ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y DE SUELOS

ANDRÉS FABIÁN VILLALBA BARRIOS
INGENIERO ESPECIALIZADO

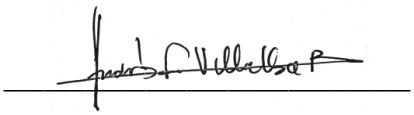
RECUPERACIÓN AMBIENTAL Y DE LA CONECTIVIDAD HIDROLÓGICA DE UN TRAMO DEL CAÑO EL BIEN COMÚN EN EL MUNICIPIO DE SAN PELAYO, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.



MONTERÍA, CÓRDOBA
FECHA | SEPTIEMBRE 2026

A001-Cod26032

CUADRO DE PROFESIONALES

DISEÑÓ	
Ing. Andrés Fabián Villalba Barrios Magister En Ingenieria - Hidrología E Hidráulica Esp. Mecánica De Suelos Y Cimentaciones Esp. Gerencia De Proyectos	 Ingeniero Civil Tp 22202-109996 Cor

CUADRO DE VERSIONES

Versión	Fecha	Descripción de Modificación
Versión 1	Septiembre- 2026	Versión inicial

TABLA DE CONTENIDO

1 Introducción. 1

2 Reglamento de diseño y software empleado. 1

2.1 Reglamento de diseño empleado. 1
2.2 Software de diseño utilizado. 1

3 Alcance del estudio 2

3.1 Objetivo general. 2
3.2 Objetivos específicos. 2

4 Generalidades 2

4.1 Nombre del proyecto. 2
4.2 Localización general del proyecto. 3
4.2.1 Ubicación. 3
4.2.2 Limites. 4
4.2.3 Altitud. 4
4.3 Localización especifica del proyecto 5
4.1 Descripción del proyecto. 6

5 Estudio geológico. 7

5.1 Información del subsuelo. 7
5.1.1 Características climatológicas. 7
Vegetación 11
5.2 Características geomorfológicas. 12
5.2.1 Geoestructurás y ambiente morfométrico 13
5.3 Geología. 15

6 Estudio geotécnico y de suelos. 18

6.1 Exploración en campo. 18

6.1.1 Reconocimiento en campo. 20
6.2 Ensayos de laboratorio. 20
6.2.1 Normatividad de ensayos de laboratorio. 20

6.3 Caracterización del subsuelo. 21
6.3.1 Determinación de parámetros de diseño. 24
6.3.1 Condiciones especiales del suelo. 25
6.4 Suelos licuables. 30
6.5 Perfil de suelo. 33
6.6 Sismicidad. 35
6.6.1 Zona de amenaza sísmica. 35
6.6.2 Coeficientes sísmicos. 36
6.6.3 Coeficiente Fa Y FV. 37
6.7 Determinación de parámetros de diseño. 37
6.7.1 Corrección por energía y confinamiento del número de golpes del ensayo spt. 37
6.7.2 Parámetros de resistencia al corte. 39
7 Análisis y diseño geotécnico de las obras proyectadas. 41
7.1 Evaluación geotécnica de las bordas o diques de protección. 42
7.1.1 Función y criterios generales de diseño. 42
7.1.2 Evaluación del material para la conformación de las bordas. 43
7.1.3 Configuración y condiciones generales de las bordas. 45
7.1.4 Compactación del material. 46
7.1.5 Capacidad de soporte del terreno natural. 48
7.1.6 Asentamiento. 50
7.1.7 Estabilidad frente a la erosión y socavación. 52
7.1.8 Protección ecohidráulica del cauce. 55
7.1.9 Revisión de la estabilidad global. 63
8 Conclusiones y/o recomendaciones. 73
8.1 Recomendaciones y proceso constructivo 75
9 Limitaciones del estudio. 77
10 Bibliografía. 78
11 Anexo 79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Geoposicionamiento. 5
Tabla 2 Ubicación e información general de los sondeos. 19
Tabla 3 Resumen de los sondeos. 21
Tabla 4 Clasificación de los suelos expansivos. 25
Tabla 5.Potencial expansivo de los suelos, Sondeos. 26
Tabla 6. Potencial de colapso de los suelos en estudio. 28
Tabla 7.Evaluación de suelos colapsables. 30
Tabla 8.Factores de escala por magnitud del sismo. 32
Tabla 9.Evaluación de Licuación. 32
Tabla 10.Clasificación de perfil de suelo. 34
Tabla 11.Numero de golpes promedio. 35
Tabla 12 Valores de Aa, Av, Ae y Ad. 36
Tabla 13 Coeficiente Fa. 37
Tabla 14 Coeficiente Fv. 37
Tabla 15. Módulos de Poisson, para diferentes materiales. 40
Tabla 16. Perfil de diseño y resultados de parámetros de resistencia al corte. 41
Tabla 17.Rangos granulométricos para obras de tierras (modificado de Dapena 1994). 44
Tabla 18Clasificación del material según su plasticidad. 45
Tabla 19.Geometría borda hidráulica. 46
Tabla 20.Capacidad admisible del terreno de apoyo. 49
Tabla 21.Fs por capacidad de carga Caño El Bien Común. 49
Tabla 22.Asentamiento por consolidación. 52
Tabla 23.Resultados de asentamientos total. 52
Tabla 24.Parámetros preliminares para el cálculo del esfuerzo tractivo 54
Tabla 25.Velocidades y fuerza tractiva máximas permisibles. 55
Tabla 26.Calculo de socavación general. 58
Tabla 27. Calculo y diseño de RipRap. 59
Tabla 28.Requisitos del material pétreo. 60
Tabla 29.Requisitos del geotextil no tejido. 62
Tabla 30.Valores del coeficiente de importancia, I 65

Tabla 31.Valores de Kst/amax 66
Tabla 32.Factores de seguridad básicos mínimos directos. 68
Tabla 33. Factores de seguridad obtenidos de las modelaciones. 73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación del proyecto en Colombia. 4
Ilustración 2. Modelo digital de Elevaciones. 5
Ilustración 3. Ubicación del proyecto desde Foto Satelital. 6
Ilustración 4. Mapa precipitación del departamento de Córdoba. 8
Ilustración 5. Mapa de temperatura del departamento de Córdoba. 9
Ilustración 6. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba. 10
Ilustración 7. Mapa de zonificación climática del departamento de Córdoba. 10
Ilustración 8. Mapa de cobertura vegetal del departamento de Córdoba. 11
Ilustración 9. Subdivisión del departamento de Córdoba por regiones geotécnicas. 12
Ilustración 10. Mapa geoestructurás de Córdoba. 13
Ilustración 11. Mapa de geomorfología del departamento de Córdoba. 14
Ilustración 12. Mapa geológico de Colombia 2023. 15
Ilustración 13. Localización de la zona de estudio. 16
Ilustración 14. Descripción de la geología de la zona de estudio 17
Ilustración 15.Perfil tipo de depósitos aluviales. 18
Ilustración 16. Vista en imagen satelital de la ubicación de los sondeos. 19
Ilustración 17. Humedad natural y límites de Atterbeg entre sondeos. 22
Ilustración 18.Esfuerzo efectivo, total, poros y resistencia a la compresión vs profundidad, Sondeo 1 22
Ilustración 19.Esfuerzo efectivo, total, poros y resistencia a la compresión vs profundidad, Sondeo 2 23
Ilustración 20.Esfuerzo efectivo, total, poros y resistencia a la compresión vs profundidad, Sondeo 3 23
Ilustración 21.Esfuerzo efectivo, total, poros y resistencia a la compresión vs profundidad, Sondeo 4 24
Ilustración 22.Carta de plasticidad, suelos expansivos. 27
Ilustración 23.Potencial de colapso de los suelos. 28
Ilustración 24. Zonas de amanezcas sísmicas de Colombia. 36
Ilustración 25. Resultados de N corregidos 39

Ilustración 26.Sección transversal preliminar de las bordas proyectadas en el caño El Bien Común. 46
Ilustración 27.Recomendaciones para la selección de los medios de compactación. 47
Ilustración 28. Velocidades admisibles en suelos cohesivos. 62
Ilustración 29.Sección transversal considerada en la evaluación de estabilidad de las bordas. 63
Ilustración 30.Parámetros sísmicos del proyecto. 65
Ilustración 31.Factor de seguridad en condición estática lado derecho sección 1. 69
Ilustración 32. Factor de seguridad en condición estática lado izquierdo sección 1. 69
Ilustración 33.Factor de seguridad en condición dinámica lado izquierdo sección 1. 70
Ilustración 34. Factor de seguridad en condición dinámica lado derecho sección 1. 70
Ilustración 35.Factor de seguridad en condición estática lado izquierdo sección 2. 71
Ilustración 36. Factor de seguridad en condición estática lado derecho sección 2. 71
Ilustración 37.Factor de seguridad en condición dinámica lado derecho sección 2. 72
Ilustración 38.Factor de seguridad en condición dinámica lado izquierdo sección 2. 72
Ilustración 39. Esquema constructivo de las obras diseñas. 74

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Peso específico seco natural del suelo requerido para su colapso..... 28
Ecuación 2. Tensión tangencial cíclica. 31
Ecuación 3.Relación de esfuerzos cíclicos. 32
Ecuación 4.Factor de seguridad de potencial de licuación. 32
Ecuación 5.Número medio de golpes. 34
Ecuación 6. Corrección por energía N60. 38
Ecuación 7. Corrección por confinamiento. 38
Ecuación 8. Factor de corrección por confinamiento. 38
Ecuación 9. Correlación de cohesión no drenada y N_{60} 39
Ecuación 10. Correlación entre Angulo de fricción y $(N_1)_{60}$ 40
Ecuación 11. Módulo de elasticidad para arcillas 40
Ecuación 12. Módulo de elasticidad para las arenas. 40
Ecuación 13.Ecuación general de capacidad de carga. 48
Ecuación 14. Asentamiento Inmediato. 50
Ecuación 15. Asentamiento por consolidación en términos de deformación vertical. 51
Ecuación 16.Cambio de índice de vacío para arcillas normalmente consolidadas.. 51
Ecuación 17.Cambio de índice de vacío para arcillas sobreconsolidadas con $\sigma o' + \Delta\sigma' < \sigma c$ 51
Ecuación 18.Cambio de índice de vacío para arcillas sobreconsolidadas con $\sigma o' + \Delta\sigma' > \sigma c$ 51

1 INTRODUCCIÓN.

El presente informe geológico y geotécnico ha sido elaborado con el objetivo de caracterizar las condiciones del subsuelo y proporcionar los parámetros técnicos necesarios para el análisis y diseño de las obras de recuperación, estabilización y protección proyectadas "**RECUPERACIÓN AMBIENTAL Y DE LA CONECTIVIDAD HIDROLÓGICA DE UN TRAMO DEL CAÑO EL BIEN COMÚN EN EL MUNICIPIO DE SAN PELAYO, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA".**

El informe comienza con una descripción general del proyecto, incluyendo su localización, objetivos y características principales. Se detallan los trabajos realizados tanto en campo como en laboratorio, los cuales son esenciales para comprender las condiciones geotécnicas del sitio. Estos trabajos incluyen la identificación y análisis de los estratos del suelo, así como la evaluación de sus características geotécnicas.

A partir de los ensayos realizados, se obtienen los parámetros geotécnicos necesarios para plantear las alternativas de diseño de las obras geotécnicas y medidas de protección requeridas para la recuperación y estabilización del cauce.

Finalmente, el documento incluye anexos con los resultados de los ensayos de laboratorio y otros datos relevantes que sustentan las conclusiones y recomendaciones.

2 REGLAMENTO DE DISEÑO Y SOFTWARE EMPLEADO.

2.1 REGLAMENTO DE DISEÑO EMPLEADO.

Para la ejecución de este informe se siguen Código Colombiano de puentes CCP-14 y NSR- 10.

2.2 SOFTWARE DE DISEÑO UTILIZADO.

Para la elaboración de este informe se utilizaron herramientas informáticas para la realización de búsquedas, automatización de cálculos e imágenes satelitales (Google Earth).

3 ALCANCE DEL ESTUDIO

3.1 OBJETIVO GENERAL.

Determinar y evaluar las características del subsuelo donde se cimentará el proyecto y establecer recomendaciones constructivas durante la etapa de construcción de este.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Recopilar información detallada sobre el proyecto, abordando aspectos clave que abarquen desde la ubicación hasta los requisitos específicos.
- Ejecutar trabajos de campo y realizar ensayos de laboratorio sobre las muestras extraídas, con el propósito de obtener datos sobre las propiedades de los materiales.
- Llevar a cabo un estudio geológico de la zona de intervención, analizando la composición y las características geológicas del terreno.
- Determinar problemas inherentes al tipo de suelo o a la topografía del terreno.
- Proporcionar el sistema de cimentaciones más adecuado para la estructura.
- Proponer cargas máximas de contacto y deformaciones para las cimentaciones.
- Elaborar conclusiones fundamentadas a partir de los resultados obtenidos en los estudios geológico, geotécnico y de suelos.
- Proporcionar recomendaciones específicas.

4 GENERALIDADES

4.1 NOMBRE DEL PROYECTO.

"RECUPERACIÓN AMBIENTAL Y DE LA CONECTIVIDAD HIDROLÓGICA DE UN TRAMO DEL CAÑO EL BIEN COMÚN EN EL MUNICIPIO DE SAN PELAYO, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA"

4.2 LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.

El proyecto corresponde a la recuperación ambiental y de la conectividad hidrológica de un tramo del Caño El Bien Común, localizado en el corregimiento de La Madera, jurisdicción del municipio de San Pelayo, departamento de Córdoba.

La localización general del proyecto se presenta en la Ilustración 3, en la cual se identifica el tramo del Caño El Bien Común objeto de estudio dentro del municipio de San Pelayo. Las coordenadas geográficas que delimitan el sector de intervención se presentan en la Tabla 1.

4.2.1 UBICACIÓN.

El proyecto objeto del presente estudio se localiza en el municipio de San Pelayo, perteneciente al departamento de Córdoba, en la región Caribe colombiana. Geográficamente, San Pelayo se ubica en la zona central del departamento, dentro del área de influencia de la cuenca baja del río Sinú, en un territorio caracterizado por planicies aluviales y superficies de relieve plano a suavemente ondulado.

La configuración fisiográfica del municipio está asociada principalmente a la dinámica fluvial del río Sinú y a su red de caños, quebradas, ciénagas y drenajes menores. Estas condiciones determinan una topografía de bajas pendientes, donde el drenaje superficial puede presentar limitaciones durante eventos de precipitación intensa, favoreciendo acumulaciones temporales de escorrentía en sectores deprimidos o con baja capacidad de evacuación natural. El área rural de San Pelayo se desarrolla sobre unidades geomorfológicas dominadas por depósitos aluviales recientes, conformados por materiales finos y medios asociados a la evolución histórica del sistema fluvial del río Sinú. Estos suelos influyen directamente en los procesos de infiltración, almacenamiento de humedad, escorrentía superficial y comportamiento geotécnico del terreno. La ubicación del municipio dentro del valle del río Sinú ha favorecido históricamente el desarrollo de actividades agropecuarias, especialmente ganadería y agricultura de escala local y regional. Asimismo, la conectividad vial con Montería y otros municipios del departamento fortalece su articulación territorial y productiva dentro de la región.

La ubicación del municipio se puede observar en la Ilustración 1.

Ilustración 1. Ubicación del proyecto en Colombia.



Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

4.2.2 LIMITES.

La ubicación geográfica de San Pelayo se encuentra delimitada por distintos municipios y regiones:

Norte: Lorica

Este: Lorica, Chimá, Ciénaga de Oro

Sur: Cereté y Montería

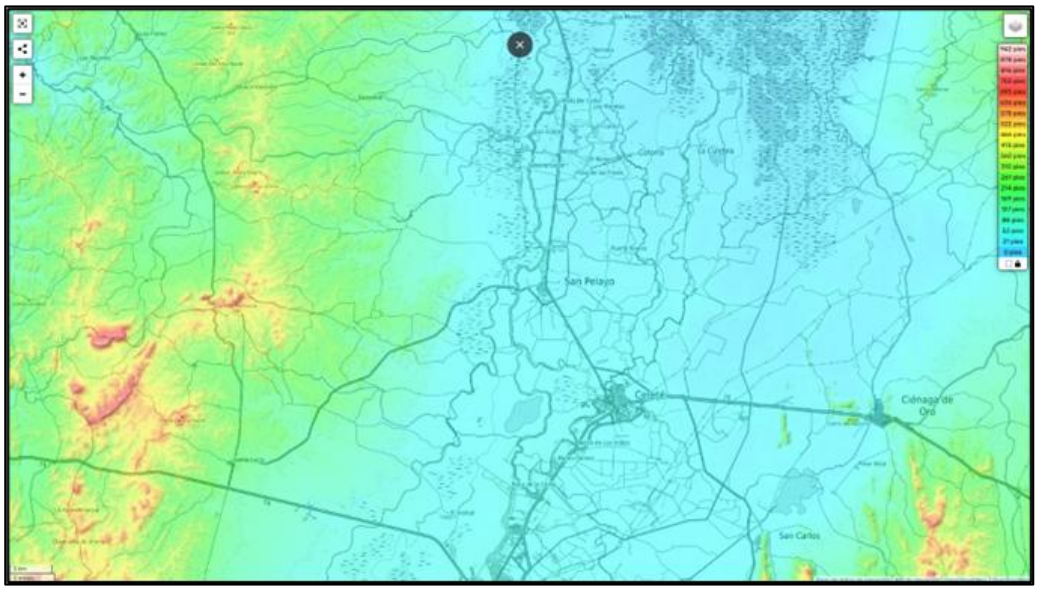
Oeste: Montería, Puerto Escondido y Lorica.

Estos límites definen claramente la extensión territorial de San Pelayo, estableciendo sus fronteras con localidades vecinas y destacando su posición estratégica en el departamento de Córdoba, en la región Caribe de Colombia. (Ver Ilustración 1).

4.2.3 ALTITUD.

La altitud media del municipio se estima en 25 metros sobre el nivel del mar (Ver Ilustración 2).

Ilustración 2. Modelo digital de Elevaciones.



Fuente: Sacado de Topographic-map.com.

4.3 LOCALIZACIÓN ESPECIFICA DEL PROYECTO

El proyecto corresponde a la recuperación ambiental y de la conectividad hidrológica de un tramo del Caño El Bien Común, localizado en el corregimiento de La Madera, jurisdicción del municipio de San Pelayo, departamento de Córdoba.

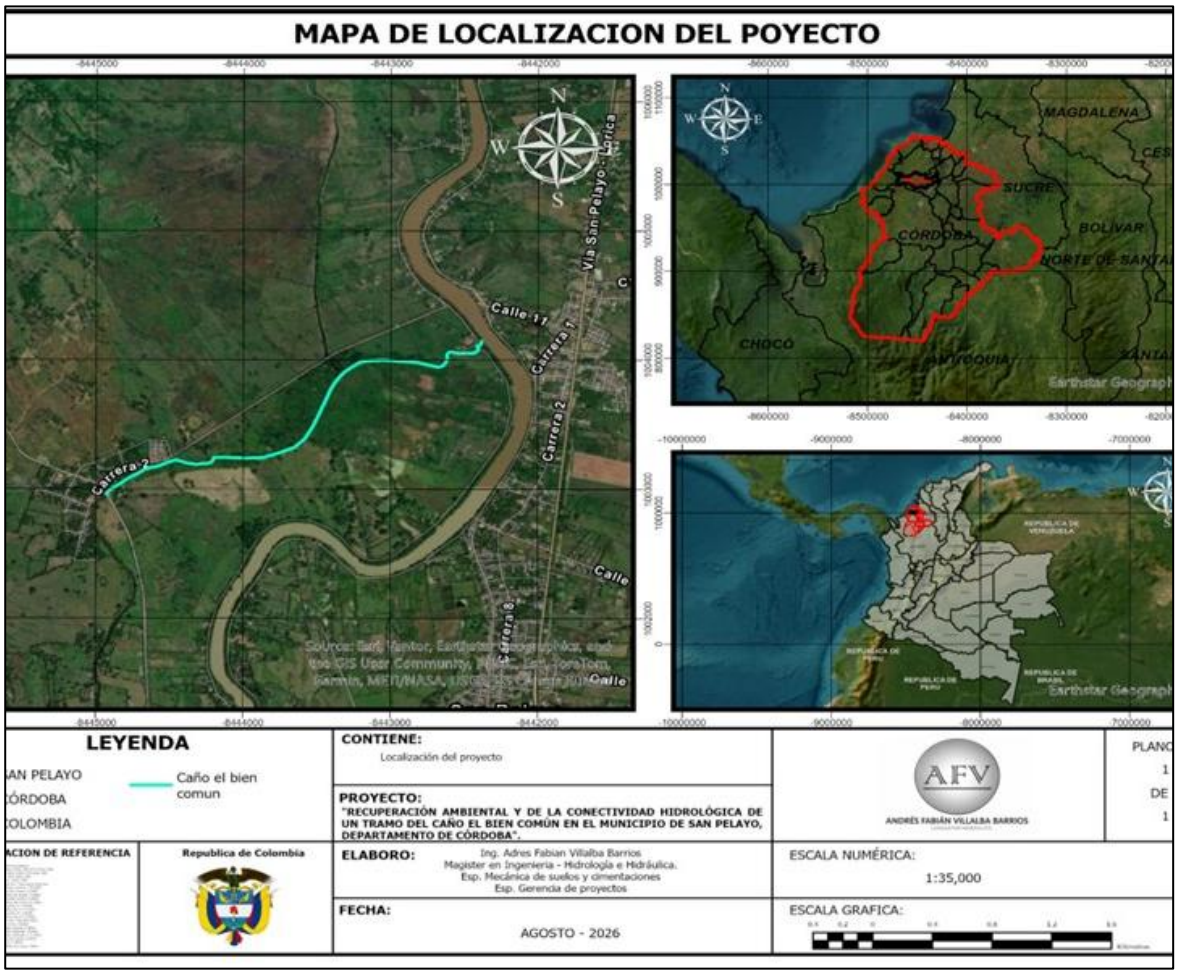
Esta localización se ilustra detalladamente en la Ilustración 3 Las coordenadas del proyecto geográficamente definidos por las coordenadas presentadas en la Tabla 1. Geoposicionamiento.

Tabla 1. Geoposicionamiento.

GEOPOSICIONAMIENTO					
Municipio	**Estructura**	**Referencia**	**Referencia**	**Coordenadas**	
				Latitud	**Longitud**
San Pelayo	Recuperación Ambiental y de la conectividad hidrológica	Ubicación	Inicio	8°59'0.07"N	75°50'21.16"O
			Fin	8°58'22.17"N	75°51'43.41"O

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

Ilustración 3. Ubicación del proyecto desde Foto Satelital.



Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto contempla la recuperación ambiental y el restablecimiento de la conectividad hidrológica de un tramo del caño El Bien Común, localizado en el municipio de San Pelayo, departamento de Córdoba. La intervención tiene como propósito mejorar las condiciones hidráulicas y ambientales del cauce, favorecer la continuidad del flujo y reducir los procesos de erosión, sedimentación e inestabilidad que puedan afectar su funcionamiento.

Dentro de las actividades proyectadas se considera la recuperación de la sección hidráulica del caño, la reconformación y estabilización de sus márgenes y la implementación de medidas de protección en los sectores que presenten mayor susceptibilidad a la erosión o socavación. Las características definitivas de estas

intervenciones se establecerán a partir de los resultados de los estudios topográficos, hidrológicos, hidráulicos, ambientales y geotécnicos.

5 ESTUDIO GEOLÓGICO.

En esta sección, se abordará la geología actual de la zona de estudio. En términos generales, el estudio geológico implica una investigación sistemática para comprender las características geológicas específicas de la región. Este proceso incluye la recolección y análisis de datos relacionados con la composición del suelo, la identificación de formacione s rocosas, estructuras geológicas como fallas, y otros elementos que afectan la topografía y estabilidad del terreno. Este enfoque geológico es crucial para evaluar la idoneidad del suelo, comprender su comportamiento ante diversas condiciones y proporcionar información esencial para la planificación y desarrollo del proyecto.

5.1 INFORMACIÓN DEL SUBSUELO.

El término "subsuelo" o "sustrato" hace referencia a la capa de suelo ubicada debajo de la superficie terrestre. Este estrato abarca una variedad de materiales, como arcilla y arena, que han experimentado procesos parciales de descomposición debido a factores como la exposición al aire, la luz solar, el agua y el viento. Estos procesos conducen a la formación del suelo propiamente dicho.

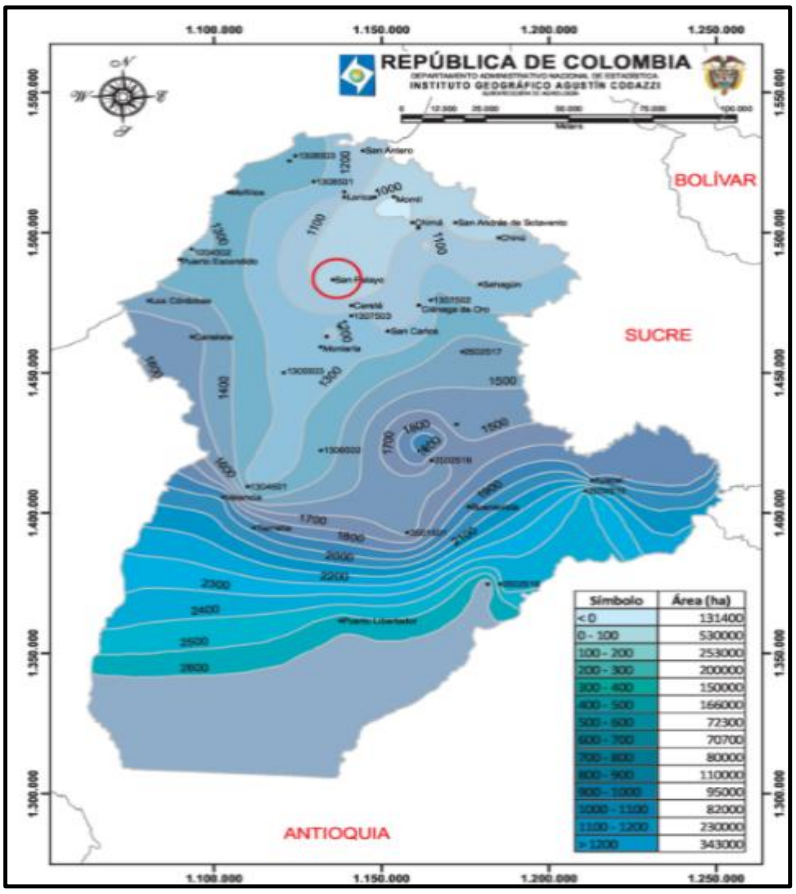
Directamente bajo el subsuelo se encuentra el sustrato, caracterizado por una composición que puede ser rocosa, sedimentaria o influenciada por depósitos formados por agentes geológicos activos en esta capa más profunda.

El subsuelo alberga partículas parcialmente descompuestas, generalmente con tonalidades más claras como el marrón o el amarillo. Este estrato desempeña un papel crucial como hábitat para las raíces profundas de plantas de gran envergadura, como los árboles, contribuyendo así a la salud y estabilidad del ecosistema subterráneo.

5.1.1 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS.

El clima emerge como un determinante fundamental en la formación del suelo, ya que influye significativamente en las cantidades y distribuciones de diversos organismos, animales y vegetales, así como en sus interacciones mutuas.

Ilustración 4. Mapa precipitación del departamento de Córdoba.



Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

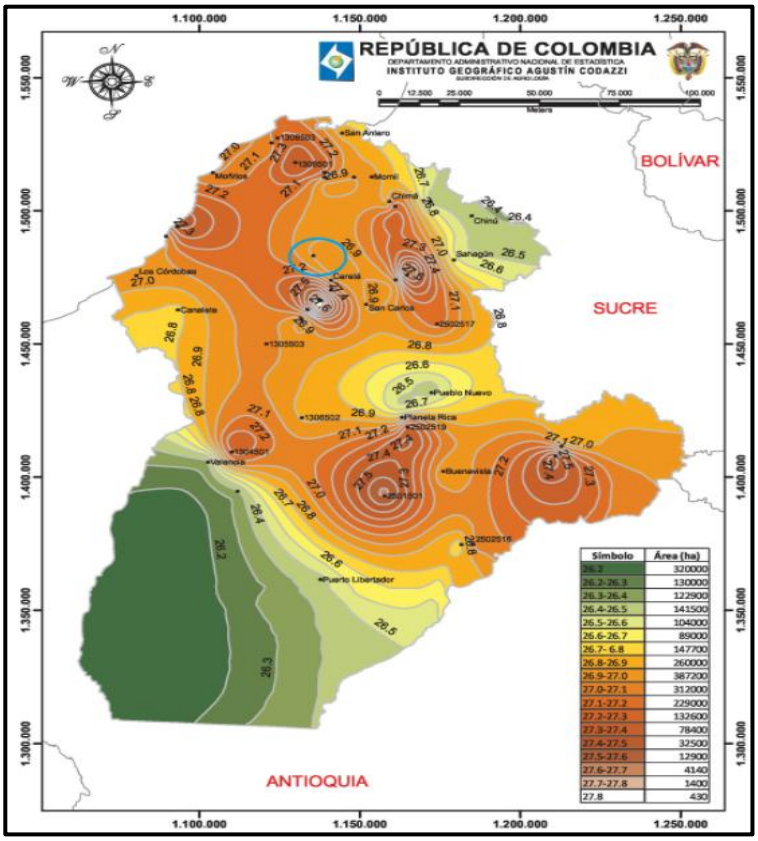
La distribución de las lluvias en el departamento de Córdoba está determinada por el paso anual de la Centro de Convergencia Intertropical (CIT). Durante el tiempo anticiclónico, que suele ocurrir en los primeros meses del año, la CIT se ubica al sur del Ecuador térmico, lo que genera un clima soleado y seco. A medida que avanza hacia el norte en marzo, provoca un clima ciclónico en el sur del país, mientras que la región del Caribe, incluyendo Córdoba, experimenta buen tiempo. La temporada ciclónica en la costa Atlántica generalmente comienza en mayo. Durante la segunda mitad del año, la CIT avanza hacia el norte, alcanzando su máxima actividad en septiembre y octubre, a veces hasta noviembre.

En consecuencia, Córdoba experimenta dos temporadas de lluvias: una más pronunciada en abril y mayo, y otra entre septiembre y noviembre. Además, hay una temporada con lluvias de menor intensidad entre junio y agosto, seguida por

una temporada seca de diciembre a marzo. El municipio presenta una altura promedio de 11 msnm, con precipitación media anual de 1.008 mm.(Ilustración 4)

Durante todo el año, las temperaturas en San Pelayo oscilan entre máximas de 31 °C y 35 °C, y mínimas entre 23 °C y 25 °C.

Ilustración 5. Mapa de temperatura del departamento de Córdoba.

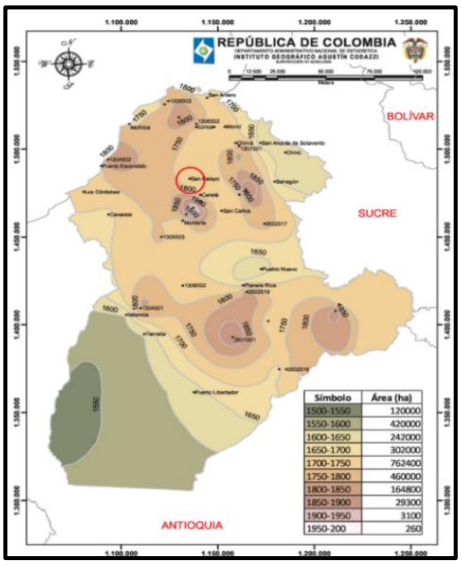


Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

La evapotranspiración potencial (ETP) es un componente vital del balance hídrico climático, utilizado para estimar las pérdidas de agua en la superficie del suelo. Esta medida es fundamental para calcular la disponibilidad de agua en el suelo, crucial para el desarrollo y la producción de las plantas.

El municipio y hacia el norte del departamento se presenta un aumento de los valores de ETP. El Valor de evapotranspiración potencial del municipio es de 1750 mm.

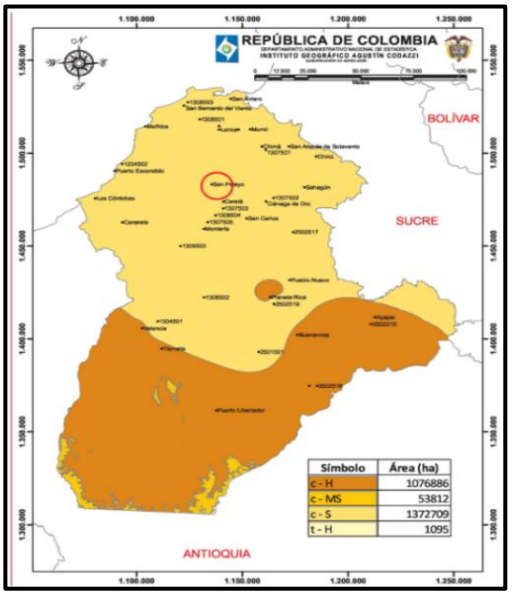
Ilustración 6. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba.



Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

En base a los parámetros obtenidos y la clasificación propuesta por el IGAC, el municipio se ubica en un clima Cálido-seco. Esta unidad climática es representativa del sector norte del departamento.

Ilustración 7. Mapa de zonificación climática del departamento de Córdoba.



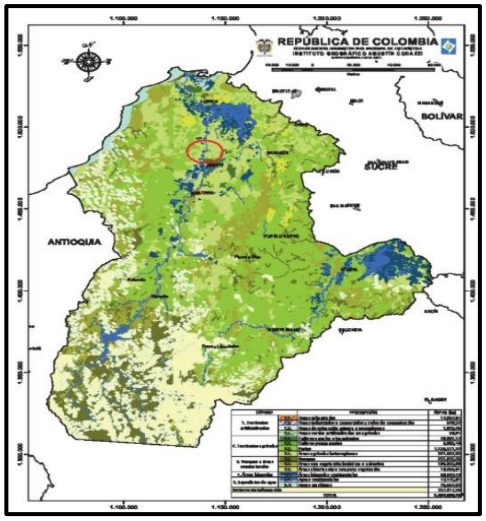
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

VEGETACIÓN

Por medio del sistema de clasificación y metodología de Corine Land Cover, el cual se utiliza para realizar el inventario de coberturas de la tierra, se tiene que San Pelayo presenta cobertura vegetal predominante de cultivos anuales o transitorios, áreas agrícolas heterogéneas, áreas húmedas continentales, aguas continentales y aguas marinas.

Cultivos anuales o transitorios: Estas áreas son ocupadas por cultivos de ciclo vegetativo corto, que generalmente dura un año o menos, a veces solo unos pocos meses. Después de la cosecha, es necesario volver a sembrar o plantar para mantener la producción. Esto incluye tierras dedicadas a cultivos anuales o transitorios.

Ilustración 8. Mapa de cobertura vegetal del departamento de Córdoba.



Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

Áreas agrícolas heterogéneas: Estas áreas se caracterizan por su diversidad en la cobertura, que puede deberse al tamaño reducido de los terrenos, a condiciones climáticas locales o a características del suelo que dificultan la delimitación de unidades cartográficas homogéneas.

Aguas marítimas: incluyen áreas costeras, estuarios, y cuerpos de agua salada o salobre que están separados del océano o del mar por una franja costera. Estos pueden variar en tamaño y forma, y están influenciados por la marea.

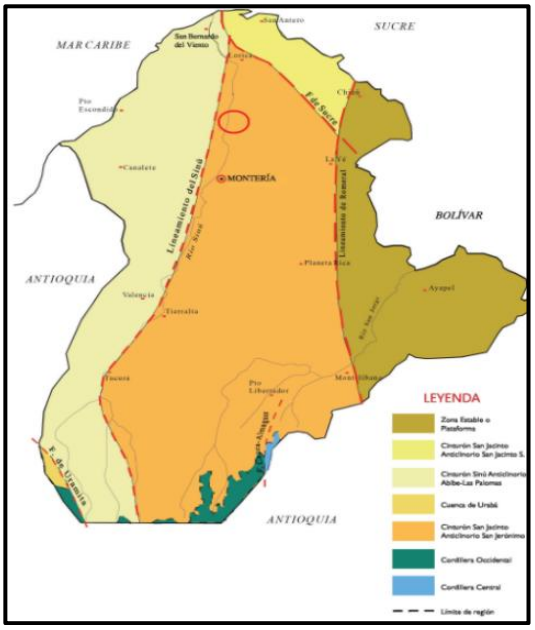
Aguas Húmedas continentales: Tierras bajas son áreas que comúnmente se inundan durante el año y pueden formarse a partir de zonas de inundación de ríos, depresiones donde el agua subterránea aflora de manera estacional o permanente. Estas áreas incluyen hondonadas donde el agua se acumula naturalmente, a menudo con suelos fangosos o arcillosos en el fondo.

5.2 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS.

Para el presente estudio se tomó como base de investigación del subsuelo los estudios realizados por el instituto geográfico Agustín Codazzi, Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba.

La geomorfología, como disciplina integrante de la geografía y la geología, se dedica al estudio de las formas de la superficie terrestre, investigando su origen y su comportamiento en la actualidad.

Ilustración 9. Subdivisión del departamento de Córdoba por regiones geotécnicas.



Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El departamento de Córdoba se divide en 5 regiones geotécnicas, propuestas por INGEOMINAS, que presentan una evolución geológica diferente, entre estas encontramos la cuenca de Urabá, cordilleras Occidental y central, Cinturón Sinú, Cinturón de San Jacinto y los diversos depósitos del Cuaternario.

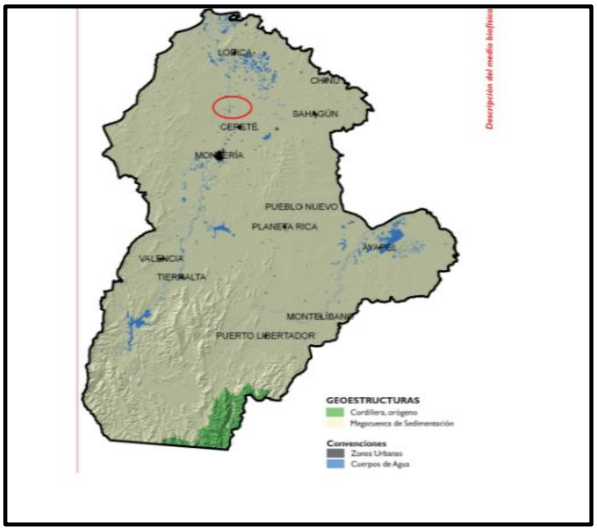
El municipio de San Pelayo se encuentra localizado hacia oriente del Departamento de Córdoba ubicado en la subregión del San Jorge. El municipio se ubica en región tectónica de Zona estable o Plataforma, este constituye la franja alargada en sentido norte-sur localizada en el extremo oriental del departamento (Ver Ilustración 9).

Comprende la cuenca del rio Sinú en el anticlinorio de Abibe, Las Palomas, hasta la línea de costa y se extiende hacia el norte formando el anticlinorio de Turbaco. La zona se caracteriza por presentar estructuras geológicas radiales, constituidas por domos y colinas muy características. Muchos de estas formaciones están asociados con fenómenos de vulcanismo de lodo, generando anticlinales estrechos, separados entre sí por sinclinales amplios y suaves. Esta configuración geológica refleja la dinámica tectónica de la región y su evolución histórica.

5.2.1 GEOESTRUCTURÁS Y AMBIENTE MORFOMÉTRICO

A Nivel regional, en Córdoba, se aprecian dos grandes geoestructurás la cordillera y la mega cuenca de sedimentación. San Pelayo se encuentra en la Mega cuenca de Sedimentación, esta se encuentra al noroccidente de la cordillera y se extiende hasta el mar caribe, cubriendo 23.788.87 Km2, lo que equivale al 95.4% del territorio departamental.

Ilustración 10. Mapa geoestructurás de Córdoba.

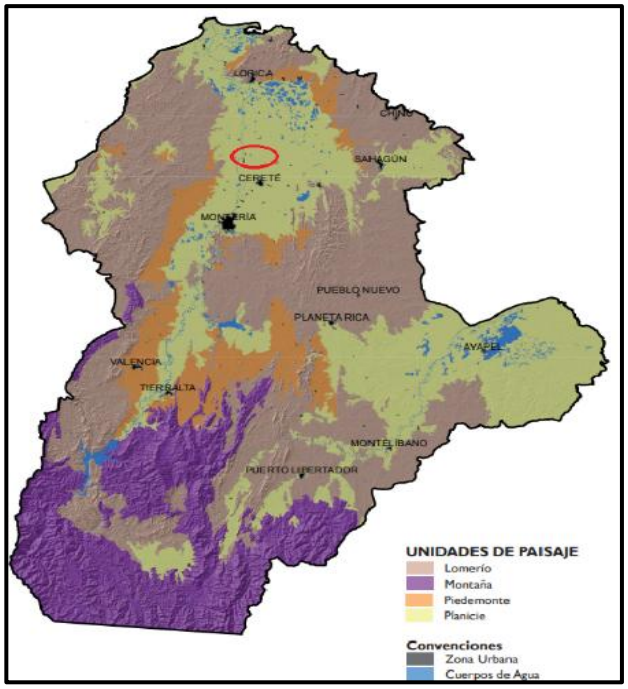


Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

En esta estructura geográfica se distinguen dos principales unidades: la primera comprende un sistema de colinas, piedemontes y parte de las montañas, abarcando un área de 16.412 km2. Estas características se encuentran en los flancos y la parte centro-sur del departamento, correspondiendo geográficamente a las terminaciones de las cordilleras mencionadas anteriormente. La segunda unidad corresponde a la región centro-norte del departamento, caracterizada por extensas llanuras que cubren un área de 7.376 km2; el resto del territorio está ocupado por cuerpos de agua y áreas urbanizadas (Ver Ilustración 10).

En esta estructura geográfica se distinguen dos principales unidades: la primera comprende un sistema de colinas, piedemontes y parte de las montañas, abarcando un área de 16.412 km2. Estas características se encuentran en los flancos y la parte centro-sur del departamento, correspondiendo geográficamente a las terminaciones de las cordilleras mencionadas anteriormente. La segunda unidad corresponde a la región centro-norte del departamento, caracterizada por extensas llanuras que cubren un área de 7.376 km2; el resto del territorio está ocupado por cuerpos de agua y áreas urbanizadas (Ver Ilustración 11).

Ilustración 11. Mapa de geomorfología del departamento de Córdoba.



Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El municipio presenta una unidad de paisaje de planicie la cual se encuentra asociada al hidrograma del rio Sinú.

El paisaje de Planicie es una geoforma agradacional caracterizada por ser una zona amplia y plana a ligeramente plana, cuyas pendientes son menores de 3%. Corresponde a los diferentes aportes de origen aluvial, marino o eólico.

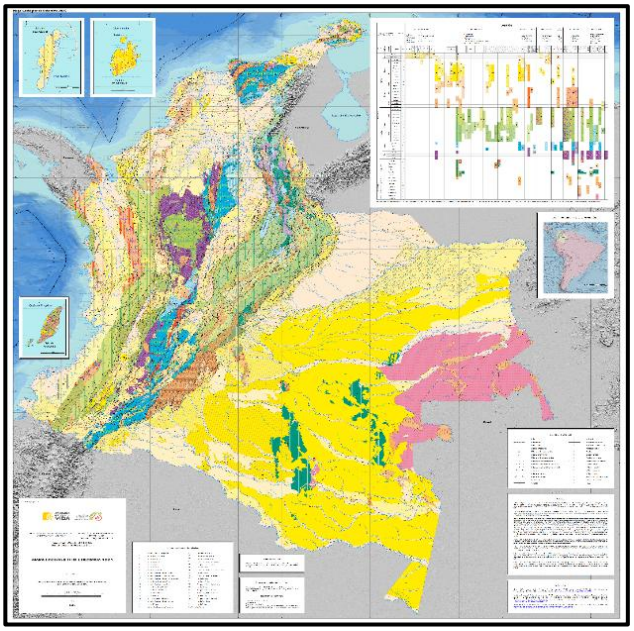
La mega cuenca está compuesta por rocas sedimentarias continentales y marinas que datan del Cretáceo-Neógeno, junto con amplios depósitos del Cuaternario, de naturaleza aluvial, fluvio-lacustre, fluvio-marina y marina. Esta combinación da lugar a un entorno morfogenético deposicional.

5.3 GEOLOGÍA.

Para la identificación de las formaciones geológicas dentro de la ubicación del proyecto, se emplearon mapas geológicos elaborados por el Servicio Geológico Colombiano.

Estas representaciones cartográficas brindan una visión detallada de las características geológicas presentes en la zona, suministrando información esencial para comprender el entorno (Ver Ilustración 12).

Ilustración 12. Mapa geológico de Colombia 2023.



Fuente: Portal servicio geológico colombiano.

