

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 1

INFORME DE ESTUDIO DE SUELOS

Proyecto:	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA
Contiene:	INFORME DE ESTUDIO DE SUELOS PARA EL PROYECTO “CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA”
Elaboró:	JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT Ingeniero Civil UFPS – Especialista en Geotecnia Ambiental M.P. No. 54202-72031 NTS
V.1 – Abril de 2026	

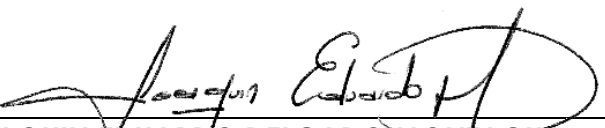
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 2

CONTROL DE DOCUMENTOS	
------------------------------	--

OBJETO:	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA
CONTIENE:	INFORME DE ESTUDIO DE SUELOS
FECHA:	ABRIL DE 2026

VERSIÓN	FECHA DE DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN
V1	25 de ABRIL de 2026	ESTUDIO DE SUELOS "CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA"

ELABORÓ:


JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT INGENIERO CIVIL – ESPECIALISTA EN GEOTECNIA AMBIENTAL M.P. 54202-72031 NTS

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 3

TABLA DE CONTENIDO

1.	ANTECEDENTES	8
2.	GENERALIDADES.....	9
2.1	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	9
2.2	ALCANCE DEL PROYECTO	9
3.	OBJETIVOS.....	11
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
4.	ESTUDIO GEOLÓGICO	12
4.1	GEOLOGÍA REGIONAL	12
4.1.1.	Fisiografía.	13
4.1.2.	Estratigrafía	13
4.1.3.	Geología estructural.	15
4.2	CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES.	17
4.2.1.	Clima.	17
4.2.2.	Hidrografía	17
5.	ESTUDIO GEOTÉCNICO	19
5.1	EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA.....	19
5.1.1.	Metodología.....	19
5.1.2.	Sondeos manuales	19
5.2	ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO	21
5.2.1	Ensayos de campo.....	21
5.2.2.	Ensayos de laboratorio	23
5.2.3.	Nivel de aguas freáticas.....	23
5.3	CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS.....	24
5.3.1.	Estratigrafía	24
5.3.2.	Propiedades físicas.....	27
5.3.3.	Potencial de expansión de los suelos.....	28
5.3.4.	Propiedades mecánicas.	29
5.3.5.	Clasificación del suelo guía de trabajo seguro en excavaciones	32
5.4.	PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL SUBSUELO	33
5.4.1.	Estimativos de parámetros de resistencia con el SPT	33
5.4.2.	Parámetros a partir del ensayo de corte directo	35
5.4.3.	Módulo de elasticidad	35
5.5.	ASPECTOS SÍSMICOS Y CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LOS SUELO	37
5.6.	CAPACIDAD PORTANTE.....	41
5.7.	PRESIONES DE TIERRA.....	48
5.8.	Selección de la alternativa de muro de contención más favorable	50

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 4

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
6.1.	CONCLUSIONES	53
6.2.	RECOMENDACIONES GENERALES DE CIMENTACIONES	54
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
	ANEXOS	58
	ANEXO A. REGISTRO FOTOGRÁFICO	59
	ANEXO B. REGISTRO DE SONDEOS EXPLORATORIOS	63
	ANEXO C. ENSAYOS DE LABORATORIO	66
	ANEXO D. DOCUMENTACIÓN GEOTECNISTA	94

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 5

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Localización de los sondeos exploratorios	20
Tabla 2. Ensayos de campo realizados	22
Tabla 3. Ensayos de laboratorio realizados	23
Tabla 4. Tipo de suelo encontrado en los sondeos	24
Tabla 5. Resultado de ensayos de laboratorio subsuelo de fundación	26
Tabla 6. Clasificación de suelo expansivos según NSR-10	29
Tabla 7. Clasificación potencial de expansión para los valores máximos encontrados en todos los sondeos ejecutados	29
Tabla 8. Criterios de clasificación según el número de golpes del ensayo de penetración estándar NSPT	31
Tabla 9. Número de golpes/pie Ncampo	31
Tabla 10. Tipos de suelos	32
Tabla 11. Cálculo de parámetros de resistencia a partir del ensayo de SPT	34
Tabla 12. Resumen parámetros de resistencia a partir del ensayo de SPT	35
Tabla 13. Parámetros de resistencia al corte drenado	35
Tabla 14. Correlaciones empíricas para estimar el módulo de Young Es en diferentes tipos de suelo a partir del ensayo de SPT.	35
Tabla 15. Módulo de Young estimado para los suelos encontrados	36
Tabla 16. Valores Típicos del Módulo de elasticidad (E)	36
Tabla 17. Promedio de SPT a lo largo de las exploraciones.	37
Tabla 19. Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos	37
Tabla 19. Parámetros sísmicos	39

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 6

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del proyecto	9
Figura 2. Mapa de unidades geomorfológicas.....	12
Figura 3. Mapa geológico Plancha 123 - Saravena	14
Figura 4. Mapa geológico de la zona de estudio	15
Figura 5. Esquema estructural plancha 123	16
Figura 6. Localización de los sondeos exploratorios	20
Figura 7. Detalle perforación y ensayo SPT	22
Figura 8. Mapa de amenaza sísmica de Colombia	38
Figura 9. Predimensionamiento alternativa A muro en concreto reforzado	50
Figura 10. Predimensionamiento alternativa BA muro en gaviones	51

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 7

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Perfiles de suelo encontrados en los sondeos	25
Gráfico 2. Humedad natural vs profundidad	28
Gráfico 3. Curvas de número de golpes N en el ensayo de SPT	30

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 8

1. ANTECEDENTES

En el municipio de Fortul, Departamento de Arauca, se ha identificado una situación de riesgo crítico que afecta directamente a la comunidad educativa de la Institución Educativa Alejandro Humboldt, Sede Central, ubicada en la calle 6 #18-25. Actualmente, el área donde se localiza el aula de informática presenta un proceso erosivo activo provocado por la escorrentía superficial de aguas lluvias, situación que ha derivado en la socavación profunda del suelo de cimentación y la consecuente pérdida de apoyo estructural.

Este escenario, catalogado dentro del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (PMGR) como una amenaza por erosión hídrica y remoción en masa, compromete la estabilidad lateral de la infraestructura y la seguridad física de la comunidad educativa. Ante la evidencia técnica de fisuras en el piso y asentamientos diferenciales, la Secretaría de Planeación e Infraestructura ordenó la clausura temporal de la sala de informática como medida de prevención inmediata.

En atención a esta problemática, se ha estructurado el proyecto "CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL, DEPARTAMENTO DE ARAUCA". El presente estudio técnico consolida los resultados de la campaña de exploración geotécnica, que incluyó la ejecución de sondeos con SPT y ensayos de laboratorio. Los resultados caracterizan el subsuelo como arenas limosas (SM) de granulometría fina, con consistencia suelta a medianamente compacta (N_{SPT} entre 5 y 9), lo que confirma la necesidad imperativa de ejecutar obras de estabilización.

Para tal fin, se propone la construcción de muros de contención —ya sea mediante sistemas de gaviones o estructuras en concreto reforzado— complementados con rellenos técnicos granulares y sistemas de drenaje adecuados. Esta intervención se fundamenta en los principios de mitigación y protección de la vida consagrados en la Ley 1523 de 2012, con el objetivo de garantizar la resiliencia de la infraestructura pública y salvaguardar el derecho fundamental a una educación en entornos seguros y dignos.

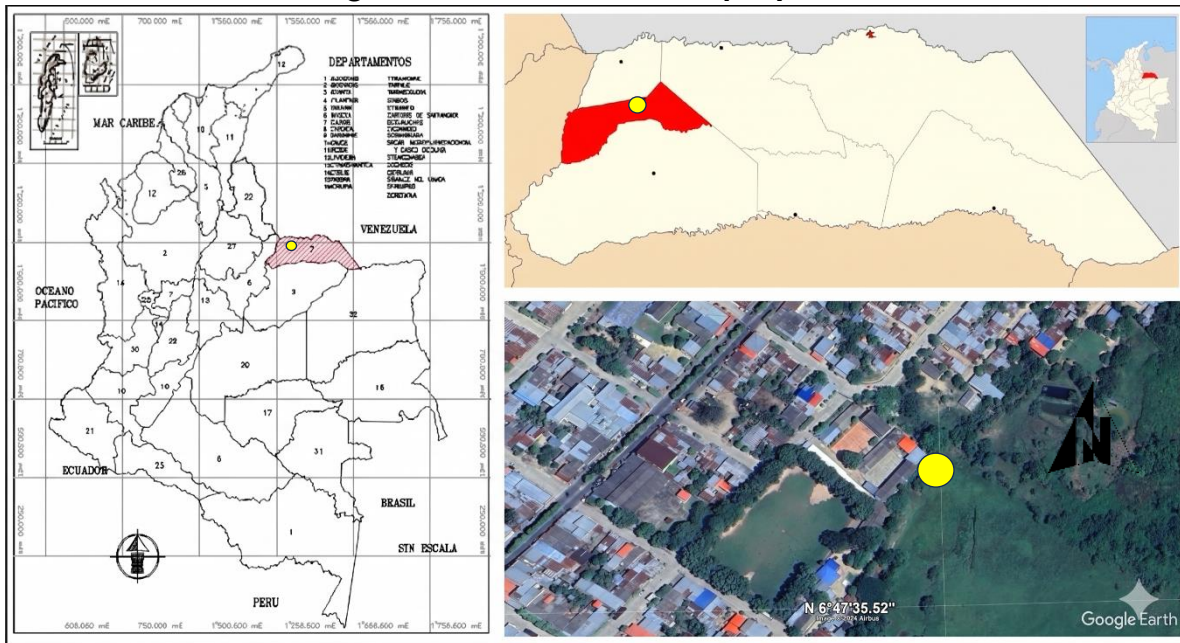
	ESTUDIO DE SUELOS		Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA		Página 9

2. GENERALIDADES

2.1 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se desarrolla en el casco urbano del municipio de Fortul, departamento de Arauca, específicamente en la Institución Educativa Alejandro Humboldt, Sede Central, ubicada en la Calle 6 #18-25, en el barrio Ramírez, en las coordenadas 6°47'39.74"N -71°46'12.21"O

Figura 1. Localización del proyecto



Fuente: Elaboración propia

2.2 ALCANCE DEL PROYECTO

El alcance del presente estudio se orienta a la caracterización geológica y geotécnica integral del subsuelo para el proyecto "CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL, DEPARTAMENTO DE ARAUCA". La investigación inicia con la descripción detallada del entorno geológico local, estableciendo el marco geomorfológico necesario para comprender los procesos de erosión hídrica y socavación que afectan la estabilidad de la edificación existente.

Para la caracterización directa de los materiales y la determinación del estado del terreno, se ejecutó un programa de exploración de subsuelo mediante la realización de dos (2) sondeos SPT hasta una profundidad de 6.40 metros. Esta fase

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 10

investigativa permitió definir las propiedades físicas y mecánicas del suelo de fundación mediante ensayos de laboratorio, incluyendo granulometría por tamizado, pesos unitarios y clasificación de suelos bajo los sistemas USCS y AASHTO. Complementariamente, se interpretaron los registros de resistencia a la penetración (N_{SPT}) para determinar los parámetros de resistencia al corte (ϕ y C) del estrato predominante de arenas limosas (SM).

Con la información recolectada, el presente estudio determina las condiciones críticas de estabilidad del talud, considerando la alta pluviosidad del municipio de Fortul y la susceptibilidad del suelo a la erosión interna. Este análisis permite establecer las unidades definitivas de diseño para la estructura de contención (muro en gaviones y/o concreto reforzado), caracterizando con precisión el comportamiento del estrato de arenas limosas (clasificación A-2-4). El alcance concluye con la generación de recomendaciones técnicas constructivas, tales como la profundidad óptima de desplante para superar la línea de socavación activa y la implementación de un sistema de drenaje estructural, asegurando así una base técnica sólida para la durabilidad y seguridad de la infraestructura educativa.

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 11

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio de suelos y análisis geotécnico para la "CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA".

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las características principales del área de estudio.
- Describir el estado geomorfológico, geológico, estratigráfico y sísmico presente en el área de influencia del proyecto.
- Caracterizar el estado actual en campo de los suelos.
- Determinar las características físicas del material del subsuelo.
- Determinar la capacidad de soporte del suelo de fundación.
- Generar recomendaciones de diseño y construcción de la cimentación.

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 12

4. ESTUDIO GEOLÓGICO

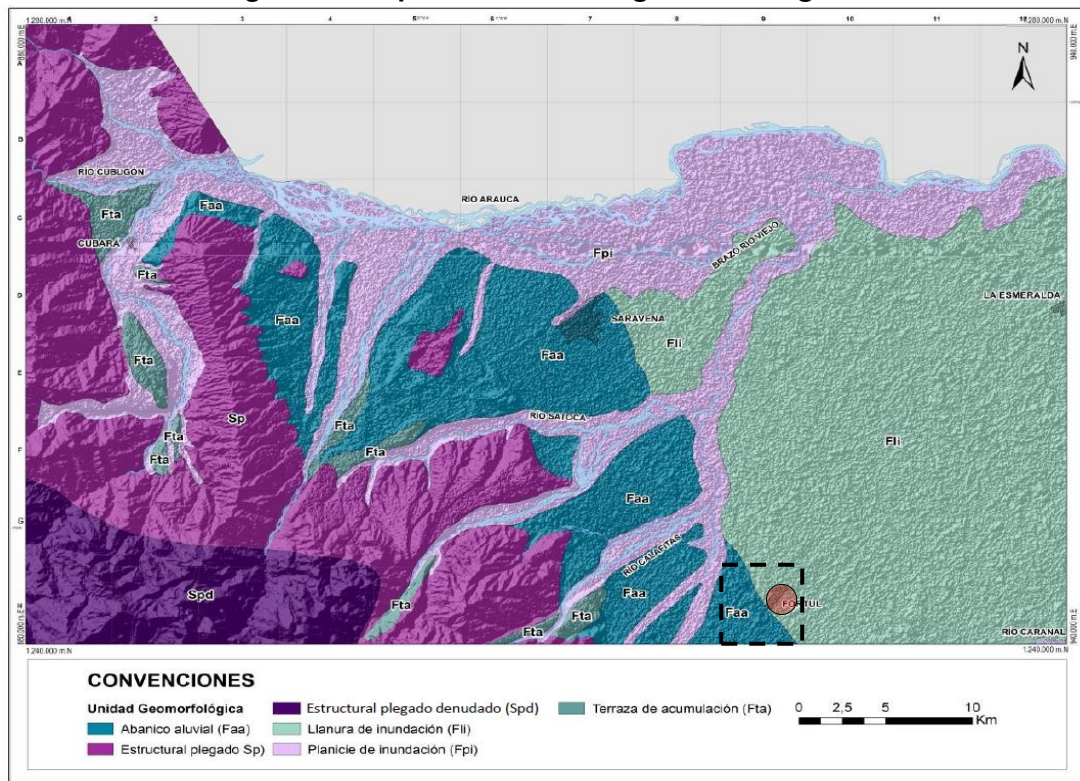
En el presente capítulo se describirá el estado geomorfológico, geológico, estratigráfico y sísmico presente en el área de influencia del proyecto, de acuerdo a los aspectos litoestratigráficos de las rocas presentes evaluadas por visitas de campo y recopilación de estudios anteriores, se definirán las unidades geológicas y sus miembros correspondientes al área de influencia del proyecto.

4.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La zona de estudio se encuentra en el cuadrante H-9 de la Plancha 123 – Saravena de la Cartografía Geológica del Servicio Geológico Colombiano. Se distinguen una unidad geomorfológica dentro de la zona de estudio:

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.

Figura 2. Mapa de unidades geomorfológicas



Fuente: Plancha 123 – Saravena. Servicio Geológico Colombiano. 2015

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 13

4.1.1. 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.

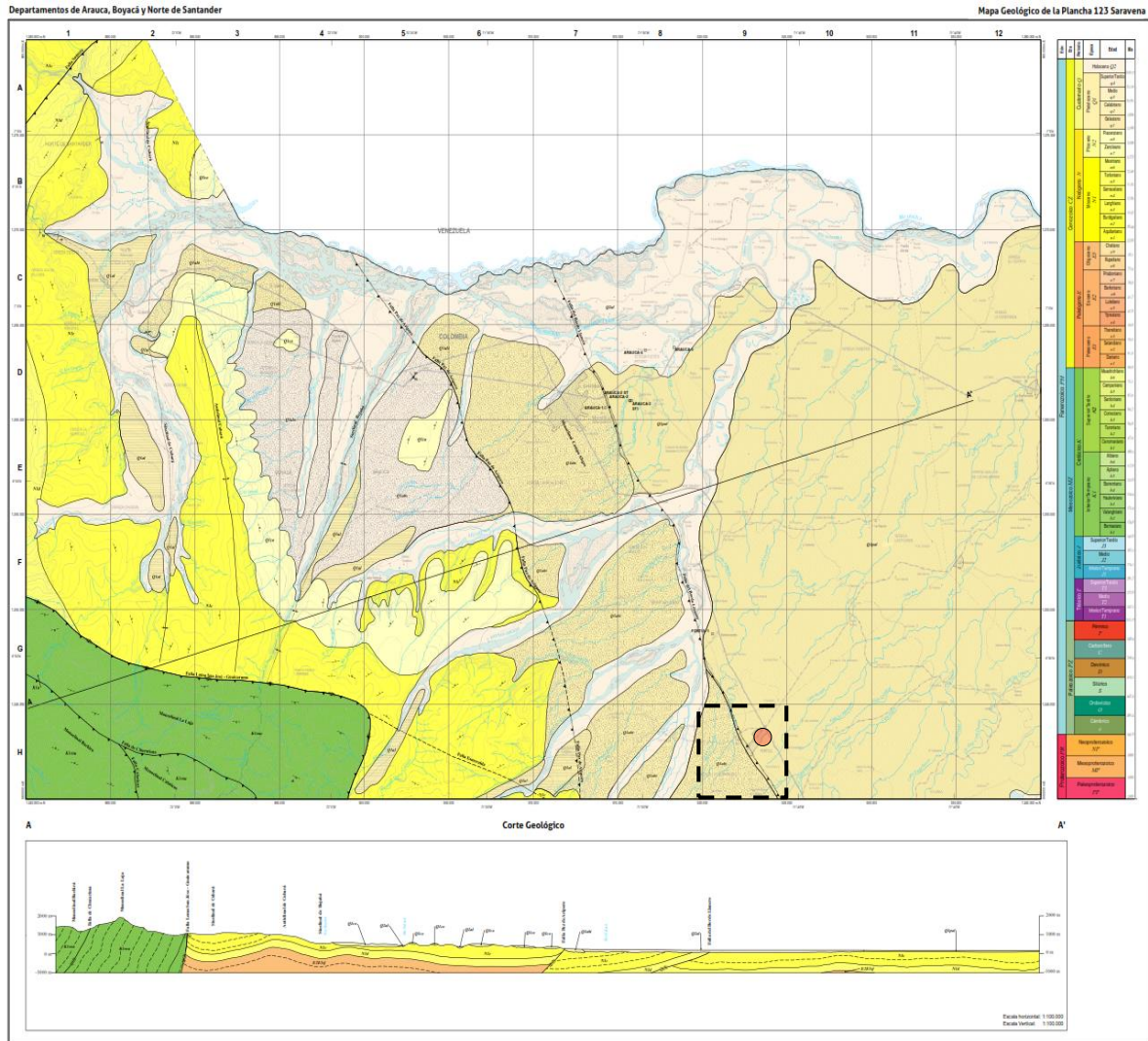
4.1.2. Estratigrafía

En el cuadrante H-9 (zona de estudio) afloran depósitos cuaternarios con morfología completamente planas, donde se distinguen los depósitos de abanicos aluviales inferiores (Q1abi).

Depósitos de abanicos aluviales inferiores (Q1abi): Se encuentran localizados en la parte central de la plancha, (C5, C6, D6, D7, E6, E7, F7, F8, G7, G8, H7 y H8), y están limitados por las fallas Paz de Aripore y del Borde Llanero.

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 3. Mapa geológico Plancha 123 - Saravena

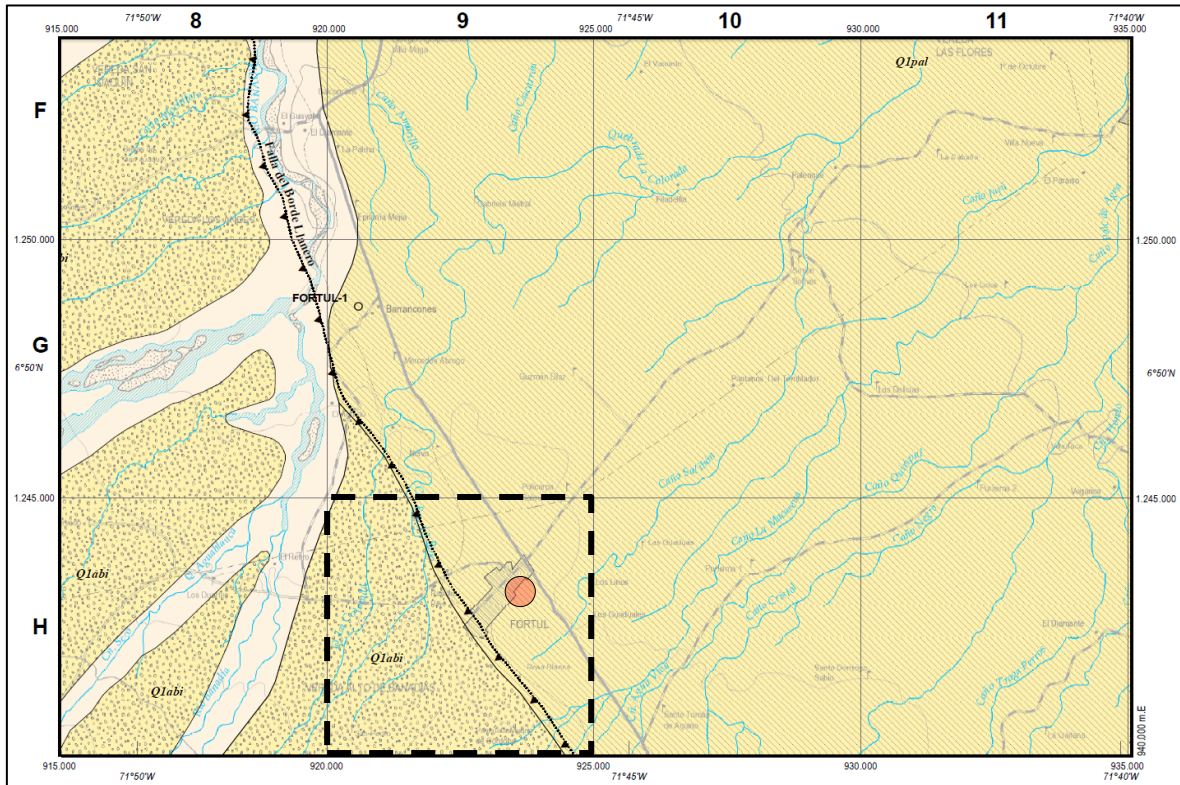


Fuente: Plancha 123 – Saravena. Servicio Geológico Colombiano. 2015

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. Los depósitos de abanicos aluviales inferiores están cubiertos en algunos sectores por depósitos aluviales recientes y limitados al Este por la Falla del Borde Llanero, mientras que al Oeste están limitados por la Falla Paz de Ariporo.

