento entre 5 y 10 cm de espesor para facilitar los trabajos de colocación de refuerzo y amarre de la zapata a la superestructura.

- En todo caso las condiciones en campo deben ser verificadas por el geotecnista del proyecto durante la realización de la obra y ajustar los parámetros a los suelos encontrados diferentes a los reportados en este informe o en su defecto comunicarse con el laboratorio para realizar los ajustes respectivos.



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

Revisó:

Jennifer Paola Gil Sánchez
Arquitecta - TP A21042014-60449214
Profesional Unidad Administrativa Especial de Salud de Arauca - UAESA / Febrero - 2024

Avaló:

Jorge Enrique Páez García
C.C 96.187.638
Director de la Unidad Administrativa Especial de Salud de Arauca - UAESA / Febrero - 2024

9 REFERENCIAS

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

CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA DEL SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Plancha 123 – Saravena. 2013

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

INVIAS. Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), marzo de 2010.

PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. Municipio de Saravena.

ANEXOS

ANEXO A-1. REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 1. Exploración de Campo



Foto 2. Exploración de Campo



Foto 3. Exploración de Campo



Foto 4. Exploración de Campo



Foto 5. Exploración de Campo



Foto 6. Exploración de Campo



Foto 7. Exploración de Campo

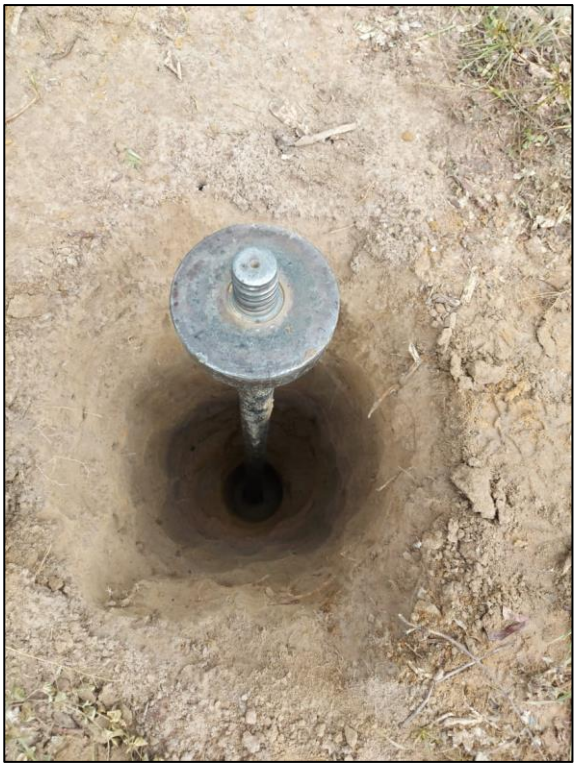


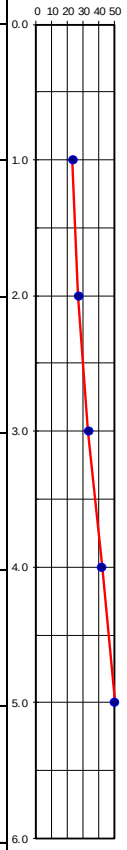
Foto 8. Exploración de Campo

ANEXO A-2. PERFILES DE SUELOS

REGISTRO DE SONDEO EXPLORATORIO

Proyecto:	CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
Solicitante:	UNION TEMPORAL UNAP SARAVENA	**Contrato No. :**	HS-007 DE 2021	**Fecha:**	MARZO DE 2021
SONDEO No.	S-01	**Sector:**	ZONA URBANA - MUNICIPIO DE SARAVENA	**Coordenadas:**	6°56'52.11"N 71°53'20.88"O

DESCRIPCIÓN	MUESTRA No.	PROF. mts.	LITOLOGÍA.	GRANULOMETRÍA GRAVA %	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	LIMITES PLASTICIDAD LL %	LP %	IP %	HUM. NATURAL %	PESO UNITARIO Ton / m3	SPT N1 0.15	N2 0.30	N3 0.45	N	Gráfico N vs Profundidad	Cohesion C Ton/m2	Angulo Fricción Ø°	Capacidad Admisible (qa) Ton / m2
TERRENO NATURAL		0.00																		
		0.20																		
		0.40																		
		0.60																		
		0.80																		
	CP	1.00											8	10	13	23		-	28.7°	
		1.20																		
		1.40																		
		1.60																		
		1.70																		41.41
GRAVA LIMOSA CON ARENA	**CP**	2.00											9	12	15	27		-	28.2°	48.65
CON S.T. HASTA DE 4"	**1**	2.20		52.16	**27.40**	20.44	-	-	-	-	9.32	2.028								
Color naranja		2.40																		
GM, A-1-a		2.50																		60.81
		2.80																		
	CP	3.00											11	15	18	33		-	28.7°	67.21
		3.10																		
		3.40																		
		3.60																		
		3.70																		
	3 CP	4.00											14	19	23	42		-	30.4°	
		4.20																		
		4.40																		
		4.60																		
		4.90																		
	CP	5.00											16	24	26	50		-	30.2°	
		5.20																		
		5.40																		
		5.60																		
		5.80																		
		6.00																		
Fin de la exploración																				

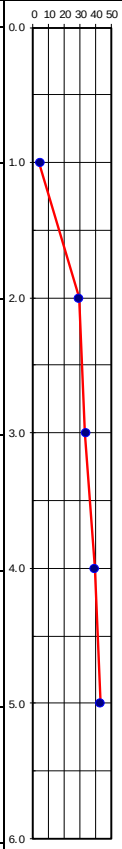


Equipo: SPT MANUAL	CP: CUCHARA PARTIDA TS: TUBO SHELBY B: BARRENO N.F.: Nivel freático	Perforador: ENDERSON JADIR CACUA RICO