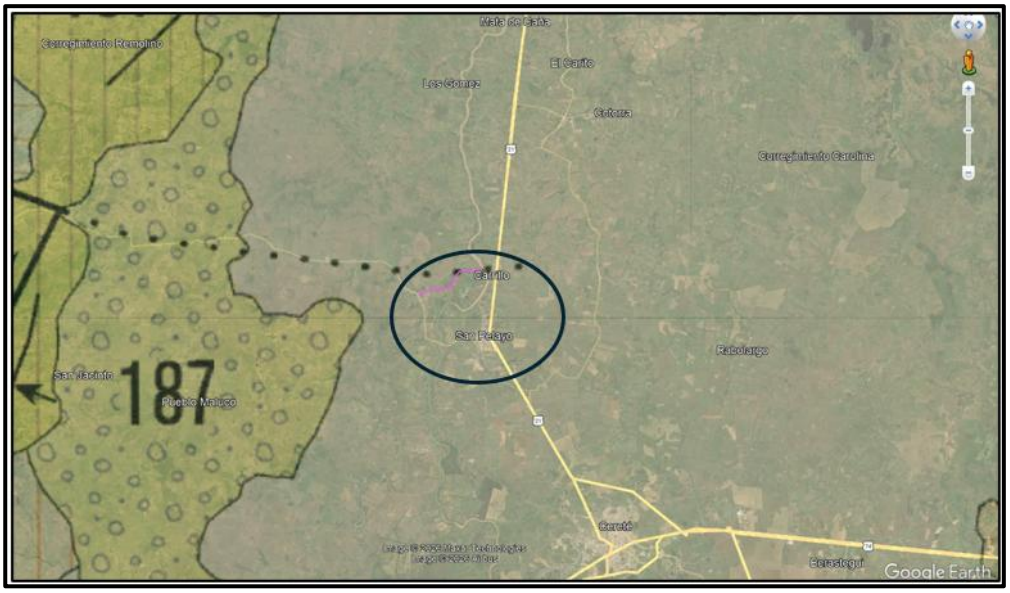
Los suelos que componen la zona de estudio se encuentran dentro de la región geológica representada en la Ilustración 13 la cual se describe detalladamente a continuación:

La zona correspondiente al municipio de San Pelayo, Córdoba, se encuentra dominada por unidades geológicas superficiales correspondientes al Cuaternario, compuestas principalmente por abanicos aluviales y depósitos coluviales. Estas formaciones son típicas de áreas con influencia fluvial y dinámica gravitacional activa, y reflejan procesos geomorfológicos recientes.

Los abanicos aluviales son acumulaciones de sedimentos transportados y depositados por corrientes de agua, generalmente en zonas de transición entre áreas montañosas y planicies. Están conformados por materiales de granulometría variable (gravas, arenas, limos), dispuestos en capas mal estratificadas, con buena permeabilidad y escasa consolidación.

Su origen está asociado a eventos de flujo fluvial intermitente y sedimentación rápida, lo cual les confiere ciertas condiciones de inestabilidad ante cambios en la dinámica hídrica o cargas estructurales.

Ilustración 13. Localización de la zona de estudio.



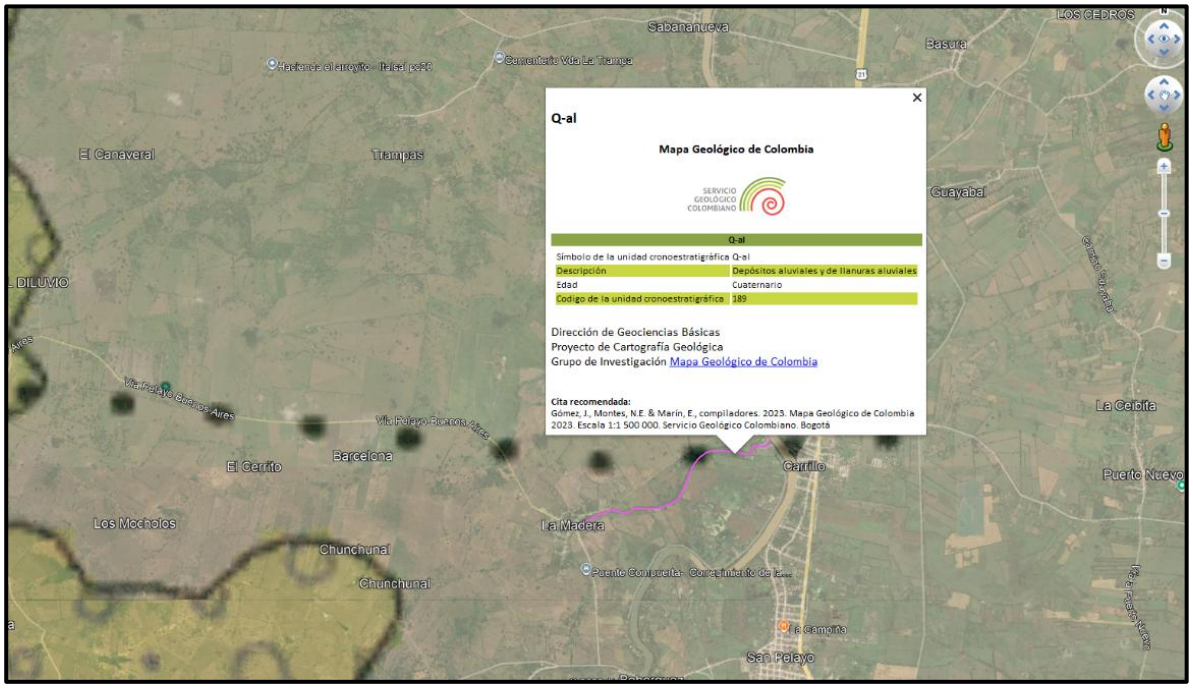
Fuente: Portal servicio geológico colombiano.

Por su parte, los depósitos coluviales se generan por el arrastre gravitacional de materiales desde zonas más elevadas hacia laderas o zonas bajas, siendo comunes

en regiones de topografía moderadamente inclinada. Están constituidos por una mezcla heterogénea de fragmentos de roca, suelos residuales y partículas finas, que no han sido transportados por agua corriente sino por procesos de reptación, deslizamientos superficiales o caída libre. Suelen presentar baja compactación, estructura dispersa y variable resistencia al corte, características que deben ser consideradas en el análisis geotécnico para obras civiles.

Estas unidades geológicas del Cuaternario son altamente influenciables por factores como la precipitación, la actividad antrópica y la deforestación, por lo que cualquier intervención en la zona requiere un manejo adecuado del drenaje, el control de erosión y el diseño de cimentaciones adaptadas a su naturaleza poco consolidada.

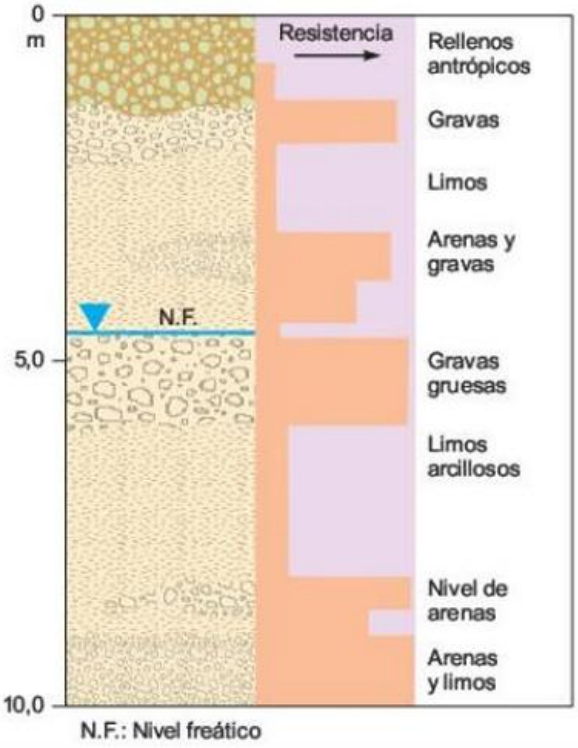
Ilustración 14. Descripción de la geología de la zona de estudio



Fuente: Portal servicio geológico colombiano.

Los depósitos aluviales ampliamente distribuidos por el departamento compuestos por los aluviones y sedimento del río Sinú. La estratigrafía de la zona de estudio se presenta en la Ilustración 15.

Ilustración 15.Perfil tipo de depósitos aluviales.



Fuente: González Vallejo "Ingeniería Geológica"

6 ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DE SUELOS.

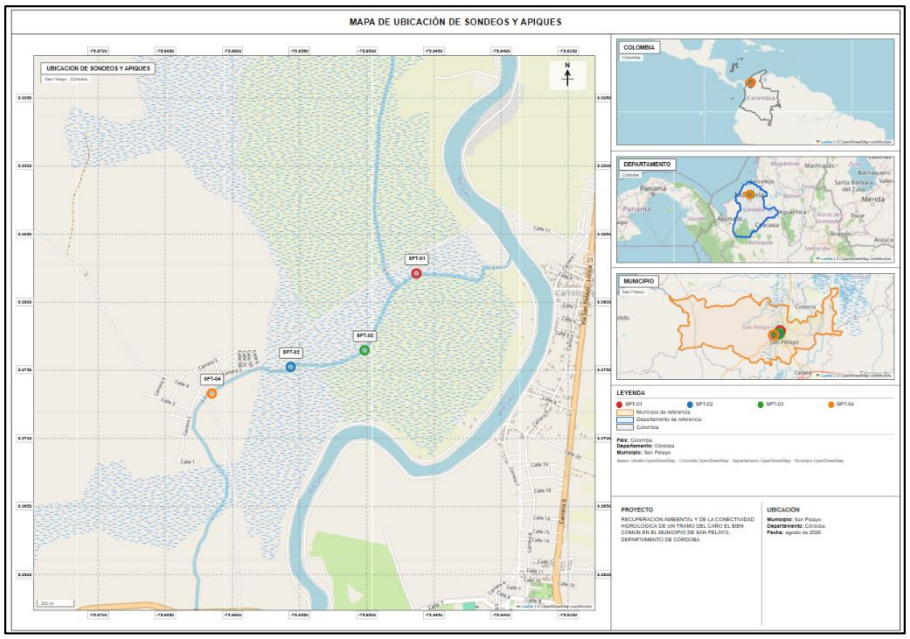
En este apartado, se abordará el estudio geotécnico de la zona de estudio, conceptualizado, en términos generales, como una evaluación sistemática destinada a comprender las propiedades y comportamientos geotécnicos del suelo y subsuelo en una región específica. Dicho análisis implica la recopilación y el análisis minucioso de datos vinculados a la resistencia del suelo, su capacidad de carga, características hidrogeológicas y otros aspectos geotécnicos cruciales. El enfoque principal se centrará en proporcionar una comprensión adecuada del suelo para respaldar estructuras, evaluar riesgos geotécnicos y suministrar información clave para la toma de decisiones en la planificación y desarrollo del proyecto.

6.1 EXPLORACIÓN EN CAMPO.

El estudio geotécnico es el conjunto de actividades que comprenden el reconocimiento de campo, la investigación del subsuelo, los análisis y

recomendaciones de ingeniería necesarios para el diseño y construcción de las obras en contacto con el suelo, de tal forma que se garantice un comportamiento adecuado de la edificación, protegiendo ante todo la integridad de las personas ante cualquier fenómeno externo, además de proteger vías, instalaciones de servicios públicos, predio y construcciones vecinas. La investigación del subsuelo comprende el estudio y el conocimiento del origen geológico, la exploración del subsuelo (apiques, tricheras, sondeos) y los ensayos y pruebas de campo y laboratorio necesarios para identificar y clasificar los diferentes suelos y rocas y cuantificar las características físico-mecánicas e hidráulicas del subsuelo. Los análisis y recomendaciones consisten en la interpretación técnica conducente a la caracterización del subsuelo y la evaluación de posibles mecanismos de falla y de deformación para suministrar los parámetros y las recomendaciones y de otras obras en el terreno influenciadas por factores geotécnicos.

Ilustración 16. Vista en imagen satelital de la ubicación de los sondeos.



Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Google Earth Pro.

Tabla 2 Ubicación e información general de los sondeos.

Sondeo	Profundidad final	Nivel freático	Latitud	Longitud
[-]	[m]	[m]	[DMS]	[DMS]
SPT-01	6.00	5.10	8°58'55.646" N	75°50'46.730" W
SPT-02	6.00	5.40	8°58'30.940" N	75°51'20.340" W

Sondeo	Profundidad final	Nivel freático	Latitud	Longitud
[-]	[m]	[m]	[DMS]	[DMS]
SPT-03	6.00	5.27	8°58'35.320" N	75°51'0.550" W
SPT-04	6.00	5.32	8°58'23.930" N	75°51'41.480" W

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

Con el propósito de caracterizar las condiciones geomecánicas del subsuelo se ejecutaron cuatro sondeos mediante el ensayo de penetración estándar (SPT), cada uno con una profundidad final de 6.00 m.

6.1.1 RECONOCIMIENTO EN CAMPO.

Previo al inicio de los trabajos de exploración, se realizó un reconocimiento de área del proyecto para identificar posibles fenómenos que puedan afectar las estructuras proyectadas durante su operación o construcción. Se observa que la capa superficial consiste en material vegetal, el cual deberá ser removido en su totalidad.

6.2 ENSAYOS DE LABORATORIO.

Se procedió a clasificar los suelos identificados utilizando tanto el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) como el sistema de la AASHTO. La evaluación de las características de resistencia mecánica del suelo se llevó a cabo mediante la realización de los siguientes ensayos de laboratorio:

- Determinación de humedad.
- Medición de los límites líquido y plástico.
- Análisis granulométrico.
- Clasificación.

Estos ensayos, que abarcan diversas propiedades del suelo, proporcionan información crucial para comprender sus características geotécnicas

6.2.1 NORMATIVIDAD DE ENSAYOS DE LABORATORIO.

Los ensayos realizados en laboratorio de las muestras obtenidas en los apiques hechos en campo se rigen bajo las siguientes normas:

- Determinación de humedad: NTC 1495 ASTM D2216
- Limite plástico: NTC 1493 ASTM D4318
- Limite liquido: NTC 1493 ASTM D4318
- Granulometría: NTC 77 ASTM D421-58

- Clasificación: NTC 1504 ASTM D4318

6.3 CARACTERIZACIÓN DEL SUBSUELO.

En este numeral se presenta descripción de los apiques obtenidos y resultados de los ensayos de laboratorio:

Tabla 3 Resumen de los sondeos.

Resumen de resultados										
Descripción	**Prof final**	**γh**	**w**	**LL**	**LP**	**Pasa N°200**	**Plasticidad**	**Consistencia**	**Compacidad**	**SUCS**
[-]	**[m]**	**[kN/m³]**	**[%]**	**[%]**	**[%]**	**[%]**	**[-]**	**[-]**	**[-]**	**[-]**
SPT-01	1.00	19.29	18.75	44.06	23.81	79.30	Alta	Muy blanda	N/A	CL
SPT-01	2.00	19.66	16.28	46.63	26.27	73.71	Alta	Muy blanda	N/A	CL
SPT-01	3.00	19.32	23.53	35.37	20.06	73.67	Media	Blanda	N/A	CL
SPT-01	4.00	19.12	20.41	46.07	25.80	75.47	Alta	Blanda	N/A	CL
SPT-01	5.00	19.40	15.44	38.28	22.12	80.82	Media	Blanda	N/A	CL
SPT-01	6.00	19.40	20.00	33.81	21.02	69.62	Media	Rigidez media	N/A	CL
SPT-02	1.00	19.29	25.53	42.99	22.78	77.37	Alta	Muy blanda	N/A	CL
SPT-02	2.00	19.66	15.38	43.38	23.26	68.00	Alta	Muy blanda	N/A	CL
SPT-02	3.00	19.32	23.53	35.37	17.51	67.37	Alta	Blanda	N/A	CL
SPT-02	4.00	18.87	17.78	46.41	26.14	68.18	Alta	Blanda	N/A	CL
SPT-02	5.00	19.40	15.52	37.49	20.26	77.84	Alta	Rigidez media	N/A	CL
SPT-02	6.00	19.40	12.96	35.31	18.23	70.00	Alta	Rigidez media	N/A	CL
SPT-03	1.00	19.29	23.11	46.38	27.32	78.32	Alta	Muy blanda	N/A	ML
SPT-03	2.00	18.97	15.81	46.28	27.16	70.84	Alta	Muy blanda	N/A	ML
SPT-03	3.00	19.32	22.79	46.83	25.25	70.47	Alta	Muy blanda	N/A	CL
SPT-03	4.00	19.00	19.02	48.09	27.67	71.21	Alta	Blanda	N/A	ML
SPT-03	5.00	19.40	15.47	42.06	21.88	79.26	Alta	Blanda	N/A	CL
SPT-03	6.00	19.34	14.90	40.29	20.75	69.84	Alta	Rigidez media	N/A	CL
SPT-04	1.00	19.29	24.22	44.91	24.73	77.94	Alta	Muy blanda	N/A	CL
SPT-04	2.00	18.67	15.63	46.46	26.07	69.71	Alta	Muy blanda	N/A	CL
SPT-04	3.00	19.32	22.55	46.06	26.00	69.22	Alta	Muy blanda	N/A	CL
SPT-04	4.00	18.95	18.51	46.39	27.80	69.88	Alta	Blanda	N/A	ML
SPT-04	5.00	19.40	15.48	42.95	23.17	78.67	Alta	Blanda	N/A	CL
SPT-04	6.00	19.32	13.95	34.83	20.66	69.91	Media	Rigidez media	N/A	CL

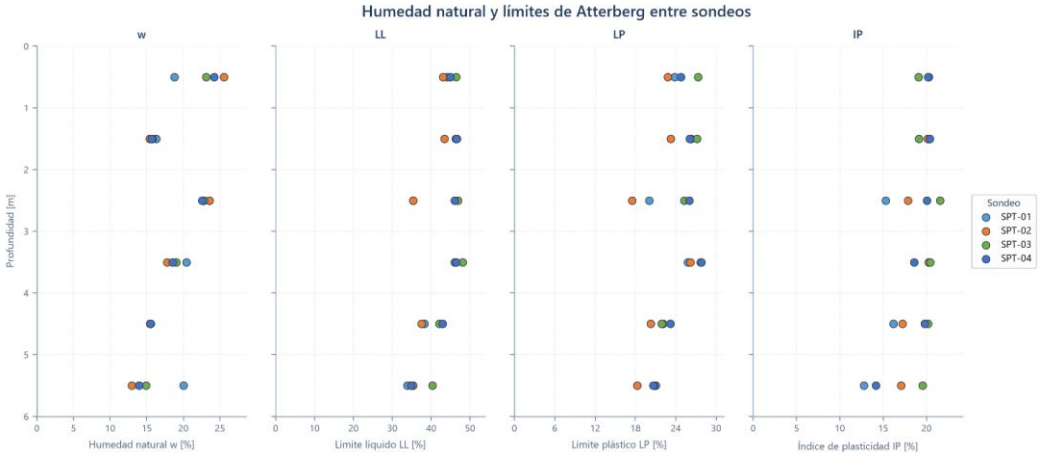
Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

El subsuelo investigado está constituido íntegramente por materiales finos de comportamiento cohesivo. De las 24 muestras analizadas, 20 se clasifican como arcillas de baja plasticidad (CL) y 4 como limos de baja plasticidad (ML), por lo que

la clasificación predominante corresponde a CL. Las muestras ML se presentan de manera localizada en los sondeos SPT-03 y SPT-04, entre 0.00 m y 4.00 m. El contenido de finos varía entre 67.37 % y 80.82 %, y el peso unitario húmedo entre 18.67 kN/m³ y 19.66 kN/m³. Las consistencias son muy blandas en los niveles superficiales, blandas en los niveles intermedios y alcanzan rigidez media hacia la base de la exploración.

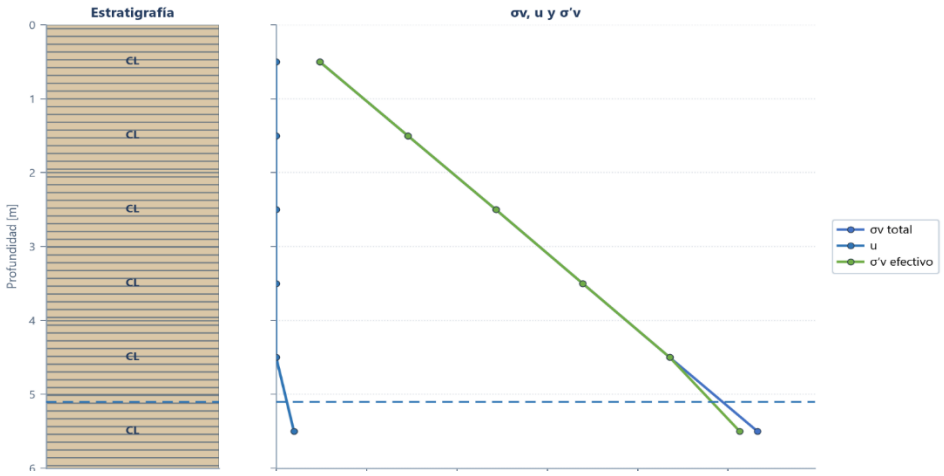
En la Ilustración 17 se presentan la humedad, limite líquido, limite plástico a distintivas profundidades.

Ilustración 17. Humedad natural y límites de Atterbeg entre sondeos.



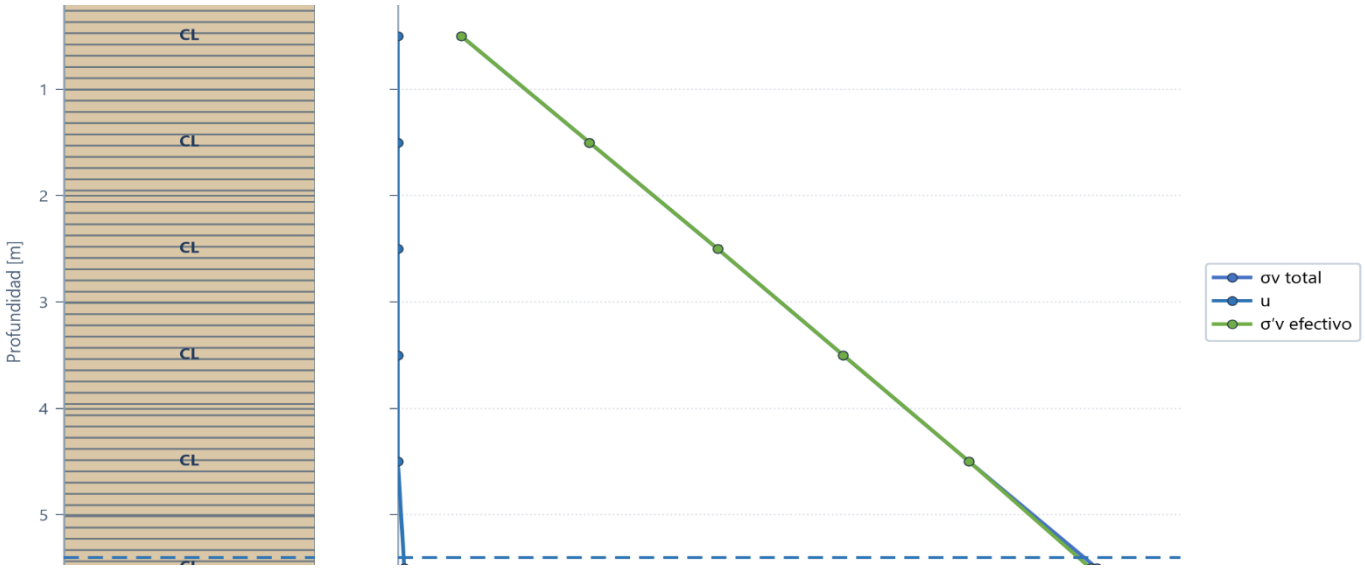
Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

Ilustración 18.Esfuerzo efectivo, total, poros y resistencia a la compresión vs profundidad, Sondeo 1.



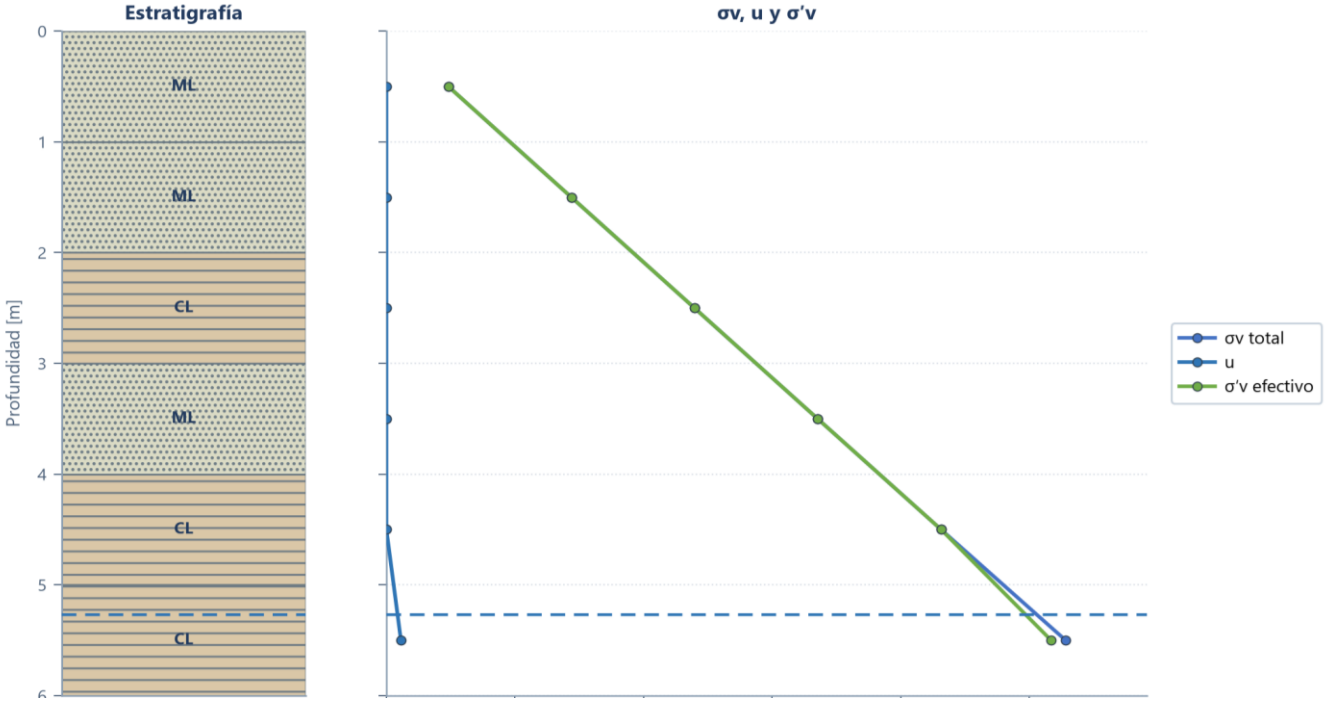
Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

Ilustración 19.Esfuerzo efectivo, total, poros y resistencia a la compresión vs profundidad, Sondeo 2.



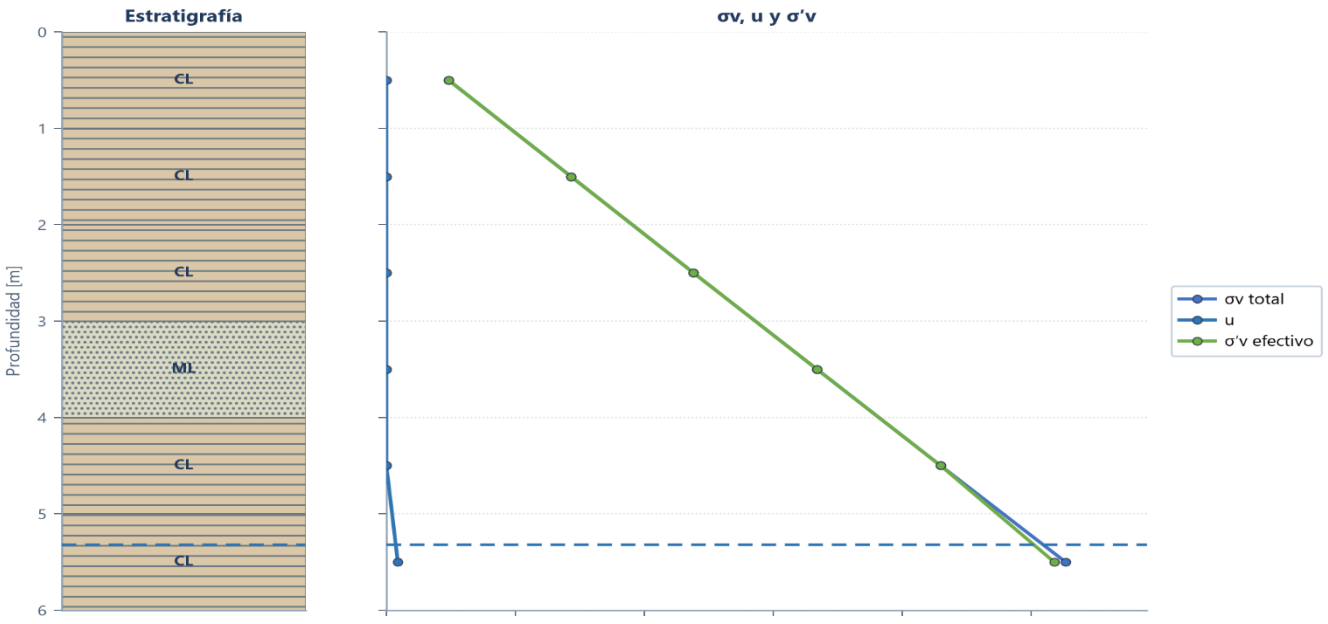
Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

Ilustración 20.Esfuerzo efectivo, total, poros y resistencia a la compresión vs profundidad, Sondeo 3.



Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

Ilustración 21.Esfuerzo efectivo, total, poros y resistencia a la compresión vs profundidad, Sondeo 4.



Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

En los cuatro sondeos se observa el incremento de los esfuerzos total y efectivo con la profundidad. Los niveles freáticos registrados se encuentran entre 5.10 m y 5.40 m. Por encima de dichos niveles la presión de poros se considera nula para la condición representada; por debajo, aumenta con la profundidad y reduce el esfuerzo efectivo respecto al esfuerzo total. Para el perfil global se adopta como nivel freático de diseño la profundidad más desfavorable registrada, correspondiente a 5.10 m.

Las humedades naturales varían entre 12.96 % y 25.53 %; los límites líquidos, entre 33.81 % y 48.09 %; los límites plásticos, entre 17.51 % y 27.80 %; y los índices de plasticidad, entre 12.79 % y 21.58 %. Según el criterio empleado en la memoria geotécnica, 20 muestras presentan plasticidad alta y 4 plasticidad media.

En la Ilustración 18, Ilustración 19 , Ilustración 20 e Ilustración 21 se presentan la resistencia a la compresión y así como el esfuerzo efectivo y total a distintivas profundidades.

6.3.1 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO.

Para efectos del presente estudio, la caracterización geomecánica y capacidad de carga se realizaron los siguientes cálculos y consideraciones:

6.3.1 CONDICIONES ESPECIALES DEL SUELO.

Teniendo las propiedades mecánicas de los tipos de suelo en el presente numeral se destaca la identificación y análisis de las condiciones especiales del suelo presente en el proyecto.

6.3.1.1 SUELOS CON POTENCIALMENTE EXPANSIVO.

Según la norma NSR-10 Las arcillas, en general, poseen la característica distintiva de contraerse al perder humedad y expandirse al recuperarla, dependiendo de las condiciones ambientales. Entre los minerales activos destacan la montmorillonita, la vermiculita y algunas variedades de haloisita, los cuales tienen la propiedad de "absorber" moléculas de agua en su propia estructura molecular.

Las consecuencias en edificaciones asentadas superficialmente sobre estos suelos se manifiestan gradualmente mediante fisuras, agrietamientos y desplazamientos coordinados de muros y elementos estructurales. Estos daños surgen debido a movimientos desiguales en sus cimientos, especialmente en años con periodos prolongados de verano e invierno, como los asociados con los fenómenos climáticos de El Niño y La Niña.

Tabla 4 Clasificación de los suelos expansivos.

Tabla H.9.1-1
Clasificación de suelos expansivos

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm^2	Límite líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (μ)	Expansión libre EL en (%), medida 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 – 27	50 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Fuente: NSR-10

Para la determinación de suelos expansivo se hizo uso el criterio de la norma NSR-10(Ver Tabla 4), la cual reproducen los criterios de laboratorio más aceptados para el reconocimiento de los suelos expansivos basados en altos valores del límite líquido, del índice de plasticidad, contenido de partículas coloidales y bajos valores del límite de contracción.

La determinación del potencial a la expansión de los suelos se realizó por medio del análisis de los resultados de los límites de Atterberg y la ubicación de los mismo en la carta de plasticidad. De igual manera se utilizó el criterio del título H de la NSR-10.

Tabla 5.Potencial expansivo de los suelos, Sondeos.

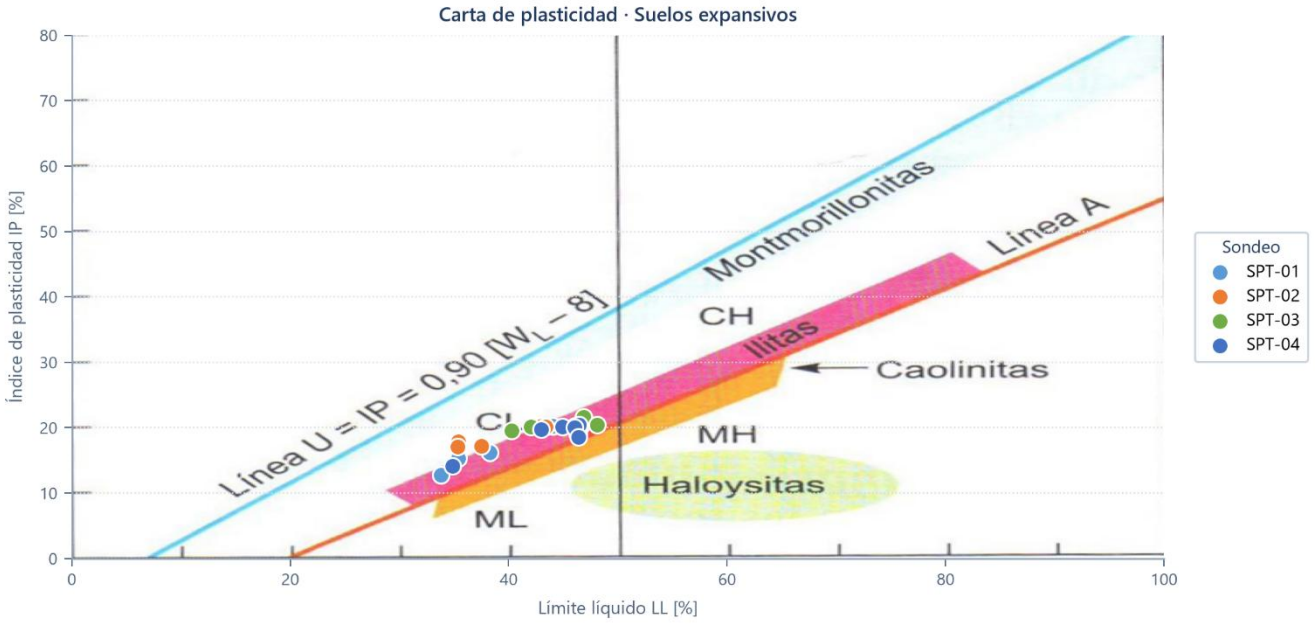
Suelos expansivos								
Sondeo	**Muestra**	**Prof**	**SUCS**	**LL**	**LP**	**IP**	**Potencial**	**Norma**
[-]	**[-]**	**[m]**	**[-]**	**[%]**	**[%]**	**[%]**	**[-]**	**[-]**
SPT-01	1.00	0.50	CL	44.06	23.81	20.25	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-01	2.00	1.50	CL	46.63	26.27	20.36	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-01	3.00	2.50	CL	35.37	20.06	15.31	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-01	4.00	3.50	CL	46.07	25.80	20.27	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-01	5.00	4.50	CL	38.28	22.12	16.16	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-01	6.00	5.50	CL	33.81	21.02	12.79	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-02	1.00	0.50	CL	42.99	22.78	20.21	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-02	2.00	1.50	CL	43.38	23.26	20.12	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-02	3.00	2.50	CL	35.37	17.51	17.86	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-02	4.00	3.50	CL	46.41	26.14	20.27	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-02	5.00	4.50	CL	37.49	20.26	17.23	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-02	6.00	5.50	CL	35.31	18.23	17.08	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-03	1.00	0.50	ML	46.38	27.32	19.06	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-03	2.00	1.50	ML	46.28	27.16	19.12	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-03	3.00	2.50	CL	46.83	25.25	21.58	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-03	4.00	3.50	ML	48.09	27.67	20.42	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-03	5.00	4.50	CL	42.06	21.88	20.18	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-03	6.00	5.50	CL	40.29	20.75	19.54	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-04	1.00	0.50	CL	44.91	24.73	20.18	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-04	2.00	1.50	CL	46.46	26.07	20.39	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-04	3.00	2.50	CL	46.06	26.00	20.06	Medio	NSR-10 H.9.1-1

SPT-04	4.00	3.50	ML	46.39	27.80	18.59	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-04	5.00	4.50	CL	42.95	23.17	19.78	Medio	NSR-10 H.9.1-1
SPT-04	6.00	5.50	CL	34.83	20.66	14.17	Medio	NSR-10 H.9.1-1

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

La determinación del potencial a la expansión de los suelos se realizó por medio del análisis de los resultados de los límites de Atterberg y la ubicación de los mismo en la carta de plasticidad. De acuerdo con los valores de límite líquido, comprendidos entre 33.81 % y 48.09 %, y los índices de plasticidad, entre 12.79 % y 21.58 %, las 24 muestras evaluadas presentan un potencial expansivo medio conforme al criterio aplicado. Esta condición requiere controlar las variaciones de humedad y evitar ciclos de humedecimiento y secado que puedan producir cambios volumétricos o reblandecimiento de los materiales superficiales.

Ilustración 22.Carta de plasticidad, suelos expansivos.



Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

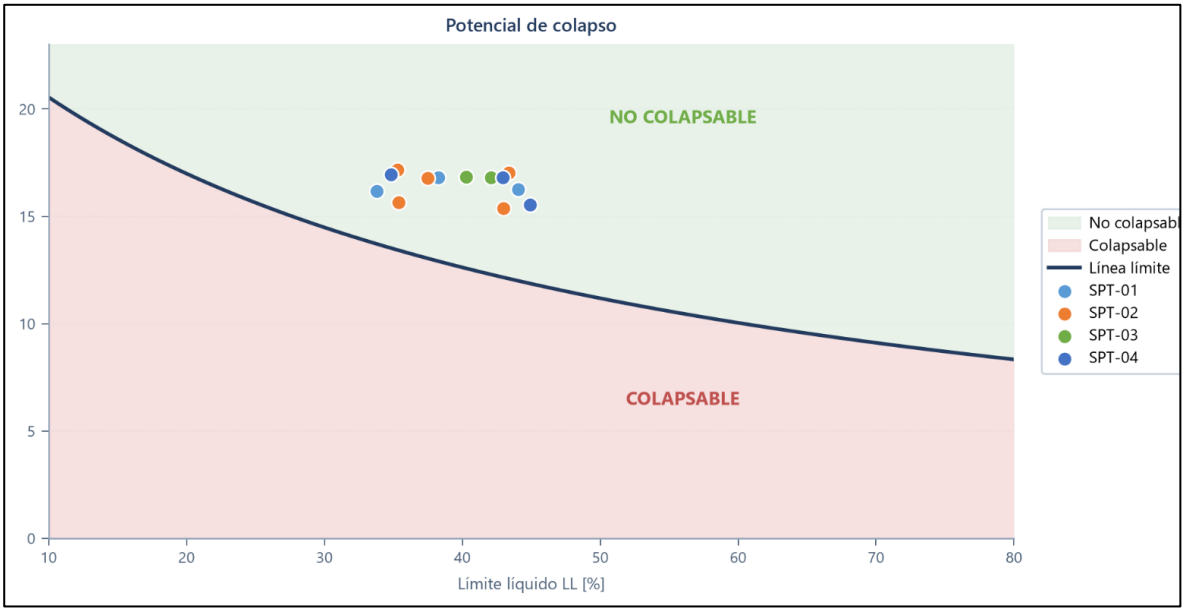
6.3.1.2 SUELOS COLAPSABLES.

Los suelos colapsables se caracterizan por poseer una estructura muy abierta y suelta, y su estabilidad está vinculada al estado de sequedad en la atmósfera. Inicialmente, al ser depositados por vías acuosas o eólicas (lo que contribuye a su formación), carecen de cohesión, pero eventualmente se cementan ligeramente

gracias a cristales de sulfatos o al rellenarse sus intersticios con partículas más finas. Este proceso confiere a estos suelos, en condiciones secas, una resistencia apreciable.

Estos suelos, catalogados como geotécnicamente metaestables, exhiben un comportamiento que varía en función del contenido de humedad. A medida que este incrementa, la estructura inicial puede desintegrarse, dando lugar a una significativa disminución del volumen aparente (colapso) y, como consecuencia, un asentamiento (Ingeniería Geológica, Luis L. Gonzales de vallejo).

Ilustración 23.Potencial de colapso de los suelos.



Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

Una forma sencilla e indicativa de evaluar el potencial de colapso de un suelo es mediante la Ecuación 1, la cual especifica el peso específico seco natural del suelo necesario para su colapso.

$$\gamma_d \leq \frac{Gs\,\gamma_w}{1 + (LL)(\,Gs\,)}$$

Ecuación 1. Peso específico seco natural del suelo requerido para su colapso.

Tabla 6. Potencial de colapso de los suelos en estudio.

Sondeo	Muestra	Prof	SUCS	LL	IP	γs	γd límite	Potencial
[-]	[-]	[m]	[-]	[%]	[%]	[kN/m³]	[kN/m³]	[-]
SPT-01	1	0.5	CL	44.06	20.25	16.24	12.14	No susceptible

								según Gibbs–Bara
SPT-01	3	2.5	CL	35.37	15.31	15.64	13.60	No susceptible según Gibbs–Bara
SPT-01	5	4.5	CL	38.28	16.16	16.81	13.07	No susceptible según Gibbs–Bara
SPT-01	6	5.5	CL	33.81	12.79	16.17	13.90	No susceptible según Gibbs–Bara
SPT-02	1	0.5	CL	42.99	20.21	15.37	12.30	No susceptible según Gibbs–Bara
SPT-02	2	1.5	CL	43.38	20.12	17.04	12.24	No susceptible según Gibbs–Bara
SPT-02	3	2.5	CL	35.37	17.86	15.64	13.60	No susceptible según Gibbs–Bara
SPT-02	5	4.5	CL	37.49	17.23	16.79	13.21	No susceptible según Gibbs–Bara
SPT-02	6	5.5	CL	35.31	17.08	17.17	13.61	No susceptible según Gibbs–Bara
SPT-03	5	4.5	CL	42.06	20.18	16.80	12.45	No susceptible según Gibbs–Bara
SPT-03	6	5.5	CL	40.29	19.54	16.83	12.73	No susceptible según Gibbs–Bara
SPT-04	1	0.5	CL	44.91	20.18	15.53	12.01	No susceptible según Gibbs–Bara
SPT-04	5	4.5	CL	42.95	19.78	16.80	12.31	No susceptible según Gibbs–Bara
SPT-04	6	5.5	CL	34.83	14.17	16.95	13.70	No susceptible según Gibbs–Bara

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

Se construyó la Ilustración 23 utilizando la Ecuación 1, la cual facilita la evaluación del potencial de colapso de las muestras de suelo del proyecto. Esta gráfica define qué suelos poseen una relación de vacíos que permitiría que su contenido de agua excediera el valor del límite líquido al saturarse.

Tabla 7.Evaluación de suelos colapsables.

Suelos colapsables
Resultado
[-]
No se identificaron suelos colapsables en las muestras analizadas.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

En consecuencia, según el criterio gráfico aplicado, los suelos investigados no presentan indicios de susceptibilidad al colapso por humedecimiento. Por tanto, con base en la información obtenida, no se prevén asentamientos significativos asociados específicamente al fenómeno de colapso.

6.4 SUELOS LICUABLES.

Estos suelos, caracterizados por tener un contenido principalmente areno-limoso, muestran un comportamiento peculiar cuando están saturados y se someten a esfuerzos cortantes anómalos o rápidos, como ocurre en sismos o movimientos cíclicos intensos. En estas circunstancias, donde la capacidad de drenaje es limitada, las presiones de poros pueden aumentar significativamente, llegando a valores cercanos a la presión total existente. En este escenario, la presión efectiva se anula prácticamente, lo que resulta en una pérdida de contacto entre los granos del suelo. Como consecuencia, la resistencia al corte desaparece y el material adquiere propiedades similares a las de un líquido. Esto se manifiesta en movimientos verticales y horizontales de la masa del suelo, dando lugar a deslizamientos o grandes asentamientos. (Ingeniería Geológica, Luis L. Gonzales de vallejo).

Para que exista licuefacción de suelos se necesita que existan los siguientes criterios:

Suelo arenoso o limoso

- Suelos de edad del holoceno
- Presencia del nivel freático
- Compacidad suelta o muy suelta
- Ubicación < 10. Por debajo de los 10 m de profundidad no se han dado licuefacciones.
- Terremoto o sismo igual o superior a 5.5.

La susceptibilidad a licuación del suelo se puede estimar a partir de diversos métodos, uno de los más utilizados es el método de Seed e Idriss (1971), en donde el suelo licua si la razón de tensión tangencial cíclica CSR (cyclic shear stress ratio) producida por un sismo es mayor que la resistencia a cortante del suelo.

$$CSR = \frac{\tau cm}{\sigma v'} = 0.65 \cdot \frac{\sigma v}{\sigma v'} \cdot \frac{amax}{g} \cdot rd$$

Ecuación 2. Tensión tangencial cíclica.

Donde:

"τcm" : esfuerzo cortante ciclico medio.

"σv'" : tensión efectiva.

"σv" : tensión total.

"amax" : aceleración máxima horizontal.

g= Aceleración de la gravedad

rd= Factor de reducción con la profundidad.