	ESTUDIO DE SUELOS		Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA		Página 15

Figura 4. Mapa geológico de la zona de estudio



Fuente: Plancha 123 – Saravena. Servicio Geológico Colombiano. 2015

4.1.3. Geología estructural.

Existen una falla regional cuyo emplazamiento no afectan el área de interés del proyecto. Tampoco se han identificado fallas locales que afecten las cercanías de la ubicación de las obras proyectas.

Se distingue un accidente tectónico cerca de la zona del proyecto: Falla del Bordo Llanero.

Falla del Bordo Llanero: Localizada en la parte central de la plancha, lleva una dirección general N15°W, inclinada al occidente 15°. La Falla del Bordo Llanero (parte del megasistema de la Falla Frontal de la Cordillera Oriental) es una falla inversa. Debido a una inmensa presión tectónica, el bloque de la cordillera se está levantando y "empujando" por encima de la cuenca plana de los Llanos Orientales.

En el casco urbano de Fortul y bajo el Colegio Alejandro Humboldt, la fractura exacta de la falla rara vez aflora en la superficie rocosa. Esto se debe a que está

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 17

A escasos kilómetros hacia el occidente (cuadrantes G y H), también se aprecian la Falla Paz de Ariporo y la Falla Esmeralda. Estamos en un sistema de fallas superpuestas, lo que multiplica las fuentes de posible liberación de energía sísmica.

Durante un sismo originado aquí mismo, no solo se sentirán las vibraciones rápidas, sino probables "pulsos directivos": ondas de choque de gran amplitud que pueden golpear la estructura como un impacto seco. El acero de refuerzo debe ser lo suficientemente dúctil para absorber esa energía sin que el concreto estalle.

Al estar en la transición entre la montaña y el llano, las ondas sísmicas pueden rebotar y amplificarse en los depósitos de suelo blando sobre los que se está apoyado. Los cálculos de empuje de tierras deben usar coeficientes sísmicos muy conservadores.

Es vital que el diseño contemple un sistema de drenaje impecable (filtros y lloraderos). Si el suelo detrás del muro se satura de agua y ocurre un sismo, la presión hidrostática sumada al sismo de la falla del Borde Llanero sería catastrófica si no se puede aliviar esa presión rápidamente.

4.2 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES.

4.2.1. Clima.

El clima es tropical en Fortul. La lluvia es significativa la mayoría de los meses del año, y la estación seca corta tiene poco efecto. Este clima es considerado Am según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura promedio en Fortul es 25.3 ° C. En un año, la precipitación media es 3092 mm.

El mes más seco es enero. Hay 49 mm de precipitación en enero. La mayor parte de la precipitación aquí cae en junio, promediando 482 mm.

Con un promedio de 26.0 ° C, febrero es el mes más cálido, julio es el mes más frío, con temperaturas promediando 24.4 ° C.

La precipitación varía 433 mm entre el mes más seco y el mes más húmedo. A lo largo del año, las temperaturas varían en 1.6 ° C.

4.2.2. Hidrografía

Todo el sistema hidrográfico del departamento corre hacia el oriente para tributar sus aguas al río Orinoco a través de los ríos Arauca, Casanare, Meta y Cinaruco. Otros ríos importantes que descienden de la cordillera y bañan las tierras de Arauca

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 18

son el Banadía, Bojabá, Capanaparo, Casanare, Cravo Norte, Cuiloto, Cusay, Ele, Lipa, Mundo Nuevo, Negro, Satoca, Tame y Tocancías.

También hay numerosos caños y quebradas que cruzan el territorio en todas las direcciones, y dificultan el transporte terrestre en épocas de lluvias, pero que desaparecen en su mayor parte en la estación seca.

El municipio de Fortul cuenta con una gran oferta hídrica conformada por 32 micro cuencas conocidas comúnmente como caños, que son vitales en la evacuación de agua en las épocas de invierno, reduciendo los impactos de inundación generadas por los grandes caudales producto de las altas precipitaciones en la zona. Así mismo cumplen una gran función al ser surtidores de agua en épocas de verano para las actividades agropecuarias.

De igual manera el municipio cuenta con 4 subcuencas entre las que se destaca el río Banadías en su parte alta, río Tigre, río Cusay, río Caranal y río Ele; de los cuales sobresale el río Caranal y Banadías, que por su posición estratégica y condición topográfica facilitan el suministro por gravedad del agua al centro poblado Caranal y a la zona urbana del municipio respectivamente.

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 19

5. ESTUDIO GEOTÉCNICO

5.1 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

El programa de exploración geotécnica consistió en la ejecución de 2 sondeos con equipo a percusión, alcanzando los 6.40 m de profundidad máxima explorada y 12.80 m de profundidad total explorada. 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).

5.1.1 Metodología

a) Traslado al sitio: Con la información preliminar del levantamiento topográfico, el personal y equipo se trasladó a la Institución Educativa Alejandro Humboldt, ubicada en la Calle 6 #18-25, en el barrio Ramírez, Municipio de Fortul, Departamento de Arauca.

b) Sondeo manuales.

c) Análisis de la estratigrafía presentada: A medida que se extraen las diferentes muestras de material, el Laboratorista se encarga de hacer la respectiva estratigrafía, analizando color textura y consistencia del material, al igual que la profundidad del nivel freático si existe.

f) Toma de muestras: De acuerdo con los parámetros anteriormente mencionados se recogieron muestras cada 1.00 m de profundidad para hacer los diferentes ensayos y se tiene el mayor cuidado durante el almacenamiento y transporte de las muestras que se deban realizar los ensayos de resistencia (corte directo, compresión inconfiada).

5.1.2 Sondeos manuales

Se realizan sondeos por el método de percusión, realizando ensayos de Penetración Estándar (SPT). Se realizaron 2 sondeos de 6.40 m de profundidad distribuidos en los sitios de construcción de las obras proyectadas.

El número y espaciamiento de las exploraciones en el subsuelo fueron determinados, conforme a las características propias del lugar y las posibles cargas transmitidas por la estructura al suelo.

La profundidad de los sondeos y apiques se estimó a partir de las condiciones del terreno detectadas durante el proceso de perforación y siguiendo las indicaciones de la tabla H.3.2.-1 “Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción”, Capítulo H Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10.

En la Tabla 1 se presenta la localización geográfica de los sondeos realizados, y en la Figura 6 se ilustra más detalladamente su ubicación.

Tabla 1. Localización de los sondeos exploratorios

Apique	Ubicación			Prof.	N.F.
	Sector	Latitud N	Longitud W		
S-01	Muro de contención	6°47'39.43"N	71°46'10.90"O	6.40	-
S-02	Muro de contención	6°47'39.29"N	71°46'11.04"O	6.40	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Localización de los sondeos exploratorios



Fuente: Google Earth -Elaboración propia

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 21

5.2 ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO

5.2.1 Ensayos de campo

En el desarrollo de la exploración geotécnica se ejecutó un tipo de ensayo de campo: Penetración Estándar (SPT).

Componentes principales:

- Trípode metálico de 5.00 m para elevación y descenso de la pesa.
- Pesa para golpeo de 140 lb.
- Tubería de perforación tipo AW y accesorios.
- Llaves tipo americana No. 18 y 24.
- Barra de golpeo.
- Tubo guía de 70 cm.
- Cuchara partida de 2" de diámetro y 45.7 cm de longitud.
- Barreno helicoidal.
- Motobomba.

Procedimiento de ejecución:

Determinada la ubicación de los sondeos exploratorios se procedió a adelantar el montaje del trípode y accesorios adicionales como pesa normalizada, uniones, tubería, barra guía, tomamuestras de tubo partido para la realización de los ensayos de Penetración Estándar cada 1.00 metro de profundidad. Cuando se alcanza la profundidad deseada, se limpia el fondo de la perforación retirando los residuos y se registra la profundidad de limpieza, se conecta el toma muestra de tubo partido a la tubería de perforación y se baja suavemente dentro del hueco, se coloca el martillo en posición y se instala el yunque en la parte superior de la tubería de muestreo. Se marcan los tubos de perforación en tres incrementos sucesivos de 15 cm de manera que se pueda observar el avance del muestreador bajo el impacto del martillo para cada incremento, se hinca el tomamuestras a golpes del martillo de 140 lb y se cuenta el número de golpes aplicados en cada incremento de 15 cm.

El procedimiento de perforación debe proporcionar una cavidad limpia y estable antes de introducir el muestreador y asegurar que el ensayo se realiza en un suelo esencialmente inalterado.

Para el avance de la perforación se empleó el método de lavado con barrena de punta cortante, usando una bomba para inyectar agua a presión a través de una manguera conectada a la tubería de lavado.

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 22

No se empleó tubería de revestimiento. En su lugar se empleó en algunos casos lodo de perforación para mantener la excavación abierta.

Cada vez que aparezca un cambio notorio de estrato, se suspende el agua de lavado, se extrae la tubería de lavado y se introduce el tomamuestra de cuchara partida.

Llegada la profundidad para realizar el ensayo SPT se introduce un barreno helicoidal para limpiar la perforación.

Figura 7. Detalle perforación y ensayo SPT



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Ensayos de campo realizados

Ensayo	Cantidad	Norma
Penetración Estándar (SPT)	12	INV E-111-13

Fuente: Elaboración propia

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 23

5.2.2. Ensayos de laboratorio

Con el fin de establecer las propiedades geomecánicas de los materiales representativos del perfil del suelo, se llevó a cabo un programa de ensayos de laboratorio sobre muestras obtenidas en el trabajo de exploración. Estos ensayos se realizaron teniendo en cuenta los fines específicos de este estudio. Por medio de los ensayos de laboratorio pertinentes para cada caso, se establecieron características particulares de clasificación y se calcularon parámetros de resistencia.

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

- Contenido de humedad.
- Granulometría.
- Límites de consistencia.
- 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.

La cantidad de ensayos ejecutados se relaciona en la Tabla 3.

Tabla 3. Ensayos de laboratorio realizados

Ensayo	Cantidad	Norma
Contenido de humedad	6	INV E-122-13
Granulometría	6	INV E-213-13
Límites	-	INV E-125-13
Peso unitario	6	INV E-105-13
Corte directo	3	INV E-154-13

Fuente: Elaboración propia

5.2.3. Nivel de aguas freáticas

No se encontró presencia de nivel freático durante la exploración. (Ver Tabla 1. Localización de los sondeos exploratorios).

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 24

5.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS

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

Los resultados de los ensayos realizados en campo y laboratorio, permiten determinar ciertos parámetros de comportamiento físico y mecánico, que luego bajo un modelo de comportamiento determinado indicarán la respuesta del suelo a las solicitudes impuestas por las obras de infraestructura que se van a construir.

Los ensayos realizados se pueden clasificar en físicos y mecánicos, los primeros se emplean para clasificar el material y son ensayos cuyos resultados indican parámetros que definen ciertas propiedades como densidad, porosidad, entre otras. Estas propiedades permiten inferir la homogeneidad del depósito de suelos y en cierta medida su futuro comportamiento. Los ensayos mecánicos entregan parámetros numéricos que permiten conformar las ecuaciones de comportamiento de diferentes modelos constitutivos que modelan matemáticamente la respuesta del suelo.

5.3.1. Estratigrafía

El subsuelo de la zona está compuesto superficialmente y hasta los 6.40 m de profundidad por arenas limosas de granulometría fina, identificados por la clasificación SUCS como SM respectivamente.

En la Tabla 4 se relaciona el valor en porcentaje de cada tipo de suelo respecto a la totalidad de muestras obtenidas de la zona del proyecto, encontrando así, que el 100% de los suelos son gruesos.

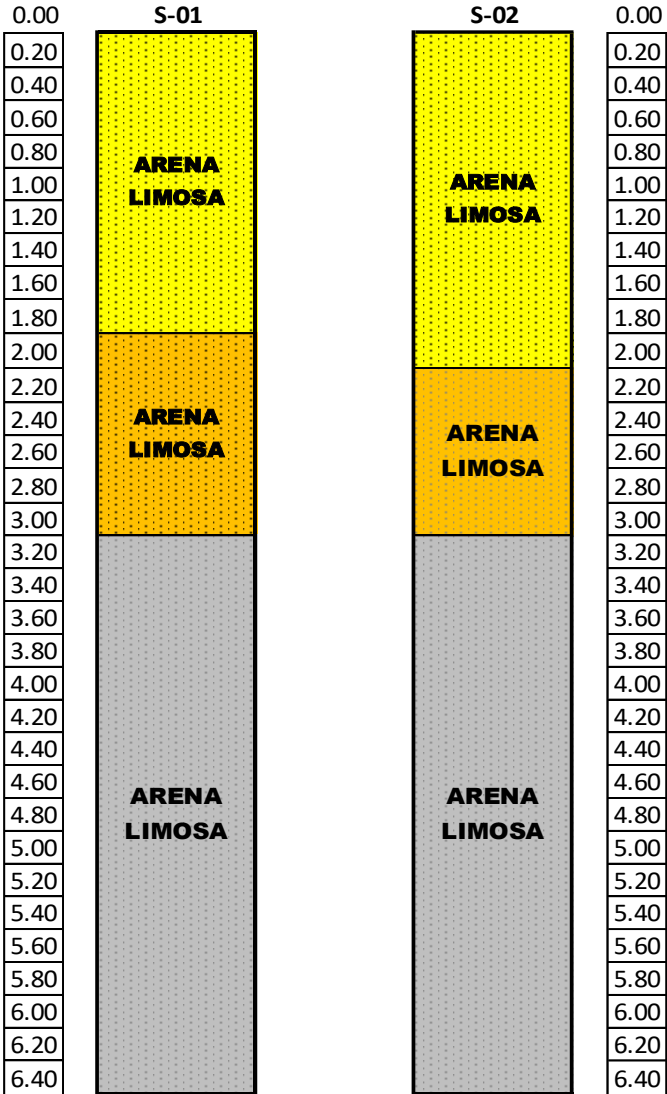
Tabla 4. Tipo de suelo encontrado en los sondeos

TIPO SUELO	USCS	CANTIDAD DE MUESTRAS EN LOS APIQUES	PORCENTAJE
Suelo Fino	-	-	-
Suelo Grueso	SM	6	100.0%
TOTAL		6	100.0%

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 1 se muestra el perfil estratigráfico característico encontrado en cada uno de los sondeos ejecutados.

Gráfico 1. Perfiles de suelo encontrados en los sondeos



Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5 se resumen los resultados de los ensayos de caracterización realizados a los suelos encontrados en los sondeos exploratorios. Dichos resultados arrojan la siguiente descripción de los estratos encontrados:

Capa Superficial (Descapote)

- **Profundidad:** Desde la superficie (0.00 m) hasta los 0.20 m.
- **Descripción:** Esta primera capa está compuesta por material orgánico.

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 26

Tabla 5. Resultado de ensayos de laboratorio subsuelo de fundación

Sondeo	Muestra	Rango de muestreo (m)	Peso Unitario Ton / m ³	Gravedad específica Gs	Distribución granulométrica				Límites de plasticidad				Humedad		Clasificación de suelos		
					Grava	Arena	Limo	Arcilla	LL	LP	IP	IL	Weq	Natural	U.S.C.	AASHTO	Índice de grupo
					%	%	%	%	%	%	%	%	%	%			
S-01	1	0.00 - 1.80	1.833	2.657	0.00	76.87	23.13	-	-	-	-	-	-	8.89	SM	A-2-4	0
	2	1.80 - 2.90	1.854	2.656	0.00	81.20	18.80	-	-	-	-	-	-	11.24	SM	A-2-4	0
	3	2.90 - 6.00	1.874	2.656	0.00	81.24	18.76	-	-	-	-	-	-	11.86	SM	A-2-4	0
S-02	1	0.00 - 2.00	1.837	2.658	0.00	74.89	25.11	-	-	-	-	-	-	8.54	SM	A-2-4	0
	2	2.00 - 3.00	1.863	2.656	0.00	80.04	19.96	-	-	-	-	-	-	10.98	SM	A-2-4	0
	3	3.00 - 6.00	1.892	2.655	0.00	82.28	17.72	-	-	-	-	-	-	11.50	SM	A-2-4	0
Mínimo			1.833	2.655	0.00	74.89	17.72	-	-	-	-	-	-	8.54	-	-	-
Promedio			1.859	2.656	0.00	79.42	20.58	-	-	-	-	-	-	10.50	-	-	-
Máximo			1.892	2.658	0.00	82.28	25.11	-	-	-	-	-	-	11.86	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Estrato Superior (Arena Limosa Amarilla)

- **Profundidad:** Comienza a los 0.20 m y se extiende hasta los 1.80 m en el primer sondeo y hasta los 2.00 m en el segundo sondeo.
- **Descripción:** Se trata de una arena limosa de granulometría fina y color amarillo.
- **Clasificación:** En toda la zona de estudio, este estrato clasifica como **SM** según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y como **A-2-4** según la clasificación AASHTO.

Estrato de Transición (Arena Limosa Amarilla con Gris)

- **Profundidad:** Se encuentra debajo del primer estrato, extendiéndose desde los 1.80 m hasta los 2.90 m en el sondeo S-01, y desde los 2.00 m hasta los 3.00 m en el sondeo S-02.
- **Descripción:** El material sigue siendo una arena limosa de granulometría fina, pero aquí el color cambia, presentando una mezcla amarilla con gris.
- **Clasificación:** Mantiene las mismas propiedades geotécnicas generales, clasificándose también como **SM** (SUCS) y **A-2-4** (AASHTO).

Estrato Profundo (Arena Limosa Gris)

- **Profundidad:** Desde los 2.90 m y 3.00 m (según el sondeo) hasta el final de la exploración a los 6.40 m de profundidad.

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 27

- **Descripción:** El subsuelo continúa siendo una arena limosa de granulometría fina, pero en estas profundidades adquiere un color gris uniforme.
- **Clasificación:** Conserva la clasificación **SM** (SUCS) y **A-2-4** (AASHTO) a lo largo de toda la profundidad explorada.

5.3.2. Propiedades físicas

Las propiedades físicas permiten ubicar el suelo dentro de sistemas de clasificación comúnmente empleados en la práctica ingenieril, así como determinar ciertos parámetros numéricos que permiten inferir el comportamiento geotécnico del material.

Para clasificar los materiales encontrados según el sistema USC, es necesario llevar a cabo ensayos de lavado sobre el tamiz No. 200 y límites de consistencia.

En desarrollo de este informe se ha buscado caracterizar los estratos del subsuelo con las siguientes propiedades físicas: humedad natural, peso unitario, peso específico de sólidos, límites de consistencia, porcentaje de partículas con tamaño menor a 0.075 mm, entre otros valores que se indican en los perfiles geotécnicos reportados. Los valores reportados en dichos perfiles obedecen a la caracterización física de los materiales recuperados en los sondeos, adicionalmente se presentan otros parámetros deducidos por medio de las expresiones matemáticas que vinculan las relaciones de fase y que provienen de la mecánica de suelos tradicional.

El grafico 2 muestran los perfiles de los resultados encontrados en los ensayos de humedad natural realizados sobre cada una de las muestras evaluadas en función de su profundidad del sitio en el cual se ubican la construcción del proyecto. Los valores encontrados para los sondeos exploratorios se encuentran en un intervalo definido por los extremos 8.54% y 11.86%. Los valores de humedad en ambos sondeos se concentran en un rango bastante bajo, la "humedad de saturación" de este suelo está por encima del 23%, esto significa que el suelo está muy lejos de estar saturado de agua.

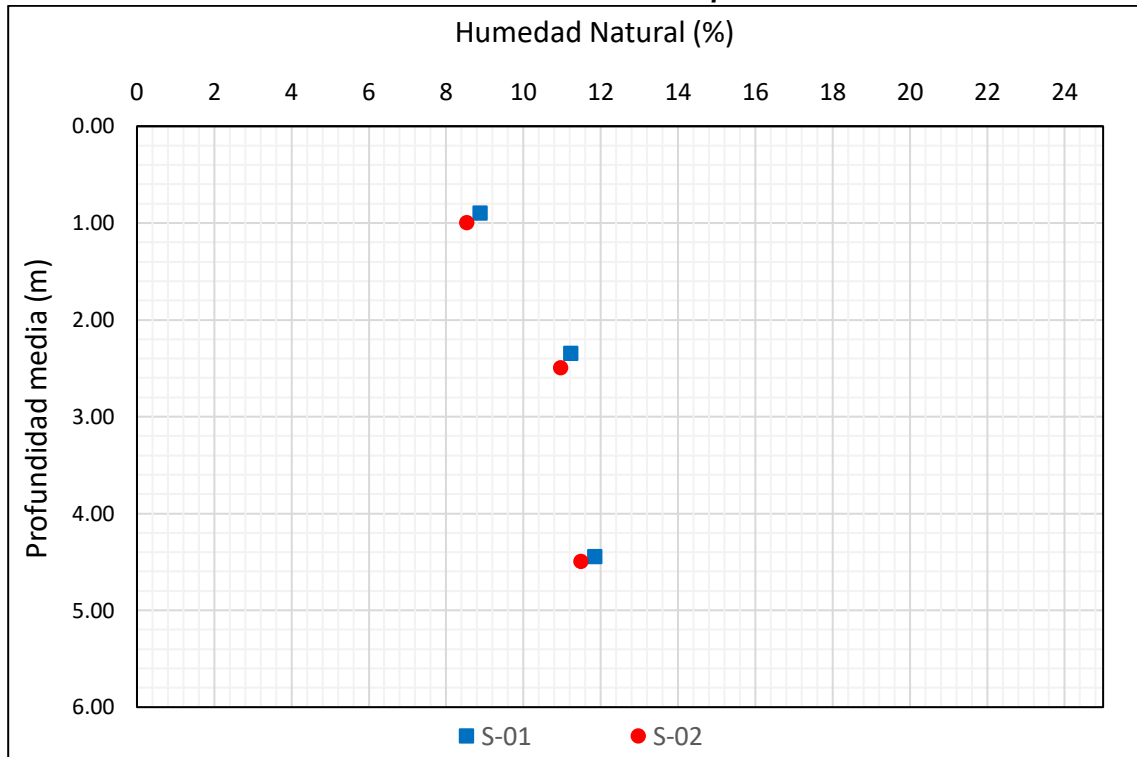
La gráfica muestra una tendencia clara y natural: a medida que profundizamos, el suelo es un poco más húmedo, pero sin saltos drásticos:

- **A 1.00 m de profundidad:** La humedad es la más baja, rondando el **8.5% al 9%**. Es normal, ya que las capas superficiales están más expuestas a la evaporación.

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 28

- **A 2.50 m de profundidad:** La humedad se estabiliza cerca del **11%**.
- **A 4.50 m de profundidad:** Alcanza su punto máximo en la exploración, rozando el **11.5% al 11.9%**.

Gráfico 2. Humedad natural vs profundidad



Fuente: Elaboración propia

En resumen, el suelo ofrece un lecho seco y estable con bajo empuje hidrostático.

5.3.3. Potencial de expansión de los suelos.

Para determinar las características de expansión de los suelos encontrados, se utilizaron los criterios de laboratorio más aceptados para el reconocimiento de los suelos expansivos, basados en altos valores del límite líquido y el índice de

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

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 29

Tabla 6. Clasificación de suelo expansivos según NSR-10

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

Fuente: Título H de la NSR-10

Tabla 7. Clasificación potencial de expansión para los valores máximos encontrados en todos los sondeos ejecutados

Parámetros	Valores máximos obtenidos	Valores referencia
LL %	36.00	< 39
IP %	15.86	< 20
Potencial de expansión	BAJO	

Fuente: Elaboración propia

Conforme a la tabla 9 y los valores allí presentados, el potencial de expansión de los suelos arcillosos encontrados es BAJO.