REGISTRO DE SONDEO EXPLORATORIO

Proyecto:	CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
Solicitante:	UNION TEMPORAL UNAP SARAVENA	**Contrato No. :**	HS-007 DE 2021	**Fecha:**	MARZO DE 2021
SONDEO No.	S-02	**Sector:**	ZONA URBANA - MUNICIPIO DE SARAVENA	**Coordenadas:**	6°56'51.04"N 71°53'20.11"O

DESCRIPCIÓN	MUESTRA No.	PROF. mts.	LITOLOGÍA.	GRANULOMETRÍA GRAVA %	GRANULOMETRÍA ARENA %	GRANULOMETRÍA LIMO %	GRANULOMETRÍA ARCILLA %	LIMITES PLASTICIDAD LL %	LIMITES PLASTICIDAD LP %	LIMITES PLASTICIDAD IP %	HUM. NATURAL %	PESO UNITARIO Ton / m3	SPT N1 0.15	SPT N2 0.30	SPT N3 0.45	SPT N	Gráfico N vs Profundidad	Cohesion C Ton/m2	Angulo Fricción Ø°	Capacidad Admisible (qa) Ton / m2
TERRENO NATURAL		0.00																		
ARENA LIMOSA De granulometrá fina Color amarillo *SM, A-4*	**1 CP**	0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60		0.00	**51.86**	48.14	-	-	-	-	7.44	1.886	2	2	2	4		-	21.1°	
	N.F	1.70																		41.41
GRAVA LIMOSA CON ARENA CON S.T. HASTA DE 4" Color naranja *GM, A-1-a*		2.00 2.20 2.40 2.50 2.80											10	13	16	29		-	28.7°	48.65 60.81
	CP	3.00 3.10 3.40		53.35	**28.49**	18.16	-	-	-	-	7.73	2.057	12	14	19	33		-	28.7°	67.21
	N.F	3.60 3.70																		
	3 CP	4.00 4.20 4.40 4.60 4.90											14	17	22	39		-	29.6°	
	CP	5.00 5.20 5.40 5.60 5.80											15	19	24	43		-	30.0°	
		6.00																		
Fin de la exploración																				



Equipo: SPT MANUAL	CP: CUCHARA PARTIDA TS: TUBO SHELBY B: BARRENO N.F.: Nivel freático	Perforador: ENDERSON JADIR CACUA RICO

Carrera 18 #27-21 B. Modelo
seincojedm@gmail.com CEL. 3132635714
Saravena-Arauca

REGISTRO DE SONDEO EXPLORATORIO

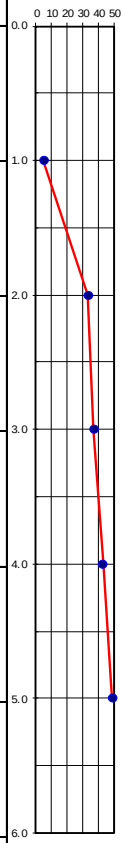
Proyecto: CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

Solicitante: UNION TEMPORAL UNAP SARAVENA — **Contrato No. :** HS-007 DE 2021 — **Fecha:** MARZO DE 2021

SONDEO No. S-03 — **Sector:** ZONA URBANA - MUNICIPIO DE SARAVENA — **Coordenadas:** 6°56'50.55"N 71°53'19.67"O

DESCRIPCIÓN	MUESTRA No.	PROF. mts.	LITOLOGÍA	GRANULOMETRÍA GRAVA %	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	LIMITES PLASTICIDAD LL %	LP %	IP %	HUM. NATURAL %	PESO UNITARIO Ton / m3	SPT N1 0.15	N2 0.30	N3 0.45	N	Cohesion C Ton/m2	Angulo Fricción Ø°	Capacidad Admisible (qa) Ton / m2
TERRENO NATURAL		0.00																	
ARENA LIMOSA De granulometrá fina Color amarillo *SM, A-4*	**1 CP**	0.20 0.40 0.60 0.80 1.00 1.20 1.40 1.60		0.00	**57.68**	42.32	-	-	-	-	9.49	1.906	2	2	3	5	-	22.1°	
	N.F	1.80																	41.41
GRAVA LIMOSA CON ARENA CON S.T. HASTA DE 4" Color naranja *GM, A-1-a*		2.00 2.20 2.40 2.50 2.80											12	15	18	33	-	30.0°	48.65 60.81
	CP	3.00 3.10 3.40		59.36	**32.66**	7.98	-	-	-	-	11.28	2.090	13	16	21	37	-	29.1°	67.21
	N.F	3.60 3.70																	
	3 CP	4.00 4.20 4.40 4.60 4.90											15	18	25	43	-	30.4°	
	CP	5.00 5.20 5.40 5.60 5.80											17	21	28	49	-	31.2°	
		6.00																	
Fin de la exploración																			

Gráfico N vs Profundidad



Equipo: SPT MANUAL — CP: CUCHARA PARTIDA TS: TUBO SHELBY B: BARRENO N.F.: Nivel freático — Perforador: ENDERSON JADIR CACUA RICO