El método de Seed e Idriss , ha sido revisado por Youd e Idriss (2001). Para estimar la susceptibilidad a la licuación se requiere calcular el esfuerzo cortante cíclico (CSR) ejercido por el sismo sobre el terreno y la capacidad del suelo para resistir dicho esfuerzo (CRR). CSR se define igual que en el método inicial de Seed e Idriss, con la particularidad de que el valor de rd se modifica:

rd=1-0.00765z para z<9.2m

rd=1.174-0.0267z para 9.2m<z<23m

rd=0.744-0.08 para 23m<z<30m

rd=0.5 para z>30m

Para determinar CRR (Relación de esfuerzos cíclicos) a partir del N (número de penetración estándar) corregido (N1)60. Para el caso de arenas limpias, los autores recomiendan utilizar la ecuación propuesta por Rauch de la universidad de Texas:

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{[10(N_1)_{60} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

Ecuación 3.Relación de esfuerzos cíclicos.

Además, para aplicar el procedimiento es necesario factores de escala por magnitud del sismo (MSF), presentados a continuación:

Tabla 8.Factores de escala por magnitud del sismo.

FACTORES DE ESCALA POR MAGNITUD DEL SISMO SEGÚN: ANDRUS Y STOKOE (1997)							
MAGNITUD	**5.50**	**6.00**	**6.50**	**7.00**	**7.50**	**8.00**	**8.50**
MSF	2.80	2.10	1.60	1.25	1.00	0.80	0.65

Fuente: Andrus y Stokoe(1997).

Donde el factor de seguridad es:

$$Fs = \frac{MSF}{\left({}^{CRR_{7.5}}/_{CSR}\right)}$$

Ecuación 4.Factor de seguridad de potencial de licuación.

De acuerdo con los resultados de la evaluación realizada, no se identificaron suelos con potencial de licuación dentro de las profundidades investigadas. Las muestras analizadas presentan factores de seguridad superiores al criterio mínimo adoptado, por lo que no se prevé la ocurrencia de este fenómeno bajo las condiciones sísmicas consideradas para el proyecto.

Tabla 9.Evaluación de Licuación.

Licuación
Resultado
[-]
No se identificaron suelos susceptibles a licuación con los criterios evaluados.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

6.5 PERFIL DE SUELO.

Según la NSR-10 en el titulo A, el procedimiento para definir el perfil es el siguiente:

- **Paso 1: Verificación de Categorías F**

Primero, se verifica si el suelo cae dentro de la clasificación de alguna categoría de perfil de suelo tipo F. En caso afirmativo, se realiza un estudio sísmico específico en el sitio

- **Paso 2: Identificación de Arcilla Blanda**

Seguidamente, se determina la presencia de estratos de arcilla blanda. Se define como arcilla blanda aquella con resistencia al corte no drenado inferior a 50 kPa, contenido de agua superior al 40%, y un índice de plasticidad mayor a 20. Si hay un espesor total de 3 m o más de estratos de arcilla que cumplen con estas condiciones, el perfil se clasifica como tipo E.

- **Paso 3: Clasificación del Perfil**

En este paso, se utiliza uno de tres criterios para clasificar el perfil: velocidad de onda (vs), número de golpes (N), o la consideración conjunta de Nch y Su. La elección del criterio aplicable sigue estas pautas:

-Si se dispone de vs, prevalecerá la clasificación basada en este criterio.

-En caso de no contar con vs, se puede utilizar el criterio basado en Nch, que involucra todos los estratos del perfil.

Alternativamente, se puede emplear el criterio basado en la consideración conjunta de su (para la fracción de suelos cohesivos) y N (para la fracción de suelos no cohesivos). En este último caso, si las dos evaluaciones respectivas indican perfiles diferentes, se selecciona el perfil de suelos más blandos.

Tabla 10.Clasificación de perfil de suelo.

Tabla A.2.4-1
Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{v}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $\bar{v}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s> $\bar{v}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈1 kgf/cm²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s > $\bar{v}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	50 > $\bar{N} \geq 15$, o 100 kPa (≈1 kgf/cm²) > $\bar{s}_u \geq 50$ kPa (≈0.5 kgf/cm²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s > $\bar{v}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	IP > 20 w ≥ 40% 50 kPa (≈0.50 kgf/cm²) > $\bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F_1 — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F_2 — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F_3 — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F_4 — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

Fuente: Titulo A de la NSR-10

Considerando la geología de la zona del proyecto, el tipo de suelo por debajo de la fundación y el número de golpes presentados por cada estrato, el perfil de suelo esta categorizado como tipo E, el perfil es obtenido mediante la siguiente ecuación:

$$\overline{N} = \frac{\sum_{i=1}^{n} di}{\sum_{i=1}^{n} \frac{di}{Ni}}$$

Ecuación 5.Número medio de golpes.

N_i: número de golpes por píe obtenidos en el ensayo de penetración estándar, realizado in situ de acuerdo con la norma ASTM D1586, haciendo corrección por energía N60, correspondiente al estrato i . El valor de i N a emplear para obtener el valor medio, no debe exceder 100.

$\overline{N}$: número de golpes promedio del Ensayo de Penetración Estándar (SPT) en golpes/píe, (Norma ASTM D 1586) para los 30 m superiores del perfil de suelo

di: Espesor del estrato.

De lo anterior se tiene los siguientes cálculos.

Tabla 11.Numero de golpes promedio.

Perfil de suelo NSR-10					
Sondeo	**Muestra**	**Prof**	**Ncorregido**	**Espesor**	**di/Ni**
[-]	**[-]**	**[m]**	**[golpes/pie]**	**[m]**	**[m/golpe]**
SPT-01	1.00	0.50	0.34	1.00	2.96
SPT-01	2.00	1.50	2.03	1.00	0.49
SPT-01	3.00	2.50	3.04	1.00	0.33
SPT-01	4.00	3.50	4.05	1.00	0.25
SPT-01	5.00	4.50	5.36	1.00	0.19
SPT-01	6.00	5.50	6.12	1.00	0.16
SPT-02	1.00	0.50	0.34	1.00	2.96
SPT-02	2.00	1.50	1.35	1.00	0.74
SPT-02	3.00	2.50	3.04	1.00	0.33
SPT-02	4.00	3.50	4.05	1.00	0.25
SPT-02	5.00	4.50	5.74	1.00	0.17
SPT-02	6.00	5.50	6.12	1.00	0.16
SPT-03	1.00	0.50	0.34	1.00	2.96
SPT-03	2.00	1.50	1.01	1.00	0.99
SPT-03	3.00	2.50	2.70	1.00	0.37
SPT-03	4.00	3.50	3.71	1.00	0.27
SPT-03	5.00	4.50	4.97	1.00	0.20
SPT-03	6.00	5.50	5.74	1.00	0.17
SPT-04	1.00	0.50	0.34	1.00	2.96
SPT-04	2.00	1.50	1.01	1.00	0.99
SPT-04	3.00	2.50	2.70	1.00	0.37
SPT-04	4.00	3.50	3.71	1.00	0.27
SPT-04	5.00	4.50	5.36	1.00	0.19
SPT-04	6.00	5.50	6.12	1.00	0.16

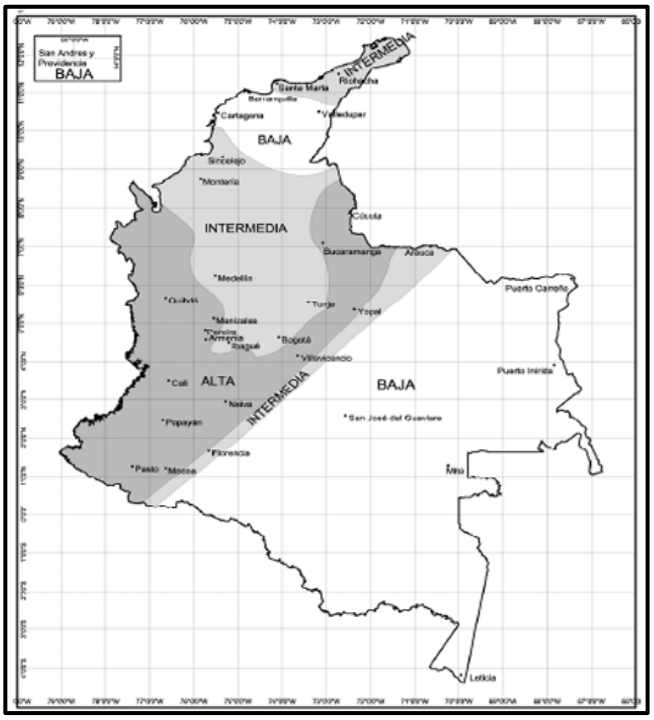
Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

6.6 SISMICIDAD.

6.6.1 ZONA DE AMENAZA SÍSMICA.

La norma colombiana de construcción sismo resistente NSR-10 en el titulo A, clasifica al municipio, en una zona de amenaza intermedia (ver Ilustración 24).

Ilustración 24. Zonas de amanezcas sísmicas de Colombia.



Fuente: Titulo A de la NSR-10

6.6.2 COEFICIENTES SÍSMICOS.

Los coeficientes sísmicos se presentan a continuación:

- Aa (Coeficiente de aceleración pico efectiva) = 0.10
- Av (Coeficiente que representa la velocidad horizontal pico de diseño) = 0.15
- Ad (Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva para el umbral de daño) = 0.03
- Ae (Coeficiente de aceleración pico efectiva para diseño con seguridad limitada) = 0.06

Tabla 12 Valores de Aa, Av, Ae y Ad.

Municipio	Código Municipio	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica	A_e	A_d
San Pelayo	23686	0.10	0.15	Intermedia	0.06	0.03

Fuente: Titulo A de la NSR-10

6.6.3 COEFICIENTE FA Y FV.

- El coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debida a los efectos de sitio, adimensional (Fa).
- El coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio, adimensional (Fv)

Tabla 13 Coeficiente Fa.

	Intensidad de los movimientos coeficiente Fa					Valor del proyecto	
	Aa<=	Aa=	Aa=	Aa=	Aa=	Aa=	
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.10	
A	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	Fa=	0.80
B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Fa=	1.00
C	1.20	1.20	1.10	1.00	1.00	Fa=	1.20
D	1.60	1.40	1.20	1.10	1.00	Fa=	1.60
E	2.50	1.70	1.20	0.90	0.90	Fa=	2.50
F	Véase Nota	Véase Nota	Véase Nota	Véase Nota	Véase Nota		

Fuente: Titulo A de la NSR-10

Tabla 14 Coeficiente Fv.

Tipo de perfil	Intensidad de los movimientos coeficiente Fv					Valor del proyecto	
	Av<=	Av=	Av=	Av=	Av=	Av=	
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.15	
A	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	Fv=	0.80
B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Fv=	1.00
C	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30	Fv=	1.65
D	2.40	2.00	1.80	1.60	1.50	Fv=	2.20
E	3.50	3.20	2.80	2.40	2.40	Fv=	3.35
F	Véase Nota	Véase Nota	Véase Nota	Véase Nota	Véase Nota		

Fuente: Titulo A de la NSR-10

Se recomienda trabajar con los coeficientes Fa = 2.50 y Fv= 3.35.

6.7 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS DE DISEÑO.

Para efectos del presente estudio, la caracterización geomecánica y capacidad de carga se realizaron los siguientes cálculos y consideraciones:

6.7.1 CORRECCIÓN POR ENERGÍA Y CONFINAMIENTO DEL NÚMERO DE GOLPES DEL ENSAYO SPT.

Se estandarizo el número de golpes de penetración estándar de campo asumiendo que la energía aplicada corresponde a la Ecuación 6.

$$N_{60} = \frac{N * \eta_H * \eta_B * \eta_S * \eta_R}{60}$$

Ecuación 6. Corrección por energía N60.

Donde:

N_{60}: número de penetración estándar, corregido por las condiciones en el campo.

N: número de penetración medido

η_H: eficiencia del martinete (%)

η_B: corrección por el diámetro de la perforación

η_S: corrección del muestreador

η_R: corrección por longitud de la barra

En suelos granulares, el valor de N se afecta por la presión de sobrecarga efectiva. Por esa razón, el valor de N60 obtenido en la exploración de campo ante presiones de sobrecarga efectiva diferentes se debe corregir el N60 para que quede en función del esfuerzo efectivo (Esta corrección se utiliza cuando se cuenta con materiales granulares o friccionantes (N1)60), Ver Ecuación 7 y Ecuación 8.

$$(N_1)_{60} = C_N * N_{60}$$

Ecuación 7. Corrección por confinamiento.

$$C_N = \sqrt{\frac{1}{\frac{\sigma'_0}{pa}}}$$

Ecuación 8. Factor de corrección por confinamiento.

Donde:

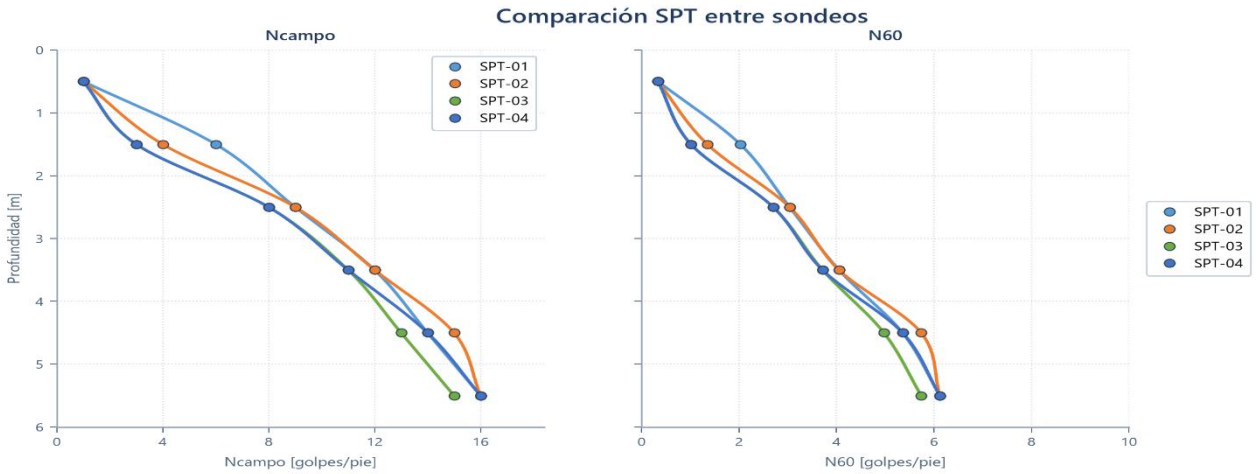
$(N_1)_{60}$: Corrección por confinamiento.

C_N: Factor de corrección.

σ'_o: Esfuerzo efectivo.

Pa: Presión atmosférica ≅ 100 KN/m2

Ilustración 25. Resultados de N corregidos



Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

Teniendo en cuenta las ecuaciones anteriormente mencionadas se obtuvieron los resultados de N corregidos, Ver Ilustración 25.

6.7.2 PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE.

Los resultados de laboratorio no son suficientes para establecer un perfil de diseño en la mayor parte de estudios, por lo que diversos autores en la literatura han planteado correlaciones para obtener los parámetros geotécnicos a partir del ensayo SPT.

- **Cohesión no drenada**

La cohesión no drenada se obtiene de los ensayos de compresión encofinada, debido a que la toma de muestras en todos los estratos aumentaría los costos y tiempo de la exploración se puede trabajar los resultados de laboratorio junto a las siguientes correlaciones y bajo el criterio del diseñador. Stroud (1974) sugirió la siguiente correlación para muestras alteradas:

$$C_u = K*N_{60}$$

Ecuación 9. Correlación de cohesión no drenada y N_{60}

Donde:

K: constante 3.5-6.5 kN/m^2

N_{60}: número de penetración estándar obtenido en el campo, corregido por energía.

- **Angulo de fricción**

El ángulo de fricción de los suelos granulares, φ', se determinó mediante la correlación de Hatanaka y Uchida (1996), quienes proporcionaron una correlación simple entre φ' y $(N_1)_{60}$, que se puede expresar como:

$$\phi' = \sqrt{15(N_1)_{60}+15}$$

Ecuación 10. Correlación entre Angulo de fricción y $(N_1)_{60}$.

Donde:

(N1)60: Corrección por confinamiento.

- **Módulos de elasticidad:**

Los módulos de elasticidad del suelo se pueden obtener a partir de los valores de cohesión no drenada:

$$E_s = \beta * Cu$$

Ecuación 11. Módulo de elasticidad para arcillas

Donde:

β: 250-500 Para arcillas normalmente consolidadas y 750-1000 para arcillas preconsolidadas.

El módulo de elasticidad para las arenas es calculado con la siguiente correlación:

$$E_s = 0.5*(N_{60}+15)$$

Ecuación 12. Módulo de elasticidad para las arenas.

- **Relación de Poisson.**

Una constante elástica que es una medida de la compresibilidad de un material perpendicular al esfuerzo aplicado, o la relación entre la deformación latitudinal y la deformación longitudinal. Los valores de relación de Poisson se obtienen de la Tabla 15**.**

Tabla 15. Módulos de Poisson, para diferentes materiales.

Material	μ
Arcilla húmeda	0.30 – 0.40
Arcilla arenosa	0.35 – 0.45

Material	μ
Arcilla saturada	0.20 – 0.30
Limo	0.35 – 0.45
Limo saturado	0.25 – 0.35
Arena suelta	0.40 – 0.50
Arena densa	0.55 – 0.65
Arena fina	0.45 – 0.55
Arena gruesa	0.55 – 0.70
Rocas	0.60 – 0.80
Loess	0.30 – 0.40
Concreto	0.55 – 0.70
Acero	0.30 – 0.40

Fuente: Crespo Villalaz, Mecánica de suelos y cimientos.

A partir de las correlaciones anteriormente mencionadas y el análisis de los sondeos realizados se obtuvieron los perfiles de diseño y parámetros de diseño mostrados en la Tabla 16.

Tabla 16. Perfil de diseño y resultados de parámetros de resistencia al corte.

Prof final	SUCS adoptado	Comportamiento	γh	Su diseño	qu diseño	c' diseño	φ' diseño	Es diseño	v
[m]	[-]	[-]	[kN/m³]	[kN/m²]	[kN/m²]	[kN/m²]	[°]	[kPa]	[-]
1	CL	Cohesivo	19.29	4.43	8.86	0.00	30.64	1336.50	0.3
2	CL	Cohesivo	19.66	16.90	33.79	0.00	27.09	4009.50	0.3
3	CL	Cohesivo	19.32	18.96	37.92	0.00	27.64	11311.25	0.3
4	CL	Cohesivo	19.32	19.89	39.78	0.00	27.64	16234.02	0.3
5	CL	Cohesivo	19.32	22.75	45.50	0.00	27.64	21156.80	0.3
6	CL	Cohesivo	19.37	24.47	48.93	0.00	30.88	22720.50	0.45

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

7 ANÁLISIS Y DISEÑO GEOTÉCNICO DE LAS OBRAS PROYECTADAS.

Con base en la caracterización del subsuelo y en los parámetros geotécnicos establecidos en el capítulo anterior, se evalúan las condiciones requeridas para la conformación de las bordas y para la implementación de medidas de estabilización del cauce.

4 El análisis comprende la evaluación preliminar del material disponible para la construcción de las bordas, las condiciones del terreno de apoyo, los requerimientos de compactación y las verificaciones relacionadas con capacidad de soporte, asentamientos y estabilidad global. Asimismo, se establecen los criterios geotécnicos para evaluar la erosión y la socavación de las márgenes, así como para seleccionar y dimensionar las medidas de protección localizada mediante riprap, filtro granular y geotextil.

7.1 EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LAS BORDAS O DIQUES DE PROTECCIÓN.

7.1.1 FUNCIÓN Y CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO.

En el marco del presente estudio, las bordas o diques de protección corresponden a estructuras longitudinales de tierra destinadas a contener los niveles de agua asociados a las crecientes del caño El Bien Común, orientar el flujo dentro del tramo intervenido y reducir la posibilidad de desbordamiento hacia los terrenos adyacentes. Su implementación se plantea en los sectores donde las condiciones topográficas e hidráulicas evidencien la necesidad de controlar la expansión lateral del flujo y proteger las áreas ubicadas en inmediaciones del cauce.

El diseño geotécnico se fundamenta en la caracterización del subsuelo y en los parámetros de resistencia establecidos en el capítulo anterior. Para ello se consideran las propiedades del material disponible, las condiciones del terreno de apoyo, los requerimientos de compactación, la capacidad de soporte, los asentamientos esperados y la estabilidad global del conjunto borda-terreno.

La configuración de las bordas debe considerar la altura, el ancho de corona, las pendientes de los taludes interior y exterior, las condiciones de cimentación y su relación con la sección hidráulica del cauce. La cota de coronación se define a partir del nivel máximo de diseño y del borde libre adoptado, mientras que la geometría transversal debe satisfacer las condiciones de estabilidad, deformación admisible, control de filtración y disponibilidad de espacio.

En el análisis se contemplan las condiciones que pueden controlar el comportamiento de la estructura, entre ellas la finalización de la construcción, el nivel máximo del agua, la saturación y la condición sísmica. También se consideran

los posibles procesos de filtración, erosión interna, agrietamiento, erosión superficial y pérdida de material en el talud expuesto al flujo.

La disposición de las bordas se integra con la dinámica hidráulica y ambiental del caño, procurando conservar la capacidad de conducción y evitar estrechamientos que produzcan incrementos desfavorables de velocidad o trasladen el riesgo de inundación hacia otros sectores. En consecuencia, estas estructuras se plantean únicamente en los tramos donde su necesidad resulte técnicamente sustentada.

La definición de las cotas de coronación, alturas y localización de las bordas se articula con los resultados del levantamiento topográfico y del estudio hidrológico e hidráulico del proyecto. Por su parte, el presente componente geotécnico establece las condiciones de conformación, apoyo, compactación, deformación y estabilidad que deben satisfacer las secciones adoptadas.

7.1.2 EVALUACIÓN DEL MATERIAL PARA LA CONFORMACIÓN DE LAS BORDAS.

La posibilidad de aprovechar los materiales provenientes de las excavaciones se evaluó a partir de su distribución granulométrica, límites de Atterberg y clasificación mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Los resultados representativos obtenidos para los materiales investigados se resumen a continuación:

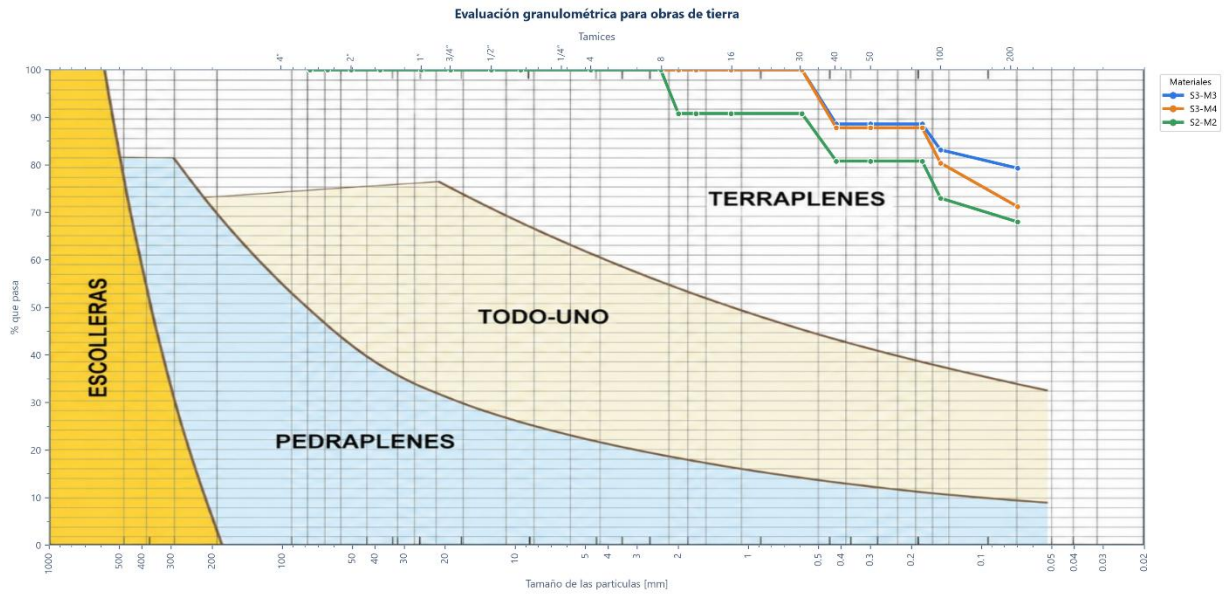
Propiedad	**Resultado**
Clasificación SUCS de las muestras	CL-ML
Contenido de finos	67,37–75,47 %
Contenido de arena	24,53–32,63 %
Contenido de grava	0.0 %
Límite líquido	35,37–48,09 %
Índice de plasticidad	15,31–21,58 %
Humedad natural	15,38–23,53 %

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

Los materiales evaluados corresponden a suelos finos clasificados principalmente como arcillas de baja plasticidad (CL). Su contenido elevado de finos y su plasticidad baja a media permiten obtener una masa de suelo relativamente homogénea; no obstante, su comportamiento durante la colocación depende del control de humedad y de la energía de compactación aplicada.

Las curvas granulométricas de las muestras seleccionadas se representaron sobre los rangos de aplicación para obras de tierra. Como se observa en la siguiente ilustración, las tres curvas se localizan en el campo correspondiente a terraplenes, lo que permite considerar estos materiales para la conformación del cuerpo de las bordas.

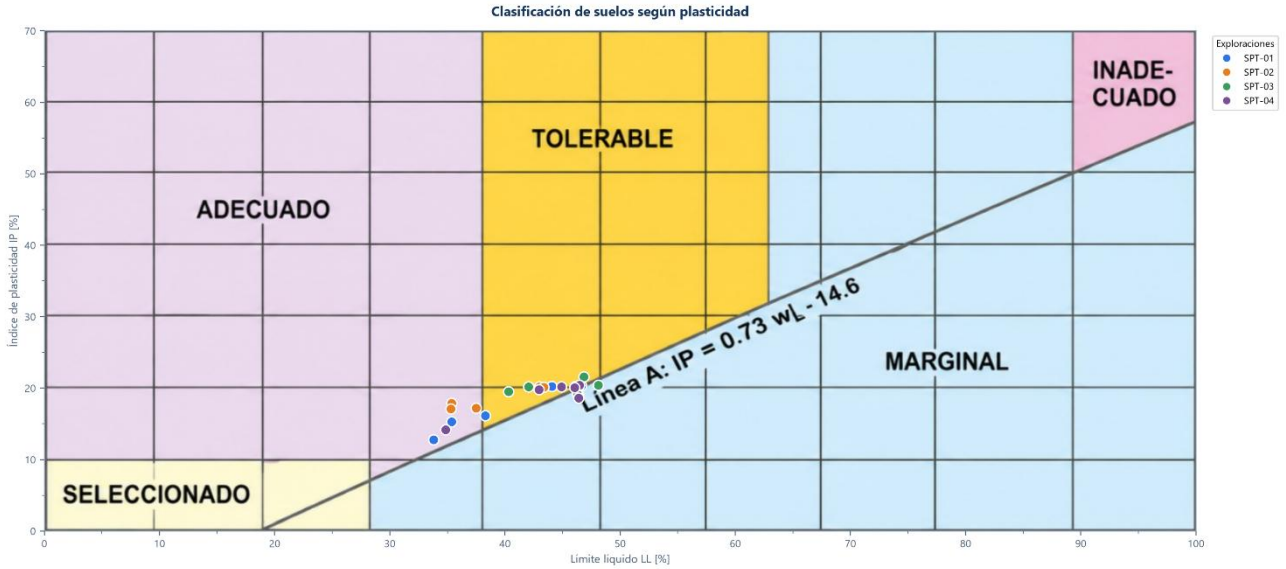
Tabla 17.Rangos granulométricos para obras de tierras (modificado de Dapena 1994).



Fuente: Ingeniería Geológica - Luis González de Vallejo.

La evaluación granulométrica se complementó mediante la relación entre el límite líquido y el índice de plasticidad. Los resultados se distribuyen principalmente dentro de las categorías de material adecuado y tolerable, sin localizarse en la zona definida como inadecuada. Esta condición respalda su utilización en rellenos compactados, siempre que se apliquen los controles constructivos establecidos en este estudio.

Tabla 18Clasificación del material según su plasticidad.



Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

Con fundamento en la granulometría, la plasticidad y la clasificación SUCS, los materiales evaluados pueden utilizarse para la conformación de las bordas hidráulicas. Durante la excavación deberá verificarse que el material aprovechado corresponda a los estratos caracterizados y deberán excluirse el suelo vegetal, la materia orgánica, las raíces, los residuos, los materiales saturados, excesivamente blandos o cualquier material que no pueda acondicionarse y compactarse adecuadamente.

La aceptación del material se realizará durante la construcción mediante el control de cada capa colocada. El cumplimiento de la humedad y del grado de compactación especificados constituye el criterio de aceptación en campo. El material o la capa que no satisfaga estos requisitos deberá ser escarificado, aireado o humedecido, según corresponda, y compactado nuevamente; si después de su reacondicionamiento persiste el incumplimiento, deberá retirarse y reemplazarse.

7.1.3 CONFIGURACIÓN Y CONDICIONES GENERALES DE LAS BORDAS.

Las bordas se proyectan como estructuras de tierra compactada, conformadas principalmente con material seleccionado procedente de las excavaciones. Su

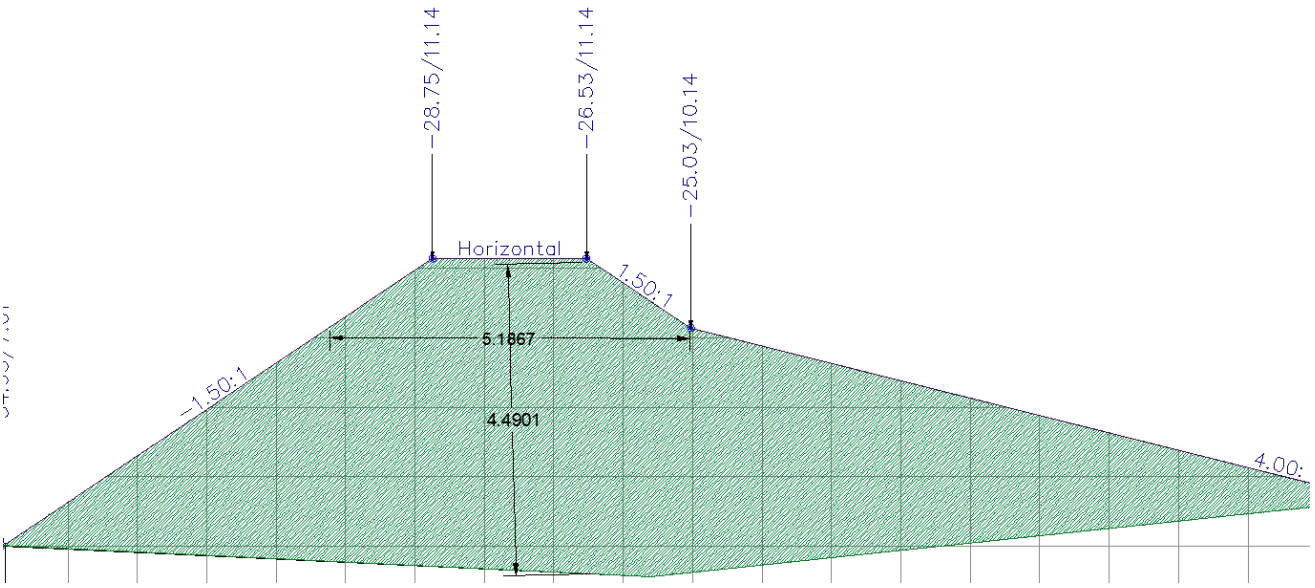
configuración debe integrar las condiciones topográficas e hidráulicas del corredor con las características geotécnicas del terreno natural.

Tabla 19.Geometría borda hidráulica.

Geometría Borda Hidráulica	
Ancho de corona	1.50 m
Talud hacia el cauce	1.5H:1V
Talud exterior	1.5H:1V

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

Ilustración 26.Sección transversal preliminar de las bordas proyectadas en el caño El Bien Común.

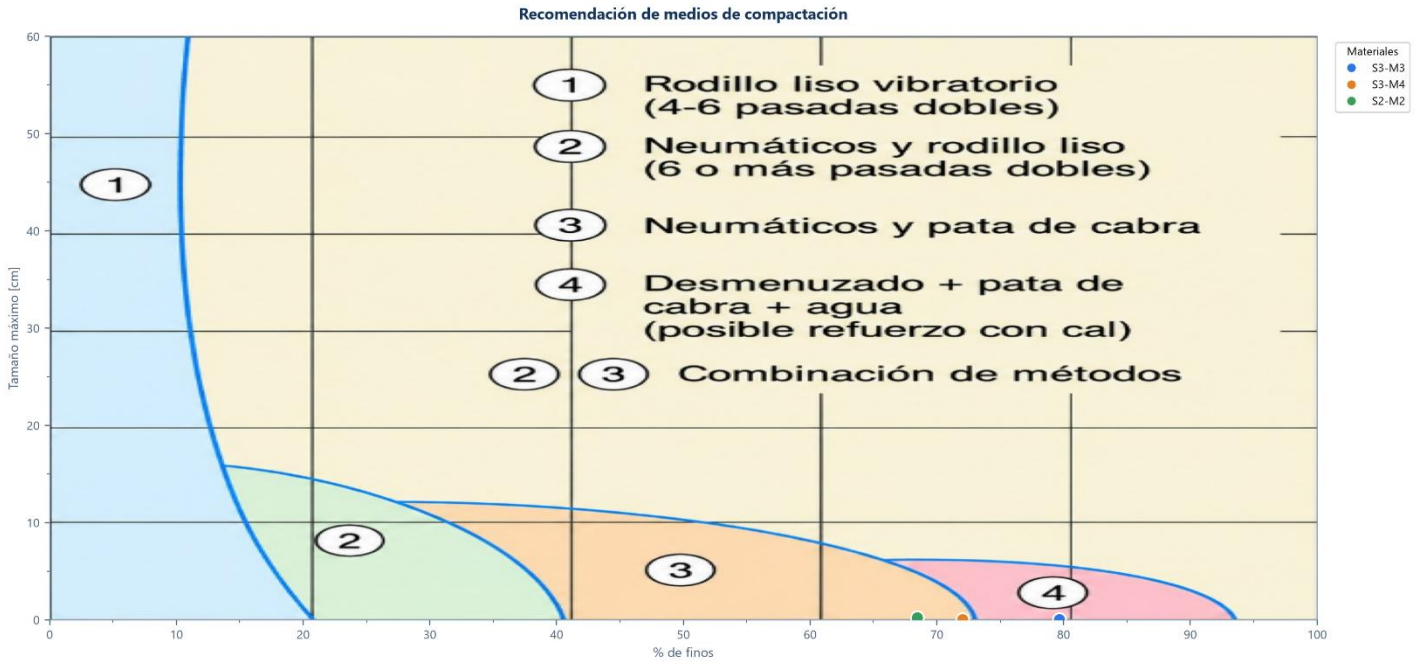


Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

7.1.4 COMPACTACIÓN DEL MATERIAL.

La selección del procedimiento de compactación se realizó considerando el porcentaje de finos y el tamaño máximo de las partículas. Para suelos finos se requieren equipos que produzcan una acción de amasado y transmitan adecuadamente la energía a través del espesor de la capa.

Ilustración 27.Recomendaciones para la selección de los medios de compactación.



Fuente: González de Vallejo, Ingeniería geológica.

Los materiales evaluados presentan contenidos de finos comprendidos aproximadamente entre 68,00 % y 71,19 %. Al representarlos junto con su tamaño máximo en la gráfica de selección de equipos de compactación, los puntos se localizan principalmente en la zona 3, correspondiente a materiales finos cuya compactación requiere la acción combinada de rodillo neumático y rodillo pata de cabra.

En consecuencia, se recomienda efectuar el extendido del material en capas de espesor uniforme, realizar el desmenuzado de los terrones y acondicionar el contenido de humedad antes de la compactación. La densificación deberá ejecutarse principalmente con rodillo pata de cabra, debido a su capacidad de producir amasado en suelos cohesivos, complementado con rodillo neumático para mejorar la uniformidad y el acabado de la capa.

El contenido de agua deberá mantenerse próximo a la humedad óptima determinada mediante el ensayo Próctor modificado; No se permitirá la compactación de material saturado, con agua libre o con terrones que impidan su distribución uniforme. Cuando la humedad sea inferior a la requerida, se

incorporará agua de manera homogénea; cuando sea excesiva, el material deberá airearse antes de su colocación.

$$GC = \frac{ydcampo}{ydmax} * 100$$

Donde:

GC: grado de compactación, en porcentaje.

γdcampo: densidad seca determinada en campo.

γdmax: densidad seca máxima obtenida mediante el ensayo Proctor modificado.

El criterio de aceptación corresponde a:

GC ≥95%

El cumplimiento se verificará mediante ensayos de densidad y humedad en campo. Las capas que no alcancen la densidad especificada deberán escarificarse, acondicionarse nuevamente y compactarse hasta satisfacer el criterio establecido.

7.1.5 CAPACIDAD DE SOPORTE DEL TERRENO NATURAL.

La capacidad de soporte del terreno se evalúa mediante la formulación general propuesta por Meyerhof (1963), considerando la borda como una franja continua equivalente. Para el análisis se emplean los parámetros de resistencia correspondientes a los estratos que conforman el terreno de apoyo.

La capacidad de carga última se determina mediante la siguiente expresión:

$$\mathrm{qu} = \mathrm{C'} * \mathrm{Nc} * \mathrm{Fcs} * \mathrm{Fcd} * \mathrm{Fci} + \mathrm{q} * \mathrm{Nq} * \mathrm{Fqs} * \mathrm{Fqd} * \mathrm{Fqi} + \frac{1}{2}\,\gamma * \mathrm{B} * \mathrm{N}\gamma * \mathrm{F}\gamma\mathrm{s} * \mathrm{F}\gamma\mathrm{d} * \mathrm{F}\gamma\mathrm{i}$$

Ecuación 13.Ecuación general de capacidad de carga.

Donde:

C’: cohesión.

q: esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación.

γ : peso específico del suelo.

B: ancho de la cimentación (= diámetro para una cimentación circular).

Fcs, Fqs, Fγs: factores de forma.

Fcd, Fqd, Fγd: factores de profundidad.

Fci, Fqi, Fγi: factores de inclinación de la carga.

Nc, Nq, Nγ : factores de capacidad de carga.

La capacidad admisible se obtiene aplicando el factor de seguridad adoptado a la capacidad de carga última:

$$\mathrm{qadm} = \frac{\mathrm{qu}}{\mathrm{FS}}$$

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

Tabla 20.Capacidad admisible del terreno de apoyo.

Df	B	L	σadm	Fa
m	m	m	KN/m²	KN
0.30	5	10	205.94	4500.00

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

El asentamiento producido por la construcción de las bordas se evalúa para la sección de mayor altura, considerada como la condición más desfavorable.

Tabla 21.Fs por capacidad de carga Caño El Bien Común.

Altura máxima de la borda hidrológica Caño el Bien común (m)	4.5
σ borda hidrológica (Kn/m²)	90.00
σu (Kn/m²)	617.82
Fs	6.86

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

Por tanto, la presión transmitida por la sección de mayor altura de la borda es inferior a la capacidad admisible del terreno y el factor de seguridad disponible supera el valor mínimo adoptado. En consecuencia, la condición analizada cumple satisfactoriamente la verificación por capacidad de carga.

7.1.6 ASENTAMIENTO.

El asentamiento producido por la construcción de las bordas se evalúa para la sección de mayor altura, considerada como la condición más desfavorable. El asentamiento total corresponde a la suma del asentamiento inmediato y el asentamiento por consolidación:

$$S_t = S_e + S_c$$

Donde:

St: asentamiento total.

Se: asentamiento inmediato.

Sc: asentamiento por consolidación.

- **ASENTAMIENTO INMEDIATO:**

El asentamiento inmediato corresponde a la deformación elástica que se desarrolla en el terreno de apoyo como respuesta al incremento de esfuerzos generado por el peso de la borda. Su magnitud se determina mediante la expresión de Skempton y Giroud:

$$\delta_i = \frac{q * B * (1 - \mu^2)}{E} * I_{12}$$

Ecuación 14. Asentamiento Inmediato.

Donde:

q: carga que baja por la columna hacia la cimentación.

B: ancho del cimiento.

E: módulo de elasticidad del suelo

μ : Modulo de Poisson

I12: Coeficiente de forma y profundidad.

- **ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN:**

El asentamiento por consolidación se calcula para los estratos cohesivos compresibles localizados dentro de la zona de influencia de la carga. Para ello, el

perfil se divide en subestratos y se determina el incremento de esfuerzo efectivo en el punto medio de cada uno.

El asentamiento por consolidación de cada subestrato se obtiene mediante:

$$S = \left(\frac{\Delta e}{1 + e_0} \right) * H$$

Ecuación 15. Asentamiento por consolidación en términos de deformación vertical.

Donde:

H: Espesor de la capa de suelo

e0: Índice de vacío inicial

Δe: Cambio en el índice de vacíos.

El cambio en la relación de vacíos depende del estado de consolidación del suelo.

- **Para suelos normalmente consolidados:**

$$\Delta e = C_c \cdot log\left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o} \right)$$

Ecuación 16.Cambio de índice de vacío para arcillas normalmente consolidadas.

- **Para arcillas sobreconsolidadas con σo'+Δσ'<σc:**

$$\Delta e = C_r \cdot log\left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o} \right)$$

Ecuación 17.Cambio de índice de vacío para arcillas sobreconsolidadas con σo'+Δσ'<σc.

- **Para arcillas sobreconsolidadas con σ0'+Δσ'>σc':**
  - $\Delta e = C_r \cdot log\left(\frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \right) + C_c \cdot log\left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_c} \right)$

Ecuación 18.Cambio de índice de vacío para arcillas sobreconsolidadas con σo'+Δσ'>σc.

Donde:

Δe: Cambio en el índice de vacíos.

Cc: Índice de compresibilidad

Cr: Índice de recompresion.

σ': esfuerzo efectivo

Δ σ': incremento de esfuerzo

σ'c esfuerzo de preconsolidacion.

Estas ecuaciones permiten calcular el asentamiento total del suelo al considerar cómo varía el índice de vacíos (e) bajo la influencia de cargas adicionales, tomando en cuenta si el suelo está normalmente consolidado o sobreconsolidado.

Tabla 22.Asentamiento por consolidación.

Profundidad		Nivel	z	H	σ´o	Δσ´	σf	σp	eo	Cc	Cr=Cc/5	Estado	OCR	Sc
Desde	Hasta													
m	m	m	m	m	KN/m2	KN/m2	KN/m2	KN/m2	-	-	-	-	-	mm
0.30	5.00	2.65	2.35	4.70	25.60	49.57	75.17	38.64	0.35	0.04	0.01	NC	1.51	64.60
5.00	10.00	7.50	7.20	5.00	72.45	21.44	93.89	38.64	0.35	0.04	0.01	NC	0.53	16.54
10.00	15.30	12.65	12.35	5.30	122.20	11.60	133.80	38.64	0.35	0.04	0.01	NC	0.32	6.13
													TOTAL	87.27

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

- **ASENTAMIENTO TOTAL:**

A continuación, se presentan los resultados del asentamiento total estimado para la sección de máxima altura de la borda hidráulica, considerada como la condición de mayor solicitación sobre el terreno de apoyo. El asentamiento total corresponde a la suma del asentamiento inmediato o elástico y el asentamiento por consolidación generado por el incremento de esfuerzos transmitido al subsuelo debido al peso propio de la borda.

Tabla 23.Resultados de asentamientos total.

DF	B	L	σ_u	σ_{adm}	F_a	Se	Sc	St
m	m	m	KN/m2	KN/m2	KN	mm	mm	mm
0.30	5.00	10.00	617.82	205.94	10296.96	14.71	93.27	107.98

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

7.1.7 ESTABILIDAD FRENTE A LA EROSIÓN Y SOCAVACIÓN.

La estabilidad superficial del fondo y de las márgenes del cauce se evalúa mediante el método del esfuerzo tractivo. Este procedimiento compara el esfuerzo cortante

generado por el flujo con el esfuerzo máximo que puede resistir el material sin que se inicie su desprendimiento y transporte.

La erosión del cauce depende de la velocidad y profundidad del flujo, la pendiente longitudinal, la geometría de la sección y las propiedades geotécnicas de los materiales que conforman el perímetro mojado. Por esta razón, la evaluación comprende la determinación del esfuerzo tractivo actuante y su comparación con el esfuerzo tractivo permisible.

7.1.7.1 ESFUERZO TRACTIVO GENERADO POR EL FLUJO.

Cuando el agua circula por un cauce desarrolla un esfuerzo cortante sobre el fondo y las márgenes, orientado en la dirección del flujo. Cuando dicho esfuerzo supera la resistencia del material, puede producirse el desprendimiento y transporte progresivo de las partículas que conforman la sección.

El esfuerzo tractivo máximo en el fondo se determina mediante:

$$\tau b = Kf\gamma wYi$$

Donde:

τb: esfuerzo tractivo actuante sobre el fondo, en kN/m².

Kf: coeficiente de corrección para el fondo.

γw: peso unitario del agua, en kN/m³.

Y: profundidad o tirante del flujo, en m.

i: pendiente longitudinal del fondo del cauce, en m/m.

De manera análoga, el esfuerzo tractivo sobre las márgenes se calcula mediante:

$$\tau m = Kf\gamma wYi$$

Donde:

τm: esfuerzo tractivo actuante sobre las márgenes, en kN/m².

Km: coeficiente de corrección para las márgenes.

γw: peso unitario del agua, en kN/m³.

Y: tirante del flujo, en m.

i: pendiente longitudinal del cauce, en m/m.

Los coeficientes Kf y Km representan la distribución no uniforme de los esfuerzos cortantes sobre el perímetro mojado y dependen de la geometría de la sección analizada.