5.3.4. Propiedades mecánicas.

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

Para definir la resistencia del suelo se ha recurrido en el desarrollo del presente estudio al Criterio de resistencia de falla de Mohr-Coulomb, el cual considera el aumento de la resistencia cuando crece el esfuerzo de confinamiento del material, debido a fenómenos de fricción y dilatación que presentan las partículas constituyentes del suelo. Este criterio exige la definición de dos parámetros para la

	ESTUDIO DE SUELOS		Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA		Página 30

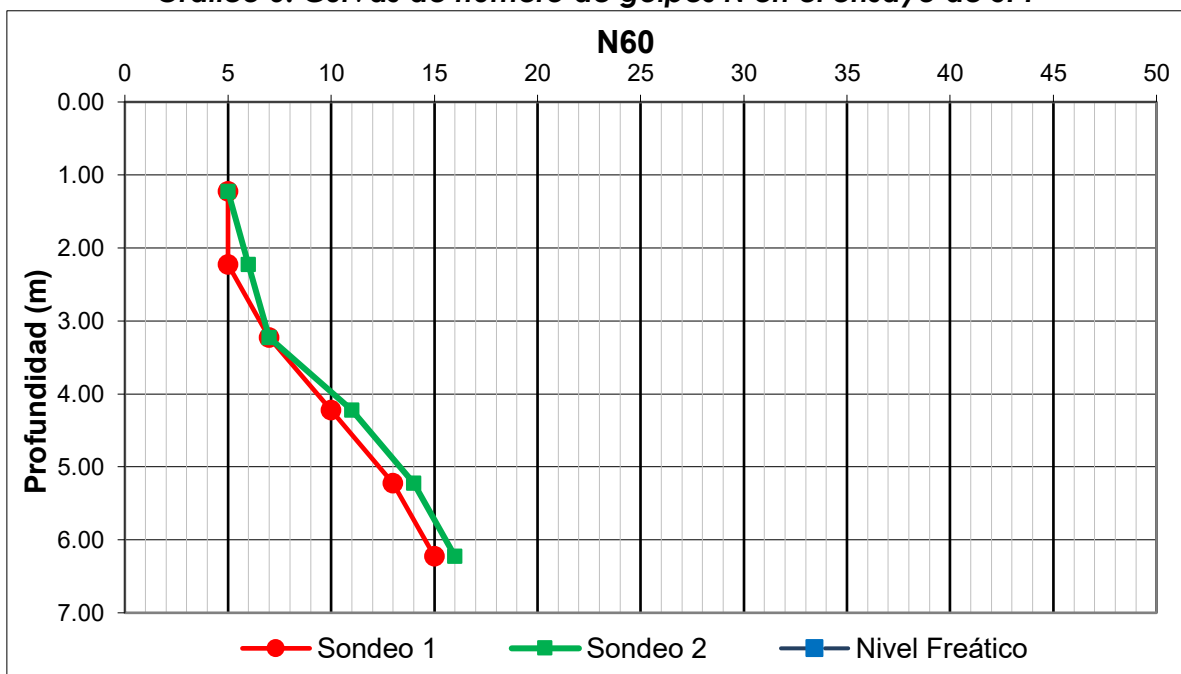
elaboración del modelo: ángulo de resistencia al corte, ϕ , y cohesión, C . Estos parámetros se evaluaron a partir de los golpes de avance en el ensayo SPT, de los ensayos de compresión inconfiada sobre muestra inalteradas y corte directo sobre muestras remoldeadas.

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

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.

En el grafico 3 se muestran los perfiles encontrados para el número de golpes, N , en el ensayo normal de penetración, SPT, para los sondeos realizados. Dichos ensayos se ejecutaron a partir de 1.00 m de profundidad. En general los valores del número de golpes encontrados en cada sondeo aumentan levemente con la profundidad.

Gráfico 3. Curvas de número de golpes N en el ensayo de SPT



Fuente: Elaboración propia

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 31

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 (S_u). La consistencia y densidad relativa de los suelos puede ser calificada de acuerdo con lo indicado por Terzaghi y Peck. En la tabla 9 se muestran los criterios de clasificación según el número de golpes por pie del ensayo de penetración estándar (NSPT).

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).

Tabla 8. Criterios de clasificación según el número de golpes del ensayo de penetración estándar NSPT

Consistencia arcillas	N	Densidad relativa arenas y limos	N
Muy Blanda	< 2	Muy Suelta	< 4
Blanda	2 – 4	Suelta	4 – 10
Media	4 – 8	Media	10 – 30
Firme	8 – 15	Densa	30 – 50
Muy Firme	15 – 30	Muy Densa	> 50
Dura	> 30		

En la tabla 9 se presenta el resumen del número de golpes/pie para cada depósito de suelo encontrado en los sondeos.

Tabla 9. Número de golpes/pie Ncampo

Sondeo	Muestra	Profundidad Inicial (m.)	Profundidad Final (m.)	Profundidad Media (m.)	golpes/pie cuchara			N _{CAMPO}
					1	2	3	
S-01	1	1.00	1.45	1.23	2	2	3	5
	2	2.00	2.45	2.23	3	2	3	5
	3	3.00	3.45	3.23	3	3	4	7
	4	4.00	4.45	4.23	4	5	5	10
	5	5.00	5.45	5.23	4	6	7	13
	6	6.00	6.45	6.23	5	7	8	15
S-02	1	1.00	1.45	1.23	2	2	3	5
	2	2.00	2.45	2.23	3	3	3	6
	3	3.00	3.45	3.23	3	3	4	7
	4	4.00	4.45	4.23	4	5	6	11
	5	5.00	5.45	5.23	4	7	7	14
	6	6.00	6.45	6.23	5	8	8	16

Fuente: Elaboración propia

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 32

Según los resultados de los ensayos de SPT para El perfil se caracteriza por ser un suelo SUELTO a MEDIANAMENTE COMPACTO. Las condiciones geológicas y los valores de resistencia (N) evolucionan con la profundidad de la siguiente manera:

En los primeros metros (0.00 m - 3.00 m), se registran valores bajos constantes de **5 a 7 golpes**. Esto indica un estrato en estado suelto, cuya baja capacidad portante requiere que mis cimientos se profundicen más allá de este nivel.

A mayor profundidad (4.00 m - 6.00 m), la resistencia del terreno se incrementa gradualmente y de manera uniforme en toda la zona, alcanzando valores robustos de entre **10 y 16 golpes**. Esto refleja una mayor compacidad del material granular, proporcionando el estrato competente y firme que necesito para anclar mi base y garantizar la estabilidad de la obra.

5.3.5. Clasificación del suelo guía de trabajo seguro en excavaciones

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

Tabla 10. Tipos de suelos

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

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

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 33

De acuerdo con los resultados de la exploración de campo, el terreno se clasifica como Tipo B (en lugar de Tipo C), fundamentado en los siguientes criterios técnicos:

- Ausencia de Nivel Freático: Durante la ejecución de los sondeos exploratorios (S-01 y S-02), no se interceptó el nivel de aguas freáticas dentro de la profundidad de exploración. La ausencia de agua en el interior de las perforaciones es un factor crítico que favorece la estabilidad de las paredes en comparación con un suelo sumergido (Tipo C).
- Naturaleza Granular y Cohesión: El suelo predominante corresponde a una Arena Limosa (SM / A-2-4). Según la guía técnica, esta clasificación se ajusta mejor a un Tipo B, dado que, aunque es un material granular, no presenta la saturación ni la inestabilidad severa característica de los suelos Tipo C.
- Consistencia: Los valores de SPT (NCAMPO entre 5 y 16) indican un material suelto a medianamente compacto. Al no existir presión de poros por agua, el material posee una capacidad de autosostenimiento superior a la de un suelo Tipo C, permitiendo que las paredes de la excavación presenten una mayor estabilidad bajo condiciones controladas.

5.4. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL SUBSUELO

5.4.1. Estimativos de parámetros 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:

- 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.
- Colocar al ensayo la profundidad media entre las dos lecturas de golpes que se usen.
- 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.
- Obtener lo más fiablemente posible la posición del nivel piezométrico.

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 35

La Tabla 12 resume los parámetros de resistencia encontrados a partir del ensayo de SPT.

Tabla 12. Resumen parámetros de resistencia a partir del ensayo de SPT

Estrato	Prof. [m]	Φ [°]	Cu (kg/cm ²)
Arena limosa (SM)	0.00 – 6.40	23.5°	-

Fuente: Elaboración propia

5.4.2. Parámetros a partir del ensayo de corte directo

Se realizaron ensayos de corte directo drenado sobre muestras remoldeadas del suelo, extraídas a profundidades de 1.00 m, 2.00 m y 3.00 m. Las pruebas se ejecutaron bajo condiciones de saturación, permitiendo determinar los parámetros de resistencia al corte, específicamente el ángulo de fricción interna (ϕ) cuyos resultados se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13. Parámetros de resistencia al corte drenado

Sondeo	Prof. [m]	ϕ	C[kg/cm ²]	USC
S-02 (M1)	0.00 – 1.90	23.4°	0.01	SM
S-01 (M2)	1.90 – 3.00	25.3°	0.05	SM
S-02 (M3)	3.00 – 6.40	24.7°	0.01	SM

Fuente: Elaboración propia

5.4.3. Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad E_s se obtuvo a partir del número de golpes del ensayo de penetración estándar, tal como se presenta en la tabla 14.

Tabla 14. Correlaciones empíricas para estimar el módulo de Young E_s 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

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 36

TIPO DE SUELO	CORRELACIÓN (E_s en kPa)	REFERENCIA
Arenas arcillosas	320(N+15)	Bowles, 1996
Limos	300(N+6)	Bowles, 1996
Arcillas	$E = 600N$	Bowles, 1996

En la tabla 15 se presentan los valores de rigidez obtenidos para los materiales presentes en cada una de los sondeos.

Tabla 15. Módulo de Young estimado para los suelos encontrados

Perfil	Material	N60	E [MPa]
0.00 – 1.90	Arena limosa amarilla	4	2.88
1.90 – 3.00	Arena limosa amarilla/gris	4	2.88
3.00 – 6.40	Arena limosa gris	8	3.96

Fuente: Elaboración propia

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

Tabla 16. Valores Típicos del Módulo de elasticidad (E)

Tipo de Suelo	Módulo de Elasticidad (E) Mpa
Arcilla	
Muy blanda	2-15
Blanda	5-25
Media	15-50
Dura	50-100
Arenosa	25-250
Limo	2-20
Arena	
Limosa	5-20
Suelta	10-25
Densa	50-81
Arena y Grava	
Suelta	50-150
Densa	100-200

Fuente: BOWLES. Op. cit., p 99

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 37

5.5. ASPECTOS SÍSMICOS Y CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LOS SUELO

5.5.1. Perfil de los suelos

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

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

Perfil	$\overline{N}_{spt}$
Perfil de diseño	5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18. Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos

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 ($\approx 1 \text{ kgf/cm}^2$)
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1 kgf/cm ²)
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa ($\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2$)

Fuente: Tabla A.2.4-2 NSR-10

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

Coefficiente de importancia: $I = 1.25$. De acuerdo con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), las instituciones educativas (guarderías, escuelas, colegios y centros de enseñanza) se clasifican de manera estricta y obligatoria dentro del Grupo de Uso III. Esta categorización obedece legalmente a que este grupo comprende aquellas edificaciones, y sus accesos, que son indispensables después de un temblor para atender la emergencia y preservar la salud y la seguridad de las personas de la comunidad.

Para el proyecto de "CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL", el cual contempla la ejecución de una estructura de contención —ya sea en gaviones o concreto reforzado— orientada a estabilizar el talud afectado y proteger el aula de informática, la adopción de este coeficiente de importancia garantiza niveles superiores de seguridad estructural. Esta aplicación técnica permite elevar los márgenes de seguridad frente al colapso y considera los efectos dinámicos esperados en un evento sísmico, protegiendo así la cimentación de la infraestructura educativa ante asentamientos diferenciales.

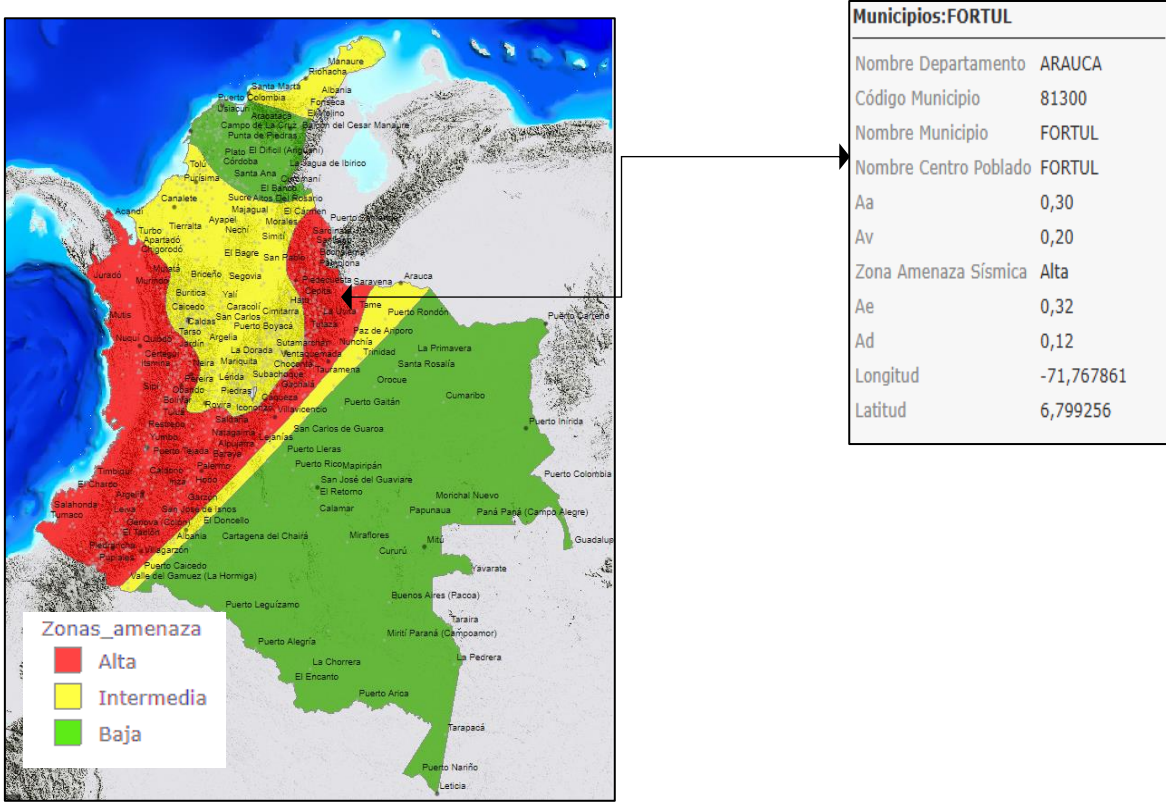
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 38

Finalmente, la integración de este factor en el análisis de estabilidad del muro asegura que la obra de mitigación mantenga su integridad funcional y capacidad de contención, evitando que un sismo severo derive en una falla estructural del talud que pueda comprometer las áreas adyacentes. Este enfoque garantiza que la intervención responda no solo a las necesidades actuales de erosión y socavación, sino también a los estándares de resiliencia exigidos para proteger la integridad física de los estudiantes, docentes y la comunidad académica en su conjunto.

5.5.2. Clasificación de la amenaza sísmica

De acuerdo a la NSR (Normas Sismo Resistentes Colombianas 2010) título A, El municipio de Fortul – Arauca, pertenece a una zona de amenaza sísmica Alta, en la Figura 8 se observa la ubicación del municipio de Fortul en el mapa de amenaza sísmica de Colombia.

Figura 8. Mapa de amenaza sísmica de Colombia



Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 39

5.5.3. Determinación de 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 sísmicos que caracterizan esta son:

Tabla 19. Parámetros sísmicos

Aa	0.30
Av	0.20
Fa	0.90
Fv	2.50
Ae	0.32
Ad	0.12

Donde:

Aa: Coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño.

Av: Coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño.

Fa: Coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debido a los efectos de sitio, adimensional.

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

Ae: Es la suma de los espesores de los k estratos de suelos cohesivos localizados dentro de los 30 m superiores del perfil.

Ad: Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva, para el umbral de daño.

5.5.4. Análisis de licuación de los suelos

Se habla de la **licuefacción de un suelo** o también llamada **licuación de suelos** cuando el terreno pierde su resistencia al corte y por tanto se comporta como un líquido debido a que se desarrollan presiones intersticiales de forma rápida (sin drenaje) como consecuencia de un sismo o terremoto.

Generalmente los suelos potencialmente más licuables son las arenas finas y poco densas y los limos y arenas mal gradados aunque también se han dado casos en arenas gruesas y gravas y en turbas o suelos altamente orgánicos.

Condiciones para que ocurra la licuación en los suelos:

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 40

Además del tipo de terreno, para que se produzca este fenómeno, el nivel freático debe encontrarse cerca de la superficie, la compacidad de los materiales suele ser baja ($NSPT < 20$) y la intensidad del terremoto alta.

Concretamente, según González De Vallejo, 2002, se pueden establecer las siguientes circunstancias desencadenantes de este fenómeno:

- Sismos de magnitud igual o superior a 5.5, con aceleraciones superiores o iguales a 0.2g.
- A partir de los 15 m de profundidad no se han conocido fenómenos de licuefacción en suelos.
- El nivel freático, en la mayoría de los casos en los que se ha presentado la licuefacción se encontraba a poca profundidad, inferior a 3 m; por debajo de los 5 m de profundidad, la susceptibilidad a la licuefacción es muy baja.

De modo general, las propiedades que caracterizan a los suelos licuefactables (González de Vallejo, 2002) son las siguientes:

- Grado de saturación del 100%.
- Diámetro medio D_{50} entre 0.05 y 100 mm.
- Coeficiente de uniformidad $C_u = D_{60}/D_{10} < 15$.
- Contenido en finos inferior al 10%.
- Bajo grado de compactación, es decir $NSPT < 10$ para profundidades < 10 m y $NSPT < 20$ para profundidades > 10 m.

O según Wang, 1979, los suelos con las siguientes propiedades:

- Tamiz $0,005 \text{ mm} \leq 15\%$.
- Límite líquido $LL \leq 35\%$.
- Humedad natural $w \geq 0.9 LL$
- Índice líquido $IL \leq 0.75$.

Como puede verse los suelos licuables suelen estar comprendidos entre las arenas y los limos.

Estimación de la susceptibilidad a la licuación de los suelos:

Para la estimación de la susceptibilidad a la licuación del suelo de fundación, se analizaron los perfiles estratigráficos obtenidos en los sondeos S-01 y S-02, los cuales caracterizan un estrato predominante de arenas limosas (SM) con un contenido de finos que oscila entre el 17.72% y el 25.11%. Tras la evaluación técnica de las condiciones del subsuelo, se establecen los siguientes criterios:

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 41

- **Ausencia de nivel freático:** Durante la fase de exploración de campo, no se interceptó nivel freático hasta la profundidad final de 6.00 metros. La condición esencial para que ocurra el fenómeno de licuación es la presencia de suelos granulares saturados, factor que no se presenta en el área de estudio.
- **Tipo de suelo y compacidad:** Aunque el perfil está compuesto por arenas limosas, los valores de resistencia a la penetración estándar (N60) registrados, que oscilan entre 3 y 7 golpes, indican un suelo con una compacidad de suelta a medianamente compacta. Sin embargo, al no existir saturación del material granular, el riesgo de licuación es nulo.
- **Conclusión:** Considerando la ausencia de nivel freático dentro de la zona activa de desplante y la naturaleza del depósito, se concluye que los suelos del sitio de estudio **no son licuables**. Por lo tanto, no se esperan deformaciones permanentes ni pérdida de capacidad portante asociadas a procesos de licuación durante la ocurrencia de eventos sísmicos.

5.6. CAPACIDAD PORTANTE

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

5.6.1. 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.

5.6.2. Nivel y sistema de cimentación

El nivel de desplante de la estructura de contención debe garantizar una capacidad portante adecuada del suelo, limitando las deformaciones por

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 42

asentamiento a valores tolerables para la estabilidad del muro. De acuerdo con el numeral H.4.6 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), la profundidad de cimentación debe ser tal que:

(a) Se elimine toda posibilidad de erosión o socavación: Para este proyecto, este criterio es prioritario. La cimentación debe profundizarse por debajo de la línea de socavación activa causada por la escorrentía superficial, previniendo el arrastre de partículas finas (limos) y la falla por tubificación.

(b) Se minimice la influencia de la humedad: Dado que las arenas limosas (SM) del sitio son susceptibles a la pérdida de resistencia por saturación, la cimentación debe ubicarse en un estrato donde el confinamiento garantice estabilidad, evitando la influencia directa de los ciclos de saturación por la alta pluviosidad de la zona.

(c) Se asegure la integridad estructural: El diseño de la base debe ser capaz de distribuir las cargas del muro (gaviones o concreto reforzado) evitando asentamientos diferenciales que puedan inducir fisuras o volcamiento.

Basados en las condiciones encontradas en el sitio de estudio (suelos tipo Arena Limosa - SM, con compacidad suelta a medianamente compacta y alta pluviosidad), se recomienda que la base de la estructura de contención se desplante a una profundidad mínima de 1.20 m a 1.50 m, medidos desde el nivel de terreno estable adyacente (pie de muro). Esta profundidad garantiza el apoyo sobre material granular más competente, supera la cota de socavación activa identificada en el diagnóstico y, en conjunto con un sistema de drenaje estructural adecuado (filtro y geotextil), asegura que no se presenten presiones hidrostáticas excesivas ni lavado de finos que comprometan la estabilidad del muro.

En muros de contención, la zapata nunca debe quedar expuesta en la superficie del terreno bajo. Debe enterrarse para lograr un "empotramiento". Una profundidad de 1.20 m a 1.50 m proporciona un excelente confinamiento lateral. El suelo que queda sobre la zapata en la parte frontal actuará como un estabilizador natural (empuje pasivo), ayudando a contrarrestar la tendencia al deslizamiento hacia adelante por el empuje de la arena del talud.

5.6.3. Tipo de cimentación

De acuerdo con la zona geotécnica definida en el presente estudio, se ha evaluado la capacidad de carga del subsuelo considerando la naturaleza del depósito de arenas limosas (SM). Para la estructura de contención proyectada —ya sea en gaviones o concreto reforzado—, la capacidad de soporte se calculó mediante la metodología de Meyerhof, considerando una cimentación superficial,

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 43

dado que la profundidad de desplante (D_f) se proyecta con un ancho (B) tal que cumple con las condiciones de estabilidad para este tipo de estructuras.

Es fundamental precisar que, para la aplicación de estos parámetros de diseño, es indispensable verificar durante la excavación que los materiales encontrados coincidan con los perfiles estratigráficos reportados (arenas limosas con N_{SPT} entre 5 y 9). Debido a que la estructura cumple una función de mitigación, se adoptan los criterios sugeridos por la práctica geotécnica moderna donde, ante procesos de erosión, la profundidad de desplante se extiende para garantizar que la cimentación quede fuera de la influencia de la socavación superficial.