Carrera 18 #27-21 B. Modelo
seincojedm@gmail.com CEL. 3132635714
Saravena-Arauca

ANEXO A-3. ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-01
MUESTRA: M1

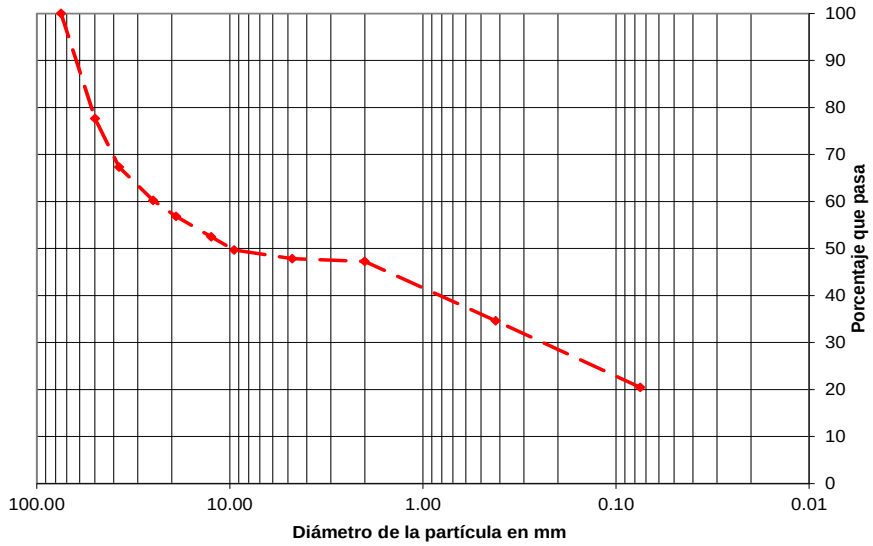
Peso Total 1 1,438.00 grs
Peso Total 2 1,144.00 grs
Pérdida por Lavado 294.00 grs

Descripción: GRAVA LIMOSA CON ARENA
CON S.T HASTA DE 4"
Color café

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

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

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"	321.00	22.32	22.32	77.68	-
37.500 mm	1 1/2"	149.00	10.36	32.68	67.32	-
25.000 mm	1"	102.00	7.09	39.78	60.22	-
19.000 mm	3/4"	49.00	3.41	43.18	56.82	-
12.500 mm	1/2"	62.00	4.31	47.50	52.50	-
9.500 mm	3/8"	40.00	2.78	50.28	49.72	-
4.750 mm	No. 4	27.00	1.88	52.16	47.84	-
2.000 mm	No. 10	8.00	0.56	52.71	47.29	-
0.420 mm	No. 40	182.00	12.66	65.37	34.63	-
0.075 mm	No. 200	204.00	14.19	79.55	20.45	-
Fondo		294.00	20.45	100.00	0.00	-
Suma=		1,438.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	52.16 %
Cc=	ARENAS	27.40 %
	FINOS	20.44 %

PROYECTO:
CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
UNION TEMPORAL UNAP SARAVENA

MATERIAL: GRAVA LIMOSA CON ARENA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

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

CONTRATO No.: HS-007 DE 2021

FECHA: MARZO DE 2021

Carrera 18 #27-21 B. Modelo
seincojedm@gmail.com CEL. 3132635714
Saravena-Arauca

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-02
MUESTRA: M1

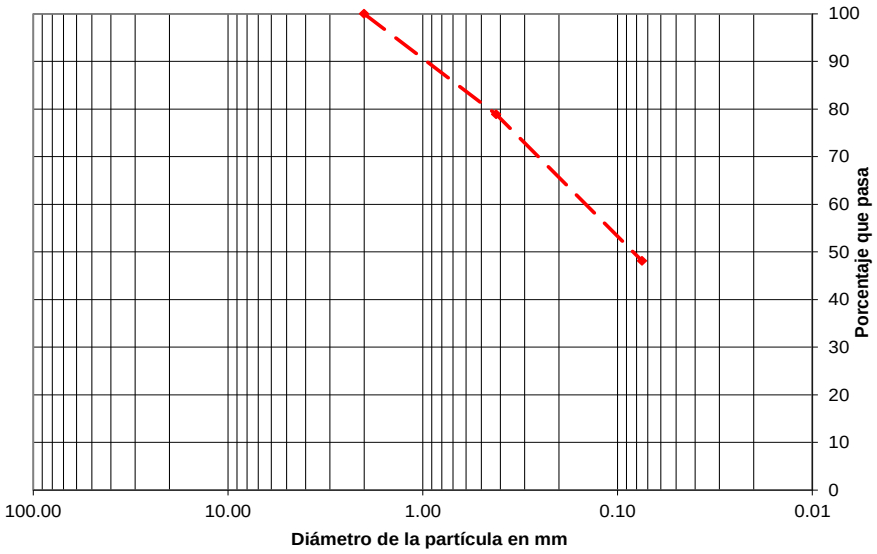
Peso Total 1	968.00	grs
Peso Total 2	502.00	grs
Pérdida por Lavado	466.00	grs

Descripción: ARENA LIMOSA
De granulometría fina
Color amarillo

LL: - **USC:** SM
IP: - **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	204.00	21.07	21.07	78.93	-
0.075 mm	No. 200	298.00	30.79	51.86	48.14	-
Fondo		466.00	48.14	100.00	0.00	-
Suma=		968.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	51.86 %
	FINOS	48.14 %

PROYECTO:
CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
UNION TEMPORAL UNAP SARAVENA