Tabla 24.Parámetros preliminares para el cálculo del esfuerzo tractivo

Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad
Peso unitario del agua	γ_w	10.00	kN/m³
Tirante del flujo	Y	8.42	m
Ancho de la base del cauce	b	28.09	m

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

Con base en el estudio hidráulico y tomando como referencia el Manual de Drenaje para Carreteras de INVÍAS, se adoptaron como criterios de evaluación una velocidad admisible de 0,75 m/s y un esfuerzo cortante admisible de 0,37 kg/m² (3,63 Pa). La modelación hidráulica permitió identificar sectores, principalmente en curvas del cauce, donde estas condiciones pueden ser superadas, indicando susceptibilidad a procesos de erosión y socavación lateral.

Para estos sectores se propone la implementación de riprap como medida de protección y estabilización de las márgenes. Adicionalmente, los vacíos del enrocado favorecen la retención progresiva de sedimentos y el establecimiento de vegetación, permitiendo integrar la protección hidráulica con una solución de infraestructura gris-verde y mejorar su incorporación al entorno.

Para mayor detalle sobre la localización, delimitación y extensión de los tramos donde se implementará la protección con riprap, consultar los planos hidráulicos anexos al proyecto.

Tabla 25.Velocidades y fuerza tractiva máximas permisibles.

TIPO DE TERRENO	AGUA CLARA		AGUA CON SEDIMENTOS COLOIDALES (*)	
	V(m/s)	$\tau(kg/m^2)$	V(m/s)	$\tau(kg/m^2)$
Arena fina coloidal	0.45	0.13	0.75	0.37
Limo arenoso no coloidal	0.50	0.18	0.75	0.37
Sedimentos limosos	0.60	0.23	0.90	0.54
Sedimentos aluviales no coloidal	0.60	0.23	1.00	0.73
Limo	0.75	0.37	1.00	0.73
Ceniza volcánica	0.75	0.37	1.00	0.73
Arcilla dura	1.15	1.27	1.50	2.25
Sedimentos aluviales coloidal	1.15	1.27	1.50	2.25
Pizarras	1.80	3.27	1.80	3.27
Grava	0.75	0.37	1.50	1.56
Limo a ripio, suelo no coloidales	1.15	1.86	1.50	3.23
Limo a ripio, suelo coloidal	1.20	2.10	1.60	3.91
Grava gruesa	1.20	1.47	1.80	3.27
Bolos	1.50	4.44	1.60	5.38

(*) Por partículas coloidales se entienden aquellas de diámetro menor a 2 micrones en las cuales los efectos de las fuerzas de superficie prevalecen sobre los de las fuerzas gravitacionales.

Fuente: Manual de Drenaje de Carretera INVIAS.

7.1.8 PROTECCIÓN ECOHIDRÁULICA DEL CAUCE.

7.1.8.1 CRITERIOS DE DISEÑO DE LA PROTECCIÓN CON RIPRAP.

La protección se conforma mediante una capa de roca suelta, dispuesta sobre un sistema filtrante y un geotextil no tejido. El dimensionamiento considera las solicitaciones hidráulicas obtenidas en la modelación, la inclinación de las márgenes, las condiciones de colocación y las características del material pétreo.

El predominio de limos de baja plasticidad (ML), con presencia localizada de arcillas de baja plasticidad (CL), requiere controlar la pérdida de partículas del terreno a través de los vacíos del enrocado. Por esta razón, el diseño comprende tanto la estabilidad de los elementos pétreos como la compatibilidad del sistema filtrante con el suelo de apoyo.

- **ESPESOR DE LA PROTECCIÓN:**

Para evaluar la dimensión característica del material de protección se emplea la formulación de Pilarczyk:

$$\Delta Dn = 0.035 * \frac{\emptyset}{\varphi} * \frac{Kt * Kh}{Km} * \frac{Ucr^2}{2 * g}$$

Donde:

Δ: densidad relativa sumergida de la roca, definida como (ρr − ρw)/ρw.

Dn: diámetro nominal característico del material pétreo, en m.

Φ: parámetro de estabilidad. Para el diseño se adoptó Φ = 1.00.

ψ: parámetro crítico de Shields. Para el diseño se adoptó ψ = 0.04.

KT: factor de turbulencia. Para las condiciones analizadas se adoptó KT = 1.50.

Kh: factor asociado a la profundidad del flujo. Se obtuvo Kh = 0.63.

Km: factor de corrección por inclinación del talud. Se obtuvo Km = 0.51.

Ucr: velocidad crítica media del flujo, en m/s.

g: aceleración de la gravedad, en m/s².

El factor de corrección por inclinación del talud considera la disminución de estabilidad de la roca cuando se dispone sobre una margen inclinada y se determina mediante:

$$K_m = \sqrt{1 - \frac{Sen^2 \propto}{Sen^2 \theta}}$$

α: ángulo de inclinación del talud respecto a la horizontal.

θ: ángulo de fricción del material pétreo.

La aplicación de la formulación de Pilarczyk para las condiciones hidráulicas de diseño dio como resultado un espesor hidráulico de 0.24 m. Debido a que la colocación del revestimiento se realizará bajo agua, se aplica un incremento del 50 %, correspondiente a un factor de 1.50:

$$e_req = 0.24 \times 1.50 = 0.36\, m$$

Considerando las condiciones constructivas de colocación y con el propósito de garantizar continuidad en la capa de protección, se adopta un espesor final de riprap de 0.40 m.

La estabilidad hidráulica del revestimiento se verifica tanto en el fondo como en la margen, comparando el esfuerzo cortante actuante con la resistencia correspondiente de la roca.

$$\tau_b \leq \tau_c$$

$$0.022 \leq 0.053\ kN/m\text{^}2 \ \rightarrow \ CUMPLE$$

Para la margen se verifica:

$$\tau_m \leq \tau_s$$

$$0.023 \leq 0.027\ kN/m\text{^}2 \ \rightarrow \ CUMPLE$$

Las dos verificaciones satisfacen las condiciones de estabilidad frente al esfuerzo cortante para el material pétreo considerado.

7.1.8.2 SOCAVACIÓN GENERAL

La socavación general corresponde al descenso del fondo del cauce producido durante una creciente cuando la capacidad de arrastre de la corriente supera la resistencia del material del lecho. Para estimar este descenso se aplicó el método de Lischtvan-Levediev, el cual determina el perfil socavado a partir del equilibrio entre la capacidad erosiva del flujo y la resistencia del material del fondo.

El cálculo se realizó para un período de retorno de 50 años y considerando un perfil estratificado de suelos cohesivos. El método se aplicó por vertical a lo largo de la sección transversal, de manera que la profundidad final resulta variable según el tirante hidráulico y las propiedades del estrato alcanzado.

Método de Lischtvan-Levediev

Para un lecho cohesivo, la profundidad total medida desde la lámina de agua hasta el fondo socavado se obtiene mediante la expresión general:

$$H_s = \left(\frac{\alpha \cdot h^{\frac{5}{3}}}{0.60 \cdot \beta \cdot \mu \cdot \varphi \cdot {\gamma_d}^{1.18}}\right)^{\frac{1}{1+x}}$$

Donde:

Hs = profundidad total después de la socavación, medida desde el nivel del agua hasta el fondo erosionado, en m.

h = tirante inicial en la vertical considerada, en m.

α = coeficiente hidráulico representativo de la sección.

β = coeficiente de frecuencia asociado al período de retorno.

μ = factor de corrección por contracción del cauce.

φ = factor de corrección asociado al peso específico de la mezcla agua-sedimento.

γd = peso específico seco del material cohesivo, en t/m³.

x = exponente asociado a la resistencia a la erosión del suelo cohesivo.

La profundidad de socavación en cada vertical se obtiene como la diferencia entre la profundidad total calculada y el tirante inicial:

$$D_s = H_s - h$$

Finalmente, la cota del fondo socavado se determina mediante:

$$z_f = z_0 - D_s$$

Para la sección analizada se utilizaron un ancho efectivo Be = 28.79 m, una profundidad hidráulica media hm = 3.67 m y un coeficiente hidráulico α = 0.85. Para Tr = 50 años se empleó β = 0.96; al no introducirse reducciones adicionales por contracción ni correcciones por mezcla agua-sedimento, se adoptaron μ = 1.00 y φ = 1.00.

Tabla 26.Calculo de socavación general.

Resultado	Valor	Unidad
Período de retorno, Tr	50	años
Ancho efectivo, Be	28.79	m
Profundidad media, hm	3.67	m
Socavación general máxima, Ds,g	1.42	m
Socavación adoptada de diseño, Ds,d	1.42	m

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

El cálculo por vertical muestra una socavación máxima de 1.42 m en la zona más profunda de la sección. En las verticales críticas el tirante inicial es h = 4.82 m, la profundidad total después de la socavación alcanza Hs = 6.24 m y la cota de fondo pasa de z0 = 5.00 m a zf = 3.58 m. Por tanto, para el diseño de la protección se adopta Ds = 1.42 m.

No se adicionaron términos independientes de degradación ni de ajuste morfológico; en consecuencia, la profundidad adoptada corresponde directamente a la socavación general calculada con Lischtvan-Levediev.

7.1.8.3 PROTECCIÓN DEL PIE

La protección del pie se dimensiona a partir de la profundidad de socavación considerada en el diseño. Para el sector analizado se obtuvo una profundidad de socavación Ds = 1.42 m. Se adopta una plataforma de pie con longitud equivalente a dos veces dicha profundidad:

$$L_p = 2D_s$$

$$L_p = 2(1.42) = 2.84\, m$$

Para efectos constructivos se adopta una longitud de plataforma de:

$$L_p, adoptada = 3.00\, m$$

La plataforma de pie permite disponer material suficiente para responder a eventuales procesos de socavación en la base de la margen y reducir el riesgo de pérdida de soporte del revestimiento.

Tabla 27. Calculo y diseño de RipRap.

Parámetro	Valor	Unidad	Estado
D50 mínimo requerido	0.07	m	Especificación
D50 especificado	0.07 a 0.20	m	Especificación
D100 máximo permitido	0.4	m	Especificación
Relación D85/D15 permitida	1.5 a 2.5	-	Especificación
Espesor hidráulico Pilarczyk	0.24	m	Calculado
Factor por colocación bajo agua	1.5	-	Aplicado
Espesor requerido	0.36	m	Calculado
Espesor adoptado	0.4	m	DISEÑO OBTENIDO
Verificación fondo	0.022 ≤ 0.053	kN/m²	CUMPLE
Verificación margen	0.023 ≤ 0.027	kN/m²	CUMPLE
Velocidad bajo revestimiento	0.277 ≤ 0.865	m/s	CUMPLE
AOS máximo geotextil	0.22	mm	Especificación
Permitividad mínima	0.1	s^{-1}	Especificación
Retención UV mínima	50	%	Especificación
Profundidad de socavacion	1.42	m	Adoptado

Longitud de plataforma Lp	2.84	m	Adoptado
Longitud de plataforma Lp adoptada	3	m	Adoptado

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

7.1.8.4 REQUISITOS DEL MATERIAL PÉTREO

El material pétreo utilizado para la conformación del riprap deberá presentar una gradación compatible con las condiciones hidráulicas consideradas en el diseño. El programa determina un D50 mínimo requerido de 0.07 m; sin embargo, con el fin de permitir la selección de una gradación comercial y constructivamente viable, se establece un rango admisible de D50 entre 0.07 y 0.20 m.

$$0.07\,m \leq D_50 \leq 0.20\,m$$

El tamaño máximo del material deberá satisfacer:

$$D_100 \leq 0.40\,m$$

Asimismo, para controlar la uniformidad de la gradación se establece:

$$1.5 \leq \frac{D_{85}}{D_{15}} \leq 2.5$$

La roca deberá ser sana, durable, resistente a la abrasión y a la acción del agua, y deberá encontrarse libre de materiales meteorizados, partículas deleznables, materia orgánica y otras sustancias que puedan afectar su comportamiento. La gradación finalmente suministrada deberá encontrarse dentro de los límites establecidos por el diseño.

Tabla 28.Requisitos del material pétreo.

Parámetro	Valor	Unidad	Estado
D50 mínimo requerido	0.07	m	Especificación
D50 especificado	0.07 a 0.20	m	Especificación
D100 máximo permitido	0.4	m	Especificación
Relación D85/D15 permitida	1.5 a 2.5	-	Especificación

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

7.1.8.5 GEOTEXTIL DE FILTRACIÓN

Debido al predominio de materiales finos en el suelo de apoyo, se requiere disponer un elemento filtrante entre el terreno natural y el riprap, con el propósito de permitir el paso del agua y limitar la migración de partículas finas hacia los vacíos del enrocado.

Para la protección se recomienda un geotextil no tejido punzonado por agujas, tipo NT 2000 o equivalente, destinado a funciones de filtración y separación. El producto finalmente suministrado deberá cumplir o superar las propiedades mínimas establecidas en el diseño.

La abertura aparente del geotextil deberá satisfacer:

$$AOS \leq 0.22\ mm$$

La permitividad deberá cumplir:

$$\psi_g \geq 0.10\ s\text{^}(-1)$$

Adicionalmente, se exige una retención mínima de resistencia después de exposición a radiación ultravioleta del 50 %.

Como verificación complementaria del sistema suelo-filtro-revestimiento, se evalúa la velocidad que puede desarrollarse bajo la capa de riprap mediante:

$$V_b = \frac{1}{n_f} \cdot (\frac{D_{50}}{2})^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i}$$

Donde:

Vb: velocidad estimada bajo el revestimiento, en m/s.

nf: coeficiente asociado al sistema filtrante. Para geotextil se adopta nf = 0.020.

D50: diámetro de control del riprap. Para esta verificación se utiliza D50 = 0.20 m.

i: pendiente hidráulica.

Ilustración 28. Velocidades admisibles en suelos cohesivos.

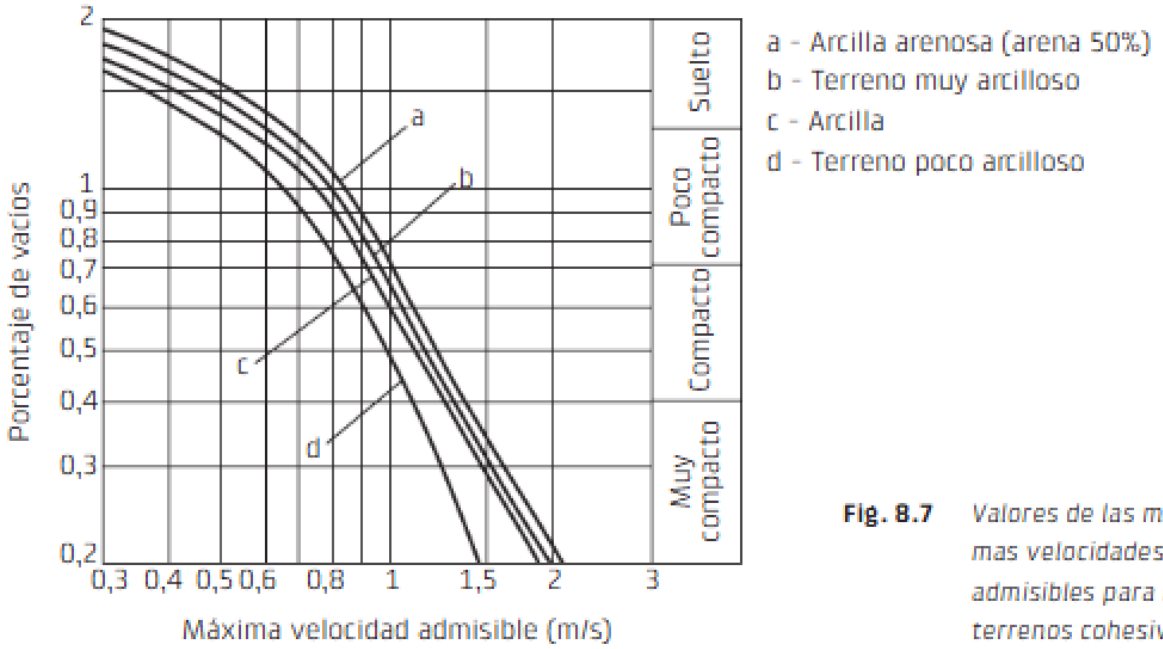


Fig. 8.7 *Valores de las máximas velocidades admisibles para los terrenos cohesivos*

Fuente: Defensas ribereñas con gaviones y geosintéticos, Gerardo Fracassi.

Para las condiciones analizadas se obtuvo Vb = 0.277 m/s. Debido a la condición cohesiva del suelo de apoyo, la velocidad admisible Ve se obtuvo mediante interpolación lineal de las curvas digitalizadas de la Ilustración 28, empleando una relación de vacíos e = 0.80. El valor obtenido fue Ve = 0.865 m/s.

$$V_b \leq V_e$$

$$0.277 \leq 0.865\, m/s \;\rightarrow\; CUMPLE$$

Por lo anterior, la velocidad estimada bajo el revestimiento resulta inferior a la velocidad admisible del suelo de apoyo.

Tabla 29. Requisitos del geotextil no tejido.

Parámetro	Valor	Unidad	Estado
Tipo	No tejido punzonado por agujas	-	Especificación
Referencia recomendada	NT 2000 o equivalente	-	Recomendado

AOS máximo	0.22	mm	Especificación
Permitividad mínima	0.1	s^{-1}	Especificación
Retención UV mínima	50	%	Especificación
Velocidad bajo revestimiento	0.277 ≤ 0.865	m/s	CUMPLE

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

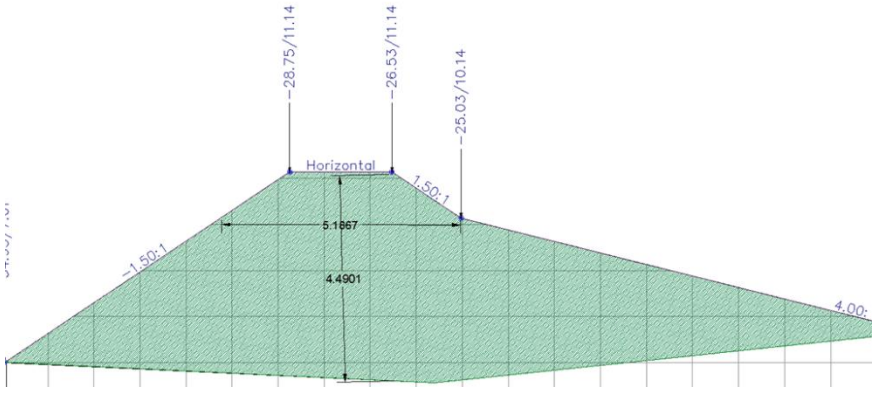
El geotextil deberá instalarse en contacto continuo con el suelo de apoyo, evitando pliegues, discontinuidades o zonas expuestas que puedan favorecer la migración de finos. La referencia NT 2000 se establece como producto recomendado; podrá emplearse un geotextil equivalente siempre que satisfaga o supere los requisitos hidráulicos, mecánicos y de durabilidad definidos para el proyecto.

7.1.9 REVISIÓN DE LA ESTABILIDAD GLOBAL.

La estabilidad global de las bordas se evalúa considerando conjuntamente el material de conformación y los estratos del terreno de apoyo. El análisis comprende el talud orientado hacia el cauce y el talud exterior, bajo condiciones estáticas y seudoestáticas.

La sección evaluada corresponde a la configuración crítica de las bordas, definida a partir de la altura, la inclinación de los taludes y las condiciones del subsuelo. La geometría utilizada corresponde a la presentada en el numeral 7.1.1.2 Condiciones de las bordas y del terreno de apoyo.

Ilustración 29.Sección transversal considerada en la evaluación de estabilidad de las bordas.



Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

7.1.9.1 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS.

La evaluación se desarrolla mediante el método de equilibrio límite de Morgenstern–Price. Este procedimiento satisface el equilibrio de fuerzas y momentos y permite determinar el factor de seguridad asociado a las superficies potenciales de deslizamiento.

El factor de seguridad expresa la relación entre la resistencia al corte disponible y la resistencia movilizada para mantener el equilibrio. La búsqueda de superficies permite identificar el mecanismo de falla con el menor factor de seguridad dentro de la sección analizada.

La resistencia al corte de los materiales se representa de acuerdo con los parámetros geotécnicos establecidos para cada estrato. Para el análisis en esfuerzos efectivos se emplea el criterio de Mohr–Coulomb:

$$T_f = C' + (\sigma_n - \mu) * tan\varphi'$$

Donde:

Tf: resistencia al corte disponible, en kPa.

C´: cohesión efectiva, en kPa.

σn: esfuerzo normal total sobre la superficie de falla, en kPa.

u: presión de poros, en kPa.

φ’: ángulo de fricción interna efectivo.

El análisis considera el peso propio de los materiales, las presiones de poros y la acción del agua sobre el talud expuesto al cauce. En condición seudoestática se incorporan adicionalmente las fuerzas de inercia correspondientes a los coeficientes sísmicos adoptados.

7.1.9.2 PARÁMETROS SÍSMICOS PARA EL ANÁLISIS SEUDOSTÁTICO:

La acción sísmica sobre las bordas se incorpora mediante un análisis seudoestático, empleando los parámetros de amenaza y amplificación establecidos en el numeral 6.6 del presente informe. Para el municipio de San Pelayo se identifica una amenaza sísmica intermedia y se adopta el perfil de suelo tipo E definido en el numeral 6.5.

Ilustración 30. Parámetros sísmicos del proyecto.

Parámetro	Símbolo	Valor
Zona de amenaza sísmica	—	Intermedia
Perfil de suelo adoptado	—	E
Coeficiente de aceleración pico efectiva	A_a	0,10
Coeficiente de velocidad pico efectiva	A_v	0,15
Coeficiente de aceleración para el umbral de daño	A_d	0,03
Coeficiente de aceleración para seguridad limitada	A_e	0,06
Factor de amplificación para períodos cortos	F_a	2,50
Factor de amplificación para períodos intermedios	F_v	3,35

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

- **COEFICIENTE DE IMPORTANCIA:**

Las bordas cumplen una función de protección y encauzamiento del flujo. Su falla puede ocasionar desplazamiento de material hacia el cauce, obstrucciones locales y pérdida de capacidad de contención. Considerando estas consecuencias, se adopta un coeficiente de importancia de I=1.00 como criterio de seguridad adicional para la evaluación sísmica.

Este valor coincide con el correspondiente al grupo I de la tabla A.2.5-1 de la NSR-10. Su adopción constituye un criterio de diseño para la obra de protección:

Tabla 30.Valores del coeficiente de importancia, I

Tabla A.2.5-1
Valores del coeficiente de importancia, I

Grupo de Uso	Coeficiente de Importancia, I
IV	1.50
III	1.25
II	1.10
I	1.00

Fuente: Titulo H, NSR-10.

- **ACELERACIÓN MÁXIMA DEL TERRENO:**

De acuerdo con el numeral H.5.2.5 de la NSR-10, la aceleración máxima del terreno utilizada en la evaluación de estabilidad se obtiene de la ordenada espectral en período cero o mediante un análisis de amplificación sísmica. Para el espectro considerado, esta aceleración, expresada como fracción de la gravedad, se determina mediante:

$$a_{max} = A_a * F_a * I$$

Sustituyendo los parámetros adoptados:

$$a_{max} = 0.10 * 2.50 * 1.00 = 0.25$$

Por tanto:

$$a_{max} = 0.25$$

Donde:

amax: aceleración máxima del terreno.

g: aceleración de la gravedad.

Aa: coeficiente de aceleración pico efectiva.

Fa: factor de amplificación para períodos cortos.

I: coeficiente de importancia.

- **COEFICIENTE SÍSMICO HORIZONTAL:**

La relación entre la aceleración seudoestática y la aceleración máxima del terreno se establece según el tipo de material y el análisis de amplificación empleado, conforme a la tabla H.5.2-1 de la NSR-10.

Tabla 31.Valores de Kst/amax

Tabla H.5.2-1
Valores de K_{ST}/a_{max} Mínimos para Análisis Seudoestático de Taludes

Material	K_{ST}/a_{max} Mínimo	Análisis de Amplificación Mínimo
Suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados (RQD < 50%)	0.80	Ninguno
Macizos rocosos (RQD > 50%)	1.00	Ninguno
Todos los materiales térreos	0.67	Amplificación de onda unidimensional en dos columnas y promediar
Todos los materiales térreos	0.50	Amplificación de onda bidimensional

Fuente: Titulo H, NSR-10.

Para las bordas y su terreno de apoyo se adopta la relación de 0.80, correspondiente a suelos y enrocados sin análisis específico de amplificación. El coeficiente horizontal adimensional utilizado en la modelación se calcula como:

$$\frac{K_{ST}}{a_{max}} = 0.80$$

En este apartado, K_{ST} se expresa como aceleración seudoestática horizontal, en unidades de *g*. Por tanto:

$$K_{ST} = 0.80 * a_{max}$$

$$K_{ST} = 0.80 * 0.25 = 0.20\ g$$

En consecuencia, se adopta una aceleración seudoestática horizontal de 0.20g.

- **COMPONENTE SÍSMICA VERTICAL:**

Para incorporar la componente vertical se adopta, como hipótesis de modelación, una relación de dos tercios respecto a la aceleración seudoestática horizontal. Esta hipótesis toma como referencia la relación entre componentes indicada en el numeral A.2.8.1 de la NSR-10, sin constituir una prescripción específica del numeral H.5.2.5 para taludes.

La magnitud de la aceleración vertical se calcula mediante:

$$a_vST = \frac{2}{3} K_{ST}$$

$$a_vST = \frac{2}{3} * 0.20g = 0.13g$$

7.1.9.3 CONDICIONES CONSIDERADAS EN LA MODELACIÓN Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN.

La modelación de estabilidad comprende el cuerpo de las bordas y el terreno natural de apoyo. Se consideran la geometría de las secciones transversales del proyecto, la distribución de los estratos y las propiedades geotécnicas establecidas en el capítulo 6, incluyendo el peso unitario y los parámetros de resistencia al corte correspondientes a cada material.

El terreno de apoyo se caracteriza por el predominio de suelos CL, y estratos superficiales de consistencia muy blanda a blanda. Estas condiciones se representan en el modelo para evaluar superficies de falla que involucren tanto el relleno compactado como el subsuelo. Las propiedades del material de conformación se diferencian de las del terreno natural, de acuerdo con su condición de colocación y compactación.

El análisis incorpora el nivel de agua del cauce y las presiones de poros dentro del terreno, considerando su influencia sobre los esfuerzos efectivos y la resistencia disponible. Se evalúan ambos taludes en condiciones estáticas y seudoestáticas, utilizando las solicitaciones sísmicas definidas en el numeral 7.1.4.2.

Para cada escenario se determina la superficie potencial de falla asociada al menor factor de seguridad. Los resultados se comparan con los factores de seguridad básicos mínimos directos de la tabla H.2.4-1 de la NSR-10, conforme a la remisión del numeral H.5.2.7.

Tabla 32.Factores de seguridad básicos mínimos directos.

Tabla H.2.4-1
Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos

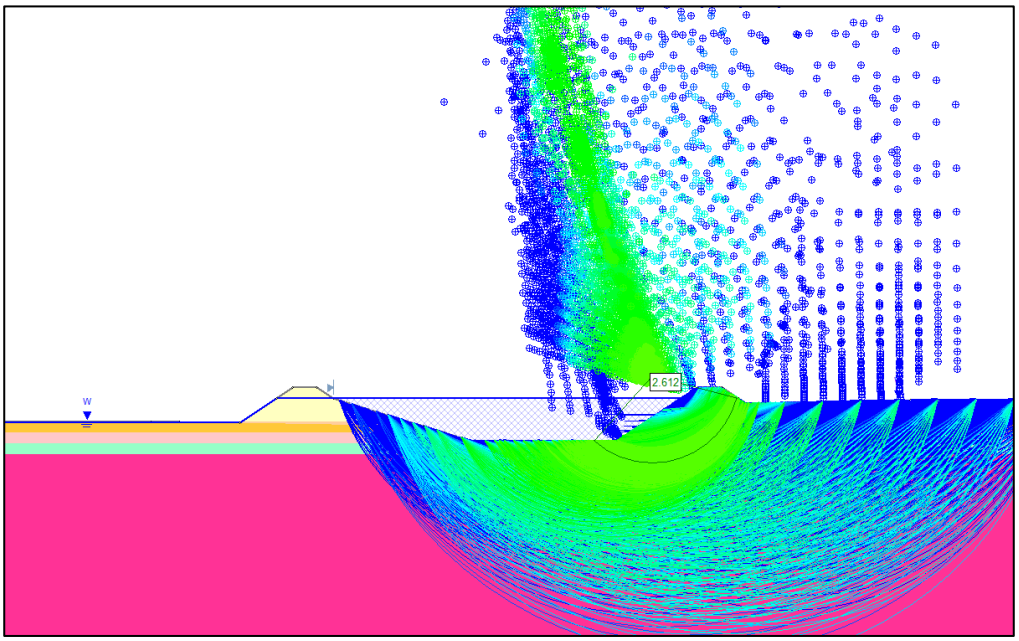
Condición	F_{SBM}		F_{SBUM}	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10	1.40	1.15
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.10	1.00 (*)	No se permite	No se permite
Taludes – Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Taludes – Condición Seudo-estática con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño	1.05	1.00 (*)	No se permite	No se permite

(*) Nota: Los parámetros sísmicos seudo estáticos de Construcción serán el 50% de los de Diseño

Fuente: Titulo H, NSR-10.

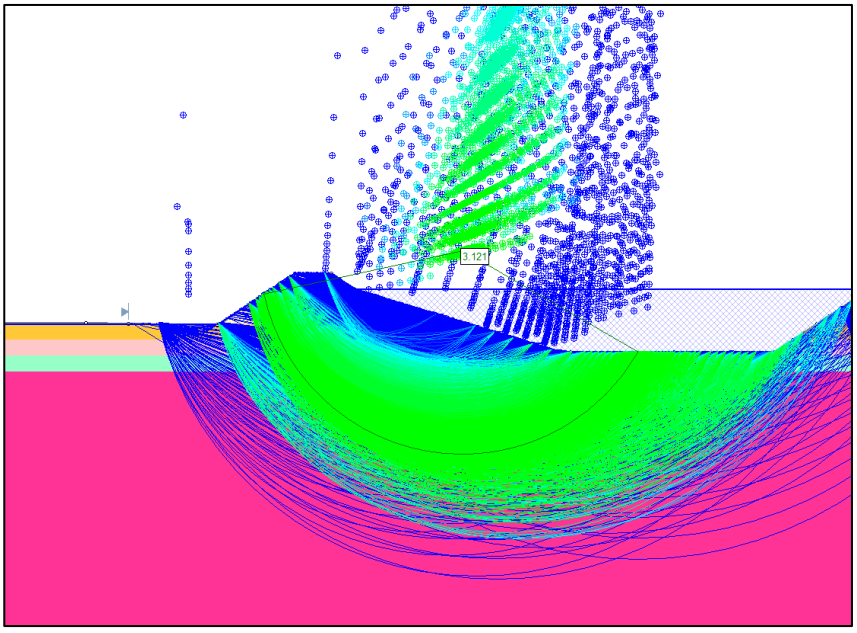
Se adoptan factores de seguridad mínimos de 1.50 en condición estática y 1.05 en condición seudoestática, por corresponder a los valores mínimos de diseño para taludes con agua subterránea normal establecidos en la tabla H.2.4-1 de la NSR-10. Estos criterios se emplean para verificar la estabilidad de las bordas en su configuración permanente, sin sismo y con la acción sísmica de diseño, respectivamente.

Ilustración 31.Factor de seguridad en condición estática lado derecho sección 1.



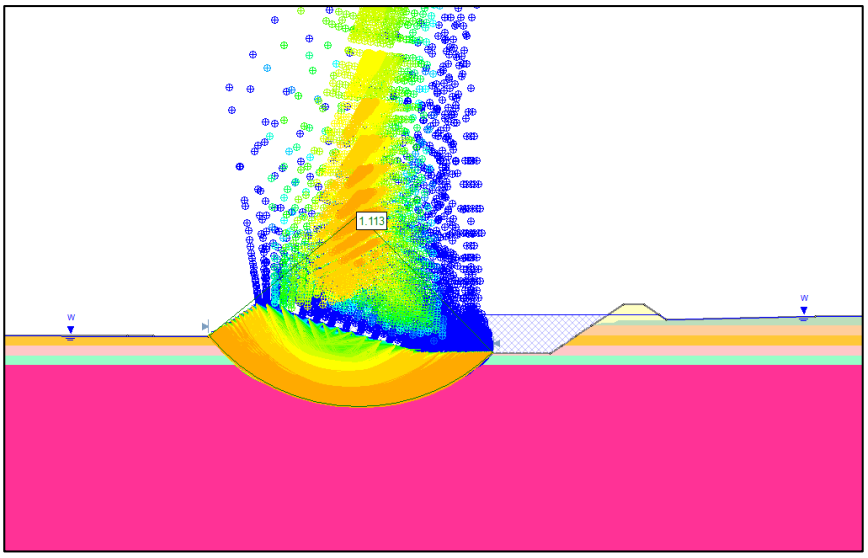
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Ilustración 32. Factor de seguridad en condición estática lado izquierdo sección 1.



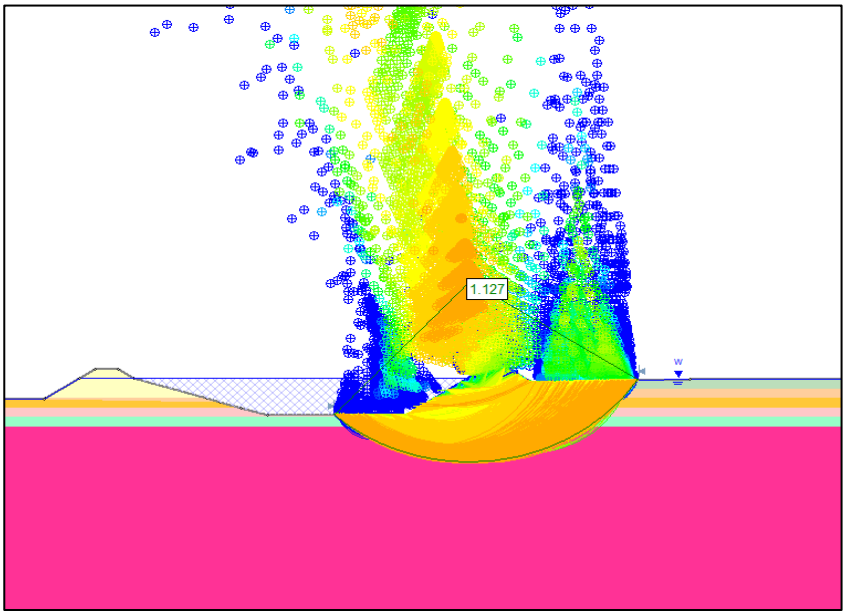
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Ilustración 33.Factor de seguridad en condición dinámica lado izquierdo sección 1.



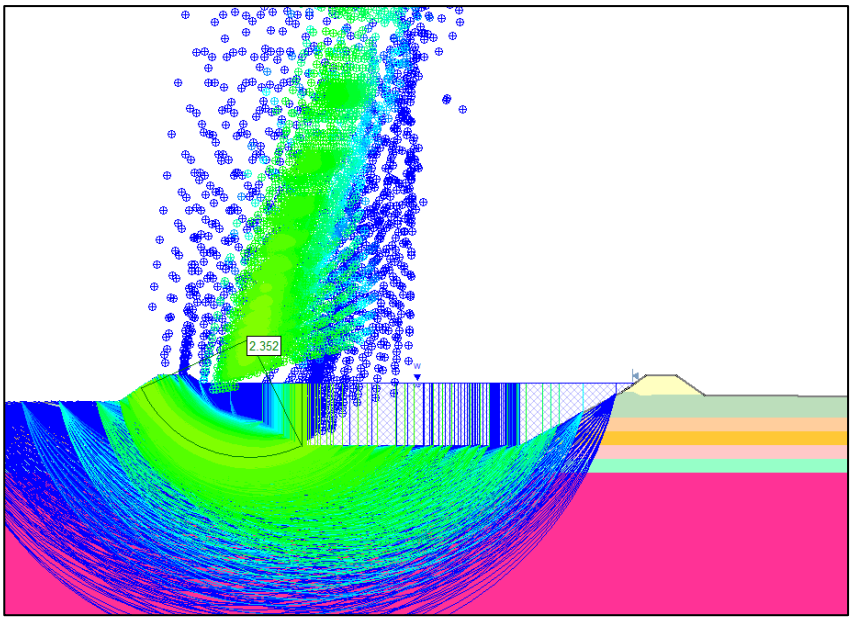
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Ilustración 34. Factor de seguridad en condición dinámica lado derecho sección 1.



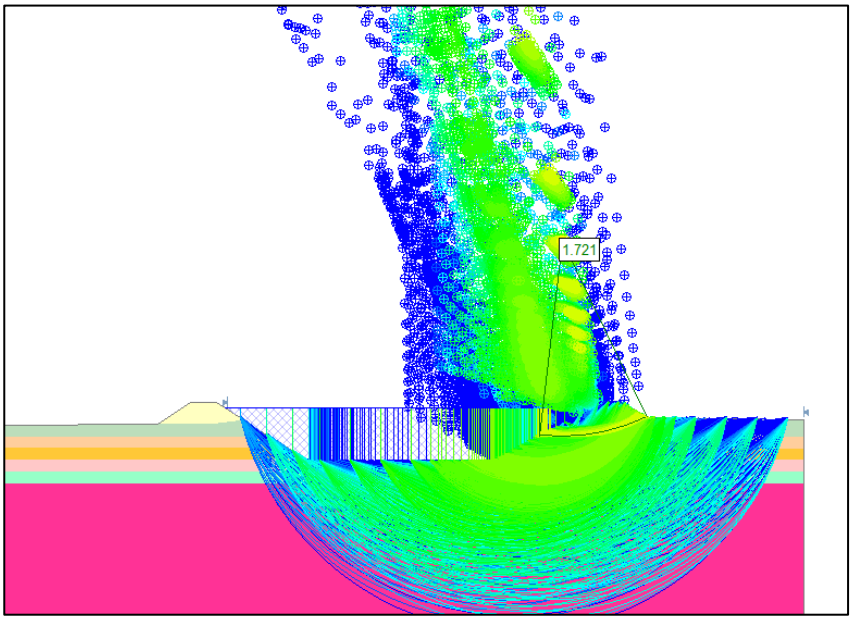
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Ilustración 35.Factor de seguridad en condición estática lado izquierdo sección 2.



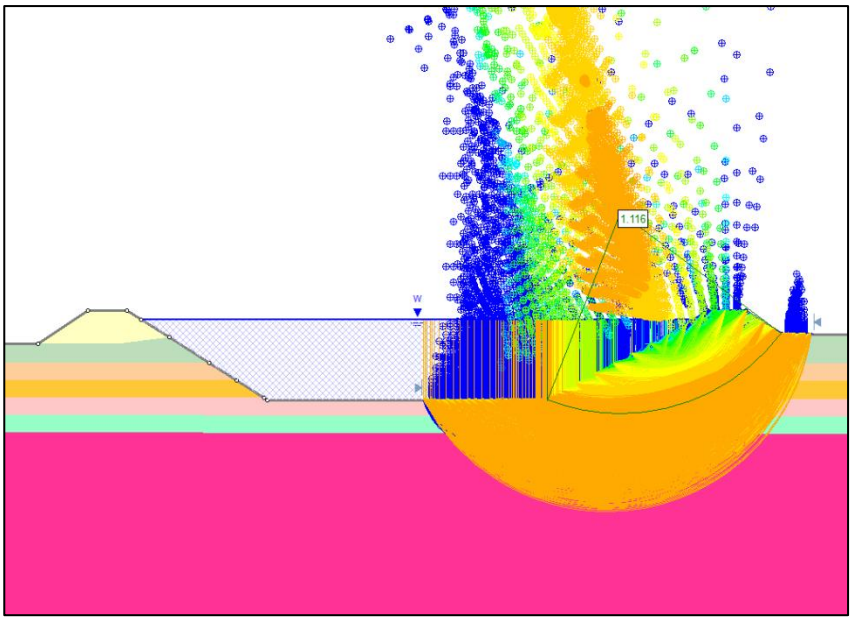
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Ilustración 36. Factor de seguridad en condición estática lado derecho sección 2.



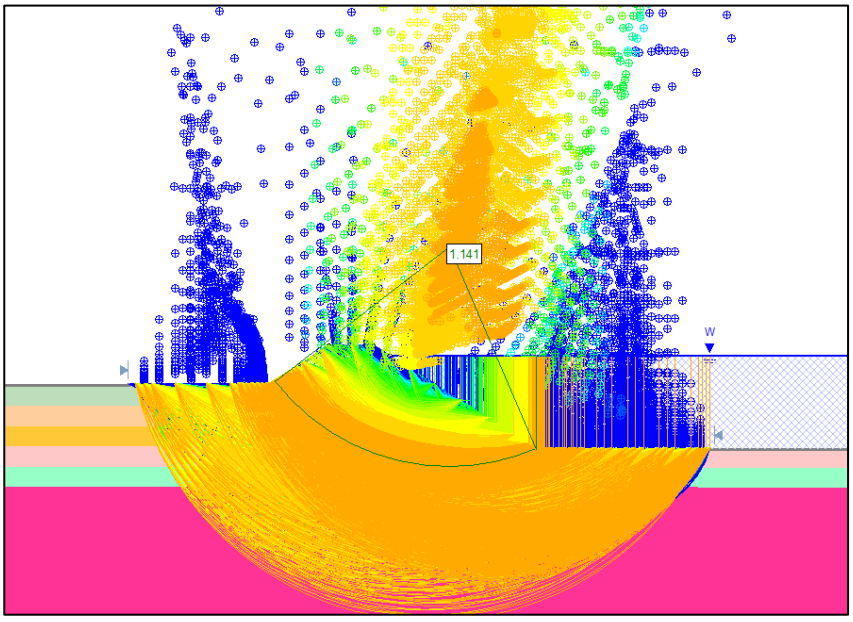
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Ilustración 37.Factor de seguridad en condición dinámica lado derecho sección 2.



Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Ilustración 38.Factor de seguridad en condición dinámica lado izquierdo sección 2.



Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Tabla 33. Factores de seguridad obtenidos de las modelaciones.

Sección	Lado	FS Estático	FS Dinámico
Sección 1	Izquierdo	**3,121**	**1,113**
Sección 1	Derecho	**2,612**	**1,127**
Sección 2	Izquierdo	**2.352**	**1.141**
Sección 2	Derecho	**1.721**	**1.116**

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, Excel.

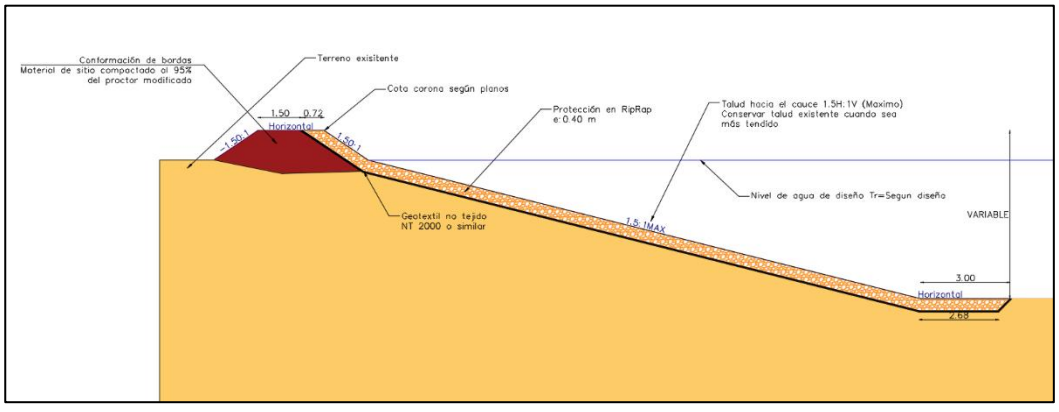
8 CONCLUSIONES Y/O RECOMENDACIONES.

- La exploración geotécnica comprendió cuatro sondeos de 6,00 m de profundidad. El subsuelo está constituido predominantemente por arcillas de baja plasticidad (CL), con presencia de limos de baja plasticidad (ML). En los niveles superficiales se identificaron consistencias muy blandas a blandas, condición que deberá considerarse durante la preparación del terreno de apoyo y la conformación de las bordas.
- Los materiales presentan contenidos de finos entre 67,37 % y 80,82 %, límites líquidos entre 33,81 % y 48,09 %, índices de plasticidad entre 12,79 % y 21,58 % y humedades naturales entre 12,96 % y 25,53 %. Su aprovechamiento para la conformación de las bordas estará condicionado a su selección, acondicionamiento de humedad y compactación controlada.
- La evaluación mediante índices de clasificación indica un potencial expansivo bajo a medio. En consecuencia, deberá controlarse la humedad de los materiales empleados en las bordas y evitar condiciones que favorezcan su saturación o reblandecimiento.
- Con base en los análisis hidráulicos, geotécnicos y de socavación, se establece la adecuación de las bordas y la protección de las márgenes mediante riprap en los sectores indicados en los planos hidráulicos. Las bordas tendrán un ancho de corona de 1,50 m y talud exterior de 1,5H:1V. Hacia el cauce se establece un talud máximo de 1,5H:1V, conservando el talud existente cuando este sea más tendido.
- La protección de las márgenes estará conformada por riprap de 0,40 m de espesor, con D50 entre 0,07 y 0,20 m, D100 máximo de 0,40 m y relación

D85/D15 entre 1,5 y 2,5. La roca deberá ser sana, durable, resistente a la abrasión y a la acción del agua, preferiblemente angular y libre de materiales meteorizados o deleznables.

