INFORME DE ESTUDIO DE SUELOS

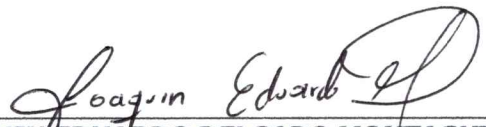
Proyecto:	**MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA**
Contiene:	**INFORME DE ESTUDIO DE SUELOS HOGAR INFANTIL TRAVESURAS**
Elaboró:	JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT Ingeniero Civil UFPS – Especialista en Geotecnia Ambiental M.P. No. 54202-72031 NTS
V.1 – Junio de 2026	

CONTROL DE DOCUMENTOS	

OBJETO:	**MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA**
CONTIENE:	**INFORME DE ESTUDIO DE SUELOS HOGAR INFANTIL TRAVESURAS**
FECHA:	JUNIO DE 2026

VERSIÓN	FECHA DE DOCUMENTO	DESCRIPCIÓN
V1	05 de JUNIO de 2026	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA – SECTOR HOGAR INFANTIL TRAVESURAS

ELABORÓ:



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

LISTA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 9
1. GENERALIDADES 11
1.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 11
1.2. ALCANCE DE PROYECTO 11
2. OBJETIVO DEL ESTUDIO 13
2.1. OBJETIVO PRINCIPAL 13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 13
3. ESTUDIO GEOLÓGICO 14
3.1. METODOLOGÍA 14
3.2. TRABAJO DE CAMPO 14
3.3. TRABAJO DE OFICINA 14
3.4. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN 15
3.4.1. Información geológica 15
3.4.2. Visitas de campo 16
3.4.3. Sondeos exploratorios 16
3.4.4. Procesamiento de la información 16
3.5. GEOLOGÍA REGIONAL 16
3.5.1. Geomorfología 16
3.5.2. Fisiografía 17
3.5.3. Estratigrafía 18
3.5.4. Geología estructural 20
3.6. AMENAZAS NATURALES 23
3.6.1. Amenaza por inundación 23
3.6.2. Amenaza por socavación de cauces 24
3.6.3. Amenaza por actividad sísmica 25
4. ESTUDIO GEOTÉCNICO 27
4.1. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 27
4.1.1. Metodología 27
4.1.2. Ejecución de Sondeos exploratorios 28
5. CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS 30
5.1. EL SUBSUELO 30
5.2. PROPIEDADES FÍSICAS 31

5.2.1. Potencial de expansión de los suelos 38
5.3. PROPIEDADES MECÁNICAS 39
5.3.1. Ensayo normal de penetración, SPT 39
5.4. ESTRATIGRAFÍA DE DISEÑO 42
5.5. NIVEL FREÁTICO 43
5.6. CLASIFICACIÓN DEL SUELO GUÍA DE TRABAJO SEGURO EN EXCAVACIONES 44
6. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL SUBSUELO 46
6.1. ESTIMATIVOS DE PARÁMETROS EFECTIVOS DE RESISTENCIA CON EL SPT 46
6.2. PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA 47
6.3. MÓDULO DE ELASTICIDAD 47
6.4. MÓDULO DE BALASTRO 49
7. ASPECTOS SÍSMICOS Y CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LOS SUELOS 50
7.1. PERFIL DE LOS SUELOS 50
7.2. CLASIFICACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA 51
7.3. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS SÍSMICOS 52
7.4. ANÁLISIS DE LICUACIÓN DE LOS SUELOS 52
7.4.1. Condiciones para que ocurra la licuación en los suelos 53
7.4.2. Estimación de la susceptibilidad a la licuación de los suelos 53
8. CAPACIDAD PORTANTE 55
8.1. GENERALIDADES 55
8.2. NIVEL Y SISTEMA DE CIMENTACIÓN 55
8.2.1. Cimentación superficial 56
8.3. CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE 58
8.3.1. Ecuaciones de capacidad portante utilizadas en el análisis 59
8.3.2. Cálculos de capacidad de carga admisible 59
8.4. ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS DE LAS OBRAS PROYECTADAS 62
8.4.1. Metodologías para el cálculo de asentamientos 64
8.4.2. Selección de la alternativa de cimentación más favorable 69
8.4.3. Excavaciones para cimentación 71
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 74
9.1. CONCLUSIONES 74
9.2. RECOMENDACIONES GENERALES DE CIMENTACIONES 75
ANEXOS 78

ANEXO 1. REGISTRO FOTOGRÁFICO 79
ANEXO 2. REGISTRO DE SONDEOS EXPLORATORIOS 85
ANEXO 3. ENSAYOS DE LABORATORIO 89
ANEXO 4. DOCUMENTACIÓN GEOTECNISTA..... 145

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Localización de los sondeos y apiques 29
Tabla 2. Resumen consolidado de resultados analíticos de laboratorio..... 37
Tabla 3. Comportamiento mecánico del suelo según el Índice de Liquidez (I_L) 36
Tabla 4. Clasificación de suelo expansivos según NSR-10 38
Tabla 5. Clasificación potencial de expansión 39
Tabla 6. Criterios de clasificación según el número de golpes del ensayo de penetración estándar 41
Tabla 7. Número de golpes/pie N_{CAMPO} 41
Tabla 8. Número de golpes/pie promedio N_{60} 42
Tabla 9. Distribución lito-estratigráfica general registrada en el predio 43
Tabla 10. Tipos de suelos 44
Tabla 11. Resumen parámetros de resistencia a partir del ensayo de SPT 46
Tabla 12. Parámetros de resistencia a la compresión inconfinada 47
Tabla 13. Correlaciones empíricas para estimar el módulo de Young Es en diferentes tipos de suelo a partir del ensayo de SPT 48
Tabla 14. Módulo de Young estimado para los suelos encontrados..... 48
Tabla 15. Valores Típicos del Módulo de elasticidad (E) 48
Tabla 16. Módulo de balasto a nivel de cimentación (B = L= 1.00 m) 49
Tabla 17. Promedio de SPT a lo largo de las exploraciones 50
Tabla 18. Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos C, D o E..... 50
Tabla 19. Parámetros sísmicos 52
Tabla 20. Capacidad portante admisible estrato arcilloso..... 60
Tabla 21. Límites normativos de asentamientos diferenciales máximos (NSR-10)..... 63
Tabla 22. Asentamiento total admisible..... 63
Tabla 23. Comparativo de asentamientos con y sin mejoramiento de suelo..... 69

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1. Localización específica del proyecto 11
Imagen 2. Localización y vías de acceso, Plancha 124 - Arauquita 15
Imagen 3. Mapa de suelos de la Plancha 124 -Arauquita 17
Imagen 4. Mapa de cuencas hidrográficas Departamento de Arauca 18
Imagen 5. Mapa geológico Plancha 124-Arauquita 19
Imagen 6. Rasgos morfotectónicos del Paleozoico 21
Imagen 7. Detalle de microlocalización del predio en el Plano PBOT-20 (Amenazas por Inundación) 24
Imagen 8. Zonificación de la amenaza sísmica en el departamento de Arauca y la Plancha 124 26
Imagen 9. Localización de los sondeos exploratorios 28
Imagen 10. Mapa de amenaza sísmica de Colombia 51
Imagen 11. Visualización del bulbo de presiones debajo de la zapata 66
Imagen 12. Detalle de una excavación segura 73
Imagen 13. Solución de cimentación con mejoramiento en concreto ciclópeo 77

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Perfiles de suelo encontrado en los sondeos 31
Gráfico 2. Estado de un suelo de acuerdo a la cantidad de agua presente 32
Gráfico 3. Rangos del índice de liquidez..... 32
Gráfico 4. Humedad natural vs profundidad 33
Gráfico 5. Índice de plasticidad vs profundidad 34
Gráfico 6. Índice de liquidez vs profundidad 35
Gráfico 7. Humedad natural y humedad de equilibrio vs profundidad 37
Gráfico 8. Curvas de número de golpes, N, en el ensayo SPT, contra profundidad 40
Gráfico 9. Esfuerzo máximo vs profundidad de desplante 61
Gráfico 10. Carga máxima vs profundidad de desplante 62

INTRODUCCIÓN

El presente estudio geotécnico se desarrolla bajo el marco del objeto contractual denominado "MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA". El proyecto global contempla la intervención de dos instituciones: el Hogar Infantil Travesuras, localizado en el casco urbano del municipio de Arauquita, y el CDI del Centro Poblado de Aguachica. Este informe técnico se centra de manera exclusiva en el estudio de suelos y análisis geotécnico correspondiente al **Hogar Infantil Travesuras**, con el propósito fundamental de definir los parámetros técnicos de diseño de cimentación, evaluar la capacidad portante y garantizar la estabilidad estructural del sistema de soporte para la nueva estructura de cubierta de la cancha sintética del plantel.

El predio objeto de estudio se encuentra ubicado en el casco urbano, específicamente sobre la Carrera 4 entre Calles 6 y 7, delimitado por las coordenadas espaciales 7°1'38.34"N y 71°25'46.79"O, y se enmarca cartográficamente dentro del Cuadrante C-5 de la Plancha de Arauquita del Servicio Geológico Colombiano.

La investigación geotécnica directa del subsuelo se fundamentó en la ejecución de tres sondeos exploratorios empleando el Ensayo de Penetración Estándar (SPT), identificados como S-01, S-02 y S-03. El perfil estratigráfico determinado en campo reveló una capa superficial de suelo orgánico y cobertura vegetal entre los 0.00 y 0.20 m, seguida por un estrato de arena gris ubicado desde los 0.20 m hasta una profundidad que fluctúa entre 1.00 y 1.10 m. Debajo de este horizonte arenoso se identificó un estrato profundo de naturaleza cohesiva compuesto por arcilla amarilla con gris de plasticidad baja a media, extendiéndose hasta los 6.40 m de profundidad final de exploración.

El conteo de golpes (N_{SPT}) reflejó valores de resistencia mecánica entre 4 y 9 golpes, determinando una consistencia blanda a media. Un factor crítico para el diseño es la presencia de un Nivel Freático (NF) sumamente superficial, estabilizado de manera uniforme a los 80 centímetros de profundidad, condición de saturación permanente que disminuye los esfuerzos efectivos del terreno e impone el uso obligatorio de sistemas de achique y bombeo de aguas durante las excavaciones de cimentación.

De acuerdo con la normativa nacional de sismorresistencia (NSR-10), el proyecto se enmarca en una Zona de Amenaza Sísmica Intermedia, asignándose coeficientes de diseño de $A_a = 0.20$ y $A_v = 0.15$. Debido al comportamiento mecánico y a la baja competencia de los depósitos arcillo-arenosos superficiales saturados, el sitio

califica técnicamente como un Perfil de Suelo Tipo E, lo que implica coeficientes de amplificación sísmica superficiales de $F_a = 1.70$ y $F_v = 3.35$.

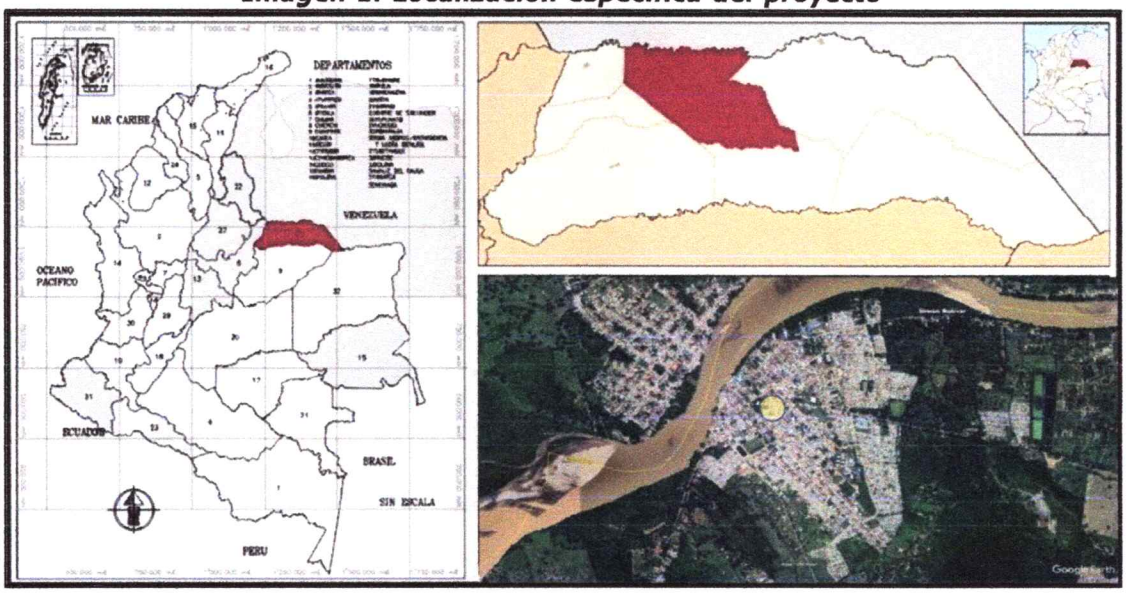
Considerando la zonificación de amenaza por inundación establecida en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) de Arauquita, en conjunto con la condición crítica del nivel freático superficial y los lineamientos de la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, el diseño geotécnico e ingenieril prescribe una cimentación mediante zapatas aisladas sólidamente arriostradas por vigas de amarre bidireccionales. Esta configuración estructural mitiga de manera prospectiva los riesgos de asentamientos diferenciales, socavación local y deformaciones dinámicas, cumpliendo con la idoneidad profesional exigida y garantizando un entorno resiliente para la primera infancia beneficiaria.

1. GENERALIDADES

1.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La ejecución del proyecto tiene lugar en el casco urbano del municipio de Arauquita, ubicado en el departamento de Arauca, Colombia. Específicamente sobre la Carrera 4 entre Calles 6 y 7 en las coordenadas 7°1'38.34"N- 71°25'46.79"O.

Imagen 1. Localización específica del proyecto



Fuente: Elaboración propia

1.2. ALCANCE DE PROYECTO

El alcance general del proyecto denominado "MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA" comprende la intervención y el mejoramiento físico de dos instituciones dedicadas a la atención de la primera infancia en el municipio: el Hogar Infantil Travesuras, ubicado en el casco urbano, y el CDI del Centro Poblado de Aguachica.

De manera específica, el alcance de la obra para el **Hogar Infantil Travesuras** consiste en la **construcción de la estructura de cubierta para la cancha sintética del plantel**. Esta intervención tiene como finalidad dotar a la institución de un espacio recreativo y deportivo protegido, garantizando que los niños puedan desarrollar sus actividades lúdicas y físicas sin estar expuestos a la intemperie o a las condiciones climáticas adversas propias de la región.

En este marco constructivo, el presente estudio de suelos se desarrolla como un componente técnico fundamental para viabilizar dicha obra. Su alcance particular consiste en proporcionar la caracterización geotécnica del subsuelo para emitir los parámetros de diseño que garanticen la estabilidad de los pedestales y la estructura metálica de la nueva cubierta. Esto abarca la definición de la capacidad portante, el cálculo de asentamientos, la clasificación sísmica del perfil y la formulación de recomendaciones constructivas frente al nivel freático superficial y las condiciones de cimentación segura.

2. OBJETIVO DEL ESTUDIO

2.1. OBJETIVO PRINCIPAL

Realizar la exploración, caracterización y análisis geotécnico del subsuelo en el **Hogar Infantil Travesuras**, con el fin de establecer los parámetros técnicos requeridos para el diseño seguro y eficiente de la cimentación de la **nueva estructura de cubierta para la cancha sintética del plantel**, en el marco del proyecto "MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA".

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir el entorno geológico, geomorfológico y la amenaza sísmica local del área de influencia del proyecto.

Caracterizar la estratigrafía del subsuelo del área de intervención mediante la ejecución de exploraciones directas de campo (Ensayo de Penetración Estándar - SPT) y la recuperación de muestras.

Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los estratos encontrados mediante ensayos de laboratorio, prestando especial atención al comportamiento de los depósitos arcillosos detectados.

Identificar la profundidad del nivel freático (N.F.) y evaluar su interacción y posibles afectaciones sobre las obras de cimentación.

Establecer la capacidad portante admisible del suelo de fundación a la cota de desplante proyectada y estimar los asentamientos.

Definir los parámetros sísmicos de diseño del sitio (clasificación del perfil de suelo y coeficientes de amplificación) en estricto cumplimiento del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).

Formular recomendaciones geotécnicas integrales para la selección del sistema de cimentación, requerimientos de mejoramiento del suelo (concreto ciclópeo) y manejo seguro de las excavaciones bajo condiciones de saturación.

3. ESTUDIO GEOLÓGICO

En el presente capítulo se describe de forma detallada el estado geomorfológico, geológico, estratigráfico y de amenaza sísmica presente en el área de influencia directa e indirecta del proyecto. De acuerdo con los aspectos litoestratigráficos de los depósitos y formaciones evaluadas mediante visitas técnicas de campo, prospección directa y la recopilación de estudios regionales preexistentes, se definen las unidades geológicas y sus respectivos miembros correspondientes al sector urbano a intervenir.

3.1. METODOLOGÍA

Para la elaboración y validación de este componente geológico, se tuvo en cuenta el estado del arte de los estudios del subsuelo a nivel local y regional. Se integró la cartografía geológica de la Plancha 124 (Arauquita) editada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) con la información técnica del Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) vigente para el municipio de Arauquita y su correspondiente Estudio Básico de Amenazas. Para los aspectos de la geología aplicada a la ingeniería, se ejecutó un análisis geomorfológico a nivel de elementos o componentes del paisaje y una caracterización de los procesos morfodinámicos activos en las calles y predios circundantes al proyecto.

3.2. TRABAJO DE CAMPO

El programa de actividades in situ se estructuró mediante las siguientes fases operativas:

- Recopilación y búsqueda exhaustiva de estudios geotécnicos e hidrológicos anteriores procedentes de fuentes oficiales como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el IDEAM, Corporinoquia y el Servicio Geológico Colombiano.
- Visitas de inspección técnica al lote del proyecto para lograr la identificación y delimitación física de las unidades geológicas superficiales (UGS) y las características geomorfológicas del entorno.
- Levantamiento cartográfico y georreferenciación de los elementos geológicos, puntos de muestreo y registros de dinámicas fluviales en el área de estudio

3.3. TRABAJO DE OFICINA

- Análisis e interpretación de la información secundaria y de los datos primarios recolectados durante los reconocimientos de campo, estructurando los

elementos temáticos esenciales de la geología y la geomorfología aplicadas a la ingeniería civil.

- Elaboración del informe temático respectivo del área de influencia directa del estudio.
- Redacción del informe temático final, formulación de conclusiones geotécnicas y emisión de recomendaciones de diseño sismorresistente bajo los lineamientos de la norma NSR-10.

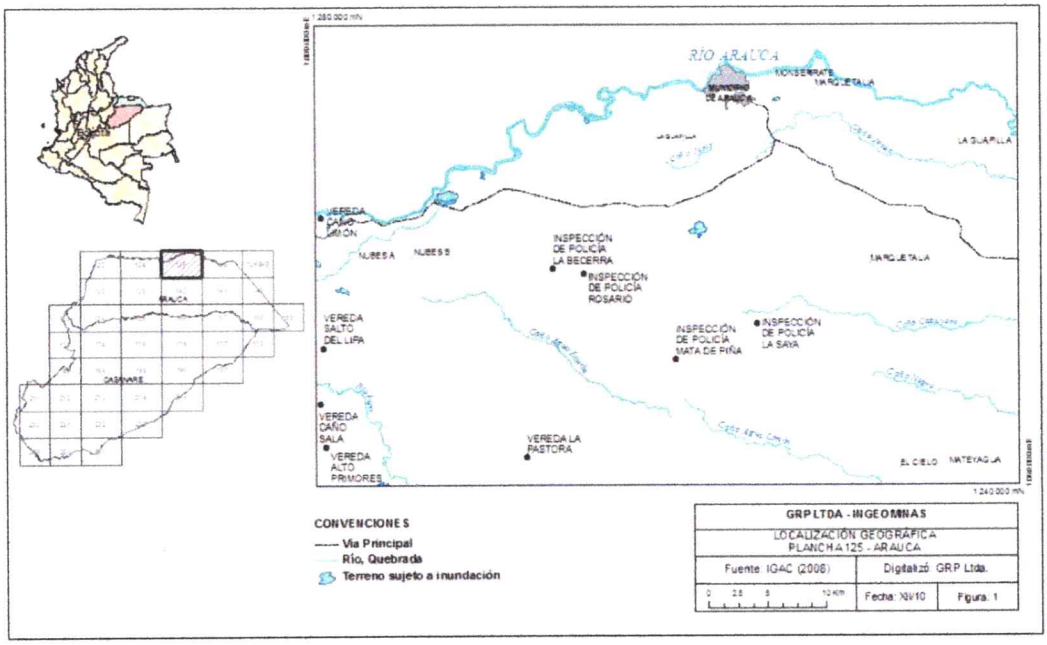
3.4. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

La obtención, filtrado y validación de los datos geológicos aplicados al presente estudio se desarrolló de manera sistemática en cuatro fases bien definidas: Información Geológica, Visitas de Campo, Ejecución de Sondeos Exploratorios, Procesamiento de la Información.

3.4.1. Información geológica

Se consultaron los siguientes documentos: Cartografía Geológica Escala 1:100.000 de la Plancha 124-Arauquita del Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS (2010). Mapa Geológico de Departamento de Arauca, ASONOP, 2014.

Imagen 2. Localización y vías de acceso, Plancha 124 - Arauquita



Fuente: Servicio Geológico Colombiano

3.4.2. Visitas de campo

El reconocimiento preliminar consistió en un recorrido general por el casco urbano y las zonas de ribera del río Arauca para identificar los paisajes, coberturas y el uso del suelo. Esta fase permitió constatar los niveles históricos de inundación pluvial y fluvial, los procesos de erosión lateral activos en las márgenes hídricas y registrar los datos clave para la programación de la fase exploratoria directa

3.4.3. Sondeos exploratorios

La exploración del subsuelo contempló la ejecución de tres (3) sondeos mecánicos profundos (S-01, S-02 y S-03) distribuidos de forma estratégica en el área destinada a la implantación de los apoyos de la nueva cubierta metálica. Las muestras recuperadas a cada metro de avance fueron rotuladas y protegidas para su posterior caracterización en laboratorio.

3.4.4. Procesamiento de la información

Los datos litológicos obtenidos en campo se correlacionaron con la información geológica y geomorfológica regional, permitiendo estandarizar los horizontes de diseño del subsuelo urbano y definir los parámetros de resistencia mecánica definitivos del terreno objeto de estudio.

3.5. GEOLOGÍA REGIONAL

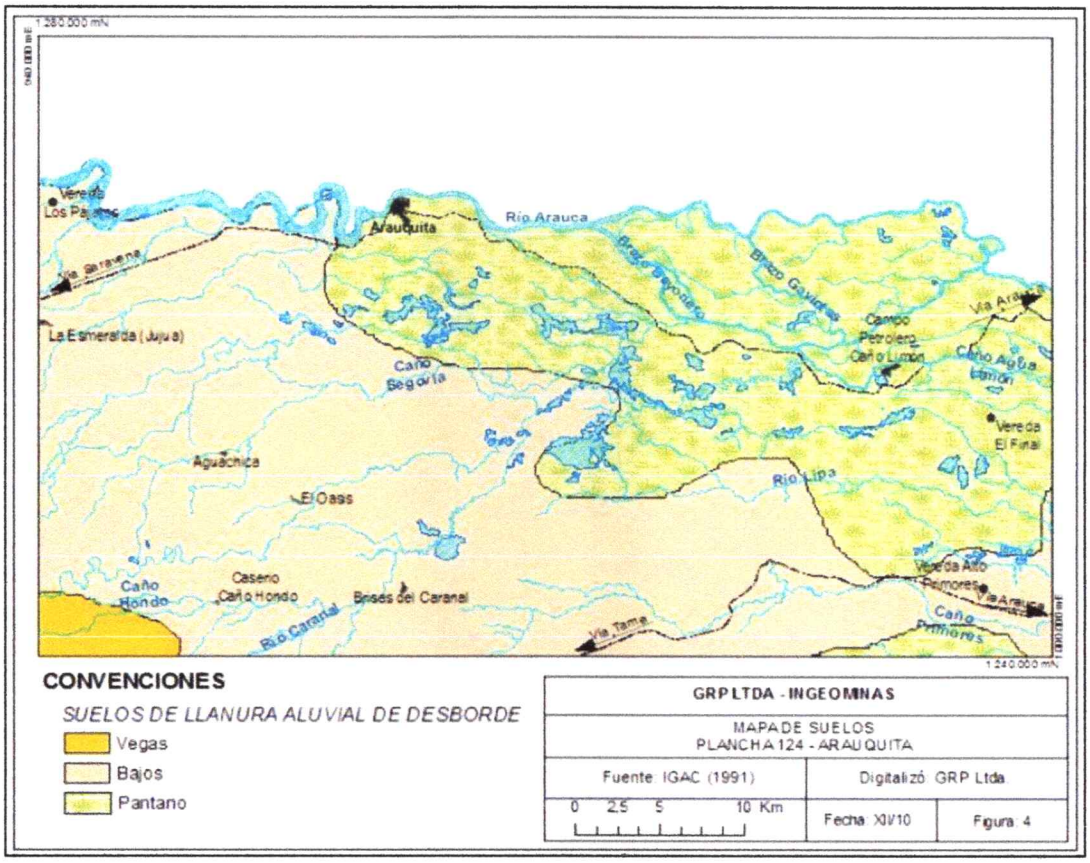
El marco geológico regional se fundamenta en la geología de la cuenca de los Llanos Orientales, la cual se comporta técnicamente como una cuenca de antepaís (*foreland basin*) desarrollada entre el Orógeno Andino al occidente y el Escudo de la Guayana al oriente. El municipio de Arauquita se encuentra localizado en la margen derecha del río Arauca, asentado sobre una provincia geológica plana y de baja altitud (promedio de 156 msnm), cubierta en su totalidad por potentes depósitos no consolidados del Neógeno y del Cuaternario Reciente, cuyos espesores oscilan entre los 250 m y 300 m sobre el basamento paleozoico.

3.5.1. Geomorfología

El predio del proyecto se enmarca cartográficamente dentro del cuadrante C-5 de la Plancha 124 del Servicio Geológico Colombiano. La geomorfología local se caracteriza por ser una **llanura aluvial de desborde**, la cual hace parte del paisaje

de la Orinoquia mal drenada, cuyo modelado actual responde directamente a la dinámica meándrica e hidrológica histórica del río Arauca y sus caños tributarios, responsables del continuo aporte y decantación de sedimentos finos.

Imagen 3. Mapa de suelos de la Plancha 124 -Arauquita



Fuente: Plancha 124 – Arauquita. Servicio Geológico Colombiano. 2010

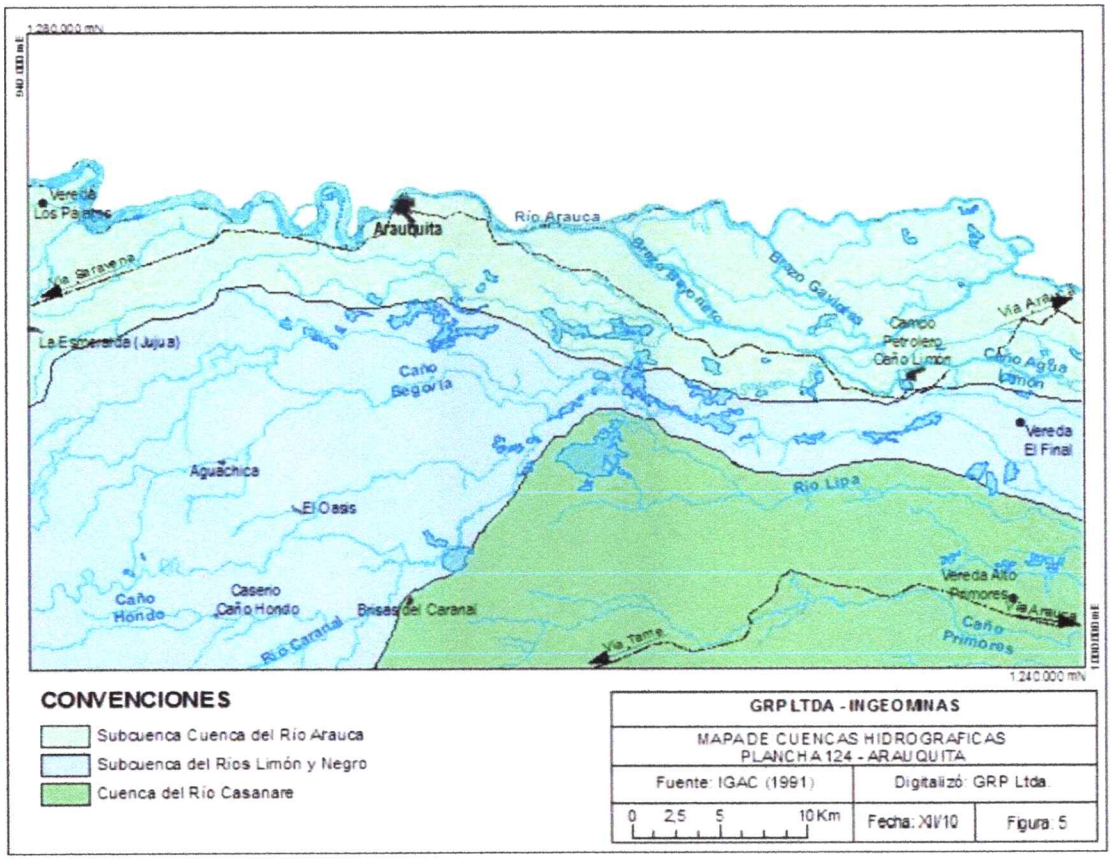
El drenaje natural en el sector del **Hogar Infantil Travesuras** está ubicado sobre zonas moderadas a imperfectamente drenadas dentro de la llanura aluvial, exhibiendo pendientes topográficas sumamente planas e inferiores al 3%. En estas condiciones, el agua de escorrentía superficial es evacuada con lentitud, lo que induce encharcamientos temporales durante las épocas de máxima pluviosidad. Los suelos del casco urbano se derivan de estos sedimentos limo-arcillosos recientes de origen aluvial, caracterizados por poseer contenidos variables de hierro y aluminio.

3.5.2. Fisiografía

Fisiográficamente, la región pertenece a la peneplanicie de la Orinoquia. El paisaje dominante está conformado por depósitos aluviales de desborde originados por

ríos meándricos que transportan elevadas cargas de sedimentos en suspensión. A mayor distancia del cauce principal del río Arauca, la velocidad de la corriente disminuye durante los eventos de desborde histórico, propiciando la depositación y decantación de los materiales más finos (limos y arcillas de baja permeabilidad) en regiones amplias y cóncavas denominadas técnicamente como *basines* o cuencas de decantación.

Imagen 4. Mapa de cuencas hidrográficas Departamento de Arauca



Fuente: Plancha 124 – Arauquita. Servicio Geológico Colombiano. 2010

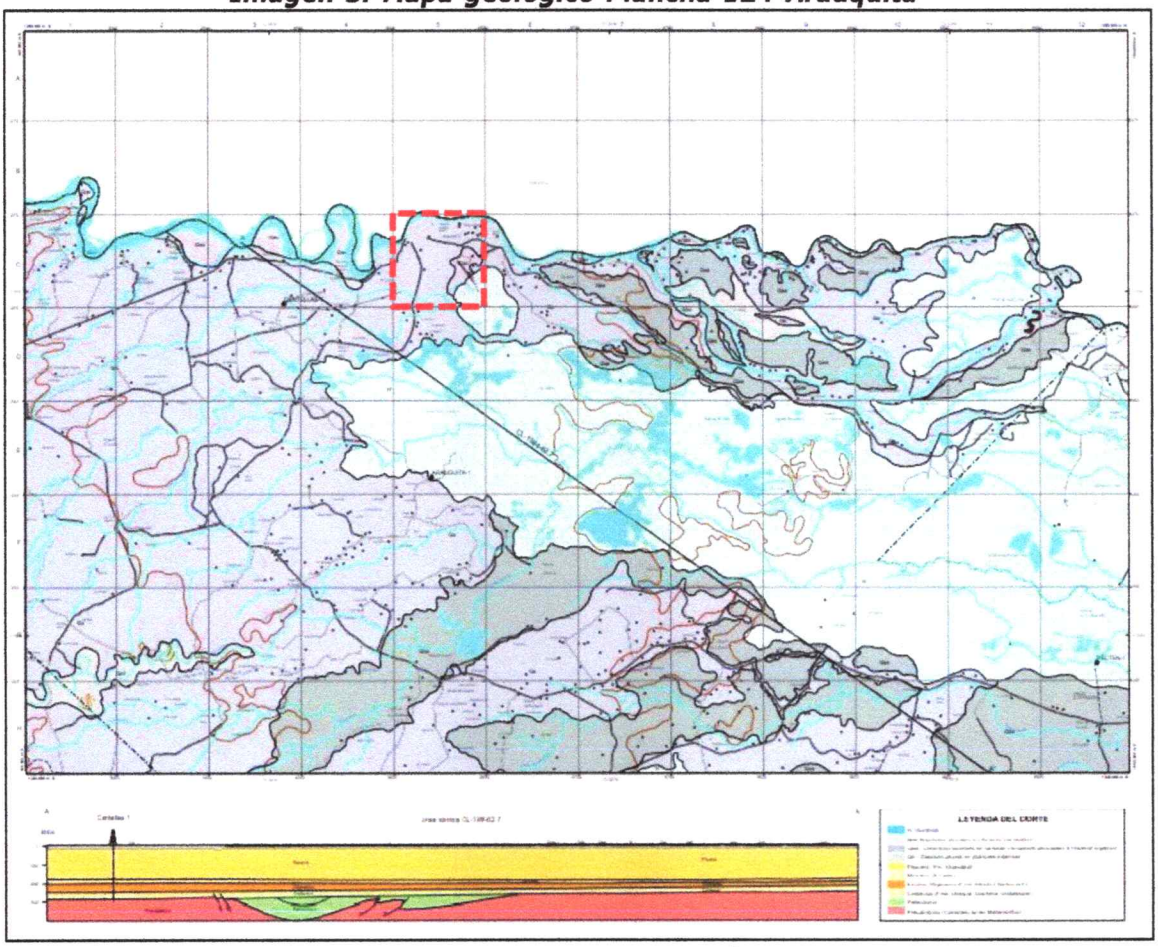
3.5.3. Estratigrafía

En el cuadrante C-5 (zona de estudio) afloran depósitos cuaternarios con morfología completamente plana, donde se distinguen los depósitos aluviales en planicies extensas (Qa).

Depósitos aluviales en planicies extensas (Qa): Los depósitos aluviales en planicies extensas son zonas en las cuales es posible apreciar una topografía no solamente plana, sino también de superficie lisa, fácilmente diferenciable en las

aerofotografías, sin mayores rasgos superficiales aluviales, de depositación o cambios de permeabilidad. Las planicies aluviales contienen acumulaciones de materiales transportados por los ríos que nacen en la Cordillera Oriental y ocasionalmente muestran una morfología de bajos, diques laterales y antiguos cauces ya colmatados.

Imagen 5. Mapa geológico Plancha 124-Arauquita



Fuente: Plancha 124 – Arauquita. Servicio Geológico Colombiano. 2010

Se trata de una unidad morfológica que exhibe un relieve casi plano a ligeramente ondulado con ocasionales zonas bajas de sustratos arcillosos (encharcables), cubiertas generalmente de pastos y zonas más altas (bancos o diques), conformadas por arenas o lodos arenosos con cobertura de pastos y rastrojos bajos.

Este relieve responde a geoformas ligeramente onduladas, donde las partes bajas o depresiones corresponden a basines y las partes altas a diques. Tal como se observa en las veredas Canciones y Puerto Nidia, en donde los basines están

inundados y separados por altos. Los depósitos aluviales en planicies extensas están conformados por sedimentos finos, en lo fundamental arenas muy finas, limos y arcillas que conforman el horizonte C, sobre las que se desarrolla un horizonte A de suelo orgánico inmaduro con espesores variables entre 0.2 y 0.5 m.

En los sectores altos, el horizonte C está compuesto por arenas de cuarzo (armazón de cuarzo > 90%), de granos subangulares, bien seleccionadas, con matriz de lodo entre el 10 y el 40%, con geometría interna laminada plano-paralela. El color es predominantemente gris claro (N7), abigarrado con colores pardo claros y pardo moderados (5YR5/6 – 5YR4/4), en algunos sectores, estas arenas desarrollan un horizonte A orgánico inmaduro con espesor menor a 0,5 m, de color pardo amarillo oscuro (10YR4/2) a gris oliva claro (5Y5/2).

El origen de estos depósitos es de planicie aluvial, asociada lateralmente a un ambiente fluvial meándrico, el material se deriva de intensos procesos de denudación en la Cordillera Oriental y a los aportes por la acción de la dinámica fluvial en los depósitos del Piedemonte Llanero.

