

ES-051-2022



**TRIPLE A S.A. E.S.P.**

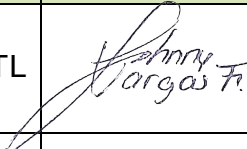
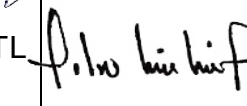
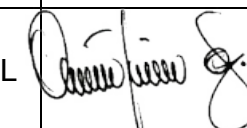
**ESTUDIO DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE CONDUCCIÓN  
(TANQUE REGIONAL 2), AL CORREGIMIENTO DE JUARUCO - TUBARÁ  
(ATLÁNTICO).**

**BARRANQUILLA SEPTIEMBRE DEL 2022**

## CONTROL DE CAMBIOS:

| Versión: | Cambios realizados:                                                            | Fecha:     |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| v 0.00   | Versión inicial del documento.                                                 | 10-09-2022 |
| v 1.00   | Se adicionan los valores de capacidad de carga admisible del subsuelo (Q adm). | 16-09-2022 |
|          |                                                                                |            |
|          |                                                                                |            |

## REVISIÓN:

| CONTROL DEL DOCUMENTO |                   |                                 |                  |                       |                                                                                       |
|-----------------------|-------------------|---------------------------------|------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                       | NOMBRE            | PROFESIÓN                       | CARGO            | MATRICULA PROFESIONAL | FIRMA                                                                                 |
| Elaboró:              | Johnny Vargas     | Ing. Civil<br>Esp.<br>Geotecnia | Director Técnico | 08202354127ATL        |  |
| Revisó:               | Pedro Leiva       | Ing. Civil<br>Esp.<br>Geotecnia | Gerente Técnico  | 08202163712ATL        |  |
| Aprobó:               | Antonio Vergel G. | Ing. Civil                      | Gerente General  | 0820270700ATL         |  |

| APROBACIÓN INTERVENTORÍA |                     |           |       |                       |                                                                                       |
|--------------------------|---------------------|-----------|-------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                          | NOMBRE              | PROFESIÓN | CARGO | MATRICULA PROFESIONAL | FIRMA                                                                                 |
| Aprobó:                  | RICARDO RUEDA GOMEZ | Ing Civil |       | 6820251070STD         |  |

Barranquilla, septiembre 16 de 2022

Señores:

**TRIPLE A S.A. E.S.P.**

Ciudad.

**Ref.:** Estudio de suelos para la **CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS DE CONDUCCIÓN (TANQUE REGIONAL 2)** ubicada en el corregimiento de Juaruco; Tubará (Atlántico).

Cordial Saludo,

Estamos remitiéndole el informe final correspondiente al estudio de suelos indicado en la referencia, elaborado para ustedes por nuestra Empresa.

Esperamos sea de gran utilidad y ayuda en el contexto para el cual se ha solicitado.

Después de haber realizado el análisis del presente informe, estamos dispuestos a sustentar y explicar cualquier duda que surja al respecto.

Atentamente,



**ANTONIO VERGEL G. Ing. Esp.**  
Gerente General

## TABLA DE CONTENIDO

|          |                                                                                                            |    |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.       | GENERALIDADES DEL ESTUDIO.....                                                                             | 7  |
| 1.1.     | Introducción .....                                                                                         | 7  |
| 1.2.     | Objeto y alcance del estudio .....                                                                         | 7  |
| 1.3.     | Localización .....                                                                                         | 8  |
| 2.       | CARACTERÍSTICAS DEL SITIO Y DEL PROYECTO .....                                                             | 10 |
| 2.1.     | Información previa .....                                                                                   | 10 |
| 2.2.     | Características del sitio .....                                                                            | 10 |
| 2.3.     | Características del proyecto .....                                                                         | 11 |
| 3.       | INVESTIGACIÓN DEL SUB-SUELO .....                                                                          | 13 |
| 3.1.     | Exploración de campo .....                                                                                 | 13 |
| 3.1.1.   | Método de percusión .....                                                                                  | 13 |
| 3.2.     | Características geotécnicas .....                                                                          | 17 |
| 3.2.1.   | Hidrografía .....                                                                                          | 17 |
| 3.2.2.   | Geología Regional .....                                                                                    | 18 |
| 3.2.2.1. | Rocas sedimentarias .....                                                                                  | 19 |
| 3.2.2.2. | Sedimentos recientes .....                                                                                 | 20 |
| 3.2.3.   | Clima .....                                                                                                | 23 |
| 3.2.4.   | Sismicidad del entorno .....                                                                               | 23 |
| 3.2.5.   | Sismicidad en la zona .....                                                                                | 24 |
| 3.3.     | Ensayos de laboratorio .....                                                                               | 26 |
| 4.       | ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO Y GEOTÉCNICO .....                                                                 | 27 |
| 4.1.     | Estratigrafía .....                                                                                        | 27 |
| 4.2.     | Nivel freático .....                                                                                       | 28 |
| 4.3.     | Caracterización geotécnica .....                                                                           | 28 |
| 4.3.1.1. | Arcilla de baja plasticidad (CL) .....                                                                     | 29 |
| 4.3.2.   | Caracterización geotécnica – Arenas .....                                                                  | 30 |
| 4.3.2.1. | Arena arcillosa (SC) .....                                                                                 | 30 |
| 5.       | RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS .....                                                                          | 35 |
| 5.1.     | Tubería en diámetro $\Phi$ 8" 10" y 12", en hierro dúctil con profundidad a cota clave de 1.0 a 1.5m ..... | 35 |
| 5.1.1.   | Capacidad de carga admisible del subsuelo ( $Q_{adm}$ ) .....                                              | 37 |
| 5.1.2.   | Análisis de estabilidad para taludes de excavación .....                                                   | 38 |
| 5.1.3.   | Alternativa de entibados continuos de madera .....                                                         | 42 |
| 5.1.3.1. | Análisis de presión lateral de tierras .....                                                               | 43 |
| 5.1.4.   | Especificaciones para lleno de zanjas .....                                                                | 46 |
| 5.1.5.   | Susceptibilidad a la Licuación .....                                                                       | 50 |
| 6.       | CONCLUSIONES .....                                                                                         | 51 |
| 6.       | LIMITACIONES .....                                                                                         | 53 |
| 7.       | DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....                                                                             | 54 |