Para el muro del colegio, la cimentación se define bajo los siguientes criterios:

Capacidad de soporte: Se ha determinado considerando el comportamiento de las arenas limosas bajo condiciones de saturación, dado que la alta pluviosidad de Fortul puede disminuir la resistencia al corte del terreno de fundación.

Criterio de profundidad: Aunque teóricamente se clasifica como cimentación superficial (D_f / B), se ha determinado una profundidad de desplante mínima de 1.20 m a 1.50 m para asegurar la integridad de la base ante el flujo hídrico.

Validación: Cualquier cambio en las condiciones del terreno o la aparición de niveles de agua durante la excavación que difieran de lo explorado en este estudio, deberá ser reportado para reajustar los parámetros de capacidad de carga y profundidad de desplante.

Dependiendo del sistema estructural que se decida utilizar para el cuerpo principal, la cimentación deberá adaptarse de la siguiente manera:

1. Muro en Concreto Reforzado

Al estar enterrado hasta 1.20 metros, la tierra que quedará frente a la zapata (en la punta) brindará un aporte al frenar el intento del terreno por empujar la estructura hacia adelante.

- **Tipo de cimentación: Zapata Corrida continua.**
- **Diente de cimentación:** Con este nivel de empotramiento de 1.20 m, el diseño requiere la inclusión de un diente estructural de concreto bajo la zapata. Esto es necesario para compensar la pérdida de suelo frontal y garantizar que la estructura cumpla con el factor de seguridad contra deslizamiento exigido por la norma NSR-10.
- **Precaución vital:** La arena tenderá a derrumbarse hacia adentro de la excavación. Será obligatorio usar **entibados temporales** (pantallas de madera o metal) o hacer la excavación con taludes inclinados de seguridad.

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 44

- **Protección de base:** Antes de armar el acero, el fondo de esa excavación debe sellarse inmediatamente con un **solado de limpieza** (una capa delgada de concreto pobre 5 a 10 cm) para que la arena no se contamine ni pierda humedad natural.

2. Muro en Gaviones

Profundizar la cimentación 1.20 metros permite alcanzar un estrato de suelo con óptima capacidad portante, protegiendo la base contra la socavación por las lluvias torrenciales y reduciendo drásticamente los costos de excavación.

- **Tipo de cimentación:** Estructura de gravedad masiva con base empotrada. Utilizando canastas estándar de 1.00 m de altura, el primer "piso" de gaviones (asentado sobre una cama granular de 0.20 m) quedará completamente oculto y confinado bajo el nivel del suelo del predio inferior.
- **El filtro de protección:** Los gaviones son estructuras permeables que presentan vacíos entre las piedras. Dado que el subsuelo del colegio es una arena limosa muy fina, si se entierran las canastas sin protección, el flujo del agua arrastrará las partículas finas hacia el interior del muro, creando cavernas subterráneas que hundirían la estructura.
- **Solución obligatoria:** Toda la excavación de la cimentación (fondo y paredes) debe estar forrada con un **geotextil no tejido** de alta calidad antes de colocar la primera canasta de gavión. El geotextil dejará pasar el agua, pero retendrá la arena limosa, manteniendo la base intacta a lo largo del tiempo.

5.6.4. Cálculo de capacidad portante

El cálculo de la capacidad portante admisible de un suelo es la evaluación matemática que define la máxima presión que el terreno puede soportar sin sufrir una falla por cortante generalizado ni asentamientos excesivos que pongan en riesgo la estructura.

Para complementar el informe geotécnico y permitir evaluar la viabilidad de ambas propuestas, se presentan los cálculos de capacidad portante por separado.

Estructuralmente, **la cimentación de un muro de concreto** se calcula como una zapata corrida continua. Al ser una estructura rígida y esbelta, su comportamiento distribuye las fuerzas de manera diferente a un muro de gravedad masivo (como el gavión).

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 45

1. Parámetros Geotécnicos de Entrada

De acuerdo con la estratigrafía del Sondeo S-02 para el Estrato 3 (Arena limosa gris) ubicado en la zona baja del talud (cota de apoyo aproximada 229.80 msnm), los valores de laboratorio para el cálculo son:

- Cohesión del suelo (c): $0.01 \text{ kg/cm}^2 = 0.1 \text{ ton/m}^2$.
- Ángulo de fricción interna (ϕ): $24.7^\circ \cong 25^\circ$.
- Peso unitario húmedo (γ): 1.892 ton/m^3 .
- Profundidad de desplante (D_f): 1.20 m.
- Ancho nominal de la zapata (B): 3.30 m (Dimensión sugerida en el pre-dimensionamiento para equilibrar el volco).

2. Análisis de Excentricidad y Ancho Efectivo (B')

El muro de concreto en "L" concentra una gran cantidad de momentos de volcamiento hacia la punta frontal debido al empuje del terreno. Para una zapata rígida de 3.30 m de ancho, asumiremos una excentricidad de diseño estimada de $e = 0.30 \text{ m}$.

⚠ Verificación del Tercio Medio: Para evitar que la zapata sufra tensiones o se despegue del suelo en el talón, la excentricidad debe cumplir con:

$$e \leq \frac{B}{6} \rightarrow 0.30 \text{ m} \leq \frac{3.30 \text{ m}}{6} = 0.55 \text{ m} \quad (\text{¡CUMPLE!})$$

Aplicando la teoría de cargas excéntricas de Meyerhof, calculamos el ancho efectivo real de la cimentación (B'):

$$B' = B - 2e$$

$$B' = 3.30 \text{ m} - 2(0.30 \text{ m}) = 2.70 \text{ m}$$

3. Aplicación de la Ecuación de Capacidad Última (q_{ult})

Utilizando los factores de capacidad de carga de Meyerhof para $\phi = 25^\circ$ ($N_c = 20.72$, $N_q = 10.66$, $N_\gamma = 6.76$), planteamos la ecuación general:

$$q_{ult} = cN_c + \gamma D_f N_q + 0.5\gamma B' N_\gamma$$

Sustituyendo los valores específicos de nuestro suelo:

$$q_{ult} = 2.072 + 24.202 + 17.266 = 43.540 \text{ ton/m}^2$$

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 46

4. Determinación de la Capacidad Portante Admisible (q_{adm})

Para garantizar un comportamiento seguro y estricto bajo los parámetros de la norma sismorresistente colombiana (NSR-10), aplicamos el **Factor de Seguridad (FS = 3.0)** para cargas estáticas de diseño:

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{FS}$$

$$q_{adm} = \frac{43.540 \text{ ton/m}^2}{3.0} = 14.513 \text{ ton/m}^2 \approx 14.5 \text{ ton/m}^2$$

Estructuralmente, **la cimentación de un muro de gaviones** se analiza bajo el principio de una zapata corrida continua, pero operando como una estructura de gravedad masiva y flexible. Al carecer de la rigidez y esbeltez propias del concreto reforzado, su inmenso peso y su base escalonada le permiten contrarrestar los empujes laterales y distribuir las cargas hacia el suelo de soporte de una manera mucho más amplia y uniforme, adaptándose naturalmente a los pequeños asentamientos del terreno sin fracturarse."

1. Parámetros de Entrada Extraídos del Estudio

Para ejecutar este cálculo a la profundidad de desplante propuesta de 1.20 m medidos desde el terreno bajo estable (cota aproximada de la base del talud: 231.00 msnm), realizamos la siguiente correlación con los ensayos de laboratorio:

- Identificación del Estrato de Apoyo: Al excavar 1.20 m desde la cota base 231.00 msnm, la zapata se asentará en la cota absoluta 229.80 msnm. Según el perfil estratigráfico del Sondeo S-02, este nivel corresponde al Estrato 3 (Arena limosa gris), el cual se extiende desde los 3.00 m hasta los 6.40 m de profundidad respecto a la terraza superior.
- Peso Unitario Húmedo (γ): 1.892 ton/m³ (valor específico de la Muestra 3 del Sondeo S-02).
- Cohesión del Suelo (c): 0.01 kg/cm², equivalente a 0.1 ton/m² (obtenida en el ensayo de corte directo para la arena limosa gris).
- Ángulo de Fricción Interna (ϕ): 24.7° (aproximado a 25° para la determinación estándar de factores de carga).
- Profundidad de Desplante Efectiva (Df): 1.20 m.
- Ancho Nominal de la Base del Gavión (B): 3.00 m.

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 47

2. Factores de Capacidad de Carga (Meyerhof)

Para un ángulo de fricción interna de $\phi = 25^\circ$, los factores adimensionales de resistencia al corte del suelo son:

- $N_c = 20.72$
- $N_q = 10.66$
- $N_\gamma = 6.76$

3. Consideración de Excentricidad y Ancho Efectivo (B')

Debido al empuje activo lateral que ejercerá el talud de la escuela sobre la espalda del muro, la presión transmitida al suelo no será uniforme. Para simular este efecto físico en la fórmula de capacidad portante, introducimos una excentricidad estimada de diseño de $e = 0.25$ m (verificando que se encuentra dentro del tercio medio de la base, ya que $B/6 = 0.50$ m).

Calculamos el ancho efectivo de la base (B') según el método de Meyerhof:

$$B' = B - 2e$$

$$B' = 3.00 \text{ m} - 2(0.25 \text{ m}) = 2.50 \text{ m}$$

4. Cálculo de la Capacidad Portante Última (q_{ult})

Utilizando la ecuación general de capacidad de carga para cimientos continuos en franja:

$$q_{ult} = cN_c + \gamma D_f N_q + 0.5\gamma B' N_\gamma$$

Reemplazamos los valores numéricos correspondientes al perfil del terreno y resolviendo cada componente de la ecuación:

$$q_{ult} = 2.072 + 24.202 + 15.987 = 42.261 \text{ ton/m}^2$$

5. Determinación de la Capacidad Portante Admisible (q_{adm})

De acuerdo con las exigencias de la Norma Colombiana de Sismo Resistencia (NSR-10), aplicamos un Factor de Seguridad (FS) de 3.0 para la condición de operación estática:

$$q_{adm} = \frac{q_{ult}}{FS}$$

$$q_{adm} = \frac{42.261 \text{ ton/m}^2}{3.0} = 14.087 \text{ ton/m}^2 \approx 14.1 \text{ ton/m}^2$$

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 48

A un nivel de desplante de **1.20 m** medidos desde la base inferior estable, el suelo compuesto por arenas limosas grises presenta una **Capacidad Portante Admisible de 14.1 ton/m²** (aproximadamente 1.41 kg/cm²).

Este valor es excelente para un muro de gaviones, ya que la presión real máxima q_{max} que transferiré al terreno en el extremo delantero de mi base tras recibir los empujes del talud suele oscilar entre los 7.0 y 9.0 ton/m². Al cumplirse con holgura la condición de seguridad ($q_{max} \leq q_{adm}$), se garantiza que el terreno no sufrirá fallas por cortante ni asentamientos plásticos, asegurando la estabilidad del aula de informática.

5.7. PRESIONES DE TIERRA

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

5.7.1. Cálculo de las Fuerzas Desestabilizadoras (El Empuje)

Ambos muros enfrentan el mismo "enemigo": el empuje activo de la tierra de la terraza escolar.

- **Coefficiente de Presión Activa K_a :** Para un ángulo de fricción $\phi = 25^\circ$, calculamos $K_a = \tan^2(45^\circ - 25^\circ/2) = 0.406$.
- **Empuje Activo Total (E_a):** La fuerza horizontal generada por el relleno es $E_a = 0.5 K_a \gamma H^2 = 0.5 (0.406) (1.892 \text{ ton/m}^3) (6.20 \text{ m})^2 = 14.76 \text{ ton/m}$.
- **Momento de Volcamiento (M_o):** Esta fuerza actúa a un tercio de la altura ($H/3 = 2.06 \text{ m}$), generando un momento de $M_o = 14.76 \times 2.06 = 30.40 \text{ ton-m/m}$.

5.7.2. Alternativa A: Muro en Concreto Reforzado (Sección en L)

Asumiendo una base $B = 3.30 \text{ m}$ y un talón largo hacia atrás.

A. Fuerzas Estabilizadoras:

El concreto es un material relativamente ligero frente al volumen de tierra. El muro logra su estabilidad aprovechando el peso del suelo que se apoya sobre su zapata trasera (talón).

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 49

- Peso estimado del concreto (W_c): 10.70 ton/m.
- Peso del suelo sobre el talón (W_s): 34.00 ton/m.
- Carga Vertical Total (ΣV): $10.70 + 34.00 = 44.70$ ton/m.

B. Excentricidad y Presión Actuante (q_{max}):

Al restar el momento de volcamiento de los momentos estabilizadores, determinamos dónde cae la resultante de la carga. Para este pre-dimensionamiento, la excentricidad (e) resultante es alta, concentrando masivamente el esfuerzo en la punta de la zapata.

- Presión Máxima calculada en la punta: $q_{max} = 28.5$ ton/m².
- Comprobación: $q_{max} (28.5) > q_{adm} (14.5)$ ❌ NO CUMPLE.

Conclusión Técnica: Para que el muro de concreto funcione en esta arena limosa de 6.20 m de altura, el ingeniero estructural se verá obligado a aumentar masivamente el ancho de la zapata (probablemente a más de 4.50 m) para distribuir mejor la carga y no superar la capacidad del suelo, lo que incrementaría drásticamente los costos de acero y excavación.

5.7.3. Alternativa B: Muro en Gaviones (Escalonado Posterior)

Asumiendo una base inicial $B = 3.00$ m y escalonamiento de 0.50 m por nivel.

A. Fuerzas Estabilizadoras:

El gavión depende de su propio peso masivo (piedra) y del suelo que descansa sobre sus escalones traseros.

- Peso del muro de piedra (W_m): 9.80 ton/m.
- Peso del suelo sobre los escalones (W_s): 13.20 ton/m.
- Carga Vertical Total (ΣV): $9.80 + 13.20 = 23.00$ ton/m.

B. Excentricidad y Presión Actuante (q_{max}):

Gracias a su forma piramidal, el centro de gravedad del muro se desplaza hacia atrás (hacia el talud), contrarrestando de forma natural el momento de volcamiento.

- Presión Máxima calculada en la punta (base de 3.00 m): $q_{max} 19.1$ ton/m².
- **Comprobación:** $q_{max} (19.1) > q_{adm} (14.1)$ ❌ AÚN NO CUMPLE.

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 50

Conclusión Técnica: Aunque el gavión distribuye muchísimo mejor las fuerzas (generando casi 10 ton/m² menos de presión crítica que el concreto), una base de 3.00 m se queda corta para sostener 6.20 m de tierra. El diseño óptimo requerirá ampliar la canasta base a unos **4.00 m** de ancho para que q_{max} caiga por debajo de los 14.1 ton/m² permitidos.

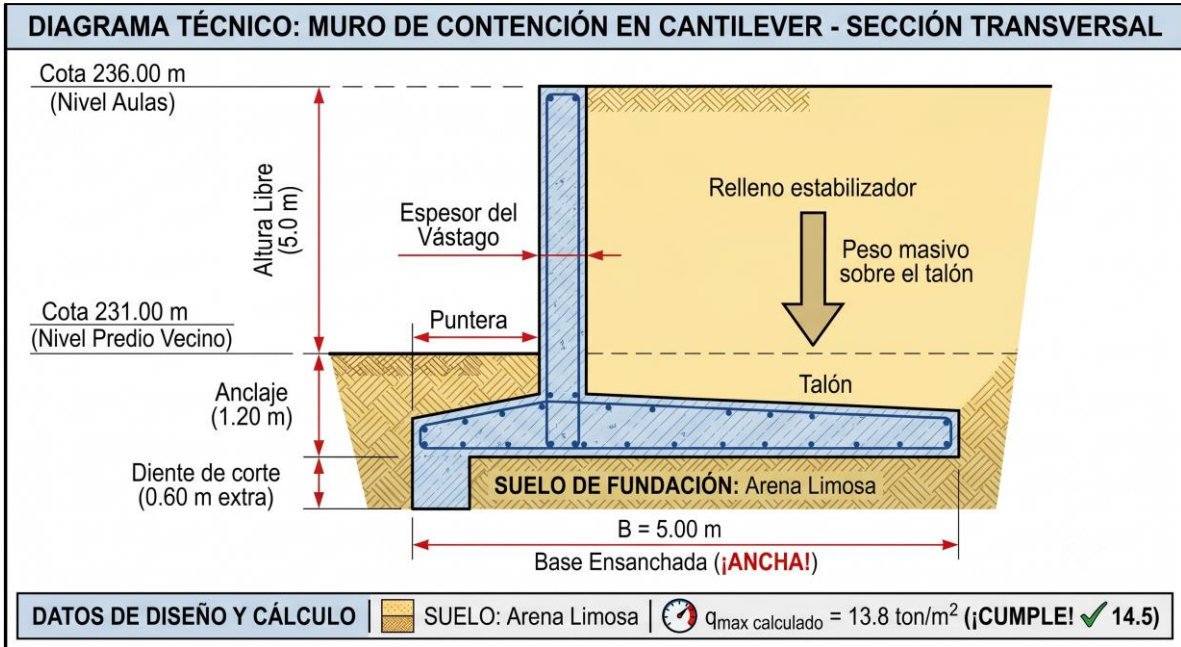
5.8. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE MURO DE CONTENCIÓN MÁS FAVORABLE

Para el proyecto de mitigación frente a la pérdida de arenas y finos en el talud del lindero de la infraestructura educativa, se han planteado dos alternativas de diseño basadas en el predimensionamiento geotécnico.

5.8.1. Alternativa A: Muro en Concreto Reforzado (Sección en L)

Para que el muro de concreto no hunda el suelo (logrando un $q_{max} < 14.5$ ton/m² y no se deslice, su zapata debe crecer hasta los **5.00 metros de ancho** y requiere obligatoriamente un **diente de cimentación profundo**.

Figura 9. Predimensionamiento alternativa A muro en concreto reforzado



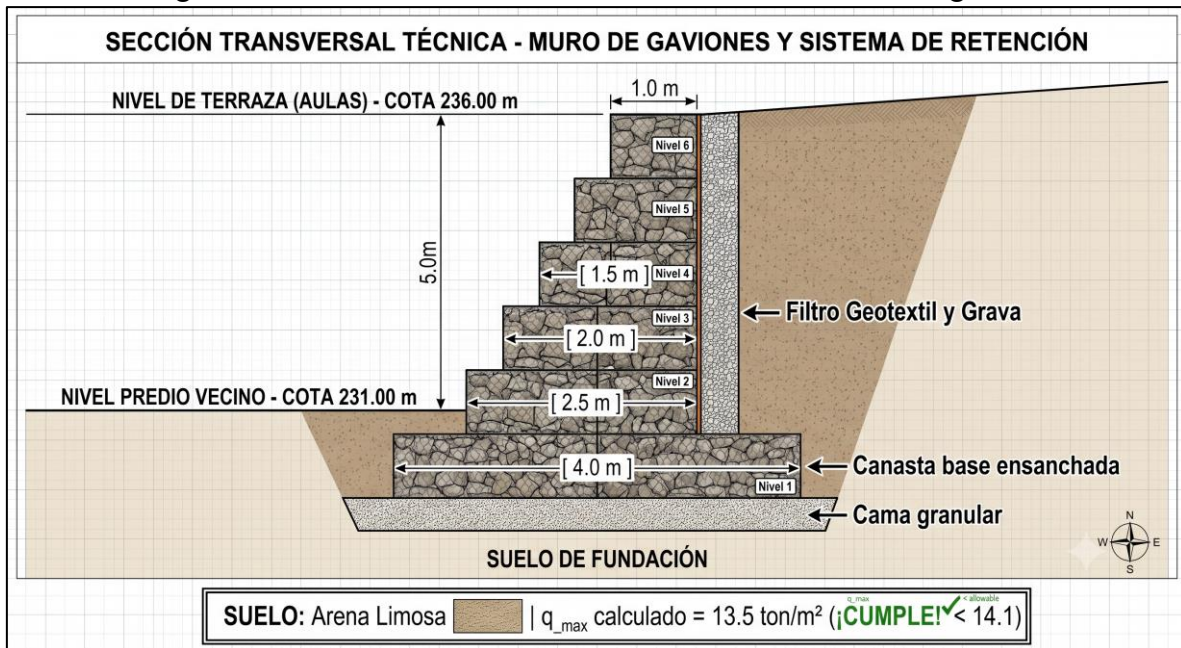
Fuente: Elaboración propia.

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 51

5.8.2. Alternativa B: Muro en Gaviones (Escalonado)

Para que los gaviones logren el equilibrio perfecto (logrando un $q_{\max} < 14.1 \text{ ton/m}^2$, la canasta inferior debe ampliarse a **4.00 metros de ancho**. Al ser escalonado, su peso se distribuye de forma muy natural.

Figura 10. Predimensionamiento alternativa BA muro en gaviones



Fuente: Elaboración propia.

La alternativa más favorable, tanto desde el punto de vista técnico como económico, es la **Alternativa B: El Muro de Contención en Gaviones Escalonado**.

1. Justificación Técnica (El Comportamiento)

- **Flexibilidad ante Asentamientos (Vital en Arena Limosa):** El suelo de Fortul es una arena limosa (estrato 3) que puede ceder ligeramente bajo el peso de una estructura de 6.20 metros. Si construimos en concreto (que es rígido), cualquier pequeño hundimiento diferencial agrietaría el muro. El gavión, al ser una malla flexible llena de piedras, tiene la capacidad de deformarse y acomodarse a los micromovimientos del terreno sin perder su integridad estructural.
- **Drenaje Natural y Manejo de Aguas:** Las lluvias torrenciales en Fortul son el principal enemigo del talud. Un muro de concreto actuaría como un tapón impermeable, acumulando agua a sus espaldas (presión hidrostática) que

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 52

podría colapsarlo. El gavión, por naturaleza, es 100% permeable. Trabajando en conjunto con el filtro de geotextil, drenará el agua instantáneamente, eliminando las presiones ocultas y evitando que la arena fluya.

- **Distribución de Cargas:** El muro de concreto concentra toda su fuerza de manera crítica en la punta de la zapata. El gavión, gracias a su forma masiva de escalera, reparte sus toneladas de peso de forma mucho más pareja sobre el suelo, garantizando que nunca se supere la capacidad de 14.1 ton/m².

2. Justificación Económica (El Presupuesto)

- **Menor Movimiento de Tierras:** Para que el muro de concreto sea seguro, descubrimos que necesita una base masiva de 5.00 metros de ancho más un profundo diente de cimentación inferior. El gavión requiere solo 4.00 metros y no necesita diente. Esto se traduce en cientos de metros cúbicos menos de excavación, retiro de escombros y relleno, ahorrando millones en maquinaria.
- **Ahorro en Materiales Industriales:** Construir un muro de concreto de 6.20 metros de altura en forma de "L" exige enormes cantidades de acero de refuerzo (varillas de diámetros gruesos), concreto de alta resistencia, formaletería (madera o metal para los moldes) y andamiaje. El gavión utiliza piedra rajón (un material regional mucho más económico y accesible) y mallas de acero galvanizado.
- **Reducción de Costos Indirectos y Riesgos:** Excavar 5.00 metros de ancho en arena suelta requeriría un sistema de entibado (pantallas de retención temporal) extremadamente costoso para proteger a los trabajadores. El gavión permite una excavación más controlada y una instalación modular (canasta por canasta) que reduce los riesgos laborales y la necesidad de equipos pesados como grúas o autobombas de concreto.