MATERIAL:
ARENA LIMOSA

LABORATORISTA:
ENDERSON JADIR CACUA RICO

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

CONTRATO No.: HS-007 DE 2021

FECHA: MARZO DE 2021

Carrera 18 #27-21 B. Modelo
seincojedm@gmail.com CEL. 3132635714
Saravena-Arauca

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-02
MUESTRA: M2

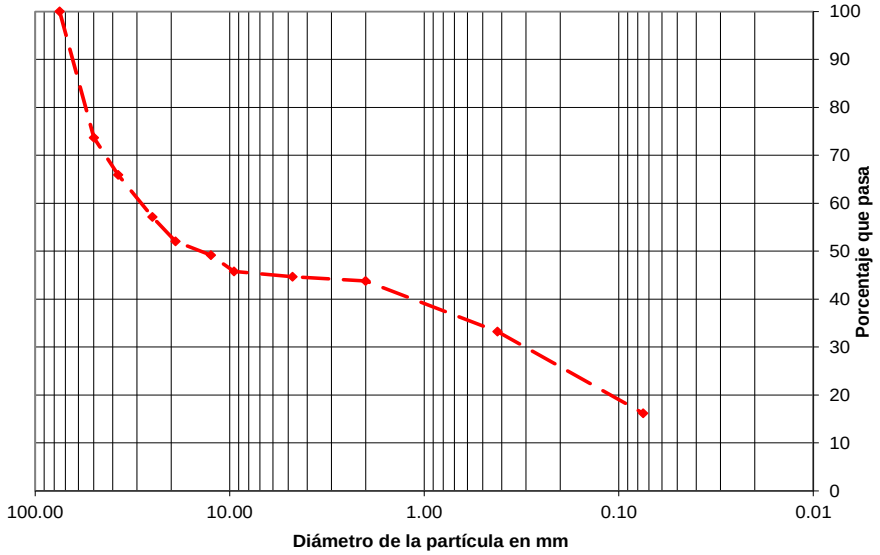
Peso Total 1	1,411.00 grs
Peso Total 2	1,183.00 grs
Pérdida por Lavado	228.00 grs

Descripción: GRAVA LIMOSA CON ARENA
CON S.T HASTA DE 4 "
Color amarillo

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

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"	372.00	26.36	26.36	73.64	-
37.500 mm	1 1/2"	109.00	7.73	34.09	65.91	-
25.000 mm	1"	124.00	8.79	42.88	57.12	-
19.000 mm	3/4"	72.00	5.10	47.98	52.02	-
12.500 mm	1/2"	40.00	2.83	50.82	49.18	-
9.500 mm	3/8"	48.00	3.40	54.22	45.78	-
4.750 mm	No. 4	16.00	1.13	55.35	44.65	-
2.000 mm	No. 10	12.00	0.85	56.20	43.80	-
0.420 mm	No. 40	149.00	10.56	66.76	33.24	-
0.075 mm	No. 200	241.00	17.08	83.84	16.16	-
Fondo		228.00	16.16	100.00	0.00	-
Suma=		1,411.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	55.35 %
ARENAS	28.49 %
FINOS	16.16 %

PROYECTO:
CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL:
GRAVA LIMOSA CON ARENA

LABORATORISTA:
ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE:
UNION TEMPORAL UNAP SARAVENA

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

CONTRATO No.: HS-007 DE 2021

FECHA: MARZO DE 2021

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-03
MUESTRA: M1

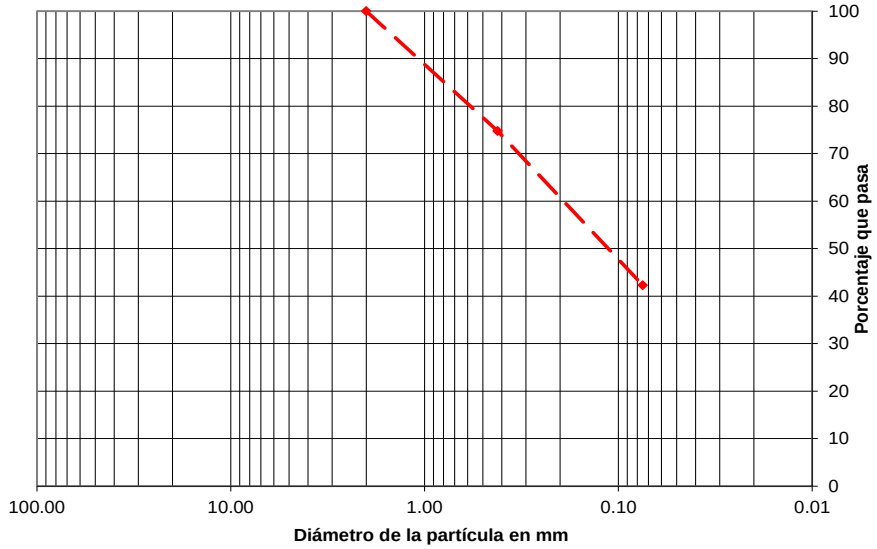
Peso Total 1 938.00 grs
Peso Total 2 541.00 grs
Pérdida por Lavado 397.00 grs

Descripción: ARENA LIMOSA
De granulometría fina
Color amarillo

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

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

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	237.00	25.27	25.27	74.73	-
0.075 mm	No. 200	304.00	32.41	57.68	42.32	-
Fondo		397.00	42.32	100.00	0.00	-
Suma=		938.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 0.00 %
ARENAS 57.68 %
FINOS 42.32 %