- Bajo el riprap se dispondrá un geotextil no tejido NT 2000 o equivalente, colocado de manera continua entre el terreno y el enrocado. En el pie de la margen se conformará una plataforma de protección de 3,00 m de longitud, dimensionada considerando la socavación obtenida para las condiciones de diseño.
- La protección con riprap se concentrará en los sectores donde el análisis hidráulico identifica exposición a procesos erosivos. El enrocado y el geotextil actuarán conjuntamente como sistema de protección superficial, filtración y retención de partículas del terreno. La localización, extensión y georreferenciación de los tramos donde se deberá implementar esta protección se encuentran definidas en los planos entregados como parte del estudio hidrológico e hidráulico.
- La geometría definitiva de las bordas deberá satisfacer las verificaciones de capacidad de soporte, asentamientos y estabilidad global desarrolladas en el estudio. Se establecen factores de seguridad mínimos de 1,50 para condición estática y 1,05 para condición seudoestática, bajo las condiciones de agua subterránea consideradas en el numeral 7.1.4.3.

Ilustración 39. Esquema constructivo de las obras diseñas.



Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

8.1 RECOMENDACIONES Y PROCESO CONSTRUCTIVO

- El proceso constructivo deberá ejecutarse de manera secuencial, procurando mantener en todo momento la estabilidad de las márgenes y el adecuado manejo de las aguas. De manera general, se deberán considerar las siguientes recomendaciones:
- Preparación del terreno. Previo a la conformación de las bordas se retirará la cobertura vegetal, raíces, residuos, materia orgánica y materiales alterados. El descapote deberá almacenarse separadamente y no podrá utilizarse como material de relleno.
- Preparación de la superficie de apoyo. El terreno competente se escarificará, acondicionará y compactará antes de iniciar la colocación del relleno. En sectores inclinados se ejecutarán escalones de liga cuando sean necesarios para garantizar una adecuada integración entre la borda y el terreno natural.
- Selección de materiales. El material proveniente de las excavaciones podrá reutilizarse cuando cumpla las especificaciones establecidas. Se deberán excluir materiales orgánicos, contaminados, excesivamente húmedos o aquellos que no alcancen las condiciones requeridas después de su acondicionamiento.
- Conformación de las bordas. El relleno se extenderá en capas uniformes con espesor máximo compactado de 0,20 m, controlando previamente su contenido de humedad. Para los materiales finos del proyecto se recomienda el empleo de rodillo pata de cabra y/o neumático, según las condiciones del material y del frente de trabajo.
- Compactación. Cada capa deberá alcanzar como mínimo el 95 % de la densidad seca máxima obtenida mediante el ensayo Proctor Modificado. No se permitirá continuar con la siguiente capa hasta verificar el cumplimiento de la compactación especificada.
- Control de humedad. Antes de la compactación deberán disgregarse los terrones y distribuir uniformemente el agua necesaria para el acondicionamiento. Los materiales con exceso de humedad deberán airearse hasta alcanzar condiciones apropiadas para su compactación.

- Manejo de aguas. Las excavaciones deberán ejecutarse por tramos y contar con medidas para impedir el ingreso de escorrentía a los frentes. Cuando sea necesario bombear, la captación deberá realizarse evitando el arrastre de finos y procesos de erosión interna. No se colocará relleno sobre superficies inundadas, reblandecidas o con bombeo.
- Preparación para el geotextil. La superficie sobre la cual se instalará el geotextil deberá encontrarse regularizada y libre de raíces, elementos punzantes o irregularidades que puedan dañarlo. El geotextil no tejido NT 2000 o equivalente se extenderá directamente sobre el terreno, sin tensiones ni pliegues y con los traslapos y anclajes indicados en los detalles constructivos.
- Colocación del riprap. El enrocado se dispondrá sobre el geotextil de manera controlada, evitando impactos, segregación o desplazamientos que puedan producir daños. No deberá permitirse la descarga directa de roca desde alturas que puedan perforar o rasgar el geotextil.
- Protección del pie. El riprap deberá presentar continuidad entre la margen y la plataforma de pie de 3,00 m, evitando discontinuidades que permitan el ingreso del flujo por debajo de la protección. Las terminaciones y transiciones deberán quedar adecuadamente integradas con el terreno.
- Control durante la construcción. Si se encuentran materiales, condiciones de cimentación o niveles de agua diferentes de los considerados en el diseño, deberá informarse al responsable geotécnico antes de continuar con la ejecución del sector afectado.
- Inspección y mantenimiento. Después de crecientes importantes se recomienda inspeccionar las bordas y las protecciones, verificando la presencia de asentamientos, agrietamientos, pérdida de material, desplazamiento del enrocado, exposición del geotextil o socavación del pie.

9 LIMITACIONES DEL ESTUDIO.

Las recomendaciones y diseños del presente informe se fundamentan en las exploraciones geotécnicas, ensayos y análisis realizados. Debido a la naturaleza heterogénea del subsuelo, los sondeos y ensayos representan condiciones puntuales, por lo que durante la construcción pueden presentarse variaciones respecto a las condiciones consideradas en el diseño.

Antes de iniciar las obras, el contratista deberá realizar una revisión integral de los estudios, diseños, planos y especificaciones, y durante la ejecución deberá efectuar los controles y ensayos necesarios para verificar que los materiales, condiciones del terreno de apoyo y niveles de agua sean consistentes con los considerados en el proyecto.

Si durante la construcción se identifican materiales, estratos, niveles de agua, condiciones de estabilidad o cualquier situación diferente a la prevista, deberá informarse de manera inmediata a la presente consultoría, antes de continuar con las actividades del sector afectado, con el fin de evaluar su incidencia y establecer los ajustes técnicos correspondientes.

Las obras deberán ejecutarse conforme a los planos, especificaciones, procedimientos y recomendaciones del proyecto. Cualquier modificación de geometrías, materiales, cotas, dimensiones o procedimientos constructivos deberá ser previamente informada y contar con la evaluación y aprobación técnica de la presente consultoría.

La validez de las recomendaciones del estudio está condicionada al cumplimiento de las condiciones y especificaciones establecidas. Los controles de calidad, ensayos de aceptación y verificaciones realizadas durante la construcción deberán quedar debidamente documentados, garantizando la correspondencia entre las condiciones consideradas en el diseño y las finalmente encontradas y ejecutadas en obra.

10 BIBLIOGRAFÍA.

1 González Vallejo. (s.f.). Ingeniería geológica. Prentice Hall.

2 Das, B. M. (s.f.). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones.

3 Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2014). Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14.

4 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010). Título A: Requisitos generales para edificaciones.

5 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 (2010). Título H: Requisitos para edificaciones de mampostería estructural.

6 Das, B. M. (s.f.). Fundamentos de ingeniería geotécnica.

7 Hernando, et al. (s.f.). Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio.

8 Juárez Badillo, R., & Rico Rodríguez, L. (1996). Mecánica de suelos (Vol. 2). Limusa.

9 Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (s.f.). Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba.

10 Crespo Villalaz, A. (s.f.). Mecánica de suelos y cimientos.

11 Comisión Colombiana de Puentes. (2014). Código Colombiano de Puentes CCP-14. Capítulo 3: Cargas y factores de carga. Bogotá, Colombia. _

11 ANEXO

ENSAYOS

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 10772157

VILLALBA BARRIOS
APELLIDOS

ANDRES FABIAN
NOMBRES

Andrés f. Villalba B.
FIRMA





INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO 11-DIC-1981

AYAPEL
(CORDOBA)
LUGAR DE NACIMIENTO

1.77 ESTATURA | O+ G.S. RH | M SEXO

22-DIC-1999 MONTERIA
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADOR NACIONAL
IVAN DUQUE ESCOBAR

P-1300100-14082532-M-0010772157-20000803 04295 00208A 01 084231416

REPUBLICA DE COLOMBIA

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA

COPNIA



MATRICULA PROFESIONAL No.
2220210999 6CQR
INGENIERO CIVIL

DE FECHA 19/08/2004

ANDRES FABIAN
VILLALBA BARRIOS
C.C. 10772157
UNIVERSIDAD PONTIFICIA
BOLIVARIANA SECC MONTERIA

PRESIDENTE DEL CONSEJO

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4615968

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que ANDRES FABIAN VILLALBA BARRIOS, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 10772157, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 22202-109996 desde el 19 de Agosto de 2004, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 320.

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 veintidos (22) días del mes de Julio del año dos mil veintiseis (2026).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

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

universidad Pontificia Bolivariana
SECCIONAL MONTERIA

Aprobada según Resolución Ministerial No. 4800 de 1.995 del Ministerio de Educación Nacional

ACTA DE GRADO

LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL MONTERÍA, en su Unidad Académica:

ESCUELA DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA

Confiere el Título de:

INGENIERO CIVIL A:

ANDRÉS FABIAN VILLALBA BARRIOS

Identificado con cédula de ciudadanía número 10.772.157 de Montería, en cuanto cursó y aprobó la totalidad de las asignaturas correspondientes al pénsum de INGENIERÍA CIVIL, según Registro ICFES No. 17274624000230011100, y realizó el trabajo de grado con el título "DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DE LOS SUELOS DE LA ZONA DE EXPANSIÓN URBANA NORTE DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA" el cual fue aprobado.

Prestó el juramento de rigor en los siguientes términos:

"¿JURÁN A DIOS Y PROMETEN A LA PATRIA, SOSTENER LA INDEPENDENCIA, EL ORDEN, Y LAS LIBERTADES SUYAS, DEFENDER SIEMPRE LOS FUEROS DE LA JUSTICIA, PRACTICAR LA PROFESIÓN DE ACUERDO CON LAS NORMAS DE LA MORAL CRISTIANA, Y TRABAJAR POR LA PAZ DE COLOMBIA, EL ADELANTO Y PROGRESO DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA?"

Él (la) graduando (a) respondió: "SI JURO".

" Si así lo hicieres, Dios y la Patria os lo Premien, si no, El y Ella os lo demanden".

La ceremonia de grado se llevó a cabo el día veintinueve (29) de julio del año dos mil cuatro (2004).

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
RECTOR
MONTERIA

Rector

Secretario General

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
MONTERIA
Secretario General

Decano

A 1141

Universidad Pontificia Bolivariana

SECCIONAL MONTERIA

APROBADA SEGÚN RESOLUCIÓN No. 4800 DE OCTUBRE 20 DE 1995 DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

teniendo en cuenta que

Andrés Fabián Villalba Barrios

Cédula de ciudadanía No. 10.772.157 Expedida en Montería

Cursó y aprobó los estudios exigidos por las normas legales reglamentarias vigentes, le confiere el título de

INGENIERO CIVIL

En testimonio de ello le expide el presente diploma en Montería, Departamento de Córdoba, República de Colombia el día 29 del mes de Julio del año 2.004

El Rector

El Decano

El Secretario General

Anotado al folio 514 del libro 2-B de registro de diplomas refrendado en Montería el 29 de Julio de 2004

Universidad Pontificia Bolivariana

MONTERÍA

Aprobada según Resolución 4800 del 20 de octubre de 1995 del Ministerio de Educación Nacional

ACTA DE GRADO

Del 15 de Diciembre de 2011

En la ciudad de Montería, la Universidad Pontificia Bolivariana Montería con Personería Jurídica reconocida mediante Resolución No.4800 del 20 de octubre de 1995, expedida por el Ministerio de Educación Nacional en Ceremonia de Grado y previo el solemne juramento de rigor, confirió el titulo de:

ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS

A

ANDRÉS FABIÁN VILLALBA BARRIOS

C.C. 10.772.157 de Montería

En cuanto cursó y aprobó la totalidad de las asignaturas correspondientes al plan de estudios de:

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

Registro MEN-SNIES No. 9341

y quien realizó y aprobó como requisito final el trabajo de Grado con el título:
"INTEGRACIÓN METODOLÓGICA PARA LA PROGRAMACIÓN DE OBRAS Y CONTROL DE COSTOS EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURAS Y URBANISMO EN LA CIUDAD DE MONTERÍA.."

El Rector Seccional (E): Pbro. JORGE ALONSO BEDOYA VÁSQUEZ

El Secretario General: A.E. LUZ ESTELA FUENTES SANTOS

El Decano de la Escuela: A.E. JOHN ARTURO BUELVAS PARRA

Diploma No. ***16310*** *Registrado en el folio* ***609*** *del libro* ***5-B*** *de registro de diplomas.*

Secretaria General

A4478

THOMAS GREG & SONS.

Universidad Pontificia Bolivariana

MONTERÍA

APROBADA SEGÚN RESOLUCIÓN No. 4800 DEL 20 DE OCTUBRE DE 1995 DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

Teniendo en cuenta que

Andrés Fabián Villalba Barrios

Cédula de ciudadanía No. 10.772.157 expedida en Montería

Cursó y aprobó los estudios exigidos por las normas legales reglamentarias vigentes, le confiere el título de

Especialista en Gerencia de Proyectos

En testimonio de ello le expide el presente diploma en Montería, Departamento de Córdoba, República de Colombia el día 15 del mes de Diciembre del año 2011

El Rector

El Decano

El Secretario General

Anotado en el folio 609 del libro 5-B de registro de diplomas
Refrendado en Montería el 15 de Diciembre de 2011

16310

Universidad Tecnológica de Bolívar

EN NOMBRE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA POR AUTORIZACIÓN
DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

CONFIERE EL TÍTULO DE:

MAGÍSTER EN INGENIERÍA

A

ANDRES FABIAN VILLALBA BARRIOS

C.C. NO. 10.772.157

Por haber cumplido con todos los requisitos académicos exigidos por la Universidad y en constancia se expide el presente Diploma en Cartagena de Indias D. T. y C.

DADO A LOS 10 DÍAS DEL MES DE MAYO DE 2024

INSCRITO EN EL LIBRO DE REGISTRO DE DIPLOMA NO. 34 BAJO EL NO. 9532

DECANO(A)

RECTOR (A)

SECRETARIO(A)
GENERAL

VIGILADO MINEDUCACIÓN

Universidad Tecnológica de Bolívar

ACTA DE GRADO NO. 9424

La suscrita Secretaria General, hace constar que en la ciudad de Cartagena de Indias D. T. y C., Departamento de Bolívar, a los 10 días del mes de mayo de 2024, se llevó a cabo el acto de graduación, en el cual la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR, reconocida con Personería Jurídica por la Gobernación de Bolívar mediante la Resolución N° 961 de octubre de 26 de 1970, y con el Carácter Académico de Universidad mediante la Resolución N° 2996 del 28 de noviembre de 2003 por el Ministerio de Educación Nacional, previo juramento reglamentario, confirió el título de:

MAGÍSTER EN INGENIERÍA
CON ÉNFASIS EN INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

a

ANDRES FABIAN VILLALBA BARRIOS

Identificado (a) con C.C. N° 10772157, quien cumplió con todos los requisitos académicos, las exigencias establecidas en los reglamentos y normas legales, como consta en el Acta de Ceremonia de Grados N° 003 de mayo 2024, otorgando el Diploma N° 9532 del Libro N° 34, que lo acredita como tal.

Se expide la presente constancia, en Cartagena de Indias D. T. y C., a los 10 días del mes de mayo de 2024.

ANA MARÍA HORRILLO C.
SECRETARIA GENERAL

VIGILADO MINEDUCACIÓN

REPÚBLICA DE COLOMBIA

NO. 1166

CORPORACIÓN

UNIVERSIDAD DEL SINÚ

Elías Bechara Zainúm

EL RECTOR Y EL CONSEJO SUPERIOR
POR EL TENOR DE LA PRESENTE, HACEMOS SABER QUE

Andres Fabian Villalba Barrios

IDENTIFICADO(A) CON LA CÉDULA DE CIUDADANÍA NO. 10.772.157 de Montería , ALUMNO(A) DE ESTA INSTITUCIÓN Y EN TAL VIRTUD FORMADO(A) EN EL PENSAMIENTO DE NUESTRO FUNDADOR, CON PROYECCIÓN UNIVERSAL, VALORES CULTURALES Y HUMANOS DEL HOMBRE COLOMBIANO CONFERIMOS, EN NOMBRE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA Y POR AUTORIZACIÓN DEL MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, EL CARÁCTER Y TÍTULO DE

Especialista en Mecánica de Suelos y Cimentaciones

CON EL COMPROMISO DE LIDERAZGO AL SERVICIO DE LA SOCIEDAD, LA UNIVERSIDAD Y SU FAMILIA PARA GENERAR FUTURAS CONDICIONES DE VIDA MÁS FAVORABLES A TODOS, COMPROMETIDO CON NUESTRA RAZÓN DE SER, ELEVANDO LA CULTURA REGIONAL Y NACIONAL, COMO CONTRIBUCIÓN A LA HUMANIDAD, CON EL CRITERIO DE LA LIBERTAD COMO DERECHO NATURAL Y SIN DISTINGO DE RAZA, CREDO, SEXO O COLOR. EL PRESENTE TÍTULO LLEVA LAS FIRMAS DEL RECTOR, DECANO Y SECRETARIO GENERAL, EN LA CIUDAD DE Montería
A LOS 31 DÍAS DEL MES DE Julio DEL AÑO 2025

EL RECTOR

EL DECANO

Libro 10 Folio 179

EL SECRETARIO GENERAL

Scanned with CamScanner

ENSAYOS

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

PROYECTO:	CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CÓRDOBA	**FECHA:**	JULIO 2026
LOCALIZACIÓN:	SAN PELAYO CÓRDOBA	**SOLICITANTE**	**CVS**
SONDEO:	**1**	**COORDENADA:**	**8°58'55.646"N 75°50'46.730"W**

RESULTADOS

PROF. (m)	MUESTRA N°	CLASIFICACIÓN		PROF. MUESTRA (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Wn. (%)	LÍMITES ATTERBERG			GRADACIÓN			gt (g/cm³)	RESISTENCIA (kg/cm²)	N
		USCS	AASHTO					L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)		qu	
0.50																
	1	CL	A-7-6	0,50 - 1,00		Arcilla de baja a media plasticidad pardo oscuro	18.8	44.06	23.81	20.25	0.00	20.70	79.30	1.97	0.000	
1.00																
1.50																3
	2	CL	A-7-6	1,50 - 2,00		Arcilla de baja a media plasticidad pardo oscuro	16.3	46.63	26.27	20.36	0.00	26.29	73.71	2.16	0.329	3
2.00																3
2.50																3
	3	CL	A-6	2,50 - 3,00		Arcilla de media plasticidad pardo claro	23.5	35.37	20.06	15.30	0.00	26.33	73.67	2.12	0.362	4
3.00																5
3.50																5
	4	CL	A-7-6	3,50 - 4,00		Arcilla de baja a media plasticidad pardo claro	20.4	46.07	25.80	20.28	0.00	24.53	75.47	2.10	0.397	5
4.00																7
4.50																5
	5	CL	A-6	4,50 - 5,00		Arcilla de media plasticidad pardo claro	15.4	38.28	22.12	16.16	0.00	19.18	80.82	2.13	0.427	6
5.00																8
5.50																6
	6	CL	A-6	5,50 - 6,00		Arcilla de media plasticidad pardo claro	20.0	33.81	21.02	12.80	0.00	30.38	69.62	2.13	0.460	7
6.00																9

NIVEL FREÁTICO ENCONTRADO			
NO		PROFUNDIDAD	INICIAL :5.10 M
SI	X		FINAL :4.90 M

OBSERVACIONES:

* SONDEO CON SPT HASTA 6,00 m
* SITIO CON GEOLOGÍA HOMOGÉNEA

qu : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA.
γt : PESO UNITARIO TOTAL. - **N :** NÚMERO DE GOLPES/PIE CON EL ENSAYO DE S.P.T.
R.P.I : RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN INALTERADA

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

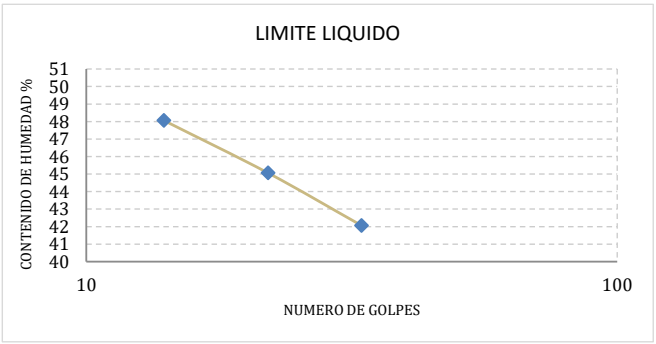
LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**		**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo oscuro**	
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de baja a media plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**	
PROFUNDIDAD:	**0,50 - 1,00**	**SONDEO:**	**1**	
COORDENADA:	**8°58'55.646"N 75°50'46.730"W**	**MUESTRA:**	**1**	

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	14	22	33
Recipiente No.	K34	D2	H64
P1	26.45	27.33	25.90
P2	21.87	22.95	21.90
P3	12.34	13.23	12.39
PW	4.58	4.38	4.00
PS	9.53	9.72	9.51
W (%)	48.06	45.06	42.06



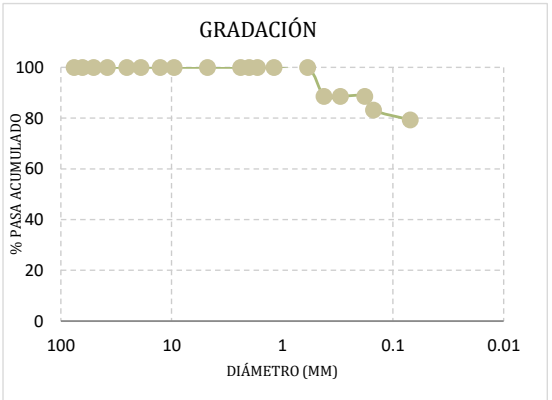
LÍMITE PLÁSTICO			**HUMEDAD NATURAL**
Recipiente No.	A23	H6	S03
P1	21.63	22.03	93.00
P2	19.62	19.26	87.00
P3	9.11	9.54	55.00
PW	2.01	2.77	6.00
PS	10.51	9.72	32.00
W (%)	19.12	28.50	18.8

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	44.1	%
Límite plástico	23.8	%
Índice plástico	20.2	%

Peso inicial:	**114.00**	**[gr]**	**Peso final:**	**23.60**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**				100.0
2 ½"	**64.0**				100.0
2"	**50.8**				100.0
1 ½"	**38.1**				100.0
1"	**25.4**				100.0
3/4"	**19.0**	0.0			100.0
1/2"	**12.7**	0.0			100.0
3/8"	**9.5**				100.0
4	**4.8**	0.0			100.0
8	**2.4**				100.0
10	**2.0**	0.0			100.0
12	**1.7**				100.0
16	**1.2**				100.0
30	**0.6**				100.0
40	**0.4**	13.0	11.4	11.4	88.6
50	**0.3**			11.4	88.6
80	**0.2**			11.4	88.6
100	**0.2**	6.2	5.4	16.8	83.2
200	**0.1**	4.4	3.9	20.7	79.3
Pasa 200		90.4	79.3	100.0	0.0
Total		114.00			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA	
Gravas	0.0 %
Arenas	20.7 %
Finos	79.3 %

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**16**
A.A.S.H.T.O.	**A-7-6**
U.S.C	**CL**



Jesus A. Sanchez

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

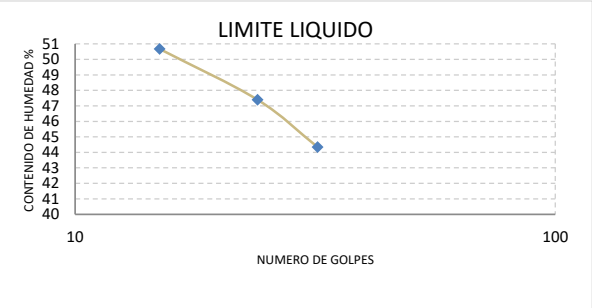
LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo oscuro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de baja a media plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**1,50 - 2.00**	**SONDEO:**	**1**
COORDENADA:	**8°58'55.646"N 75°50'46.730"W**	**MUESTRA:**	**2**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	15	24	32
Recipiente No.	S93	G90	F45
P1	33.44	31.92	35.90
P2	27.00	26.93	29.05
P3	14.29	16.40	13.60
PW	6.44	4.99	6.85
PS	12.71	10.53	15.45
W (%)	50.67	47.39	44.34



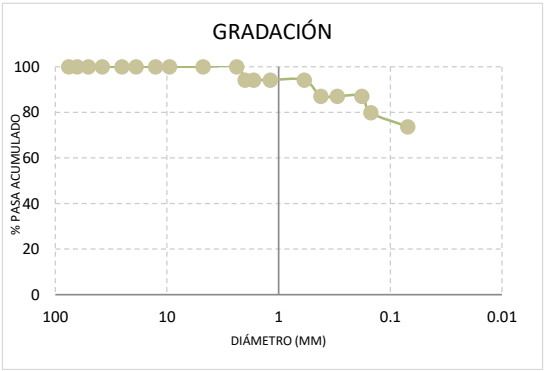
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	V05	S92	W23
P1	18.23	17.42	94.00
P2	16.37	15.76	87.00
P3	9.21	9.51	44.00
PW	1.86	1.66	7.00
PS	7.16	6.25	43.00
W (%)	25.98	26.56	16.28

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	46.6	%
Límite plástico	26.3	%
Índice plástico	20.4	%

Peso inicial:	**97.0**	**[gr]**	**Peso final:**	**25.50**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**	**5.6**	**5.8**	**5.8**	**94.2**
12	**1.7**		**0.0**	**5.8**	**94.2**
16	**1.2**		**0.0**	**5.8**	**94.2**
30	**0.6**		**0.0**	**5.8**	**94.2**
40	**0.4**	**6.9**	**7.1**	**12.9**	**87.1**
50	**0.3**		**0.0**	**12.9**	**87.1**
80	**0.2**		**0.0**	**12.9**	**87.1**
100	**0.2**	**7.0**	**7.2**	**20.1**	**79.9**
200	**0.1**	**6.0**	**6.2**	**26.3**	**73.7**
Pasa 200	**0.0**	**71.5**	**73.7**	**100.0**	**0.0**
Total		**97.0**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0	%
Arenas	26	%
Finos	74	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**15**
A.A.S.H.T.O.	**A-7-6**
U.S.C	**CL**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

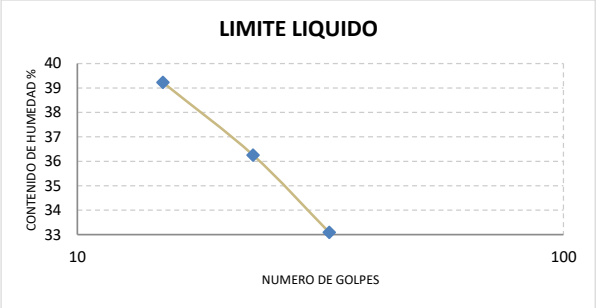
LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de plasticidad media**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**2,50 - 3,00**	**SONDEO:**	**1**
COORDENADA:	**8°58'55.646"N 75°50'46.730"W**	**MUESTRA:**	**3**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	15	23	33
Recipiente No.	H56	W34	B76
P1	30.55	29.10	28.50
P2	26.00	26.20	25.40
P3	14.40	18.20	16.03
PW	4.55	2.90	3.10
PS	11.60	8.00	9.37
W (%)	39.22	36.25	33.08



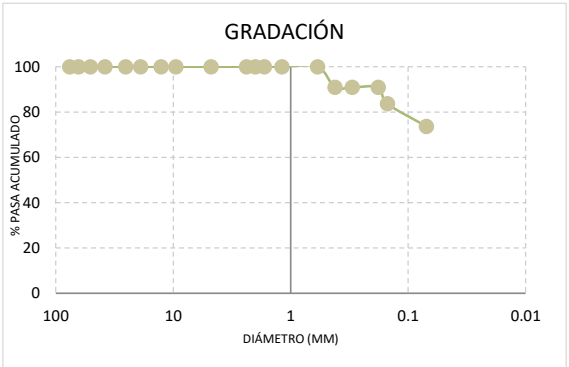
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	V67	F45	D23
P1	18.32	19.14	96.00
P2	17.60	18.18	88.00
P3	14.00	13.41	54.00
PW	0.72	0.96	8.00
PS	3.60	4.77	34.00
W (%)	20.00	20.13	23.53

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	35.37	%
Límite plástico	20.06	%
Índice plástico	15.30	%

Peso inicial:	**90.0**	**[gr]**	**Peso final:**	**23.70**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
12	**1.7**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
16	**1.2**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
30	**0.6**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
40	**0.4**	**8.2**	**9.1**	**9.1**	**90.9**
50	**0.3**		**0.0**	**9.1**	**90.9**
80	**0.2**		**0.0**	**9.1**	**90.9**
100	**0.2**	**6.5**	**7.2**	**16.3**	**83.7**
200	**0.1**	**9.0**	**10.0**	**26.3**	**73.7**
Pasa 200	**0.0**	**66.3**	**73.7**	**100.0**	**0.0**
Total		**90.0**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0.00	%
Arenas	26.33	%
Finos	73.67	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**10**
A.A.S.H.T.O.	**A-6**
U.S.C	**CL**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

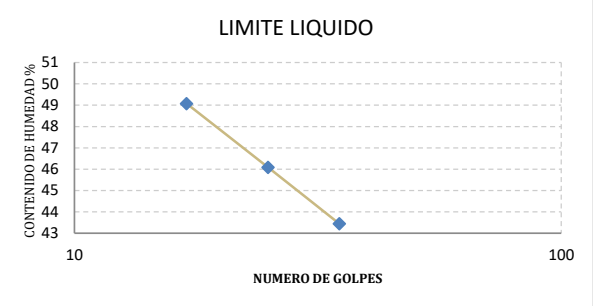
LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de baja a media plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**3,50 -4,00**	**SONDEO:**	**1**
COORDENADA:	**8°58'55.646"N 75°50'46.730"W**	**MUESTRA:**	**4**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	17	25	35
Recipiente No.	S92	A23	G66
P1	29.30	27.40	30.10
P2	24.00	23.93	25.56
P3	13.20	16.40	15.11
PW	5.30	3.47	4.54
PS	10.80	7.53	10.45
W (%)	49.07	46.08	43.44



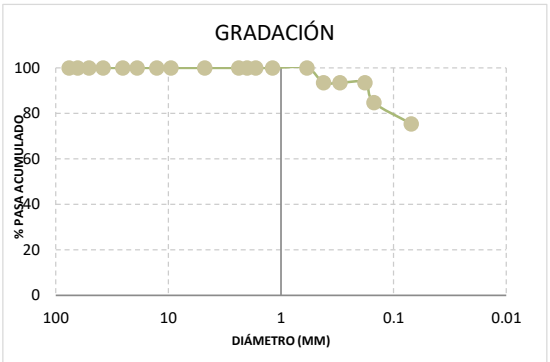
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			**HUMEDAD NATURAL**
Recipiente No.	L8	X8	R64
P1	18.09	19.27	93.00
P2	16.41	17.32	83.00
P3	10.16	9.43	34.00
PW	1.68	1.95	10.00
PS	6.25	7.89	49.00
W (%)	26.88	24.71	20.41

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	46.1	%
Límite plástico	25.8	%
Índice plástico	20.3	%

Peso inicial:	**86.0**	**[gr]**	**Peso final:**	**21.10**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
12	**1.7**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
16	**1.2**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
30	**0.6**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
40	**0.4**	**5.6**	**6.5**	**6.5**	**93.5**
50	**0.3**		**0.0**	**6.5**	**93.5**
80	**0.2**		**0.0**	**6.5**	**93.5**
100	**0.2**	**7.5**	**8.7**	**15.2**	**84.8**
200	**0.1**	**8.0**	**9.3**	**24.5**	**75.5**
Pasa 200	**0.0**	**64.9**	**75.5**	**100.0**	**0.0**
Total		**86.0**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0.00	%
Arenas	24.53	%
Finos	75.47	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**16**
A.A.S.H.T.O.	**A-7-6**
U.S.C	**CL**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

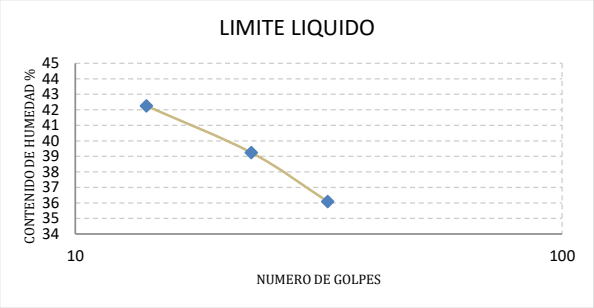
LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de plasticidad media**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**4,50 - 5,00**	**SONDEO:**	**1**
COORDENADA:	**8°58'55.646"N 75°50'46.730"W**	**MUESTRA:**	**5**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	14	23	33
Recipiente No.	C54	S34	J56
P1	30.40	32.65	31.75
P2	25.30	27.80	26.60
P3	13.23	15.44	12.33
PW	5.10	4.85	5.15
PS	12.07	12.36	14.27
W (%)	42.25	39.24	36.09



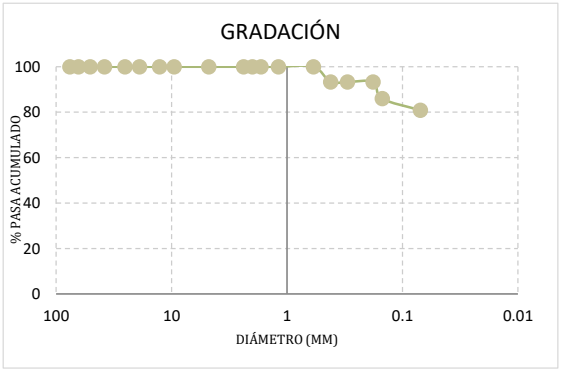
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	G45	S35	C55
P1	19.41	21.42	164.00
P2	17.41	19.18	143.00
P3	8.13	9.31	7.00
PW	2.00	2.24	21.00
PS	9.28	9.87	136.00
W (%)	21.55	22.70	15.44

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	38.28	%
Límite plástico	22.12	%
Índice plástico	16.16	%

Peso inicial:	**97.0**	**[gr]**	**Peso final:**	**18.60**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
12	**1.7**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
16	**1.2**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
30	**0.6**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
40	**0.4**	**6.5**	**6.7**	**6.7**	**93.3**
50	**0.3**		**0.0**	**6.7**	**93.3**
80	**0.2**		**0.0**	**6.7**	**93.3**
100	**0.2**	**7.1**	**7.3**	**14.0**	**86.0**
200	**0.1**	**5.0**	**5.2**	**19.2**	**80.8**
Pasa 200	**0.0**	**78.4**	**80.8**	**100.0**	**0.0**
Total		**97.0**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0.00	%
Arenas	19.18	%
Finos	80.82	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**13**
A.A.S.H.T.O.	**A-6**
U.S.C	**CL**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

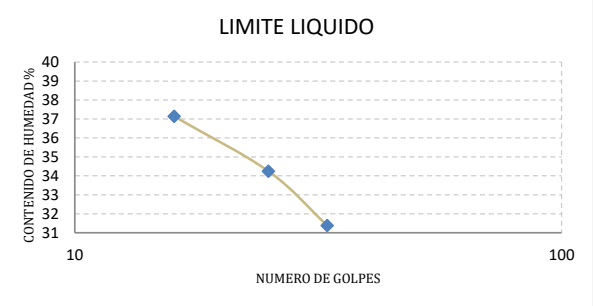
LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de plasticidad media**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**5,50 - 6,00**	**SONDEO:**	**1**
COORDENADA:	**8°58'55.646"N 75°50'46.730"W**	**MUESTRA:**	**6**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	16	25	33
Recipiente No.	S35	G45	E66
P1	29.45	33.23	31.12
P2	25.90	29.46	27.64
P3	16.34	18.45	16.55
PW	3.55	3.77	3.48
PS	9.56	11.01	11.09
W (%)	37.13	34.24	31.38



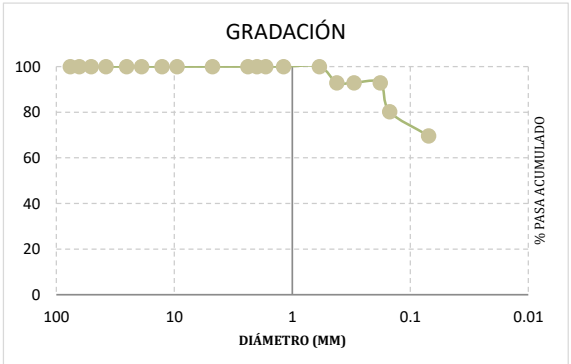
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	H56	D45	C45
P1	19.00	17.50	127.00
P2	17.70	16.10	122.00
P3	11.55	9.40	97.00
PW	1.30	1.40	5.00
PS	6.15	6.70	25.00
W (%)	21.14	20.90	20.00

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	33.81	%
Límite plástico	21.02	%
Índice plástico	12.80	%

Peso inicial:	**79.0**	**[gr]**	**Peso final:**	**24.00**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
12	**1.7**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
16	**1.2**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
30	**0.6**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
40	**0.4**	**5.6**	**7.1**	**7.1**	**92.9**
50	**0.3**		**0.0**	**7.1**	**92.9**
80	**0.2**		**0.0**	**7.1**	**92.9**
100	**0.2**	**10.0**	**12.7**	**19.7**	**80.3**
200	**0.1**	**8.4**	**10.6**	**30.4**	**69.6**
Pasa 200	**0.0**	**55.0**	**69.6**	**100.0**	**0.0**
Total		**79.0**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0.00	%
Arenas	30.38	%
Finos	69.62	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**7**
A.A.S.H.T.O.	**A-6**
U.S.C	**CL**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo oscuro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de baja a media plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**0,50 - 1,00**	**SONDEO:**	**1**
COORDENADA:	**8°58'55.646"N 75°50'46.730"W**	**MUESTRA:**	**1**

Diámetro	2.80	cm.
Alt. Inicial	5.70	cm.
Área	6.16	cm^2
Volumen	35.10	cm^3
P. Húmedo	69.00	gr.
P. Unitario	1.97	gr/cm^3
Alt. Final	5.49	cm.

γd max	1.66	gr/cm^3
W%	18.75	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.00	(kg/cm^2)
Cohesión	0.00	µ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00175	0.99825	6.168	0.0	0.000	0.00	0.18
0.20	0.00351	0.99649	6.179	0.0	0.000	0.00	0.35
0.40	0.00702	0.99298	6.201	0.0	0.000	0.00	0.70
0.60	0.01053	0.98947	6.223	0.0	0.000	0.00	1.05
0.90	0.01579	0.98421	6.256	0.0	0.000	0.00	1.58
1.20	0.02105	0.97895	6.290	0.0	0.000	0.00	2.11
1.50	0.02632	0.97368	6.324	0.0	0.000	0.00	2.63
1.80	0.03158	0.96842	6.358	0.0	0.000	0.00	3.16
2.10	0.03684	0.96316	6.393	0.0	0.000	0.00	3.68
2.50	0.04386	0.95614	6.440	0.0	0.000	0.00	4.39
3.00	0.05263	0.94737	6.500	0.0	0.000	0.00	5.26
3.50	0.06140	0.93860	6.560	0.0	0.000	0.00	6.14
3.80	0.06667	0.93333	6.597	0.0	0.000	0.00	6.67
	0.00000	1.00000	6.158		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

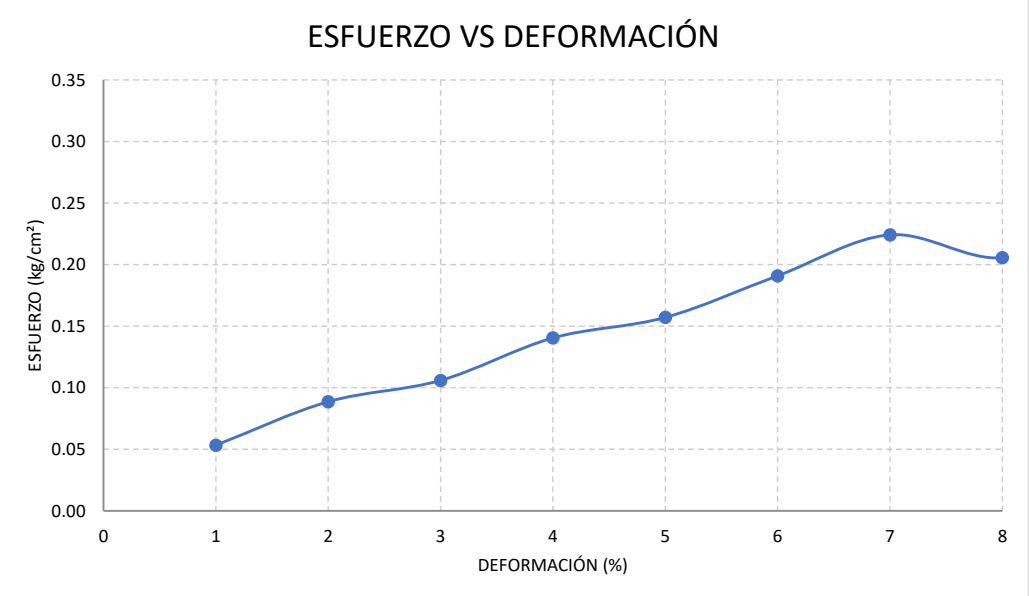
INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo oscuro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de baja a media plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**1,50 - 2.00**	**SONDEO:**	**1**
COORDENADA:	**8°58'55.646"N 75°50'46.730"W**	**MUESTRA:**	**2**

Diámetro	2.70	cm.
Alt. Inicial	4.70	cm.
Área	5.73	cm^2
Volumen	26.91	cm^3
P. Húmedo	58.00	gr.
P. Unitario	2.16	gr/cm^3
Alt. Final	4.32	cm.

γd max	1.85	gr/cm^3
W%	16.28	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.33	(kg/cm^2)
Cohesión	0.16	μ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00213	0.99787	5.738	3.0	0.306	0.05	0.21
0.22	0.00468	0.99532	5.752	5.0	0.510	0.09	0.47
0.41	0.00872	0.99128	5.776	6.0	0.612	0.11	0.87
0.67	0.01426	0.98574	5.808	8.0	0.816	0.14	1.43
0.93	0.01979	0.98021	5.841	9.0	0.918	0.16	1.98
1.20	0.02553	0.97447	5.876	11.0	1.122	0.19	2.55
1.49	0.03170	0.96830	5.913	13.0	1.326	0.22	3.17
1.80	0.03830	0.96170	5.954	12.0	1.224	0.21	3.83
2.15	0.04574	0.95426	6.000	14.0	1.428	0.24	4.57
2.58	0.05489	0.94511	6.058	15.0	1.530	0.25	5.49
2.98	0.06340	0.93660	6.113	16.0	1.632	0.27	6.34
3.58	0.07617	0.92383	6.198	20.0	2.039	0.33	7.62
3.81	0.08106	0.91894	6.231	15.0	1.530	0.25	8.11
	0.00000	1.00000	5.726		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

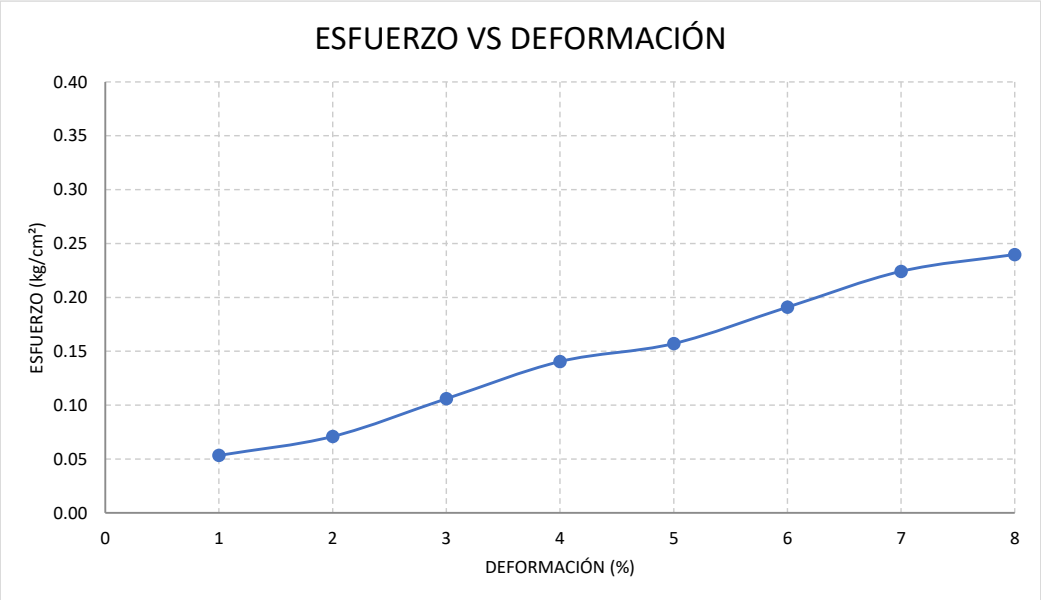
INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de plasticidad media**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**2,50 - 3,00**	**SONDEO:**	**4**
COORDENADA:	**8°58'23.93"N 75°51'41.48"W**	**MUESTRA:**	**3**

Diámetro	2.70	cm.
Alt. Inicial	4.70	cm.
Área	5.73	cm^2
Volumen	26.91	cm^3
P. Húmedo	57.00	gr.
P. Unitario	2.12	gr/cm^3
Alt. Final	4.32	cm.