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 53

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Del análisis efectuado en el presente Informe Técnico, en base a los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles estratigráficos obtenidos y al conocimiento de los suelos encontrados, se concluye:

- El estudio de suelos con fines de cimentación para el proyecto “CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA”, se llevó a cabo en la Institución Educativa Alejandro Humboldt, Municipio de Fortul.
- El alcance de este estudio es la exploración de suelos, geología y geotecnia para el diseño de la cimentación de las obras proyectadas.
- La investigación geotécnica, consistente en sondeos SPT hasta 6.40 m de profundidad, caracteriza el subsuelo como un depósito de arenas limosas (SM) de compacidad suelta a medianamente compacta (N_{SPT} entre 5 y 9)
- La inestabilidad estructural del aula de informática es un proceso inducido por erosión interna (lavado de finos), originada por la rotura de una tubería de acueducto y no por condiciones freáticas naturales.
- La ausencia de un nivel freático estático dentro de los 6.40 m de profundidad simplifica el análisis de empujes, pero no exime al diseño de considerar la saturación temporal por infiltración debido a la alta pluviosidad local (3092 mm/año).
- El perfil de suelo se clasifica técnicamente como Tipo E bajo norma NSR-10, lo cual exige el uso de un coeficiente de importancia $I = 1.25$ para garantizar la seguridad de la infraestructura educativa.
- A un nivel de desplante de 1.20 m, el suelo ofrece una capacidad admisible de 14.5 ton/m^2 (aproximadamente 1.45 kg/cm^2) para la alternativa de concreto. Es ligeramente mayor que la del gavión (14.1 ton/m^2) debido a que la zapata de concreto es un poco más ancha ($B'=2.70 \text{ m}$ frente a $B'=2.50 \text{ m}$ del gavión), lo que incrementa el tercer término de la ecuación.
- Aunque el suelo resiste un poco más en esta alternativa, el muro de concreto generará presiones de contacto máximas ($q_{\max}$) extremadamente altas y

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 54

concentradas en la punta de la zapata debido a su rigidez estructural. El ingeniero calculista deberá verificar rigurosamente que el pico de presión actuante no supere estos 14.5 ton/m².

- Tras evaluar técnica, estructural y económicamente las opciones de contención, se concluye que la construcción de un **Muro de Contención en Gaviones Escalonado** es la solución más idónea. Su naturaleza masiva, flexible y permeable se adapta de forma excelente a las características de deformabilidad y drenaje requeridas por el entorno geológico de Fortul.
- Se descarta cualquier riesgo de licuación debido a la ausencia de saturación y a la naturaleza granular del depósito.
- La cimentación debe profundizarse a 1.20m para superar la cota de erosión superficial y garantizar la integridad del apoyo.
- Se verificó matemáticamente que un muro de gaviones con una altura total de 6.20 m (5.00 m libres + 1.20 m enterrados) y una base ensanchada de 4.00 m garantiza una distribución de presiones segura. La presión máxima transmitida al suelo en la punta ($q_{\max} = 13.5 \text{ ton/m}^2$) es inferior a la capacidad admisible del terreno, garantizando un factor de seguridad adecuado contra hundimientos y volcamiento.
- La estructura de contención debe integrarse con sistemas de drenaje que eviten la acumulación de presión hidrostática durante eventos de alta pluviosidad.
- El presente estudio técnico constituye la base legal y geotécnica para las obras de mitigación, bajo la responsabilidad del profesional firmante.

6.2. RECOMENDACIONES GENERALES DE CIMENTACIONES

Al evaluar las condiciones geotécnicas encontradas y teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables para la cimentación, podemos definir que la capacidad admisible del suelo es adecuada para recibir la carga de trabajo para soportar las estructuras proyectadas teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

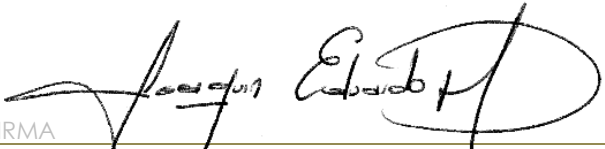
- Es obligatorio realizar una inspección técnica de la red de acueducto antes de iniciar la excavación para eliminar la fuente de agua que provocó el lavado de finos.
- Instalar una capa de piedra filtrante y tubería de drenaje detrás del muro para evacuar el agua de infiltración estacional.

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 55

- Colocar geotextil no tejido de alta gramaje en el trasdós del muro como barrera contra la migración de partículas finas.
- En zonas donde el suelo perdió finos, realizar una sustitución con material granular compactado (al 95% del Proctor modificado).
- Utilizar entibados (tablones y puntales) en todas las excavaciones que superen 1.25m de profundidad, dado el carácter suelto de las arenas limosas.
- Asegurar la base del muro a 1.20m de profundidad para garantizar apoyo en suelo competente.
- Ubicar el material de excavación a una distancia mínima de 0.60 m del borde del apique para evitar fallas por sobrecarga.
- Cubrir con polietileno impermeable las paredes del corte si la construcción no es inmediata, para proteger la "cohesión aparente" de la arena.
- **Preparación de la Superficie de Apoyo:** La cimentación (primera canasta del gavión) no debe apoyarse directamente sobre el suelo natural. Se debe colocar una **cama de material granular compactado (recebo o grava) de mínimo 0.20 m de espesor**, la cual servirá para nivelar la base y distribuir uniformemente los esfuerzos.
- **Sistema de Filtro y Protección (Geotextil):** Es de carácter estricto y obligatorio que toda la superficie de contacto entre el suelo natural (base y respaldo) y las canastas de gavión esté separada por un **geotextil no tejido de alta resistencia**. Este filtro impedirá la migración o lavado de las partículas finas de la arena limosa hacia el interior de las rocas (tubificación), lo cual podría generar cavernas y el colapso de la obra a largo plazo.
- **Especificaciones de los Materiales: Malla:** Debido a la humedad natural del suelo y la exposición ambiental, se debe utilizar malla de alambre de acero galvanizado con recubrimiento de PVC para garantizar una vida útil prolongada. **Piedra (Material de Llenado):** Se debe utilizar piedra sana, dura (tipo rajón o canto rodado), resistente a la intemperie y libre de arcillas, con un tamaño promedio superior al de las aberturas de la malla para evitar escapes.
- **Relleno de Respaldo y Compactación:** El volumen vacío generado por la socavación debajo del aula de informática debe ser rellenado con material granular seleccionado (no expansivo). Este material debe instalarse y compactarse mecánicamente en capas no mayores a 0.20 m de espesor, garantizando que recupere el soporte estructural perdido de las zapatas del colegio.

	ESTUDIO DE SUELOS		Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA		Página 56

- Para maximizar la vida útil del muro de gaviones, se debe implementar un sistema de drenaje basal longitudinal (geodren o dren francés) en la base del trasdós, ubicado justo por encima del mejoramiento en cama granular. Este sistema debe estar conformado por una tubería de PVC corrugado de 4" o 6", la cual debe estar rodeada por un espesor mínimo de 0.30 cm de grava limpia (piedra de río triturada sin finos) y envolverse completamente en un geotextil no tejido de alta gramaje, creando un "sándwich" que impida la saturación del drenaje por las arenas limosas del terreno. Asimismo, todo el sistema debe contar con una pendiente mínima del 1% y conectarse a puntos de descarga, como cajas de inspección o salidas libres, situados fuera del área de influencia de la cimentación.
- Adicionalmente a los drenes transversales, se instalará un dren longitudinal (dren francés) en la base del muro, debidamente protegido con geotextil, para recoger y evacuar cualquier exceso de agua que descienda por el trasdós. Esta medida garantiza que el pie del muro permanezca seco, eliminando la presión hidrostática basal y evitando el arrastre de finos desde la cimentación
- Las capacidades admisibles reportadas aplican solamente para las obras mencionadas o para aquellas que se encuentren dentro del plan de construcción.
- 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.


 FIRMA
NOMBRE: JOAQUÍN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ESPECIALIDAD: GEOTECNIA AMBIENTAL
M.P. No: 54202-72031 NTS

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 57

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

INVIAS. Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, Artículo 220-07, agosto de 2007.

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

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Plancha 123 – Saravena. 2013.

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 58

ANEXOS

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 59

ANEXO A. REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 1. Sondeo exploratorio S-01 – Ensayo SPT



Foto 2. Sondeo exploratorio S-01 – Detalle de exploración

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 61



Foto 3. Sondeo exploratorio S-01 – Recuperación de muestra



Foto 4. Sondeo exploratorio S-02 – Ensayo SPT

	ESTUDIO DE SUELOS		Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA		Página 62



Foto 5. Sondeo exploratorio S-02 – Detalle de exploración



Foto 6. Sondeo exploratorio S-02 – Recuperación de muestra

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 63

ANEXO B. REGISTRO DE SONDEOS EXPLORATORIOS

	ESTUDIO DE SUELOS		Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA		Página 64

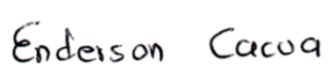
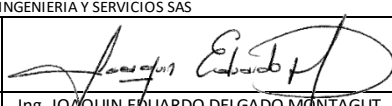
PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO															
PROYECTO:		CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA													
SOLICITANTE:		MUNICIPIO DE FORTUL						CONTRATO:							
TECNICA DE INVESTIGACIÓN		: SONDEO CON SPT						UBICACIÓN		: I. E. ALEJANDRO HUMBOLDT S.C.					
COTAS DE REFERENCIA		: NIVEL DEL TERRENO GPS						PROFUNDIDAD FINAL		: 6.40 m		6°47'39.43"N			
FECHA		: ABRIL DE 2026						NIVEL FREÁTICO		: -		71°46'10.90"O			
PERFORACIÓN		S-01													
PROF. METROS	COTA	ESTRATO	SIMBOLO GRÁFICO	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DE SUELO	N SPT				Gráfico N vs Profundidad	MUESTREO			
				SUCS	AASHTO		N1	N2	N3	N		TIPO	No.	PROF.	
0.00	235.000														
0.20	234.800					MATERIAL ORGÁNICO									
0.40															
0.60															
0.80															
1.00		1		SM	A-2-4	ARENA LIMOSA DE GRANULOMETRÍA FINA COLOR AMARILLA	2	2	3	5		MAB	1	1.00 m	
1.20															
1.40															
1.60															
1.80	233.20														
2.00				SM	A-2-4	ARENA LIMOSA DE GRANULOMETRÍA FINA COLOR AMARILLA CON GRIS	3	2	3	5		MAB	2	2.00 m	
2.20		2													
2.40															
2.60															
2.80															
3.00	232.10			SM	A-2-4		3	3	4	7		MAB	3	3.00 m	
3.20															
3.40															
3.60															
3.80															
4.00				SM	A-2-4		4	5	5	10		MAB	4	4.00 m	
4.20															
4.40															
4.60															
4.80		3		SM	A-2-4	ARENA LIMOSA DE GRANULOMETRÍA FINA COLOR GRIS	4	6	7	13		MAB	5	5.00 m	
5.00															
5.20															
5.40															
5.60															
5.80															
6.00				SM	A-2-4		5	7	8	15		MAB	6	6.00 m	
6.20															
6.40	228.600														
6.60						FIN DE LA EXPLORACIÓN									
6.80															
7.00															
OBSERVACIONES:															
MAB: Muestra altera en bolsa CBR: Muestra inaletrada en molde MIT: Muestra inaletrada en Tubo Shelby															
REALIZÓ: SEINCO CONTROL INGENIERIA Y SERVICIOS SAS										REVISÓ:					
ENDERSON JADIR CACUA RICO Laboratorista										Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS					

	ESTUDIO DE SUELOS		Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA		Página 65

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO																
PROYECTO:		CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA														
SOLICITANTE:		MUNICIPIO DE FORTUL				CONTRATO:										
TECNICA DE INVESTIGACIÓN		: SONDEO CON SPT				UBICACIÓN		: I. E. ALEJANDRO HUMBOLDT S.C.		PERFORACIÓN						
COTAS DE REFERENCIA		: NIVEL DEL TERRENO GPS				PROFUNDIDAD FINAL		: 6.40 m		6°47'39.29"N						
FECHA		: ABRIL DE 2026				NIVEL FREÁTICO		: -		71°46'11.04"O						
PROF. METROS	COTA	ESTRATO	SIMBOLO GRÁFICO	CLASIFICACIÓN		DESCRIPCIÓN DE SUELO	N SPT				Gráfico N vs Profundidad	MUESTREO				
				SUCS	AASHTO		N1	N2	N3	N		TIPO	No.	PROF.		
0.00	235.000															
0.20	234.800					MATERIAL ORGÁNICO										
0.40																
0.60																
0.80																
1.00		1		SM	A-2-4	ARENA LIMOSA DE GRANULOMETRÍA FINA COLOR AMARILLA	2	2	3	5			MAB	1	1.00 m	
1.20																
1.40																
1.60																
1.80																
2.00	233.00			SM	A-2-4		3	3	3	6			MAB	2	2.00 m	
2.20																
2.40		2				ARENA LIMOSA DE GRANULOMETRÍA FINA COLOR AMARILLA CON GRIS										
2.60																
2.80																
3.00	232.00			SM	A-2-4		2	3	4	7			MAB	3	3.00 m	
3.20																
3.40																
3.60																
3.80																
4.00				SM	A-2-4		4	5	6	11			MAB	4	4.00 m	
4.20																
4.40																
4.60																
4.80		3				ARENA LIMOSA DE GRANULOMETRÍA FINA COLOR GRIS										
5.00				SM	A-2-4		4	7	7	14			MAB	5	5.00 m	
5.20																
5.40																
5.60																
5.80																
6.00				SM	A-2-4		5	8	8	16			MAB	6	6.00 m	
6.20																
6.40	228.600															
6.60						FIN DE LA EXPLORACIÓN										
6.80																
7.00																

OBSERVACIONES:

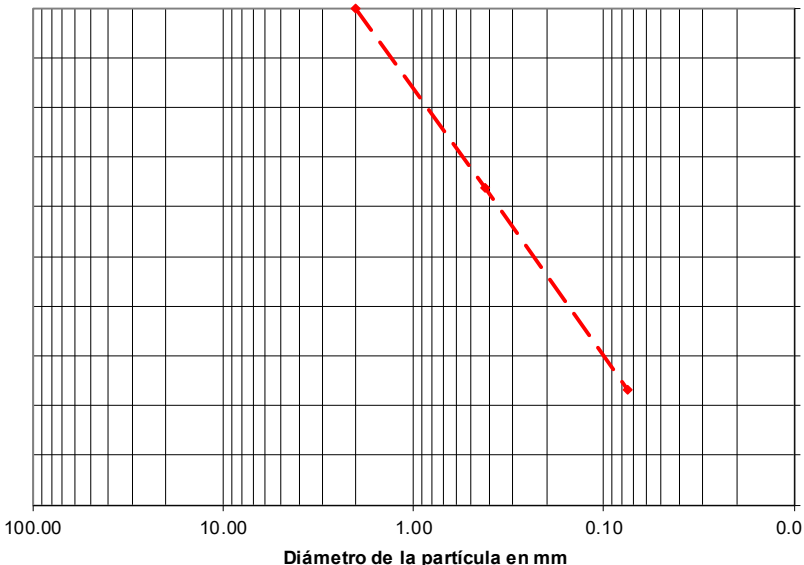
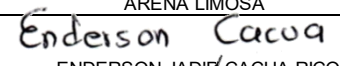
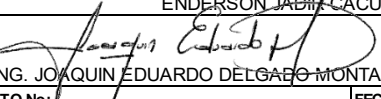
 MAB: Muestra altera en bolsa CBR: Muestra inaletrada en molde MIT: Muestra inaletrada en Tubo Shelby
 REALIZÓ: SEINCO CONTROL INGENIERIA Y SERVICIOS SAS REVISÓ:

 ENDERSON JADIR CACUA RICO Laboratorista	 Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS	
---	---	--

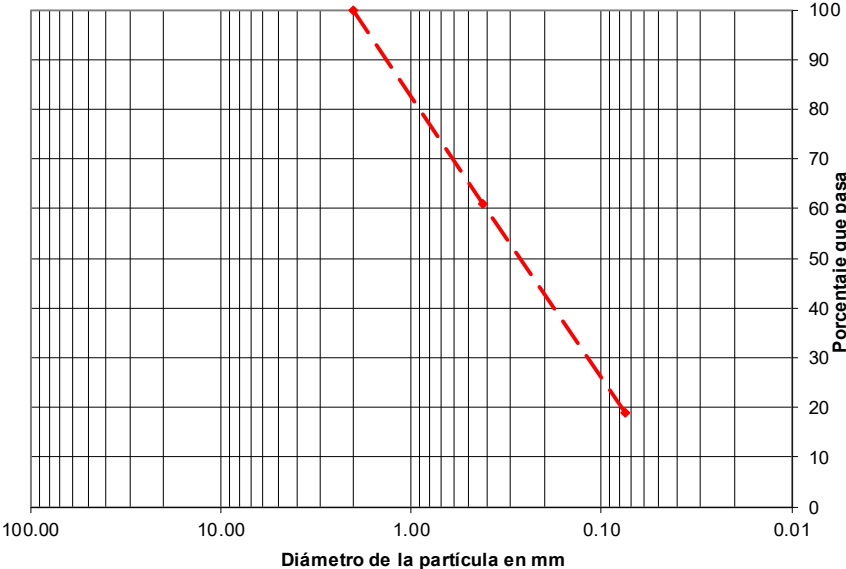
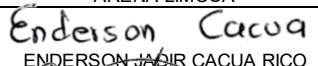
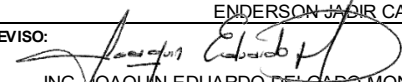
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 66

ANEXO C. ENSAYOS DE LABORATORIO

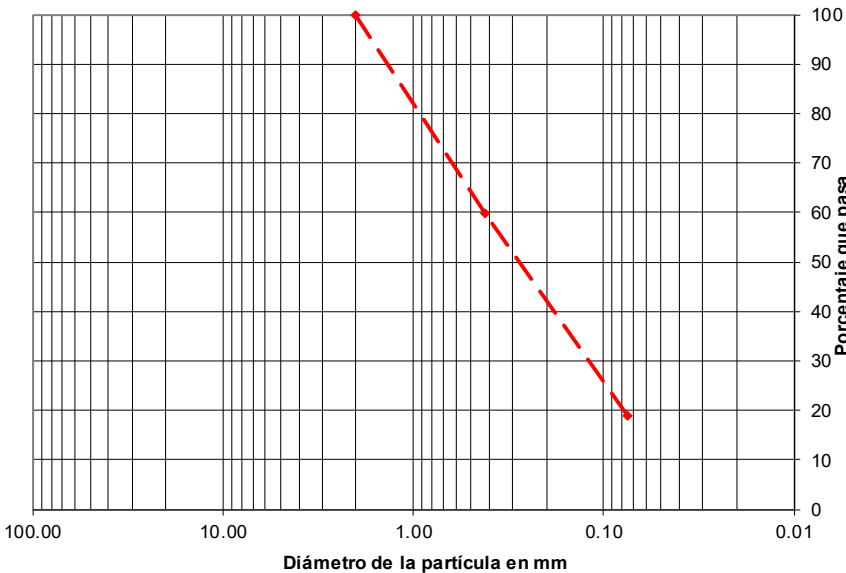
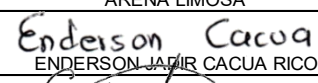
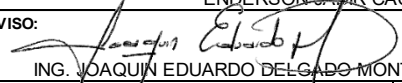
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 67

ENSAYO DE GRANULOMETRIA																																																																																																																		
SONDEO:	S-01	Peso Total 1	934.00 grs	Descripción:	ARENA LIMOSA																																																																																																													
MUESTRA:	M1	Peso Total 2	718.00 grs	De granulometria fina																																																																																																														
		Pérdida por Lavado	216.00 grs	Color amarilla																																																																																																														
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">GRAVAS</th> <th colspan="3">ARENAS</th> <th rowspan="2">LIMO Y/O ARCILLA</th> </tr> <tr> <th>Gruesa</th> <th>Fina</th> <th>Gruesa</th> <th>Media</th> <th>Fina</th> </tr> </table>		GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA	Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	LL: - USC: SM IP: - AASHTO: A-2-4																																																																																																					
GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA																																																																																																													
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina																																																																																																														
CURVA GRANULOMETRICA																																																																																																																		
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>Peso Ret.</th> <th>% Ret.</th> <th>% Reten Acum</th> <th>% Pasa</th> <th>NORMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Normal</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>75.000 mm</td> <td>3"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>50.000 mm</td> <td>2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>37.500 mm</td> <td>1 1/2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>25.000 mm</td> <td>1"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>19.000 mm</td> <td>3/4"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>12.500 mm</td> <td>1/2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>9.500 mm</td> <td>3/8"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>4.750 mm</td> <td>No. 4</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2.000 mm</td> <td>No. 10</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>0.420 mm</td> <td>No. 40</td> <td>337.00</td> <td>36.08</td> <td>63.92</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>0.075 mm</td> <td>No. 200</td> <td>381.00</td> <td>40.79</td> <td>23.13</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td></td> <td>216.00</td> <td>23.13</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Suma=</td> <td></td> <td>934.00</td> <td>100.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cu=</td> <td>180.00</td> <td colspan="2">GRAVAS</td> <td>0.00 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cc=</td> <td>0.56</td> <td colspan="2">ARENAS</td> <td>76.87 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td colspan="2">FINOS</td> <td>23.13 %</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			TAMIZ	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA	Normal						75.000 mm	3"	0.00	0.00	100.00		50.000 mm	2"	0.00	0.00	100.00	-	37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	100.00	-	25.000 mm	1"	0.00	0.00	100.00	-	19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	100.00	-	12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	100.00	-	9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	100.00	-	4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	100.00	-	2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	100.00	-	0.420 mm	No. 40	337.00	36.08	63.92	-	0.075 mm	No. 200	381.00	40.79	23.13	-	Fondo		216.00	23.13	100.00	-	Suma=		934.00	100.0			Cu=	180.00	GRAVAS		0.00 %		Cc=	0.56	ARENAS		76.87 %				FINOS		23.13 %	
TAMIZ	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA																																																																																																													
Normal																																																																																																																		
75.000 mm	3"	0.00	0.00	100.00																																																																																																														
50.000 mm	2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
25.000 mm	1"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
0.420 mm	No. 40	337.00	36.08	63.92	-																																																																																																													
0.075 mm	No. 200	381.00	40.79	23.13	-																																																																																																													
Fondo		216.00	23.13	100.00	-																																																																																																													
Suma=		934.00	100.0																																																																																																															
Cu=	180.00	GRAVAS		0.00 %																																																																																																														
Cc=	0.56	ARENAS		76.87 %																																																																																																														
		FINOS		23.13 %																																																																																																														
Ref: NTC 77-78																																																																																																																		
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA				MATERIAL: ARENA LIMOSA																																																																																																														
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE FORTUL				LABORATORISTA:  ENDERSON JADIA CAGUA RICO																																																																																																														
				REVISO:  ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS																																																																																																														
				CONTRATO No: - FECHA: ABRIL DE 2026																																																																																																														