PROYECTO:
CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL:
ARENA LIMOSA

LABORATORISTA:
ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE:
UNION TEMPORAL UNAP SARAVENA

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

CONTRATO No.:
HS-007 DE 2021

FECHA:
MARZO DE 2021

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

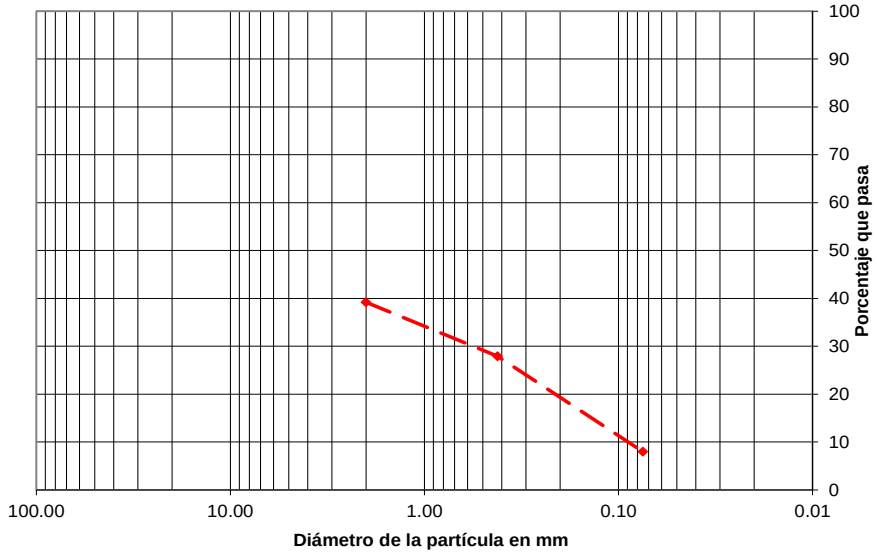
SONDEO: S-03
MUESTRA: M2

Peso Total 1 1,427.00 grs
Peso Total 2 1,313.00 grs
Pérdida por Lavado 114.00 grs

Descripción: GRAVA MAL GRADUADA CON LIMO CON ARENA CON S.T HASTA DE 4"
Color amarillo

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

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

LL: -
IP: -
USC: GP-GM
AASHTO: A-1-a

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"	379.00	26.56	26.56	73.44	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	26.56	73.44	-
25.000 mm	1"	204.00	14.30	40.85	59.15	-
19.000 mm	3/4"	102.00	7.15	48.00	52.00	-
12.500 mm	1/2"	80.00	5.61	53.61	46.39	-
9.500 mm	3/8"	55.00	3.85	57.46	42.54	-
4.750 mm	No. 4	27.00	1.89	59.36	40.64	-
2.000 mm	No. 10	20.00	1.40	60.76	39.24	-
0.420 mm	No. 40	162.00	11.35	72.11	27.89	-
0.075 mm	No. 200	284.00	19.90	92.01	7.99	-
Fondo		114.00	7.99	100.00	0.00	-
Suma=		1,427.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	59.36 %
ARENAS	32.66 %
FINOS	7.98 %

PROYECTO:
CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL:
GRAVA MAL GRADUADA CON LIMO CON ARENA

LABORATORISTA:
ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE:
UNION TEMPORAL UNAP SARAVENA

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

CONTRATO No.: HS-007 DE 2021
FECHA: MARZO DE 2021

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	UNION TEMPORAL UNAP SARAVENA			**APIQUE No.**	S-01
FECHA	MARZO DE 2021	**PROFUNDIDAD**	0.00 - 6.00 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	GRAVA LIMOSA CON ARENA COLOR CAFÉ				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	10240		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4292		
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.028		
Humedad natural del suelo (%)	9.32		
Densidad seca (gr/cm3)	1.855		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	UNION TEMPORAL UNAP SARAVENA			**APIQUE No.**	S-02
FECHA	MARZO DE 2021	**PROFUNDIDAD**	0.00 - 1.70 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLO				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9940		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3992		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.886		
Humedad natural del suelo (%)	7.44		
Densidad seca (gr/cm3)	1.755		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	UNION TEMPORAL UNAP SARAVENA			**APIQUE No.**	S-02
FECHA	MARZO DE 2021	**PROFUNDIDAD**	1.80 - 6.00 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	GRAVA LIMOSA CON ARENA COLOR AMARILLO				

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 (%)	7.73		
Densidad seca (gr/cm3)	1.909		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	UNION TEMPORAL UNAP SARAVENA			**APIQUE No.**	S-03
FECHA	MARZO DE 2021	**PROFUNDIDAD**	0.00 - 1.80 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLO				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9982		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4034		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.906		
Humedad natural del suelo (%)	9.49		
Densidad seca (gr/cm3)	1.740		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	UNION TEMPORAL UNAP SARAVENA			**APIQUE No.**	S-03
FECHA	MARZO DE 2021	**PROFUNDIDAD**	1.80 - 6.00 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	GRAVA MAL GRADUADA CON LIMO CON ARENA COLOR AMARILLO				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	10372		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4424		
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.090		
Humedad natural del suelo (%)	11.28		
Densidad seca (gr/cm3)	1.878		

OBSERVACIONES

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	CONSTRUCCIÓN UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE				
APIQUE No. :	2				
MUESTRA No. :	(Grava limosa con arena, color naranja})				
PROFUNDIDAD :	1.70 - 6.00 metros				
Ao (cm^2):	17.40	Peso humedo(W1):	67.03	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	8	Peso seco(W2):	56.09		
		Peso tara(W3):	7.02	σn (Kg/cm^2) :	0.46
		Humedad (%):	22.29		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	τ = Q/A (Kg/cm^2)	TAN Φ = τ / σn
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
13	10	479	1.05	0.06	0.1316
17	20	476	1.38	0.08	0.1721
24	30	473	1.94	0.11	0.2430
27	40	472	2.19	0.13	0.2734
31	50	472	2.51	0.14	0.3139
35	60	472	2.84	0.16	0.3544
40	80	472	3.24	0.19	0.4050
44	100	472	3.56	0.20	0.4455
47	120	472	3.81	0.22	0.4759
52	140	473	4.21	0.24	0.5265
56	170	474	4.54	0.26	0.5670
60	200	477	4.86	0.28	0.6075
63	250	479	5.10	0.29	0.6379
67	300	482	5.43	0.31	0.6784
70	350	485	5.67	0.33	0.7088
72	400	487	5.83	0.34	0.7290
73	450	487	5.91	0.34	0.7391
72	500	488	5.83	0.34	0.7290
69	600	488	5.59	0.32	0.6986
65	700	488	5.27	0.30	0.6581