γd max	1.71	gr/cm^3
W%	23.53	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.36	(kg/cm^2)
Cohesión	0.18	μ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00213	0.99787	5.738	3.0	0.306	0.05	0.21
0.22	0.00468	0.99532	5.752	4.0	0.408	0.07	0.47
0.41	0.00872	0.99128	5.776	6.0	0.612	0.11	0.87
0.67	0.01426	0.98574	5.808	8.0	0.816	0.14	1.43
0.93	0.01979	0.98021	5.841	9.0	0.918	0.16	1.98
1.20	0.02553	0.97447	5.876	11.0	1.122	0.19	2.55
1.49	0.03170	0.96830	5.913	13.0	1.326	0.22	3.17
1.80	0.03830	0.96170	5.954	14.0	1.428	0.24	3.83
2.15	0.04574	0.95426	6.000	15.0	1.530	0.25	4.57
2.58	0.05489	0.94511	6.058	18.0	1.835	0.30	5.49
2.98	0.06340	0.93660	6.113	19.0	1.937	0.32	6.34
3.58	0.07617	0.92383	6.198	22.0	2.243	0.36	7.62
3.81	0.08106	0.91894	6.231	18.0	1.835	0.29	8.11
	0.00000	1.00000	5.726		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

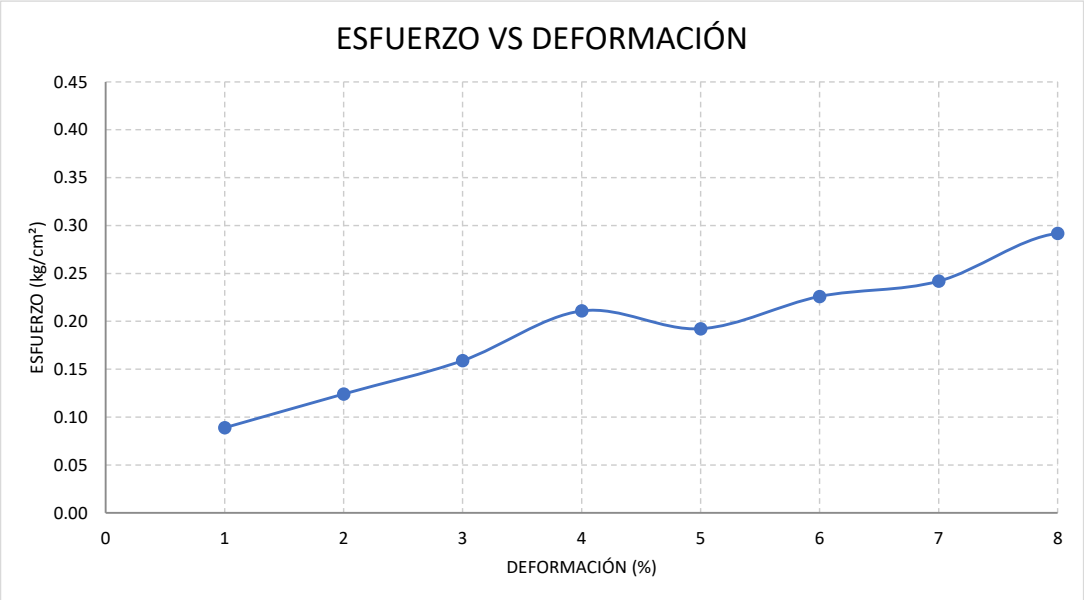
INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de baja a media plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**3,50 -4,00**	**SONDEO:**	**1**
COORDENADA:	**8°58'55.646"N 75°50'46.730"W**	**MUESTRA:**	**4**

Diámetro	2.70	cm.
Alt. Inicial	5.00	cm.
Área	5.73	cm^2
Volumen	28.63	cm^3
P. Húmedo	60.00	gr.
P. Unitario	2.10	gr/cm^3
Alt. Final	4.64	cm.

γd max	1.74	gr/cm^3
W%	20.41	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.40	(kg/cm^2)
Cohesión	0.20	μ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00200	0.99800	5.737	5.0	0.510	0.09	0.20
0.22	0.00440	0.99560	5.751	7.0	0.714	0.12	0.44
0.41	0.00820	0.99180	5.773	9.0	0.918	0.16	0.82
0.67	0.01340	0.98660	5.803	12.0	1.224	0.21	1.34
0.93	0.01860	0.98140	5.834	11.0	1.122	0.19	1.86
1.20	0.02400	0.97600	5.866	13.0	1.326	0.23	2.40
1.49	0.02980	0.97020	5.901	14.0	1.428	0.24	2.98
1.80	0.03600	0.96400	5.939	17.0	1.734	0.29	3.60
2.15	0.04300	0.95700	5.983	16.0	1.632	0.27	4.30
2.58	0.05160	0.94840	6.037	18.0	1.835	0.30	5.16
2.98	0.05960	0.94040	6.088	19.0	1.937	0.32	5.96
3.58	0.07160	0.92840	6.167	24.0	2.447	0.40	7.16
3.81	0.07620	0.92380	6.198	18.0	1.835	0.30	7.62
	0.00000	1.00000	5.726		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

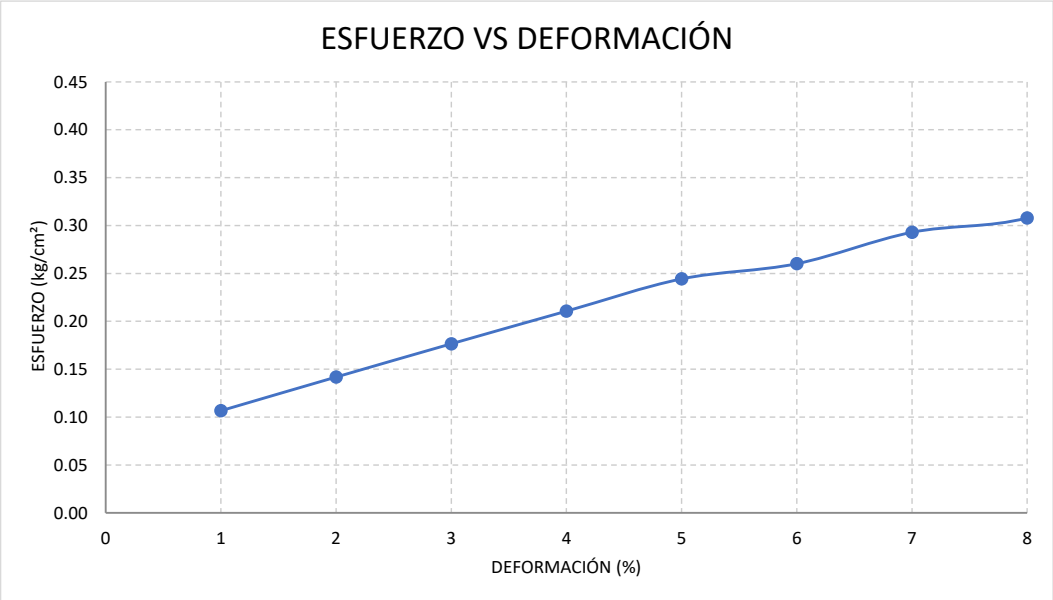
INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de plasticidad media**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**4,50 - 5,00**	**SONDEO:**	**1**
COORDENADA:	**8°58'55.646"N 75°50'46.730"W**	**MUESTRA:**	**5**

Diámetro	2.70	cm.
Alt. Inicial	4.60	cm.
Área	5.73	cm^2
Volumen	26.34	cm^3
P. Húmedo	56.00	gr.
P. Unitario	2.13	gr/cm^3
Alt. Final	4.60	cm.

γd max	1.84	gr/cm^3
W%	15.44	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.43	(kg/cm^2)
Cohesión	0.21	μ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00217	0.99783	5.738	6.0	0.612	0.11	0.22
0.22	0.00478	0.99522	5.753	8.0	0.816	0.14	0.48
0.41	0.00891	0.99109	5.777	10.0	1.020	0.18	0.89
0.67	0.01457	0.98543	5.810	12.0	1.224	0.21	1.46
0.93	0.02022	0.97978	5.844	14.0	1.428	0.24	2.02
1.20	0.02609	0.97391	5.879	15.0	1.530	0.26	2.61
1.49	0.03239	0.96761	5.917	17.0	1.734	0.29	3.24
1.80	0.03913	0.96087	5.959	18.0	1.835	0.31	3.91
2.15	0.04674	0.95326	6.006	21.0	2.141	0.36	4.67
2.58	0.05609	0.94391	6.066	22.0	2.243	0.37	5.61
2.98	0.06478	0.93522	6.122	23.0	2.345	0.38	6.48
3.58	0.07783	0.92217	6.209	26.0	2.651	0.43	7.78
3.81	0.08283	0.91717	6.243	23.0	2.345	0.38	8.28
	0.00000	1.00000	5.726		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

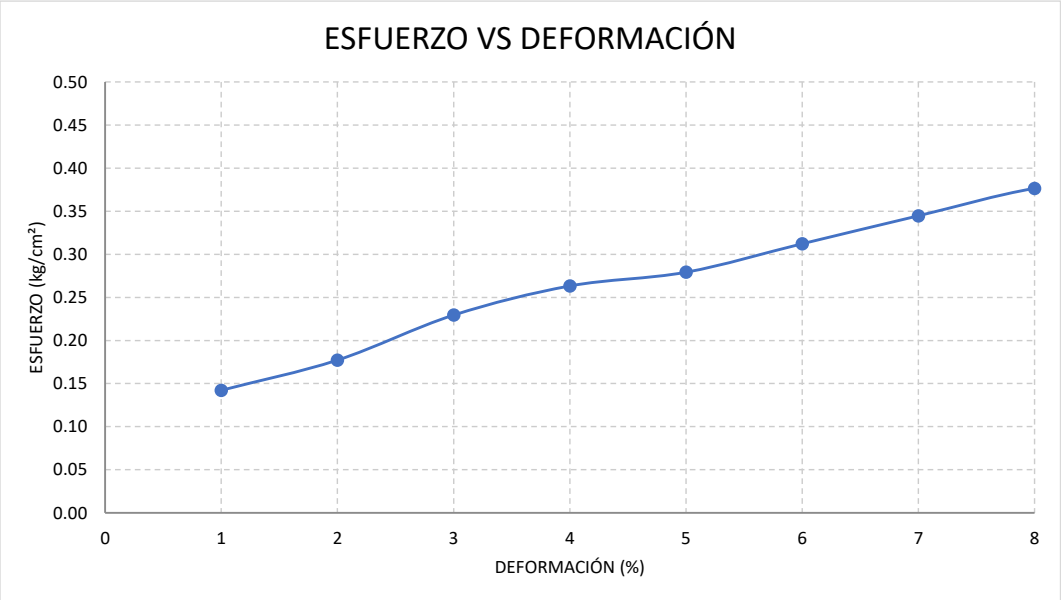
INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de plasticidad media**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**5,50 - 6,00**	**SONDEO:**	**1**
COORDENADA:	**8°58'55.646"N 75°50'46.730"W**	**MUESTRA:**	**6**

Diámetro	2.70	cm.
Alt. Inicial	4.60	cm.
Área	5.73	cm^2
Volumen	26.34	cm^3
P. Húmedo	56.00	gr.
P. Unitario	2.13	gr/cm^3
Alt. Final	4.60	cm.

γd max	1.772	gr/cm^3
W%	20.000	%
Áng. Rotura	0.000	°
qumax	0.460	(kg/cm^2)
Cohesión	0.230	µ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00217	0.99783	5.738	8.0	0.816	0.14	0.22
0.22	0.00478	0.99522	5.753	10.0	1.020	0.18	0.48
0.41	0.00891	0.99109	5.777	13.0	1.326	0.23	0.89
0.67	0.01457	0.98543	5.810	15.0	1.530	0.26	1.46
0.93	0.02022	0.97978	5.844	16.0	1.632	0.28	2.02
1.20	0.02609	0.97391	5.879	18.0	1.835	0.31	2.61
1.49	0.03239	0.96761	5.917	20.0	2.039	0.34	3.24
1.80	0.03913	0.96087	5.959	22.0	2.243	0.38	3.91
2.15	0.04674	0.95326	6.006	23.0	2.345	0.39	4.67
2.58	0.05609	0.94391	6.066	24.0	2.447	0.40	5.61
2.98	0.06478	0.93522	6.122	25.0	2.549	0.42	6.48
3.58	0.07783	0.92217	6.209	28.0	2.855	0.46	7.78
3.81	0.08283	0.91717	6.243	25.0	2.549	0.41	8.28
	0.00000	1.00000	5.726		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

PROYECTO:	CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CÓRDOBA	**FECHA:**	JULIO 2026
LOCALIZACIÓN:	SAN PELAYO CÓRDOBA	**SOLICITANTE**	**CVS**
SONDEO:	**2**	**COORDENADA:**	**8°58'30.94"N 75°51'20.34"W**

RESULTADOS

PROF. (m)	MUESTRA N°	CLASIFICACIÓN		PROF. MUESTRA (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Wn. (%)	LÍMITES ATTERBERG			GRADACIÓN			gt (g/cm³)	RESISTENCIA (kg/cm²)	N
		USCS	AASHTO					L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)		qu	
0.50																
	1	CL	A-7-6	0,50 - 1,00		Arcilla de baja a media plasticidad pardo oscuro	25.5	42.99	22.78	20.21	0.00	22.63	77.37	1.97	0.000	
1.00																
1.50																0
	2	CL	A-7-6	1,50 - 2,00		Arcilla de baja a media plasticidad pardo oscuro	15.4	43.38	23.26	20.11	0.00	32.00	68.00	2.16	0.395	2
2.00																2
2.50																4
	3	CL	A-6	2,50 - 3,00		Arcilla de media plasticidad pardo claro	23.5	35.37	17.51	17.85	0.00	32.63	67.37	2.12	0.411	4
3.00																5
3.50																5
	4	CL	A-7-6	3,50 - 4,00		Arcilla de baja a media plasticidad pardo claro	17.8	46.41	26.14	20.26	0.00	31.82	68.18	2.07	0.484	6
4.00																6
4.50																5
	5	CL	A-6	4,50 - 5,00		Arcilla de media plasticidad pardo claro	15.5	37.49	20.26	17.23	0.00	22.16	77.84	2.13	0.509	7
5.00																8
5.50																6
	6	CL	A-6	5,50 - 6,00		Arcilla de media plasticidad pardo claro	13.0	35.31	18.23	17.08	0.00	30.00	70.00	2.13	0.526	8
6.00																8

16

NIVEL FREÁTICO ENCONTRADO			
NO		PROFUNDIDAD	INICIAL :5.10 M
SI	X		FINAL :4.90 M

OBSERVACIONES:

* SONDEO CON SPT HASTA 6.00 m
* SITIO CON GEOLOGÍA HOMOGÉNEA

qu : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA.
γt : PESO UNITARIO TOTAL. - **N :** NÚMERO DE GOLPES/PIE CON EL ENSAYO DE S.P.T.
R.P.I : RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN INALTERADA

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

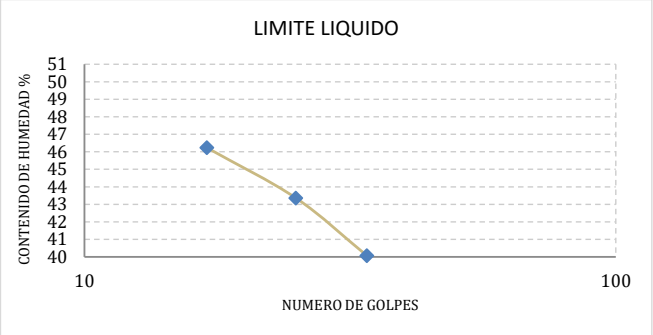
LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**		**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo oscuro**	
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de baja a media plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**	
PROFUNDIDAD:	**0,50 - 1,00**	**SONDEO:**	**2**	
COORDENADA:	**8°58'30.94"N 75°51'20.34"W**	**MUESTRA:**	**1**	

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	17	25	34
Recipiente No.	D34	D22	A23
P1	30.32	31.10	29.34
P2	25.90	26.30	24.90
P3	16.34	15.23	13.82
PW	4.42	4.80	4.44
PS	9.56	11.07	11.08
W (%)	46.23	43.36	40.07



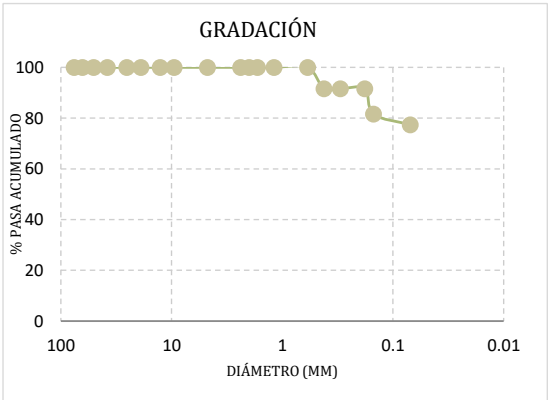
LÍMITE PLÁSTICO			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	S94	F46	B9
P1	18.01	17.35	91.00
P2	16.89	15.67	79.00
P3	9.64	10.09	32.00
PW	1.12	1.68	12.00
PS	7.25	5.58	47.00
W (%)	15.45	30.11	25.5

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	43.0	%
Límite plástico	22.8	%
Índice plástico	20.2	%

Peso inicial:	**95.00**	**[gr]**	**Peso final:**	**21.50**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**				100.0
2 ½"	**64.0**				100.0
2"	**50.8**				100.0
1 ½"	**38.1**				100.0
1"	**25.4**				100.0
3/4"	**19.0**	0.0			100.0
1/2"	**12.7**	0.0			100.0
3/8"	**9.5**	0.0			100.0
4	**4.8**	0.0			100.0
8	**2.4**				100.0
10	**2.0**	0.0			100.0
12	**1.7**				100.0
16	**1.2**				100.0
30	**0.6**				100.0
40	**0.4**	8.0	8.4	8.4	91.6
50	**0.3**			8.4	91.6
80	**0.2**			8.4	91.6
100	**0.2**	9.5	10.0	18.4	81.6
200	**0.1**	4.0	4.2	22.6	77.4
Pasa 200		73.5	77.4	100.0	0.0
Total		95.00			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA	
Gravas	0.0 %
Arenas	22.6 %
Finos	77.4 %

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**15**
A.A.S.H.T.O.	**A-7-6**
U.S.C	**CL**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

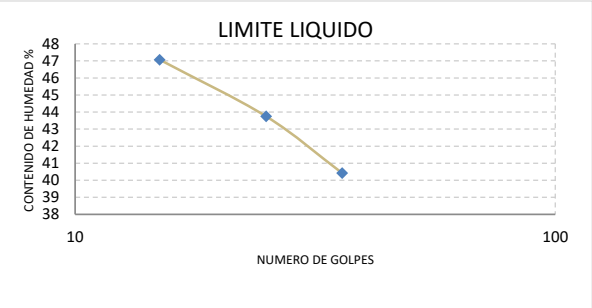
LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo oscuro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de baja a media plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**1,50 - 2.00**	**SONDEO:**	**2**
COORDENADA:	**8°58'30.94"N 75°51'20.34"W**	**MUESTRA:**	**2**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	15	25	36
Recipiente No.	X93	V77	D91
P1	31.26	34.38	32.85
P2	26.52	29.24	27.81
P3	16.45	17.49	15.34
PW	4.74	5.14	5.04
PS	10.07	11.75	12.47
W (%)	47.07	43.74	40.42



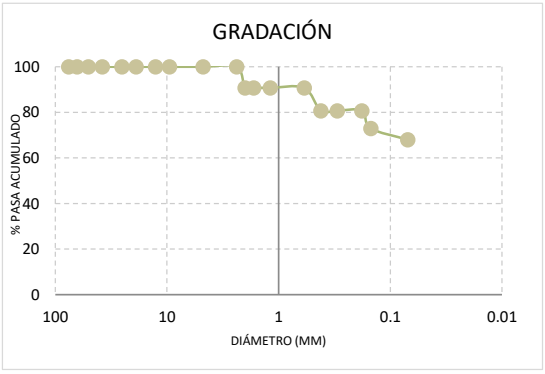
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	L4V	A3	F93
P1	16.80	17.82	88.00
P2	15.45	16.30	82.00
P3	10.15	9.08	43.00
PW	1.35	1.52	6.00
PS	5.30	7.22	39.00
W (%)	25.47	21.05	15.38

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	43.4	%
Límite plástico	23.3	%
Índice plástico	20.1	%

Peso inicial:	**80.0**	**[gr]**	**Peso final:**	**25.60**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**	**7.4**	**9.3**	**9.3**	**90.8**
12	**1.7**		**0.0**	**9.3**	**90.8**
16	**1.2**		**0.0**	**9.3**	**90.8**
30	**0.6**		**0.0**	**9.3**	**90.8**
40	**0.4**	**8.0**	**10.0**	**19.3**	**80.8**
50	**0.3**		**0.0**	**19.3**	**80.8**
80	**0.2**		**0.0**	**19.3**	**80.8**
100	**0.2**	**6.2**	**7.8**	**27.0**	**73.0**
200	**0.1**	**4.0**	**5.0**	**32.0**	**68.0**
Pasa 200	**0.0**	**54.4**	**68.0**	**100.0**	**0.0**
Total		**80.0**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0	%
Arenas	32	%
Finos	68	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**13**
A.A.S.H.T.O.	**A-7-6**
U.S.C	**CL**



Jesus A. Sanchez

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

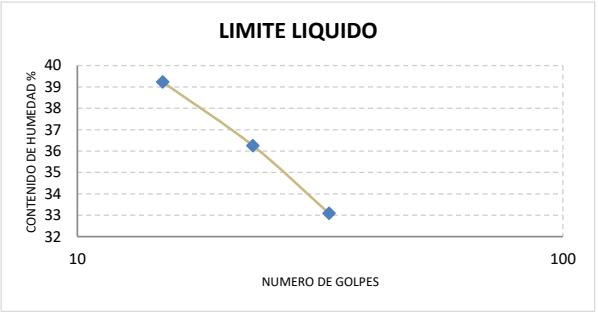
LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de plasticidad media**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**2,50 - 3,00**	**SONDEO:**	**2**
COORDENADA:	**8°58'30.94"N 75°51'20.34"W**	**MUESTRA:**	**3**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	15	23	33
Recipiente No.	H56	W34	B76
P1	30.55	29.10	28.50
P2	26.00	26.20	25.40
P3	14.40	18.20	16.03
PW	4.55	2.90	3.10
PS	11.60	8.00	9.37
W (%)	39.22	36.25	33.08



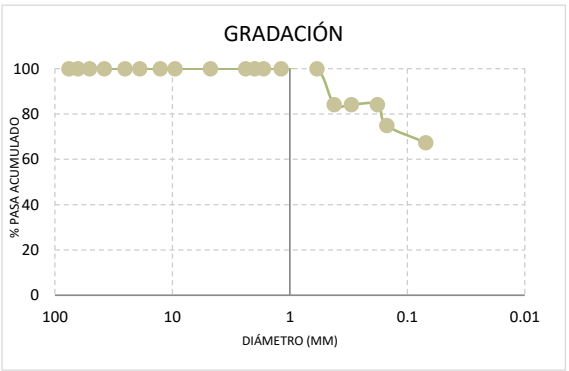
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	V67	F45	D23
P1	17.98	19.11	96.00
P2	17.58	18.02	88.00
P3	14.00	13.45	54.00
PW	0.40	1.09	8.00
PS	3.58	4.57	34.00
W (%)	11.17	23.85	23.53

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	35.37	%
Límite plástico	17.51	%
Índice plástico	17.85	%

Peso inicial:	76.0	[gr]	Peso final:	23.70	[gr]
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
12	**1.7**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
16	**1.2**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
30	**0.6**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
40	**0.4**	**12.0**	**15.8**	**15.8**	**84.2**
50	**0.3**		**0.0**	**15.8**	**84.2**
80	**0.2**		**0.0**	**15.8**	**84.2**
100	**0.2**	**7.0**	**9.2**	**25.0**	**75.0**
200	**0.1**	**5.8**	**7.6**	**32.6**	**67.4**
Pasa 200	**0.0**	**51.2**	**67.4**	**100.0**	**0.0**
Total		**76.0**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0.00	%
Arenas	32.63	%
Finos	67.37	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**10**
A.A.S.H.T.O.	**A-6**
U.S.C	**CL**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

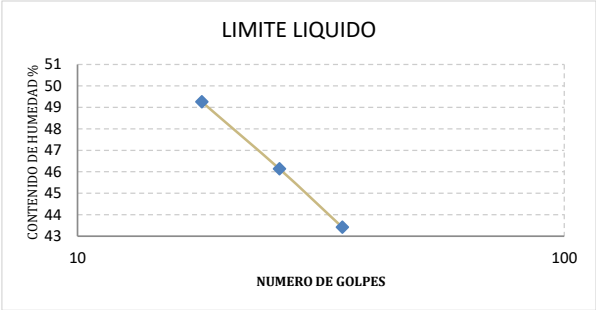
LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA	FECHA:	JULIO 2026
LOCALIZACIÓN:	SAN PELAYO CORDOBA	COLOR:	pardo claro
DESCRIPCIÓN:	Arcilla de baja a media plasticidad	SOLICITANTE:	CVS
PROFUNDIDAD:	3,50 -4,00	SONDEO:	2
COORDENADA:	8°58'30.94"N 75°51'20.34"W	MUESTRA:	4

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	18	26	35
Recipiente No.	K4	S99	V85
P1	32.32	34.31	31.82
P2	28.00	29.00	27.60
P3	19.23	17.49	17.88
PW	4.32	5.31	4.22
PS	8.77	11.51	9.72
W (%)	49.26	46.13	43.42



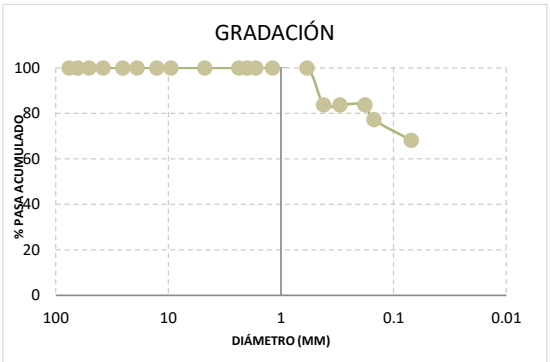
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	D03	S83	A26
P1	17.42	18.33	96.00
P2	15.96	16.81	88.00
P3	10.23	11.14	43.00
PW	1.46	1.52	8.00
PS	5.73	5.67	45.00
W (%)	25.48	26.81	17.78

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	46.4	%
Límite plástico	26.1	%
Índice plástico	20.3	%

Peso inicial:	99.0	[gr]	Peso final:	31.50	[gr]
Tamiz, plg	Tamiz, mm	Peso (g)	% Retenido	% Ret. acum.	% Pasa
3"	76.1		0.0	0.0	100.0
2 ½"	64.0		0.0	0.0	100.0
2"	50.8		0.0	0.0	100.0
1 ½"	38.1		0.0	0.0	100.0
1"	25.4		0.0	0.0	100.0
3/4"	19.0		0.0	0.0	100.0
1/2"	12.7		0.0	0.0	100.0
3/8"	9.5		0.0	0.0	100.0
4	4.8	0.0	0.0	0.0	100.0
8	2.4		0.0	0.0	100.0
10	2.0	0.0	0.0	0.0	100.0
12	1.7		0.0	0.0	100.0
16	1.2		0.0	0.0	100.0
30	0.6		0.0	0.0	100.0
40	0.4	16.0	16.2	16.2	83.8
50	0.3		0.0	16.2	83.8
80	0.2		0.0	16.2	83.8
100	0.2	6.5	6.6	22.7	77.3
200	0.1	9.0	9.1	31.8	68.2
Pasa 200	0.0	67.5	68.2	100.0	0.0
Total		99.0			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0.00	%
Arenas	31.82	%
Finos	68.18	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	13
A.A.S.H.T.O.	A-7-6
U.S.C	CL



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

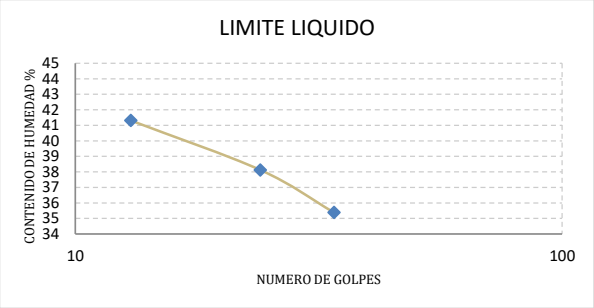
LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de plasticidad media**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**4,50 - 5,00**	**SONDEO:**	**2**
COORDENADA:	**8°58'30.94"N 75°51'20.34"W**	**MUESTRA:**	**5**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	13	24	34
Recipiente No.	V67	X56	J76
P1	32.34	31.10	32.60
P2	27.30	26.27	28.00
P3	15.10	13.60	15.00
PW	5.04	4.83	4.60
PS	12.20	12.67	13.00
W (%)	41.31	38.12	35.38



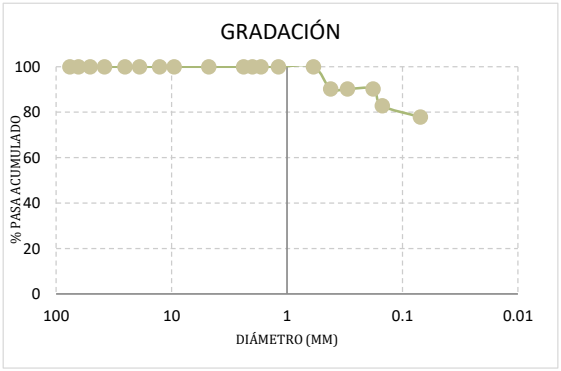
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	C6	B7	C6
P1	17.12	16.32	92.00
P2	15.78	15.36	83.00
P3	9.80	10.06	25.00
PW	1.34	0.96	9.00
PS	5.98	5.30	58.00
W (%)	22.41	18.11	15.52

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	37.49	%
Límite plástico	20.26	%
Índice plástico	17.23	%

Peso inicial:	**88.0**	**[gr]**	**Peso final:**	**19.50**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
12	**1.7**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
16	**1.2**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
30	**0.6**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
40	**0.4**	**8.6**	**9.8**	**9.8**	**90.2**
50	**0.3**		**0.0**	**9.8**	**90.2**
80	**0.2**		**0.0**	**9.8**	**90.2**
100	**0.2**	**6.5**	**7.4**	**17.2**	**82.8**
200	**0.1**	**4.4**	**5.0**	**22.2**	**77.8**
Pasa 200	**0.0**	**68.5**	**77.8**	**100.0**	**0.0**
Total		**88.0**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0.00	%
Arenas	22.16	%
Finos	77.84	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**13**
A.A.S.H.T.O.	**A-6**
U.S.C	**CL**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

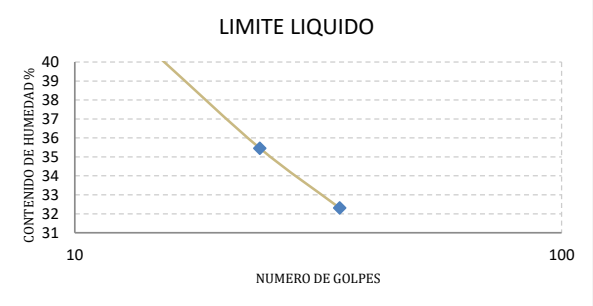
LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de plasticidad media**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**5,50 - 6,00**	**SONDEO:**	**2**
COORDENADA:	**8°58'30.94"N 75°51'20.34"W**	**MUESTRA:**	**6**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	15	24	35
Recipiente No.	V6	E45	J54
P1	31.10	30.60	32.30
P2	26.60	26.70	28.10
P3	15.40	15.70	15.10
PW	4.50	3.90	4.20
PS	11.20	11.00	13.00
W (%)	40.18	35.45	32.31



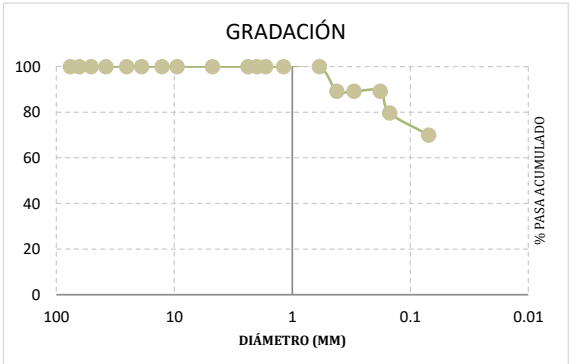
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	C65	G45	S4
P1	17.33	16.36	94.00
P2	15.87	15.21	87.00
P3	8.10	8.70	33.00
PW	1.46	1.15	7.00
PS	7.77	6.51	54.00
W (%)	18.79	17.67	12.96

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	35.31	%
Límite plástico	18.23	%
Índice plástico	17.08	%

Peso inicial:	**93.0**	**[gr]**	**Peso final:**	**27.90**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
12	**1.7**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
16	**1.2**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
30	**0.6**		**0.0**	**0.0**	**100.0**
40	**0.4**	**10.0**	**10.8**	**10.8**	**89.2**
50	**0.3**		**0.0**	**10.8**	**89.2**
80	**0.2**		**0.0**	**10.8**	**89.2**
100	**0.2**	**8.9**	**9.6**	**20.3**	**79.7**
200	**0.1**	**9.0**	**9.7**	**30.0**	**70.0**
Pasa 200	**0.0**	**65.1**	**70.0**	**100.0**	**0.0**
Total		**93.0**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0.00	%
Arenas	30.00	%
Finos	70.00	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**10**
A.A.S.H.T.O.	**A-6**
U.S.C	**CL**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo oscuro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de baja a media plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**0,50 - 1,00**	**SONDEO:**	**2**
COORDENADA:	**8°58'55.646"N 75°50'46.730"W**	**MUESTRA:**	**1**

Diámetro	2.80	cm.
Alt. Inicial	5.70	cm.
Área	6.16	cm^2
Volumen	35.10	cm^3
P. Húmedo	69.00	gr.
P. Unitario	1.97	gr/cm^3
Alt. Final	5.49	cm.

γd max	1.57	gr/cm^3
W%	25.53	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.00	(kg/cm^2)
Cohesión	0.00	µ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00175	0.99825	6.168	0.0	0.000	0.00	0.18
0.20	0.00351	0.99649	6.179	0.0	0.000	0.00	0.35
0.40	0.00702	0.99298	6.201	0.0	0.000	0.00	0.70
0.60	0.01053	0.98947	6.223	0.0	0.000	0.00	1.05
0.90	0.01579	0.98421	6.256	0.0	0.000	0.00	1.58
1.20	0.02105	0.97895	6.290	0.0	0.000	0.00	2.11
1.50	0.02632	0.97368	6.324	0.0	0.000	0.00	2.63
1.80	0.03158	0.96842	6.358	0.0	0.000	0.00	3.16
2.10	0.03684	0.96316	6.393	0.0	0.000	0.00	3.68
2.50	0.04386	0.95614	6.440	0.0	0.000	0.00	4.39
3.00	0.05263	0.94737	6.500	0.0	0.000	0.00	5.26
3.50	0.06140	0.93860	6.560	0.0	0.000	0.00	6.14
3.80	0.06667	0.93333	6.597	0.0	0.000	0.00	6.67
	0.00000	1.00000	6.158		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

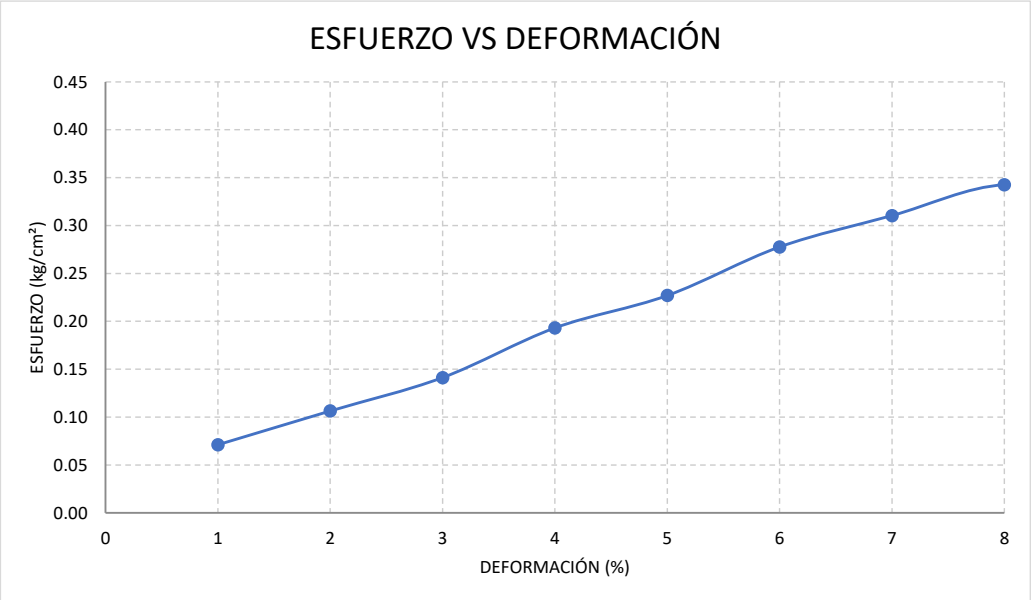
INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo oscuro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de baja a media plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**1,50 - 2.00**	**SONDEO:**	**2**
COORDENADA:	**8°58'30.94"N 75°51'20.34"W**	**MUESTRA:**	**2**

Diámetro	2.70	cm.
Alt. Inicial	4.70	cm.
Área	5.73	cm^2
Volumen	26.91	cm^3
P. Húmedo	58.00	gr.
P. Unitario	2.16	gr/cm^3
Alt. Final	4.32	cm.

γd max	1.87	gr/cm^3
W%	15.38	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.39	(kg/cm^2)
Cohesión	0.20	μ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00213	0.99787	5.738	4.0	0.408	0.07	0.21
0.22	0.00468	0.99532	5.752	6.0	0.612	0.11	0.47
0.41	0.00872	0.99128	5.776	8.0	0.816	0.14	0.87
0.67	0.01426	0.98574	5.808	11.0	1.122	0.19	1.43
0.93	0.01979	0.98021	5.841	13.0	1.326	0.23	1.98
1.20	0.02553	0.97447	5.876	16.0	1.632	0.28	2.55
1.49	0.03170	0.96830	5.913	18.0	1.835	0.31	3.17
1.80	0.03830	0.96170	5.954	20.0	2.039	0.34	3.83
2.15	0.04574	0.95426	6.000	19.0	1.937	0.32	4.57
2.58	0.05489	0.94511	6.058	21.0	2.141	0.35	5.49
2.98	0.06340	0.93660	6.113	22.0	2.243	0.37	6.34
3.58	0.07617	0.92383	6.198	24.0	2.447	0.39	7.62
3.81	0.08106	0.91894	6.231	20.0	2.039	0.33	8.11
	0.00000	1.00000	5.726		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

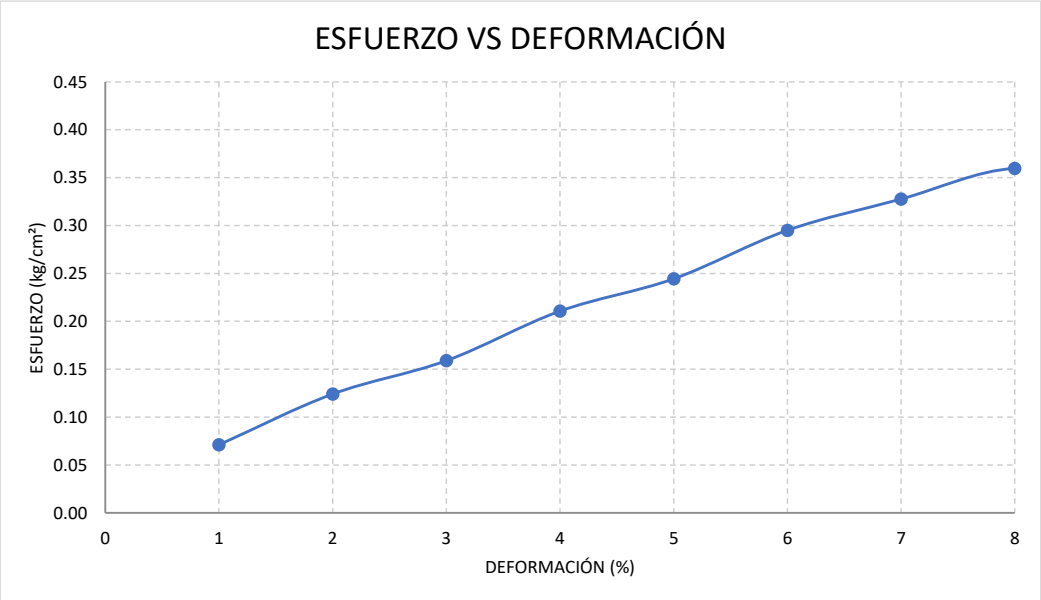
INV E-152-13

PROYECTO:	CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA	**FECHA:**	JULIO 2026
LOCALIZACIÓN:	SAN PELAYO CORDOBA	**COLOR:**	pardo claro
DESCRIPCIÓN:	Arcilla de plasticidad media	**SOLICITANTE:**	CVS
PROFUNDIDAD:	2,50 - 3,00	**SONDEO:**	2
COORDENADA:	8°58'30.94"N 75°51'20.34"W	**MUESTRA:**	3

Diámetro	2.70	cm.
Alt. Inicial	4.70	cm.
Área	5.73	cm^2
Volumen	26.91	cm^3
P. Húmedo	57.00	gr.
P. Unitario	2.12	gr/cm^3
Alt. Final	4.32	cm.

γd max	1.71	gr/cm^3
W%	23.53	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.41	(kg/cm^2)
Cohesión	0.21	μ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00213	0.99787	5.738	4.0	0.408	0.07	0.21
0.22	0.00468	0.99532	5.752	7.0	0.714	0.12	0.47
0.41	0.00872	0.99128	5.776	9.0	0.918	0.16	0.87
0.67	0.01426	0.98574	5.808	12.0	1.224	0.21	1.43
0.93	0.01979	0.98021	5.841	14.0	1.428	0.24	1.98
1.20	0.02553	0.97447	5.876	17.0	1.734	0.30	2.55
1.49	0.03170	0.96830	5.913	19.0	1.937	0.33	3.17
1.80	0.03830	0.96170	5.954	21.0	2.141	0.36	3.83
2.15	0.04574	0.95426	6.000	20.0	2.039	0.34	4.57
2.58	0.05489	0.94511	6.058	21.0	2.141	0.35	5.49
2.98	0.06340	0.93660	6.113	22.0	2.243	0.37	6.34
3.58	0.07617	0.92383	6.198	25.0	2.549	0.41	7.62
3.81	0.08106	0.91894	6.231	21.0	2.141	0.34	8.11
	0.00000	1.00000	5.726		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

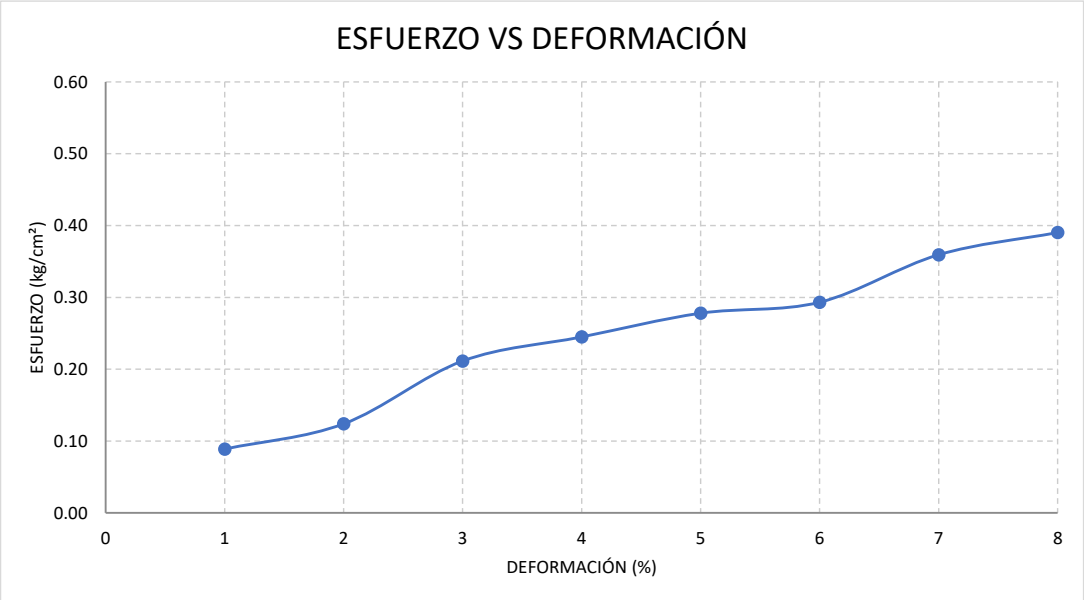
INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de baja a media plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**3,50 -4,00**	**SONDEO:**	**2**
COORDENADA:	**8°58'30.94"N 75°51'20.34"W**	**MUESTRA:**	**4**

Diámetro	2.70	cm.
Alt. Inicial	3.80	cm.
Área	5.73	cm^2
Volumen	21.76	cm^3
P. Húmedo	45.00	gr.
P. Unitario	2.07	gr/cm^3
Alt. Final	3.44	cm.