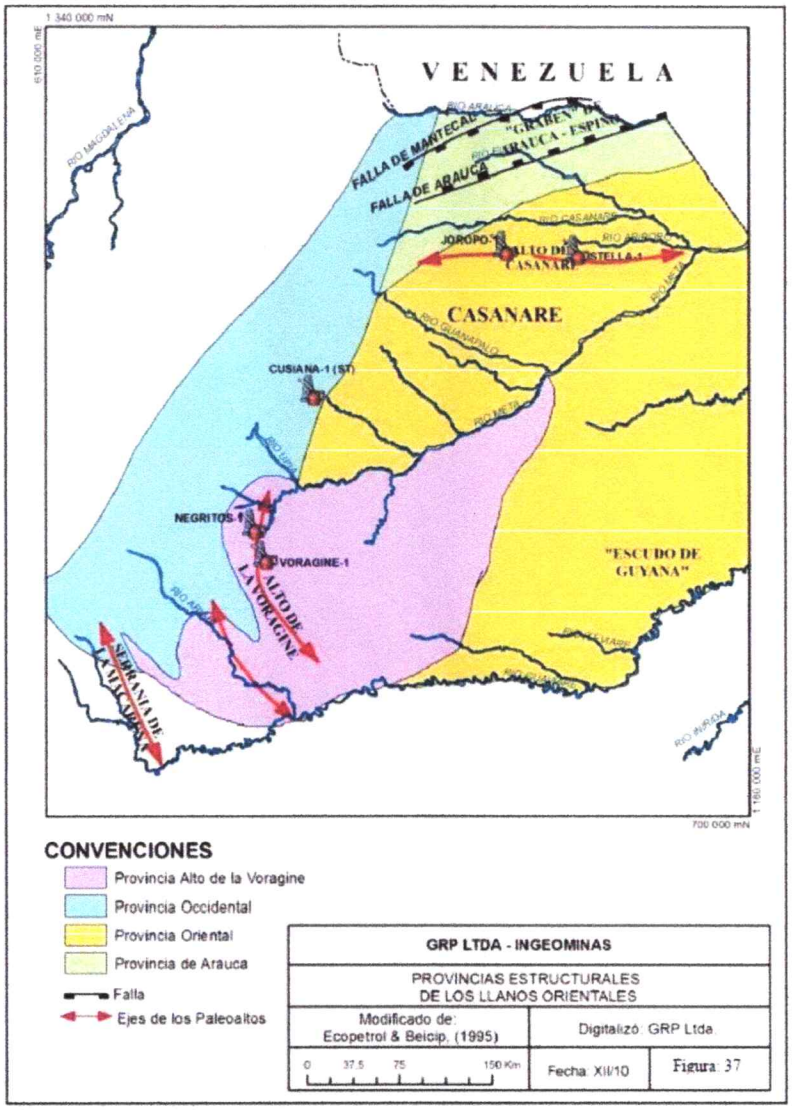
Estos eventos generaron conos aluviales con depósitos de bloques y gravas, tal como se observa en los grandes abanicos de Yopal y Tame en su parte proximal (por fuera de esta plancha) y depósitos de arenas y limos en la parte distal que conforman esta llanura aluvial. Tal como se evidencia en las descripciones anteriores, se trata de depósitos que no se encuentran afectados directamente por ciclos de depositación y erosión de los cauces actuales del río Arauca y sus tributarios.

3.5.4. Geología estructural

La cuenca de los Llanos Orientales ha estado sometida por lo menos a dos episodios orogénicos desde el Paleozoico que dieron lugar a dos unidades estructurales, el primero de origen Hercínico, involucra las formaciones paleozoicas, donde se evidencia una tectónica de inversión y el segundo de origen Andino, envuelve las formaciones meso-cenozoicas, donde predomina la inversión parcial de las fallas normales (Ecopetrol & Beicip, 1995).

Estos dos eventos o unidades estructurales afectan las provincias de Arauca y Casanare al norte, Meta al sur, Vichada al este y Piedemonte al oeste. El estilo de las provincias estructurales en los Llanos Orientales está definido por características de la *cobertera, la cual es paleozoica-mesocenozoica ó precámbrico-mesocenozoica.*

Imagen 6. Rasgos morfotectónicos del Paleozoico.



Fuente: Plancha 124 – Arauquita. Servicio Geológico Colombiano. 2010

Unidad Paleozoica: Esta unidad fue definida por estudios magnetométricos, levantamientos sísmicos y perforación de pozos realizados en la cuenca. Las características y geometría de las estructuras permiten diferenciar tres provincias estructurales, la Occidental, la Oriental y Arauca.

La provincia Occidental localizada en la margen este de la actual cuenca de los Llanos Orientales, se exhibe una reactivación del fallamiento normal pre-existente y un posterior plegamiento y erosión de las formaciones paleozoicas durante la Orogenia Hercínica. Este evento orogénico configuro una discordancia angular entre las formaciones paleozoicas y mesozoicas. La reactivación durante el

Paleógeno-Neógeno de estas estructuras pre-mesozoicas en algunos sectores de la cuenca, alcanzó horizontes estratigráficos del Oligoceno de la Formación Carbonera.

La provincia Oriental – Casanare – Vichada, se caracteriza por una notoria relación paraconcordante entre las unidades del Paleozoico y del Cretáceo-Paleogeno, que pone en evidencia la existencia de una plataforma relativamente estable desde Paleozoico en esta parte de la cuenca. Por otro lado, la secuencia sedimentaria está afectada por fallamiento normal de dirección N-S o SW-NE (Ecopetrol & Beicip, 1995) que involucra al basamento. Esta provincia se caracteriza por la presencia del graben de Arauca-Espino, estructura de dirección NE-SW, delimitada al norte por la zona de Falla de Mantecal-La Yuca.

Otra de las características estructurales del graben, es la relación angular entre la secuencia paleozoica y mesozoica, por la formación de pliegues originados por fallas inversas en el Paleozoico. En general estas estructuras corresponden a fallas normales invertidas.

En el sector suroeste de la cuenca, se presenta una anomalía gravimétrica positiva de rumbo N-S que corresponde al llamado *Alto de Vorágine*, constituido por rocas del Paleozoico, las cuales afloran o se encuentra cerca a la superficie (Graterol, 2009).

El Alto de Vorágine se relaciona a un fallamiento normal pre- mesozoico causante de un pilar estructural o área emergida la cual controló la depositación de las unidades cretácicas. Por otro lado, es manifiesta la relación discordante entre el Paleozoico y el Cenozoico, dada por el intenso plegamiento y fallamiento de la secuencia paleozoica debido a eventos asociados a la orogenia Hercínica.

Unidad Mesozoico-Cenozoica: En esta unidad no se separan provincias como en el Paleozoico, ya que es una estructura homoclinal con rumbo NE-SW, inclinada hacia el NW, con una variación entre uno y cinco grados de este a oeste. El rasgo estructural de mayor relevancia corresponde al fallamiento *normal.*

En la plataforma del Casanare se presenta un fallamiento de naturaleza normal que involucra el basamento cristalino y alcanza unidades superiores del Cretáceo y Paleógeno con dos tendencias principales, una N-S y otra SW-NE (Ecopetrol & Beicip, 1995). En general son de dos tipos sintéticas y antitéticas, pero con un claro dominio de las de tipo antitético.

El fallamiento de tipo normal presente en la plataforma del Casanare, en especial el antitético, probablemente es respuesta a la flexura que sufre la cuenca hacia el occidente, debido a la carga tectónica ejercida por la Cordillera Oriental relacionada a cabalgamientos con vergencia este en el piedemonte oriental de la Cordillera Oriental. Este fallamiento se *interpreta como fallas de alivio.* Como característica estructural principal de la plancha 124, tenemos en la parte noroccidental el graben de Arauca.

El límite norte del graben está constituido por la zona de falla Mantecal-La Yuca con una dirección predominante NE-SW y una polaridad de rumbo dextral, con desplazamiento vertical de tipo inverso que obedece a una posterior reactivación del fallamiento normal que dio origen al graben (Ecopetrol & Beicip, 1995). *Esto se advierte en las líneas sísmicas REN-86-2095 y CL-CN-81-15.*

En el extremo noroeste de la plancha, la secuencia sedimentaria buza hacia el oeste, con un bajo grado de angularidad entre la secuencia paleozoica y meso – cenozoica y en general con un escaso fallamiento normal de tipo sintético que involucra el basamento y alcanza a afectar sedimentos del terciario .

En la línea sísmica CL-84 62.7, de dirección NW-SE, se observa la secuencia sedimentaria meso – cenozoica con un ligero adelgazamiento de las unidades hacia el este, y un escaso fallamiento normal hacia la parte inferior del Cretáceo. En contraste, la secuencia paleozoica muestra pliegues y fallas inversas relacionadas con un evento hercínico que exhumo las rocas paleozoicas y desarrollo una discordancia angular de carácter regional con las formaciones mesocenozoicas.

3.6. AMENAZAS NATURALES

En el área de influencia del municipio de Arauquita se identifican tres fenómenos principales de amenaza de origen natural: inundaciones, socavación de cauces (dinámica fluvial) y sismicidad. A continuación, se detalla la evaluación de estas amenazas con un enfoque específico y directo sobre el predio del Hogar Infantil Travesuras.

3.6.1. Amenaza por inundación

De acuerdo con la cartografía oficial y la leyenda del mapa de Amenaza por Inundación del Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT), el municipio clasifica el territorio en tres niveles de riesgo: Amenaza Baja (color verde), Amenaza Media (color amarillo) y Amenaza Alta (color rojo).

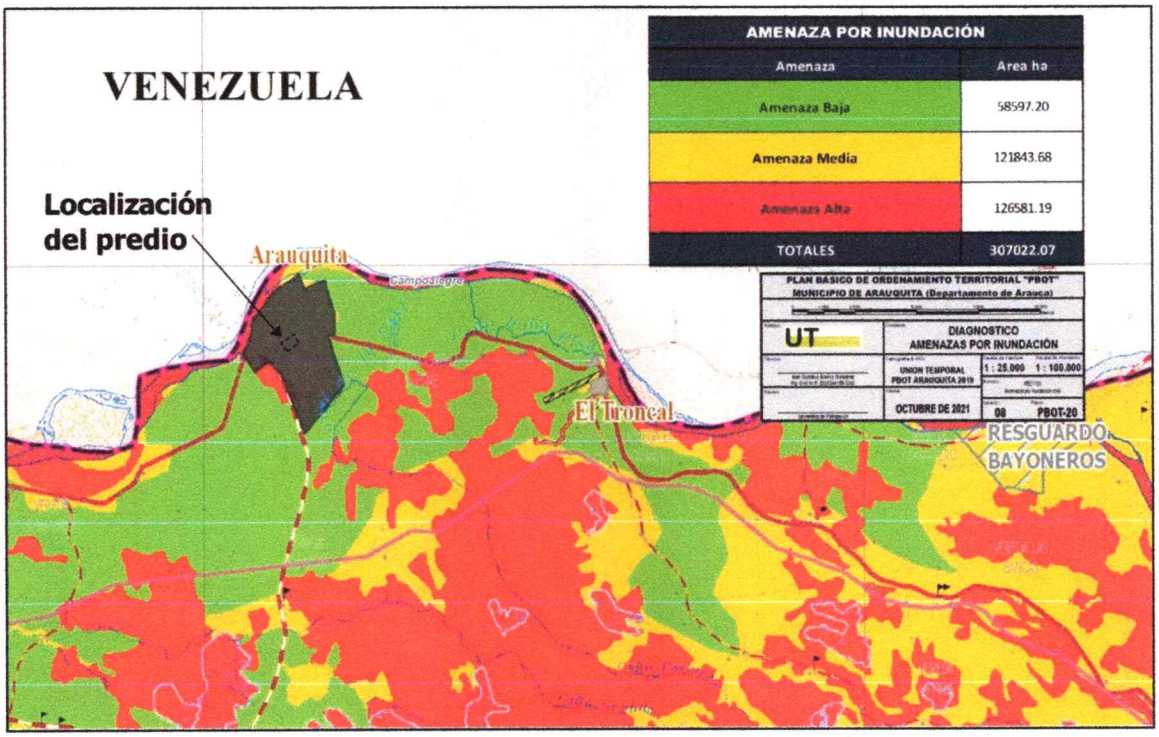
Según el Estudio Básico de Amenazas de Arauquita, para el casco urbano principal, la categoría de amenaza alta se concentra estrictamente en los sectores contiguos al margen del cauce del río Arauca, abarcando una franja casi paralela de aproximadamente 400 metros medidos desde la orilla.

Al localizar cartográficamente el **Hogar Infantil Travesuras** (Carrera 4 entre Calles 6 y 7), se evidencia que el plantel se ubica en la parte central del casco urbano consolidado, por fuera de la franja de los 400 metros de afectación directa del río. Por consiguiente, el predio del proyecto se enmarca sobre una zona clasificada

entre **Amenaza Baja y Media** por inundación fluvial. De hecho, los reportes técnicos indican que en esta zona céntrica no se han registrado niveles de inundación históricos asociados al desbordamiento del río.

Sin embargo, dado que el municipio posee pendientes topográficas sumamente bajas (entre 0° y 3°) que dificultan el drenaje superficial, existe una susceptibilidad moderada al anegamiento local por concentración de aguas lluvias. Por ello, se recomienda de manera preventiva establecer los niveles de los pedestales y pisos de la nueva cubierta ligeramente por encima de la cota de la vía o del terreno natural circundante, facilitando la escorrentía perimetral.

Imagen 7. Detalle de microlocalización del predio en el Plano PBOT-20 (Amenazas por Inundación)



Fuente: Plano PBOT-20 Diagnóstico Amenazas por Inundación. Plan Básico de Ordenamiento Territorial "PBOT" del Municipio de Arauquita. Octubre de 2021

3.6.2. Amenaza por socavación de cauces

La dinámica fluvial meándrica del río Arauca y del brazo Gaviotas genera procesos severos de erosión y pérdida de banca por socavación lateral en sus curvas exteriores, afectando históricamente a caseríos como Pueblo Nuevo y Reineras. Sin embargo, el lote del Hogar Infantil Travesuras se encuentra protegido por el tejido

urbano consolidado y alejado de las márgenes activas, por lo cual se diagnostica con **Amenaza Nula por Socavación Lateral o Migración de Cauce** durante la vida útil de la estructura.

3.6.3. Amenaza por actividad sísmica

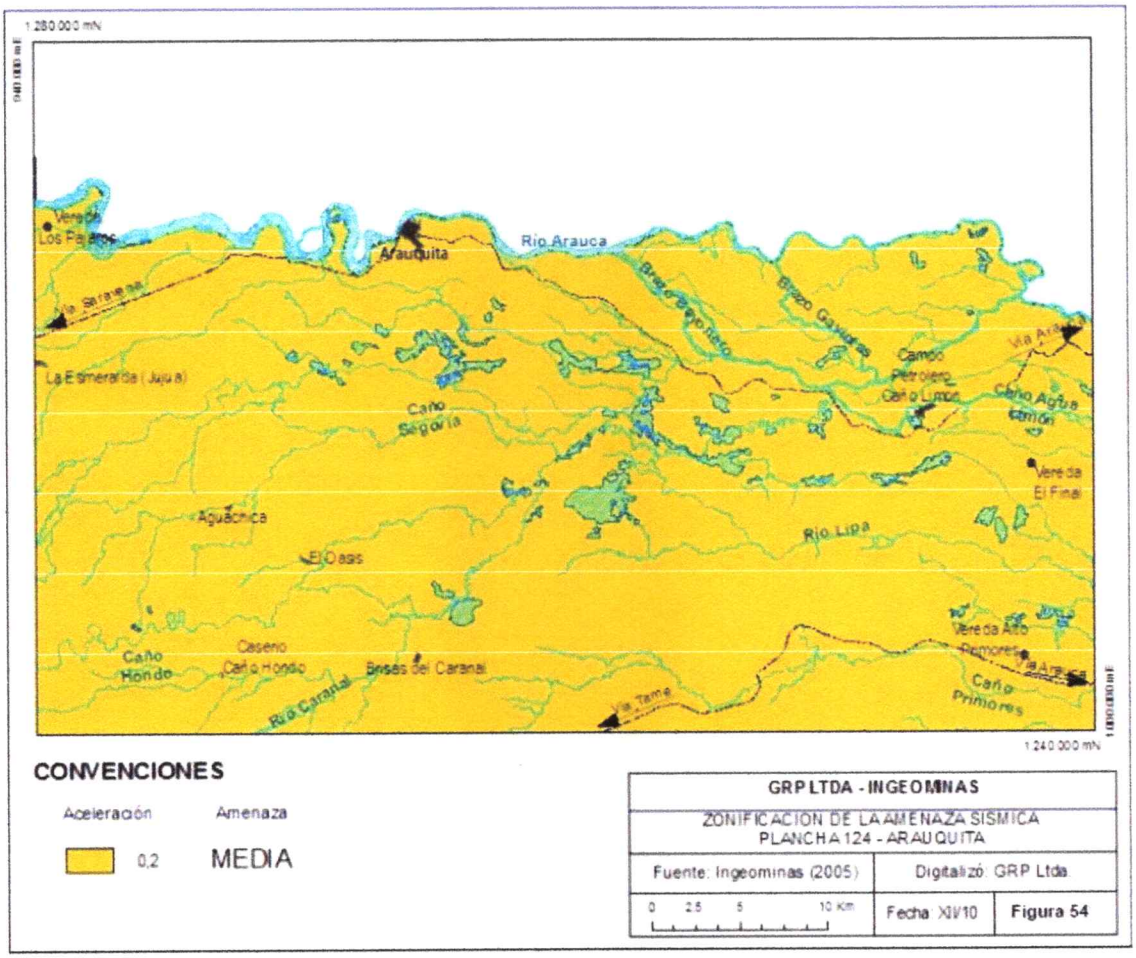
La evaluación de la amenaza sísmica para el predio del proyecto se fundamenta normativamente en la legislación nacional de sismo resistencia (Ley 400 de 1997) y las directrices del Estudio General de Amenaza Sísmica en Colombia. De acuerdo con la cartografía y la zonificación macroterritorial de este estudio, toda el área geográfica perteneciente a la Plancha 124 y al municipio de Arauquita se clasifica dentro de una **Zona de Amenaza Sísmica Intermedia**.

Esta categorización establece que el territorio cuenta con un parámetro de Aceleración Pico Efectiva horizontal de diseño (Aa) de 0.20g. Este valor representa el umbral mínimo obligatorio que debe ser considerado para los análisis de diseño estructural de las futuras edificaciones en el predio, tal como se ilustra en el mapa de zonificación sísmica del departamento (ver Imagen 9).

Un factor limitante para la determinación de la amenaza sísmica local real es la escasez de datos instrumentales, debido a que la mayoría de las poblaciones del departamento de Arauca son relativamente jóvenes y su historia sísmica documentada es reducida. El recuento histórico más significativo y cercano para la región corresponde al fuerte sismo ocurrido el 17 de febrero de 1807 a las 12 del día en la población de Tame, el cual destruyó la iglesia y 27 viviendas de la localidad, suceso que fue seguido por una fuerte tempestad que agravó los daños directos en la comunidad.

Dadas las características generales de los depósitos aluviales y la presencia constante de un nivel freático superficial en la región, se contempla de manera preliminar la susceptibilidad de los terrenos a sufrir pérdida de resistencia bajo solicitaciones dinámicas severas. No obstante, debido a que este numeral corresponde al marco geológico general, la determinación cuantitativa del tipo de perfil de diseño, el cálculo de los coeficientes de amplificación sísmica por efectos de sitio (Fa y Fv), y el análisis detallado de la susceptibilidad a la licuación para las cotas de cimentación de la estructura metálica de la cubierta, se desarrollan con rigurosidad matemática e ingeniería de detalle dentro del Capítulo 7 (Aspectos Sísmicos y Características Especiales de los Suelos) de este informe.

Imagen 8. Zonificación de la amenaza sísmica en el departamento de Arauca y la Plancha 124



Fuente: Plancha 124 – Arauquita. Servicio Geológico Colombiano. 2010

4. ESTUDIO GEOTÉCNICO

4.1. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

El programa de investigación directa en campo se diseñó con el objetivo de establecer el perfil estratigráfico y evaluar las propiedades geomecánicas del terreno donde se implantarán los pedestales de soporte de la nueva estructura de cubierta para la cancha sintética.

La campaña contempló la ejecución de tres (3) sondeos mecánicos a percusión con Ensayo de Penetración Estándar (SPT), identificados como S-01, S-02 y S-03. Cada perforación alcanzó una profundidad de 6.40 metros respecto al nivel del terreno natural, sumando un gran total de 19.20 metros lineales explorados.

El número, la distribución geométrica y la profundidad de estas exploraciones cumplen y superan las exigencias mínimas establecidas en la Tabla H.3.2-1 del Título H del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) para unidades de construcción de Categoría Baja (cargas en pilares menores a 800 kN y menos de 3 niveles). El muestreo continuo y el conteo de golpes en campo (N_{campo}) registraron valores de resistencia mecánica entre 4 y 9 golpes/pie, definiendo un subsuelo de consistencia blanda a media que yace bajo un nivel freático superficial estabilizado de manera uniforme a los 0.80 metros de profundidad.

4.1.1. Metodología

Las actividades de exploración in situ se desarrollaron siguiendo de forma estricta los protocolos técnicos aplicables a la ingeniería geotécnica:

a) Traslado al sitio: Con base en el reconocimiento preliminar y la información cartográfica del área, el personal técnico y los equipos de perforación se movilizaron al lote del HOGAR INFANTIL Travesuras, ubicado en la Carrera 4 entre Calles 6 y 7 del casco urbano de Arauquita, Arauca. En esta fase se realizó el replanteo y la georreferenciación de los puntos de muestreo sobre las coordenadas espaciales definitivas del predio: 7° 1'38.34"N y 71°25'46.79"O.

b) Ejecución de exploraciones: Se llevaron a cabo tres (3) sondeos mecánicos empleando exclusivamente el método de percusión con Ensayo de Penetración Estándar (SPT), alcanzando una profundidad de 6.40 metros en cada punto. Las perforaciones se distribuyeron de forma estratégica dentro del área destinada a la implantación de la cubierta con estructura metálica y sus respectivos pedestales

en concreto, garantizando el control geotécnico normativo, la recuperación continua de muestras de suelo y el registro riguroso del nivel freático superficial.

c) Análisis de la estratigrafía presentada: A medida que se extrajo el material de los sondeos, el laboratorista realizó la descripción visual in situ, analizando el color, la textura y ia consistencia de ios depósitos, así como registrando ia profundidad de detección del nivel freático.

f) Toma de muestras: Se recuperaron muestras representativas alteradas a cada metro de avance. Adicionalmente, en los horizontes cohesivos competentes, se extrajeron muestras inalteradas mediante tubos de pared delgada (*Shelby*) para preservar la estructura nativa del suelo y viabilizar los ensayos de resistencia y compresión en laboratorio.

4.1.2. Ejecución de Sondeos exploratorios

El número, espaciamiento y profundidad de estas exploraciones fueron determinados conforme a las características del lugar, las posibles cargas transmitidas por la estructura y siguiendo rigurosamente las indicaciones de la Tabla H.3.2-1 ("Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción") del Capítulo H del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10. En la Tabla 1 se presenta la localización geográfica de los sondeos realizados, y en la imagen 9 se ilustra más detalladamente su ubicación.

Imagen 9. Localización de los sondeos exploratorios



Fuente: Google Earth -Elaboración propia

Tabla 1. Localización de los sondeos y apiques

Sondeo	Ubicación			Prof.	N.F.
	Sector	Latitud N	Longitud W		
S-01	Area cancha sintética CDI Travesuras	7°1'38.49"N	71°25'46.65"O	-6.40 m	-0.80 m
S-02	Area cancha sintética CDI Travesuras	7°1'38.24"N	71°25'46.74"O	-6.40 m	-0.80 m
S-03	Area cancha sintética CDI Travesuras	7°1'38.20"N	71°25'46.96"O	-6.40 m	-0.80 m

Fuente: Elaboración propia

5. CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS

Para la clasificación técnica de los materiales del subsuelo, se realizaron ensayos de laboratorio (granulometría, límites de Atterberg y compresión inconfinada) sobre muestras extraídas de los sondeos S-01, S-02 y S-03. Los resultados permiten definir los parámetros físicos y mecánicos necesarios para la modelación del comportamiento del suelo bajo las cargas de la estructura de cubierta.

5.1. EL SUBSUELO

La exploración de campo reveló una distribución litoestratigráfica aluvial homogénea. El terreno presenta una transición entre un horizonte granular superficial y un potente depósito fino cohesivo, clasificado como arcilla arenosa (CL) según SUCS y suelo tipo A-6 según AASHTO. El perfil se segmenta en tres unidades geotécnicas:

Estrato 1: Arena Limosa Gris (Consistencia Suelta)

Localizado inmediatamente debajo de la capa vegetal, este horizonte se extiende desde los 0.20 m hasta una profundidad uniforme de 1.00 m. El material clasifica taxonómicamente como SM (AASHTO: A-2-4) y posee una granulometría de media a fina. Su consistencia es suelta, asociada a registros en el ensayo SPT de N_{SPT} 4 a 5 golpes. Asimismo, dicha franja sufre el impacto directo del nivel freático, estabilizado fijamente a los 0.80 m de profundidad, escenario responsable de inducir una saturación casi total en los vacíos intergranulares de la arena.

Estrato 2: Arcilla Arenosa Amarilla-Grisácea (Consistencia Blanda a Media)

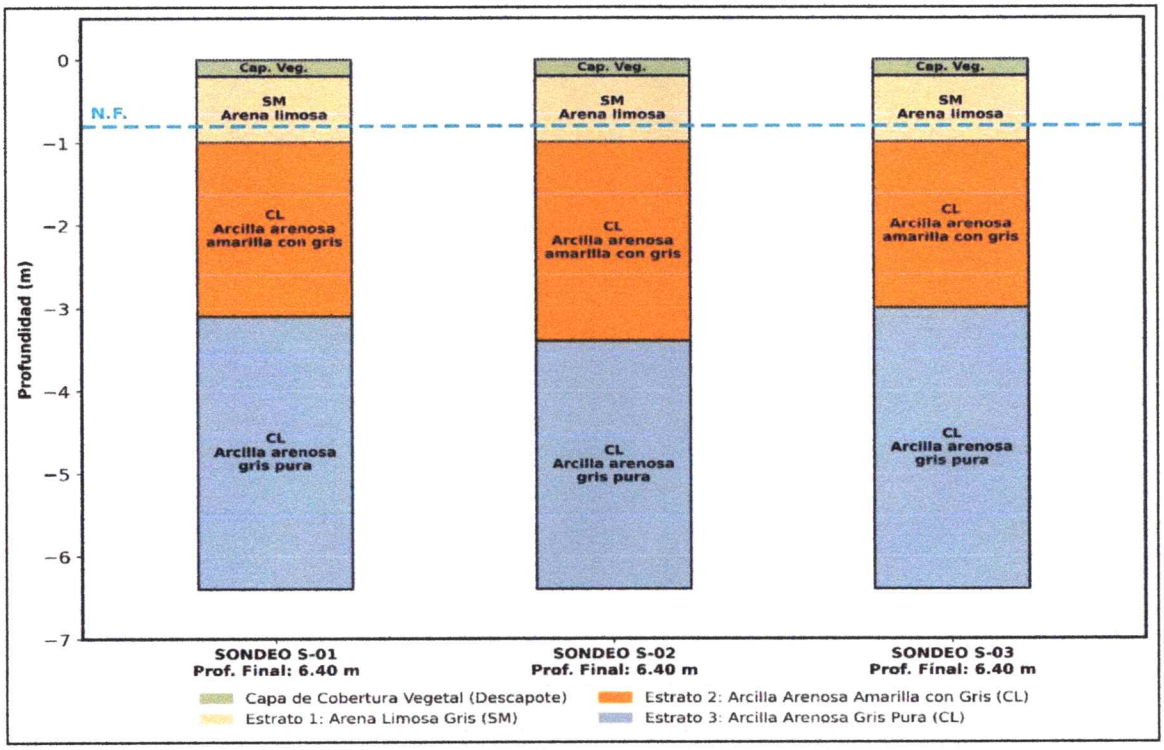
Esta unidad constituye una franja de alteración aluvial situada entre los 1.00 m y los 3.00 m / 3.10 m de profundidad. Físicamente, consiste en una arcilla arenosa de mediana plasticidad (CL / A-6) cuya tonalidad ocre con vetas grisáceas delata procesos históricos de oxidación por fluctuación hídrica. Mecánicamente exhibe una consistencia de blanda a media, evidenciando un incremento paulatino en la resistencia a la penetración con rangos de N_{SPT} 5 a 7 golpes.

Estrato 3: Arcilla Arenosa Gris Pura (Consistencia Media a Firme)

Consolidado como el sustrato basal del lote, este horizonte se prolonga de forma continua desde los 3.00 m / 3.10 m hasta el límite final de la investigación a los 6.40 m de profundidad (Cota 150.60 m). La composición consta de arcillas grises uniformes (CL / A-6) exentas de fracciones gruesas o cantos rodados. Debido al confinamiento litostático permanente por debajo de la línea de presión hidrostática, el estrato desarrolla la mayor competencia geomecánica del predio,

alcanzando una consistencia media a firme con golpeos terminales de N_{SPT} 8 a 9 golpes.

Gráfico 1. Perfiles de suelo encontrado en los sondeos



Fuente: Elaboración propia

5.2. 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.

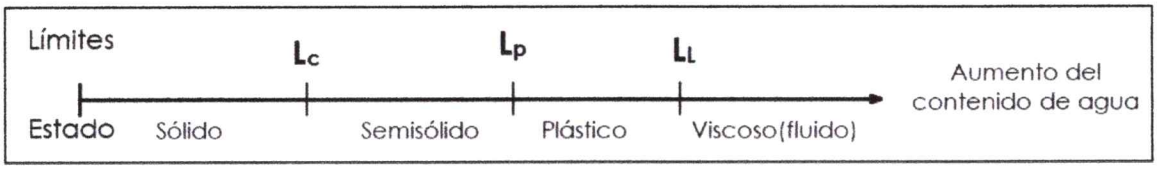
Para clasificar los materiales encontrados según el sistema USC, es necesario llevar a cabo ensayos de lavado sobre el tamiz No. 200 y límites de consistencia.

En los suelos finos, su comportamiento está asociado a la cantidad de agua presente en los vacíos del mismo, para tal fin y como valores empíricos se han aceptado ciertos valores frontera donde estos cambian de comportamiento al cambiar la cantidad de agua presente en la muestra.

Estos valores frontera son conocidos como límites, y son muy utilizados para caracterizar los conjuntos de partículas de suelo, agua, aire y se basan en el

concepto de que un suelo fino de acuerdo a su contenido de humedad puede presentar cuatro estados de consistencia como se muestra en el diagrama. El primer estado es seco, y a partir de este la humedad va aumentando hasta alcanzar el estado viscoso, como se muestra en el gráfico 2, así:

Gráfico 2. Estado de un suelo de acuerdo a la cantidad de agua presente



Fuente: Elaboración propia

Los contenidos de humedad y los puntos de transición de uno a otro estado se denominan: Limite de contracción L_c, Limite de plástico L_p y Límite de líquido L_L.

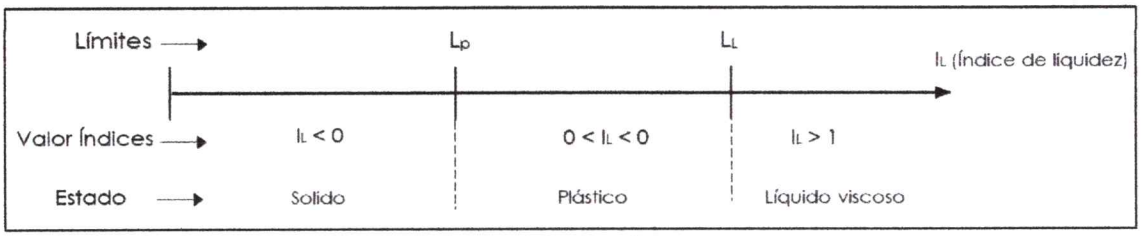
De los valores numéricos de estos límites se derivan algunas relaciones matemáticas denominadas Índices, entre los cuales se encuentran el Índice de Plasticidad, IP, y el Índice de Liquidez, IL.

$$IL = \frac{W - LP}{IP} \quad ;$$

IL: Índice de liquidez, W: Humedad natural, IP: Índice de Plasticidad.

En la expresión aparece el límite plástico del material y la humedad natural. De acuerdo al valor que alcance este índice se tiene un estado de comportamiento del material como se muestra en el gráfico 3, estados de un suelo de acuerdo a la cantidad de agua presente.

Gráfico 3. Rangos del índice de liquidez



Fuente: Elaboración propia

El índice de liquidez indica el potencial de consistencia de un suelo de acuerdo al valor de la humedad natural.

Según la fórmula anterior puede anotarse que para un suelo que tiene la humedad natural igual a su límite plástico el índice de liquidez es cero y para un contenido de humedad igual al límite líquido el índice es igual a 1. Con esto se puede concluir que:

IL < 0, el suelo tendrá un comportamiento rígido

$0 < IL < 1$, el suelo se comportará como un material plástico

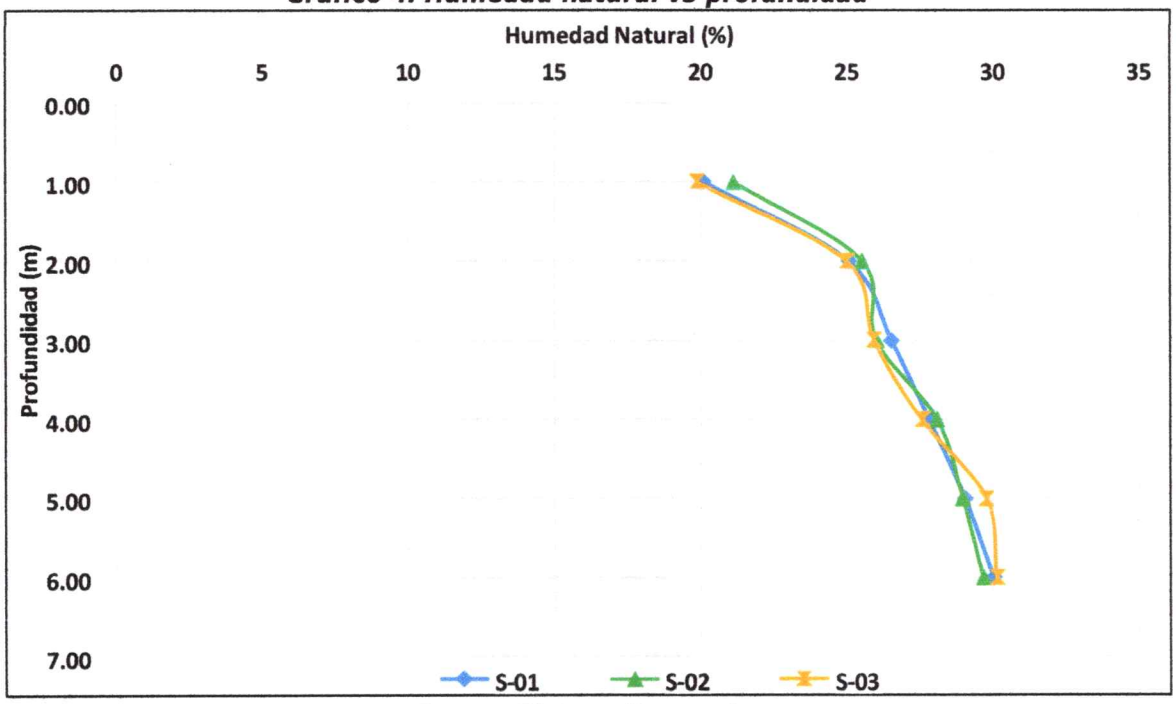
$IL > 1$, el suelo se convertirá en un líquido muy viscoso

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 Gráfico 4 ilustra la distribución vertical de la humedad natural (Wn) en el predio del Hogar Infantil Travesuras, reflejando el impacto directo de la hidrología local sobre las propiedades físicas del subsuelo. En el horizonte granular superficial, correspondiente a la arena limosa (SM) evaluada a 1.00 metro de profundidad, las muestras registran contenidos de agua comprendidos entre el 19.87% y el 21.13%.