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

Carrera 18 #27-21 B. Modelo
seincojedm@gmail.com CEL. 3132635714
Saravena-Arauca

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	CONSTRUCCIÓN UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE				
APIQUE No. :	2				
MUESTRA No. :	(Grava limosa con arena, color naranja})				
PROFUNDIDAD :	1.70 - 6.00 metros				
Ao (cm^2):	17.40	Peso humedo(W1):	58.39	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	12	Peso seco(W2):	49.07		
		Peso tara(W3):	7.06	σn (Kg/cm^2) :	0.69
		Humedad (%):	22.19		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	τ = Q/A (Kg/cm^2)	TAN Φ = τ / σn
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
21	10	452	1.70	0.10	0.1418
29	20	450	2.35	0.14	0.1958
34	30	447	2.75	0.16	0.2295
39	40	445	3.16	0.18	0.2633
42	50	443	3.40	0.20	0.2835
48	60	441	3.89	0.22	0.3240
56	80	440	4.54	0.26	0.3780
64	100	439	5.18	0.30	0.4320
71	120	437	5.75	0.33	0.4793
78	140	437	6.32	0.36	0.5265
84	170	437	6.80	0.39	0.5670
92	200	438	7.45	0.43	0.6210
98	250	440	7.94	0.46	0.6615
105	300	442	8.51	0.49	0.7088
110	350	444	8.91	0.51	0.7425
112	400	445	9.07	0.52	0.7560
115	450	445	9.32	0.54	0.7763
115	500	444	9.32	0.54	0.7763
113	600	443	9.15	0.53	0.7628
111	700	441	8.99	0.52	0.7493

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	CONSTRUCCIÓN UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE				
APIQUE No. :	2				
MUESTRA No. :	(Grava limosa con arena, color naranja})				
PROFUNDIDAD :	1.70 - 6.00 metros				
Ao (cm^2):	17.40	Peso humedo(W1):	70.02	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	20	Peso seco(W2):	58.51		
		Peso tara(W3):	7.14	σn (Kg/cm^2) :	1.15
		Humedad (%):	22.41		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	τ = Q/A (Kg/cm^2)	TAN Φ = τ / σn
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
26	10	419	2.11	0.12	0.1053
38	20	416	3.08	0.18	0.1539
56	30	414	4.54	0.26	0.2268
69	40	412	5.59	0.32	0.2795
75	50	411	6.08	0.35	0.3038
86	60	411	6.97	0.40	0.3483
97	80	410	7.86	0.45	0.3929
109	100	410	8.83	0.51	0.4415
118	120	409	9.56	0.55	0.4779
126	140	409	10.21	0.59	0.5103
134	170	410	10.85	0.62	0.5427
140	200	412	11.34	0.65	0.5670
147	250	414	11.91	0.68	0.5954
154	300	415	12.47	0.72	0.6237
160	350	417	12.96	0.74	0.6480
164	400	418	13.28	0.76	0.6642
165	450	418	13.37	0.77	0.6683
165	500	417	13.37	0.77	0.6683
161	600	416	13.04	0.75	0.6521
157	700	414	12.72	0.73	0.6359

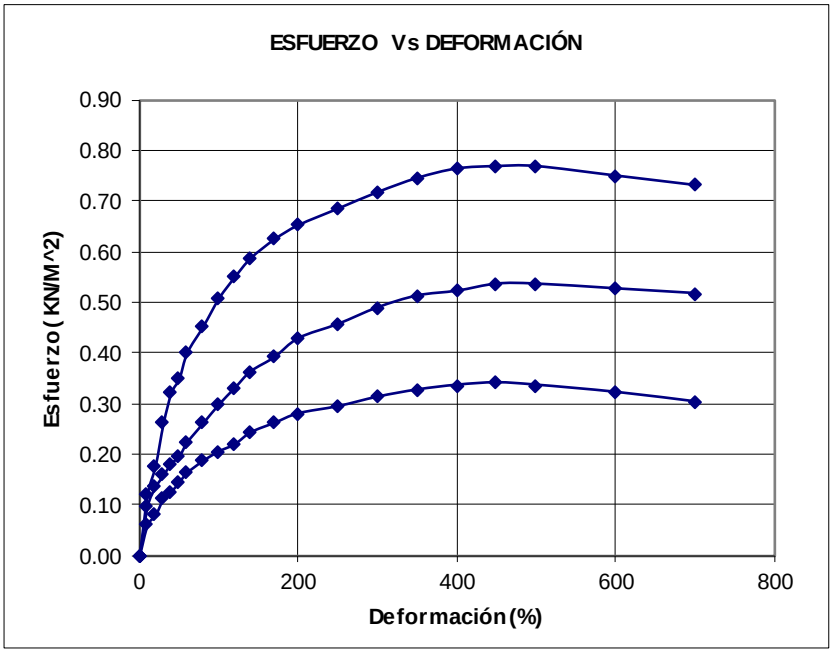
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