γd max	1.76	gr/cm^3
W%	17.78	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.48	(kg/cm^2)
Cohesión	0.24	µ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00263	0.99737	5.741	5.0	0.510	0.09	0.26
0.22	0.00579	0.99421	5.759	7.0	0.714	0.12	0.58
0.41	0.01079	0.98921	5.788	12.0	1.224	0.21	1.08
0.67	0.01763	0.98237	5.828	14.0	1.428	0.24	1.76
0.93	0.02447	0.97553	5.869	16.0	1.632	0.28	2.45
1.20	0.03158	0.96842	5.912	17.0	1.734	0.29	3.16
1.49	0.03921	0.96079	5.959	21.0	2.141	0.36	3.92
1.80	0.04737	0.95263	6.010	23.0	2.345	0.39	4.74
2.15	0.05658	0.94342	6.069	25.0	2.549	0.42	5.66
2.58	0.06789	0.93211	6.143	26.0	2.651	0.43	6.79
2.98	0.07842	0.92158	6.213	27.0	2.753	0.44	7.84
3.58	0.09421	0.90579	6.321	30.0	3.059	0.48	9.42
3.81	0.10026	0.89974	6.364	28.0	2.855	0.45	10.03
	0.00000	1.00000	5.726		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

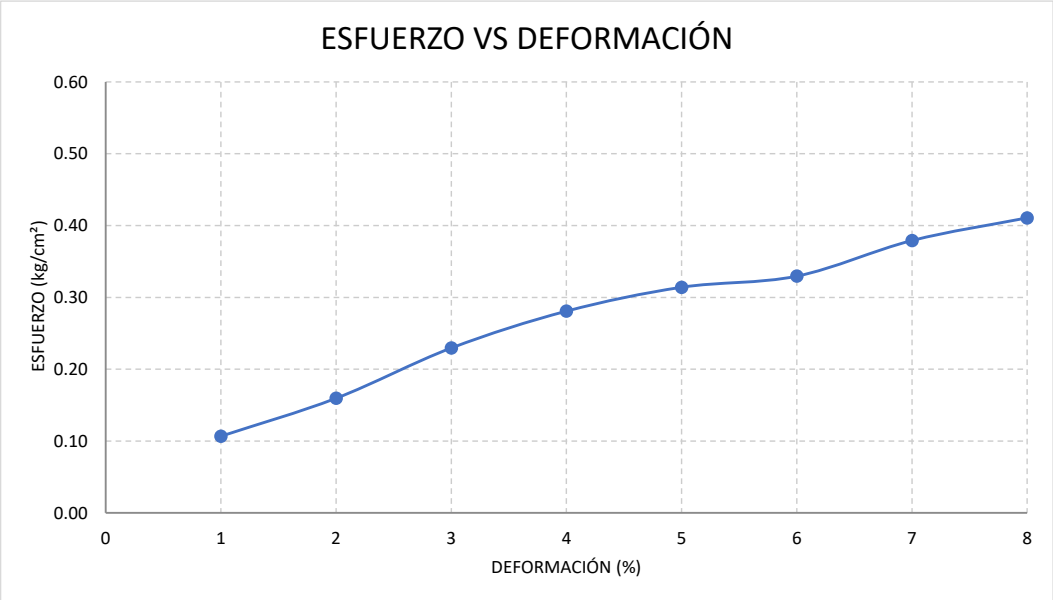
INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**4,50 - 5,00**	**SONDEO:**	**2**
COORDENADA:	**8°58'55.646"N 75°50'46.730"W**	**MUESTRA:**	**5**

Diámetro	2.70	cm.
Alt. Inicial	4.60	cm.
Área	5.73	cm^2
Volumen	26.34	cm^3
P. Húmedo	56.00	gr.
P. Unitario	2.13	gr/cm^3
Alt. Final	4.60	cm.

γd max	1.84	gr/cm^3
W%	15.52	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.51	(kg/cm^2)
Cohesión	0.25	μ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00217	0.99783	5.738	6.0	0.612	0.11	0.22
0.22	0.00478	0.99522	5.753	9.0	0.918	0.16	0.48
0.41	0.00891	0.99109	5.777	13.0	1.326	0.23	0.89
0.67	0.01457	0.98543	5.810	16.0	1.632	0.28	1.46
0.93	0.02022	0.97978	5.844	18.0	1.835	0.31	2.02
1.20	0.02609	0.97391	5.879	19.0	1.937	0.33	2.61
1.49	0.03239	0.96761	5.917	22.0	2.243	0.38	3.24
1.80	0.03913	0.96087	5.959	24.0	2.447	0.41	3.91
2.15	0.04674	0.95326	6.006	26.0	2.651	0.44	4.67
2.58	0.05609	0.94391	6.066	27.0	2.753	0.45	5.61
2.98	0.06478	0.93522	6.122	28.0	2.855	0.47	6.48
3.58	0.07783	0.92217	6.209	31.0	3.161	0.51	7.78
3.81	0.08283	0.91717	6.243	29.0	2.957	0.47	8.28
	0.00000	1.00000	5.726		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

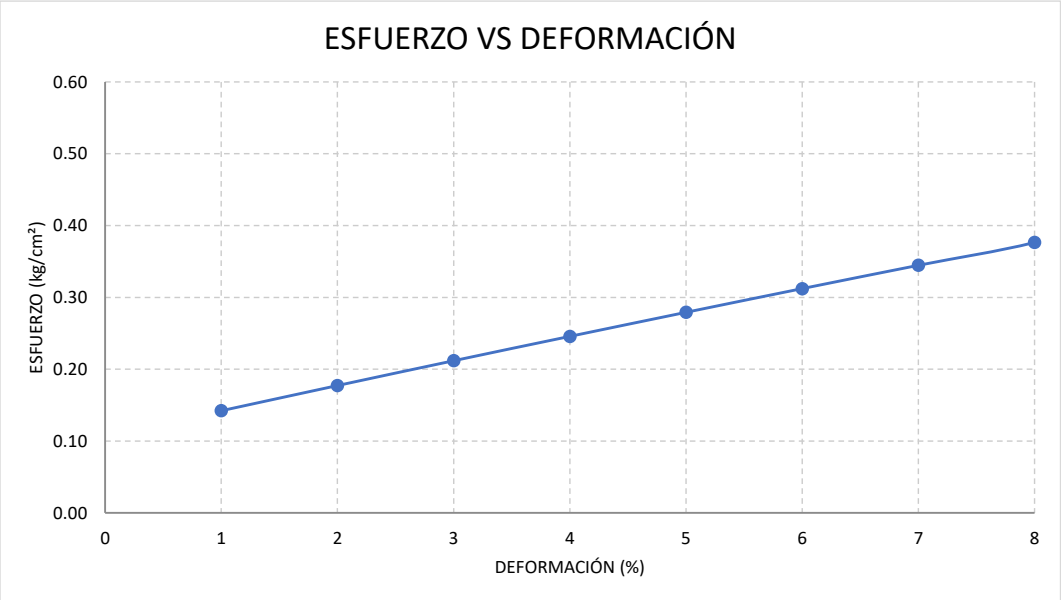
INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo oscuro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de plasticidad media**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**5,50 - 6,00**	**SONDEO:**	**2**
COORDENADA:	**8°58'30.94"N 75°51'20.34"W**	**MUESTRA:**	**6**

Diámetro	2.70	cm.
Alt. Inicial	4.60	cm.
Área	5.73	cm^2
Volumen	26.34	cm^3
P. Húmedo	56.00	gr.
P. Unitario	2.13	gr/cm^3
Alt. Final	4.60	cm.

γd max	1.882	gr/cm^3
W%	12.963	%
Áng. Rotura	0.000	°
qumax	0.526	(kg/cm^2)
Cohesión	0.263	μ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00217	0.99783	5.738	8.0	0.816	0.14	0.22
0.22	0.00478	0.99522	5.753	10.0	1.020	0.18	0.48
0.41	0.00891	0.99109	5.777	12.0	1.224	0.21	0.89
0.67	0.01457	0.98543	5.810	14.0	1.428	0.25	1.46
0.93	0.02022	0.97978	5.844	16.0	1.632	0.28	2.02
1.20	0.02609	0.97391	5.879	18.0	1.835	0.31	2.61
1.49	0.03239	0.96761	5.917	20.0	2.039	0.34	3.24
1.80	0.03913	0.96087	5.959	22.0	2.243	0.38	3.91
2.15	0.04674	0.95326	6.006	25.0	2.549	0.42	4.67
2.58	0.05609	0.94391	6.066	27.0	2.753	0.45	5.61
2.98	0.06478	0.93522	6.122	29.0	2.957	0.48	6.48
3.58	0.07783	0.92217	6.209	32.0	3.263	0.53	7.78
3.81	0.08283	0.91717	6.243	30.0	3.059	0.49	8.28
	0.00000	1.00000	5.726		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

PROYECTO:	CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CÓRDOBA	**FECHA:**	JULIO 2026
LOCALIZACIÓN:	SAN PELAYO CÓRDOBA	**SOLICITANTE**	**CVS**
SONDEO:	**3**	**COORDENADA:**	**8°58'35.32"N 75°51'0.55"W**

RESULTADOS

PROF. (m)	MUESTRA N°	CLASIFICACIÓN		PROF. MUESTRA (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Wn. (%)	LÍMITES ATTERBERG			GRADACIÓN			gt (g/cm³)	RESISTENCIA (kg/cm²)	N
		USCS	AASHTO					L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)		qu	
0.50																0
	1	ML	A-7-6	0,50 - 1,00		Limo de mediana plasticidad pardo oscuro	23.11	46.38	27.32	19.1	0.0	21.68	78.32	1.97	0.000	0
1.00																0
1.50																1
	2	ML	A-7-6	1,50 - 2,00		Limo de mediana plasticidad pardo oscuro	15.81	46.28	27.16	19.1	0.0	29.16	70.84	2.08	0.341	1
2.00																2
2.50																3
	3	CL	A-7-6	2,50 - 3,00		Arcilla de mediana plasticidad pardo claro	22.79	46.83	25.25	21.6	0.0	29.53	70.47	2.12	0.395	3
3.00																5
3.50																4
	4	ML	A-7-6	3,50 - 4,00		Limo de mediana plasticidad pardo claro	19.02	48.09	27.67	20.4	0.0	28.79	71.21	2.08	0.409	5
4.00																6
4.50																5
	5	CL	A-7-6	4,50 - 5,00		Arcilla de mediana plasticidad pardo claro	15.47	42.06	21.88	20.2	0.0	20.74	79.26	2.13	0.476	6
5.00																7
5.50																6
	6	CL	A-7-6	5,50 - 6,00		Arcilla de plasticidad media pardo claro	14.90	40.29	20.75	19.5	0.0	30.16	69.84	2.12	0.512	7
6.00																8
																15

NIVEL FREÁTICO ENCONTRADO			
NO		PROFUNDIDAD	INICIAL :5.10 M
SI	X		FINAL :4.90 M

OBSERVACIONES:

* SONDEO CON SPT HASTA 6,00 m
* SITIO CON GEOLOGÍA HOMOGÉNEA

qu : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA.
γt : PESO UNITARIO TOTAL. - **N :** NÚMERO DE GOLPES/PIE CON EL ENSAYO DE S.P.T.
R.P.I : RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN INALTERADA

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

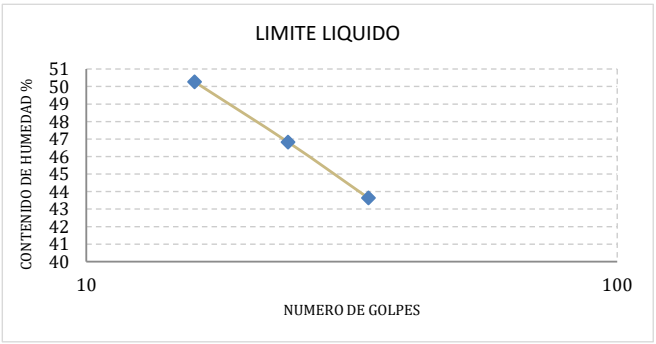
LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**		**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo oscuro**	
DESCRIPCIÓN:	**Limo de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**	
PROFUNDIDAD:	**0,50 - 1,00**	**SONDEO:**	**3**	
COORDENADA:	**8°58'35.32"N 75°51'0.55"W**	**MUESTRA:**	**1**	

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	16	24	34
Recipiente No.	K34	D2	H64
P1	28.77	29.57	27.99
P2	24.01	24.71	23.49
P3	14.54	14.33	13.18
PW	4.76	4.86	4.50
PS	9.47	10.38	10.31
W (%)	50.26	46.82	43.63



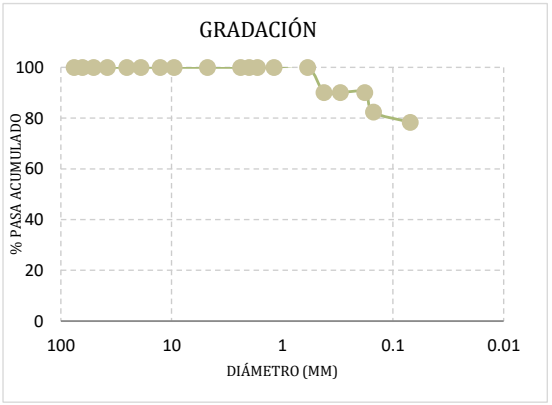
LÍMITE PLÁSTICO			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	A23	H6	S03
P1	20.61	18.98	91.90
P2	17.91	17.21	82.60
P3	9.28	9.63	42.35
PW	2.70	1.77	9.30
PS	8.63	7.58	40.25
W (%)	31.29	23.35	23.11

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	46.4	%
Límite plástico	27.3	%
Índice plástico	19.1	%

Peso inicial:	**103.6**	**[gr]**	**Peso final:**	**22.45**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**				100.0
2 ½"	**64.0**				100.0
2"	**50.8**				100.0
1 ½"	**38.1**				100.0
1"	**25.4**				100.0
3/4"	**19.0**				100.0
1/2"	**12.7**				100.0
3/8"	**9.5**				100.0
4	**4.8**				100.0
8	**2.4**				100.0
10	**2.0**				100.0
12	**1.7**				100.0
16	**1.2**				100.0
30	**0.6**				100.0
40	**0.4**	10.3	9.9	9.9	90.1
50	**0.3**			9.9	90.1
80	**0.2**			9.9	90.1
100	**0.2**	8.0	7.7	17.6	82.4
200	**0.1**	4.2	4.0	21.7	78.3
Pasa 200		81.1	78.3	100.0	0.0
Total		103.6			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA	
Gravas	0.0 %
Arenas	21.7 %
Finos	78.3 %

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**16**
A.A.S.H.T.O.	**A-7-6**
U.S.C	**ML**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

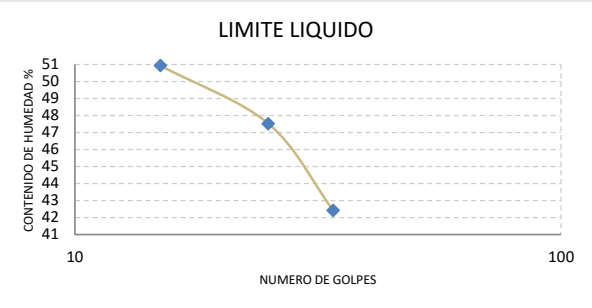
LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**poardo oscuro**
DESCRIPCIÓN:	**Limo de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**1,50 - 2.00**	**SONDEO:**	**3**
COORDENADA:	**8°58'35.32"N 75°51'0.55"W**	**MUESTRA:**	**2**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	15	25	34
Recipiente No.	S93	G90	F45
P1	32.28	33.39	34.29
P2	26.61	28.11	28.39
P3	15.48	17.00	14.48
PW	5.67	5.28	5.90
PS	11.13	11.11	13.91
W (%)	50.93	47.52	42.42



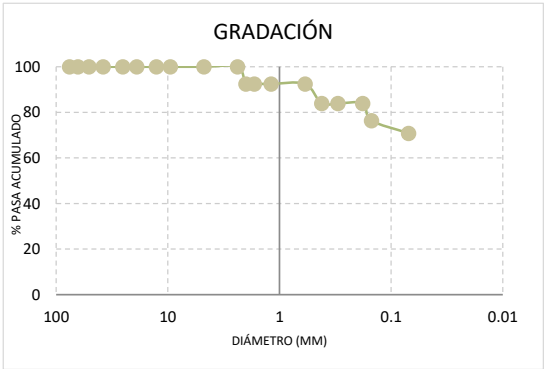
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	V05	S92	W23
P1	17.15	17.88	90.70
P2	15.79	15.95	84.25
P3	9.81	9.84	43.45
PW	1.36	1.93	6.45
PS	5.98	6.11	40.80
W (%)	22.75	31.57	15.81

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	46.3	%
Límite plástico	27.2	%
Índice plástico	19.1	%

Peso inicial:	**87.65**	**[gr]**	**Peso final:**	**25.56**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**	**6.6**	**7.5**	**7.5**	**92.5**
12	**1.7**	**0.0**	**0.0**	**7.5**	**92.5**
16	**1.2**	**0.0**	**0.0**	**7.5**	**92.5**
30	**0.6**	**0.0**	**0.0**	**7.5**	**92.5**
40	**0.4**	**7.5**	**8.6**	**16.1**	**83.9**
50	**0.3**	**0.0**	**0.0**	**16.1**	**83.9**
80	**0.2**	**0.0**	**0.0**	**16.1**	**83.9**
100	**0.2**	**6.6**	**7.5**	**23.6**	**76.4**
200	**0.1**	**4.9**	**5.6**	**29.2**	**70.8**
Pasa 200	**0.0**	**62.1**	**70.8**	**100.0**	**0.0**
Total		**87.7**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0	%
Arenas	29	%
Finos	71	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**13**
A.A.S.H.T.O.	**A-7-6**
U.S.C	**ML**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

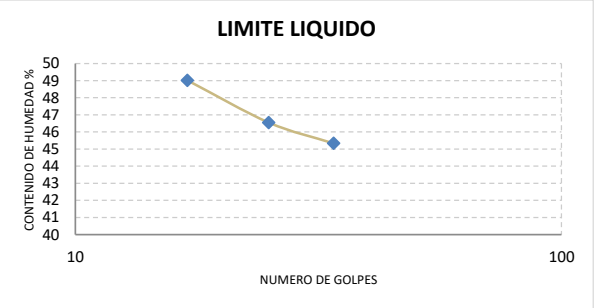
LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**2,50 - 3,00**	**SONDEO:**	**3**
COORDENADA:	**8°58'35.32"N 75°51'0.55"W**	**MUESTRA:**	**3**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	17	25	34
Recipiente No.	H56	W34	B76
P1	29.50	30.39	29.99
P2	25.01	26.41	26.01
P3	15.85	17.86	17.23
PW	4.49	3.98	3.98
PS	9.16	8.55	8.78
W (%)	49.02	46.55	45.33



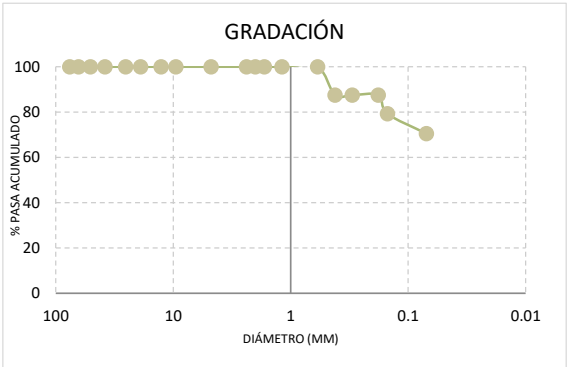
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			**HUMEDAD NATURAL**
Recipiente No.	V67	F45	D23
P1	18.48	18.22	85.55
P2	17.24	16.89	77.55
P3	11.93	11.99	42.45
PW	1.24	1.33	8.00
PS	5.31	4.90	35.10
W (%)	23.34	27.16	22.79

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	46.8	%
Límite plástico	25.2	%
Índice plástico	21.6	%

Peso inicial:	**82.3**	**[gr]**	**Peso final:**	**24.31**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
12	**1.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
16	**1.2**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
30	**0.6**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
40	**0.4**	**10.3**	**12.5**	**12.5**	**87.5**
50	**0.3**	**0.0**	**0.0**	**12.5**	**87.5**
80	**0.2**	**0.0**	**0.0**	**12.5**	**87.5**
100	**0.2**	**6.8**	**8.2**	**20.7**	**79.3**
200	**0.1**	**7.2**	**8.8**	**29.5**	**70.5**
Pasa 200	**0.0**	**58.0**	**70.5**	**100.0**	**0.0**
Total		**82.3**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0	%
Arenas	30	%
Finos	70	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**15**
A.A.S.H.T.O.	**A-7-6**
U.S.C	**CL**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

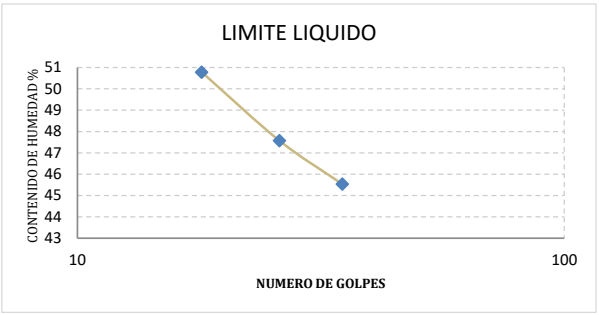
LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Limo de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**3,50 -4,00**	**SONDEO:**	**3**
COORDENADA:	**8°58'35.32"N 75°51'0.55"W**	**MUESTRA:**	**4**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	18	26	35
Recipiente No.	S92	A23	G66
P1	31.02	31.28	31.15
P2	26.15	26.68	26.61
P3	16.56	17.01	16.64
PW	4.87	4.60	4.54
PS	9.59	9.67	9.97
W (%)	50.78	47.57	45.54



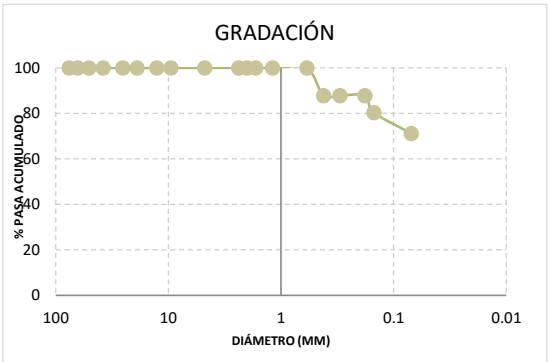
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			**HUMEDAD NATURAL**
Recipiente No.	L8	X8	R64
P1	17.75	18.81	94.65
P2	16.09	16.99	85.75
P3	10.18	10.31	38.95
PW	1.66	1.82	8.90
PS	5.91	6.68	46.80
W (%)	28.09	27.25	19.02

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	48.1	%
Límite plástico	27.7	%
Índice plástico	20.4	%

Peso inicial:	**93.15**	**[gr]**	**Peso final:**	**26.82**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
12	**1.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
16	**1.2**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
30	**0.6**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
40	**0.4**	**11.3**	**12.2**	**12.2**	**87.8**
50	**0.3**	**0.0**	**0.0**	**12.2**	**87.8**
80	**0.2**	**0.0**	**0.0**	**12.2**	**87.8**
100	**0.2**	**7.0**	**7.5**	**19.6**	**80.4**
200	**0.1**	**8.6**	**9.2**	**28.8**	**71.2**
Pasa 200	**0.0**	**66.3**	**71.2**	**100.0**	**0.0**
Total		**93.2**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0.0	%
Arenas	28.8	%
Finos	71.2	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**15**
A.A.S.H.T.O.	**A-7-6**
U.S.C	**ML**



Jesus A. Sanchez

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

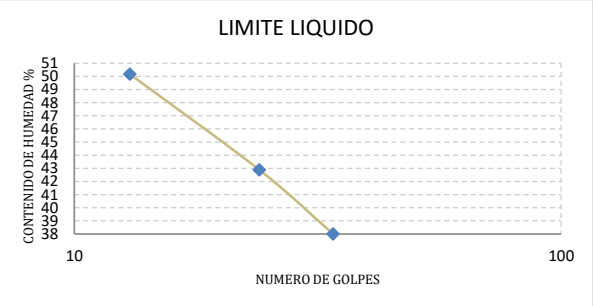
LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**4,50 - 5,00**	**SONDEO:**	**3**
COORDENADA:	**8°58'35.32"N 75°51'0.55"W**	**MUESTRA:**	**5**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	13	24	34
Recipiente No.	C54	S34	J56
P1	32.01	32.05	32.41
P2	26.29	26.81	27.31
P3	14.89	14.59	13.89
PW	5.72	5.24	5.10
PS	11.40	12.22	13.42
W (%)	50.18	42.88	38.00



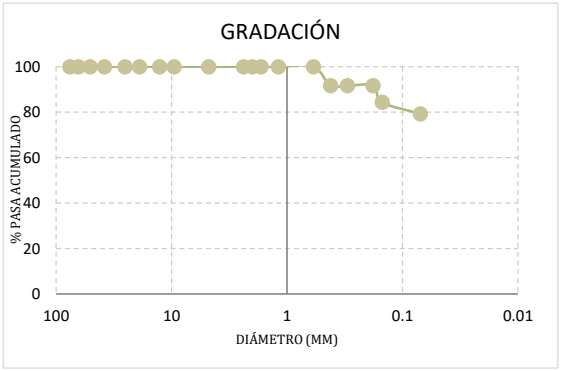
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	G45	S35	C55
P1	18.13	18.65	124.40
P2	16.51	17.03	110.00
P3	9.01	9.72	16.90
PW	1.62	1.62	14.40
PS	7.50	7.31	93.10
W (%)	21.60	22.16	15.47

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	42.1	%
Límite plástico	21.9	%
Índice plástico	20.2	%

Peso inicial:	92.05	[gr]	Peso final:	19.10	[gr]
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
12	**1.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
16	**1.2**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
30	**0.6**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
40	**0.4**	**7.7**	**8.3**	**8.3**	**91.7**
50	**0.3**	**0.0**	**0.0**	**8.3**	**91.7**
80	**0.2**	**0.0**	**0.0**	**8.3**	**91.7**
100	**0.2**	**6.8**	**7.4**	**15.7**	**84.3**
200	**0.1**	**4.7**	**5.1**	**20.7**	**79.3**
Pasa 200	**0.0**	**73.0**	**79.3**	**100.0**	**0.0**
Total		**92.1**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA			
Gravas	0.0	%	
Arenas	20.7	%	
Finos	79.3	%	

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**16**
A.A.S.H.T.O.	**A-7-6**
U.S.C	**CL**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

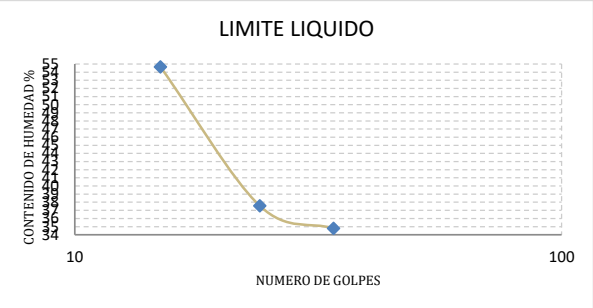
LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de plasticidad media**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**5,50 - 6,00**	**SONDEO:**	**3**
COORDENADA:	**8°58'35.32"N 75°51'0.55"W**	**MUESTRA:**	**6**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	15	24	34
Recipiente No.	S35	G45	E66
P1	31.01	31.82	31.79
P2	25.71	27.78	27.71
P3	16.01	17.02	15.98
PW	5.30	4.04	4.08
PS	9.70	10.76	11.73
W (%)	54.64	37.55	34.78



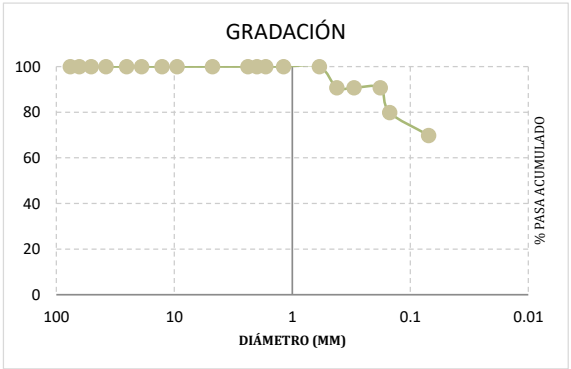
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	H56	D45	C45
P1	18.12	16.90	108.85
P2	16.66	15.55	102.75
P3	9.65	9.02	61.80
PW	1.47	1.35	6.10
PS	7.00	6.54	40.95
W (%)	20.92	20.58	14.90

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	40.3	%
Límite plástico	20.8	%
Índice plástico	19.5	%

Peso inicial:	**86.7**	**[gr]**	**Peso final:**	**26.15**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
12	**1.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
16	**1.2**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
30	**0.6**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
40	**0.4**	**8.0**	**9.3**	**9.3**	**90.7**
50	**0.3**	**0.0**	**0.0**	**9.3**	**90.7**
80	**0.2**	**0.0**	**0.0**	**9.3**	**90.7**
100	**0.2**	**9.4**	**10.8**	**20.1**	**79.9**
200	**0.1**	**8.7**	**10.1**	**30.2**	**69.8**
Pasa 200	**0.0**	**60.6**	**69.8**	**100.0**	**0.0**
Total		**86.7**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA			
Gravas	0.0	%	
Arenas	30.2	%	
Finos	69.8	%	

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**12**
A.A.S.H.T.O.	**A-7-6**
U.S.C	**CL**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo oscuro**
DESCRIPCIÓN:	**Limo de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**cvs**
PROFUNDIDAD:	**0,50 - 1,00**	**SONDEO:**	**3**
COORDENADA:	**8°58'35.32"N 75°51'0.55"W**	**MUESTRA:**	**1**

Diámetro	2.80	cm.
Alt. Inicial	5.70	cm.
Área	6.16	cm^2
Volumen	35.10	cm^3
P. Húmedo	69.00	gr.
P. Unitario	1.97	gr/cm^3
Alt. Final	5.32	cm.

γd max	1.60	gr/cm^3
W%	23.11	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.00	(kg/cm^2)
Cohesión	0.00	μ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00175	0.99825	6.168	0.0	0.000	0.00	0.18
0.20	0.00351	0.99649	6.179	0.0	0.000	0.00	0.35
0.40	0.00702	0.99298	6.201	0.0	0.000	0.00	0.70
0.60	0.01053	0.98947	6.223	0.0	0.000	0.00	1.05
0.90	0.01579	0.98421	6.256	0.0	0.000	0.00	1.58
1.20	0.02105	0.97895	6.290	0.0	0.000	0.00	2.11
1.50	0.02632	0.97368	6.324	0.0	0.000	0.00	2.63
1.80	0.03158	0.96842	6.358	0.0	0.000	0.00	3.16
2.10	0.03684	0.96316	6.393	0.0	0.000	0.00	3.68
2.50	0.04386	0.95614	6.440	0.0	0.000	0.00	4.39
3.00	0.05263	0.94737	6.500	0.0	0.000	0.00	5.26
3.50	0.06140	0.93860	6.560	0.0	0.000	0.00	6.14
3.80	0.06667	0.93333	6.597	0.0	0.000	0.00	6.67
	0.00000	1.00000	6.158		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

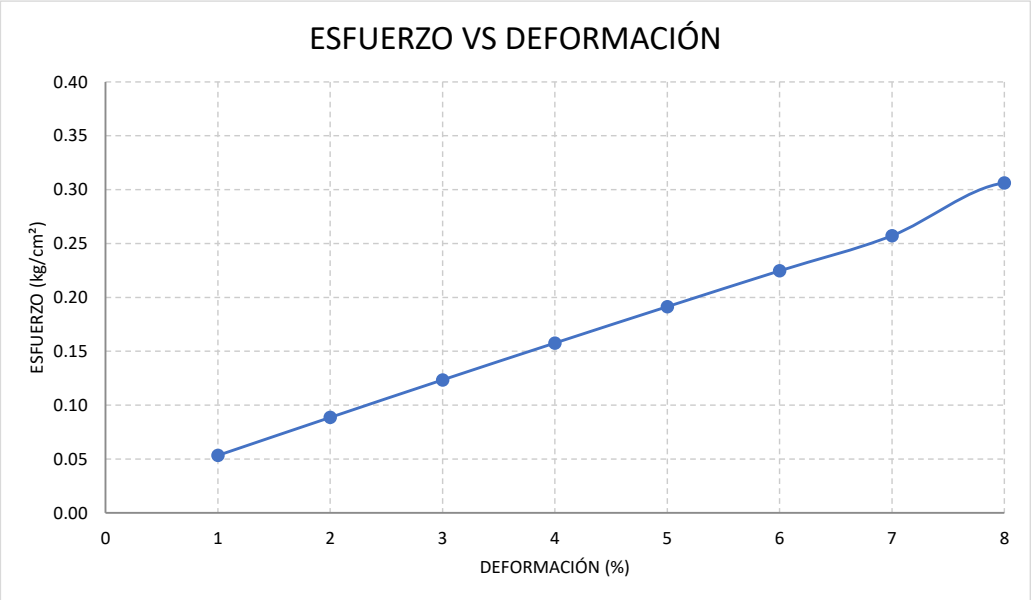
INV E-152-13

PROYECTO:	CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA	**FECHA:**	JULIO 2026
LOCALIZACIÓN:	SAN PELAYO CORDOBA	**COLOR:**	pardo oscuro
DESCRIPCIÓN:	Limo de mediana plasticidad	**SOLICITANTE:**	CVS
PROFUNDIDAD:	1,50 - 2.00	**SONDEO:**	3
COORDENADA:	8°58'35.32"N 75°51'0.55"W	**MUESTRA:**	2

Diámetro	2.70	cm.
Alt. Inicial	4.04	cm.
Área	5.73	cm^2
Volumen	23.13	cm^3
P. Húmedo	48.10	gr.
P. Unitario	2.08	gr/cm^3
Alt. Final	3.66	cm.

γd max	1.80	gr/cm^3
W%	15.81	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.34	(kg/cm^2)
Cohesión	0.17	μ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00248	0.99752	5.740	3.0	0.306	0.05	0.25
0.22	0.00545	0.99455	5.757	5.0	0.510	0.09	0.54
0.41	0.01015	0.98985	5.784	7.0	0.714	0.12	1.01
0.67	0.01658	0.98342	5.822	9.0	0.918	0.16	1.66
0.93	0.02302	0.97698	5.860	11.0	1.122	0.19	2.30
1.20	0.02970	0.97030	5.901	13.0	1.326	0.22	2.97
1.49	0.03688	0.96312	5.945	15.0	1.530	0.26	3.69
1.80	0.04455	0.95545	5.993	18.0	1.835	0.31	4.46
2.15	0.05322	0.94678	6.047	17.0	1.734	0.29	5.32
2.58	0.06386	0.93614	6.116	19.0	1.937	0.32	6.39
2.98	0.07376	0.92624	6.182	20.0	2.039	0.33	7.38
3.58	0.08861	0.91139	6.282	21.0	2.141	0.34	8.86
3.81	0.09431	0.90569	6.322	20.0	2.039	0.32	9.43
	0.00000	1.00000	5.726		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

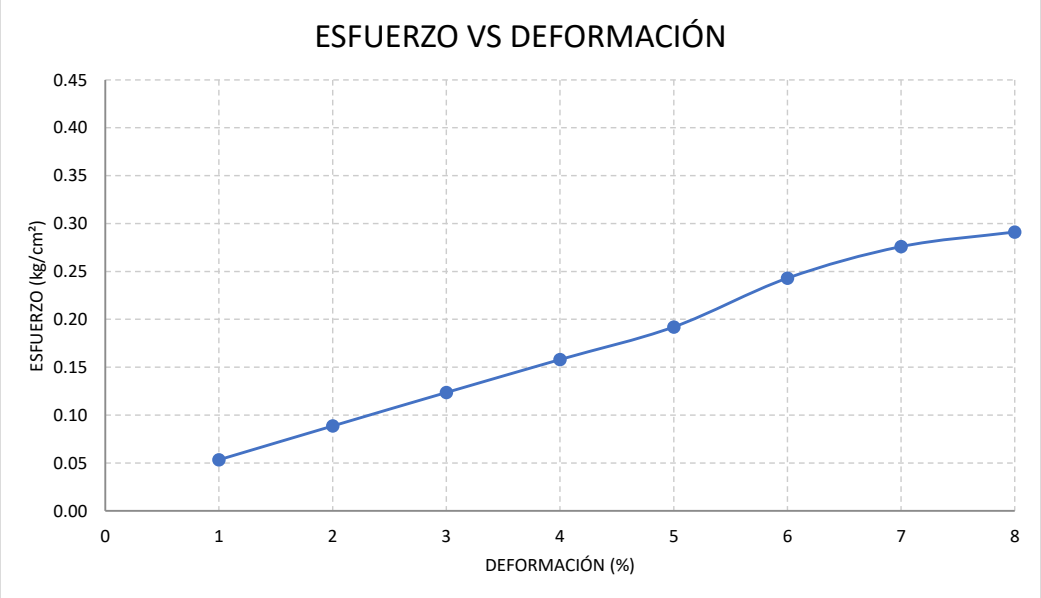
INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Limo de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**2,50 - 3,00**	**SONDEO:**	**3**
COORDENADA:	**8°58'35.32"N 75°51'0.55"W**	**MUESTRA:**	**3**

Diámetro	2.70	cm.
Alt. Inicial	4.70	cm.
Área	5.73	cm^2
Volumen	26.91	cm^3
P. Húmedo	57.00	gr.
P. Unitario	2.12	gr/cm^3
Alt. Final	4.32	cm.

γd max	1.73	gr/cm^3
W%	22.79	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.39	(kg/cm^2)
Cohesión	0.20	μ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00213	0.99787	5.738	3.0	0.306	0.05	0.21
0.22	0.00468	0.99532	5.752	5.0	0.510	0.09	0.47
0.41	0.00872	0.99128	5.776	7.0	0.714	0.12	0.87
0.67	0.01426	0.98574	5.808	9.0	0.918	0.16	1.43
0.93	0.01979	0.98021	5.841	11.0	1.122	0.19	1.98
1.20	0.02553	0.97447	5.876	14.0	1.428	0.24	2.55
1.49	0.03170	0.96830	5.913	16.0	1.632	0.28	3.17
1.80	0.03830	0.96170	5.954	17.0	1.734	0.29	3.83
2.15	0.04574	0.95426	6.000	18.0	1.835	0.31	4.57
2.58	0.05489	0.94511	6.058	19.0	1.937	0.32	5.49
2.98	0.06340	0.93660	6.113	20.0	2.039	0.33	6.34
3.58	0.07617	0.92383	6.198	24.0	2.447	0.39	7.62
3.81	0.08106	0.91894	6.231	18.0	1.835	0.29	8.11
	0.00000	1.00000	5.726		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

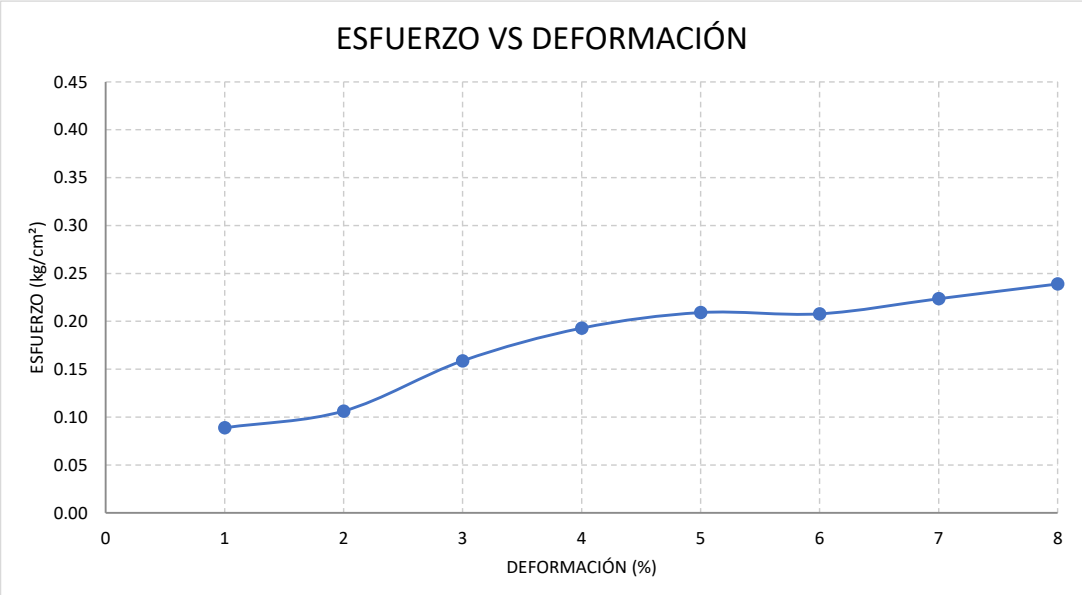
INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Limo de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**3,50 -4,00**	**SONDEO:**	**3**
COORDENADA:	**8°58'35.32"N 75°51'0.55"W**	**MUESTRA:**	**4**

Diámetro	2.70	cm.
Alt. Inicial	4.34	cm.
Área	5.73	cm^2
Volumen	24.85	cm^3
P. Húmedo	51.75	gr.
P. Unitario	2.08	gr/cm^3
Alt. Final	3.96	cm.

γd max	1.75	gr/cm^3
W%	19.02	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.41	(kg/cm^2)
Cohesión	0.20	µ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00230	0.99770	5.739	5.0	0.510	0.09	0.23
0.22	0.00507	0.99493	5.755	6.0	0.612	0.11	0.51
0.41	0.00945	0.99055	5.780	9.0	0.918	0.16	0.94
0.67	0.01544	0.98456	5.815	11.0	1.122	0.19	1.54
0.93	0.02143	0.97857	5.851	12.0	1.224	0.21	2.14
1.20	0.02765	0.97235	5.888	12.0	1.224	0.21	2.76
1.49	0.03433	0.96567	5.929	13.0	1.326	0.22	3.43
1.80	0.04147	0.95853	5.973	14.0	1.428	0.24	4.15
2.15	0.04954	0.95046	6.024	15.0	1.530	0.25	4.95
2.58	0.05945	0.94055	6.087	17.0	1.734	0.28	5.94
2.98	0.06866	0.93134	6.148	18.0	1.835	0.30	6.87
3.58	0.08249	0.91751	6.240	25.0	2.549	0.41	8.25
3.81	0.08779	0.91221	6.277	20.0	2.039	0.32	8.78
	0.00000	1.00000	5.726		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

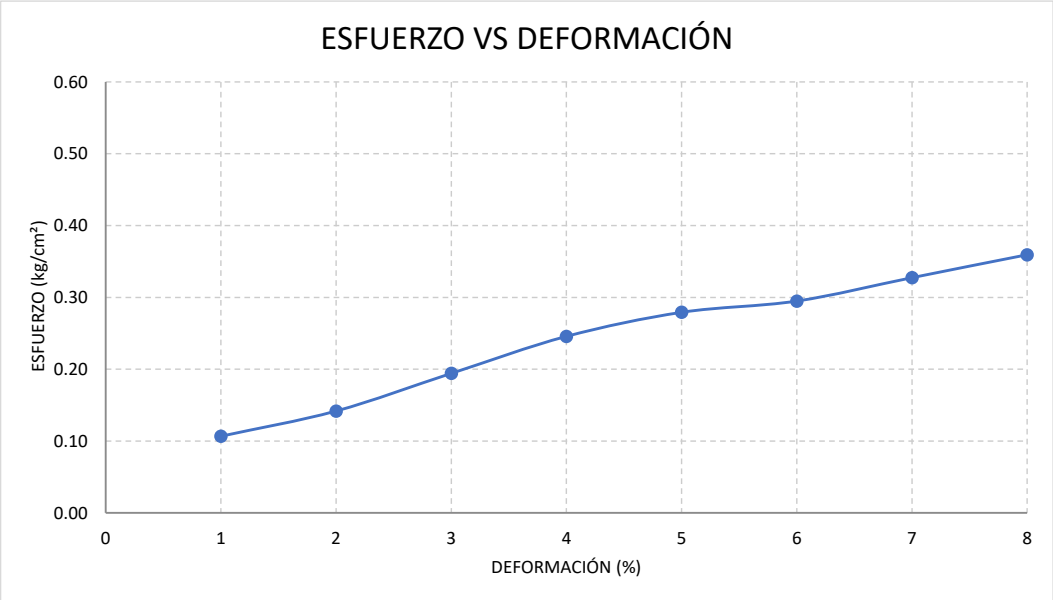
INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcillade mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**4,50 - 5,00**	**SONDEO:**	**3**
COORDENADA:	**8°58'35.32"N 75°51'0.55"W**	**MUESTRA:**	**5**

Diámetro	2.70	cm.
Alt. Inicial	4.60	cm.
Área	5.73	cm^2
Volumen	26.34	cm^3
P. Húmedo	56.00	gr.
P. Unitario	2.13	gr/cm^3
Alt. Final	4.22	cm.

γd max	1.84	gr/cm^3
W%	15.47	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.48	(kg/cm^2)
Cohesión	0.24	μ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00217	0.99783	5.738	6.0	0.612	0.11	0.22
0.22	0.00478	0.99522	5.753	8.0	0.816	0.14	0.48
0.41	0.00891	0.99109	5.777	11.0	1.122	0.19	0.89
0.67	0.01457	0.98543	5.810	14.0	1.428	0.25	1.46
0.93	0.02022	0.97978	5.844	16.0	1.632	0.28	2.02
1.20	0.02609	0.97391	5.879	17.0	1.734	0.29	2.61
1.49	0.03239	0.96761	5.917	19.0	1.937	0.33	3.24
1.80	0.03913	0.96087	5.959	21.0	2.141	0.36	3.91
2.15	0.04674	0.95326	6.006	23.0	2.345	0.39	4.67
2.58	0.05609	0.94391	6.066	24.0	2.447	0.40	5.61
2.98	0.06478	0.93522	6.122	25.0	2.549	0.42	6.48
3.58	0.07783	0.92217	6.209	29.0	2.957	0.48	7.78
3.81	0.08283	0.91717	6.243	25.0	2.549	0.41	8.28
	0.00000	1.00000	5.726		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

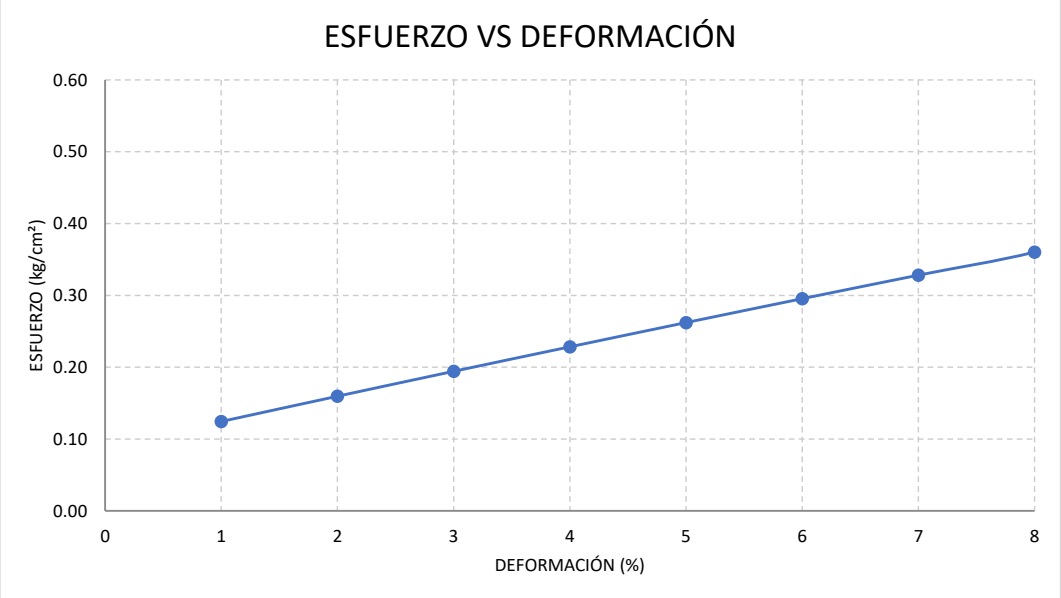
INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de plasticidad media**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**5,50 - 6,00**	**SONDEO:**	**3**
COORDENADA:	**8°58'35.32"N 75°51'0.55"W**	**MUESTRA:**	**6**

Diámetro	2.70	cm.
Alt. Inicial	4.93	cm.
Área	5.73	cm^2
Volumen	28.23	cm^3
P. Húmedo	59.85	gr.
P. Unitario	2.12	gr/cm^3
Alt. Final	4.55	cm.