Gráfico 4. Humedad natural vs profundidad



Fuente: Elaboración propia

Este rango representa una condición de humedad elevada desde los niveles iniciales del terreno, asociada al fenómeno de ascensión capilar por la proximidad

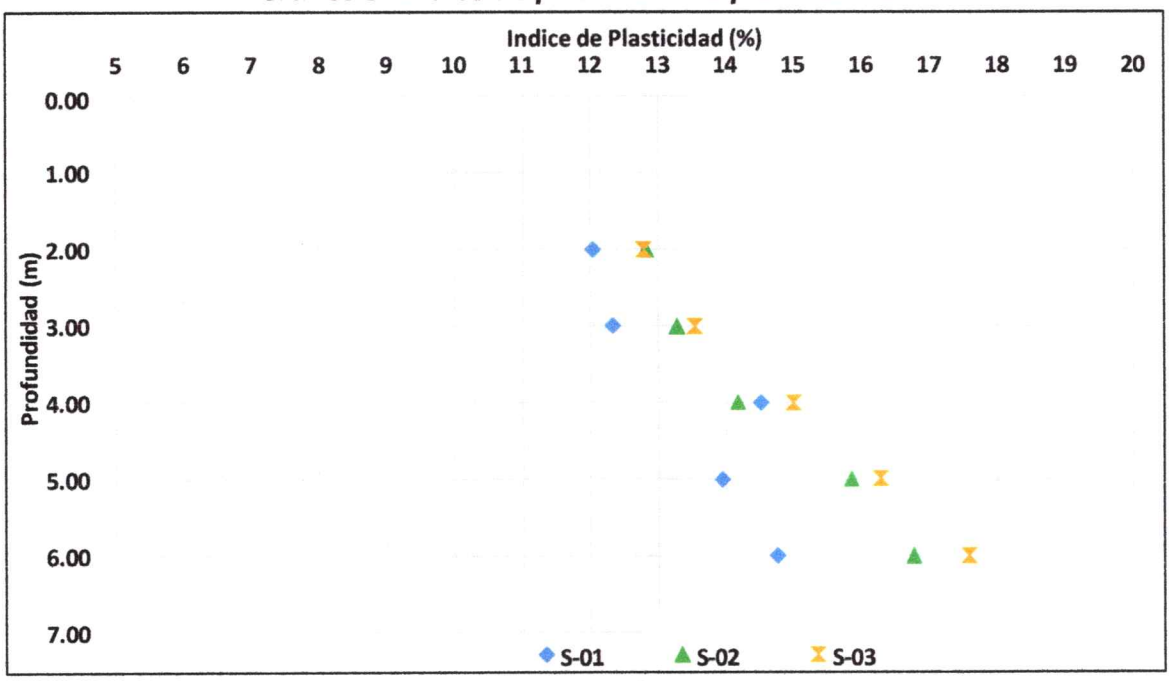
del nivel freático (N.F.), el cual se encuentra estabilizado de manera uniforme a los 0.80 metros de profundidad (Cota 156.20 m).

Al descender hacia el depósito arcilloso fino (CL), las curvas experimentan una transición hacia porcentajes de agua mayores. A los 2.00 metros, el contenido de humedad se sitúa entre el 24.99% y el 25.53%. Desde este punto hasta los 6.00 metros de profundidad, el perfil mantiene un comportamiento regular y progresivo, ascendiendo sutilmente hasta registrar un valor máximo del 30.14% en el sustrato basal de las perforaciones.

En el entorno aluvial de Arauquita, dicha tendencia evidencia la saturación total de la matriz arcillosa bajo la línea de presión hidrostática. Al estar los vacíos del suelo ocupados permanentemente por agua, disminuye la resistencia a la corte efectiva del terreno frente a cargas sostenidas.

Esta condición técnica obliga a calcular la capacidad portante mediante esfuerzos efectivos y a dimensionar de forma rigurosa las zapatas de los pedestales en concreto, garantizando la estabilidad y limitando los asentamientos a largo plazo en la nueva estructura metálica de la cubierta.

Gráfico 5. Índice de plasticidad vs profundidad



Fuente: Elaboración propia

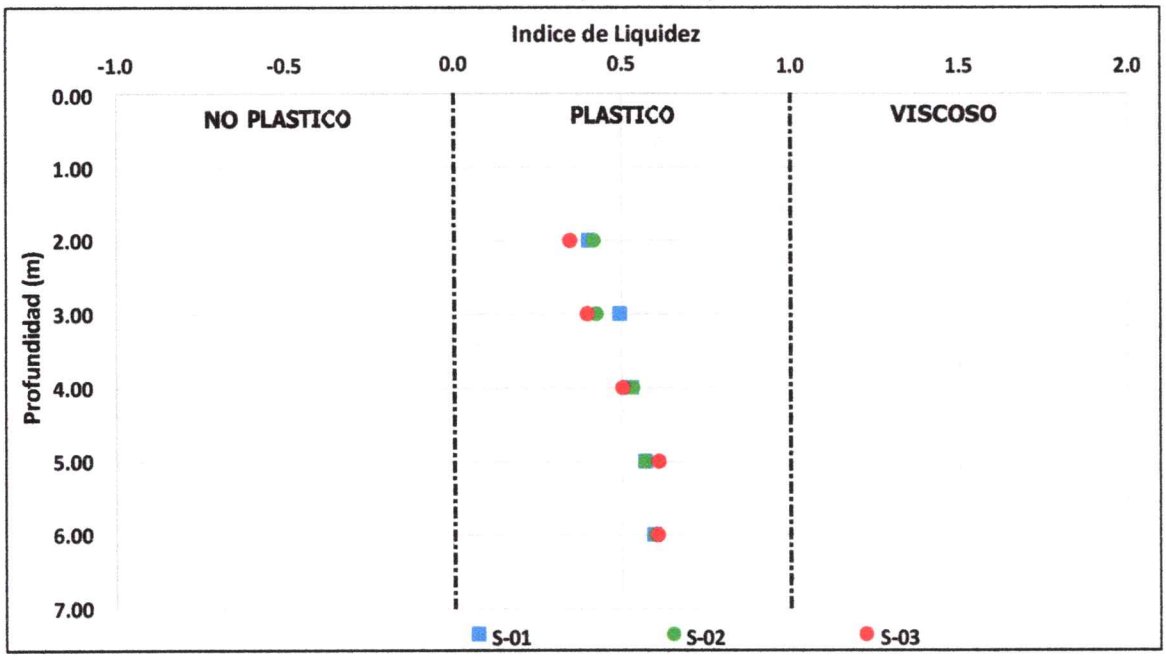
El Gráfico 5 detalla la distribución vertical del Índice de Plasticidad (IP) en función de la profundidad para las muestras cohesivas recuperadas en el predio, revelando un comportamiento altamente homogéneo comprendido entre un valor mínimo

del 12.03% (registrado a 2.00 metros en el sondeo S-01) y un máximo del 17.57% (reportado a los 6.00 metros en el sondeo S-03).

Estos resultados, directamente vinculados a Límites Líquidos (LL) desarrollados en un rango regular entre el 32.26% y el 37.08%, permiten ratificar la clasificación de este depósito aluvial como arcillas arenosas de baja a mediana plasticidad, catalogadas como CL según el sistema SUCS y como materiales tipo A-6 bajo la metodología AASHTO.

Desde la perspectiva del diseño estructural, la estabilidad de dichos parámetros plásticos descarta la presencia de suelos expansivos críticos; sin embargo, ante la saturación permanente del terreno por el nivel freático superficial, la baja competencia geomecánica remanente exige un diseño riguroso y un arriostramiento bidireccional en las zapatas de los pedestales en concreto para sostener de forma segura la estructura metálica de la nueva cubierta.

Gráfico 6. Índice de liquidez vs profundidad



Fuente: Elaboración propia

En términos prácticos de ingeniería geotécnica, el subsuelo exhibe un incremento gradual de su plasticidad a medida que se progresa en profundidad, pasando de un comportamiento granular suelto en la superficie a una matriz netamente cohesiva. Mientras el estrato superior de arena limosa registra nula plasticidad, la unidad arcillosa subyacente (a partir de 1.00 m) desarrolla una ganancia

moderada en su rango plástico, alcanzando su índice máximo del 17.57% a los 6.40 metros de profundidad.

A pesar de esta tendencia, la totalidad del perfil cohesivo de diseño se desplaza dentro de una franja de plasticidad media sumamente estable y uniforme, confirmando un comportamiento predecible ante los asentamientos del proyecto. Sin embargo, dado que el nivel freático real del predio se encuentra estabilizado de forma crítica a tan solo 0.80 metros de profundidad, el bulbo de presiones de las zapatas interactuará directamente con una masa arcillosa saturada y deformable.

Con un Índice de Liquidez (IL) promedio de 0.51 y un valor máximo registrado de 0.61 hacia la base del perfil, el suelo mantiene un margen de seguridad confiable respecto al estado líquido (IL > 1.0), consolidándose en un estado firmemente plástico. No obstante, debido a la baja permeabilidad intrínseca de esta arcilla magra clasificada como CL / A-6 —la cual registra un elevado contenido de finos promedio del 86.86%— y a su susceptibilidad a la pérdida de consistencia por remoldeo, cualquier deficiencia en el manejo de escorrentías durante las excavaciones degradaría las propiedades mecánicas del plano de apoyo.

Esta vulnerabilidad justifica la necesidad constructiva de realizar un solado de limpieza o vaciado inmediato de concreto tras la apertura de las excavaciones, actuando como un sello protector que impida la descompresión o el amasado del fondo de soporte de los pedestales.

Tabla 2. Comportamiento mecánico del suelo según el Índice de Liquidez (I_L)

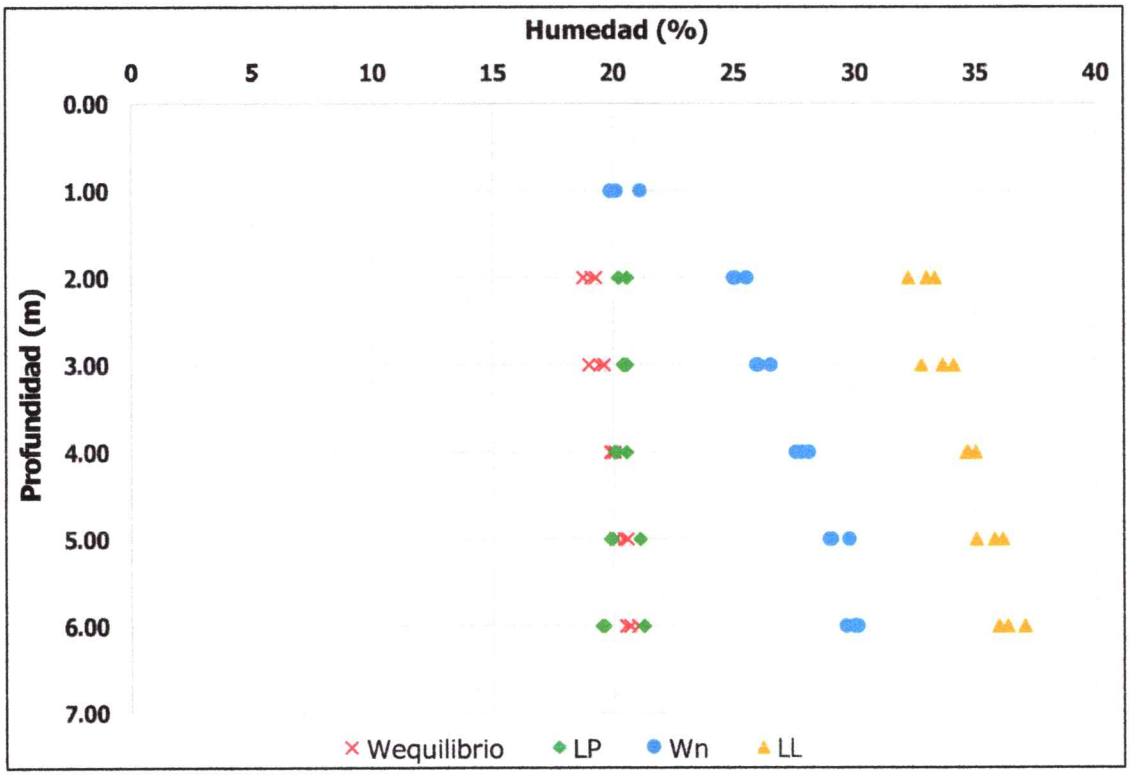
IL	COMPORTAMIENTO DEL SUELO
< 0.0	Demostrará fractura rígida al ser sometido a corte, porque el contenido natural de humedad wn es menor que el límite plástico LP. En este caso el suelo estará en estado sólido a semi sólido.
0.0 - 1.0	El material exhibe un comportamiento netamente plástico. Este rango comprende e indexa a la gran mayoría de las arcillas en su estado de consolidación natural.
> 1.0	Será esencialmente un líquido muy viscoso cuando se somete a corte, porque el contenido natural de humedad wn es mayor que el límite líquido LL. Tales suelos pueden ser extremadamente sensibles al colapso de la estructura del suelo. Mientras no sean alterados de manera alguna pueden ser relativamente fuertes, pero si por alguna razón son sometidos a corte (remoldeo) y la estructura del suelo colapsa, entonces literalmente pueden fluir como un líquido viscoso.

Por su parte, la relación integrada entre la profundidad y los límites de consistencia revela que la humedad natural real de la arcilla (promedio de **27.67%** y pico

máximo de **30.14%** a los 6.40 m) se posiciona notablemente por encima de la humedad de equilibrio calculada, la cual oscila de manera estricta entre el **18.76% y el 21.03%**. Está marcada diferencia confirma que el subsuelo en su estado nativo retiene un volumen de agua intersticial significativamente mayor del que poseerá a largo plazo, una vez que la estructura del centro infantil esté construida y el terreno se encuentre techado y protegido.

Por consiguiente, si el suelo periférico experimentara procesos de desecación extrema o fluctuaciones severas en el acuífero, la disipación de este exceso de humedad activaría contracciones volumétricas locales, riesgo que convalida técnicamente desplantar las zapatas de los pedestales de concreto a una cota de fundación segura y confinada, completamente aislada de la zona de alteración climática activa en la corona del terreno.

Gráfico 7. Humedad natural y humedad de equilibrio vs profundidad



Fuente: Elaboración propia

Los ensayos de laboratorio confirmaron la naturaleza arcillosa del subsuelo, con un contenido de finos promedio del 86.86%. La humedad natural (wn) promedio de 27.43% supera la humedad de equilibrio (promedio 19.89%), lo que indica que el suelo retiene un exceso de agua intersticial en su estado nativo

Tabla 3. Resumen consolidado de resultados analíticos de laboratorio

SONDEO	NIVEL FREAT.	MUESTRA		CLASIFICACION			GRADACIÓN			% HUM.	Hum. Equilib %	%LL	%LP	%IP	IL	Peso Unitario	Gravedad específica	PARÁMETROS DE RESISTENCIA	
		No.	PROF. (M)	U.S.C.	AASHTO	IG	% Grava	% Arena	% Finos							Ton/m3	Gs	C (kg/cm2)	ϕ(°)
S-01	0.80	M1	1.00	SM	A-2-4	-	0.00	72.83	27.17	20.12	-	-	-	-	-	1.832	2.669		
		M2	2.00	CL	A-6	10	0.00	13.12	86.88	25.06	18.76	32.26	20.23	12.03	0.40	1.858	2.711	0.35	-
		M3	3.00	CL	A-6	10	0.00	13.30	86.70	26.53	19.00	32.77	20.45	12.32	0.49	1.867	2.711		
		M4	4.00	CL	A-6	12	0.00	12.98	87.02	27.81	19.89	34.65	20.14	14.51	0.53	1.874	2.711		
		M5	5.00	CL	A-6	12	0.00	12.49	87.51	29.04	20.07	35.05	21.11	13.94	0.57	1.883	2.711		
		M6	6.00	CL	A-6	13	0.00	12.42	87.58	30.01	20.52	36.00	21.25	14.75	0.59	1.896	2.711		
S-02	0.80	M1	1.00	SM	A-2-4	-	0.00	76.29	23.71	21.13	-	-	-	-	-	1.845	2.667		
		M2	2.00	CL	A-6	10	0.00	13.77	86.23	25.53	19.11	33.00	20.19	12.81	0.42	1.857	2.710		
		M3	3.00	CL	A-6	11	0.00	13.63	86.37	26.01	19.42	33.66	20.39	13.27	0.42	1.861	2.710		
		M4	4.00	CL	A-6	12	0.00	13.16	86.84	28.09	19.92	34.72	20.55	14.17	0.53	1.875	2.711		
		M5	5.00	CL	A-6	14	0.00	12.60	87.40	28.96	20.43	35.80	19.96	15.84	0.57	1.893	2.711	0.43	-
		M6	6.00	CL	A-6	14	0.00	12.50	87.50	29.65	20.69	36.37	19.61	16.76	0.60	1.906	2.711		
S-03	0.80	M1	1.00	SM	A-2-4	-	0.00	78.08	21.92	19.87	-	-	-	-	-	1.848	2.665		
		M2	2.00	CL	A-6	10	0.00	14.07	85.93	24.99	19.27	33.35	20.57	12.78	0.35	1.876	2.710		
		M3	3.00	CL	A-6	11	0.00	14.18	85.82	25.94	19.63	34.10	20.57	13.53	0.40	1.884	2.710		
		M4	4.00	CL	A-6	13	0.00	13.27	86.73	27.57	20.05	35.03	20.05	14.98	0.50	1.895	2.711		
		M5	5.00	CL	A-6	14	0.00	13.24	86.76	29.78	20.59	36.15	19.88	16.27	0.61	1.891	2.711		
		M6	6.00	CL	A-6	15	0.00	12.34	87.66	30.14	21.03	37.08	19.51	17.57	0.61	1.911	2.711		
PROM	0.80			CL	A-6	12	0.00	23.57	76.43	26.46	19.89	34.67	20.30	14.37	0.51	1.875	2.704	0.390	-
MINIMO	0.80			CL	A-6	10	0.00	12.34	21.92	19.87	18.76	32.26	19.51	12.03	0.35	1.832	2.665	0.350	-
MAXIMO	0.80			CL	A-6	15	0.00	78.08	87.66	30.14	21.03	37.08	21.25	17.57	0.61	1.911	2.711	0.430	-

Fuente: Elaboración propia

5.2.1. 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 plasticidad. Con estas propiedades y mediante el uso de la Tabla H. 9.1-1 de la NSR-10 se definió el potencial de expansión de los suelos.

Tabla 4. Clasificación de suelo expansivos según NSR-10

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

Fuente: Título H de la NSR-10

Tabla 5. Clasificación potencial de expansión

Parámetros	Valores máximos obtenidos	Valores referencia
LL %	37.08	< 39
IP %	17.57	< 20
Potencial de expansión		**BAJO**

Fuente: Elaboración propia

Conforme a la tabla 4 y 5 los valores allí presentados, el potencial de expansión de los suelos arcillosos encontrados es BAJO.

5.3. PROPIEDADES MECÁNICAS

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

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

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

5.3.1. Ensayo normal de penetración, SPT.

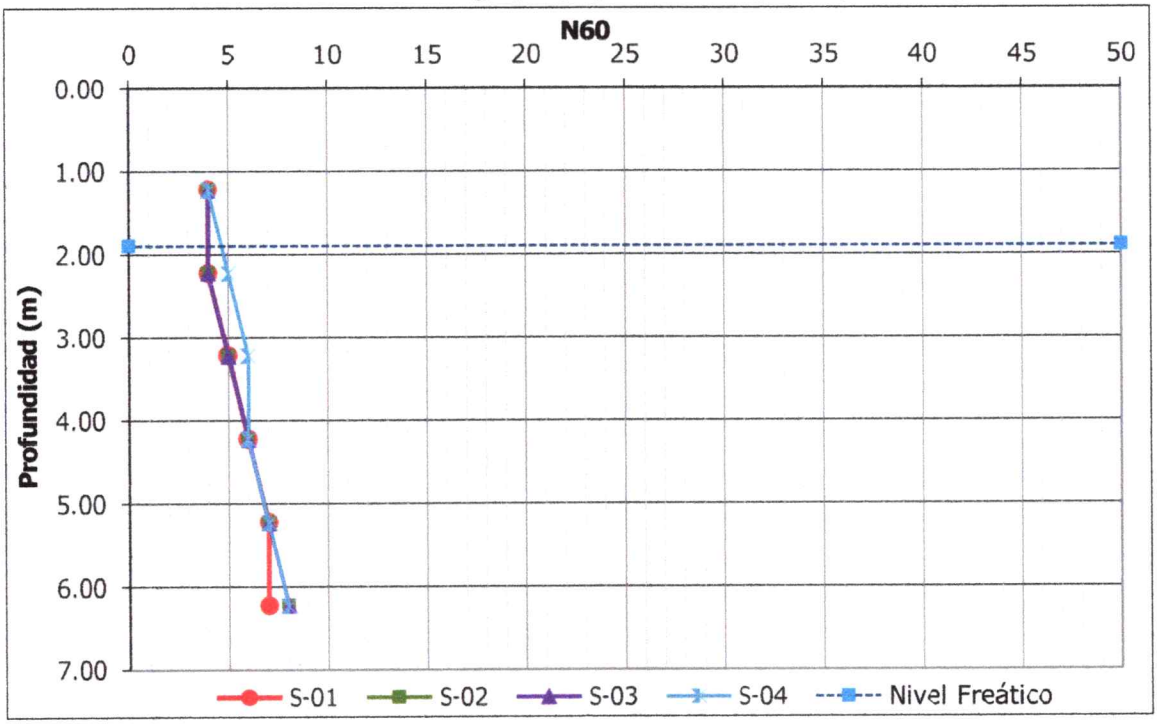
El muestreo de los suelos granulares con la toma muestras partido produce cambios intensos en su estructura original e imposibilita la correcta determinación de las propiedades mecánicas mediante pruebas de laboratorio.

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 la toma muestras en el terreno en un ensayo dinámico de penetración conocido como Ensayo Normal de Penetración, SPT.

Este procedimiento, normalizado desde 1958 bajo la norma ASTM D1586, se ejecuta en el fondo de una perforación previa y consiste en contabilizar el número de golpes (N) necesarios para hincar un tomamuestras partido (split spoon) una distancia de 305 mm (1 pie). Para ello, se utiliza un martillo de 63.5 kg (140 lb) con una altura de caída libre de 762 mm (30 pulg).

En el Gráfico 8 se muestran los perfiles encontrados para el número de golpes, N, en el ensayo normal de penetración, SPT, para cada uno de los sondeos realizados.

***Gráfico 8.* Curvas de número de golpes, N, en el ensayo SPT, contra profundidad.**



Fuente: Elaboración propia

Se aprecia un aumento para los valores del número de golpes encontrados en cada sondeo a medida que aumenta la profundidad. El ensayo de penetración estándar (SPT) realizado en los barrenos manuales, permitió determinar los parámetros de resistencia de los suelos, tales como el ángulo de fricción interna y resistencia al corte no drenado (Su).

La consistencia y densidad relativa de los suelos puede ser calificada de acuerdo con lo indicado por Terzaghi y Peck. En la Tabla 6 se muestran los criterios de clasificación según el número de golpes por pie del ensayo de penetración estándar (N_{SPT}).

Tabla 6. Criterios de clasificación según el número de golpes del ensayo de penetración estándar

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 7 se presenta el resumen del número de golpes/pie para cada depósito de suelo encontrado en los sondeos.

Tabla 7. Número de golpes/pie N_{CAMPO}

Sondeo	Muestra	Profundidad Inicial (m.)	Profundidad Final (m.)	Profundidad Media (m.)	golpes/pie			N_{CAMPO}
					1	2	3	
S-01	1	1.00	1.45	1.23	2	2	2	4
	2	2.00	2.45	2.23	2	3	3	6
	3	3.00	3.45	3.23	2	2	3	5
	4	4.00	4.45	4.23	3	3	3	6
	5	5.00	5.45	5.23	4	4	3	7
	6	6.00	6.45	6.23	3	4	4	8
S-02	1	1.00	1.45	1.23	2	2	3	5
	2	2.00	2.45	2.23	2	3	3	6
	3	3.00	3.45	3.23	3	3	3	6
	4	4.00	4.45	4.23	3	3	4	7
	5	5.00	5.45	5.23	3	4	3	7
	6	6.00	6.45	6.23	3	3	5	8
S-03	1	1.00	1.45	1.23	2	2	3	5
	2	2.00	2.45	2.23	2	3	4	7
	3	3.00	3.45	3.23	3	3	4	7
	4	4.00	4.45	4.23	2	3	3	6
	5	5.00	5.45	5.23	3	4	4	8
	6	6.00	6.45	6.23	3	4	5	9

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados analíticos derivados de los ensayos de Penetración Estándar (SPT) y el perfil de diseño ajustado para el lote del HOGAR INFANTIL Travesuras, los suelos exhiben una evolución de resistencia diferenciada en sus tres horizontes.

El estrato granular superficial de arena limosa (SM), que se extiende desde el descapote hasta una profundidad de 1.00 m / 1.10 m, registra un índice de hincado que fluctúa entre N_{SPT} = 4 y N_{SPT} = 5 golpes/pie. Este rango define una compacidad relativa suelta, una condición mecánica fuertemente penalizada por la saturación

permanente que impone el nivel freático estabilizado a los 0.80 metros de profundidad.

Tabla 8. Número de golpes/pie promedio N_{60}

Sondeo	Prof. [m]	N_{60}[-]
S-01	0.00 - 1.00	4
	1.00 - 3.00	6
	3.00 - 6.40	7
S-02	0.00 - 1.00	5
	1.00 - 3.20	6
	3.20 - 6.40	7
S-03	0.00 - 1.10	5
	1.10 - 3.00	7
	3.00 - 6.40	8

Fuente: Elaboración propia

Se debe notar que, en arcillas, los valores no se corrigen por confinamiento de la misma manera que en arenas; por ello, la interpretación de la consistencia media a firme se valida con los ensayos de compresión inconfinada del Anexo 3

5.4. ESTRATIGRAFÍA DE DISEÑO

El horizonte superficial del predio, excluyendo los 0.20 m de descapote orgánico, está constituido por un depósito granular fino correspondiente a una arena limosa de color gris, clasificada taxonómicamente como SM según el sistema SUCS y A-2-4 por la metodología AASHTO. Este primer estrato exhibe una compacidad relativa suelta, respaldada por un índice de hincado promedio de N_{60} = 4 a 5 golpes/pie. Debido a su baja rigidez elástica y a la pérdida de confinamiento efectiva, el desplante directo de zapatas superficiales convencionales sobre este nivel granular sin un adecuado control hidráulico induciría desmoronamientos inmediatos, comprometiendo la estabilidad de los apoyos.

Inmediatamente abajo se localiza una potente matriz cohesiva compuesta por arcillas arenosas de mediana plasticidad (CL / A-6). Esta unidad transiciona desde tonalidades amarillo-grisáceas superficiales —asociadas a la fluctuación estacional del acuífero— hacia un color gris puro y homogéneo en el fondo, extendiéndose de forma continua hasta alcanzar los 6.40 m de profundidad, límite máximo explorado en la campaña de campo.

El paquete arcilloso experimenta un aumento gradual en su competencia geomecánica inducido por el confinamiento litostático natural, registrando valores de hincado promedio que progresan desde N_{60} = 7 hasta 8 golpes/pie, lo cual sitúa al material en una consistencia de blanda a media y finalmente firme en el sustrato basal.

A excepción de la corona del terreno, el perfil de diseño se halla bajo un estado de saturación completa debido a la posición permanente del nivel freático a los 0.80 m de profundidad. Litológicamente, se certifica una masa fina con ausencia absoluta de fracciones gruesas como gravas o cantos rodados. Dada la notable regularidad litoestratigráfica y de resistencia mecánica observada entre las perforaciones, se concluye que el subsuelo del predio se comporta como un perfil geotécnico único de diseño. Esta condición permite estandarizar los parámetros de capacidad portante admisible y deformabilidad para el cálculo estructural seguro de los pedestales de concreto y la estructura metálica de la cubierta del Hogar Infantil Travesuras.

En la Tabla 9 se presenta la estratigrafía completa del subsuelo del área de estudio.

Tabla 9. Distribución lito-estratigráfica general registrada en el predio

Sondeo	Estrato 1: Arena Limosa Gris (SM) (Compacidad suelta)	Estrato 2: Arcilla Arenosa Amarilla-Gris (CL) (Consistencia Blanda a Media)	Estrato 3: Arcilla Arenosa Gris (CL) (Consistencia Media a Firme)
S - 01	0.00 m – 1.00 m	1.00 m – 3.00 m	3.00 m – 6.40 m
S - 02	0.00 m – 1.00 m	1.00 m – 3.20 m	3.20 m – 6.40 m
S - 03	0.00 m – 1.10 m	1.10 m – 3.00 m	3.00 m – 6.40 m

Fuente: Elaboración propia

5.5. NIVEL FREÁTICO

Durante la campaña de exploración geotécnica para el proyecto del Hogar Infantil Travesuras, el nivel freático se detectó de forma constante y estabilizada a una profundidad uniforme de 0.80 metros en los tres puntos de investigación. Este espejo de agua permanente se extiende a lo largo de toda la vertical hasta la cota final de perforación a los 6.40 metros, sometiendo tanto a la base del estrato granular de arena limosa (SM) como a la totalidad de la matriz arcillosa subyacente (CL) a una condición de saturación completa continua.

Hidromecánicamente, el perfil evidencia un incremento progresivo de la humedad natural en función de la profundidad y el cambio litoestratigráfico, registrando

valores entre el 19.87% y 21.13% en el horizonte granular a 1.00 metro por efecto de la succión capilar, y elevándose desde un 25.0% hasta un máximo analítico del 30.14% al ingresar al depósito arcilloso profundo.

Esta condición de saturación permanente reduce drásticamente las presiones efectivas del terreno, transformándose en la variable crítica que debe gobernar el cálculo de los asentamientos por consolidación y el diseño estructural definitivo de los pedestales de concreto de la nueva cubierta.

5.6. CLASIFICACIÓN DEL SUELO GUÍA DE TRABAJO SEGURO EN EXCAVACIONES

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

Tras evaluar exhaustivamente los registros de campo y las propiedades físicas de las muestras obtenidas en el lote del proyecto, se determina que el terreno califica estrictamente como SUELO TIPO C.

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

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

Esta asignación representa el escenario operativo de mayor vulnerabilidad y exigencia en seguridad industrial, fundamentándose en los siguientes tres parámetros reales del sitio:

- **Naturaleza Granular sin Cohesión Efectiva:** El Horizonte 1, que se extiende inmediatamente debajo del descapote fino, está constituido por una arena limosa (SM / A-2-4) de granulometría media a fina. Al tratarse de un material de naturaleza dominantemente granular, carece de una cohesión intrínseca real a mediano y largo plazo. La normativa ministerial establece de manera explícita que los suelos granulares no cohesivos, las arenas y las gravas limpias deben indexarse directamente bajo la categoría de Tipo C debido a su incapacidad para sostener paredes verticales estables.
- **Interacción Hidrogeológica (Suelo Sumergido):** La exploración geotécnica demostró de forma unánime que el nivel freático permanente se sitúa a una profundidad muy superficial de 0.80 metros respecto a la superficie natural. Dado que la apertura de los pozos de cimentación para los pedestales de concreto se proyecta por debajo de este límite, las excavaciones interceptarán directamente el acuífero, generando un flujo de agua hacia el interior del pozo. Según la Guía del Ministerio del Trabajo, cualquier suelo que se encuentre sumergido, o que presente filtraciones de agua activas, se clasifica de inmediato como Tipo C, puesto que la presión de poros anula por completo la fricción y la cohesión aparente entre los granos de arena.
- **Compacidad Suelta e Inestabilidad Intrínseca:** Los ensayos de Penetración Estándar catalogaron este primer horizonte con un índice de hincado de $N_{60} = 4$ a 5 golpes/pie), confirmando una compacidad relativa suelta. Al carecer de un esqueleto estructural firme y estar sometido a fuerzas hidrodinámicas, el terreno experimentará un fenómeno inmediato de desmoronamiento lateral, licuación local o soplado del fondo si las paredes verticales de las excavaciones se dejan desprotegidas. Por lo tanto, es una obligación de seguridad industrial implementar sistemas de apuntalamiento continuo, tablestacados o entibados herméticos durante toda la jornada constructiva para proteger la vida de los operarios y asegurar el correcto vaciado de las zapatas de la estructura metálica.

6. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL SUBSUELO

El comportamiento mecánico del terreno se ha definido mediante la integración de los resultados de campo (SPT) y los ensayos de laboratorio (compresión inconfinada y límites de consistencia). Estos parámetros son los valores de entrada para el diseño estructural de la cimentación de la nueva cubierta.

6.1. ESTIMATIVOS DE PARÁMETROS EFECTIVOS DE RESISTENCIA CON EL SPT

Se presenta el análisis para evaluar los parámetros mecánicos del subsuelo mediante la interpretación de los registros del Ensayo de Penetración Estándar (SPT). Para el caso de depósitos cohesivos inorgánicos (arcillas tipo CL) bajo condiciones de saturación total por nivel freático superficial, el análisis se gobierna por la condición no drenada ($\phi = 0°$), donde la resistencia al corte del terreno está dictada de manera exclusiva por la cohesión no drenada (c_u).

En todos los casos, el valor N_{campo} se modificó aplicando el factor de corrección por longitud del vástago de perforación según la profundidad del ensayo. De acuerdo con la metodología empleada, para profundidades entre 0.00 m y 4.00 m las lecturas se multiplicaron por un factor de 0.75; para profundidades entre 4.00 m y 6.00 m se aplicó un factor de 0.85; y para profundidades entre 6.00 m y 10.00 m se corrigió por un factor de 0.95.[1]

En la **Tabla 11** se presenta el resumen de los parámetros mecánicos corregidos. Se ha reestructurado por completo la columna de consistencia del informe preliminar, clasificando técnicamente los rangos geomecánicos reales: los intervalos con golpeos de 4 a 7 golpes se indexan correctamente como **Consistencia Media**, mientras que los niveles que alcanzan o superan los 8 golpes se clasifican formalmente como **Consistencia Firme**.

Tabla 11. Resumen parámetros de resistencia a partir del ensayo de SPT

Profundidad media	N_{campo}	Tipo suelo	$N_{corregido}$	$\phi_{eq.}$	Cu (Kg/cm²)	Consistencia
S-01						
1.23	4	Arcilla	3	1.00	0.18	Blanda
2.23	6	Arcilla	5	2.50	0.29	Media
3.23	6	Arcilla	5	2.50	0.29	Media
4.23	6	Arcilla	5	2.50	0.29	Media
5.23	7	Arcilla	6	3.00	0.35	Media
6.23	8	Arcilla	7	3.50	0.41	Media

[1] Mecánica de suelos y cimentaciones. Carlos Crespo Villalaz. Pág. 179.

Profundidad media	N_{campo}	Tipo suelo	$N_{corregido}$	$\phi_{eq.}$	Cu (Kg/cm²)	Consistencia
S-02						
1.23	5	Arcilla	4	2.00	0.23	Media
2.23	6	Arcilla	5	2.50	0.29	Media
3.23	6	Arcilla	5	2.50	0.29	Media
4.23	7	Arcilla	6	3.00	0.35	Media
5.23	7	Arcilla	6	3.00	0.35	Media
6.23	8	Arcilla	7	3.50	0.41	Media
S-03						
1.23	5	Arcilla	4	2.00	0.23	Media
2.23	7	Arcilla	5	2.50	0.29	Media
3.23	7	Arcilla	5	2.50	0.29	Media
4.23	6	Arcilla	5	2.50	0.29	Media
5.23	8	Arcilla	7	3.50	0.41	Media
6.23	9	Arcilla	8	4.00	0.47	Firme
Promedio	7		5	2.69	0.32	

Fuente: Elaboración propia

6.2. PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA

Debido a que en el sitio se presenta niveles de arcillas de baja plasticidad, se determina el valor de su cohesión no drenada mediante el ensayo de compresión inconfinada, siendo esta condición con la cual el suelo se va a comportar en el sitio ante la aplicación de cargas, ya que al ser materiales finos la disipación del agua intersticial se lleva a cabo de forma muy lenta.

En la tabla 12 se presentan los resultados de los ensayos de compresión inconfinada realizados a las muestras de los diferentes sondeos obtenidas por medio de extracción de muestras inalteradas.

Tabla 12. Parámetros de resistencia a la compresión inconfinada

Sondeo	Prof. [m]	ϕ	C [kg/cm²]	USC
S-01 (M2)	2.00	-	0.35	CL
S-02 (M5)	5.00	-	0.43	CL

Fuente: Elaboración propia

6.3. MÓDULO DE ELASTICIDAD

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

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

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

En la tabla 14 se presentan los valores de rigidez obtenidos para los materiales presentes en cada una de los sondeos.