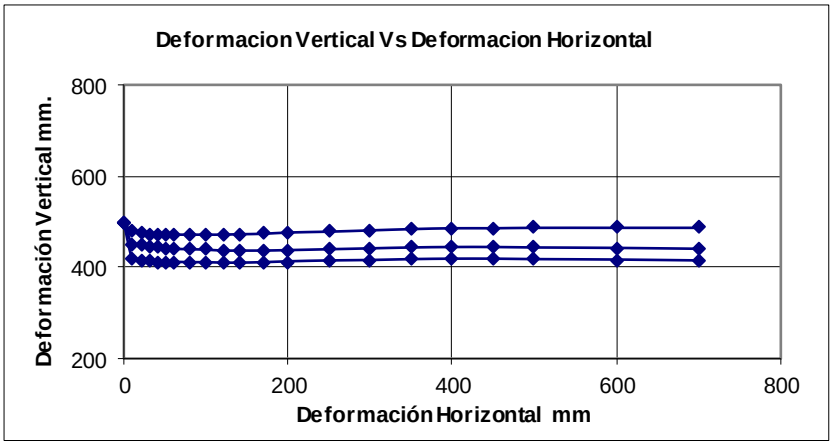
JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

Carrera 18 #27-21 B. Modelo
seincojedm@gmail.com CEL. 3132635714
Saravena-Arauca

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	CONSTRUCCIÓN UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE
APIQUE No. :	2
MUESTRA No. :	(Grava limosa con arena, color naranja})
PROFUNDIDAD :	1.70 - 6.00 metros



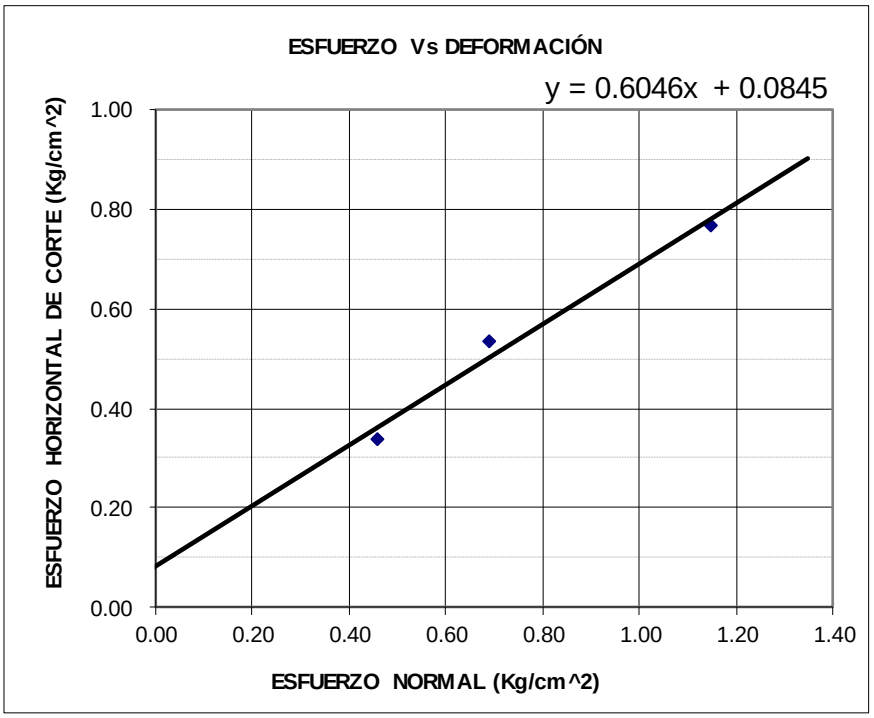


ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	CONSTRUCCIÓN UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE
APIQUE No. :	2
MUESTRA No. :	(Grava limosa con arena, color naranja})
PROFUNDIDAD :	1.70 - 6.00 metros



Cohesión (C) :	0.08 Kg/cm^2
Angulo de fricción (ϕ):	31.1°
Peso Unitario Húmedo (γ):	Kg/cm3
Condición del ensayo	Saturado
Peso Unitario Seco(γ):	Kg/cm3
Humedad de Saturación	22.30%