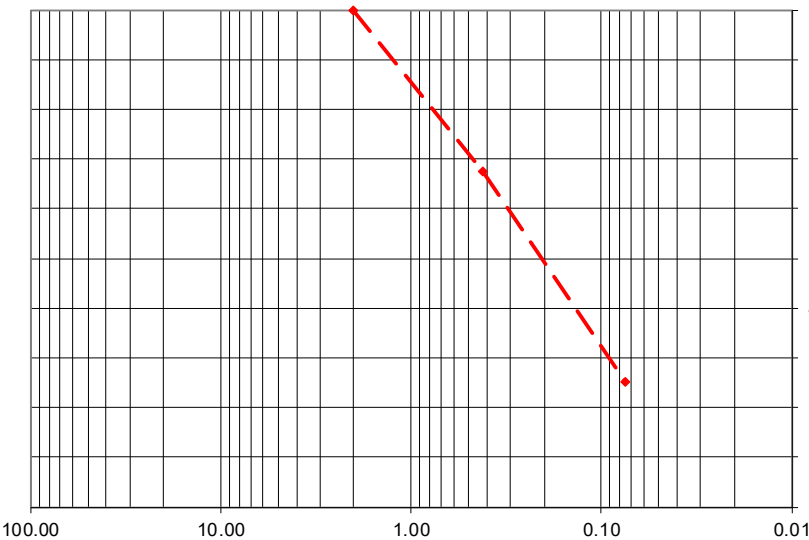
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 68

ENSAYO DE GRANULOMETRIA																																																																																																																		
SONDEO:	S-01	Peso Total 1	952.00 grs	Descripción:	ARENA LIMOSA																																																																																																													
MUESTRA:	M2	Peso Total 2	773.00 grs	De granulometría fina																																																																																																														
		Pérdida por Lavado	179.00 grs	Color amarilla con gris																																																																																																														
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">GRAVAS</th> <th colspan="2">ARENAS</th> <th rowspan="2">LIMO Y/O ARCILLA</th> </tr> <tr> <th>Gruesa</th> <th>Fina</th> <th>Gruesa</th> <th>Media</th> <th>Fina</th> </tr> </table>		GRAVAS		ARENAS		LIMO Y/O ARCILLA	Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	LL: - USC: SM IP: - AASHTO: A-2-4																																																																																																						
GRAVAS		ARENAS		LIMO Y/O ARCILLA																																																																																																														
Gruesa	Fina	Gruesa	Media		Fina																																																																																																													
CURVA GRANULOMETRICA																																																																																																																		
					<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>Peso Ret.</th> <th>% Ret.</th> <th>% Reten Acum</th> <th>% Pasa</th> <th>NORMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Normal</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>75.000 mm</td> <td>3"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>50.000 mm</td> <td>2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>37.500 mm</td> <td>1 1/2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>25.000 mm</td> <td>1"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>19.000 mm</td> <td>3/4"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>12.500 mm</td> <td>1/2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>9.500 mm</td> <td>3/8"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>4.750 mm</td> <td>No. 4</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2.000 mm</td> <td>No. 10</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>0.420 mm</td> <td>No. 40</td> <td>372.00</td> <td>39.08</td> <td>60.92</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>0.075 mm</td> <td>No. 200</td> <td>401.00</td> <td>42.12</td> <td>18.80</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td></td> <td>179.00</td> <td>18.80</td> <td>0.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Suma=</td> <td></td> <td>952.00</td> <td>100.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cu=</td> <td></td> <td>GRAVAS</td> <td>0.00 %</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cc=</td> <td></td> <td>ARENAS</td> <td>81.20 %</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>FINOS</td> <td>18.80 %</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		TAMIZ	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA	Normal						75.000 mm	3"	0.00	0.00	100.00		50.000 mm	2"	0.00	0.00	100.00	-	37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	100.00	-	25.000 mm	1"	0.00	0.00	100.00	-	19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	100.00	-	12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	100.00	-	9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	100.00	-	4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	100.00	-	2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	100.00	-	0.420 mm	No. 40	372.00	39.08	60.92	-	0.075 mm	No. 200	401.00	42.12	18.80	-	Fondo		179.00	18.80	0.00	-	Suma=		952.00	100.0			Cu=		GRAVAS	0.00 %			Cc=		ARENAS	81.20 %					FINOS	18.80 %		
TAMIZ	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA																																																																																																													
Normal																																																																																																																		
75.000 mm	3"	0.00	0.00	100.00																																																																																																														
50.000 mm	2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
25.000 mm	1"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
0.420 mm	No. 40	372.00	39.08	60.92	-																																																																																																													
0.075 mm	No. 200	401.00	42.12	18.80	-																																																																																																													
Fondo		179.00	18.80	0.00	-																																																																																																													
Suma=		952.00	100.0																																																																																																															
Cu=		GRAVAS	0.00 %																																																																																																															
Cc=		ARENAS	81.20 %																																																																																																															
		FINOS	18.80 %																																																																																																															
Ref: NTC 77-78																																																																																																																		
PROYECTO:			MATERIAL:																																																																																																															
CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA			ARENA LIMOSA																																																																																																															
SOLICITANTE:			LABORATORISTA:																																																																																																															
MUNICIPIO DE FORTUL			 ENDERSON JACIR CACUA RICO																																																																																																															
			REVISO:																																																																																																															
			 ING. JOAQUÍN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS																																																																																																															
			CONTRATO No:		FECHA:																																																																																																													
			-		ABRIL DE 2026																																																																																																													

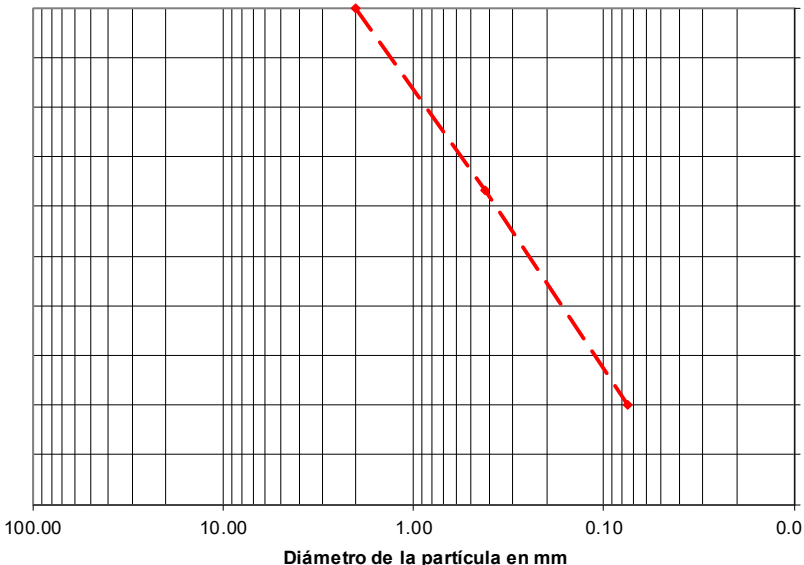
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 69

ENSAYO DE GRANULOMETRIA																																																																																																																		
SONDEO:	S-01	Peso Total 1	970.00 grs	Descripción:	ARENA LIMOSA																																																																																																													
MUESTRA:	M3	Peso Total 2	788.00 grs	De granulometría fina																																																																																																														
		Pérdida por Lavado	182.00 grs	Color gris																																																																																																														
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">GRAVAS</th> <th colspan="3">ARENAS</th> <th rowspan="2">LIMO Y/O ARCILLA</th> </tr> <tr> <th>Gruesa</th> <th>Fina</th> <th>Gruesa</th> <th>Media</th> <th>Fina</th> </tr> </table>		GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA	Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	LL: - USC: SM IP: - AASHTO: A-2-4																																																																																																					
GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA																																																																																																													
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina																																																																																																														
CURVA GRANULOMETRICA																																																																																																																		
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>Peso Ret.</th> <th>% Ret.</th> <th>% Reten Acum</th> <th>% Pasa</th> <th>NORMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Normal</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>75.000 mm</td> <td>3"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>50.000 mm</td> <td>2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>37.500 mm</td> <td>1 1/2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>25.000 mm</td> <td>1"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>19.000 mm</td> <td>3/4"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>12.500 mm</td> <td>1/2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>9.500 mm</td> <td>3/8"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>4.750 mm</td> <td>No. 4</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2.000 mm</td> <td>No. 10</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>0.420 mm</td> <td>No. 40</td> <td>390.00</td> <td>40.21</td> <td>59.79</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>0.075 mm</td> <td>No. 200</td> <td>398.00</td> <td>41.03</td> <td>18.76</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td></td> <td>182.00</td> <td>18.76</td> <td>0.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Suma=</td> <td></td> <td>970.00</td> <td>100.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cu=</td> <td>3.16</td> <td colspan="2">GRAVAS</td> <td>0.00 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cc=</td> <td>0.99</td> <td colspan="2">ARENAS</td> <td>81.24 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td colspan="2">FINOS</td> <td>18.76 %</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			TAMIZ	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA	Normal						75.000 mm	3"	0.00	0.00	100.00		50.000 mm	2"	0.00	0.00	100.00	-	37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	100.00	-	25.000 mm	1"	0.00	0.00	100.00	-	19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	100.00	-	12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	100.00	-	9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	100.00	-	4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	100.00	-	2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	100.00	-	0.420 mm	No. 40	390.00	40.21	59.79	-	0.075 mm	No. 200	398.00	41.03	18.76	-	Fondo		182.00	18.76	0.00	-	Suma=		970.00	100.0			Cu=	3.16	GRAVAS		0.00 %		Cc=	0.99	ARENAS		81.24 %				FINOS		18.76 %	
TAMIZ	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA																																																																																																													
Normal																																																																																																																		
75.000 mm	3"	0.00	0.00	100.00																																																																																																														
50.000 mm	2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
25.000 mm	1"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
0.420 mm	No. 40	390.00	40.21	59.79	-																																																																																																													
0.075 mm	No. 200	398.00	41.03	18.76	-																																																																																																													
Fondo		182.00	18.76	0.00	-																																																																																																													
Suma=		970.00	100.0																																																																																																															
Cu=	3.16	GRAVAS		0.00 %																																																																																																														
Cc=	0.99	ARENAS		81.24 %																																																																																																														
		FINOS		18.76 %																																																																																																														
Ref: NTC 77-78																																																																																																																		
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA				MATERIAL: ARENA LIMOSA																																																																																																														
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE FORTUL				LABORATORISTA:  ENDERSON JACIR CACUA RICO																																																																																																														
				REVISO:  ING. JOAQUÍN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS																																																																																																														
				CONTRATO N°: -		FECHA: ABRIL DE 2026																																																																																																												

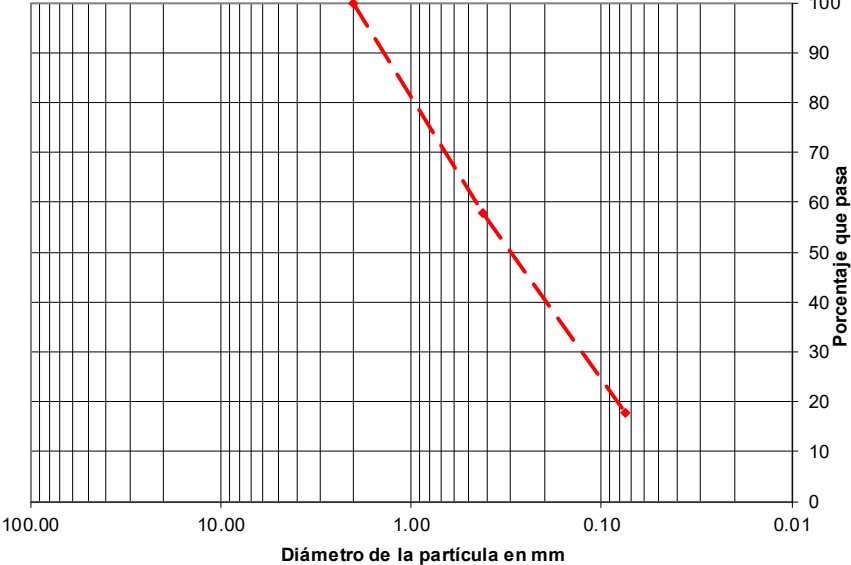
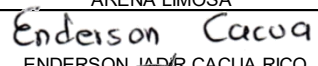
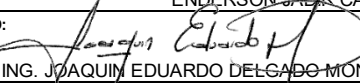
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 70

ENSAYO DE GRANULOMETRIA																																																																																																																		
SONDEO: S-02 MUESTRA: M1		Peso Total 1 948.00 grs Peso Total 2 710.00 grs Pérdida por Lavado 238.00 grs		Descripción: ARENA LIMOSA De granulometría fina Color amarilla																																																																																																														
				LL: - IP: -	USC: SM AASHTO: A-2-4																																																																																																													
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="2">GRAVAS</th> <th colspan="2">ARENAS</th> <th rowspan="2">LIMO Y/O ARCILLA</th> </tr> <tr> <th>Gruesa</th> <th>Fina</th> <th>Gruesa</th> <th>Media Fina</th> </tr> </table>		GRAVAS		ARENAS		LIMO Y/O ARCILLA	Gruesa	Fina	Gruesa	Media Fina																																																																																																								
GRAVAS		ARENAS		LIMO Y/O ARCILLA																																																																																																														
Gruesa	Fina	Gruesa	Media Fina																																																																																																															
CURVA GRANULOMETRICA																																																																																																																		
				<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>Peso Ret.</th> <th>% Ret.</th> <th>% Reten Acum</th> <th>% Pasa</th> <th>NORMA</th> </tr> <tr> <td>Normal</td> <td>Alterno</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>75.000 mm</td> <td>3"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>50.000 mm</td> <td>2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>37.500 mm</td> <td>1 1/2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>25.000 mm</td> <td>1"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>19.000 mm</td> <td>3/4"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>12.500 mm</td> <td>1/2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>9.500 mm</td> <td>3/8"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>4.750 mm</td> <td>No. 4</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2.000 mm</td> <td>No. 10</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>0.420 mm</td> <td>No. 40</td> <td>308.00</td> <td>32.49</td> <td>67.51</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>0.075 mm</td> <td>No. 200</td> <td>402.00</td> <td>42.41</td> <td>25.11</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td></td> <td>238.00</td> <td>25.11</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Suma=</td> <td>948.00</td> <td>100.0</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Cu=</td> <td colspan="2">GRAVAS</td> <td colspan="2">0.00 %</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Cc=</td> <td colspan="2">ARENAS</td> <td colspan="2">74.89 %</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2">FINOS</td> <td colspan="2">25.11 %</td> </tr> </table>			TAMIZ	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA	Normal	Alterno					75.000 mm	3"	0.00	0.00	100.00		50.000 mm	2"	0.00	0.00	100.00	-	37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	100.00	-	25.000 mm	1"	0.00	0.00	100.00	-	19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	100.00	-	12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	100.00	-	9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	100.00	-	4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	100.00	-	2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	100.00	-	0.420 mm	No. 40	308.00	32.49	67.51	-	0.075 mm	No. 200	402.00	42.41	25.11	-	Fondo		238.00	25.11	100.00	-	Suma=		948.00	100.0			Cu=		GRAVAS		0.00 %		Cc=		ARENAS		74.89 %				FINOS		25.11 %	
TAMIZ	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA																																																																																																													
Normal	Alterno																																																																																																																	
75.000 mm	3"	0.00	0.00	100.00																																																																																																														
50.000 mm	2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
25.000 mm	1"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
0.420 mm	No. 40	308.00	32.49	67.51	-																																																																																																													
0.075 mm	No. 200	402.00	42.41	25.11	-																																																																																																													
Fondo		238.00	25.11	100.00	-																																																																																																													
Suma=		948.00	100.0																																																																																																															
Cu=		GRAVAS		0.00 %																																																																																																														
Cc=		ARENAS		74.89 %																																																																																																														
		FINOS		25.11 %																																																																																																														
Ref: NTC 77-78																																																																																																																		
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA				MATERIAL: ARENA LIMOSA																																																																																																														
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE FORTUL				LABORATORISTA: Enderson Cacua ENDERSON JADIR CACUA RICO																																																																																																														
				REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS																																																																																																														
				CONTRATO No: -		FECHA: ABRIL DE 2026																																																																																																												

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 71

ENSAYO DE GRANULOMETRIA																																																																																																																		
SONDEO:	S-02	Peso Total 1	952.00 grs	Descripción:	ARENA LIMOSA																																																																																																													
MUESTRA:	M2	Peso Total 2	762.00 grs	De granulometría fina																																																																																																														
		Pérdida por Lavado	190.00 grs	Color amarilla con gris																																																																																																														
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">GRAVAS</th> <th colspan="3">ARENAS</th> <th rowspan="2">LIMO Y/O ARCILLA</th> </tr> <tr> <th>Gruesa</th> <th>Fina</th> <th>Gruesa</th> <th>Media</th> <th>Fina</th> </tr> </table>		GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA	Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	LL: - USC: SM IP: - AASHTO: A-2-4																																																																																																					
GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA																																																																																																													
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina																																																																																																														
CURVA GRANULOMETRICA																																																																																																																		
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>Peso Ret.</th> <th>% Ret.</th> <th>% Reten Acum</th> <th>% Pasa</th> <th>NORMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Normal</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>75.000 mm</td> <td>3"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>50.000 mm</td> <td>2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>37.500 mm</td> <td>1 1/2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>25.000 mm</td> <td>1"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>19.000 mm</td> <td>3/4"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>12.500 mm</td> <td>1/2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>9.500 mm</td> <td>3/8"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>4.750 mm</td> <td>No. 4</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2.000 mm</td> <td>No. 10</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>0.420 mm</td> <td>No. 40</td> <td>350.00</td> <td>36.76</td> <td>63.24</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>0.075 mm</td> <td>No. 200</td> <td>412.00</td> <td>43.28</td> <td>19.96</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td></td> <td>190.00</td> <td>19.96</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Suma=</td> <td></td> <td>952.00</td> <td>100.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cu=</td> <td></td> <td>GRAVAS</td> <td>0.00 %</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cc=</td> <td></td> <td>ARENAS</td> <td>80.04 %</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>FINOS</td> <td>19.96 %</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			TAMIZ	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA	Normal						75.000 mm	3"	0.00	0.00	100.00		50.000 mm	2"	0.00	0.00	100.00	-	37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	100.00	-	25.000 mm	1"	0.00	0.00	100.00	-	19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	100.00	-	12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	100.00	-	9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	100.00	-	4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	100.00	-	2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	100.00	-	0.420 mm	No. 40	350.00	36.76	63.24	-	0.075 mm	No. 200	412.00	43.28	19.96	-	Fondo		190.00	19.96	100.00	-	Suma=		952.00	100.0			Cu=		GRAVAS	0.00 %			Cc=		ARENAS	80.04 %					FINOS	19.96 %		
TAMIZ	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA																																																																																																													
Normal																																																																																																																		
75.000 mm	3"	0.00	0.00	100.00																																																																																																														
50.000 mm	2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
25.000 mm	1"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
0.420 mm	No. 40	350.00	36.76	63.24	-																																																																																																													
0.075 mm	No. 200	412.00	43.28	19.96	-																																																																																																													
Fondo		190.00	19.96	100.00	-																																																																																																													
Suma=		952.00	100.0																																																																																																															
Cu=		GRAVAS	0.00 %																																																																																																															
Cc=		ARENAS	80.04 %																																																																																																															
		FINOS	19.96 %																																																																																																															
Ref: NTC 77-78																																																																																																																		
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA				MATERIAL: ARENA LIMOSA																																																																																																														
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE FORTUL				LABORATORISTA: Enderson Cacua ENDERSON JADIR GACUA RICO																																																																																																														
				REVISO: ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS																																																																																																														
				CONTRATO No: - FECHA: ABRIL DE 2026																																																																																																														

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 72

ENSAYO DE GRANULOMETRIA																																																																																																																		
SONDEO:	S-02	Peso Total 1	965.00 grs	Descripción:	ARENA LIMOSA																																																																																																													
MUESTRA:	M3	Peso Total 2	794.00 grs	De granulometría fina																																																																																																														
		Pérdida por Lavado	171.00 grs	Color gris																																																																																																														
<table border="1"> <tr> <th colspan="2">GRAVAS</th> <th colspan="3">ARENAS</th> <th rowspan="2">LIMO Y/O ARCILLA</th> </tr> <tr> <th>Gruesa</th> <th>Fina</th> <th>Gruesa</th> <th>Media</th> <th>Fina</th> </tr> </table>		GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA	Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	LL: - USC: SM IP: - AASHTO: A-2-4																																																																																																					
GRAVAS		ARENAS			LIMO Y/O ARCILLA																																																																																																													
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina																																																																																																														
CURVA GRANULOMETRICA  Ref: NTC 77-78																																																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMIZ</th> <th>Peso Ret.</th> <th>% Ret.</th> <th>% Reten Acum</th> <th>% Pasa</th> <th>NORMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Normal</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>75.000 mm</td> <td>3"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>50.000 mm</td> <td>2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>37.500 mm</td> <td>1 1/2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>25.000 mm</td> <td>1"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>19.000 mm</td> <td>3/4"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>12.500 mm</td> <td>1/2"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>9.500 mm</td> <td>3/8"</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>4.750 mm</td> <td>No. 4</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>2.000 mm</td> <td>No. 10</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>100.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>0.420 mm</td> <td>No. 40</td> <td>406.00</td> <td>42.07</td> <td>57.93</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>0.075 mm</td> <td>No. 200</td> <td>388.00</td> <td>40.21</td> <td>17.72</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Fondo</td> <td></td> <td>171.00</td> <td>17.72</td> <td>0.00</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Suma=</td> <td></td> <td>965.00</td> <td>100.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cu=</td> <td>5.34</td> <td></td> <td>GRAVAS</td> <td>0.00 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cc=</td> <td>0.69</td> <td></td> <td>ARENAS</td> <td>82.28 %</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>FINOS</td> <td>17.72 %</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							TAMIZ	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA	Normal						75.000 mm	3"	0.00	0.00	100.00		50.000 mm	2"	0.00	0.00	100.00	-	37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	100.00	-	25.000 mm	1"	0.00	0.00	100.00	-	19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	100.00	-	12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	100.00	-	9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	100.00	-	4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	100.00	-	2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	100.00	-	0.420 mm	No. 40	406.00	42.07	57.93	-	0.075 mm	No. 200	388.00	40.21	17.72	-	Fondo		171.00	17.72	0.00	-	Suma=		965.00	100.0			Cu=	5.34		GRAVAS	0.00 %		Cc=	0.69		ARENAS	82.28 %					FINOS	17.72 %	
TAMIZ	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA																																																																																																													
Normal																																																																																																																		
75.000 mm	3"	0.00	0.00	100.00																																																																																																														
50.000 mm	2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
25.000 mm	1"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	100.00	-																																																																																																													
0.420 mm	No. 40	406.00	42.07	57.93	-																																																																																																													
0.075 mm	No. 200	388.00	40.21	17.72	-																																																																																																													
Fondo		171.00	17.72	0.00	-																																																																																																													
Suma=		965.00	100.0																																																																																																															
Cu=	5.34		GRAVAS	0.00 %																																																																																																														
Cc=	0.69		ARENAS	82.28 %																																																																																																														
			FINOS	17.72 %																																																																																																														
PROYECTO:			MATERIAL:																																																																																																															
CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA			ARENA LIMOSA																																																																																																															
SOLICITANTE:			LABORATORISTA:																																																																																																															
MUNICIPIO DE FORTUL			 ENDERSON JADER CACUA RICO																																																																																																															
			REVISOR:																																																																																																															
			 ING. JOAQUÍN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS																																																																																																															
			CONTRATO No:		FECHA:																																																																																																													
					ABRIL DE 2026																																																																																																													

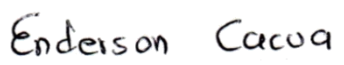
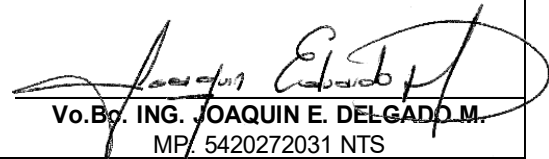
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 73