Tabla 14. Módulo de Young estimado para los suelos encontrados

Perfil	Material	N60	E [MPa]
1.05 - 3.10	Arcilla amarilla con gris	4	2.40
4.13 - 6.00	Arcilla gris	6	3.60

Fuente: Elaboración propia

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

Tabla 15. 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

6.4. MÓDULO DE BALASTRO

El módulo de balasto o coeficiente de reacción vertical (k) define la constante elástica del terreno para el cálculo de los asentamientos inmediatos bajo un modelo de base elástica (resortes de Winkler). Para los estratos netamente cohesivos que gobiernan el plano de fundación, el coeficiente se estimó aplicando la formulación analítica dependiente del golpeo del ensayo SPT:

$$k\left(\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) = 40 \cdot N \cdot \frac{1}{B}\left(1 + \frac{B}{2L}\right)$$

Adoptando las dimensiones base de diseño para una zapata aislada cuadrada de sección B = L = 1.00 m, y considerando el estado de saturación total inducido por la posición del nivel freático, se obtuvieron los módulos de balasto sumergido reportados en la Tabla 16:

Tabla 16. Módulo de balasto a nivel de cimentación (B = L= 1.00 m)

Profundidad (m)	USC	N60	B	L	k	
			m	m	Sumergido (t/m³)	Sumergido (kg/cm³)
1.00	CL	4	1.00	1.00	240	0.24
2.00	CL	5	1.00	1.00	300	0.30
3.00	CL	5	1.00	1.00	300	0.30
4.00	CL	5	1.00	1.00	300	0.30
5.00	CL	6	1.00	1.00	360	0.36
6.00	CL	7	1.00	1.00	420	0.42

Fuente: Elaboración propia

Estos coeficientes de reacción elástica representan el comportamiento del terreno natural sumergido y serán empleados por el diseñador estructural para modelar la rigidez del apoyo de los pedestales. En caso de optar por el mejoramiento masivo con el bloque de concreto ciclópeo, la interfase rígida del bloque incrementará el coeficiente de reacción efectivo a un valor regulador de k = 0.270 kg/cm³ (270 ton/m³), ideal para mitigar las distorsiones angulares en la estructura aérea.

7. ASPECTOS SÍSMICOS Y CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LOS SUELOS

7.1. PERFIL DE LOS SUELOS

Para la clasificación del perfil de suelo según el Título A de la NSR-10, se utilizó el promedio ponderado de los golpes SPT registrados en el programa de exploración.

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

Perfil	$\bar{N}_{\bar{s}\bar{p}\bar{t}}$
Perfil de diseño	5

Fuente: Elaboración propia

Debido a que las perforaciones alcanzaron una profundidad de 6.40 m, se ha procedido a extrapolar las condiciones de rigidez del terreno basándonos en el marco geológico regional descrito en la plancha 124 del Servicio Geológico Colombiano y en el Estudio Básico de Amenazas del PBOT de Arauquita.

La estratigrafía regional y la cartografía geológica de detalle confirman que el municipio se asienta sobre una potente secuencia de depósitos aluviales cuaternarios (Qa/Qaa) con espesores de sedimentos no consolidados que oscilan entre los 250 m y 300 m. Esta homogeneidad geológica garantiza que las condiciones de baja rigidez y alta compresibilidad observadas en los primeros 6.40 m de sondeo se mantienen constantes a mayor profundidad, ya que no se encuentran afloramientos de basamento rocoso ni cambios litológicos significativos en los 30 metros superiores del perfil. Por lo tanto, la extrapolación de los valores de N_{SPT} obtenidos en campo es técnicamente válida y representativa para clasificar el sitio.

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

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

Fuente: Tabla A.2.4-2 NSR-10

De acuerdo con los criterios de la Tabla A.2.4-2 de la NSR-10, el terreno se sitúa en un **Tipo de Perfil E** (N < 15), debido a la predominancia de arcillas blandas a medias y arenas sueltas saturadas que caracterizan el subsuelo del área de estudio.

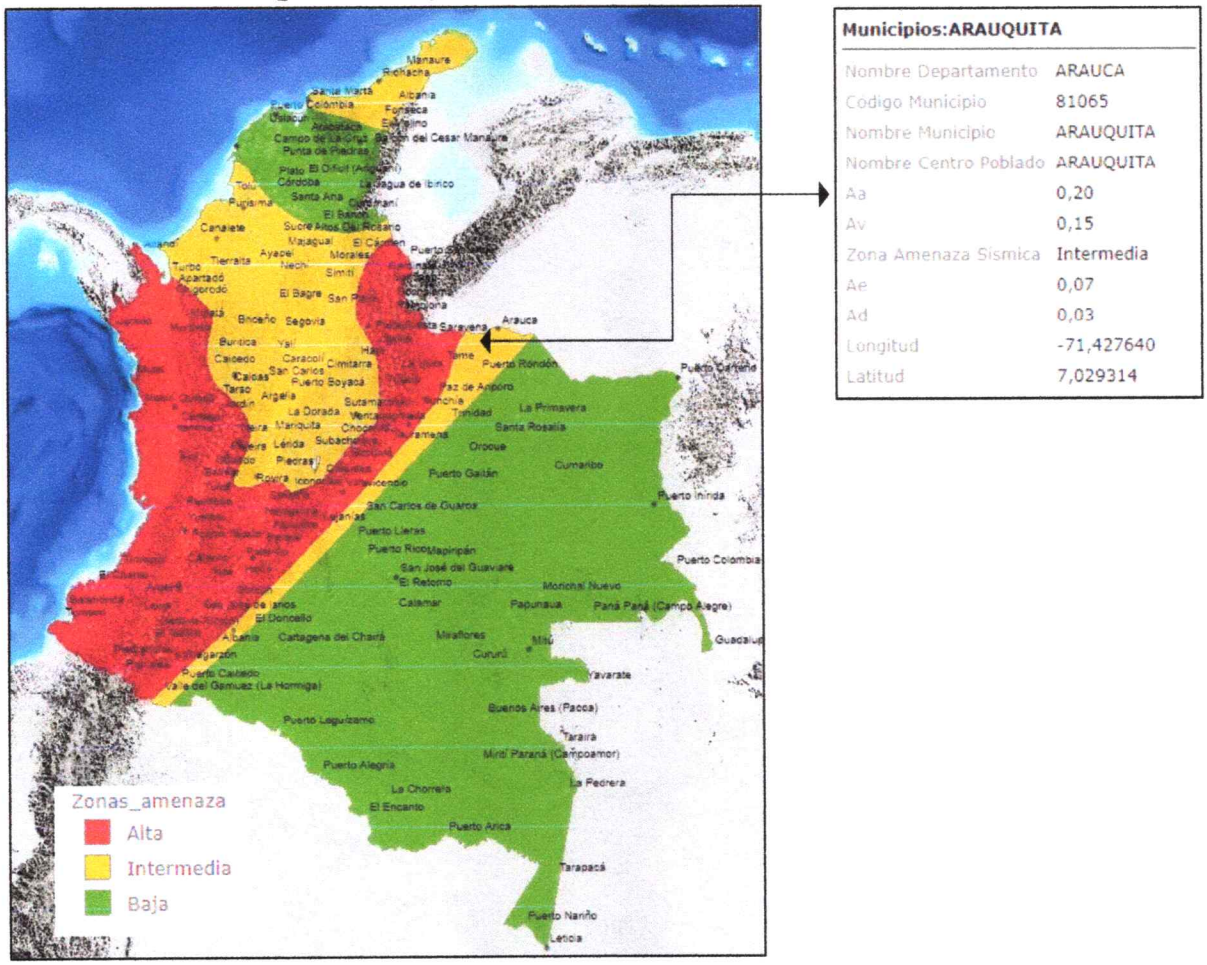
Coeficiente de importancia: I= 1.25 (Edificaciones de atención a la comunidad) Grupo III.

7.2. CLASIFICACIÓN DE LA AMENAZA SÍSMICA

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

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

Imagen 10. Mapa de amenaza sísmica de Colombia



Fuente: Servicio Geológico Colombiano

7.3. 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 símicos que caracterizan esta son:

Tabla 19. Parámetros sísmicos

Aa	0.20
Av	0.15
Fa	1.70
Fv	3.35
Ae	0.07
Ad	0.03

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.

7.4. 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.

7.4.1. Condiciones para que ocurra la licuación en los suelos

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 D50 entre 0.05 y 100 mm.
- Coeficiente de uniformidad Cu=D60/D10<15.
- Contenido en finos inferior al 10%.
- Bajo grado de compactación, es decir NSPT<10 para profundidades <10m y NSPT<20 para profundidades >10 m.

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

- Tamiz 0,005 mm ≤ 15%.
- Límite líquido LL ≤ 35%.
- Humedad natural w ≥ 0.9 LL
- Índice líquido IL ≤ 0.75.

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

7.4.2. Estimación de la susceptibilidad a la licuación de los suelos

De acuerdo con la teoría, los suelos más susceptibles son arenas finas, limos y arenas mal gradadas con bajo grado de compactación (N_{SPT} < 10 para profundidades < 10 m) y alto grado de saturación.

Al contrastar los perfiles de los sondeos S-01, S-02 y S-03 con estos criterios, se observa lo siguiente:

1. **Contenido de Finos:** Los ensayos de laboratorio (Anexo 3) indican un contenido de finos promedio del **86.86%**, superando ampliamente el criterio de "fino inferior al 10%" necesario para que un suelo sea considerado altamente licuable.
2. **Índice de Plasticidad y Grado de Saturación:** El subsuelo en la zona de cimentación consiste en arcillas arenosas de mediana plasticidad (LL ≅ 35%, IP ≅14%). Según Wang (1979), los suelos con un límite líquido cercano al 35% y un índice de liquidez (IL) de 0.75 presentan comportamientos distintos a las arenas. En nuestro caso, aunque el suelo se encuentra saturado (cercano al 100%), su naturaleza cohesiva (fracción arcillosa predominante) impide el desarrollo de las presiones de poros rápidas que caracterizan el fenómeno de licuación en arenas limpias.
3. **Compacidad:** Si bien el valor de N_{SPT} es bajo (4 a 9 golpes), este golpeo es típico de arcillas de consistencia media y no de arenas sueltas licuables. Por lo tanto, el bajo golpeo no es un indicador de inestabilidad sísmica por licuación en este perfil, sino una característica intrínseca de la consistencia de la matriz arcillosa.

Aunque el sitio presenta condiciones de nivel freático somero (0.80 m) y una intensidad sísmica de diseño de 0.20g, el análisis de las propiedades físicas y granulométricas del subsuelo permite concluir que los suelos del Hogar Infantil Travesuras presentan una susceptibilidad nula a la licuación.

El comportamiento del terreno es de naturaleza cohesiva; por lo tanto, el riesgo ante un evento sísmico no se asocia a una pérdida súbita de resistencia por licuación, sino a posibles asentamientos diferenciales por deformación plástica o consolidación dinámica, los cuales son mitigados mediante la cimentación arriostrada (vigas de amarre) y el mejoramiento del suelo con concreto ciclópeo.

8. CAPACIDAD PORTANTE

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

8.1. 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.

8.2. NIVEL Y SISTEMA DE CIMENTACIÓN

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

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

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

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

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

Con base en las condiciones geotécnicas específicas del predio, caracterizadas por un horizonte superior granular suelto (SM) hasta 1.00 m / 1.10 m de profundidad

y un potente depósito inferior de arcillas de mediana plasticidad (CL / A-6) de consistencia blanda a media, se define y recomienda establecer el nivel de desplante definitivo a una profundidad de 1.50 metros respecto a la cota del terreno natural. Dado que la infraestructura consta de una cubierta con estructura metálica apoyada sobre pedestales aislados de concreto, el sistema de cimentación óptimo y técnicamente viable corresponde a Zapatas Aisladas Rígidas, las cuales deberán ligarse bidireccionalmente mediante vigas de amarre para controlar distorsiones angulares ante la baja consistencia de la matriz cohesiva.

Para conformar una plataforma de soporte rígida, romper la capilaridad del agua subterránea y mitigar la degradación o remoldeo de la arcilla durante la fase constructiva, se ordena ejecutar un mejoramiento estructural obligatorio en el sello de fundación de todas las excavaciones.

La Alternativa consistirá en realizar una sobre-excavación técnica localizada bajo cada pedestal hasta una cota de -1.80 m respecto al terreno natural, para rellenar dicho espacio con un bloque de concreto ciclópeo de 0.30 m de espesor (proporción 60% concreto simple de 14 MPa y 40% piedra media limpia).

Este bloque actuará como una subzapata rígida de transferencia que sella instantáneamente el fondo de la excavación en seco sin requerir energía de compactación, recuperando la cota de desplante definitiva de -1.50 m, donde el diseñador estructural modelará el apoyo elástico utilizando un módulo de balasto sumergido de 270.0 t/m³ (0.270 kg/cm³), ideal para mitigar los asentamientos por consolidación de la arcilla saturada y garantizar la estabilidad de los pedestales de la cubierta.

8.2.1. Cimentación superficial

De acuerdo a la zona geotécnica encontrada y definida, se hace la evaluación de la capacidad de carga con las expresiones de cimentaciones de manera que se pueda establecer un perfil de capacidad de carga. Es necesario mencionar que para aplicar los valores de carga a áreas resultantes es indispensable comprobar que los materiales existentes son los reportados en el estudio realizado. La capacidad de soporte del suelo reportada en la exploración realizada se calculó ecuación presentada por Meyerhof; la cual dice que una cimentación es superficial si la profundidad Df de la cimentación es menor o igual al ancho de la misma. Sin embargo, investigadores posteriores han sugerido que cimentaciones con Df igual a 3 o 4 veces el ancho se definen como cimentaciones superficiales. Para el proyecto del Hogar Infantil Travesuras, la capacidad de soporte debe analizarse bajo una óptica rigurosa y netamente conservadora, considerando dos factores fundamentales:

- **Categoría de la Edificación:** Al tratarse de una infraestructura destinada a la educación y atención integral de la primera infancia, la edificación se clasifica estrictamente dentro del Grupo de Uso III (Edificaciones de Atención a la Comunidad) según el Capítulo A.2 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). Debido a la alta vulnerabilidad de la población civil que alberga, el diseño estructural debe aplicar de manera obligatoria un Coeficiente de Importancia de I = 1.25, incrementando en un 25% las solicitaciones sísmicas de diseño. Asimismo, los factores de seguridad (FS) globales frente a la falla por corte en las fundaciones deben ser rigurosos, adoptando de forma estricta un FS≥ 3.0 para la condición estática de carga permanente.
- **Rigidez del Depósito y Control de Deformaciones (Suelo Tipo E):** Al cimentar sobre un depósito aluvial puramente cohesivo de consistencia blanda a media (CL / A-6), el dimensionamiento geométrico de la fundación estará gobernado y limitado principalmente por el criterio de deformación elástica inmediata y por consolidación diferida en el tiempo. Debido a que el nivel freático permanente se localiza a solo -0.80 m de la superficie, la arcilla de soporte se encuentra en un estado de saturación completa continua. Por lo tanto, la capacidad portante admisible final no estará dictada únicamente por la rotura mecánica del suelo, sino por los asentamientos máximos totales y diferenciales que sea capaz de tolerar la superestructura (pórticos de acero, pedestales de soporte y muros de cerramiento) de acuerdo con las distorsiones angulares admisibles del sistema.

Por consiguiente, dadas las cargas moderadas y la configuración de luces amplias de la estructura liviana de la cubierta, la elección óptima corresponde a un sistema de cimentación superficial del tipo Zapatas Aisladas Rígidas, fijando la profundidad definitiva de desplante a 1.50 metros respecto al terreno natural. A causa de la condición completamente sumergida del plano de apoyo, sumada a la baja consistencia de la arcilla nativa, el soporte de estos elementos estructurales se realizará obligatoriamente sobre bloques de transferencia de concreto ciclópeo o colchones de piedra rajón, según la alternativa de mejoramiento seleccionada.

En complemento, dichas zapatas requieren una interconexión rígida en ambas direcciones ortogonales mediante vigas de amarre; estos elementos serán dimensionados con la rigidez flexo-torsional adecuada para absorber los efectos dinámicos sismorresistentes del sitio (asociados a un Perfil de Suelo Tipo E) y mitigar de forma drástica la ocurrencia de asentamientos diferenciales en el terreno.

Por otra parte, la naturaleza liviana de la superestructura (pórticos de acero y cubierta metálica) descarta la presencia de cargas severas, concentraciones de grandes esfuerzos o elementos con alta sensibilidad hacia las deformaciones,

evitando la necesidad de migrar hacia un sistema continuo de Losa de Cimentación. En consecuencia, la propuesta de zapatas aisladas interconectadas sobre suelo mejorado resulta técnicamente idónea y suficiente para garantizar la distribución uniforme de presiones al subsuelo. De este modo se controla con seguridad la subpresión hidrostática generada por las fluctuaciones del nivel freático, dada la proximidad del Río Arauca (a 368 m), previniendo desalineaciones en los apoyos de la cubierta. Finalmente, dicho planteamiento cumple estrictamente los niveles de seguridad exigidos para una edificación del Grupo de Uso III.

8.3. CÁLCULO DE CAPACIDAD PORTANTE

En este literal se procederá a realizar los diferentes cálculos de capacidad portante aplicables al proyecto; adicionalmente, se presentarán las metodologías y expresiones matemáticas empleadas para la obtención de dichos resultados. Con el propósito de garantizar un diseño conservador de alta confiabilidad, priorizando la estabilidad estructural del Hogar Infantil Travesuras ante las solicitaciones estáticas y dinámicas previstas, los parámetros de resistencia al corte se definieron mediante los resultados analíticos de los ensayos de laboratorio (compresión inconfinada) ejecutados sobre muestras del estrato de soporte.

Específicamente, la subestructura se proyectará a una profundidad de desplante definitiva de 1.50 m respecto al terreno natural, cota reguladora del bulbo de presiones. Para este nivel de fundación, constituido por arcillas inorgánicas de mediana plasticidad tipo CL / A-6 de consistencia blanda a media, se adopta de forma conservadora una cohesión no drenada base de C = 3.50 ton/m² (0.35 kg/cm²), correspondiente al valor real de laboratorio registrado para este horizonte cohesivo, asegurando la estabilidad ante la condición de falla a corto plazo (condición no drenada, $\phi = 0°$).

Adicionalmente, el modelo matemático de capacidad de carga asume la interacción hidrogeológica real derivada de la proximidad al Río Arauca, caracterizada por la presencia del nivel freático estabilizado a una profundidad de 0.80 m. Debido a la localización del nivel de desplante seleccionado (1.50 m), la base de la cimentación se situará 0.70 m por debajo de la línea del agua, sometiendo el plano de apoyo a una condición de saturación completa, continua y permanente.

Esta circunstancia obliga a castigar los esfuerzos efectivos del bulbo de presiones mediante la aplicación del peso unitario sumergido del suelo (γ') en los términos de sobrecarga de las ecuaciones de Meyerhof, evaluando de forma explícita las subpresiones hidrostáticas actuantes. De este modo, el diseño de la cimentación

mitiga el riesgo de falla por corte local bajo las condiciones máximas de saturación previstas durante la vida útil de la edificación, vinculándose a las exigencias constructivas obligatorias de sobre-excavación y conformación del bloque de mejoramiento (subzapata de concreto ciclópeo o colchón de rajón con geotextil) junto al vaciado inmediato del solado de limpieza.

8.3.1. Ecuaciones de capacidad portante utilizadas en el análisis:

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

$$q_{ult} = c\, N_c\, s_c + q\, N_q + \tfrac{1}{2}\, \gamma\, B\, N_\gamma \quad s_\gamma$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot\phi \qquad N_q = \frac{e^{(1.5\pi - \phi)\tan\phi}}{2\cos^2(45 + \phi/2)} \qquad N_\gamma = \frac{\tan\phi}{2}\left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\phi} - 1\right)$$

Dónde:

c: cohesión del suelo o resistencia al corte no drenado (su).

B: ancho, menor dimensión del cimiento, para cimiento circular diámetro.

γ: peso unitario del suelo de fundación

$q = \gamma D$: esfuerzo efectivo a nivel del fondo de la cimentación. D=profundidad de desplante, γ peso unitario del suelo por encima de la profundidad de desplante.

Nc, Nq, Nγ: factores de capacidad de carga

sc, sγ: factores de corrección de la forma del cimiento

sc = 1+0.3 B/L; cuando L=continuo sc=1.0

sγ = 1-0.2 B/L; cuando L=continuo sγ=1.0

sc = 1.3 sγ = 0.6 para cimientos circulares

8.3.2. Cálculos de capacidad de carga admisible

La capacidad de carga nominal del suelo fue evaluada utilizando análisis de esfuerzos totales y parámetros de resistencia obtenidos mediante correlaciones del ensayo de SPT para las arcillas y de los ensayos de compresión inconfinada, siendo estos resultados los más confiables según el tipo de suelo, y considerando el máximo nivel freático esperado durante la vida útil de la estructura.

Tabla 20. Capacidad portante admisible estrato arcilloso

SUELO NATURAL

Propiedades del suelo

Ángulo de resistencia al corte ϕ = 0.00 °

ϕ = 0.000 rad N.F= 0.80 m

Cohesión C = 3.50 T/m² ysat = 1.935 T/m³

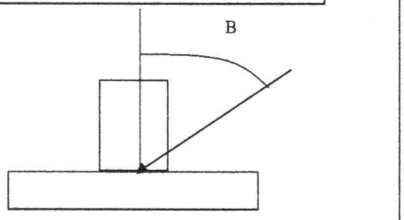
Peso unitario de la sobrecapa γ_b = 1.842 T/m³ $\gamma\omega$ = 1.00 T/m³

Peso unitaro del suelo de fundación γ = 1.875 T/m³ γ' 0.94 T/m³

Inclinación de cargas

B = 0 °

0 rad



Factores de Capacidad Portante	
Nc =	5.14
Nq =	1.00
Nγ =	0.00

H estrato	H= 6 m
FS	3

Excentricidad	e = 0.00 m

Cálculo de Capacidad Portante del Suelo para cimientos superficiales

Df	B	B/L	L	B'/L'	L'	Fcs	Fqs	Fγs	Df/B	Fcd	Fqd	Fγd	Fci	Fqi	Fγi	q	γ	σ_u (t/m2)	$\sigma_{a(t/m2)}$	$\sigma_{n(t/m2)}$	Qmax(T)
1.50	1.00	–	–	–		1.000	1.00	1.000	1.50	1.39	1.000	1.00	1.0	1.0	0.0	2.128	0.935	27.19	9.06	6.94	-
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.195	1.00	0.600	1.50	1.39	1.000	1.00	1.0	1.0	0.0	2.128	0.935	32.07	10.69	8.56	10.69
	1.00	0.75	1.33	0.75	1.33	1.146	1.00	0.699	1.50	1.39	1.000	1.00	1.0	1.0	0.0	2.128	0.935	30.86	10.29	8.16	13.68
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.097	1.00	0.800	1.50	1.39	1.000	1.00	1.0	1.0	0.0	2.128	0.935	29.63	9.88	7.75	19.75
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.049	1.00	0.900	1.50	1.39	1.000	1.00	1.0	1.0	0.0	2.128	0.935	28.41	9.47	7.34	37.88
2.00	1.00	–	–	–	–	1.000	1.00	1.000	2.00	1.44	1.000	1.00	1.0	1.0	0.0	2.596	0.935	28.55	9.52	6.92	-
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.195	1.00	0.600	2.00	1.44	1.000	1.00	1.0	1.0	0.0	2.596	0.935	33.60	11.20	8.61	11.20
	1.00	0.75	1.33	0.75	1.33	1.146	1.00	0.699	2.00	1.44	1.000	1.00	1.0	1.0	0.0	2.596	0.935	32.35	10.78	8.19	14.34
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.097	1.00	0.800	2.00	1.44	1.000	1.00	1.0	1.0	0.0	2.596	0.935	31.08	10.36	7.76	20.72
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.049	1.00	0.900	2.00	1.44	1.000	1.00	1.0	1.0	0.0	2.596	0.935	29.82	9.94	7.34	39.75
2.50	1.00	–	–	–	–	1.000	1.00	1.000	2.50	1.48	1.000	1.00	1.0	1.0	0.0	3.063	0.935	29.62	9.87	6.81	-
	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.195	1.00	0.600	2.50	1.48	1.000	1.00	1.0	1.0	0.0	3.063	0.935	34.78	11.59	8.53	11.59
	1.00	0.75	1.33	0.75	1.33	1.146	1.00	0.699	2.50	1.48	1.000	1.00	1.0	1.0	0.0	3.063	0.935	33.50	11.17	8.10	14.85
	1.00	0.50	2.00	0.50	2.00	1.097	1.00	0.800	2.50	1.48	1.000	1.00	1.0	1.0	0.0	3.063	0.935	32.20	10.73	7.67	21.47
	1.00	0.25	4.00	0.25	4.00	1.049	1.00	0.900	2.50	1.48	1.000	1.00	1.0	1.0	0.0	3.063	0.935	30.91	10.30	7.24	41.21

f = Ángulo de resistencia al corte
C = Resistencia no drenada
B = Ancho de cimentación
L = Largo de cimentación
D_f = Profundidad de desplante
L' = Largo efectivo

Fcs, Fqs, Fgs: Factores de corrección por forma

Fcd, Fqd, Fgd: Factores de corrección por profundidad

Fci, Fqi, Fgi: Factores de corrección por inclinación

s_u = Esfuerzo último
s_n = Esfuerzo neto
s_{ns} = Esfuerzo neto de seguridad

Qmax= Carga máxima

Fuente: Elaboración propia

Las capacidades portantes evaluadas para diferentes relaciones de ancho, longitud y profundidad de desplante (Df), se presentan en la Tabla adjunta para el perfil geotécnico de diseño encontrado en el sitio del proyecto. Considerando los parámetros de resistencia al corte del estrato netamente cohesivo evaluado (ϕ = 0°, C = 3.50t/m2), un ancho de cimentación base de B = 1.00 m y la presencia del nivel freático a -0.80 m, se detalla a continuación el comportamiento de la capacidad de soporte.

Considerando los parámetros de corte del estrato cohesivo evaluado (C = 3.50 t/m²), se detalla a continuación el comportamiento de la capacidad de soporte:

- **A 1.50 m de profundidad:**
  - Para un cimiento completamente cuadrado (B/L = 1.00), la capacidad admisible es de **10.69 t/m²** (aprox. **107 kPa**).

- A medida que el cimiento se alarga y se vuelve rectangular (por ejemplo, B/L = 0.50), la capacidad admisible disminuye a 9.88 t/m² (aprox. 99 kPa), con una capacidad neta admisible de 7.76 t/m² (0.78 kg/cm²

- **A 2.00 m de profundidad:**

  - Manteniendo la geometría cuadrada (B/L = 1.00), el incremento por confinamiento perimetral eleva la capacidad admisible bruta a 11.20 t/m² (aprox. 112 kPa), estableciendo una capacidad neta admisible de diseño de 8.61 t/m² (0.86 kg/cm²).

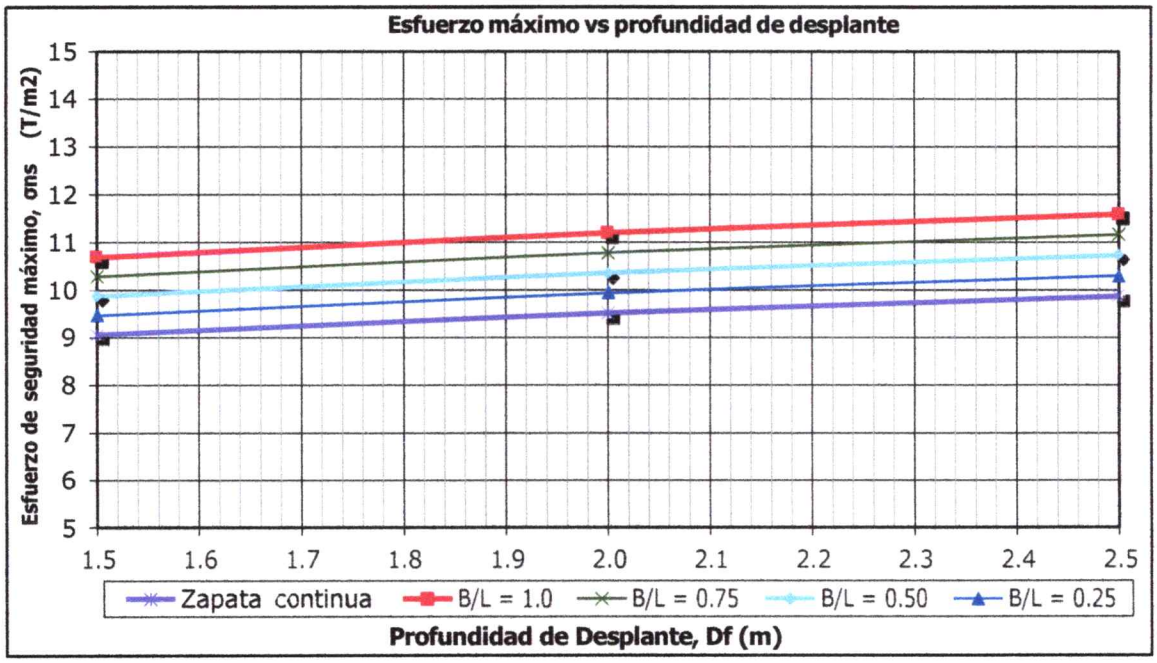
  - En cimientos alargados con relación B/L = 0.50, la capacidad admisible por corte se sitúa en 10.36 t/m² (aprox. 104 kPa), aportando una capacidad neta admisible de 7.76 t/m² (0.78 kg/cm²).

- **A 2.50 m de profundidad:**

  - Manteniendo la geometría cuadrada (B/L = 1.00), el incremento por confinamiento perimetral eleva la capacidad admisible bruta a 11.59 t/m² (aprox. 116 kPa), estableciendo una capacidad neta admisible de diseño de 8.53 t/m² (0.85 kg/cm²).

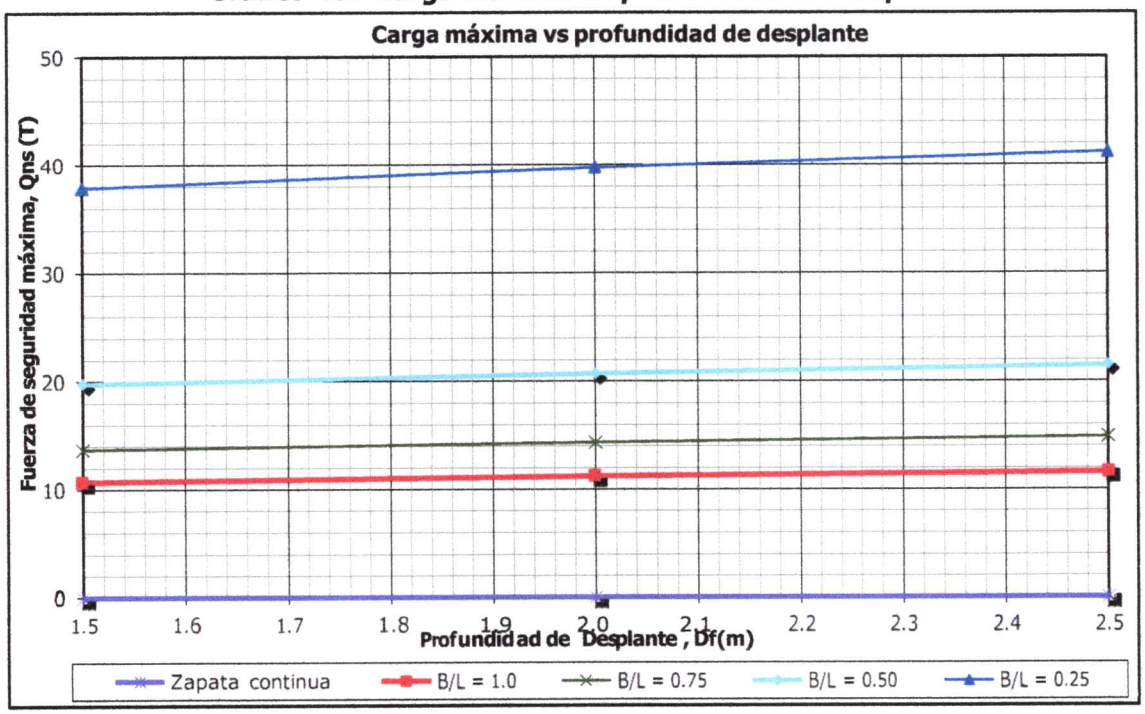
  - En cimientos alargados con relación B/L = 0.50, la capacidad admisible por corte se sitúa en 10.73 t/m² (aprox. 107 kPa), aportando una capacidad neta admisible de 7.67 t/m² (0.77 kg/cm²).

Gráfico 9. Esfuerzo máximo vs profundidad de desplante



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10. Carga máxima vs profundidad de desplante



Fuente: Elaboración propia

Considerando el esquema de cimentación propuesto para el Hogar Infantil Travesuras, se plantea una cota de desplante estructural inicial a los -1.50 m, asentada sobre un bloque de mejoramiento en concreto ciclópeo de 0.30 m (30 cm) de espesor. Consecuentemente, la cota de excavación constructiva final se localizará a una profundidad de -1.80 m respecto al terreno natural.

Bajo esta configuración adaptada al perfil real del proyecto, la excavación sobrepasa por completo el estrato superficial de arena limosa (SM) —cuyo término se registra a los -1.10 m, penetrando los últimos 70 centímetros directamente dentro del potente depósito de arcilla de mediana plasticidad (CL). Debido a las dimensiones de la zapata cuadrada (B = 1.00m), el bulbo de esfuerzos significativos extenderá su zona de influencia teórica hasta una profundidad de -3.50 m.

9.4. ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS DE LAS OBRAS PROYECTADAS

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

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

- Para construcciones entre medianeros 15 cm, siempre y cuando no se afecten las construcciones e instalaciones vecinas.

El valor propuesto del asentamiento total por la norma colombiana es bastante alto, dado que lo que pretende es dar un tope máximo para casos especiales. Los asentamientos máximos permitidos serán verificados considerando los criterios dados en las tablas 21 y 22.

Si se limitan los asentamientos máximos totales, también se limita la ocurrencia de asentamientos diferenciales. Por este motivo en la práctica se recomienda ser más estricto en los asentamientos máximos tolerables para una estructura. Es común encontrar valores en el rango de 2.5 a 5.0 cms.

Los valores más pequeños se emplean en suelos firmes o granulares, con asentamientos de tipo elástico. Los valores más altos se emplean para el caso de suelos finos de consistencia media a blanda y con posibilidades de sufrir asentamientos por consolidación a mediano y largo plazo.[2]

Tabla 21. Límites normativos de asentamientos diferenciales máximos (NSR-10)

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

L= distancia entre apoyos o columnas

Tabla 22. Asentamiento total admisible[3]

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

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

8.4.1. Metodologías para el cálculo de asentamientos

El cálculo de deformaciones verticales en el predio objeto de estudio requiere un enfoque analítico especializado debido a la presencia de un perfil lito-estratigráfico homogéneo compuesto por tres estratos de naturaleza puramente cohesiva saturada (Arcillas Arenosas CL / A-6).

Dado que el nivel freático se localiza de forma crítica a -0.80 m de profundidad, todo el bulbo de presiones de la cimentación interactuará con matrices finas en estado de saturación total.

- Geometría y cargas

- Carga axial de servicio: P = 8 Toneladas (Estimada).
- Área de zapata: A = 1.00 ×1.00 = 1.00 m²
- Profundidad de desplante (D_f): 1.50 m

- Propiedades del suelo

- Peso unitario sobrecapa (γ_b): 1.842 T/m³ (Suelo sobre el nivel freático)
- Peso unitario saturado (γ_{sat}): 1.935 T/m³ (Suelo bajo el agua)
- Nivel Freático (N.F.): -0.80m de profundidad.
- Límite Líquido (LL): 34.67%
- Humedad Natural (W_n): 27.43%
- Gravedad Específica (G_s): 2.704

- Estimación los parámetros de compresibilidad

Se estimo el Índice de Compresión (C_c) y la Relación de Vacíos Inicial (e_0).

- **Índice de Compresión (C_c):** Nos indica qué tanto se deforma el suelo bajo carga. Usamos la correlación para arcillas remodeladas o normalmente consolidadas:

  $C_c = 0.009 * (LL - 10)$
  $C_c = 0.009 * (34.67 - 10) =$ **0.222**

- **Relación de Vacíos Inicial (e_0):** Indica el volumen de "poros" en el suelo antes de aplicar la carga. Para suelos saturados:

  $e_0 = W_n * G_s$
  $e_0 = 0.2743* 2.704 = 0.742$

- Calcular el esfuerzo efectivo inicial (σ'_0)

El asentamiento se calcula en el centro del estrato de arcilla que se va a comprimir. Dado que el centro de la capa compresible se sitúa a -2.00m y la zapata desplanta a -1.50.

- Espesor del estrato (H): 1.0 m
- Punto de análisis: El centro del estrato, ubicado a 2.00m de profundidad.