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

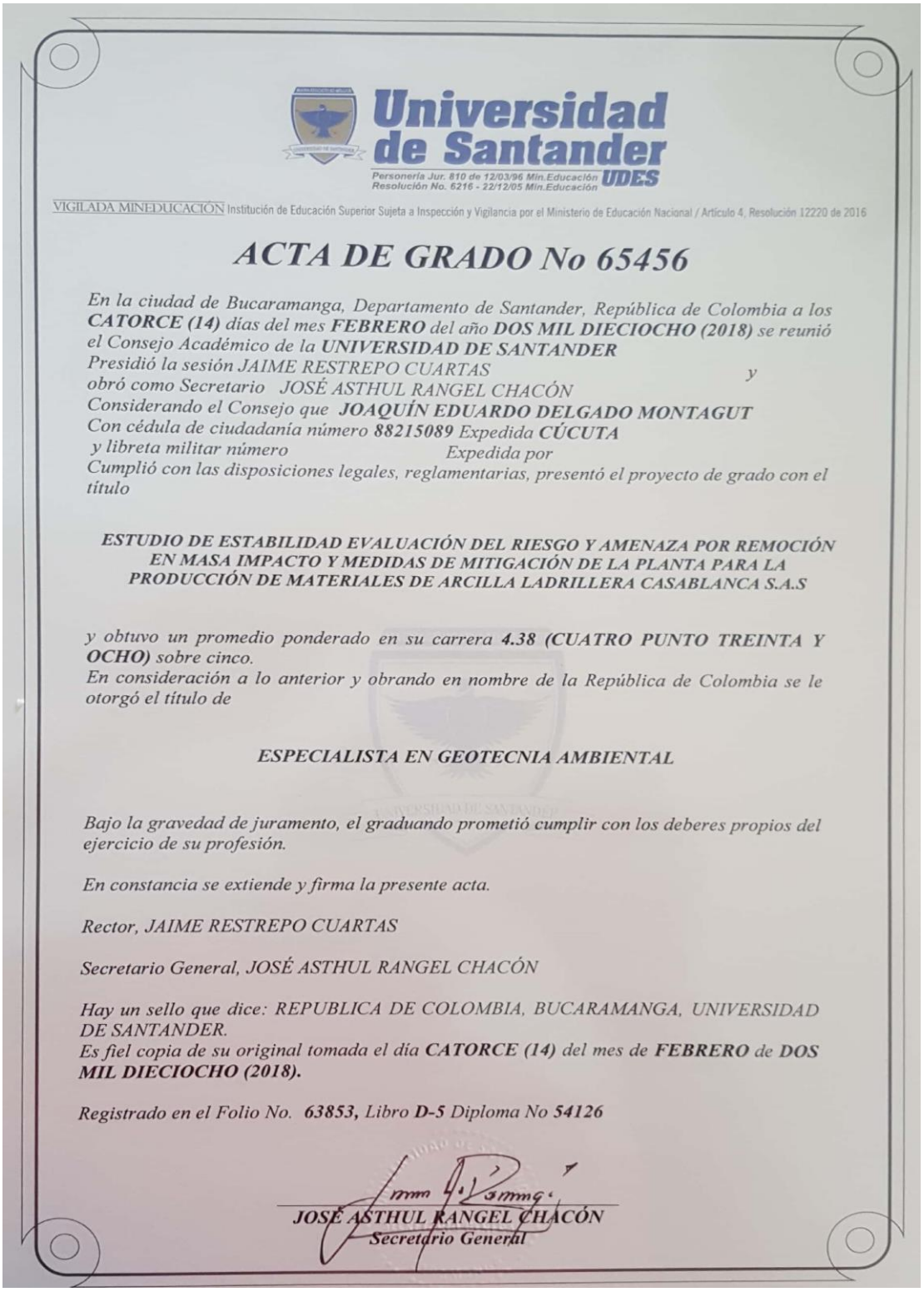
JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

ANEXO A-4. DOCUMENTOS GEOTECNISTA


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


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



Universidad de Santander

Personería Jur. 810 de 12/03/96 Min.Educación Resolución No. 6216 - 22/12/05 Min.Educación UDES

VIGILADA MINEDUCACIÓN Institución de Educación Superior Sujeta a Inspección y Vigilancia por el Ministerio de Educación Nacional / Artículo 4, Resolución 12220 de 2016

ACTA DE GRADO No 65456

En la ciudad de Bucaramanga, Departamento de Santander, República de Colombia a los ***CATORCE (14)*** *días del mes* ***FEBRERO*** *del año* ***DOS MIL DIECIOCHO (2018)*** *se reunió el Consejo Académico de la* ***UNIVERSIDAD DE SANTANDER***
Presidió la sesión JAIME RESTREPO CUARTAS y
obró como Secretario JOSÉ ASTHUL RANGEL CHACÓN
Considerando el Consejo que ***JOAQUÍN EDUARDO DELGADO MONTAGUT***
Con cédula de ciudadanía número ***88215089*** *Expedida* ***CÚCUTA***
y libreta militar número Expedida por
Cumplió con las disposiciones legales, reglamentarias, presentó el proyecto de grado con el título

ESTUDIO DE ESTABILIDAD EVALUACIÓN DEL RIESGO Y AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA IMPACTO Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN DE LA PLANTA PARA LA PRODUCCIÓN DE MATERIALES DE ARCILLA LADRILLERA CASABLANCA S.A.S

y obtuvo un promedio ponderado en su carrera ***4.38 (CUATRO PUNTO TREINTA Y OCHO)*** *sobre cinco.*
En consideración a lo anterior y obrando en nombre de la República de Colombia se le otorgó el título de

ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL

Bajo la gravedad de juramento, el graduando prometió cumplir con los deberes propios del ejercicio de su profesión.

En constancia se extiende y firma la presente acta.

Rector, JAIME RESTREPO CUARTAS

Secretario General, JOSÉ ASTHUL RANGEL CHACÓN

Hay un sello que dice: REPUBLICA DE COLOMBIA, BUCARAMANGA, UNIVERSIDAD DE SANTANDER.
Es fiel copia de su original tomada el día ***CATORCE (14)*** *del mes de* ***FEBRERO*** *de* ***DOS MIL DIECIOCHO (2018).***

Registrado en el Folio No. ***63853,*** *Libro* ***D-5*** *Diploma No* ***54126***

JOSÉ ASTHUL RANGEL CHACÓN
Secretario General

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2024-2555438

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 siete (07) días del mes de Febrero del año dos mil veinticuatro (2024).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal 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

ANEXO A-5. MEMORIA DE RESPONSABILIDAD

Carrera 18 #27-21 B. Modelo
seincojedm@gmail.com CEL. 3132635714
Saravena-Arauca

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 portador de Matrícula Profesional No. 54202-72031 NTS, declaro que realicé el informe Estudio de Suelos para el proyecto cuyo objeto es ***"CONSULTORIA ESPECIALIZADA PARA REALIZAR ESTUDIOS Y DISEÑOS REQUERIDOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA UNIDAD DE ATENCION PRIMARIA DEL HOSPITAL DEL SARARE ESE DEL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA."***, de conformidad con lo establecido en el Art. 22 del Decreto 1469 de 2010, NSR 10, y demás normas vigentes.

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

En consecuencia, asumo toda la responsabilidad referente al ESTUDIO DE SUELO por cualquier falta u omisión del presente estudio y/o diseño.

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 siete (07) días del mes de febrero de 2024.

Cordialmente,

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