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			SONDEO No.	S-01
FECHA	ABRIL DE 2026	PROFUNDIDAD	0.00 - 1.80 m	MUESTRA No.	1
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLA				
SECTOR:	INSTITUCION EDUCATIVA JOSE MARÍA CARBONELL				

Diametro de la muestra (cm)	4.65		
Altura de la muestra (cm)	6.18		
Volumen de la muestra (cm3)	104.95		
W suelo húmedo (gr)	192.37		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.833		
W tara (gr)	44.76		
W tara + suelo húmedo (gr)	237.13		
W tara + suelo seco (gr)	221.43		
Humedad natural del suelo (%)	8.89		
Densidad seca (gr/cm3)	1.683		

OBSERVACIONES	
----------------------	--

 ENDERSON JADIR CACUA RICO LABORATORISTA	 Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M. MP/ 5420272031 NTS
--	--

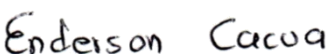
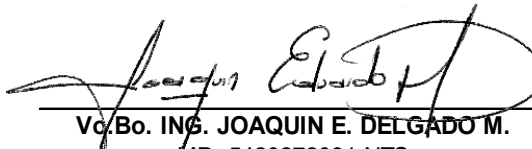
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 74

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			SONDEO No.	S-01
FECHA	ABRIL DE 2026	PROFUNDIDAD	1.80 - 2.90 m	MUESTRA No.	2
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLA / GRIS				
SECTOR:	INSTITUCION EDUCATIVA JOSE MARÍA CARBONELL				

Diametro de la muestra (cm)	4.68		
Altura de la muestra (cm)	7.12		
Volumen de la muestra (cm3)	122.48		
W suelo húmedo (gr)	227.08		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.854		
W tara (gr)	63.18		
W tara + suelo húmedo (gr)	290.26		
W tara + suelo seco (gr)	267.32		
Humedad natural del suelo (%)	11.24		
Densidad seca (gr/cm3)	1.667		

OBSERVACIONES

 ENDERSON JADIR CACUA RICO LABORATORISTA	 Vc.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M. MP. 5420272031 NTS
--	--

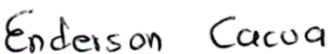
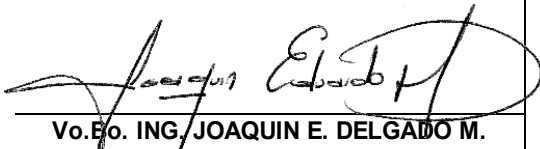
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 75

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			SONDEO No.	S-01
FECHA	ABRIL DE 2026	PROFUNDIDAD	2.90 - 6.00 m	MUESTRA No.	3
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR GRIS				
SECTOR:	INSTITUCION EDUCATIVA JOSE MARÍA CARBONELL				

Diametro de la muestra (cm)	4.65		
Altura de la muestra (cm)	6.98		
Volumen de la muestra (cm3)	118.54		
W suelo húmedo (gr)	222.14		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.874		
W tara (gr)	63.25		
W tara + suelo húmedo (gr)	285.39		
W tara + suelo seco (gr)	261.84		
Humedad natural del suelo (%)	11.86		
Densidad seca (gr/cm3)	1.675		

OBSERVACIONES	
----------------------	--

 ENDERSON JADIR CACUA RICO LABORATORISTA	 Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M. MP. 5420272031 NTS
--	--

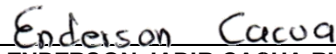
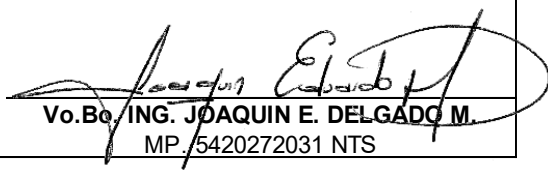
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 76

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			SONDEO No.	S-02
FECHA	ABRIL DE 2026	PROFUNDIDAD	0.00 - 2.00 m	MUESTRA No.	1
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLA				
SECTOR:	INSTITUCION EDUCATIVA JOSE MARÍA CARBONELL				

Diametro de la muestra (cm)	4.68		
Altura de la muestra (cm)	5.42		
Volumen de la muestra (cm3)	93.24		
W suelo húmedo (gr)	171.28		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.837		
W tara (gr)	39.86		
W tara + suelo húmedo (gr)	211.14		
W tara + suelo seco (gr)	197.66		
Humedad natural del suelo (%)	8.54		
Densidad seca (gr/cm3)	1.692		

OBSERVACIONES

 ENDERSON JADIR CACUA RICO LABORATORISTA	 Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M. MP. 5420272031 NTS
--	--

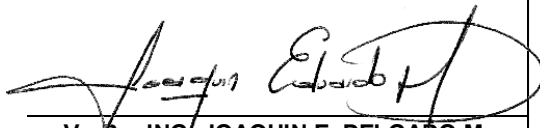
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 77

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			SONDEO No.	S-02
FECHA	ABRIL DE 2026	PROFUNDIDAD	2.00 - 3.00 m	MUESTRA No.	2
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR AMARILLA / GRIS				
SECTOR:	INSTITUCION EDUCATIVA JOSE MARÍA CARBONELL				

Diametro de la muestra (cm)	4.67		
Altura de la muestra (cm)	6.14		
Volumen de la muestra (cm3)	105.17		
W suelo húmedo (gr)	195.93		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.863		
W tara (gr)	60.49		
W tara + suelo húmedo (gr)	256.42		
W tara + suelo seco (gr)	237.04		
Humedad natural del suelo (%)	10.98		
Densidad seca (gr/cm3)	1.679		

OBSERVACIONES

Anderson Cacao ENDERSON JADIR CACUA RICO LABORATORISTA	 Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M. MP. 5420272031 NTS
---	--

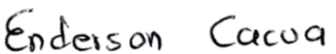
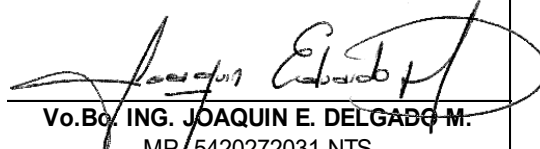
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 78

PESO UNITARIO

PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA			
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA		SONDEO No.	S-02
FECHA	ABRIL DE 2026	PROFUNDIDAD	3.00 - 6.00 m	MUESTRA No. 3
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA COLOR GRIS			
SECTOR:	INSTITUCION EDUCATIVA JOSE MARÍA CARBONELL			

Diametro de la muestra (cm)	4.66		
Altura de la muestra (cm)	5.78		
Volumen de la muestra (cm3)	98.58		
W suelo húmedo (gr)	186.51		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.892		
W tara (gr)	42.18		
W tara + suelo húmedo (gr)	228.69		
W tara + suelo seco (gr)	209.46		
Humedad natural del suelo (%)	11.50		
Densidad seca (gr/cm3)	1.697		

OBSERVACIONES

 ENDERSON JADIR CACUA RICO LABORATORISTA	 Vo.Bo. ING. JOAQUIN E. DELGADO M. MP/5420272031 NTS
--	---

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 79

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :		COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL			
SONDEO No. :		S-02			
MUESTRA No. :		1 (Arena limosa, color amarilla)			
PROFUNDIDAD :		1			
Ao (cm ²):	17.40	Peso humedo(W1):	42.39	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	8	Peso seco(W2):	35.73		
		Peso tara(W3):	7.01	σ_n (Kg/cm ²) :	0.46
		Humedad (%):	23.19		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$t = Q/A$ (Kg/cm ²)	TAN $\phi =$ τ / σ_n
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
7	10	376	0.57	0.03	0.0709
10	20	374	0.81	0.05	0.1013
13	30	372	1.05	0.06	0.1316
17	40	356	1.38	0.08	0.1721
20	50	354	1.62	0.09	0.2025
23	60	352	1.86	0.11	0.2329
27	80	351	2.19	0.13	0.2734
30	100	349	2.43	0.14	0.3038
33	120	348	2.67	0.15	0.3341
36	140	346	2.92	0.17	0.3645
38	160	344	3.08	0.18	0.3848
40	180	344	3.24	0.19	0.4050
42	200	342	3.40	0.20	0.4253
45	250	340	3.65	0.21	0.4556
47	300	338	3.81	0.22	0.4759
48	350	337	3.89	0.22	0.4860
49	400	335	3.97	0.23	0.4961
50	450	333	4.05	0.23	0.5063
46	500	331	3.73	0.21	0.4658
43	600	329	3.48	0.20	0.4354

Enderson Cacao
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA


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

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 80

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :		COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL			
SONDEO No. :		S-02			
MUESTRA No. :		1 (Arena limosa, color amarilla)			
PROFUNDIDAD :		1			
Ao (cm ²):	17.40	Peso humedo(W1):	68.45	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	14	Peso seco(W2):	56.95		
		Peso tara(W3):	6.94	σ_n (Kg/cm ²) :	0.80
		Humedad (%):	23.00		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$t = Q/A$ (Kg/cm ²)	TAN $\phi =$ τ / σ_n
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
12	10	359	0.97	0.06	0.0694
17	20	357	1.38	0.08	0.0984
20	30	355	1.62	0.09	0.1157
23	40	354	1.86	0.11	0.1331
26	50	352	2.11	0.12	0.1504
29	60	350	2.35	0.14	0.1678
34	80	348	2.75	0.16	0.1967
38	100	348	3.08	0.18	0.2199
42	120	345	3.40	0.20	0.2430
46	140	344	3.73	0.21	0.2661
50	160	343	4.05	0.23	0.2893
54	180	340	4.37	0.25	0.3124
57	200	340	4.62	0.27	0.3298
62	250	340	5.02	0.29	0.3587
65	300	339	5.27	0.30	0.3761
67	350	337	5.43	0.31	0.3876
68	400	336	5.51	0.32	0.3934
69	450	334	5.59	0.32	0.3992
66	500	333	5.35	0.31	0.3819
62	600	331	5.02	0.29	0.3587

Enderson Cacao
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

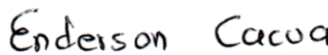

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 81

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :		COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL			
SONDEO No. :		S-02			
MUESTRA No. :		1 (Arena limosa, color amarilla)			
PROFUNDIDAD :		1			
Ao (cm ²):	17.40	Peso humedo(W1):	54.29	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	20	Peso seco(W2):	45.40		
		Peso tara(W3):	7.19	σ_n (Kg/cm ²) :	1.15
		Humedad (%):	23.27		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$t = Q/A$ (Kg/cm ²)	TAN $\phi =$ τ / σ_n
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
14	10	342	1.13	0.07	0.0567
21	20	340	1.70	0.10	0.0851
26	30	338	2.11	0.12	0.1053
31	40	337	2.51	0.14	0.1256
36	50	336	2.92	0.17	0.1458
41	60	333	3.32	0.19	0.1661
49	80	333	3.97	0.23	0.1985
56	100	332	4.54	0.26	0.2268
63	120	330	5.10	0.29	0.2552
70	140	329	5.67	0.33	0.2835
77	160	326	6.24	0.36	0.3119
82	180	325	6.64	0.38	0.3321
87	200	324	7.05	0.41	0.3524
96	250	322	7.78	0.45	0.3888
103	300	321	8.34	0.48	0.4172
109	350	321	8.83	0.51	0.4415
112	400	321	9.07	0.52	0.4536
114	450	319	9.23	0.53	0.4617
111	500	318	8.99	0.52	0.4496
107	600	317	8.67	0.50	0.4334

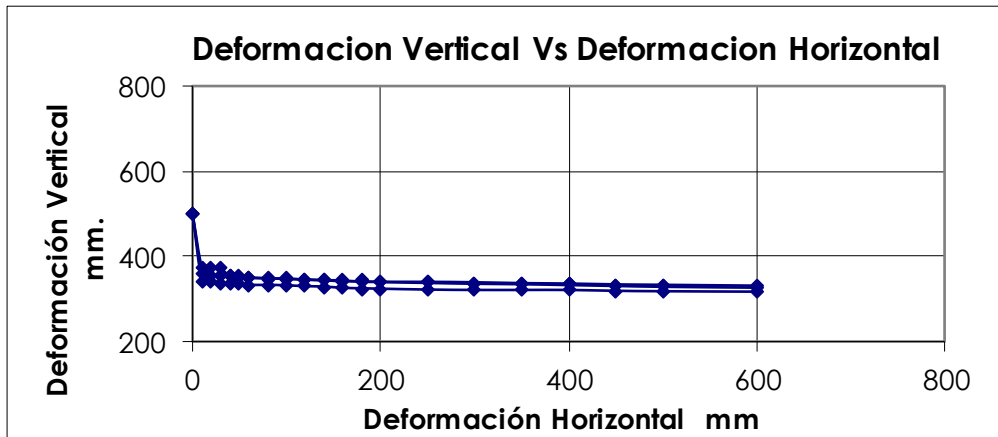
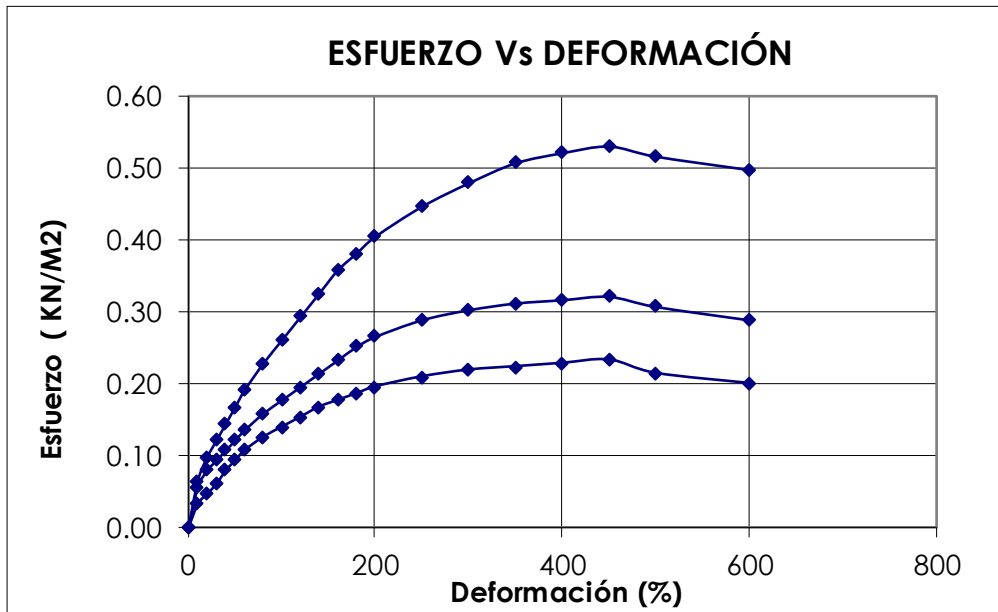

ENDERSON JADIR CACUA RICO
 LABORATORISTA

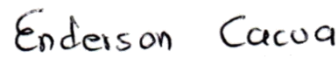

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
 Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

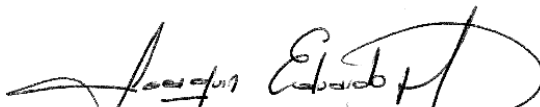
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 82

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL
SONDEO No. :	S-02
MUESTRA No. :	1 (Arena limosa, color amarilla)
PROFUNDIDAD :	1



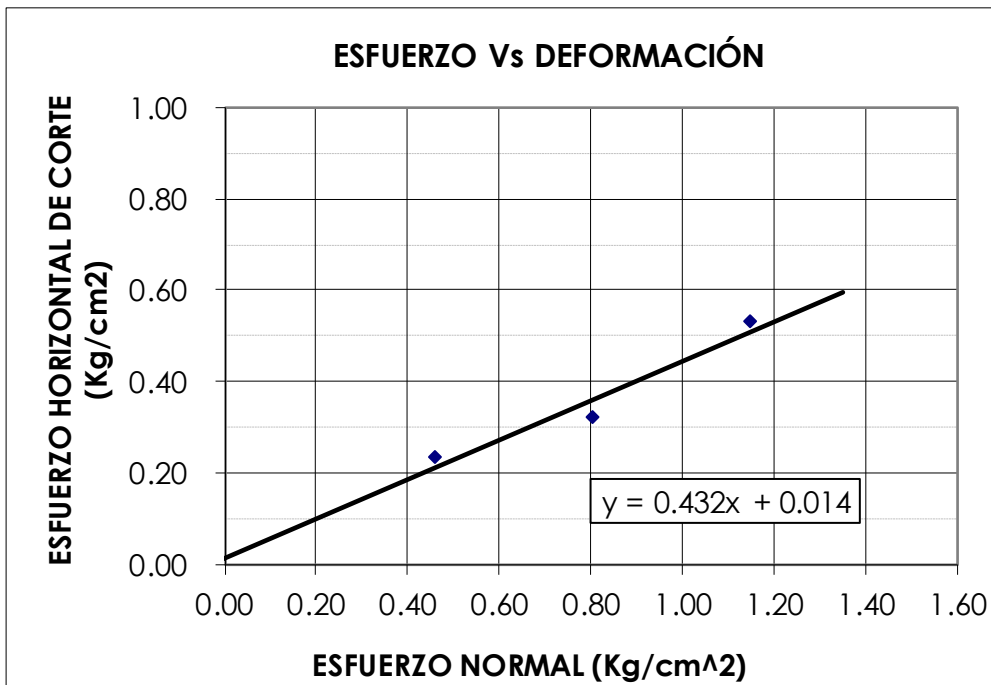

ENDERSON JADIR CACUA RICO
 LABORATORISTA


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

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 83

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL
SONDEO No. :	S-02
MUESTRA No. :	1 (Arena limosa, color amarilla)
PROFUNDIDAD :	1



Cohesión (C) :	0.01 Kg/cm²
Angulo de fricción (f):	23.4°
Peso Unitario Húmedo (g):	Kg/cm3
Condición del ensayo	Humedad natural
Peso Unitario Seco (g):	Kg/cm3
Humedad de Saturación	23.15%

Enderson Cagua
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

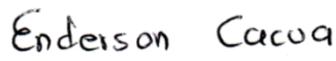

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

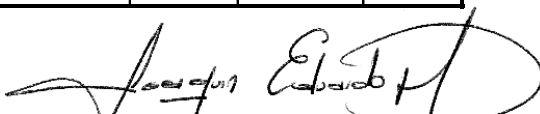
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 84

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :		COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL			
SONDEO No. :		S-01			
MUESTRA No. :		2 (Arena limosa, color amarilla/gris)			
PROFUNDIDAD :		2.00 m			
Ao (cm ²):	17.40	Peso humedo(W1):	42.39	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	8	Peso seco(W2):	35.73		
		Peso tara(W3):	7.01	σ_n (Kg/cm ²) :	0.46
		Humedad (%):	23.19		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$t = Q/A$ (Kg/cm ²)	TAN $\phi =$ τ / σ_n
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
8	10	513	0.65	0.04	0.0810
11	20	511	0.89	0.05	0.1114
14	30	508	1.13	0.07	0.1418
17	40	507	1.38	0.08	0.1721
21	50	504	1.70	0.10	0.2126
24	60	501	1.94	0.11	0.2430
28	80	499	2.27	0.13	0.2835
31	100	499	2.51	0.14	0.3139
35	120	499	2.84	0.16	0.3544
38	140	496	3.08	0.18	0.3848
41	160	492	3.32	0.19	0.4151
44	180	490	3.56	0.20	0.4455
48	200	489	3.89	0.22	0.4860
52	250	486	4.21	0.24	0.5265
55	300	484	4.46	0.26	0.5569
57	350	481	4.62	0.27	0.5771
59	400	478	4.78	0.27	0.5974
60	450	475	4.86	0.28	0.6075
55	500	474	4.46	0.26	0.5569
50	600	471	4.05	0.23	0.5063


ENDERSON JADIR CACUA RICO
 LABORATORISTA


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

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 85

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :		COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL			
SONDEO No. :		S-01			
MUESTRA No. :		2 (Arena limosa, color amarilla/gris)			
PROFUNDIDAD :		2.00 m			
Ao (cm ²):	17.40	Peso humedo(W1):	68.45	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	14	Peso seco(W2):	56.95		
		Peso tara(W3):	6.94	σ_n (Kg/cm ²) :	0.80
		Humedad (%):	23.00		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$t = Q/A$ (Kg/cm ²)	TAN $\phi =$ τ / σ_n
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
15	10	492	1.22	0.07	0.0868
19	20	490	1.54	0.09	0.1099
24	30	487	1.94	0.11	0.1389
28	40	484	2.27	0.13	0.1620
32	50	482	2.59	0.15	0.1851
37	60	478	3.00	0.17	0.2141
42	80	477	3.40	0.20	0.2430
46	100	475	3.73	0.21	0.2661
51	120	475	4.13	0.24	0.2951
55	140	475	4.46	0.26	0.3182
59	160	473	4.78	0.27	0.3414
64	180	470	5.18	0.30	0.3703
68	200	468	5.51	0.32	0.3934
75	250	464	6.08	0.35	0.4339
79	300	463	6.40	0.37	0.4571
82	350	461	6.64	0.38	0.4744
85	400	460	6.89	0.40	0.4918
86	450	457	6.97	0.40	0.4976
81	500	454	6.56	0.38	0.4686
78	600	453	6.32	0.36	0.4513

Enderson Cacao
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

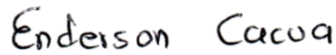

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

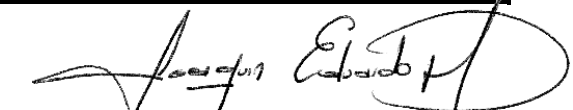
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 86

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :		COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL			
SONDEO No. :		S-01			
MUESTRA No. :		2 (Arena limosa, color amarilla/gris)			
PROFUNDIDAD :		2.00 m			
Ao (cm ²):	17.40	Peso humedo(W1):	54.29	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	20	Peso seco(W2):	45.40		
		Peso tara(W3):	7.19	σ_n (Kg/cm ²) :	1.15
		Humedad (%):	23.27		