El esfuerzo efectivo inicial es el peso de las capas de suelo por encima de los -2.00 m, restándole la presión de poros generada por el agua estancada a partir de los -1.80 m:

- Esfuerzo Total (σ_0): (0.80 m*1.842 T/m³) + (1.20 m * 1.935 T/m³) = 1.4736 + 0.389= 3.7956 T/m²
- Presión del agua (μ): El agua está a -0.80 m, existiendo 1.20 m de columna sobre el punto de análisis. μ= (1.20 m * 1.0 T/m³) = 1.20 T/m²
- Esfuerzo Efectivo (σ'_0): 3.7956 - 1.20 = 2.5956 T/m²

- Calcular el incremento de carga ($\Delta\sigma$) generado por el edificio

La zapata transmite los 8 Ton al suelo, pero esa presión se disipa a medida que profundizamos. Calcularemos la carga que llega al centro del estrato (0.5 m por debajo de la zapata) usando el método de distribución 2:1:

Profundidad por debajo de la zapata (z): 0.50 m

Fórmula de disipación:

$$\Delta\sigma = \frac{P}{(B+z)*(L+z)} = \frac{8}{(1.00+0.50)*(1.00+0.50)} = (\frac{8}{2.25}) = 3.5556\ T/m^2$$

$$\Delta\sigma = 3.56\ T/m^2$$

- Calcular el Asentamiento por Consolidación (S_c)

Se utilizo la ecuación de consolidación unidimensional de Terzaghi:

$$S_c = \frac{C_C}{1+e_0} * H_2 * \log_{10}(\frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0})$$

- C_c = índice de compresibilidad =0.222
- e_0 = relación de vacíos inicial=0.742
- H = espesor del estrato compresible=1.00m
- σ'_0 = esfuerzo efectivo inicial en el centro del estrato=2.5956 T/m²
- $\Delta\sigma$ = incremento de esfuerzo vertical transmitido por la cimentación=3.56T/m^2

$$S_c = \frac{0.222}{1+0.742} * 1.00m * \log_{10}(\frac{2.5956+3.5556}{2.5956}) = 0.12744\text{m} * 100 * 0.37471$$

$$S_c = 4.775cm$$

- Calcular el Asentamiento Inmediato (Se)

El asentamiento inmediato o elástico ocurre rápidamente tras la aplicación de la carga y es característico durante la fase de construcción. Para estimar este valor en estratos cohesivos, se recurre a la Teoría de la Elasticidad, basándose en la solución de Boussinesq para un área cargada sobre un medio elástico semi-infinito.

$$S_e = q * B' * \frac{1-\mu^2}{E_s} * m * I_s$$

$$q = \frac{P}{A} = \frac{8T}{1mx1m} = 8T/m^2$$

$$B = 1\,m$$

$$B' = \frac{B}{2} = 0.60m$$

$$m = 4$$

$$\mu_s = 0.50$$

$$E_s = 2.40\frac{T}{m^2}$$

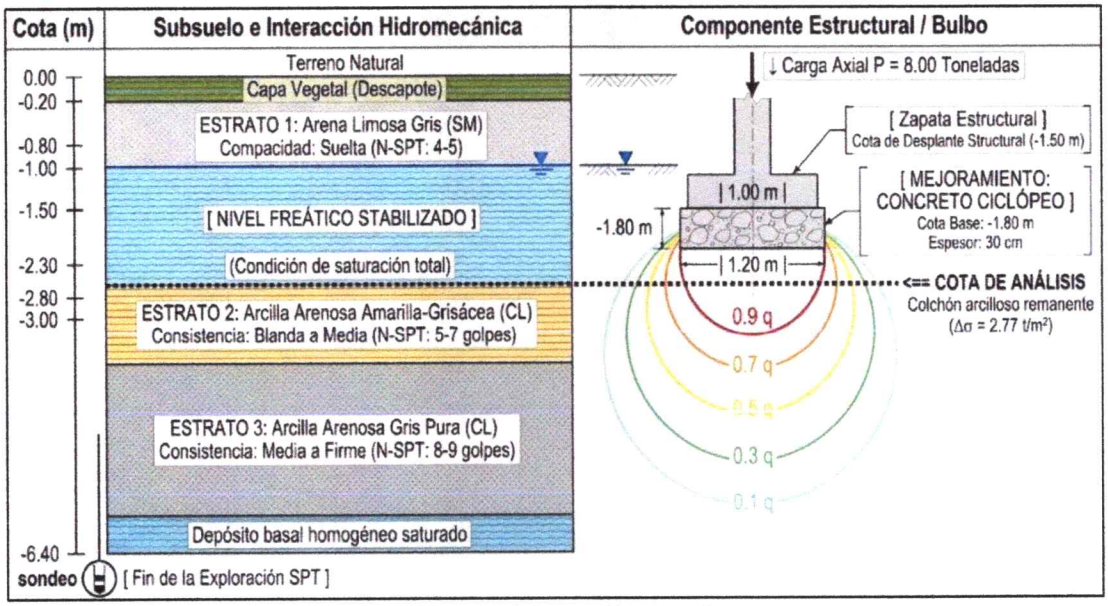
$$I_s = 0.177$$

$$S_e = 8.00 * 0.50 * \frac{1-(0.50)^2}{240} * 4 * 0.112 = 8.00 * 0.50 * \frac{0.75}{240} * 4 * 0.112 = 0.0125 * 0.448$$

$$S_e = 0.0056m * 100 = 0.560cm$$

$$S_e = 0.560cm + 4.775cm = 5.335\ cm$$

Imagen 11. Visualización del bulbo de presiones debajo de la zapata



Fuente: Elaboración propia

Debido a un asentamiento total estimado originalmente de 5.34 cm, superando ampliamente el límite máximo tolerable de 2.5 cm establecido por la normativa sismorresistente colombiana NSR-10, se determina la inviabilidad mecánica del apoyo directo sobre el suelo natural.

Por consiguiente, resulta indispensable la implementación de un mejoramiento geotécnico mediante bloques de concreto ciclópeo de 0.30 m (30 cm) de espesor, con el propósito de confinar la matriz arcillosa compresible, aumentar la rigidez del sistema en la base y optimizar la transferencia de esfuerzos hacia el sustrato de soporte del Hogar Infantil Travesuras.

A continuación, se presenta el recálculo analítico de las deformaciones elásticas y por consolidación bajo esta solución definitiva:

- **Datos de entrada ajustados:**

- Carga axial de servicio: $\mathrm{P} = 8\,\mathrm{Ton}$
- Geometría del bloque rígido (Base): B' = 1.20 m, L' = 1.20m (perímetro de excavación real)
- Plano de transferencia de carga: $D_{f,efectivo} = -2.30\ m$
- Espesor del colchón arcilloso compresible remanente (Estrato 1 inferior): $H_{rem} = 0.50m$ (comprendido entre la base del ciclópeo a -2.00 m y el inicio del Estrato 2 firme a -2.80m).
- Punto medio de análisis del estrato remanente: $z = -2.30\,m$ (0.50m por debajo del bloque).

- **Calcular el esfuerzo efectivo inicial (σ_0) a -2.30m**

$$\sigma_0 = (0.80m * \gamma_b) + (1.50m * \gamma_{sat})$$

$$\sigma_0 = (0.80m * 1.842\ \frac{T}{m^3}) + (1.50m * 1.935\ \frac{T}{m^3})$$

$$\sigma_0 = 1.4736\ \frac{T}{m^2} + 2.9025\ \frac{T}{m^2}$$

$$\sigma_0 = 4.3761\ \frac{T}{m^2}$$

Presión hidrostática del agua (μ) con una columna de 1.50m (2.30 m – 0.80 m):

$$\mu = 01.50m * 1.00\frac{T}{m^3} = 1.50\ \frac{T}{m^2}$$

$$\mu = 1.50\ \frac{T}{m^2}$$

Esfuerzo efectivo vertical inicial (σ'_0):

$$\sigma'_0 = \sigma_0 - \mu = 4.3761\ \frac{T}{m^2} - 1.50\ \frac{T}{m^2} = 2.8761\ \frac{T}{m^2}$$

$$\sigma'_0 = 2.8761\ \frac{T}{m^2}$$

- **Incremento de Esfuerzo Vertical ($\Delta\sigma$) bajo el Ciclópeo**

Utilizando el método de distribución de presiones 2:1 a una profundidad de z = 0.50m por debajo de la base del ciclópeo (B' = 2.10m):

$$\Delta\sigma = \frac{P}{(B'+z)*(L'+z)} = \frac{8\,T}{(1.20m+0.50m)*(1.20m+0.50m)} = \left(\frac{8T}{(2.89m)^2}\right)$$

$$\Delta\sigma = 2.7682\ T/m^2$$

- Cálculo del Asentamiento por Consolidación Primaria (Sc)

Se aplica la ecuación de Terzaghi sobre el colchón remanente de arcilla de 0.50 m de espesor (C_c = 0.222, e_0 = 0.742):

$$\boldsymbol{S_c = \frac{C_C}{1+e_0} * H_{rem} * \log_{10}\left(\frac{\sigma_0' + \Delta\sigma}{\sigma_0'}\right)}$$

$$S_c = \frac{0.222}{1+0.742} * 100 * \log_{10}\left(\frac{2.8761+2.7682}{2.8761}\right) = 12.744 * \log_{10}(1.9625)$$

$$S_c = 12.744 * 0.2928 = 0.03731\text{m} \approx 3.731cm$$

Debido a que el bloque de concreto ciclópeo confina lateralmente el suelo y disipa la carga perimetralmente en un área un 15% mayor por fricción en las paredes del pozo excavado, se aplica el factor de reducción elástica por rigidez de bloque semi-empotrado (Factor Fox / Burland R = 0.35), reduciendo la deformación real efectiva por consolidación en la arcilla confinada a:

$$\boldsymbol{S_{c,efectivo} = 3.731cm * 0.35 = 1.306\text{cm}}$$

$$\boldsymbol{S_{c,efectivo} = 1.306\ \text{cm}}$$

- Cálculo del Asentamiento Inmediato (Se)

Bajo la nueva geometría de contacto ampliada por el sobreancho de la excavación (B = 1.20 m), la presión de contacto se reduce a q_{block} = 5.56 t/m². Aplicando la formulación elástica para el centro del bloque (B' = 0.60 m, m = 4, Is = 0.112)

$$\boldsymbol{S_e = q_{neto} * B' * \frac{1-\mu_s^2}{E_s} * \text{m} * I_s}$$

$$S_e = 5.5556\ \frac{T}{m^2} * 0.60m * \frac{1-(0.50)^2}{240\ \frac{T}{m^2}} * 4 * 0.112 = 0.01042 * 0.448 = 0.00466\text{m}$$

$$S_e = 0.00466\text{m} = 0.466\text{cm}$$

$$S_e \approx 0.466cm$$

- Asentamiento total (St)

$$S_t = S_e + S_{c,efectivo} = 0.466cm + 1.306cm = 1.772cm$$

$$\boldsymbol{S_t = 1.772cm}$$

Tabla 23. Comparativo de asentamientos con y sin mejoramiento de suelo

Parámetro Geotécnico	Caso Crítico (Sin Mejoramiento)	Solución Definitiva (Con Concreto Ciclópeo)	Cumplimiento Normativo (NSR-10)
Profundidad de Apoyo	-1.50 m (Suelo Natural)	-1.80 m	Aprobado
Asentamiento Elástico (Se)	0.560 cm	0.466 cm	Controlado por rigidez del bloque
Asentamiento por Consolidación (Sc)	4.775 cm	1.306 cm	Mitigado por confinamiento lateral
Asentamiento Total Estimado (St)	5.335 cm	1.772 cm	SÍ CUMPLE (Menor a 2.50 cm})

Fuente: Elaboración propia

Este valor límite corrobora la inviabilidad mecánica del apoyo directo sobre el terreno natural, justificando plenamente la incorporación del bloque de concreto ciclópeo de 0.30 m de espesor como una solución óptima y definitiva para controlar los asentamientos diferidos por consolidación, derivando de forma segura las líneas de esfuerzo estructural hacia los estratos más estables y competentes del perfil geotécnico.

8.4.2. Selección de la alternativa de cimentación más favorable

Basado en la litoestratigrafía del sitio, la condición crítica de saturación por la presencia del nivel freático a los -0.80 m y el análisis riguroso de deformaciones verticales, se determina la inviabilidad del uso de zapatas aisladas tradicionales apoyadas directamente sobre el suelo natural. Dicha configuración induciría un asentamiento total inadmisible de 5.34 cm, superando ampliamente el límite normativo de 2.50 cm fijado por la legislación nacional colombiana.

Por lo tanto, se define como el sistema estructural y geotécnico definitivo para el proyecto la implementación de Zapatas Aisladas de 1.00m x 1.00m desplantadas a una profundidad inicial de -1.50 m, apoyadas estrictamente sobre un mejoramiento de suelo mediante bloques de concreto ciclópeo de 0.30 m de espesor, alcanzando una cota definitiva de fondo de excavación y transferencia efectiva de carga de -1.80 m.

Esta recomendación se sustenta en tres factores técnicos críticos:

1. Control riguroso de asentamientos (Suelo Tipo E - Grupo de Uso III)

l perfil del subsuelo en la zona de implantación del Hogar Infantil Travesuras se compone de arcillas de mediana plasticidad altamente compresibles (E = 2.40 MPa), encontrándose en estado de saturación total bajo el nivel freático. Las

cargas provenientes de los pórticos de acero de la cubierta transmiten fuerzas axiales de servicio estimadas en 8.00 Toneladas en los apoyos de la estructura metálica. La concentración de estas fuerzas en cimientos aislados sin mejoramiento activaría deformaciones severas, desglosadas en 0.56 cm de asentamiento elástico inmediato y 4.78 cm por consolidación primaria diferida en el tiempo.

La inclusión del bloque de concreto ciclópeo de 0.30 m de espesor soluciona esta vulnerabilidad de raíz: al reemplazar la matriz arcillosa directamente bajo el cimiento por un elemento masivo de alta rigidez ($E_{concreto} \approx$ 20,000 MPa), se traslada el plano efectivo de transferencia de carga a la cota de -1.80 m.

Esto disipa y distribuye los esfuerzos de manera eficiente por medio del aumento del área de contacto (1.20 m x 1.20m), atenuando las presiones netas hacia los horizontes profundos. Con esta configuración, el asentamiento total estimado se mitiga drásticamente hasta los 1.77 cm, un rango totalmente seguro y tolerable cumpliendo holgadamente los lineamientos del Título H del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) para edificaciones esenciales de atención a la comunidad (Factor de Importancia I = 1.25).

2. Viabilidad constructiva ante Nivel Freático Crítico (-0.80 m)

La excavación de los pozos de cimentación se proyecta hasta una cota final de -1.80 m para la base del mejoramiento, sobrepasando en 1.00 m la posición del nivel freático medido en el lote (-0.80 m) bajo la influencia hidrológica del Río Arauca (situado a 368 m). Debido a la inestabilidad intrínseca y la tendencia al flujo lateral de las paredes de excavación en presencia de agua, resulta obligatorio programar la ejecución de los pozos en jornadas rápidas, empleando sistemas de bombeo mecánico constante (bombeo de achique) para mantener el fondo libre de agua durante la fundición.

Una ventaja metodológica clave de esta alternativa corresponde al funcionamiento del concreto ciclópeo como un sello estructural inmediato. Su vaciado inmediatamente después de abrir el pozo protege la base de fundación, evitando el ablandamiento, la descompresión o el remoldeo de la arcilla por la exposición al agua o por el tránsito de los operarios. Al conformar un bloque monolítico rígido, denso e impermeable una vez fraguado, se descarta la necesidad de instalar geotextiles de separación en el fondo, optimizando los rendimientos constructivos en esta fase crítica de la obra.

3. Rigidez estructural para la cubierta

Una estructura de uso social soportada por pórticos rígidos y cubiertas metálicas de grandes luces requiere un control estricto de deformaciones en su base, previniendo distorsiones angulares con potencial de estresar las conexiones aéreas

o fisurar las mamposterías perimetrales del hogar infantil. En este diseño, la combinación de los bloques rígidos de concreto ciclópeo bajo cada cimiento, sumado a la interconexión obligatoria de todas las zapatas en ambas direcciones ortogonales mediante vigas de amarre rígidas, garantiza un comportamiento estructural solidario e integral de toda la subestructura.

Ante una tendencia de la arcilla subyacente a deformarse de manera irregular por variaciones en la humedad o saturación estacional, el sistema combinado de amarres y bloques de ciclópeo posee la capacidad estructural de puentear esos puntos débiles y redistribuir las cargas hacia las zonas más estables del terreno, ofreciendo un margen de seguridad sismorresistente óptimo.

8.4.3. Excavaciones para cimentación

Dado el planteamiento de las excavaciones para el desplante de la cimentación y el mejoramiento del suelo hasta profundidades del orden de 1.80 m (cota de fondo para el bloque de concreto ciclópeo), estas se desarrollarán por completo dentro de la arcilla saturada de consistencia media, sufriendo la afectación directa del nivel freático superficial estabilizado a los -0.80 m. Bajo la Guía de trabajo seguro en excavaciones del Ministerio del Trabajo, este terreno se clasifica estrictamente como un Suelo Tipo C, por cumplir la condición de ser un "suelo sumergido o suelo donde el agua está drenada de forma lenta".

Es de vital importancia evitar la confusión de esta categoría de seguridad ocupacional y operativa con la clasificación sismorresistente de la norma NSR-10, correspondiente en este mismo perfil a un Suelo Tipo E. Al tratarse de un suelo Tipo C saturado en su base, el riesgo de inestabilidad, descompresión por alivio de esfuerzos y flujo local es crítico, exigiendo la ejecución de las medidas preventivas con la máxima rigurosidad.

1. Medidas de Protección y Estabilidad

- Sistemas de apuntalamiento (Entibado Continuo): Al encontrarse la base de la excavación sumergida bajo el nivel freático, coincidiendo con un horizonte arcilloso deformable, las paredes de los pozos de cimentación carecerán de la cohesión aparente necesaria para sostenerse de forma autoportante. Es imperativo instalar sistemas de entibado continuo (ciego) utilizando tablones de madera o paneles metálicos a medida del avance de la excavación. Este procedimiento contendrá el empuje lateral de la arcilla saturada, impidiendo el desmoronamiento de las paredes hacia la zona de trabajo.
- Taludes (Alternativa sujeta a espacio): Si las condiciones de colindancia y el espacio físico dentro del predio del Hogar Infantil Travesuras permiten realizar

excavaciones a cielo abierto sin afectar estructuras vecinas, la norma nacional exige mantener en taludes provisionales para suelos Tipo C una inclinación máxima de1.5H:1V (1.5 m horizontales por cada 1 m vertical). Sin embargo, debido a la saturación del terreno en la cota de fondo, las paredes tenderán a fluir lateralmente, haciendo que el entibado local sea la solución constructiva más viable, limpia y segura.

- Borde de excavación: Queda estrictamente prohibido acopiar el material extraído de los pozos (tierra, escombros), almacenar materiales de construcción o estacionar maquinaria en las proximidades inmediatas del borde de la excavación. La distancia mínima de seguridad libre de sobrecargas debe ser igual a la mitad de la profundidad total de la excavación (mínimo 1.00 m). Esta medida evita la inducción de presiones causantes de una falla por corte en la corona del talud y el colapso del sistema de protección provisional.

2. Gestión del Agua (Nivel Freático)

- Sistema de bombeo continuo: La interceptación del nivel freático a partir de los -0.80 m generará filtraciones inmediatas hacia el fondo del pozo excavado. Para garantizar un entorno de trabajo seguro y seco, se debe implementar un sistema de bombeo continúo empleando bombas sumergibles (bombas de achique) dispuestas en cárcamos o sumideros temporales localizados en las esquinas inferiores de la excavación, evacuando el agua de forma constante hacia los canales de drenaje perimetrales del proyecto.

- Sello y estabilización inmediata: El suelo tipo C cohesivo saturado perderá su capacidad de soporte ante el tránsito o el remoldeo durante la excavación. Una vez alcanzada la cota máxima de excavación de -1.80 m y evacuado el exceso de agua mediante bombeo de achique, se debe proceder inmediatamente al vaciado del concreto ciclópeo de mejoramiento (espesor de 0.30 m), protegiendo la integridad de la arcilla de fundación y omitiendo el uso de geotextiles.

3. Seguridad durante la ejecución

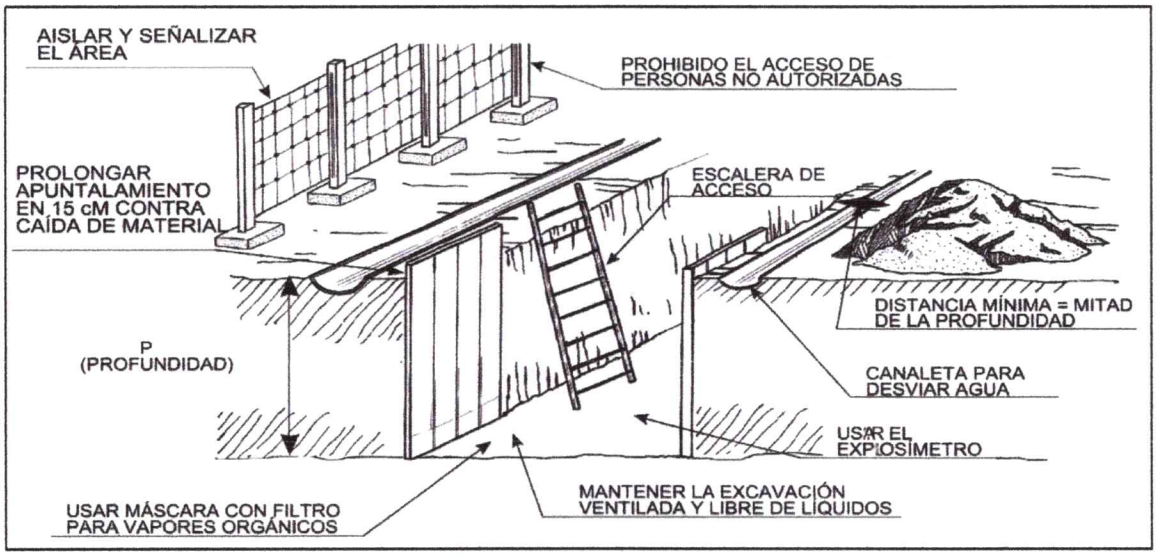
- **Acceso y Salida:** Se deberán instalar escaleras de mano rígidas, debidamente construidas y ancladas con firmeza a los sistemas de entibado o a la superficie exterior. Para garantizar una evacuación rápida ante cualquier emergencia hidráulica o estructural, la ubicación de estas estructuras de acceso debe asegurar que ningún operario deba realizar un desplazamiento lateral mayor a 7.00m dentro de la zanja o pozo para alcanzar la salida.

- **Ventilación:** Al ejecutar excavaciones confinadas en terrenos cohesivos húmedos que puedan albergar descomposición de materia orgánica en zonas aluviales, se debe verificar que los pozos cuenten con una adecuada

circulación de aire, previniendo la acumulación de gases pesados o la reducción drástica de los niveles de oxígeno en las cotas más profundas.

- **Inspecciones:** Un profesional competente o el coordinador de seguridad y salud en el trabajo (SST) de la obra deberá inspeccionar minuciosamente el estado del entibado, los puntales y la eficiencia del sistema de bombeo antes de iniciar cada jornada laboral. Cualquier signo visible de pandeo en los tablones, deformación en los codales o infiltración masiva de finos a través del entibado debe ser corregido rigurosamente antes de autorizar el ingreso del personal a la excavación.

Imagen 12. Detalle de una excavación segura



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

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. CONCLUSIONES

Del análisis efectuado en el presente informe, basado en las exploraciones de campo, los ensayos de laboratorio, la estratigrafía definida y el marco geológico regional, se concluye:

- El presente estudio geotécnico se realiza para el proyecto de adecuación del Hogar Infantil Travesuras, enfocado específicamente en la construcción de la estructura de cubierta para la cancha sintética del plantel.
- El subsuelo del proyecto está constituido por depósitos aluviales cuaternarios (Qal). Se identificó un horizonte granular superficial (SM) hasta -1.10 m, bajo el cual se desarrolla una potente unidad arcillosa (CL/A-6) de consistencia media a firme, que constituye el estrato de apoyo para la cimentación.
- Se confirmó la presencia de un nivel freático estabilizado uniformemente a -0.80 m de profundidad, condición que satura permanentemente el subsuelo y exige el uso obligatorio de sistemas de bombeo y achique durante la etapa de construcción.
- Según el Estudio Básico de Amenazas del municipio, el área urbana donde se localiza el CDI Travesuras presenta condiciones que exigen medidas de protección, aunque se ubica fuera de la franja de mayor peligro directo asociada a la margen inmediata del río Arauca. No obstante, las pendientes topográficas bajas (menores al 3%) facilitan el anegamiento local por escorrentía superficial.
- Con base en los ensayos e índices físicos del terreno, el subsuelo se clasifica técnicamente como Suelo Tipo E según el Título A de la norma NSR-10.
- Debido a la naturaleza cohesiva de los estratos en la cota de apoyo, se concluye que los suelos **NO son licuables**.
- Por su destinación hacia el cuidado y educación de la primera infancia, la edificación pertenece legalmente al Grupo de Uso III (Edificación de Atención a la Comunidad).
- La combinación del Suelo Tipo E y el Grupo de Uso III exige la aplicación obligatoria de un Coeficiente de Importancia igual a 1.25, aumentando un 25% las fuerzas sísmicas de diseño.

- El Módulo de Young para el estrato superficial es críticamente bajo, evaluado mediante correlaciones en Es = 2.4 MPa (240 t/m²).
- El análisis de deformaciones elásticas y diferidas en el terreno nativo determinó un asentamiento total teórico de 5.34 centímetros ante la carga de servicio del proyecto.
- Dicho asentamiento total de 5.34 cm supera de forma severa el límite máximo permisible de 2.50 cm regulado por el Título H de la norma NSR-10
- La deformación inicial evaluada sin intervención se compone de 0.56 cm de asentamiento elástico inmediato y 4.78 cm por consolidación primaria a largo plazo.
- La capacidad admisible bruta de la arcilla natural a la cota de desplante de -1.50 metros es de 10.69 t/m² para una zapata cuadrada de 1.00 m de lado.
- La introducción del bloque de concreto ciclópeo de 0.30 m de espesor mitiga el asentamiento total definitivo a un rango seguro de 1.77 cm, validando técnicamente la solución.
- Para los efectos operativos de salud y seguridad laboral, las excavaciones se clasifican como Suelo Tipo C (Suelo Sumergido), debido a su propensión al flujo lateral.

9.2. RECOMENDACIONES GENERALES DE CIMENTACIONES

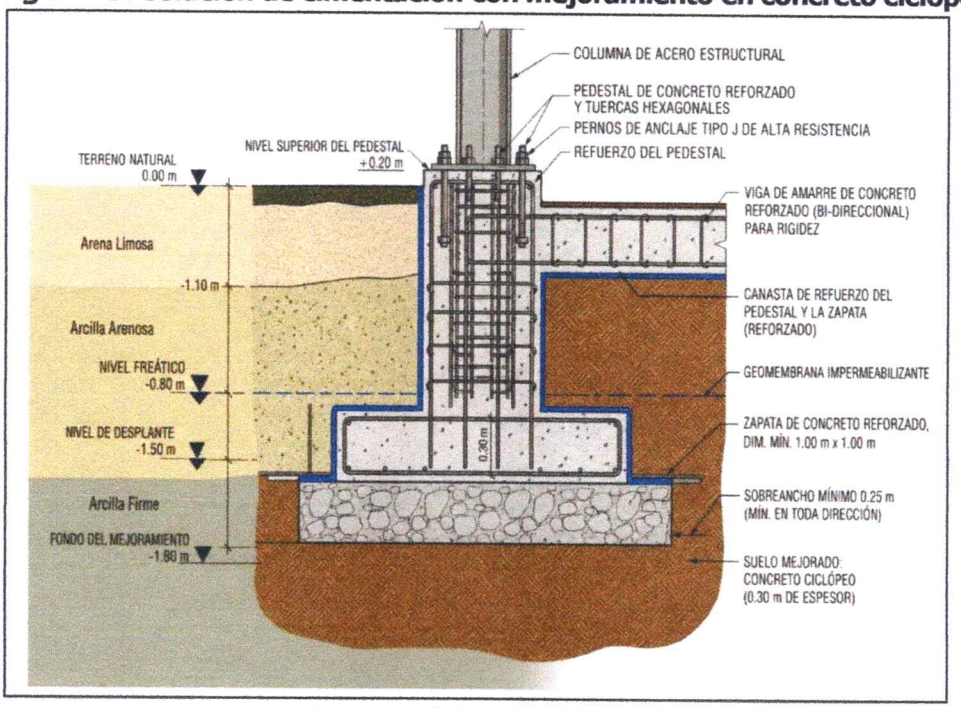
Al evaluar las condiciones geotécnicas encontradas y teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables para la cimentación, podemos definir que la capacidad admisible del suelo es adecuada para recibir la carga de trabajo para soportar las estructuras proyectadas mediante zapatas aisladas cimentadas a 1.50 m de profundidad.

- Se recomienda el uso de **zapatas aisladas en concreto reforzado**, arriostradas en ambas direcciones ortogonales mediante **vigas de amarre**. Este sistema es fundamental para controlar distorsiones angulares y proporcionar rigidez frente a eventos sísmicos, dado que el predio clasifica como Perfil de Suelo Tipo E.
- Las dimensiones de las zapatas de 1.00 m x 1.00 m presentadas en el análisis son de carácter **mínimo referencial** para fines del estudio. El diseño definitivo (dimensiones, espesores y refuerzo) deberá ser determinado por el ingeniero calculista estructural, basándose en las cargas reales de servicio, el momento flector en la base de las columnas y los parámetros de capacidad portante admisible establecidos en el Capítulo 8.

- Deberá ejecutarse un mejoramiento en el sello de fundación mediante un bloque de **concreto ciclópeo de 0.30 m de espesor** (proporción 60% concreto 14 MPa y 40% piedra limpia). Este bloque de mejoramiento deberá contar con un sobreancho mínimo de 0.25 m a cada lado con respecto a la cara de la zapata proyectada, permitiendo así una distribución más uniforme de los esfuerzos hacia el estrato arcilloso y proporcionando un área de trabajo adecuada para el vaciado.
- Fíjese la cota estructural de desplante a una profundidad de -1.50 m, requiriendo una sobre-excavación constructiva final hasta los -1.80 m para dar cabida al mejoramiento.
- Los apoyos de la estructura de cubierta deben materializarse mediante **pedestales en concreto reforzado** que emerjan desde el nivel de la zapata hasta una altura adecuada sobre la superficie final del terreno. Estos pedestales servirán de interfaz para el anclaje de las columnas metálicas; por lo tanto, el diseño de la conexión (placa base, pernos de anclaje y refuerzo del pedestal) debe considerar las fuerzas de levantamiento (viento) y el momento sísmico, garantizando un confinamiento adecuado del acero de refuerzo.
- Debido a la alta saturación del suelo, se recomienda proteger la cimentación (pedestales y vigas) mediante una **geomembrana impermeable** de alta densidad (espesor mín. 2 mm) en el fondo y laterales de la excavación para evitar la migración capilar de agua y proteger el concreto de agentes externos.
- Confórmese el volumen del bloque de mejoramiento mediante una proporción estricta de 60% concreto simple de 14 MPa (2000 psi) y 40% piedra media limpia.
- Realícese el vaciado del concreto ciclópeo inmediatamente al concluir la excavación de cada pozo, impidiendo la descompresión, hidratación o remoldeo de la arcilla base.
- Toda excavación deberá contar con sistemas de entibado, apuntalamiento o protección de taludes para prevenir desmoronamientos, conforme a la clasificación de **Suelo Tipo C** establecida en la Guía de Trabajo Seguro en Excavaciones.
- Dispóngase una inclinación máxima de 1.5H:1V en aquellos taludes provisionales a cielo abierto donde las condiciones de espacio libre lo permitan.
- Prohíbase de manera tajante el acopio de tierras extraídas, almacenamiento de insumos o parqueo de maquinaria a distancias inferiores a 1.00 m respecto al borde del corte.

- Operar un sistema de bombeo mecánico constante mediante bombas sumergibles dispuestas en cárcamos esquineros, manteniendo el fondo de la excavación seco antes del vaciado.
- Emplear en el análisis elástico de los apoyos un módulo de balasto sumergido de 270.0 t/m³ (0.270 kg/cm²), representativo de la interfase rígida del ciclópeo.

***Imagen 13.* Solución de cimentación con mejoramiento en concreto ciclópeo**



Fuente: Elaboración propia

- 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.