γd max	1.85	gr/cm^3
W%	14.90	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.51	(kg/cm^2)
Cohesión	0.26	µ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00203	0.99797	5.737	7.0	0.714	0.12	0.20
0.22	0.00446	0.99554	5.751	9.0	0.918	0.16	0.45
0.41	0.00832	0.99168	5.774	11.0	1.122	0.19	0.83
0.67	0.01359	0.98641	5.804	13.0	1.326	0.23	1.36
0.93	0.01886	0.98114	5.836	15.0	1.530	0.26	1.89
1.20	0.02434	0.97566	5.868	17.0	1.734	0.30	2.43
1.49	0.03022	0.96978	5.904	19.0	1.937	0.33	3.02
1.80	0.03651	0.96349	5.943	21.0	2.141	0.36	3.65
2.15	0.04361	0.95639	5.987	24.0	2.447	0.41	4.36
2.58	0.05233	0.94767	6.042	25.0	2.549	0.42	5.23
2.98	0.06045	0.93955	6.094	27.0	2.753	0.45	6.04
3.58	0.07262	0.92738	6.174	31.0	3.161	0.51	7.26
3.81	0.07728	0.92272	6.205	27.0	2.753	0.44	7.73
	0.00000	1.00000	5.726		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

PROYECTO:	CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CÓRDOBA	**FECHA:**	JULIO 2026
LOCALIZACIÓN:	SAN PELAYO CÓRDOBA	**SOLICITANTE**	**CVS**
SONDEO:	**4**	**COORDENADA:**	**8°58'23.93"N 75°51'41.48"W**

RESULTADOS

PROF. (m)	MUESTRA N°	CLASIFICACIÓN		PROF. MUESTRA (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	Wn. (%)	LÍMITES ATTERBERG			GRADACIÓN			gt (g/cm³)	RESISTENCIA (kg/cm²)	N
		USCS	AASHTO					L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)		qu	
0.50	**1**	CL	A-7-6	0,50 - 1,00		Arcilla de mediana plasticidad pardo oscuro	24.22	44.91	24.73	20.17	0.00	22.06	77.94	1.97	0.000	0
																0
1.00																0
1.50	**2**	CL	A-7-6	1,50 - 2,00		Arcilla de mediana plasticidad pardo oscuro	15.63	46.46	26.07	20.39	0.00	30.29	69.71	1.90	0.360	1
																2
2.00																1
2.50	**3**	CL	A-7-6	2,50 - 3,00		Arcilla de mediana plasticidad pardo claro	22.55	46.06	26.00	20.06	0.00	30.78	69.22	1.97	0.398	2
																3
3.00																5
3.50	**4**	ML	A-7-6	3,50 - 4,00		Limo de mediana plasticidad pardo claro	18.51	46.39	27.80	18.59	0.00	30.12	69.88	1.93	0.454	3
																5
4.00																6
4.50	**5**	CL	A-7-6	4,50 - 5,00		Arcilla de mediana plasticidad pardo claro	15.48	42.95	23.17	19.78	0.00	21.33	78.67	2.13	0.509	5
																7
5.00																7
5.50	**6**	CL	A-6	5,50 - 6,00		Arcilla de plasticidad media pardo claro	13.95	34.83	20.66	14.17	0.00	30.09	69.91	2.12	0.529	5
																8
6.00																8

16

NIVEL FREÁTICO ENCONTRADO			
NO		PROFUNDIDAD	INICIAL :5.32 M
SI	X		FINAL :5.05 M

OBSERVACIONES:

* SONDEO CON SPT HASTA 6.00 m
* SITIO CON GEOLOGÍA HOMOGÉNEA

qu : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA.
γt : PESO UNITARIO TOTAL. - **N :** NÚMERO DE GOLPES/PIE CON EL ENSAYO DE S.P.T.
R.P.I : RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN INALTERADA

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

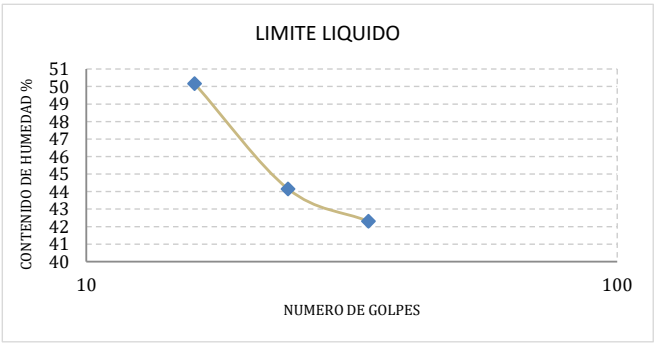
LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo oscuro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**0,50 - 1,00**	**SONDEO:**	**4**
COORDENADA:	**8°58'23.93"N 75°51'41.48"W**	**MUESTRA:**	**1**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	16	24	34
Recipiente No.	K35	D3	H65
P1	29.45	30.09	28.56
P2	24.75	25.41	24.08
P3	15.38	14.81	13.49
PW	4.70	4.68	4.48
PS	9.37	10.60	10.59
W (%)	50.16	44.15	42.30



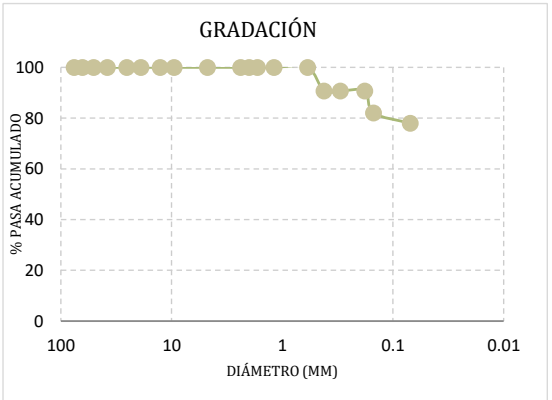
LÍMITE PLÁSTICO			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	A25	H8	S05
P1	19.83	18.01	91.52
P2	17.45	16.53	81.08
P3	9.48	8.98	37.98
PW	2.38	1.48	10.44
PS	7.97	7.55	43.10
W (%)	29.86	19.60	24.22

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	44.9	%
Límite plástico	24.7	%
Índice plástico	20.2	%

Peso inicial:	99.94	[gr]	Peso final:	22.05	[gr]
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**	0.0			100.0
2 ½"	**64.0**	0.0			100.0
2"	**50.8**	0.0			100.0
1 ½"	**38.1**	0.0			100.0
1"	**25.4**	0.0			100.0
3/4"	**19.0**	0.0			100.0
1/2"	**12.7**	0.0			100.0
3/8"	**9.5**	0.0			100.0
4	**4.8**	0.0			100.0
8	**2.4**	0.0			100.0
10	**2.0**	0.0			100.0
12	**1.7**	0.0			100.0
16	**1.2**	0.0			100.0
30	**0.6**	0.0			100.0
40	**0.4**	9.3	9.3	9.3	90.7
50	**0.3**	0.0		9.3	90.7
80	**0.2**	0.0		9.3	90.7
100	**0.2**	8.6	8.6	18.0	82.0
200	**0.1**	4.1	4.1	22.1	77.9
Pasa 200		77.9	77.9	100.0	0.0
Total		99.94			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA	
Gravas	0.0 %
Arenas	22.1 %
Finos	77.9 %

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**16**
A.A.S.H.T.O.	**A-7-6**
U.S.C	**CL**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

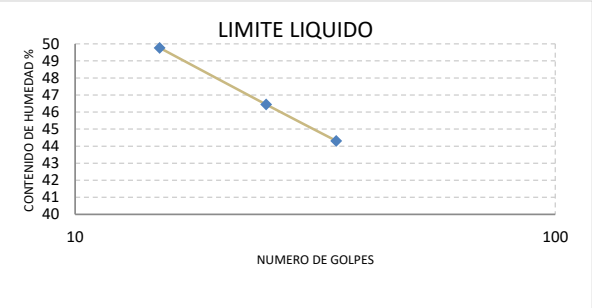
LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo oscuro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**1,50 - 2.00**	**SONDEO:**	**4**
COORDENADA:	**8°58'23.93"N 75°51'41.48"W**	**MUESTRA:**	**2**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	15	25	35
Recipiente No.	S96	G92	F47
P1	31.89	33.81	33.71
P2	26.59	28.59	27.95
P3	15.94	17.35	14.95
PW	5.30	5.22	5.76
PS	10.65	11.24	13.00
W (%)	49.77	46.44	44.31



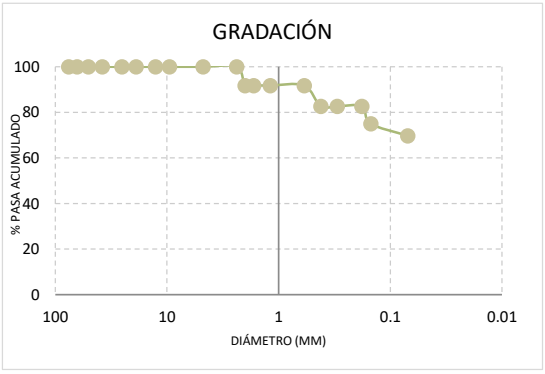
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			**HUMEDAD NATURAL**
Recipiente No.	V06	S93	W24
P1	16.81	17.87	89.56
P2	15.53	16.08	83.30
P3	9.99	9.92	43.26
PW	1.28	1.79	6.26
PS	5.54	6.16	40.04
W (%)	23.10	29.05	15.63

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	46.5	%
Límite plástico	26.1	%
Índice plástico	20.4	%

Peso inicial:	**84.4**	**[gr]**	**Peso final:**	**25.27**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**	**6.9**	**8.2**	**8.2**	**91.8**
12	**1.7**	**0.0**	**0.0**	**8.2**	**91.8**
16	**1.2**	**0.0**	**0.0**	**8.2**	**91.8**
30	**0.6**	**0.0**	**0.0**	**8.2**	**91.8**
40	**0.4**	**7.7**	**9.1**	**17.3**	**82.7**
50	**0.3**	**0.0**	**0.0**	**17.3**	**82.7**
80	**0.2**	**0.0**	**0.0**	**17.3**	**82.7**
100	**0.2**	**6.4**	**7.6**	**24.9**	**75.1**
200	**0.1**	**4.5**	**5.4**	**30.3**	**69.7**
Pasa 200	**0.0**	**58.8**	**69.7**	**100.0**	**0.0**
Total		**84.4**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0	%
Arenas	30	%
Finos	70	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**14**
A.A.S.H.T.O.	**A-7-6**
U.S.C	**CL**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

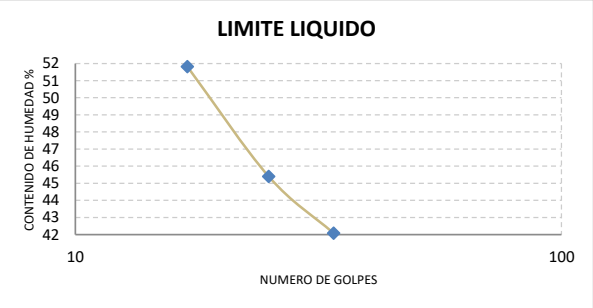
LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**2,50 - 3,00**	**SONDEO:**	**4**
COORDENADA:	**8°58'23.93"N 75°51'41.48"W**	**MUESTRA:**	**3**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	17	25	34
Recipiente No.	H58	W36	B78
P1	29.11	30.75	30.35
P2	24.98	26.71	26.58
P3	17.01	17.81	17.62
PW	4.13	4.04	3.77
PS	7.97	8.90	8.96
W (%)	51.82	45.39	42.08



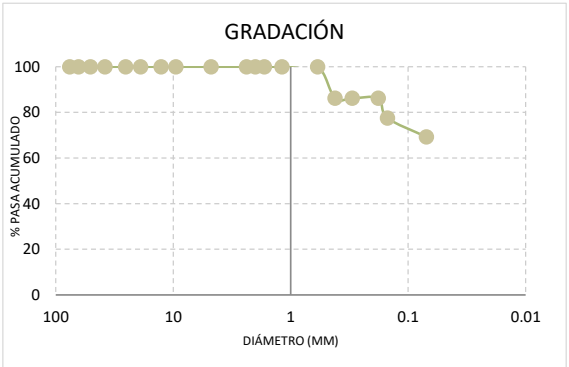
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	V69	F47	D25
P1	18.86	17.73	81.94
P2	17.21	16.49	73.94
P3	11.21	11.43	38.46
PW	1.65	1.24	8.00
PS	6.00	5.06	35.48
W (%)	27.50	24.51	22.55

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	46.06	%
Límite plástico	26.00	%
Índice plástico	20.06	%

Peso inicial:	**79.6**	**[gr]**	**Peso final:**	**24.51**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
12	**1.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
16	**1.2**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
30	**0.6**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
40	**0.4**	**11.0**	**13.8**	**13.8**	**86.2**
50	**0.3**	**0.0**	**0.0**	**13.8**	**86.2**
80	**0.2**	**0.0**	**0.0**	**13.8**	**86.2**
100	**0.2**	**6.9**	**8.6**	**22.5**	**77.5**
200	**0.1**	**6.6**	**8.3**	**30.8**	**69.2**
Pasa 200	**0.0**	**55.1**	**69.2**	**100.0**	**0.0**
Total		**79.6**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0.00	%
Arenas	30.78	%
Finos	69.22	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**13**
A.A.S.H.T.O.	**A-7-6**
U.S.C	**CL**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

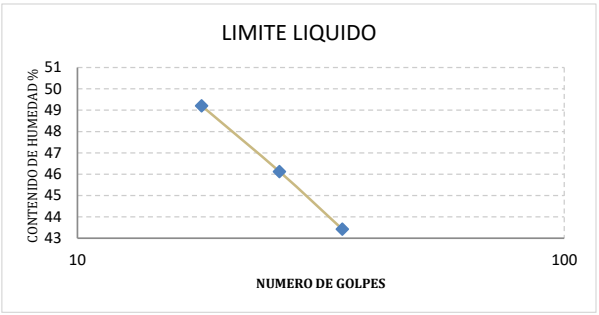
LÍMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACIÓN

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Limo de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**3,50 -4,00**	**SONDEO:**	**4**
COORDENADA:	**8°58'23.93"N 75°51'41.48"W**	**MUESTRA:**	**4**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	18	26	35
Recipiente No.	V92	B23	L66
P1	31.53	32.51	31.37
P2	26.96	27.68	27.07
P3	17.66	17.21	17.16
PW	4.57	4.83	4.30
PS	9.30	10.48	9.91
W (%)	49.20	46.12	43.42



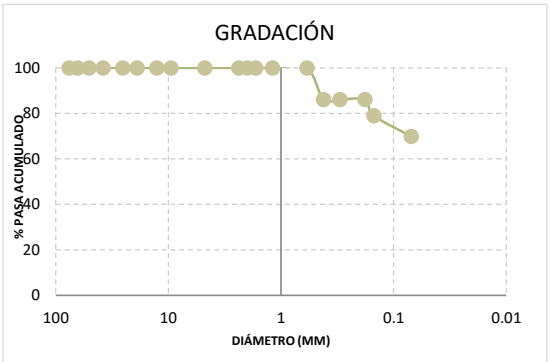
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	L10	D12	O67
P1	17.65	18.68	95.22
P2	16.02	16.95	86.70
P3	10.19	10.69	40.66
PW	1.63	1.73	8.52
PS	5.83	6.26	46.04
W (%)	27.96	27.64	18.51

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	46.4	%
Límite plástico	27.8	%
Índice plástico	18.6	%

Peso inicial:	**95.6**	**[gr]**	**Peso final:**	**28.80**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
12	**1.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
16	**1.2**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
30	**0.6**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
40	**0.4**	**13.3**	**13.9**	**13.9**	**86.1**
50	**0.3**	**0.0**	**0.0**	**13.9**	**86.1**
80	**0.2**	**0.0**	**0.0**	**13.9**	**86.1**
100	**0.2**	**6.8**	**7.1**	**21.0**	**79.0**
200	**0.1**	**8.7**	**9.1**	**30.1**	**69.9**
Pasa 200	**0.0**	**66.8**	**69.9**	**100.0**	**0.0**
Total		**95.6**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0.00	%
Arenas	30.12	%
Finos	69.88	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**13**
A.A.S.H.T.O.	**A-7-6**
U.S.C	**ML**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

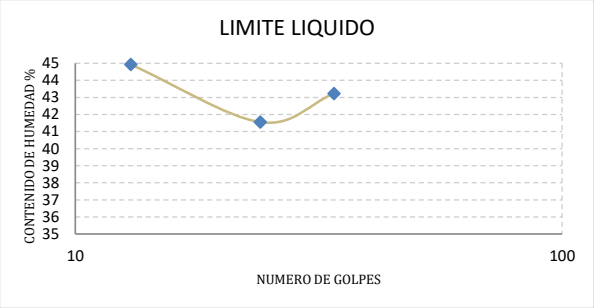
LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**4,50 - 5,00**	**SONDEO:**	**4**
COORDENADA:	**8°58'23.93"N 75°51'41.48"W**	**MUESTRA:**	**5**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	13	24	34
Recipiente No.	J54	O34	F55
P1	32.05	31.62	33.08
P2	26.65	26.48	27.43
P3	14.63	14.11	14.36
PW	5.40	5.14	5.65
PS	12.02	12.37	13.07
W (%)	44.93	41.55	43.23



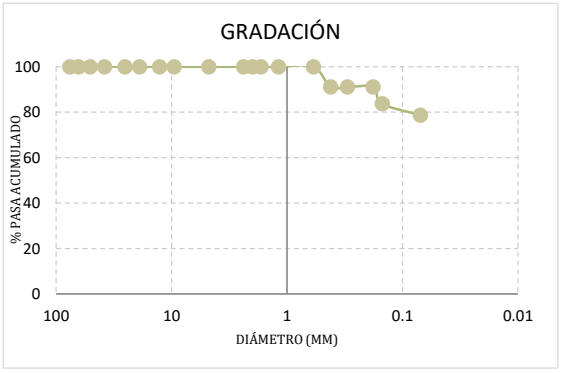
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	S38	C59	D5
P1	17.75	17.73	110.72
P2	16.15	16.29	98.60
P3	9.38	9.92	20.32
PW	1.60	1.45	12.12
PS	6.77	6.37	78.28
W (%)	23.65	22.70	15.48

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	42.95	%
Límite plástico	23.17	%
Índice plástico	19.78	%

Peso inicial:	**90.3**	**[gr]**	**Peso final:**	**19.10**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
12	**1.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
16	**1.2**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
30	**0.6**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
40	**0.4**	**8.1**	**8.9**	**8.9**	**91.1**
50	**0.3**	**0.0**	**0.0**	**8.9**	**91.1**
80	**0.2**	**0.0**	**0.0**	**8.9**	**91.1**
100	**0.2**	**6.7**	**7.4**	**16.3**	**83.7**
200	**0.1**	**4.6**	**5.0**	**21.3**	**78.7**
Pasa 200	**0.0**	**71.1**	**78.7**	**100.0**	**0.0**
Total		**90.3**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0.00	%
Arenas	21.33	%
Finos	78.67	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**16**
A.A.S.H.T.O.	**A-7-6**
U.S.C	**CL**



JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

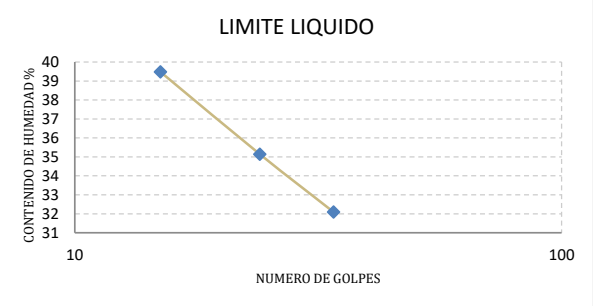
LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION

INV E-122 / INV E-123 / INV E-125 / INV E-126

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de plasticidad media**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**5,50 - 6,00**	**SONDEO:**	**4**
COORDENADA:	**8°58'23.93"N 75°51'41.48"W**	**MUESTRA:**	**6**

LÍMITES DE CONSISTENCIA

LÍMITE LÍQUIDO			
Determinación No	1	2	3
Número de Golpes	15	24	34
Recipiente No.	G48	E6	G67
P1	30.67	31.28	31.99
P2	26.42	27.42	27.98
P3	15.64	16.42	15.48
PW	4.25	3.87	4.01
PS	10.77	11.00	12.50
W (%)	39.48	35.14	32.09



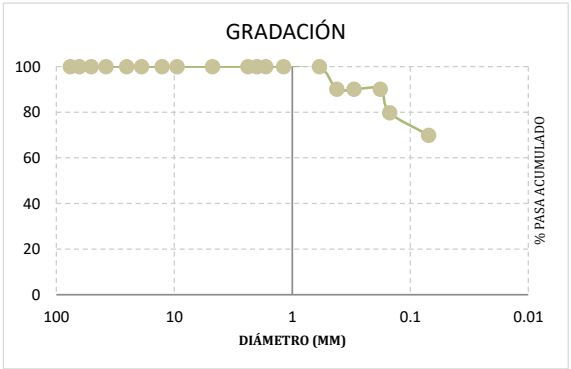
LÍMITE PLÁSTICO Y HUMEDAD NATURAL			HUMEDAD NATURAL
Recipiente No.	U59	F45	S34
P1	17.82	16.69	102.58
P2	16.29	15.36	96.10
P3	9.00	8.88	49.64
PW	1.52	1.33	6.48
PS	7.30	6.48	46.46
W (%)	20.86	20.47	13.95

RESULTADOS		
LÍMITES DE CONSISTENCIA		
Límite líquido	34.83	%
Límite plástico	20.66	%
Índice plástico	14.17	%

Peso inicial:	**89.4**	**[gr]**	**Peso final:**	**26.15**	**[gr]**
Tamiz, plg	**Tamiz, mm**	**Peso (g)**	**% Retenido**	**% Ret. acum.**	**% Pasa**
3"	**76.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2 ½"	**64.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
2"	**50.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1 ½"	**38.1**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1"	**25.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/4"	**19.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
1/2"	**12.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
3/8"	**9.5**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
4	**4.8**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
8	**2.4**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
10	**2.0**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
12	**1.7**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
16	**1.2**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
30	**0.6**	**0.0**	**0.0**	**0.0**	**100.0**
40	**0.4**	**8.9**	**9.9**	**9.9**	**90.1**
50	**0.3**	**0.0**	**0.0**	**9.9**	**90.1**
80	**0.2**	**0.0**	**0.0**	**9.9**	**90.1**
100	**0.2**	**9.2**	**10.3**	**20.2**	**79.8**
200	**0.1**	**8.8**	**9.9**	**30.1**	**69.9**
Pasa 200	**0.0**	**62.5**	**69.9**	**100.0**	**0.0**
Total		**89.4**			

RESULTADOS GRANULOMETRÍA		
Gravas	0.00	%
Arenas	30.09	%
Finos	69.91	%

CLASIFICACIÓN	
Índice de grupo	**8**
A.A.S.H.T.O.	**A-6**
U.S.C	**CL**



Jesus A. Sanchez

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING. CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo oscuro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**0,50 - 1,00**	**SONDEO:**	**4**
COORDENADA:	**8°58'23.93"N 75°51'41.48"W**	**MUESTRA:**	**1**

Diámetro	2.80	cm.
Alt. Inicial	5.70	cm.
Área	6.16	cm^2
Volumen	35.10	cm^3
P. Húmedo	69.00	gr.
P. Unitario	1.97	gr/cm^3
Alt. Final	5.32	cm.

γd max	1.58	gr/cm^3
W%	24.22	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.00	(kg/cm^2)
Cohesión	0.00	µ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00175	0.99825	6.168	0.0	0.000	0.00	0.18
0.20	0.00351	0.99649	6.179	0.0	0.000	0.00	0.35
0.40	0.00702	0.99298	6.201	0.0	0.000	0.00	0.70
0.60	0.01053	0.98947	6.223	0.0	0.000	0.00	1.05
0.90	0.01579	0.98421	6.256	0.0	0.000	0.00	1.58
1.20	0.02105	0.97895	6.290	0.0	0.000	0.00	2.11
1.50	0.02632	0.97368	6.324	0.0	0.000	0.00	2.63
1.80	0.03158	0.96842	6.358	0.0	0.000	0.00	3.16
2.10	0.03684	0.96316	6.393	0.0	0.000	0.00	3.68
2.50	0.04386	0.95614	6.440	0.0	0.000	0.00	4.39
3.00	0.05263	0.94737	6.500	0.0	0.000	0.00	5.26
3.50	0.06140	0.93860	6.560	0.0	0.000	0.00	6.14
3.80	0.06667	0.93333	6.597	0.0	0.000	0.00	6.67
	0.00000	1.00000	6.158		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

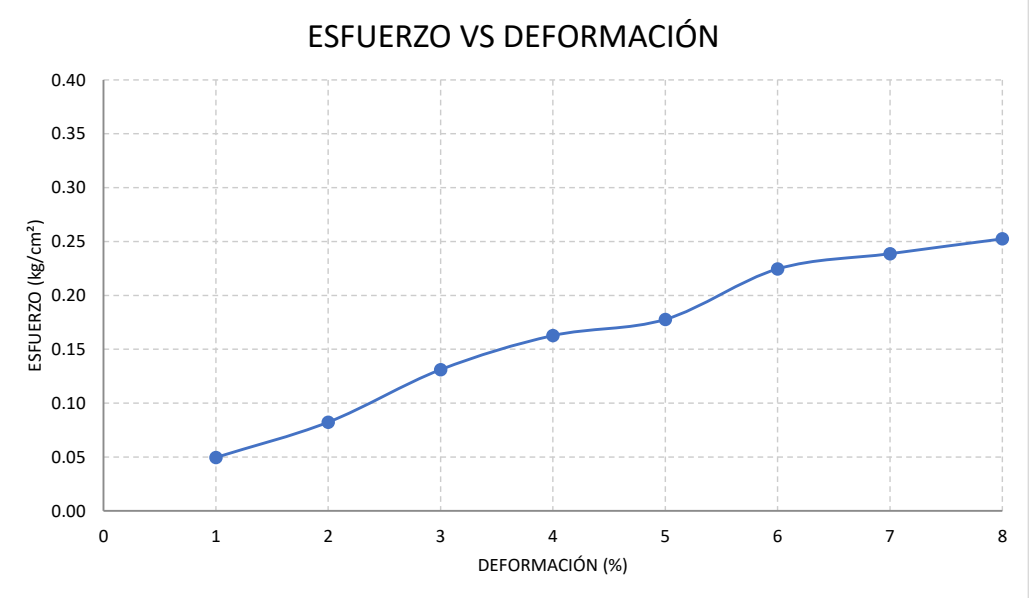
INV E-152-13

PROYECTO:	CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA	**FECHA:**	JULIO 2026
LOCALIZACIÓN:	SAN PELAYO CORDOBA	**COLOR:**	pardo oscuro
DESCRIPCIÓN:	Arcilla de mediana plasticidad	**SOLICITANTE:**	cvs
PROFUNDIDAD:	1,50 - 2.00	**SONDEO:**	4
COORDENADA:	8°58'23.93"N 75°51'41.48"W	**MUESTRA:**	2

Diámetro	2.80	cm.
Alt. Inicial	3.81	cm.
Área	6.16	cm^2
Volumen	23.47	cm^3
P. Húmedo	44.68	gr.
P. Unitario	1.90	gr/cm^3
Alt. Final	3.43	cm.

γd max	1.65	gr/cm^3
W%	15.63	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.36	(kg/cm^2)
Cohesión	0.18	μ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00262	0.99738	6.174	3.0	0.306	0.05	0.26
0.22	0.00577	0.99423	6.193	5.0	0.510	0.08	0.58
0.41	0.01076	0.98924	6.224	8.0	0.816	0.13	1.08
0.67	0.01758	0.98242	6.268	10.0	1.020	0.16	1.76
0.93	0.02440	0.97560	6.312	11.0	1.122	0.18	2.44
1.20	0.03148	0.96852	6.358	14.0	1.428	0.22	3.15
1.49	0.03909	0.96091	6.408	15.0	1.530	0.24	3.91
1.80	0.04722	0.95278	6.463	16.0	1.632	0.25	4.72
2.15	0.05640	0.94360	6.526	17.0	1.734	0.27	5.64
2.58	0.06768	0.93232	6.605	19.0	1.937	0.29	6.77
2.98	0.07817	0.92183	6.680	20.0	2.039	0.31	7.82
3.58	0.09391	0.90609	6.796	24.0	2.447	0.36	9.39
3.81	0.09995	0.90005	6.841	21.0	2.141	0.31	9.99
	0.00000	1.00000	6.158		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

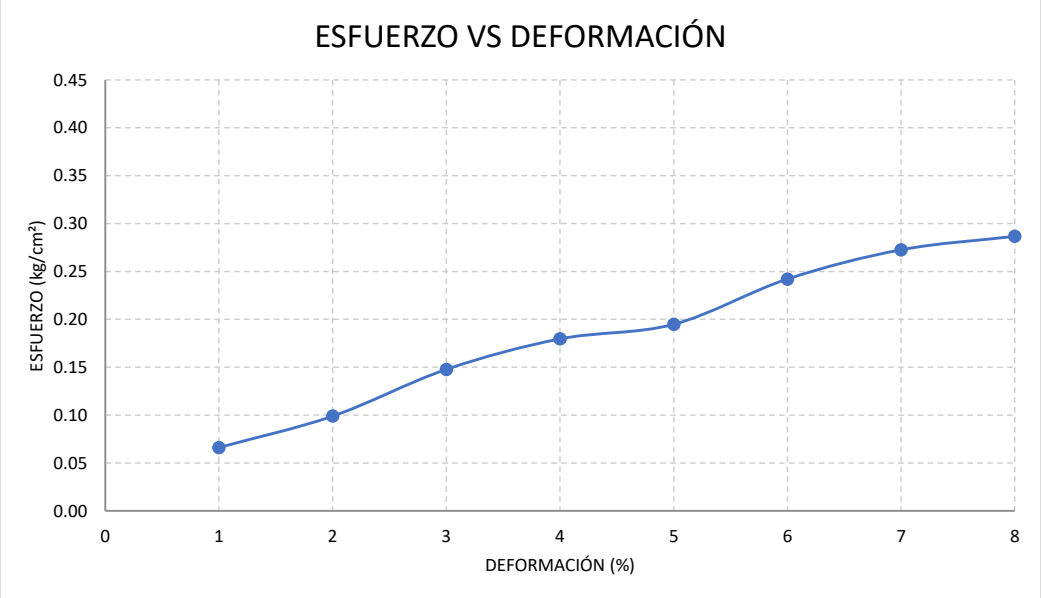
INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**2,50 - 3,00**	**SONDEO:**	**4**
COORDENADA:	**8°58'23.93"N 75°51'41.48"W**	**MUESTRA:**	**3**

Diámetro	2.80	cm.
Alt. Inicial	4.70	cm.
Área	6.16	cm^2
Volumen	28.94	cm^3
P. Húmedo	57.00	gr.
P. Unitario	1.97	gr/cm^3
Alt. Final	4.32	cm.

γd max	1.61	gr/cm^3
W%	22.55	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.40	(kg/cm^2)
Cohesión	0.20	μ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00213	0.99787	6.171	4.0	0.408	0.07	0.21
0.22	0.00468	0.99532	6.186	6.0	0.612	0.10	0.47
0.41	0.00872	0.99128	6.212	9.0	0.918	0.15	0.87
0.67	0.01426	0.98574	6.247	11.0	1.122	0.18	1.43
0.93	0.01979	0.98021	6.282	12.0	1.224	0.19	1.98
1.20	0.02553	0.97447	6.319	15.0	1.530	0.24	2.55
1.49	0.03170	0.96830	6.359	17.0	1.734	0.27	3.17
1.80	0.03830	0.96170	6.403	18.0	1.835	0.29	3.83
2.15	0.04574	0.95426	6.453	19.0	1.937	0.30	4.57
2.58	0.05489	0.94511	6.515	20.0	2.039	0.31	5.49
2.98	0.06340	0.93660	6.574	21.0	2.141	0.33	6.34
3.58	0.07617	0.92383	6.665	26.0	2.651	0.40	7.62
3.81	0.08106	0.91894	6.701	22.0	2.243	0.33	8.11
	0.00000	1.00000	6.158		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

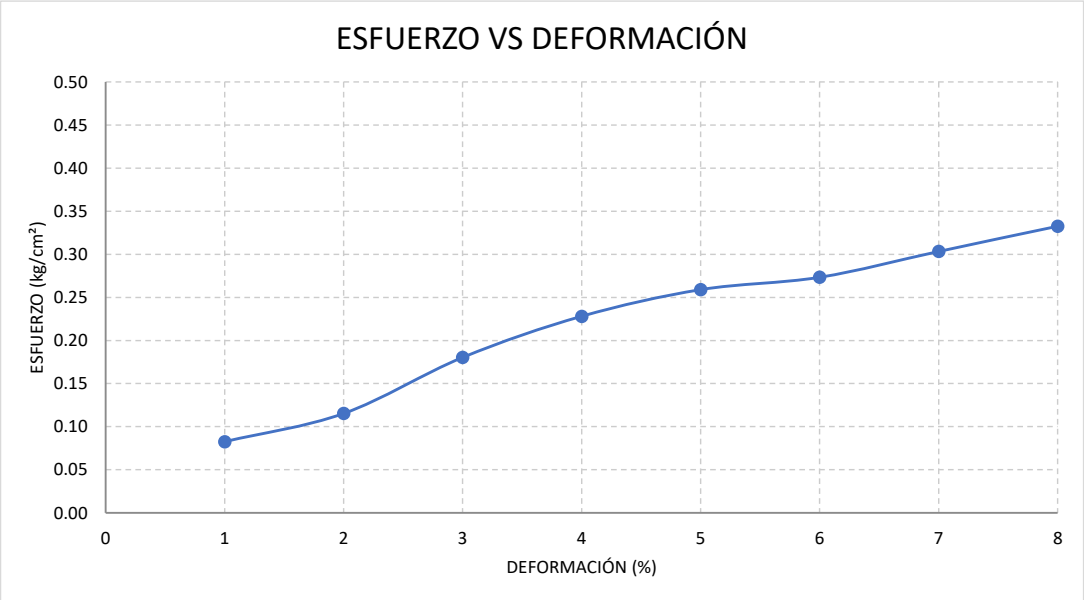
INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Limo de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**3,50 -4,00**	**SONDEO:**	**4**
COORDENADA:	**8°58'23.93"N 75°51'41.48"W**	**MUESTRA:**	**4**

Diámetro	2.80	cm.
Alt. Inicial	4.11	cm.
Área	6.16	cm^2
Volumen	25.32	cm^3
P. Húmedo	48.90	gr.
P. Unitario	1.93	gr/cm^3
Alt. Final	3.73	cm.

γd max	1.63	gr/cm^3
W%	18.51	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.45	(kg/cm^2)
Cohesión	0.23	μ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00243	0.99757	6.173	5.0	0.510	0.08	0.24
0.22	0.00535	0.99465	6.191	7.0	0.714	0.12	0.54
0.41	0.00997	0.99003	6.220	11.0	1.122	0.18	1.00
0.67	0.01629	0.98371	6.260	14.0	1.428	0.23	1.63
0.93	0.02262	0.97738	6.300	16.0	1.632	0.26	2.26
1.20	0.02918	0.97082	6.343	17.0	1.734	0.27	2.92
1.49	0.03624	0.96376	6.389	19.0	1.937	0.30	3.62
1.80	0.04377	0.95623	6.439	21.0	2.141	0.33	4.38
2.15	0.05229	0.94771	6.497	23.0	2.345	0.36	5.23
2.58	0.06274	0.93726	6.570	24.0	2.447	0.37	6.27
2.98	0.07247	0.92753	6.639	25.0	2.549	0.38	7.25
3.58	0.08706	0.91294	6.745	30.0	3.059	0.45	8.71
3.81	0.09266	0.90734	6.786	24.0	2.447	0.36	9.27
	0.00000	1.00000	6.158		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

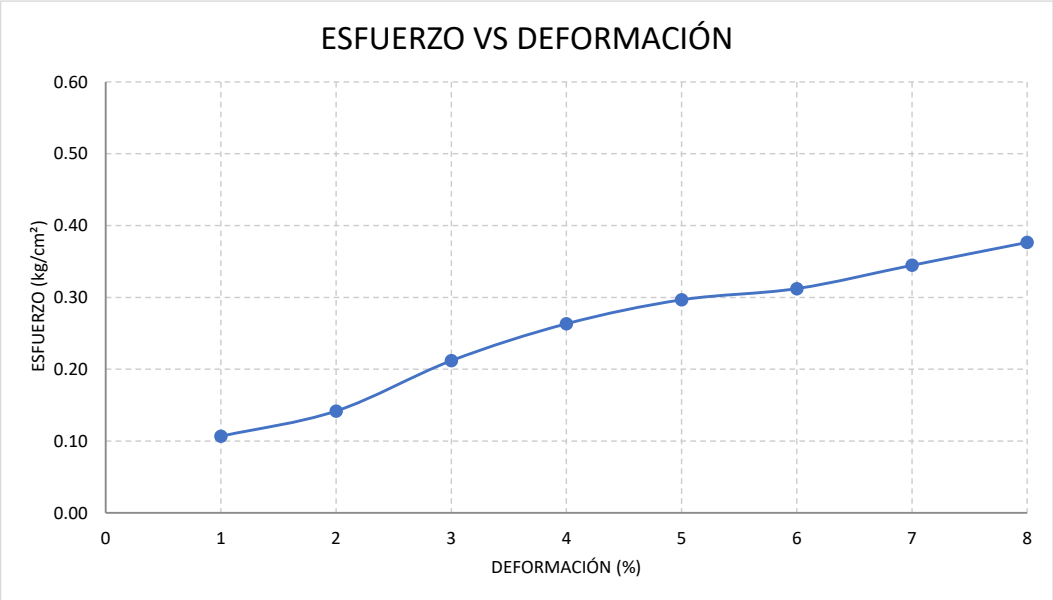
INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de mediana plasticidad**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**4,50 - 5,00**	**SONDEO:**	**4**
COORDENADA:	**8°58'23.93"N 75°51'41.48"W**	**MUESTRA:**	**5**

Diámetro	2.70	cm.
Alt. Inicial	4.60	cm.
Área	5.73	cm^2
Volumen	26.34	cm^3
P. Húmedo	56.00	gr.
P. Unitario	2.13	gr/cm^3
Alt. Final	4.22	cm.

γd max	1.84	gr/cm^3
W%	15.48	%
Áng. Rotura	0.00	°
qumax	0.51	(kg/cm^2)
Cohesión	0.25	µ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00217	0.99783	5.738	6.0	0.612	0.11	0.22
0.22	0.00478	0.99522	5.753	8.0	0.816	0.14	0.48
0.41	0.00891	0.99109	5.777	12.0	1.224	0.21	0.89
0.67	0.01457	0.98543	5.810	15.0	1.530	0.26	1.46
0.93	0.02022	0.97978	5.844	17.0	1.734	0.30	2.02
1.20	0.02609	0.97391	5.879	18.0	1.835	0.31	2.61
1.49	0.03239	0.96761	5.917	20.0	2.039	0.34	3.24
1.80	0.03913	0.96087	5.959	22.0	2.243	0.38	3.91
2.15	0.04674	0.95326	6.006	24.0	2.447	0.41	4.67
2.58	0.05609	0.94391	6.066	25.0	2.549	0.42	5.61
2.98	0.06478	0.93522	6.122	26.0	2.651	0.43	6.48
3.58	0.07783	0.92217	6.209	31.0	3.161	0.51	7.78
3.81	0.08283	0.91717	6.243	26.0	2.651	0.42	8.28
	0.00000	1.00000	5.726		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO

JS GEOSUELOS S.A.S
NIT: 901375481-7

COMPRESIÓN INCONFINADA EN MUESTRAS DE SUELOS

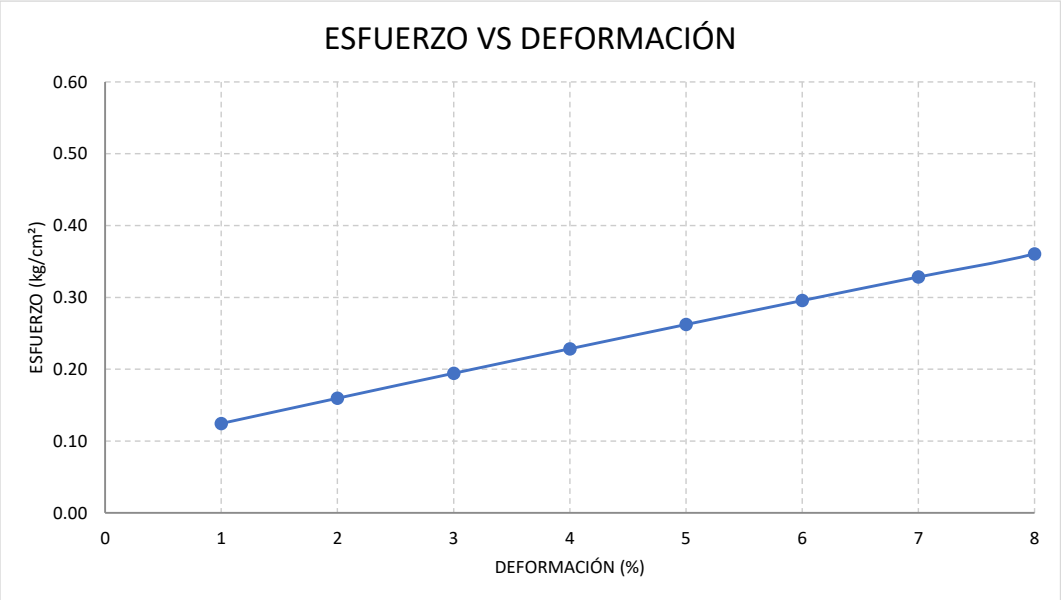
INV E-152-13

PROYECTO:	**CAÑO EL BIEN COMUN SAN PELAYO CORDOBA**	**FECHA:**	**JULIO 2026**
LOCALIZACIÓN:	**SAN PELAYO CORDOBA**	**COLOR:**	**pardo claro**
DESCRIPCIÓN:	**Arcilla de plasticidad media**	**SOLICITANTE:**	**CVS**
PROFUNDIDAD:	**5,50 - 6,00**	**SONDEO:**	**4**
COORDENADA:	**8°58'23.93"N 75°51'41.48"W**	**MUESTRA:**	**6**

Diámetro	2.70	cm.
Alt. Inicial	5.04	cm.
Área	5.73	cm^2
Volumen	28.88	cm^3
P. Húmedo	61.18	gr.
P. Unitario	2.12	gr/cm^3
Alt. Final	4.66	cm.

γd max	1.859	gr/cm^3
W%	13.947	%
Áng. Rotura	0.000	°
qumax	0.529	(kg/cm^2)
Cohesión	0.265	μ

Δh (mm)	ε	1-ε	Ac (cm^2)	C (Nw)	C (kg)	σ (kg/cm^2)	ε (%)
0.10	0.00198	0.99802	5.737	7.0	0.714	0.12	0.20
0.22	0.00436	0.99564	5.751	9.0	0.918	0.16	0.44
0.41	0.00813	0.99187	5.772	11.0	1.122	0.19	0.81
0.67	0.01328	0.98672	5.803	13.0	1.326	0.23	1.33
0.93	0.01844	0.98156	5.833	15.0	1.530	0.26	1.84
1.20	0.02379	0.97621	5.865	17.0	1.734	0.30	2.38
1.49	0.02954	0.97046	5.900	19.0	1.937	0.33	2.95
1.80	0.03569	0.96431	5.937	21.0	2.141	0.36	3.57
2.15	0.04262	0.95738	5.980	24.0	2.447	0.41	4.26
2.58	0.05115	0.94885	6.034	25.0	2.549	0.42	5.11
2.98	0.05908	0.94092	6.085	27.0	2.753	0.45	5.91
3.58	0.07098	0.92902	6.163	32.0	3.263	0.53	7.10
3.81	0.07554	0.92446	6.193	28.0	2.855	0.46	7.55
	0.00000	1.00000	5.726		0.000	0.00	0.00



OBSERVACIONES:

JESUS ALBERTO SANCHEZ
LABORATORISTA

LUIS DAVID RIVERO PEREZ
ING CIVIL DE CONTROL DE LABORATORIO