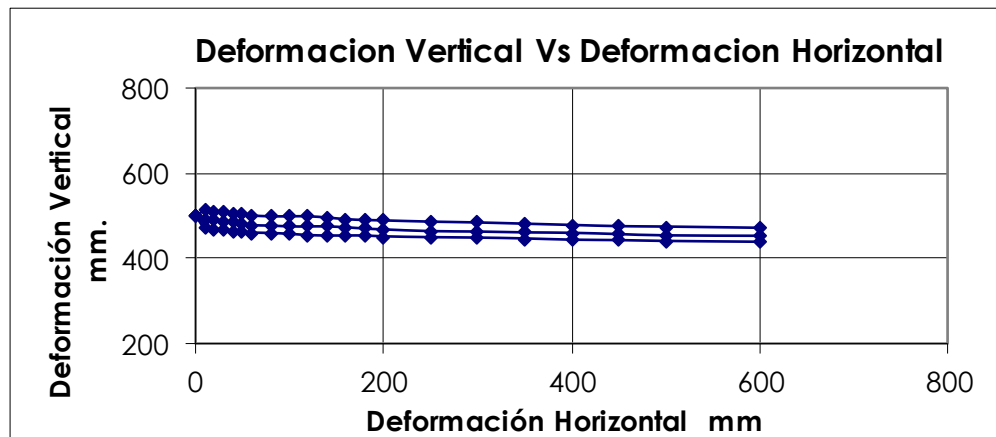
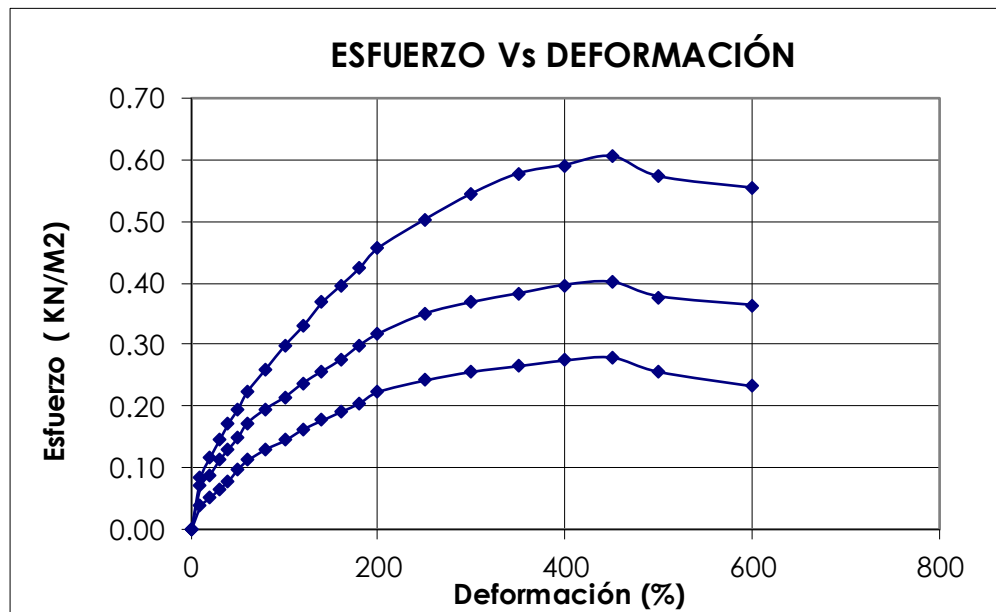
CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$t = Q/A$ (Kg/cm ²)	TAN $\phi =$ τ / σ_n
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
18	10	470	1.46	0.08	0.0729
25	20	469	2.03	0.12	0.1013
31	30	467	2.51	0.14	0.1256
37	40	463	3.00	0.17	0.1499
42	50	462	3.40	0.20	0.1701
48	60	460	3.89	0.22	0.1944
56	80	459	4.54	0.26	0.2268
64	100	457	5.18	0.30	0.2592
71	120	454	5.75	0.33	0.2876
79	140	453	6.40	0.37	0.3200
85	160	453	6.89	0.40	0.3443
91	180	453	7.37	0.42	0.3686
98	200	451	7.94	0.46	0.3969
108	250	449	8.75	0.50	0.4374
117	300	448	9.48	0.54	0.4739
124	350	446	10.04	0.58	0.5022
127	400	443	10.29	0.59	0.5144
130	450	442	10.53	0.61	0.5265
123	500	440	9.96	0.57	0.4982
119	600	438	9.64	0.55	0.4820

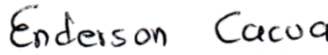

ENDERSON JADIR CACUA RICO
 LABORATORISTA

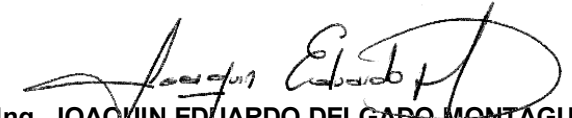

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
 Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL
SONDEO No. :	S-01
MUESTRA No. :	2 (Arena limosa, color amarilla/gris)
PROFUNDIDAD :	2.00 m



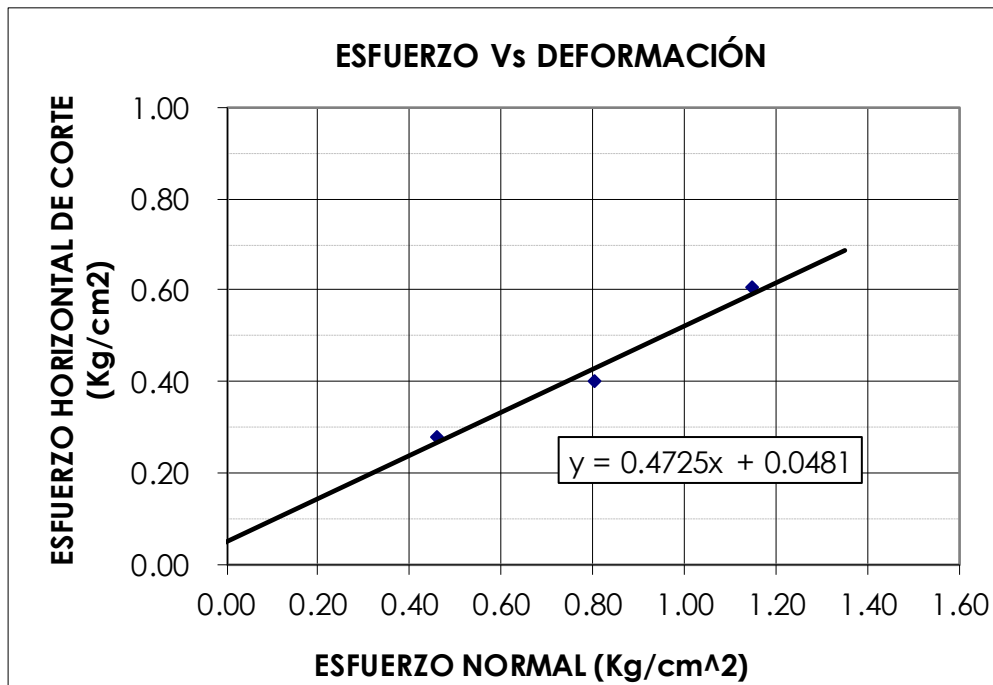

ENDERSON JADIR CACUA RICO
 LABORATORISTA


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

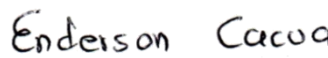
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 88

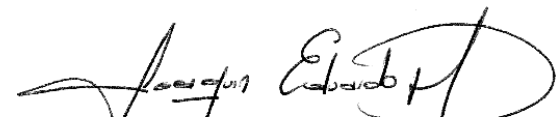
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL
SONDEO No. :	S-01
MUESTRA No. :	2 (Arena limosa, color amarilla/gris)
PROFUNDIDAD :	2.00 m



Cohesión (C) :	0.05 Kg/cm²
Angulo de fricción (f):	25.3°
Peso Unitario Húmedo (g):	Kg/cm3
Condición del ensayo	Humedad natural
Peso Unitario Seco (g):	Kg/cm3
Humedad de Saturación	23.15%


ENDERSON JADIR CACUA RICO
 LABORATORISTA

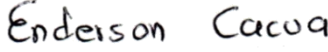

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
 Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 89

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :		COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL			
SONDEO No. :		S-02			
MUESTRA No. :		3 (Arena limosa, color gris)			
PROFUNDIDAD :		3.00 m			
Ao (cm ²):	17.40	Peso humedo(W1):	42.39	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	8	Peso seco(W2):	35.73		
		Peso tara(W3):	7.01	σ_n (Kg/cm ²) :	0.46
		Humedad (%):	23.19		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$t = Q/A$ (Kg/cm ²)	TAN $\phi =$ τ / σ_n
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
9	10	400	0.73	0.04	0.0911
12	20	398	0.97	0.06	0.1215
15	30	396	1.22	0.07	0.1519
17	40	395	1.38	0.08	0.1721
20	50	394	1.62	0.09	0.2025
22	60	393	1.78	0.10	0.2228
26	80	390	2.11	0.12	0.2633
29	100	388	2.35	0.14	0.2936
31	120	386	2.51	0.14	0.3139
33	140	386	2.67	0.15	0.3341
34	160	386	2.75	0.16	0.3443
36	180	385	2.92	0.17	0.3645
38	200	384	3.08	0.18	0.3848
40	250	381	3.24	0.19	0.4050
42	300	380	3.40	0.20	0.4253
43	350	377	3.48	0.20	0.4354
44	400	376	3.56	0.20	0.4455
45	450	373	3.65	0.21	0.4556
44	500	372	3.56	0.20	0.4455
41	600	371	3.32	0.19	0.4151


ENDERSON JADIR CACUA RICO
 LABORATORISTA

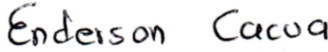

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
 Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

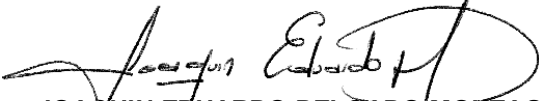
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 90

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :		COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL			
SONDEO No. :		S-02			
MUESTRA No. :		3 (Arena limosa, color gris)			
PROFUNDIDAD :		3.00 m			
Ao (cm ²):	17.40	Peso humedo(W1):	68.45	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	14	Peso seco(W2):	56.95		
		Peso tara(W3):	6.94	σ_n (Kg/cm ²) :	0.80
		Humedad (%):	23.00		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$t = Q/A$ (Kg/cm ²)	TAN $\phi =$ τ / σ_n
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
11	10	379	0.89	0.05	0.0636
16	20	377	1.30	0.07	0.0926
21	30	376	1.70	0.10	0.1215
25	40	375	2.03	0.12	0.1446
30	50	372	2.43	0.14	0.1736
34	60	371	2.75	0.16	0.1967
39	80	370	3.16	0.18	0.2256
43	100	369	3.48	0.20	0.2488
48	120	367	3.89	0.22	0.2777
51	140	365	4.13	0.24	0.2951
53	160	364	4.29	0.25	0.3066
56	180	363	4.54	0.26	0.3240
58	200	361	4.70	0.27	0.3356
64	250	359	5.18	0.30	0.3703
68	300	358	5.51	0.32	0.3934
71	350	356	5.75	0.33	0.4108
74	400	354	5.99	0.34	0.4281
75	450	352	6.08	0.35	0.4339
71	500	351	5.75	0.33	0.4108
66	600	349	5.35	0.31	0.3819


ENDERSON JADIR CACUA RICO
 LABORATORISTA


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

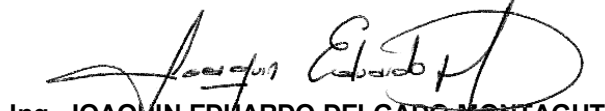
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 91

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :		COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL			
SONDEO No. :		S-02			
MUESTRA No. :		3 (Arena limosa, color gris)			
PROFUNDIDAD :		3.00 m			
Ao (cm ²):	17.40	Peso humedo(W1):	54.29	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0.081
CARGA NORMAL (Kg):	20	Peso seco(W2):	45.40		
		Peso tara(W3):	7.19	σ_n (Kg/cm ²) :	1.15
		Humedad (%):	23.27		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$t = Q/A$ (Kg/cm ²)	TAN $\phi =$ τ / σ_n
0	0	500	0.00	0.00	0.0000
14	10	116	1.13	0.07	0.0567
19	20	114	1.54	0.09	0.0770
25	30	112	2.03	0.12	0.1013
32	40	111	2.59	0.15	0.1296
39	50	109	3.16	0.18	0.1580
44	60	107	3.56	0.20	0.1782
52	80	105	4.21	0.24	0.2106
60	100	104	4.86	0.28	0.2430
66	120	103	5.35	0.31	0.2673
74	140	100	5.99	0.34	0.2997
80	160	98	6.48	0.37	0.3240
86	180	98	6.97	0.40	0.3483
91	200	96	7.37	0.42	0.3686
100	250	93	8.10	0.47	0.4050
106	300	92	8.59	0.49	0.4293
110	350	91	8.91	0.51	0.4455
113	400	91	9.15	0.53	0.4577
114	450	89	9.23	0.53	0.4617
110	500	87	8.91	0.51	0.4455
107	600	86	8.67	0.50	0.4334

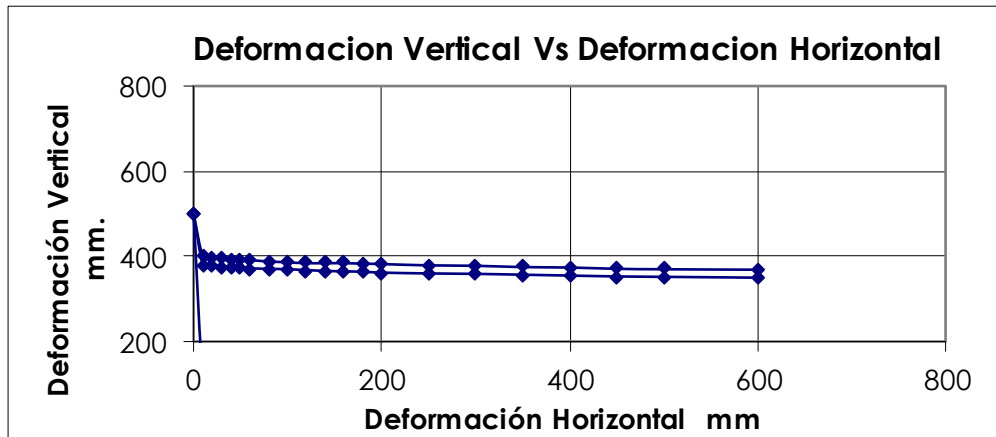
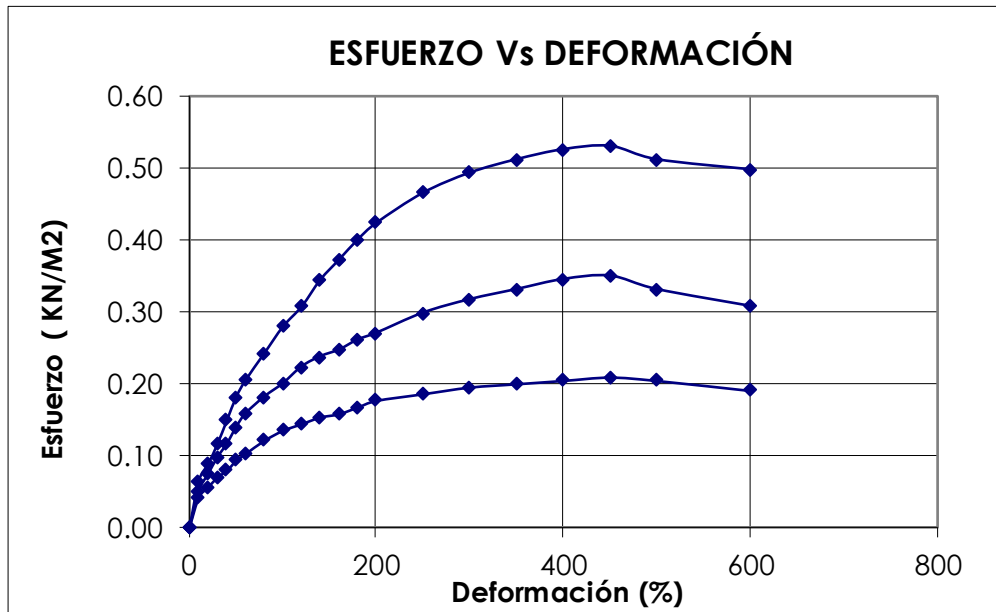

ENDERSON JADIR CACUA RICO
 LABORATORISTA

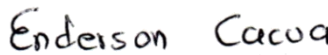

Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
 Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 92

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL
SONDEO No. :	S-02
MUESTRA No. :	3 (Arena limosa, color gris)
PROFUNDIDAD :	3.00 m



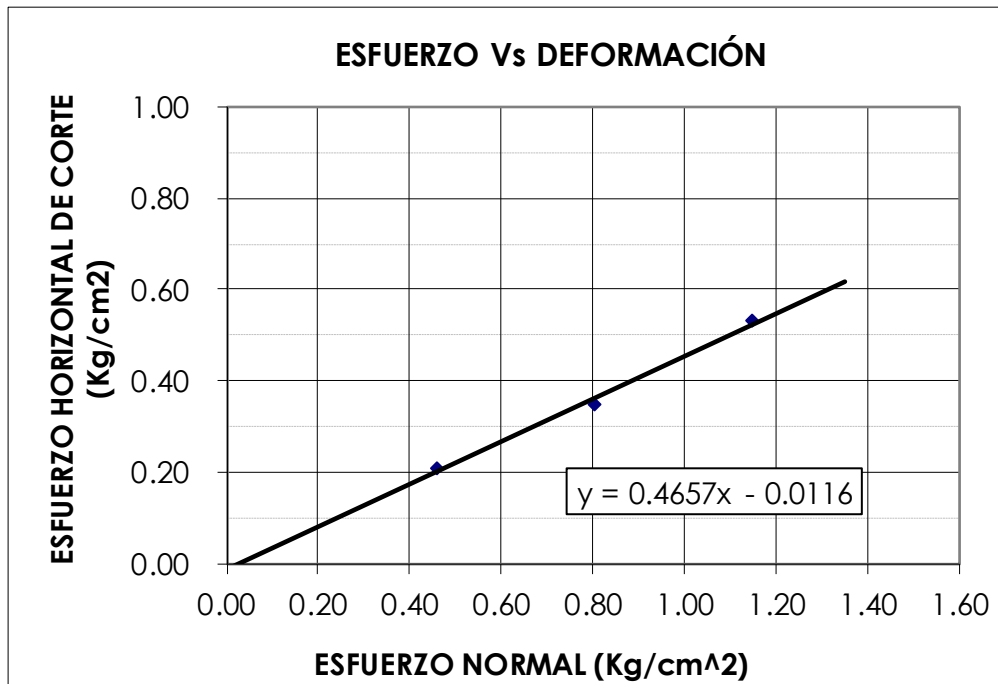

ENDERSON JADIR CACUA RICO
 LABORATORISTA


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

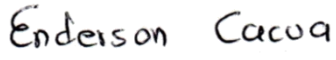
	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 93

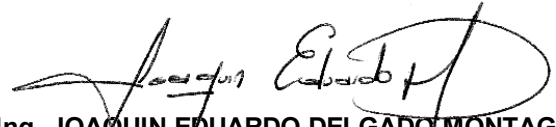
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL
SONDEO No. :	S-02
MUESTRA No. :	3 (Arena limosa, color gris)
PROFUNDIDAD :	3.00 m



Cohesión (C) :	0.01 Kg/cm²
Angulo de fricción (f):	24.7°
Peso Unitario Húmedo (g):	Kg/cm3
Condición del ensayo	Humedad natural
Peso Unitario Seco (g):	Kg/cm3
Humedad de Saturación	23.15%


ENDERSON JADIR CACUA RICO
 LABORATORISTA


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

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 94

ANEXO D. DOCUMENTACIÓN GEOTECNISTA

	ESTUDIO DE SUELOS CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Fecha: Abril de 2026 Página 95
---	--	--





República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional
y en su nombre

La Universidad Francisco de Paula Santander

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

Confiere el Título de

Ingeniero Civil

Λ

Joaquín Eduardo Delgado Montañut

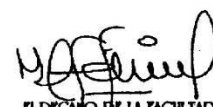
C.C. No. **88.215.089** expedida en **Cúcuta, N. de S.**

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

DIPLOMA

Expedido en la ciudad de Cúcuta, a **30 de Enero** de 19**98**


EL RECTOR


EL DECANO DE LA FACULTAD

LIBRO No. **20** ACTA No. **3244** FOLIO **031**
Registro No. 3322

 ALCALDÍA DE FORTUL	ESTUDIO DE SUELOS CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Fecha: Abril de 2026 Página 97
--	--	--



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional y en su nombre

La Universidad de Santander

UDES

Aprobada por el Ministerio de Educación Nacional de conformidad con la
Personería Jurídica No. 810 del 12 de marzo de 1996 y la Resolución No. 6216 del 22 de diciembre de 2005

Teniendo en cuenta que:

Joaquín Eduardo Delgado Montagut

C. r. No. 88215089 Expedida en: Cúcuta

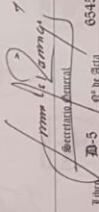
Cursó y aprobó los estudios y cumplió con las exigencias legales y reglamentarias,
le confiere el título de:

Especialista en Geotecnia Ambiental

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



Rector



Directora del Programa

Registrado en el folio 63853 Libro 20-5 65456 Diploma No. 54126

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 98



Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4426813

**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA**

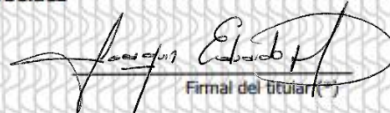
EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT, identificado(a) con Cedula de Ciudadanía 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 veinticuatro (24) días del mes de Abril del año dos mil veintiseis (2026).



Rubén Darío 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 N° 9 - 57 - Teléfono: 322 0191 - Bogotá D.C.
e-mail: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 99

25 de abril de 2026

Señores:

MUNICIPIO DE FORTUL

Asunto: MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

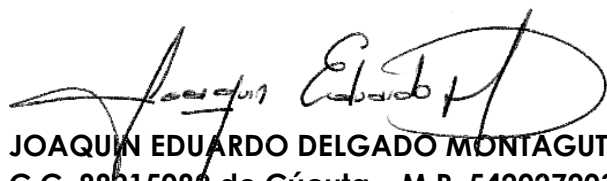
Yo **JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT**, identificado con cédula de ciudadanía No. 88.215.089 expedida en la Ciudad de Cúcuta – N.S., en mi condición de INGENIERO CIVIL portador de Matrícula Profesional No. 54202-72031 NTS, certifico que realicé el informe Estudio de Suelos para el proyecto cuyo objeto es **“CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA”** construirse en el Municipio de Fortul, Departamento de Arauca, así mismo declaro que asumo la responsabilidad del perjuicio que por causa de él pueda deducirse y hago constar que el presente documento cumple con los requisitos técnicos vigentes, establecidos en las Normas Técnicas Colombianas cuyos resultados se encuentran consignados en el estudio, que anexo debidamente firmado.

Asimismo, aclaro que este documento no puede ser modificado sin mi autorización una vez sea viabilizado el proyecto.

Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta Profesional y certificado de vigencia y antecedentes profesionales.

Se expide a solicitud del interesado, a los veinticinco (25) días del mes de abril de 2026.

Cordialmente,



JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT

C.C. 88215089 de Cúcuta – M.P. 5420272031 NTS

Ing. Civil UFPS. - Especialista en Geotecnia Ambiental UDES

	ESTUDIO DE SUELOS	Fecha: Abril de 2026
	CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA	Página 100

25 de abril de 2026

Señores:

MUNICIPIO DE FORTUL

Asunto: CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo **JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT**, identificado con cédula de ciudadanía No. 88.215.089 expedida en la Ciudad de Cúcuta – N.S., en mi condición de INGENIERO CIVIL portador de Matrícula Profesional No. 54202-72031 NTS, certifico que realicé el informe Estudio de Suelos para el proyecto cuyo objeto es **“CONSTRUCCIÓN DE OBRAS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO EN COLEGIO ALEJANDRO HUMBOLDT SEDE CENTRAL, EN EL MUNICIPIO DE FORTUL DEPARTAMENTO DE ARAUCA”** construirse en el Municipio de Fortul, Departamento de Arauca. Por lo anterior, manifiesto ceder plenamente los derechos a la Alcaldía del Municipio de Fortul.

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

Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta Profesional y certificado de vigencia y antecedentes profesionales.

Se expide a solicitud del interesado, a los veinticinco (25) días del mes de abril de 2026.

Cordialmente,



JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT

C.C. 88215089 de Cúcuta – M.P. 5420272031 NTS

Ing. Civil UFPS. - Especialista en Geotecnia Ambiental UDES