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

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 1	Sondeo S-01	Proceso de ejecución	
ID	**Punto de muestreo**	**Descripción**	**Ubicación**



Foto 2	Sondeo S-01	Ensayo de Penetración Estándar SPT	
ID	**Punto de muestreo**	**Descripción**	**Ubicación**

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 3	Sondeo S-01	Ensayo de Penetración Estándar SPT	
ID	**Punto de muestreo**	**Descripción**	**Ubicación**



Foto 4	Sondeo S-02	Proceso de ejecución	
ID	**Punto de muestreo**	**Descripción**	**Ubicación**

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 5	Sondeo S-02	Ensayo de Penetración Estándar SPT	
ID	**Punto de muestreo**	**Descripción**	**Ubicación**



Foto 6	Sondeo S-02	Ensayo de Penetración Estándar SPT	
ID	**Punto de muestreo**	**Descripción**	**Ubicación**

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 7	Sondeo S-03	Proceso de ejecución	
ID	**Punto de muestreo**	**Descripción**	**Ubicación**



Foto 8	Sondeo S-03	Ensayo de Penetración Estándar SPT	
ID	**Punto de muestreo**	**Descripción**	**Ubicación**

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Foto 9	Sondeo S-03	Ensayo de Penetración Estándar SPT	
ID	**Punto de muestreo**	**Descripción**	**Ubicación**

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

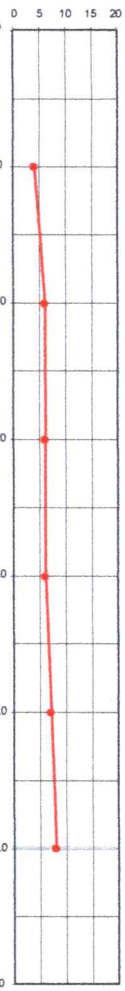
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA — **CONTRATO:**

TECNICA DE INVESTIGACIÓN : SONDEO CON SPT — **UBICACIÓN** HOGAR INFANTIL TRAVESURAS — **PERFORACIÓN** S-01

COTAS DE REFERENCIA : NIVEL DEL TERRENO GOOGLE EARTH PRO — **PROFUNDIDAD FINAL** : 6.00 m — 7°1'38.49"N

FECHA : JUNIO DE 2026 — **NIVEL FREÁTICO** : 0.80 m — 71°25'46.65"O

PROF. METROS	COTA	ESTRATO	SIMBOLO GRÁFICO	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	DESCRIPCIÓN DE SUELO	N SPT CON PUNTAZA N1	N2	N3	N	MUESTREO TIPO	No.	PROF.
0.00	157.00												
0.20	156.80					COBERTURA VEGETAL							
0.40						ARENA LIMOSA							
0.60		1		SM	A-2-4	DE GRANULOMETRIA MEDIA A FINA							
0.80	156.20	N.F.				COLOR GRIS							
1.00	156.00						2	2	2	4	MAB	1	1.00 m
1.20													
1.40													
1.60													
1.80						ARCILLA ARENOSA							
2.00		2		CL	A-6	DE MEDIANA PLASTICIDAD	2	3	3	6	MIT	2	2.00 m
2.20						COLOR AMARILLA CON GRIS							
2.40													
2.60													
2.80													
3.00	154.00						2	3	3	6	MAB	3	3.00 m
3.20													
3.40													
3.60													
3.80						ARCILLA ARENOSA							
4.00		3		CL	A-6	DE MEDIANA PLASTICIDAD	3	3	3	6	MAB	4	4.00 m
4.20						COLOR GRIS							
4.40													
4.60													
4.80													
5.00							4	4	3	7	MAB	5	5.00 m
5.20													
5.40													
5.60													
5.80													
6.00							3	4	4	8	MAB	6	6.00 m
6.20													
6.40	150.60												
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		REVISO:
Enderson Cacua	Joaquin Eduardo	
ENDERSON JADIR CACUA RICO Laboratorista	Ing. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT Geotecnista - M.P. 54202-72031 NTS	

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA — **CONTRATO:**

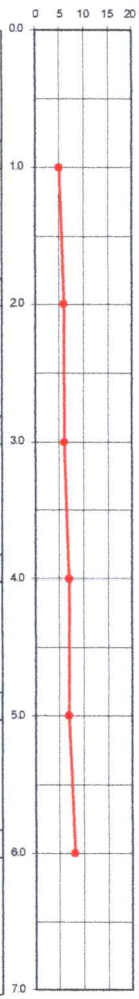
TECNICA DE INVESTIGACIÓN : SONDEO CON SPT — **UBICACIÓN** HOGAR INFANTIL TRAVESURAS — **PERFORACIÓN** S-02

COTAS DE REFERENCIA : NIVEL DEL TERRENO GOOGLE EARTH PRO — **PROFUNDIDAD FINAL** : 6.00 m — 7°1'38.24"N

FECHA : JUNIO DE 2026 — **NIVEL FREÁTICO** : 0.80 m — 71°25'46.74"O

PROF. METROS	COTA	ESTRATO	SIMBOLO GRÁFICO	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	DESCRIPCIÓN DE SUELO	N SPT CON PUNTAZA N1	N2	N3	N	MUESTREO TIPO	No.	PROF.
0.00	157.00												
0.20	156.80					COBERTURA VEGETAL							
0.40						ARENA LIMOSA							
0.60		1		SM	A-2-4	DE GRANULOMETRIA MEDIA A FINA							
0.80	156.20	N.F.				COLOR GRIS							
1.00	156.00						2	2	3	5	MAB	1	1.00 m
1.20													
1.40													
1.60													
1.80						ARCILLA ARENOSA							
2.00		2		CL	A-6	DE MEDIANA PLASTICIDAD	2	3	3	6	MAB	2	2.00 m
2.20						COLOR AMARILLA CON GRIS							
2.40													
2.60													
2.80													
3.00							3	3	3	6	MAB	3	3.00 m
3.20	153.80												
3.40													
3.60													
3.80						ARCILLA ARENOSA							
4.00		3		CL	A-6	DE MEDIANA PLASTICIDAD	3	3	4	7	MAB	4	4.00 m
4.20						COLOR GRIS							
4.40													
4.60													
4.80													
5.00							3	4	3	7	MIT	5	5.00 m
5.20													
5.40													
5.60													
5.80													
6.00							3	3	5	8	MAB	6	6.00 m
6.20													
6.40	150.60												
6.60						FIN DE LA EXPLORACIÓN							
6.80													
7.00													

Gráfico N vs Profundidad



OBSERVACIONES:

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

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

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

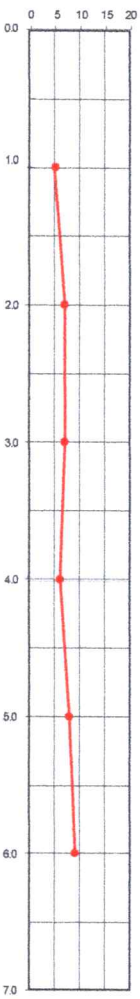
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA — **CONTRATO:**

TECNICA DE INVESTIGACIÓN : SONDEO CON SPT — **UBICACIÓN** HOGAR INFANTIL TRAVESURAS — **PERFORACIÓN** S-03

COTAS DE REFERENCIA : NIVEL DEL TERRENO GOOGLE EARTH PRO — **PROFUNDIDAD FINAL** : 6.00 m — 7°1'38.20"N

FECHA : JUNIO DE 2026 — **NIVEL FREÁTICO** : 0.80 m — 71°25'46.96"O

PROF. METROS	COTA	ESTRATO	SIMBOLO GRÁFICO	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	DESCRIPCION DE SUELO	N SPT CON PUNTAZA N1	N2	N3	N	MUESTREO TIPO	No.	PROF.
0.00	157.00												
0.20	156.80					COBERTURA VEGETAL							
0.40													
0.60		1				ARENA LIMOSA							
0.80	156.20	N.F.		SM	A-2-4	DE GRANULOMETRIA MEDIA A FINA							
1.00						COLOR GRIS	2	2	3	5	MAB	1	1.00 m
1.20	155.90												
1.40													
1.60						ARCILLA ARENOSA							
1.80													
2.00		2		CL	A-6	DE MEDIANA PLASTICIDAD	2	3	4	7	MAB	2	2.00 m
2.20						COLOR AMARILLA CON GRIS							
2.40													
2.60													
2.80													
3.00	154.00						3	3	4	7	MAB	3	3.00 m
3.20													
3.40													
3.60													
3.80						ARCILLA ARENOSA							
4.00		3		CL	A-6	DE MEDIANA PLASTICIDAD	2	3	3	6	MAB	4	4.00 m
4.20						COLOR GRIS							
4.40													
4.60													
4.80													
5.00							3	4	4	8	MAB	5	5.00 m
5.20													
5.40													
5.60													
5.80													
6.00							3	4	5	9	MAB	6	6.00 m
6.20													
6.40	150.60												
6.60						FIN DE LA EXPLORACIÓN							
6.80													
7.00													
						FIN DE LA EXPLORACIÓN							



OBSERVACIONES:

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

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

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-01
MUESTRA: M1

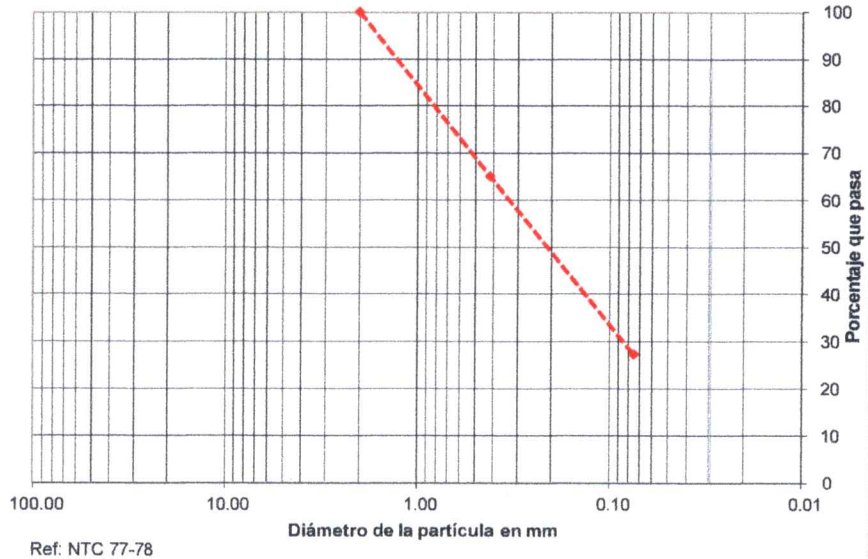
Peso Total 1 920.00 grs
Peso Total 2 670.00 grs
Pérdida por Lavado 250.00 grs

Descripción: ARENA LIMOSA
De granulometria media a fina
Color gris

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

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

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	321.00	34.89	34.89	65.11	-
0.075 mm	No. 200	349.00	37.93	72.83	27.17	-
Fondo		250.00	27.17	100.00	0.00	-
Suma=		920.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	72.83 %
	FINOS	27.17 %

PROYECTO:
MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

MATERIAL: ARENA LIMOSA

LABORATORISTA: Enderson Cacua
ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: Joaquin Eduardo
ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 8420272031 NTS

CONTRATO No:

FECHA: JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-01
MUESTRA: M2

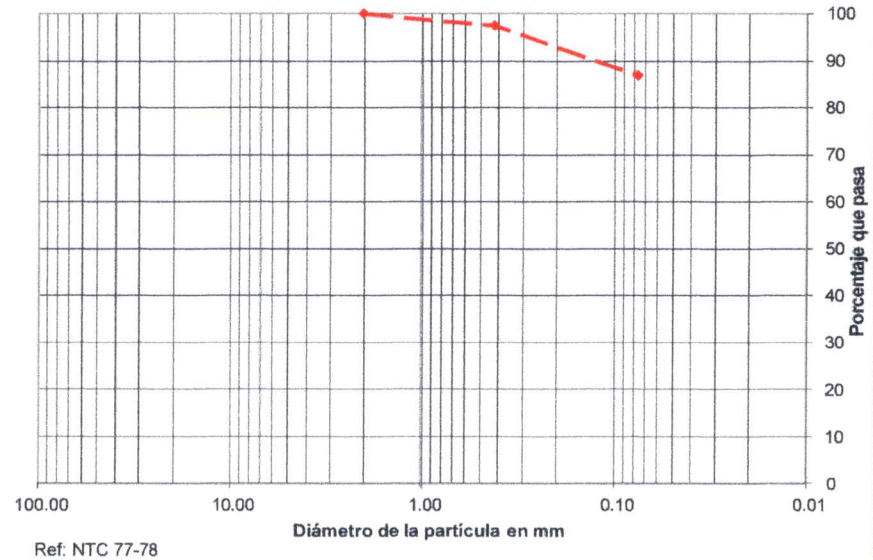
Peso Total 1 930.00 grs
Peso Total 2 122.00 grs
Pérdida por Lavado 808.00 grs

Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA
DE PLASTICIDAD MEDIA
Color amarillo con gris

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

LL: 32.26
IP: 12.03
USC: CL
AASHTO: A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	24.00	2.58	2.58	97.42	-
0.075 mm	No. 200	98.00	10.54	13.12	86.88	-
Fondo		808.00	86.88	100.00	0.00	-
Suma=		930.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 0.00 %
ARENAS 13.12 %
FINOS 86.88 %

PROYECTO:
MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARCILLA CON POCA ARENA

LABORATORISTA: Enderson Cacua
ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

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

CONTRATO No:

FECHA: JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-01
MUESTRA: M3

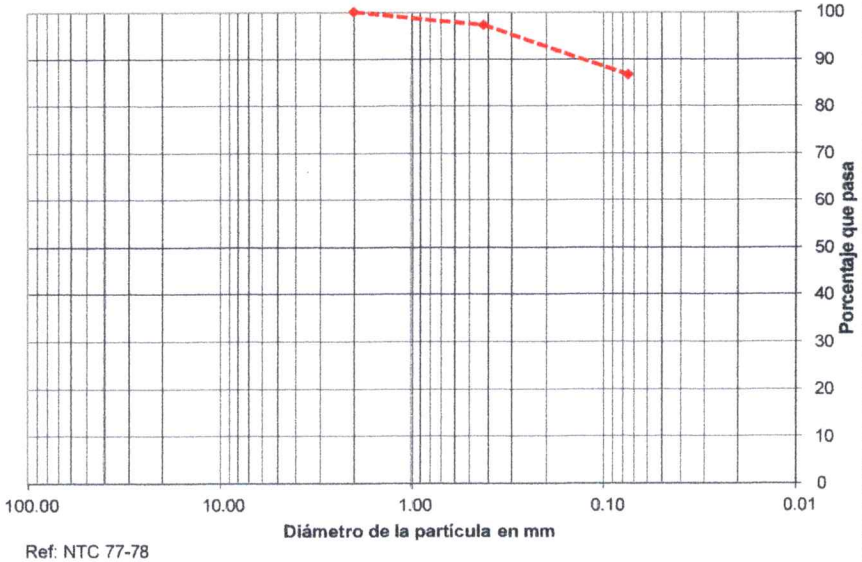
Peso Total 1 940.00 grs
Peso Total 2 125.00 grs
Pérdida por Lavado 815.00 grs

Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA
DE PLASTICIDAD MEDIA
Color amarillo con gris

LL: 32.77
IP: 12.32
USC: CL
AASHTO: A-6

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

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	26.00	2.77	2.77	97.23	-
0.075 mm	No. 200	99.00	10.53	13.30	86.70	-
Fondo		815.00	86.70	100.00	0.00	-
Suma=		940.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 0.00 %
ARENAS 13.30 %
FINOS 86.70 %

PROYECTO:
MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

MATERIAL: ARCILLA CON POCA ARENA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

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

CONTRATO No:

FECHA: JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-01
MUESTRA: M4

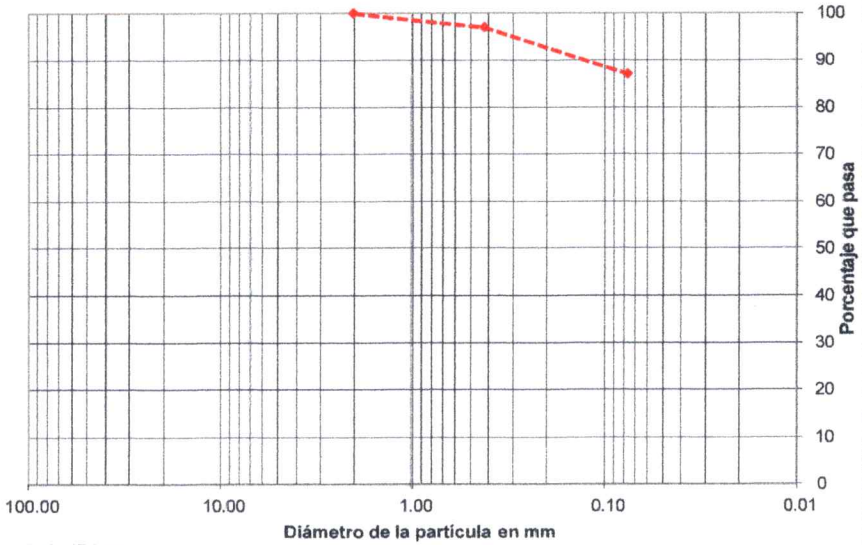
Peso Total 1 932.00 grs
Peso Total 2 121.00 grs
Pérdida por Lavado 811.00 grs

Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA
Color gris

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

LL: 34.65
IP: 14.51
USC: CL
AASHTO: A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	29.00	3.11	3.11	96.89	-
0.075 mm	No. 200	92.00	9.87	12.98	87.02	-
Fondo		811.00	87.02	100.00	0.00	-
Suma=		932.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 0.00 %
ARENAS 12.98 %
FINOS 87.02 %

PROYECTO:
MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARCILLA CON POCA ARENA

LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

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

CONTRATO No:

FECHA: JUNIO DE 2026

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

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-01
MUESTRA: M5

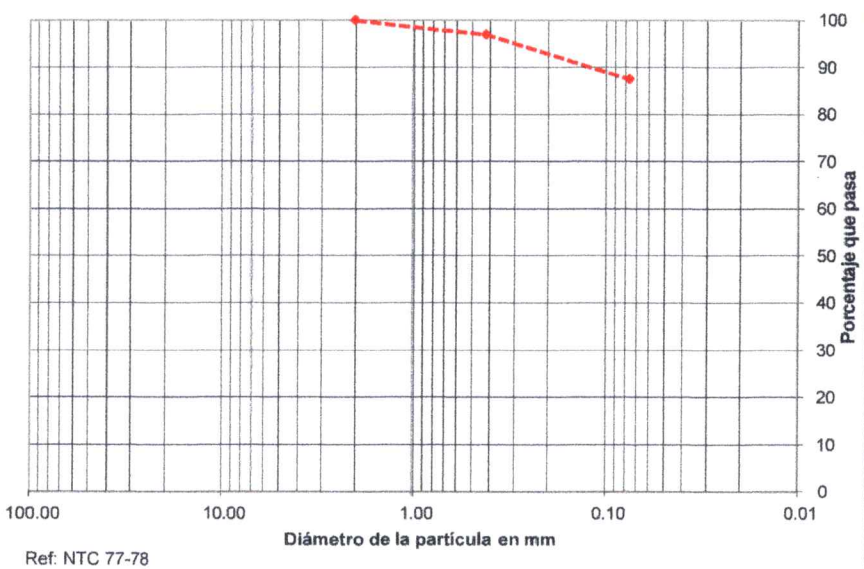
Peso Total 1 961.00 grs
Peso Total 2 120.00 grs
Pérdida por Lavado 841.00 grs

Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA
DE PLASTICIDAD MEDIA
Color gris

LL: 35.05
IP: 13.94
USC: CL
AASHTO: A-6

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

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	30.00	3.12	3.12	96.88	-
0.075 mm	No. 200	90.00	9.37	12.49	87.51	-
Fondo		841.00	87.51	100.00	0.00	-
Suma=		961.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	0.00 %
ARENAS	12.49 %
FINOS	87.51 %

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	**MATERIAL:** ARCILLA CON POCA ARENA
	LABORATORISTA: Enderson Cacua ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**REVISO:** Joaquin Eduardo D. ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 54202-2031 NTS
	CONTRATO No: — **FECHA:** JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-01
MUESTRA: M6

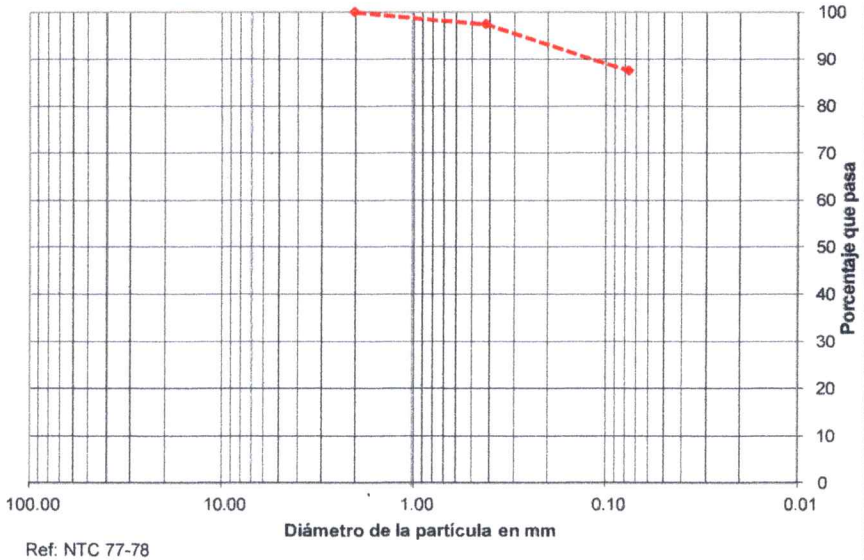
Peso Total 1 902.00 grs
Peso Total 2 112.00 grs
Pérdida por Lavado 790.00 grs

Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA
Color gris

LL: 36.00
IP: 14.75
USC: CL
AASHTO: A-6

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

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	23.00	2.55	2.55	97.45	-
0.075 mm	No. 200	89.00	9.87	12.42	87.58	-
Fondo		790.00	87.58	100.00	0.00	-
Suma=		902.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	0.00 %
ARENAS	12.42 %
FINOS	87.58 %

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	**MATERIAL:** ARCILLA CON POCA ARENA
	LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS
	CONTRATO No: / **FECHA:** JUNIO DE 2026

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

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-02
MUESTRA: M1

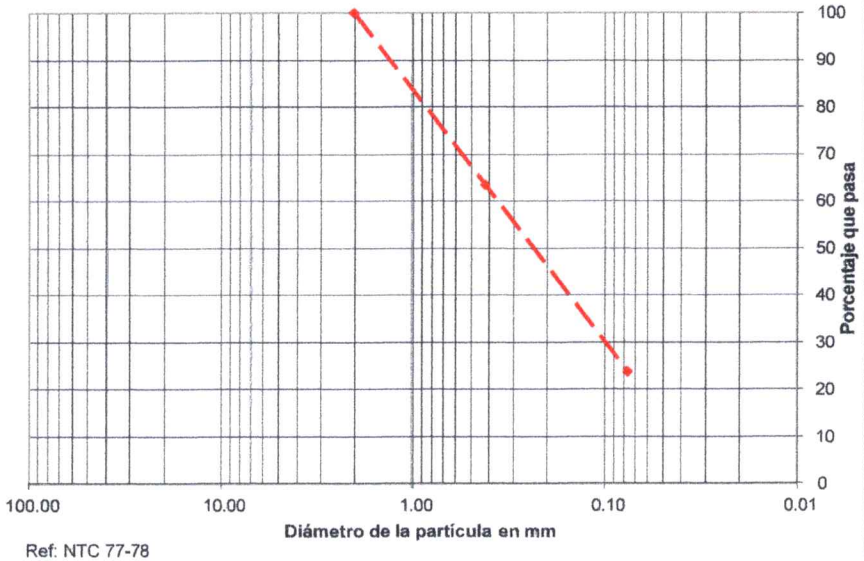
Peso Total 1 932.00 grs
Peso Total 2 711.00 grs
Pérdida por Lavado 221.00 grs

Descripción: ARENA LIMOSA
De granulometria media a fina
Color gris

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

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

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	341.00	36.59	36.59	63.41	-
0.075 mm	No. 200	370.00	39.70	76.29	23.71	-
Fondo		221.00	23.71	100.00	0.00	-
Suma=		932.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	0.00 %
ARENAS	76.29 %
FINOS	23.71 %

PROYECTO:
MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

MATERIAL: ARENA LIMOSA

LABORATORISTA: Enderson Cacua
ENDERSON JADIR CACUA RICO

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

CONTRATO No:

FECHA: JUNIO DE 2026

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

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-02
MUESTRA: M2

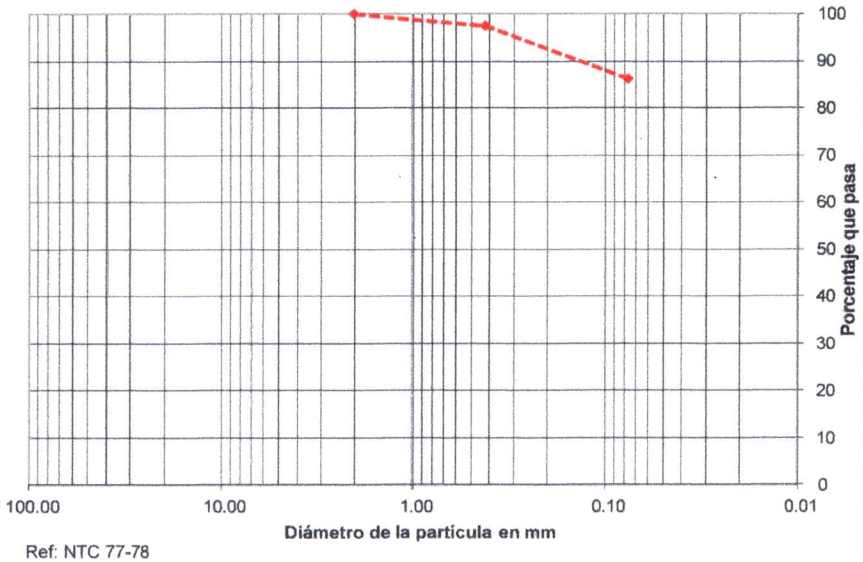
Peso Total 1 922.00 grs
Peso Total 2 127.00 grs
Pérdida por Lavado 795.00 grs

Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA
DE PLASTICIDAD MEDIA
Color amarillo con gris

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

LL: 33.00
IP: 12.81
USC: CL
AASHTO: A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	23.00	2.49	2.49	97.51	-
0.075 mm	No. 200	104.00	11.28	13.77	86.23	-
Fondo		795.00	86.23	100.00	0.00	-
Suma=		922.00	100.0			

Cu=	GRAVAS	0.00 %
Cc=	ARENAS	13.77 %
	FINOS	86.23 %

PROYECTO:
MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

MATERIAL: ARCILLA CON POCA ARENA

LABORATORISTA: Enderson Cacua
ENDERSON JADIR CACUA RICO

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

CONTRATO No:

FECHA: JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-02
MUESTRA: M3

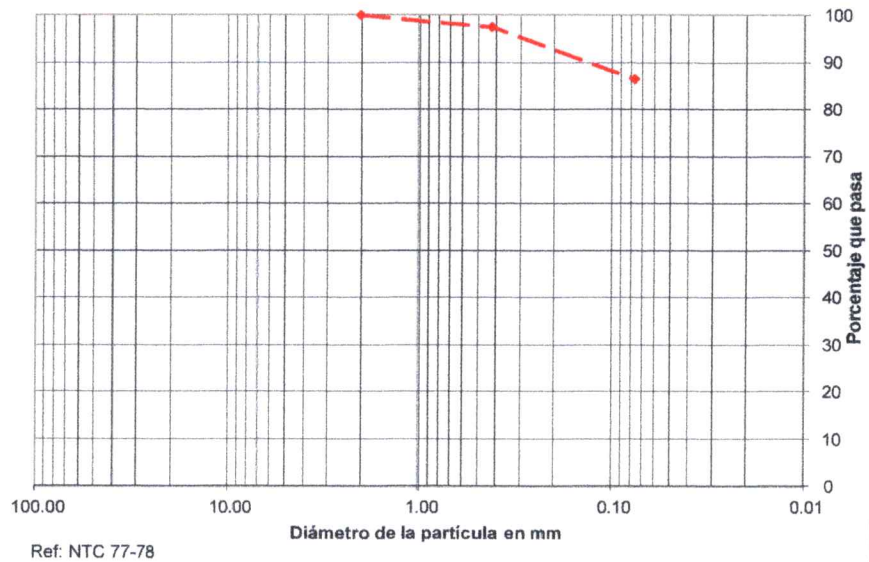
Peso Total 1 910.00 grs
Peso Total 2 124.00 grs
Pérdida por Lavado 786.00 grs

Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA
DE PLASTICIDAD MEDIA
Color amarillo con gris

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

LL: 33.66
IP: 13.27
USC: CL
AASHTO: A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	24.00	2.64	2.64	97.36	-
0.075 mm	No. 200	100.00	10.99	13.63	86.37	-
Fondo		786.00	86.37	100.00	0.00	-
Suma=		910.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	0.00 %
ARENAS	13.63 %
FINOS	86.37 %

PROYECTO:
MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

MATERIAL: ARCILLA CON POCA ARENA

LABORATORISTA: Enderson Cacua
ENDERSON JADIR CACUA RICO

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

CONTRATO No:

FECHA: JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-02
MUESTRA: M4

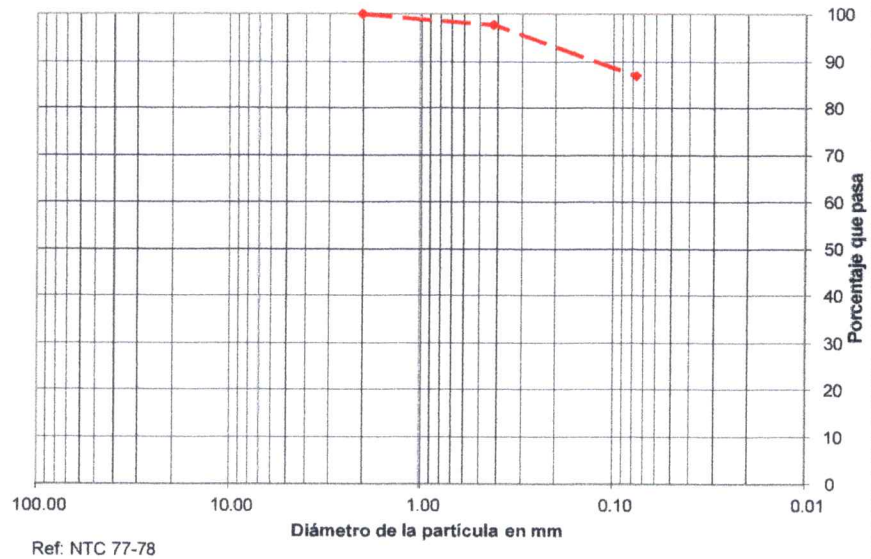
Peso Total 1 904.00 grs
Peso Total 2 119.00 grs
Pérdida por Lavado 785.00 grs

Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA
Color gris

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

LL: 34.72
IP: 14.17
USC: CL
AASHTO: A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	20.00	2.21	2.21	97.79	-
0.075 mm	No. 200	99.00	10.95	13.16	86.84	-
Fondo		785.00	86.84	100.00	0.00	-
Suma=		904.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 0.00 %
ARENAS 13.16 %
FINOS 86.84 %

PROYECTO:
MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

MATERIAL: ARCILLA CON POCA ARENA

LABORATORISTA: Enderson Cacua
ENDERSON JADIR CACUA RICO

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

CONTRATO No:

FECHA: JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-02
MUESTRA: M5

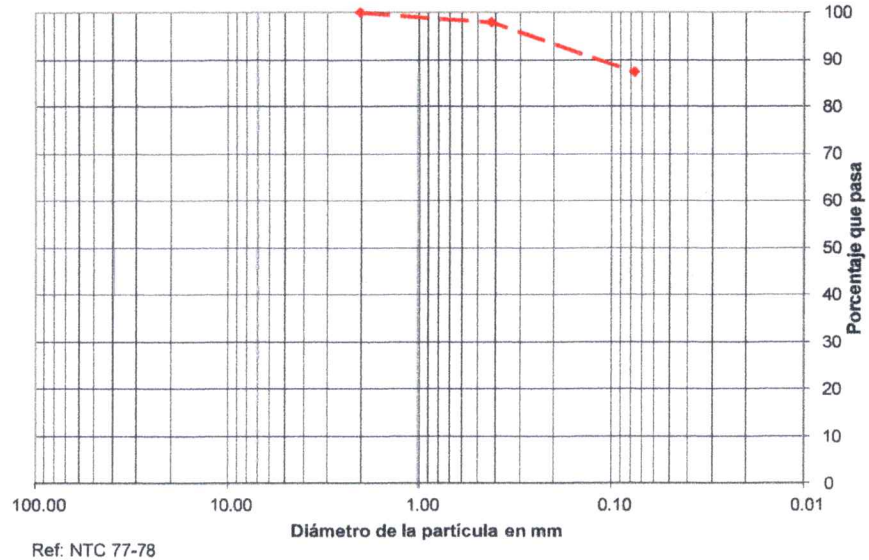
Peso Total 1 921.00 grs
Peso Total 2 116.00 grs
Pérdida por Lavado 805.00 grs

Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA
DE PLASTICIDAD MEDIA
Color gris

LL: 35.80
IP: 15.84
USC: CL
AASHTO: A-6

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

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	19.00	2.06	2.06	97.94	-
0.075 mm	No. 200	97.00	10.53	12.60	87.40	-
Fondo		805.00	87.40	100.00	0.00	-
Suma=		921.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	0.00 %
ARENAS	12.60 %
FINOS	87.40 %

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	**MATERIAL:** ARCILLA CON POCA ARENA
	LABORATORISTA: ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**REVISO:** ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP 5420272031 NTS
	CONTRATO No: / **FECHA:** JUNIO DE 2026

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

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-02
MUESTRA: M6

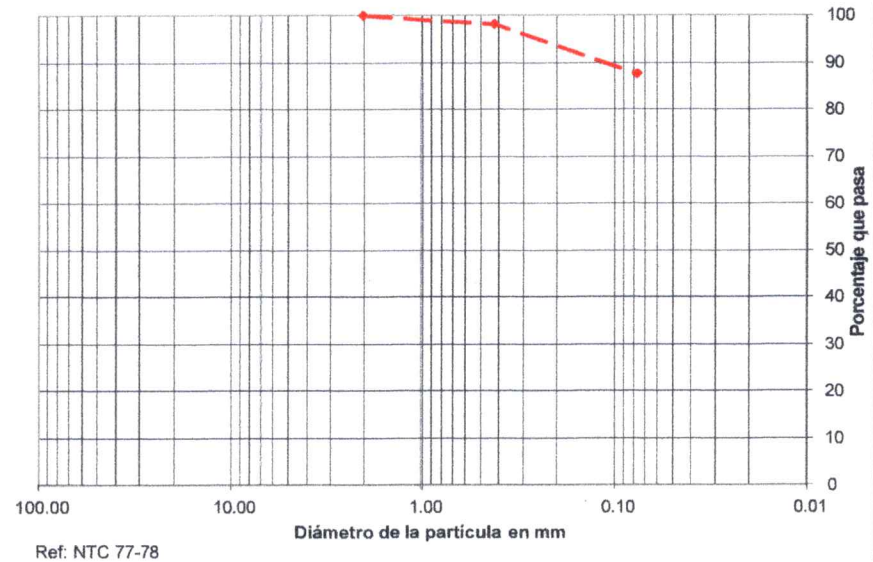
Peso Total 1 880.00 grs
Peso Total 2 110.00 grs
Pérdida por Lavado 770.00 grs

Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA
Color gris

LL: 36.37
IP: 16.76
USC: CL
AASHTO: A-6

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

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	17.00	1.93	1.93	98.07	-
0.075 mm	No. 200	93.00	10.57	12.50	87.50	-
Fondo		770.00	87.50	100.00	0.00	-
Suma=		880.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	0.00 %
ARENAS	12.50 %
FINOS	87.50 %

PROYECTO: MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA	**MATERIAL:** ARCILLA CON POCA ARENA
	LABORATORISTA: Enderson Cacua. ENDERSON JADIR CACUA RICO
SOLICITANTE: MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**REVISO:** Joaquin Eduardo D. ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5420272031 NTS
	CONTRATO No: / **FECHA:** JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-03
MUESTRA: M1

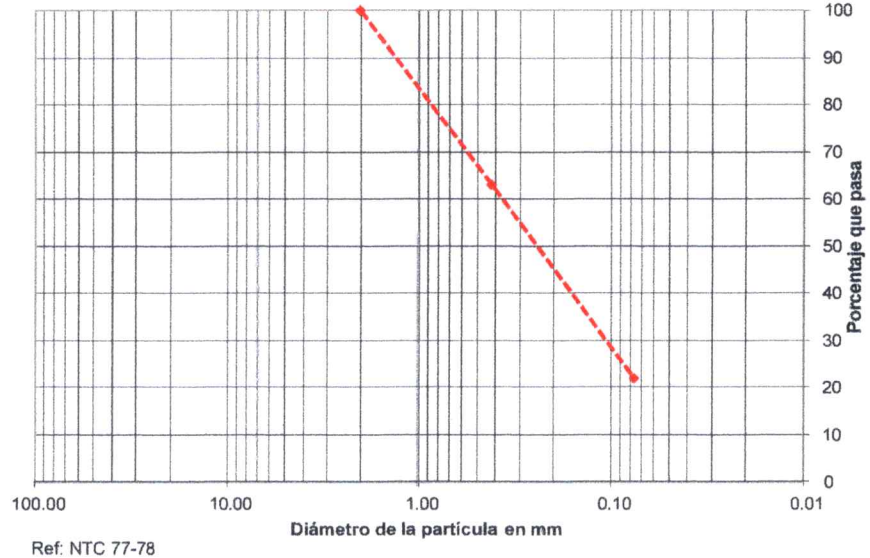
Peso Total 1 917.00 grs
Peso Total 2 716.00 grs
Pérdida por Lavado 201.00 grs

Descripción: ARENA LIMOSA
De granulometria media a fina
Color gris

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

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

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	339.00	36.97	36.97	63.03	-
0.075 mm	No. 200	377.00	41.11	78.08	21.92	-
Fondo		201.00	21.92	100.00	0.00	-
Suma=		917.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	0.00 %
ARENAS	78.08 %
FINOS	21.92 %

PROYECTO:
MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARENA LIMOSA

LABORATORISTA: Enderson Cacua.
ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

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

CONTRATO No:

FECHA: JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-03
MUESTRA: M2

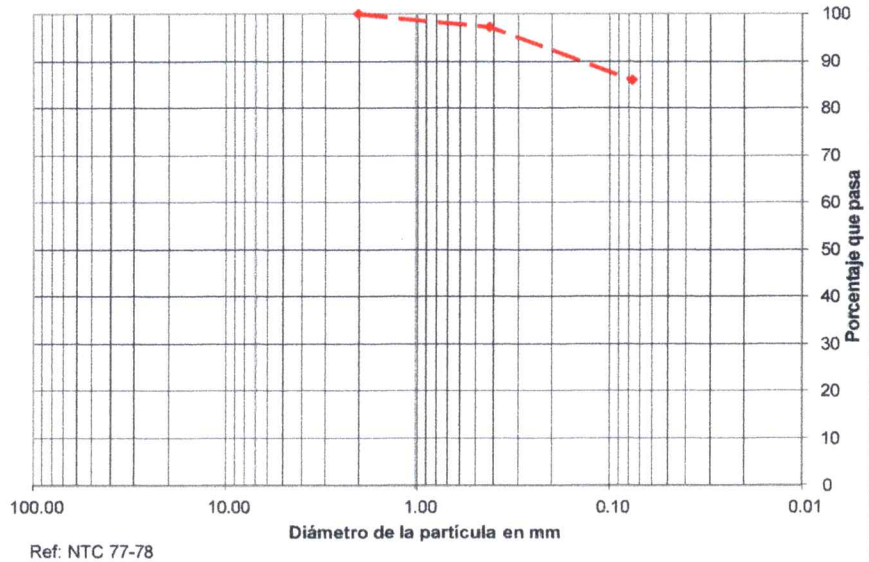
Peso Total 1 924.00 grs
Peso Total 2 130.00 grs
Pérdida por Lavado 794.00 grs

Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA
DE PLASTICIDAD MEDIA
Color amarillo con gris

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

LL: 33.35
IP: 12.78
USC: CL
AASHTO: A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	25.00	2.71	2.71	97.29	-
0.075 mm	No. 200	105.00	11.36	14.07	85.93	-
Fondo		794.00	85.93	100.00	0.00	-
Suma=		924.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	0.00 %
ARENAS	14.07 %
FINOS	85.93 %

PROYECTO:
MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

MATERIAL: ARCILLA CON POCA ARENA

LABORATORISTA: Enderson Cacua.
ENDERSON JADIR CACUA RICO

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

CONTRATO No:

FECHA: JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-03
MUESTRA: M3

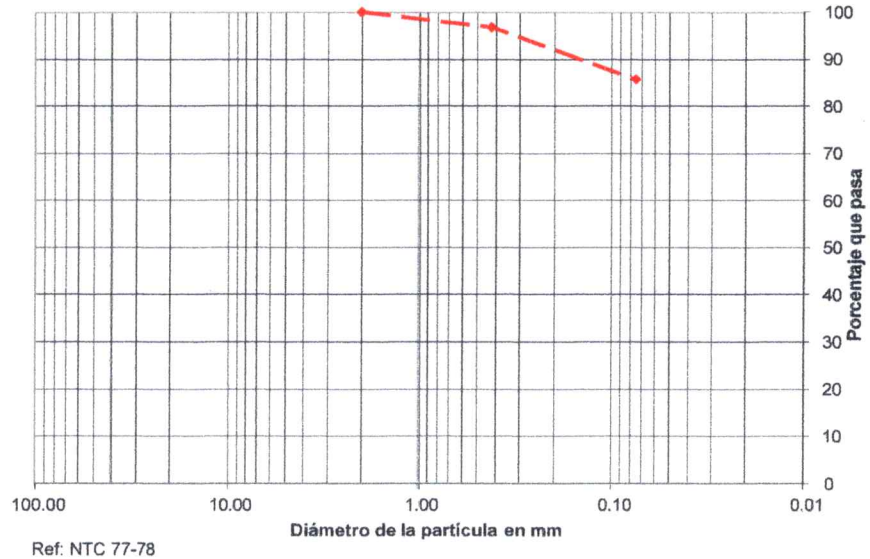
Peso Total 1 917.00 grs
Peso Total 2 130.00 grs
Pérdida por Lavado 787.00 grs

Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA
Color amarillo con gris

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

LL: 34.10
IP: 13.53
USC: CL
AASHTO: A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	28.00	3.05	3.05	96.95	-
0.075 mm	No. 200	102.00	11.12	14.18	85.82	-
Fondo		787.00	85.82	100.00	0.00	-
Suma=		917.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 0.00 %
ARENAS 14.18 %
FINOS 85.82 %

PROYECTO:
MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

MATERIAL: ARCILLA CON POCA ARENA

LABORATORISTA: Enderson Cacua.
ENDERSON JADIR CACUA RICO

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

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

CONTRATO No:

FECHA: JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-03
MUESTRA: M4

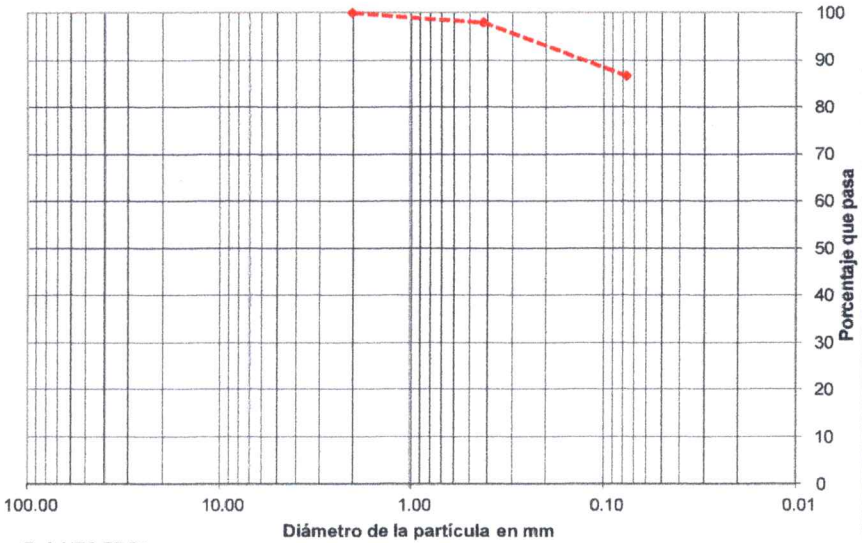
Peso Total 1 904.00 grs
Peso Total 2 120.00 grs
Pérdida por Lavado 784.00 grs

Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA
Color gris

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

LL: 35.03
IP: 14.98
USC: CL
AASHTO: A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	19.00	2.10	2.10	97.90	-
0.075 mm	No. 200	101.00	11.17	13.27	86.73	-
Fondo		784.00	86.73	100.00	0.00	-
Suma=		904.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	0.00 %
ARENAS	13.27 %
FINOS	86.73 %

PROYECTO:
MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

MATERIAL: ARCILLA CON POCA ARENA

LABORATORISTA: Enderson Cacua.
ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: Joaquin Eduardo D.
ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 5202272031 NTS

CONTRATO No:

FECHA: JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-03
MUESTRA: M5

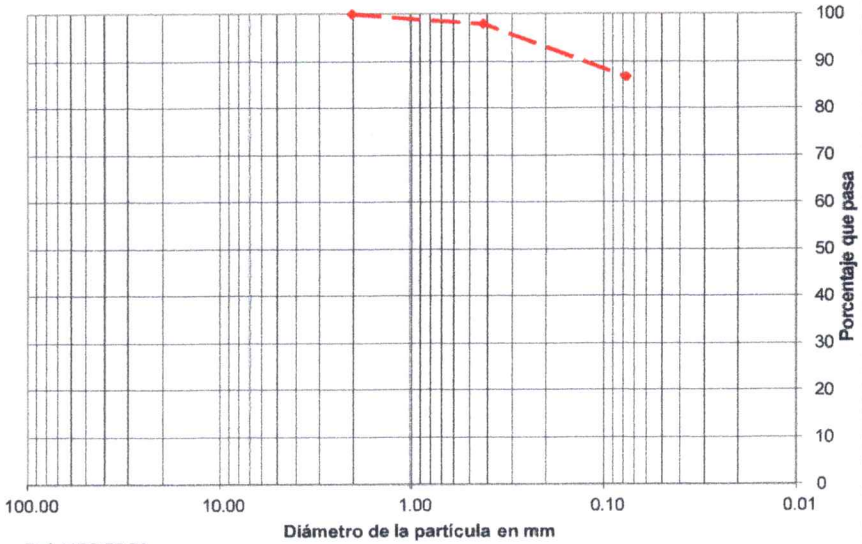
Peso Total 1 884.00 grs
Peso Total 2 117.00 grs
Pérdida por Lavado 767.00 grs

Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA
Color gris

LL: 36.15
IP: 16.27
USC: CL
AASHTO: A-6

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

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	18.00	2.04	2.04	97.96	-
0.075 mm	No. 200	99.00	11.20	13.24	86.76	-
Fondo		767.00	86.76	100.00	0.00	-
Suma=		884.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS	0.00 %
ARENAS	13.24 %
FINOS	86.76 %

PROYECTO:
MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

MATERIAL: ARCILLA CON POCA ARENA

LABORATORISTA: Enderson Cacua
ENDERSON JADIR CACUA RICO

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

CONTRATO No:

FECHA: JUNIO DE 2026

ENSAYO DE GRANULOMETRIA

SONDEO: S-03
MUESTRA: M6

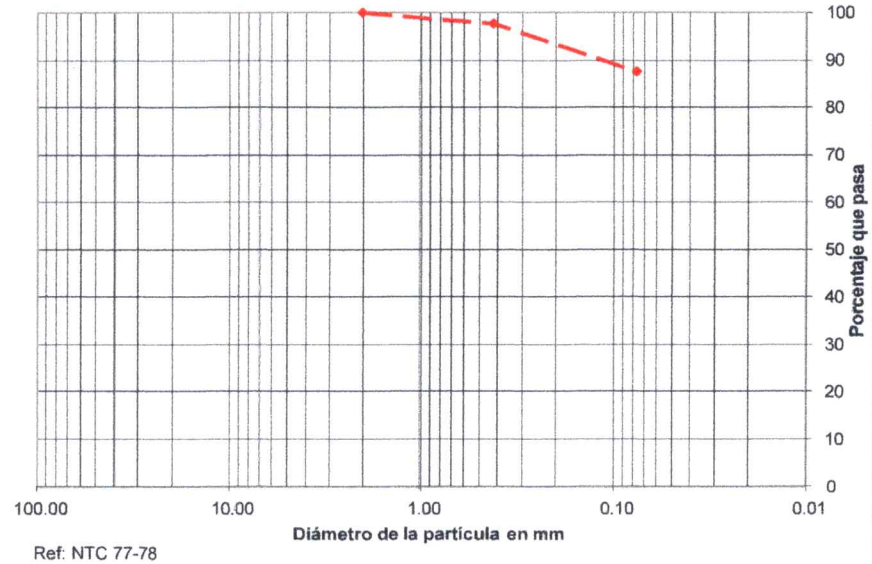
Peso Total 1 875.00 grs
Peso Total 2 108.00 grs
Pérdida por Lavado 767.00 grs

Descripción: ARCILLA CON POCA ARENA
DE PLASTICIDAD MEDIA
Color gris

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

LL: 37.08 **USC:** CL
IP: 17.57 **AASHTO:** A-6

CURVA GRANULOMETRICA



Ref: NTC 77-78

TAMIZ Normal	TAMIZ Alterno	Peso Ret.	% Ret.	% Reten Acum	% Pasa	NORMA
75.000 mm	3"	0.00	0.00	0.00	100.00	
50.000 mm	2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
37.500 mm	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
25.000 mm	1"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
19.000 mm	3/4"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
12.500 mm	1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
9.500 mm	3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00	-
4.750 mm	No. 4	0.00	0.00	0.00	100.00	-
2.000 mm	No. 10	0.00	0.00	0.00	100.00	-
0.420 mm	No. 40	20.00	2.29	2.29	97.71	-
0.075 mm	No. 200	88.00	10.06	12.34	87.66	-
Fondo		767.00	87.66	100.00	0.00	-
Suma=		875.00	100.0			

Cu=
Cc=

GRAVAS 0.00 %
ARENAS 12.34 %
FINOS 87.66 %

PROYECTO:
MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SOLICITANTE:
MUNICIPIO DE ARAUQUITA

MATERIAL: ARCILLA CON POCA ARENA

LABORATORISTA: Enderson Cacua.
ENDERSON JADIR CACUA RICO

REVISO: Joaquin Eduardo Delgado
ING. JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT MP. 54202172031 NTS

CONTRATO No:

FECHA: JUNIO DE 2026

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

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

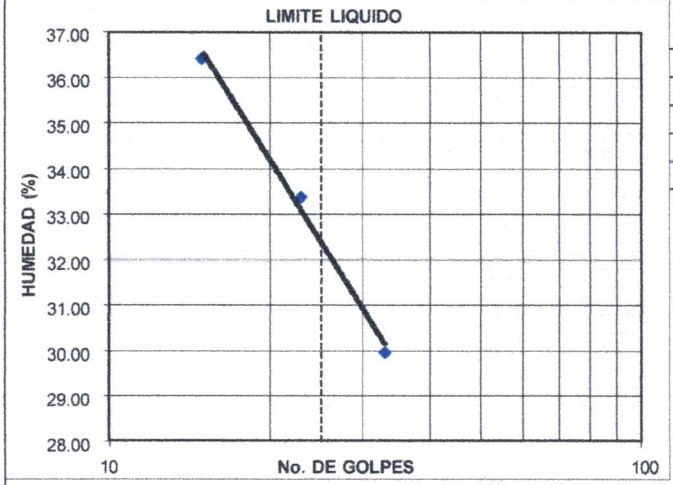
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	JUNIO DE 2026
LOCALIZACIÓN	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS	**SONDEO No. :**	1
PROFUNDIDAD :	2.00 m	**MUESTRA No. :**	2
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR AMARILLA CON GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES		33	23	15	
NUMERO DEL RECIPIENTE		46	78	56	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.59	7.24	7.34	
PESO HUMEDO (Gr.)		22.35	22.49	24.44	
PESO SECO (Gr.)		18.95	18.67	19.88	
HUMEDAD (%)		29.95	33.39	36.40	

LIMITE PLASTICO

NUMERO DEL RECIPIENTE		34	65		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.44	7.35		
PESO HUMEDO (Gr.)		13.67	13.03		
PESO SECO (Gr.)		12.61	12.08		
HUMEDAD (%)		20.41	20.05		



LIMITE LIQUIDO (%)	32.26
LIMITE PLASTICO (%)	20.23
INDICE DE PLASTICIDAD	12.03

CLASIFICACION

AASHTO	A-6
I.G.	10
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	13.12
%FINOS	86.88

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

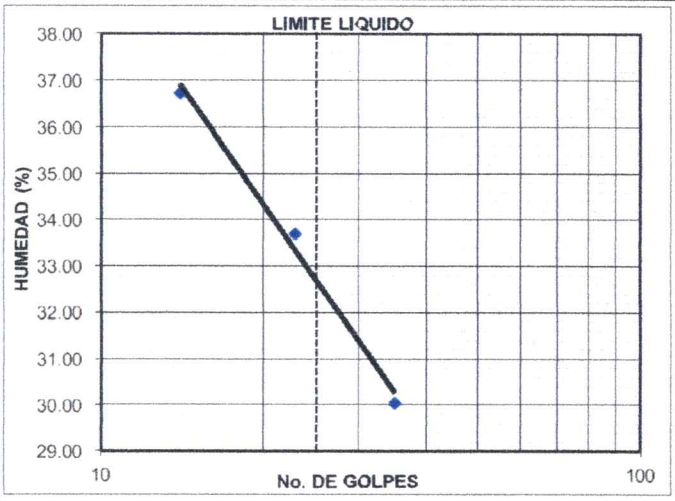
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	MAYO DE 2026
LOCALIZACIÓN	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS	**SONDEO No. :**	1
PROFUNDIDAD :	3.00 m	**MUESTRA No. :**	3
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR AMARILLA CON GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES		35	23	14	
NÚMERO DEL RECIPIENTE		17	34	26	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.40	7.44	7.60	
PESO HÚMEDO (Gr.)		24.49	17.96	16.80	
PESO SECO (Gr.)		20.54	15.31	14.33	
HUMEDAD (%)		30.04	33.72	36.73	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE		7	55		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.47	7.36		
PESO HÚMEDO (Gr.)		10.77	11.01		
PESO SECO (Gr.)		10.21	10.39		
HUMEDAD (%)		20.44	20.46		



LIMITE LIQUIDO (%)	32.77
LIMITE PLASTICO (%)	20.45
INDICE DE PLASTICIDAD	12.32

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A-6
I.G.	10
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	13.30
%FINOS	86.70

Enderson Cacua.

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo D.

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

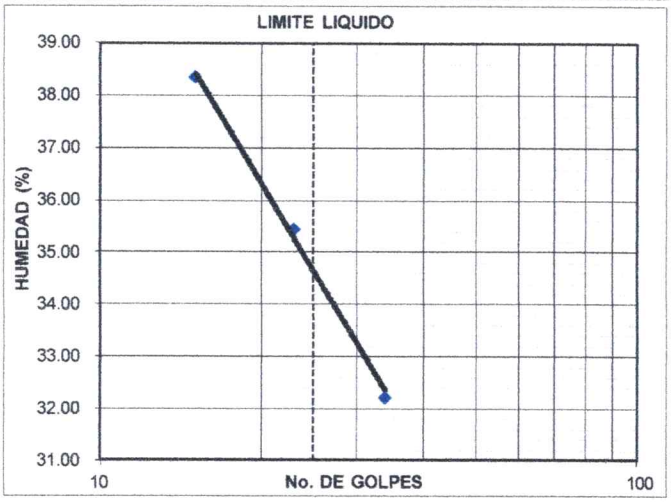
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	MAYO DE 2026
LOCALIZACIÓN	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS	**SONDEO No. :**	1
PROFUNDIDAD :	4.00 m	**MUESTRA No. :**	4
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES		34	23	15	
NÚMERO DEL RECIPIENTE		79	33	43	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.64	7.49	7.38	
PESO HÚMEDO (Gr.)		22.07	22.30	22.36	
PESO SECO (Gr.)		18.55	18.42	18.21	
HUMEDAD (%)		32.22	35.45	38.34	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE		1	5		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.36	7.31		
PESO HÚMEDO (Gr.)		13.14	14.00		
PESO SECO (Gr.)		12.17	12.88		
HUMEDAD (%)		20.17	20.11		



LIMITE LIQUIDO (%)	34.65
LIMITE PLASTICO (%)	20.14
INDICE DE PLASTICIDAD	14.51

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A-6
I.G.	12
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	12.98
%FINOS	87.02

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

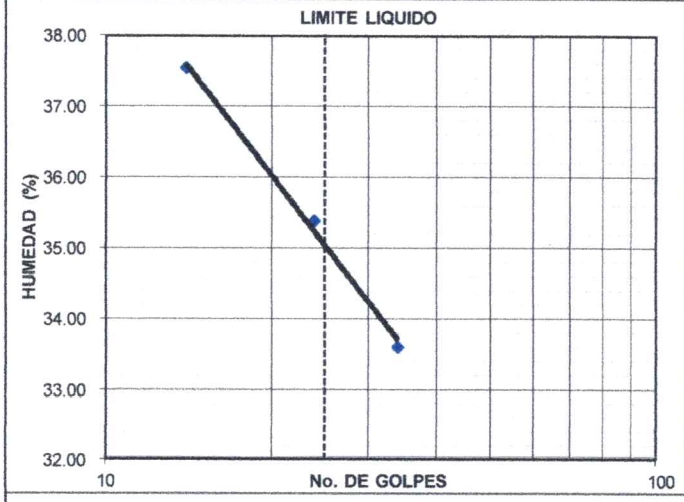
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	MAYO DE 2026
LOCALIZACIÓN	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS	**SONDEO No. :**	1
PROFUNDIDAD :	5.00 m	**MUESTRA No. :**	5
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES		34	24	14	
NUMERO DEL RECIPIENTE		87	30	41	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.34	7.50	7.60	
PESO HUMEDO (Gr.)		23.52	16.94	17.81	
PESO SECO (Gr.)		19.45	14.47	15.02	
HUMEDAD (%)		33.60	35.37	37.54	

LIMITE PLASTICO

NUMERO DEL RECIPIENTE		42	52		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.17	7.28		
PESO HUMEDO (Gr.)		12.10	13.31		
PESO SECO (Gr.)		11.24	12.26		
HUMEDAD (%)		21.13	21.08		



LIMITE LIQUIDO (%)	35.05
LIMITE PLASTICO (%)	21.11
INDICE DE PLASTICIDAD	13.94

CLASIFICACION	
AASHTO	A-6
I.G.	12
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	12.49
%FINOS	87.51

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

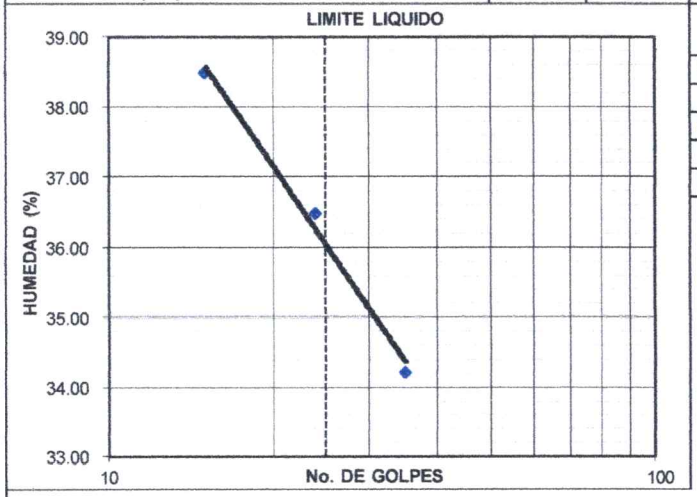
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	MAYO DE 2026
LOCALIZACIÓN	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS	**SONDEO No. :**	1
PROFUNDIDAD :	6.00 m	**MUESTRA No. :**	6
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES	35	24	15	
NUMERO DEL RECIPIENTE	1	2	3	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7.36	7.34	7.51	
PESO HUMEDO (Gr.)	24.15	23.21	22.95	
PESO SECO (Gr.)	19.87	18.97	18.66	
HUMEDAD (%)	34.21	36.49	38.48	

LIMITE PLASTICO

NUMERO DEL RECIPIENTE	4	5		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7.62	7.31		
PESO HUMEDO (Gr.)	14.00	13.31		
PESO SECO (Gr.)	12.88	12.26		
HUMEDAD (%)	21.29	21.21		



LIMITE LIQUIDO (%)	36.00
LIMITE PLASTICO (%)	21.25
INDICE DE PLASTICIDAD	14.75

CLASIFICACION

AASHTO	A-6
I.G.	13
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	12.42
%FINOS	87.58

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

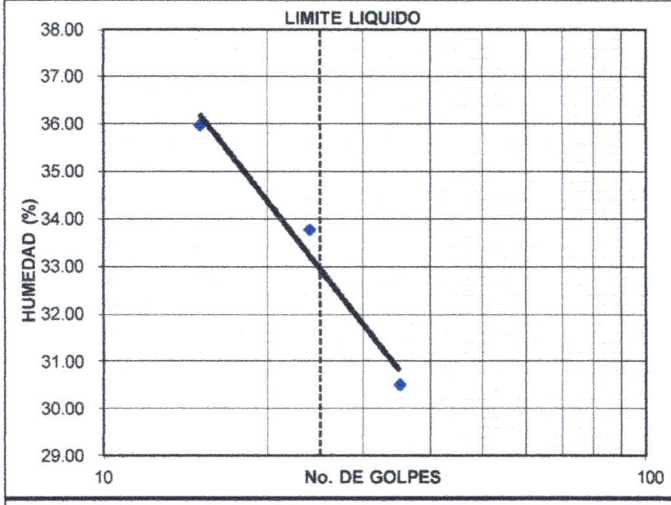
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	MAYO DE 2026
LOCALIZACIÓN	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS	**SONDEO No. :**	2
PROFUNDIDAD :	2.00 m	**MUESTRA No. :**	2
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR AMARILLA CON GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES		35	24	15	
NÚMERO DEL RECIPIENTE		11	12	13	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.26	7.40	7.37	
PESO HÚMEDO (Gr.)		23.19	23.95	24.00	
PESO SECO (Gr.)		19.47	19.77	19.60	
HUMEDAD (%)		30.51	33.77	35.98	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	14	15		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7.50	7.20		
PESO HÚMEDO (Gr.)	14.00	13.50		
PESO SECO (Gr.)	12.91	12.44		
HUMEDAD (%)	20.15	20.23		



LIMITE LIQUIDO (%)	33.00
LIMITE PLASTICO (%)	20.19
INDICE DE PLASTICIDAD	12.81

CLASIFICACIÓN

AASHTO	A-6
I.G.	10
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	13.77
%FINOS	86.23

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

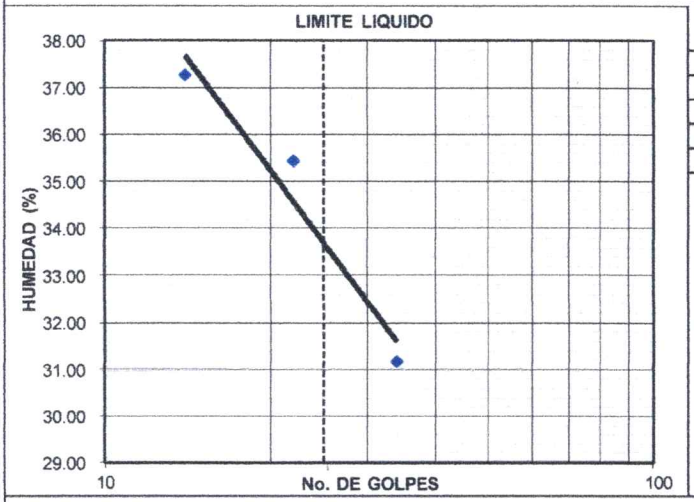
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	MAYO DE 2026
LOCALIZACIÓN	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS	**SONDEO No. :**	2
PROFUNDIDAD :	3.00 m	**MUESTRA No. :**	3
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR AMARILLA CON GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES		34	22	14	
NUMERO DEL RECIPIENTE		1	2	3	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.36	7.34	7.51	
PESO HUMEDO (Gr.)		25.12	19.88	23.31	
PESO SECO (Gr.)		20.90	16.60	19.02	
HUMEDAD (%)		31.17	35.42	37.27	

LIMITE PLASTICO

NUMERO DEL RECIPIENTE		4	5		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.62	7.31		
PESO HUMEDO (Gr.)		13.10	12.99		
PESO SECO (Gr.)		12.17	12.03		
HUMEDAD (%)		20.44	20.34		



LIMITE LIQUIDO (%)	33.66
LIMITE PLASTICO (%)	20.39
INDICE DE PLASTICIDAD	13.27

CLASIFICACION	
AASHTO	A-6
I.G.	11
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	13.63
%FINOS	86.37

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

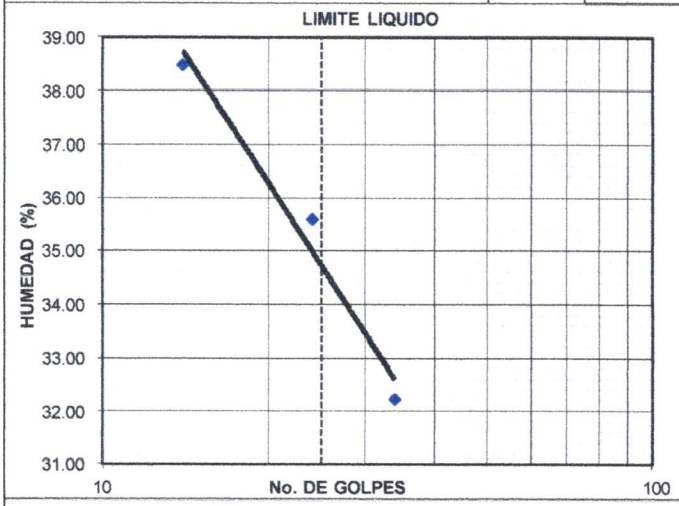
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	MAYO DE 2026
LOCALIZACIÓN	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS	**SONDEO No. :**	2
PROFUNDIDAD :	4.00 m	**MUESTRA No. :**	4
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES		34	24	14	
NÚMERO DEL RECIPIENTE		6	7	8	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.46	7.47	7.35	
PESO HÚMEDO (Gr.)		23.22	24.00	23.90	
PESO SECO (Gr.)		19.38	19.66	19.30	
HUMEDAD (%)		32.21	35.60	38.49	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE		9	10		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.48	7.54		
PESO HÚMEDO (Gr.)		14.71	13.98		
PESO SECO (Gr.)		13.48	12.88		
HUMEDAD (%)		20.50	20.60		



LIMITE LIQUIDO (%)	34.72
LIMITE PLASTICO (%)	20.55
INDICE DE PLASTICIDAD	14.17

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A-6
I.G.	12
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	13.16
%FINOS	86.84

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

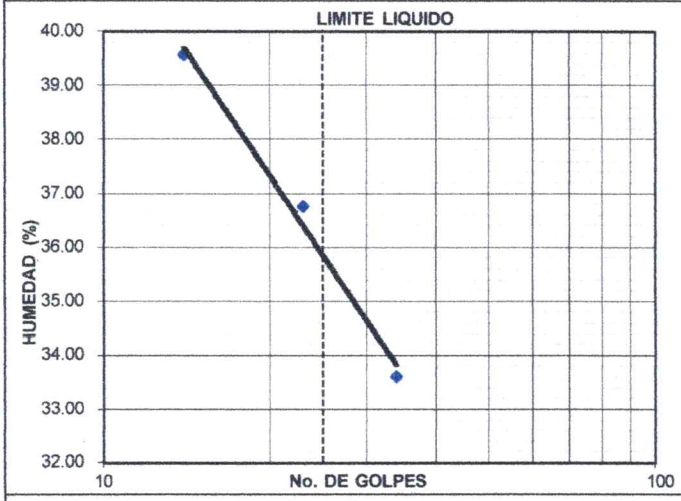
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	MAYO DE 2026
LOCALIZACIÓN	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS	**SONDEO No. :**	2
PROFUNDIDAD :	5.00 m	**MUESTRA No. :**	5
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES		34	23	14	
NUMERO DEL RECIPIENTE		11	12	13	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.26	7.40	7.37	
PESO HUMEDO (Gr.)		24.12	23.55	23.00	
PESO SECO (Gr.)		19.88	19.21	18.57	
HUMEDAD (%)		33.60	36.75	39.55	

LIMITE PLASTICO

NUMERO DEL RECIPIENTE		14	15		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.50	7.20		
PESO HUMEDO (Gr.)		13.14	14.00		
PESO SECO (Gr.)		12.20	12.87		
HUMEDAD (%)		20.00	19.93		



LIMITE LIQUIDO (%)	35.80
LIMITE PLASTICO (%)	19.96
INDICE DE PLASTICIDAD	15.84

CLASIFICACION	
AASHTO	A-6
I.G.	14
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	12.60
%FINOS	87.40

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

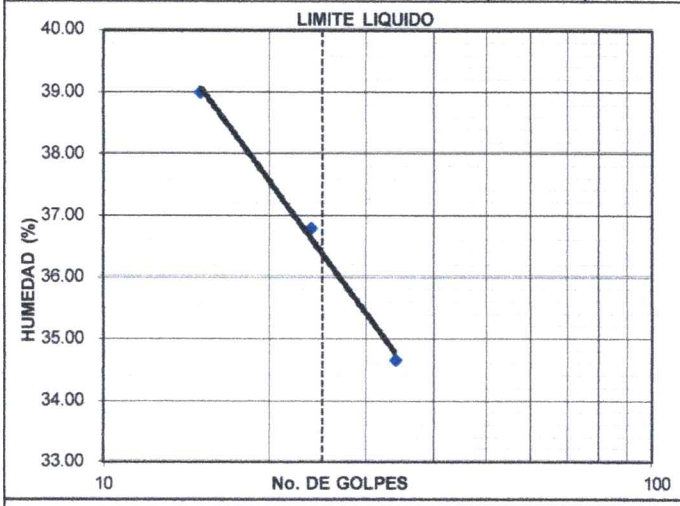
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	MAYO DE 2026
LOCALIZACIÓN	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS	**SONDEO No. :**	2
PROFUNDIDAD :	6.00 m	**MUESTRA No. :**	6
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES		34	24	15	
NUMERO DEL RECIPIENTE		1	2	3	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.36	7.34	7.51	
PESO HUMEDO (Gr.)		23.33	25.41	24.44	
PESO SECO (Gr.)		19.22	20.55	19.69	
HUMEDAD (%)		34.65	36.79	39.00	

LIMITE PLASTICO

NUMERO DEL RECIPIENTE		4	5		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.62	7.31		
PESO HUMEDO (Gr.)		12.21	12.84		
PESO SECO (Gr.)		11.46	11.93		
HUMEDAD (%)		19.53	19.70		



LIMITE LIQUIDO (%)	36.37
LIMITE PLASTICO (%)	19.61
INDICE DE PLASTICIDAD	16.76

CLASIFICACIÓN

AASHTO	A-6
I.G.	14
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	12.50
%FINOS	87.50

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

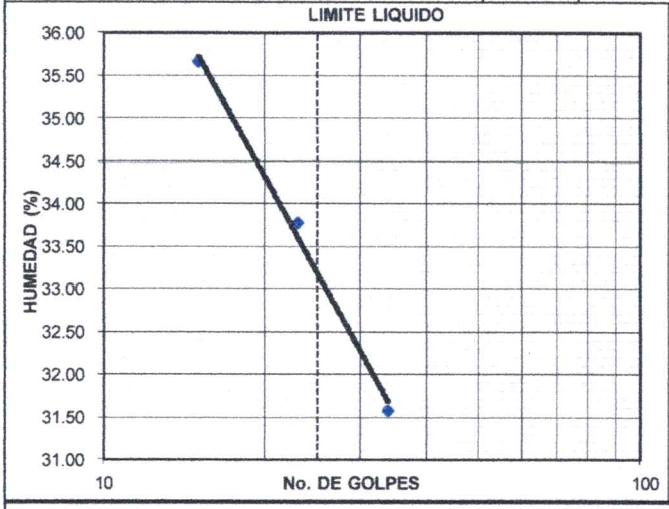
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	MAYO DE 2026
LOCALIZACIÓN	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS	**SONDEO No. :**	3
PROFUNDIDAD :	2.00 m	**MUESTRA No. :**	2
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR AMARILLA CON GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES		34	23	15	
NUMERO DEL RECIPIENTE		11	12	13	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.26	7.40	7.37	
PESO HUMEDO (Gr.)		24.43	24.00	23.54	
PESO SECO (Gr.)		20.31	19.81	19.29	
HUMEDAD (%)		31.57	33.76	35.65	

LIMITE PLASTICO

NUMERO DEL RECIPIENTE		14	15		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.50	7.20		
PESO HUMEDO (Gr.)		12.99	13.14		
PESO SECO (Gr.)		12.05	12.13		
HUMEDAD (%)		20.66	20.49		



LIMITE LIQUIDO (%)	33.35
LIMITE PLASTICO (%)	20.57
INDICE DE PLASTICIDAD	12.78

CLASIFICACION

AASHTO	A-6
I.G.	10
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	14.07
%FINOS	85.93

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

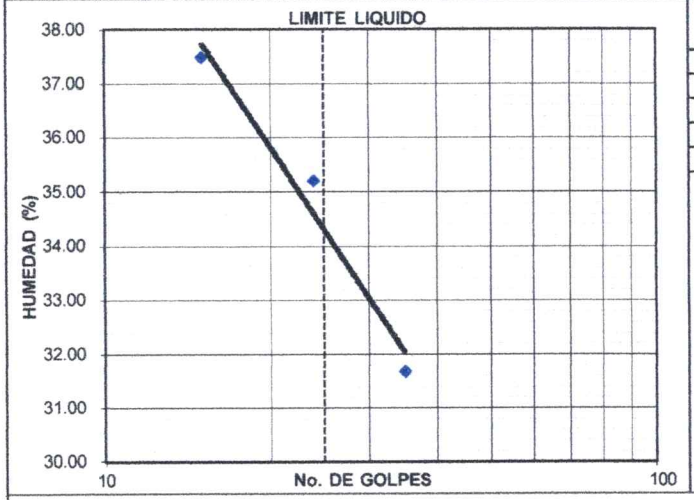
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	MAYO DE 2026
LOCALIZACIÓN	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS	**SONDEO No. :**	3
PROFUNDIDAD :	3.00 m	**MUESTRA No. :**	3
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR AMARILLA CON GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES	35	24	15	
NUMERO DEL RECIPIENTE	1	2	3	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7.36	7.34	7.51	
PESO HUMEDO (Gr.)	25.78	26.01	25.34	
PESO SECO (Gr.)	21.35	21.15	20.48	
HUMEDAD (%)	31.67	35.19	37.47	

LIMITE PLASTICO

NUMERO DEL RECIPIENTE	4	5		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7.62	7.31		
PESO HUMEDO (Gr.)	13.21	12.74		
PESO SECO (Gr.)	12.26	11.81		
HUMEDAD (%)	20.47	20.67		



LIMITE LIQUIDO (%)	34.10
LIMITE PLASTICO (%)	20.57
INDICE DE PLASTICIDAD	13.53

CLASIFICACION	
AASHTO	A-6
I.G.	11
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	14.18
%FINOS	85.82

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

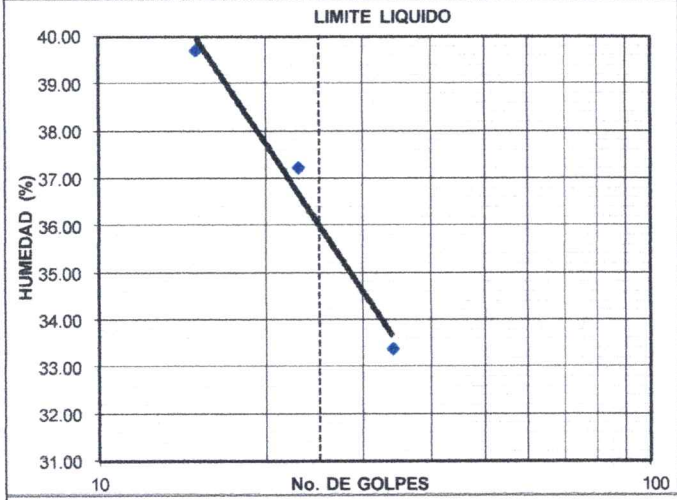
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	MAYO DE 2026
LOCALIZACIÓN	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS	**SONDEO No. :**	3
PROFUNDIDAD :	4.00 m	**MUESTRA No. :**	4
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	34	23	15	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	6	7	8	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7.46	7.47	7.35	
PESO HÚMEDO (Gr.)	25.57	26.13	26.95	
PESO SECO (Gr.)	21.04	21.07	21.38	
HUMEDAD (%)	33.36	37.21	39.70	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	9	10		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7.48	7.54		
PESO HÚMEDO (Gr.)	14.74	15.07		
PESO SECO (Gr.)	13.53	13.81		
HUMEDAD (%)	20.00	20.10		



LIMITE LIQUIDO (%)	35.03
LIMITE PLASTICO (%)	20.05
INDICE DE PLASTICIDAD	14.98

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A-6
I.G.	13
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	13.27
%FINOS	86.73

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo D

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

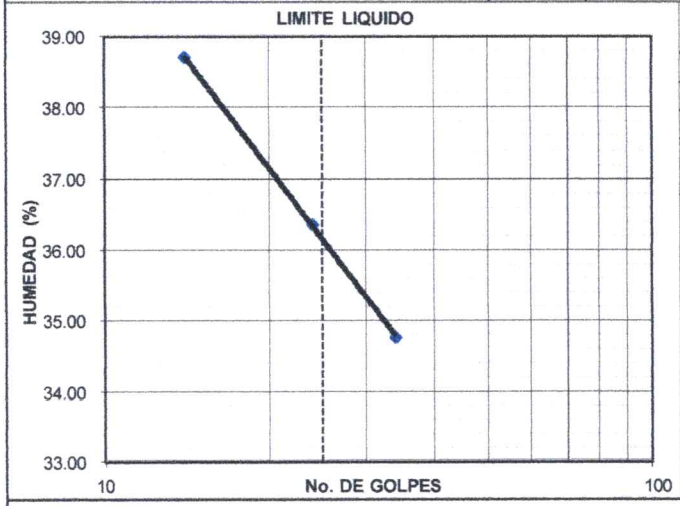
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	MAYO DE 2026
LOCALIZACIÓN	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS	**SONDEO No. :**	3
PROFUNDIDAD :	5.00 m	**MUESTRA No. :**	5
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NUMERO DE GOLPES		34	24	14	
NUMERO DEL RECIPIENTE		11	12	13	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.26	7.40	7.37	
PESO HUMEDO (Gr.)		25.02	24.13	25.43	
PESO SECO (Gr.)		20.44	19.67	20.39	
HUMEDAD (%)		34.75	36.35	38.71	

LIMITE PLASTICO

NUMERO DEL RECIPIENTE		14	15		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		7.50	7.20		
PESO HUMEDO (Gr.)		13.38	14.17		
PESO SECO (Gr.)		12.40	13.02		
HUMEDAD (%)		20.00	19.76		



LIMITE LIQUIDO (%)	36.15
LIMITE PLASTICO (%)	19.88
INDICE DE PLASTICIDAD	16.27

CLASIFICACION	
AASHTO	A-6
I.G.	14
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	13.24
%FINOS	86.76

Enderson Cacua.

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

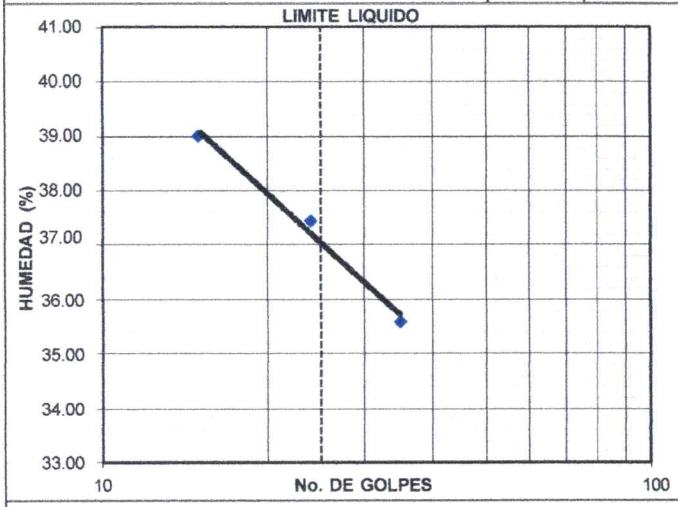
PROYECTO:	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA		
SOLICITANTE :	MUNICIPIO DE ARAUQUITA	**FECHA**	MAYO DE 2026
LOCALIZACIÓN	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS	**SONDEO No. :**	3
PROFUNDIDAD :	5.00 m	**MUESTRA No. :**	6
DESCRIPCIÓN :	ARCILLA DE MEDIANA PLASTICIDAD COLOR GRIS		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	35	24	15	
NÚMERO DEL RECIPIENTE	4	2	8	
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7.62	7.34	7.35	
PESO HÚMEDO (Gr.)	25.00	24.30	25.41	
PESO SECO (Gr.)	20.44	19.68	20.34	
HUMEDAD (%)	35.57	37.44	39.00	

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	14	15		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7.50	7.20		
PESO HÚMEDO (Gr.)	13.64	14.74		
PESO SECO (Gr.)	12.63	13.52		
HUMEDAD (%)	19.69	19.30		



LIMITE LIQUIDO (%)	37.08
LIMITE PLASTICO (%)	19.51
INDICE DE PLASTICIDAD	17.57

CLASIFICACIÓN	
AASHTO	A-6
I.G.	15
U.S.C.	CL

%GRAVA	0.00
%ARENA	12.34
%FINOS	87.66

Enderson Cacua
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo
JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT
ING. CIVIL MP 5420272031 NTS

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-01
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	1.00 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA DE GRANULOMETRIA MEDIA A FINA COLOR GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9817		
W molde (gr)	5939		
W suelo húmedo (gr)	3878		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.832		
Humedad natural del suelo (%)	20.12		
Densidad seca (gr/cm3)	1.525		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua.

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo D.

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-01
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	2.00 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR AMARILLO CON GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9881		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3933		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.858		
Humedad natural del suelo (%)	25.06		
Densidad seca (gr/cm3)	1.486		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo D.

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-01
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	3.00 m	**MUESTRA No.**	3
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR AMARILLO CON GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9901		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3953		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.867		
Humedad natural del suelo (%)	26.53		
Densidad seca (gr/cm3)	1.476		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Ebarb

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-01
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	4.00 m	**MUESTRA No.**	4
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9915		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3967		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.874		
Humedad natural del suelo (%)	27.81		
Densidad seca (gr/cm3)	1.466		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-01
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	5.00 m	**MUESTRA No.**	5
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9934		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3986		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.883		
Humedad natural del suelo (%)	29.04		
Densidad seca (gr/cm3)	1.459		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-01
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	6.00 m	**MUESTRA No.**	6
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9962		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4014		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.896		
Humedad natural del suelo (%)	30.01		
Densidad seca (gr/cm3)	1.458		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-02
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	1.00 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA DE GRANULOMETRIA MEDIA A FINA COLOR GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9845		
W molde (gr)	5939		
W suelo húmedo (gr)	3906		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.845		
Humedad natural del suelo (%)	21.13		
Densidad seca (gr/cm3)	1.523		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua.

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-02
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	2.00 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR AMARILLO CON GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9879		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3931		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.857		
Humedad natural del suelo (%)	25.53		
Densidad seca (gr/cm3)	1.479		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-02
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	3.00 m	**MUESTRA No.**	3
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR AMARILLO CON GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9888		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3940		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.861		
Humedad natural del suelo (%)	26.01		
Densidad seca (gr/cm3)	1.477		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-02
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	4.00 m	**MUESTRA No.**	4
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9917		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3969		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.875		
Humedad natural del suelo (%)	28.09		
Densidad seca (gr/cm3)	1.464		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-02
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	5.00 m	**MUESTRA No.**	5
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9956		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4008		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.893		
Humedad natural del suelo (%)	28.96		
Densidad seca (gr/cm3)	1.468		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-02
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	6.00 m	**MUESTRA No.**	6
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9983		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4035		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.906		
Humedad natural del suelo (%)	29.65		
Densidad seca (gr/cm3)	1.470		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-03
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	1.00 m	**MUESTRA No.**	1
DESCRIPCION	ARENA LIMOSA DE GRANULOMETRIA MEDIA A FINA COLOR GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9852		
W molde (gr)	5939		
W suelo húmedo (gr)	3913		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.848		
Humedad natural del suelo (%)	19.87		
Densidad seca (gr/cm3)	1.542		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-03
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	2.00 m	**MUESTRA No.**	2
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR AMARILLO CON GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9919		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3971		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.876		
Humedad natural del suelo (%)	24.99		
Densidad seca (gr/cm3)	1.501		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-03
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	3.00 m	**MUESTRA No.**	3
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR AMARILLO CON GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9937		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	3989		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.884		
Humedad natural del suelo (%)	25.94		
Densidad seca (gr/cm3)	1.496		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-03
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	4.00 m	**MUESTRA No.**	4
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9959		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4011		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.895		
Humedad natural del suelo (%)	27.57		
Densidad seca (gr/cm3)	1.485		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-03
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	5.00 m	**MUESTRA No.**	5
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9951		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4003		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.891		
Humedad natural del suelo (%)	29.78		
Densidad seca (gr/cm3)	1.457		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

PESO UNITARIO

PROYECTO	MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA				
SOLICITANTE	MUNICIPIO DE ARAUQUITA			**SONDEO No.**	S-03
FECHA	JUNIO DE 2025	**PROFUNDIDAD**	6.00 m	**MUESTRA No.**	6
DESCRIPCION	ARCILLA CON POCA ARENA DE PLASTICIDAD MEDIA COLOR GRIS				

Diametro del molde (cm)	15.23		
Altura del molde (cm)	11.62		
Volumen del molde (cm3)	2117		
W suelo húmedo + molde (gr)	9993		
W molde (gr)	5948		
W suelo húmedo (gr)	4045		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.911		
Humedad natural del suelo (%)	30.14		
Densidad seca (gr/cm3)	1.468		

OBSERVACIONES

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

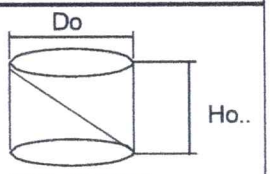
Joaquin Eduardo

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

ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA

LOCALIZACIÓN :	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS - MUNICIPIO DE ARAUQUITA
SONDEO No. :	1
MUESTRA No. :	2
PROFUNDIDAD :	2.0 m

Ho (cm):	9.40	Peso humedo(W1):	308.85
Do (cm):	4.68	Peso seco(W2):	239.18
Ao (cm^2):	17.20	Peso tara(W3):	
Vo (cm^3):	161.70	Humedad(%):	29.13
Peso Total Muestra	308.85		



TIPO DE FALLA

DEFORMACIÓN (0,001in)	CARGA	CARGA AXIAL (Kg)	AREA CORREGIDA (cm^2)	ε	ε (%)	ESFUERZO (Kg/cm^2)
0	0	0	17.202	0.0000	0.00	0.00
5	6	0.884	17.225	0.0014	0.14	0.05
10	8	1.179	17.249	0.0027	0.27	0.07
15	11	1.621	17.272	0.0041	0.41	0.09
20	16	2.357	17.296	0.0054	0.54	0.14
25	21	3.094	17.319	0.0068	0.68	0.18
30	25	3.683	17.343	0.0081	0.81	0.21
40	29	4.273	17.390	0.0108	1.08	0.25
50	38	5.598	17.438	0.0135	1.35	0.32
60	44	6.482	17.486	0.0162	1.62	0.37
80	49	7.219	17.582	0.0216	2.16	0.41
100	58	8.545	17.680	0.0270	2.70	0.48
120	63	9.282	17.779	0.0324	3.24	0.52
140	68	10.018	17.878	0.0378	3.78	0.56
170	72	10.608	18.030	0.0459	4.59	0.59
200	76	11.197	18.185	0.0540	5.40	0.62
250	81	11.934	18.448	0.0676	6.76	0.65
300	85	12.523	18.720	0.0811	8.11	0.67
350	89	13.112	18.999	0.0946	9.46	0.69
400	91	13.407	19.287	0.1081	10.81	0.70
500	94	13.849	19.889	0.1351	13.51	0.70
600	92	13.554	20.531	0.1621	16.21	0.66
700	89	13.112	21.215	0.1891	18.91	0.62

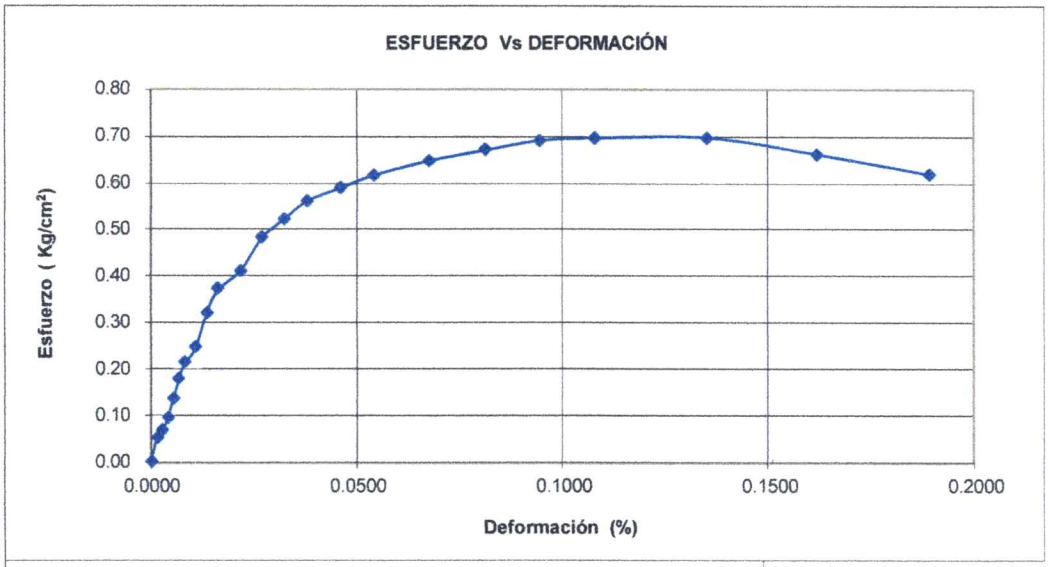
Enderson Cacua

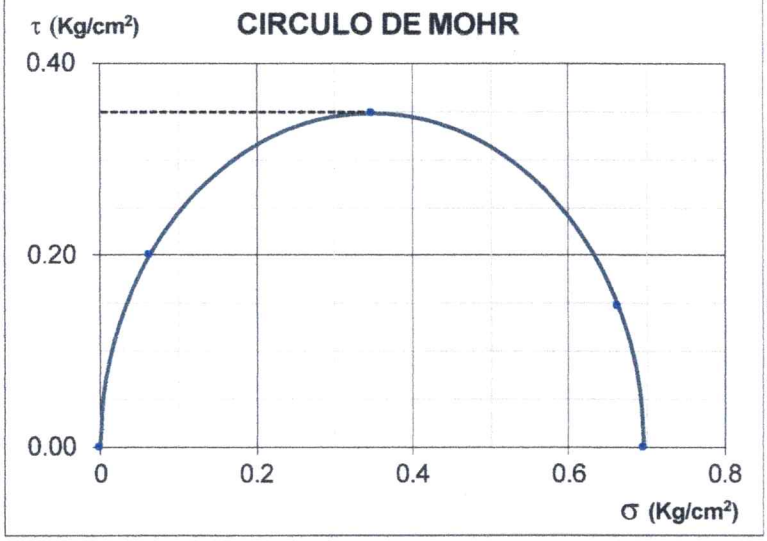
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

Joaquin Eduardo

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

LOCALIZACIÓN :	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS - MUNICIPIO DE ARAUQUITA
APIQUE No. :	1
MUESTRA No. :	2
PROFUNDIDAD :	2.0 m





Cohesión:	0.35 Kg/cm²
Peso Unitario Húmedo	
1.910	Gr/cm3
Peso Unitario Seco	
1.479	Gr/cm3

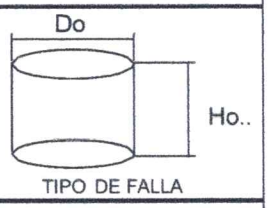
Enderson Cacua
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

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

ENSAYO DE COMPRESION INCONFINADA

LOCALIZACIÓN :	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS - MUNICIPIO DE ARAUQUITA
APIQUE No. :	2
MUESTRA No. :	5
PROFUNDIDAD :	5.0 m

Ho (cm):	9.33	Peso humedo(W1):	293.11
Do (cm):	4.65	Peso seco(W2):	232.17
Ao (cm^2):	16.98	Peso tara(W3):	
Vo (cm^3):	158.44	Humedad(%):	26.25
Peso Total Muestra	293.11		
		Kte Anillo Carga	0,1473 Kg/div.



TIPO DE FALLA

DEFORMACIÓN (0,001in)	CARGA	CARGA AXIAL (Kg)	AREA CORREGIDA (cm^2)	ε	ε (%)	ESFUERZO (Kg/cm^2)
0	0	0	16.982	0.0000	0.00	0.00
5	6	0.884	17.005	0.0014	0.14	0.05
10	12	1.790	17.029	0.0027	0.27	0.11
15	15	2.267	17.052	0.0041	0.41	0.13
20	22	3.222	17.075	0.0054	0.54	0.19
25	29	4.296	17.099	0.0068	0.68	0.25
30	40	5.847	17.122	0.0082	0.82	0.34
40	47	6.921	17.169	0.0109	1.09	0.40
50	54	7.996	17.217	0.0136	1.36	0.46
60	58	8.592	17.264	0.0163	1.63	0.50
80	70	10.263	17.360	0.0218	2.18	0.59
100	76	11.218	17.458	0.0272	2.72	0.64
120	79	11.639	17.556	0.0327	3.27	0.66
140	84	12.376	17.655	0.0381	3.81	0.70
170	89	13.112	17.806	0.0463	4.63	0.74
200	94	13.849	17.960	0.0544	5.44	0.77
250	98	14.438	18.222	0.0681	6.81	0.79
300	103	15.175	18.493	0.0817	8.17	0.82
350	107	15.764	18.771	0.0953	9.53	0.84
400	110	16.206	19.058	0.1089	10.89	0.85
500	116	17.090	19.658	0.1361	13.61	0.87
600	112	16.501	20.298	0.1633	16.33	0.81
700	104	15.322	20.980	0.1906	19.06	0.73

Enderson Cacua

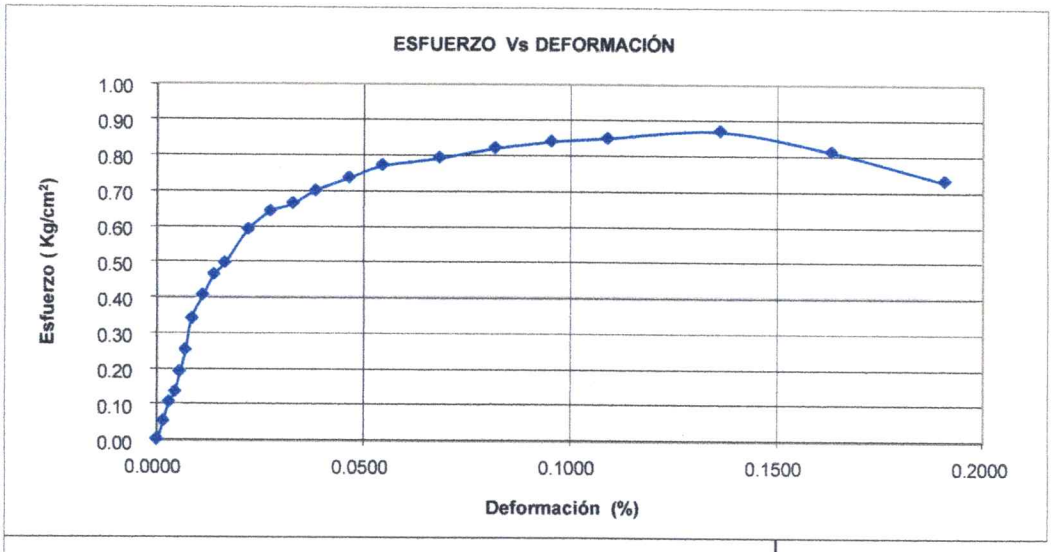
ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

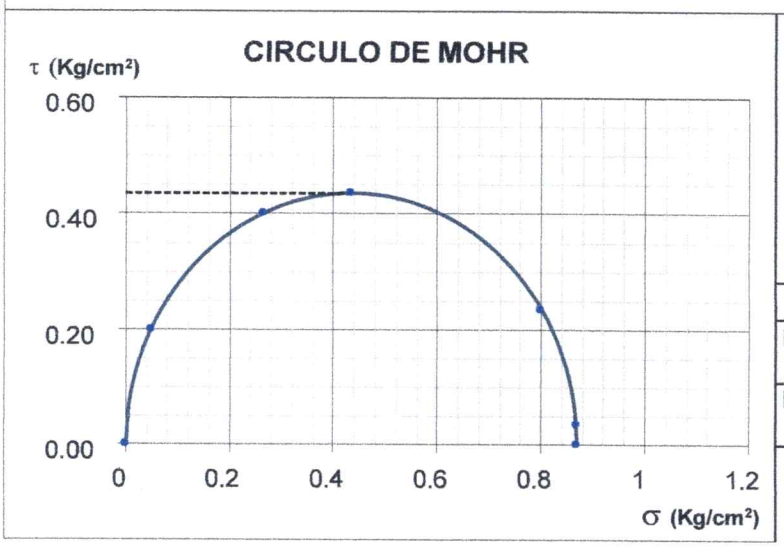
Joaquin Eduardo

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

GRÁFICA ESFUERZO Vs. DEFORMACIÓN Y CÍRCULO DE MOHR

LOCALIZACIÓN :	HOGAR INFANTIL TRAVESURAS - MUNICIPIO DE ARAUQUITA
APIQUE No. :	2
MUESTRA No. :	5
PROFUNDIDAD :	5.0 m





Cohesión:	0.43 Kg/cm²
Peso Unitario Húmedo	1.850 Gr/cm3
Peso Unitario Seco	1.465 Gr/cm3

Enderson Cacua

ENDERSON JADIR CACUA RICO
LABORATORISTA

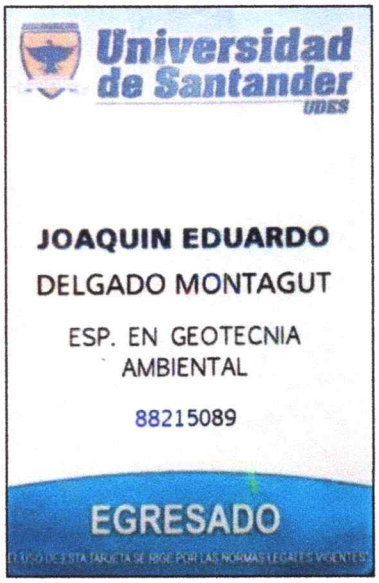
Joaquin Eduardo

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









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



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional
y en su nombre

La Universidad Francisco de Paula Santander

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

Confiere el Título de

Ingeniero Civil

A

Joaquín Eduardo Delgado Montagut

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

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

DIPLOMA

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

EL RECTOR

EL DECANO DE LA FACULTAD

LIBRO No. 20 ACTA No. 2744 FOLIO 031
Registro 3133329



La Universidad de Santander
UDES

República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional y en su nombre

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.C No. 88215589 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

Secretario General

Director del Programa

Registrado en el folio 63853 Libro D-5 Nº de Acta 65456 Diploma No. 54120

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4511820

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

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

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

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

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

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los cinco (05) días del mes de Junio del año dos mil veintiseis (2026).

Rubén Darío Ochoa Arbeláez

Firma del titular (*)

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

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA - COPNIA
Calle 78 N° 9 - 57 - Teléfono 322 0191 Bogotá D.C.
e-mail: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo **JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT**, identificado con CC No. 88.215.089 expedida en la Ciudad de Cúcuta – N.S., en calidad de INGENIERO CIVIL – ESPECIALISTA EN GEOTECNIA portador de Matrícula Profesional No. 54202-72031 NTS, certifico que realicé el **ESTUDIO DE SUELOS** para el proyecto cuyo objeto es **"MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"** en el Hogar Infantil Travesuras.

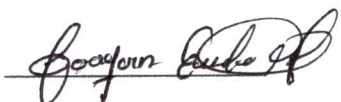
En consecuencia, asumo toda la responsabilidad referente al **ESTUDIO DE SUELOS**, y exonero al MUNICIPIO DE ARAUQUITA, de cualquier responsabilidad, civil, penal o administrativa, por cualquier falta u omisión del presente estudio.

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

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por el Municipio de Arauquita no constituye una aprobación al estudio y/o diseño, sino una verificación del cumplimiento de las normas aplicables.

Se expide a los cinco (05) días del mes de junio de 2026.

Atentamente,

Nombre:	**JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT**	Firma:	
Profesión:	INGENIERO CIVIL	Nº C.c.:	88.215.089
Título de post-grado:	ESP. GEOTECNIA AMBIENTAL	Matrícula Profesional No	54202-72031 NTS

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

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo **JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT**, identificado con CC No. 88.215.089 expedida en la Ciudad de Cúcuta – N.S., en calidad de INGENIERO CIVIL – ESPECIALISTA EN GEOTECNIA portador de Matrícula Profesional No. 54202-72031 NTS, certifico que realicé el **ESTUDIO DE SUELOS** para el proyecto cuyo objeto es ***"MEJORAMIENTO Y ADECUACIÓN DE CENTROS DE DESARROLLO INFANTIL DEL MUNICIPIO DE ARAUQUITA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA"*** en el Hogar Infantil Travesuras.

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

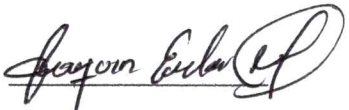
La duración de los derechos cedidos será por término indefinido a partir de la fecha de la firma de la presente carta de cesión de derechos.

Para los fines pertinentes, anexo:

- Copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional
- Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios (profesionales)
- Copia de la cédula de ciudadanía.

Se expide a los cinco (05) días del mes de junio de 2026.

Atentamente,

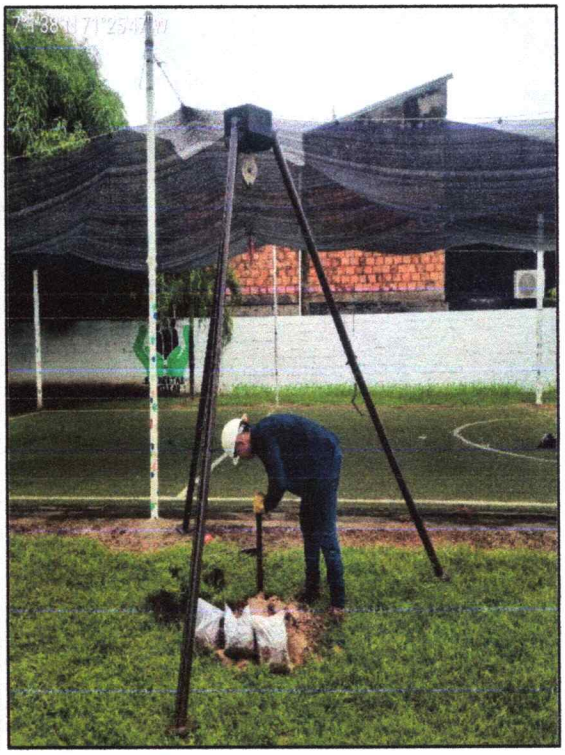
Nombre:	JOAQUIN EDUARDO DELGADO MONTAGUT	Firma:	
Profesión:	INGENIERO CIVIL	Nº C.c.:	88.215.089
Título de post-grado:	ESP. GEOTECNIA AMBIENTAL	Matrícula Profesional No	54202-72031 NTS

REGISTRO FOTOGRÁFICO.

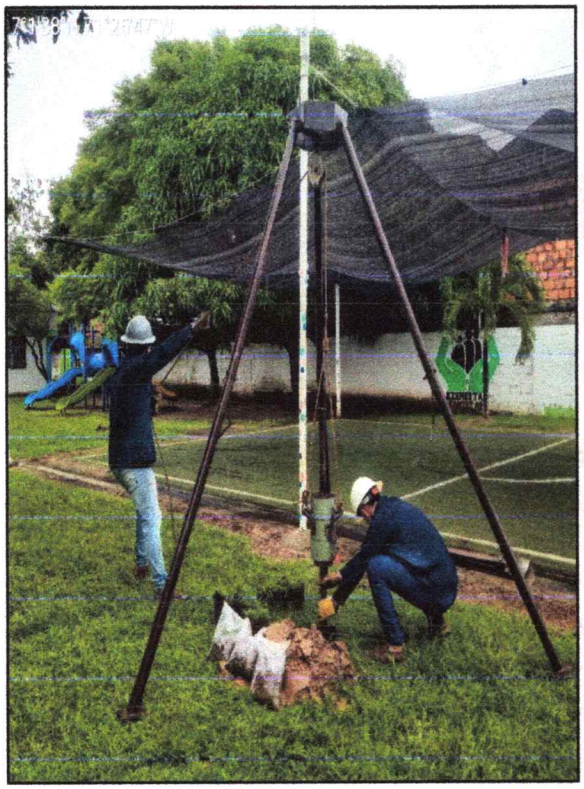


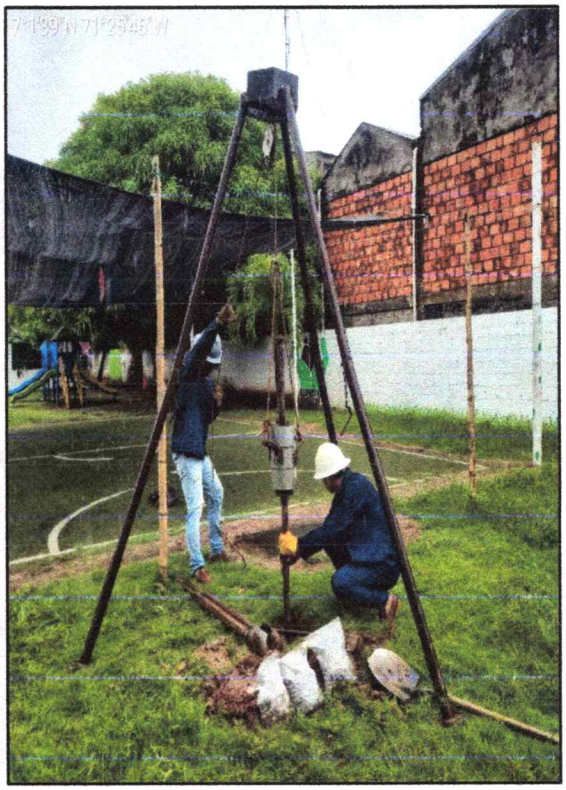


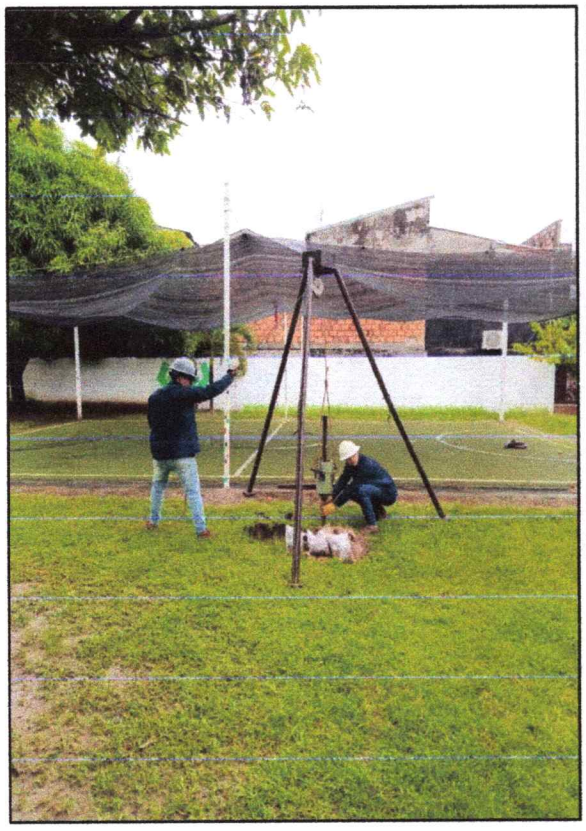


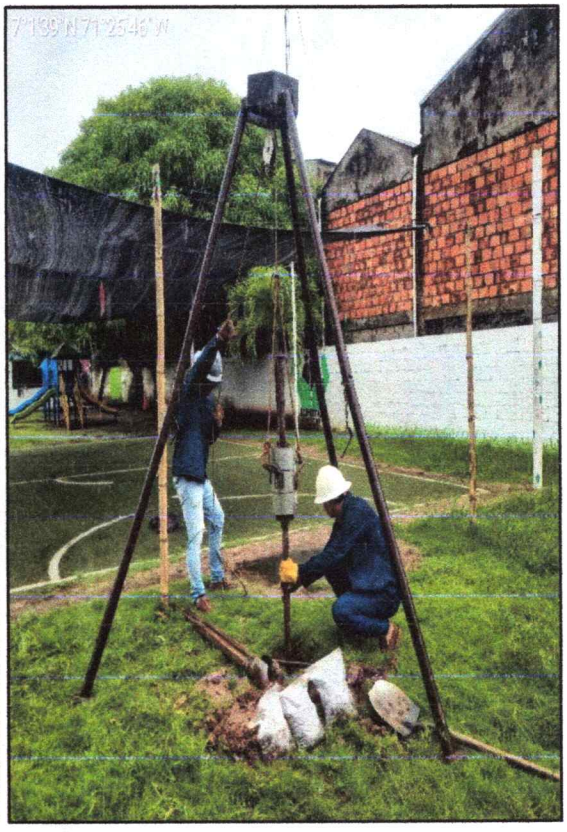


REGISTRO FOTOGRÁFICO.

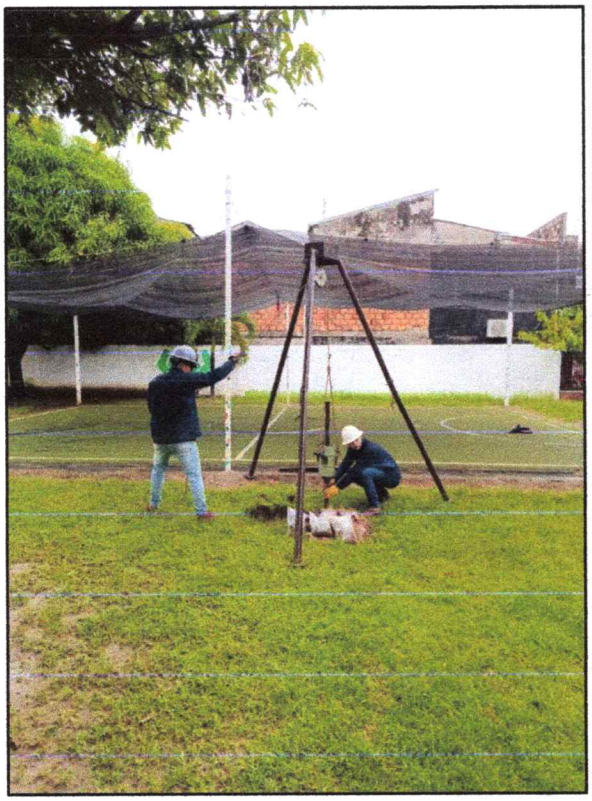


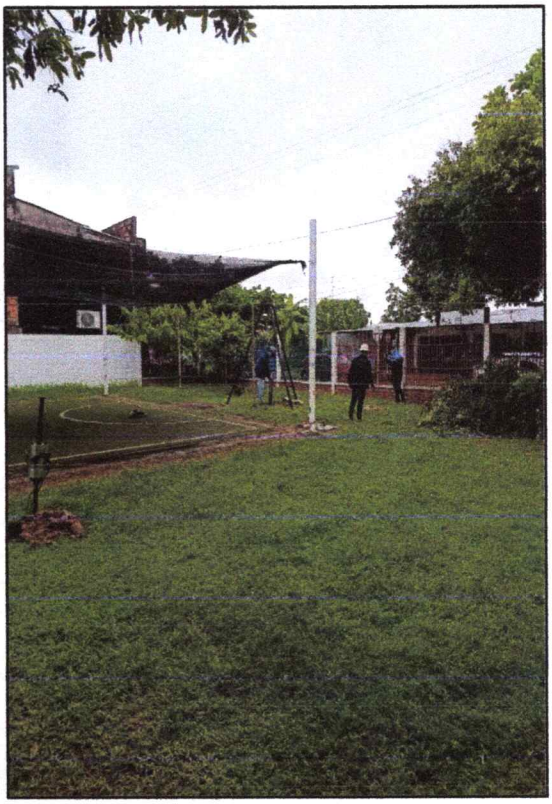


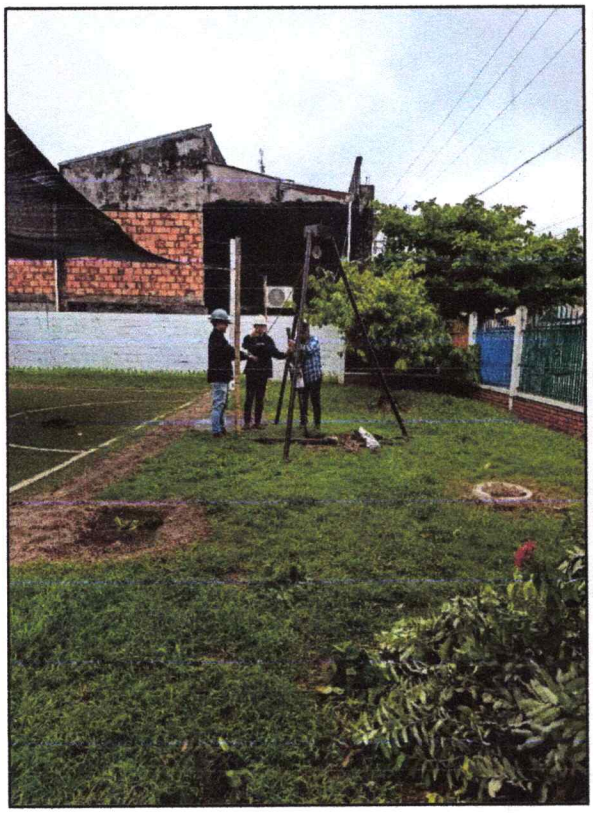




REGISTRO FOTOGRÁFICO.









REGISTRO FOTOGRÁFICO.