## LISTA DE ILUSTRACIONES

|                                                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1. Localización General del proyecto .....                                                                                                                                                                                                                                      | 9  |
| Ilustración 2. Estado actual de la zona de estudio .....                                                                                                                                                                                                                                    | 11 |
| Ilustración 3. Ilustración del procedimiento del ensayo SPT.....                                                                                                                                                                                                                            | 14 |
| Ilustración 4. Esquema de Cuchara partida (SPLITSPOON).....                                                                                                                                                                                                                                 | 15 |
| Ilustración 5. Muestra analizada y ensayada en laboratorio – Sondeos.....                                                                                                                                                                                                                   | 16 |
| Ilustración 6. Interacción tectónica entre la placa Caribe y la de América del Sur .....                                                                                                                                                                                                    | 18 |
| Ilustración 7. Influencia de la convergencia de la placa Caribe y la de América del Sur .....                                                                                                                                                                                               | 18 |
| Ilustración 8. Roca sedimentaria de tipo LIMOLITA .....                                                                                                                                                                                                                                     | 19 |
| Ilustración 9. Roca sedimentaria de tipo ARENISCA .....                                                                                                                                                                                                                                     | 19 |
| Ilustración 10. Roca sedimentaria de tipo CALIZA.....                                                                                                                                                                                                                                       | 20 |
| Ilustración 11. Plancha 16-17 – Estado de la cartografía geológica .....                                                                                                                                                                                                                    | 22 |
| Ilustración 12. Coeficiente Fa y Coeficiente Fv del suelo.....                                                                                                                                                                                                                              | 25 |
| Ilustración 14. Resumen de numero de golpes por pie N corregido obtenido a partir del ensayo SPT. ....                                                                                                                                                                                      | 34 |
| Ilustración 15. Ubicación prevista para la instalación de la tubería de conducción Ø 8" 10" y 12" en hierro dúctil. ....                                                                                                                                                                    | 35 |
| Ilustración 16. Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 1.50 m de profundidad sin entibado (Condición estático) y corte vertical. Factor de seguridad obtenido $F.S = 0.849 < 1.20$ (requerido). ....                                                                         | 38 |
| Ilustración 17. Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 1.50 m de profundidad con entibado (Condición estático). Factor de seguridad obtenido $F.S = 1.378 > 1.20$ (requerido)....                                                                                            | 39 |
| Ilustración 18. Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 1.50 m de profundidad con entibado (Condición pseudo estática 50% de sismo de diseño $K_h = 0.064$ y $K_v = 0.0064$ ). Factor de seguridad obtenido $F.S = 1.331 > 1.00$ (requerido).....                             | 39 |
| Ilustración 19. Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 1.50 m de profundidad sin entibado (Condición estático) corte en relación 3V: 2 H. Factor de seguridad obtenido $F.S = 1.363 > 1.20$ (requerido).....                                                                 | 40 |
| Ilustración 20. Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 1.50 m de profundidad sin entibado (Condición pseudo estática 50% de sismo de diseño $K_h = 0.064$ y $K_v = 0.0064$ ), corte en relación 3V: 2 H. Factor de seguridad obtenido $F.S = 1.294 > 1.00$ (requerido). .... | 41 |
| Ilustración 21. Entibado continuo de madera. ....                                                                                                                                                                                                                                           | 42 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Coordenadas de las perforaciones geotécnicas. ....                                                         | 13 |
| Tabla 2. Parámetros sísmicos de diseño.....                                                                         | 24 |
| Tabla 3. Ensayos de laboratorios realizados y Normas aplicadas.....                                                 | 26 |
| Tabla 4. Potencial de expansión de suelos cohesivos según NSR – 10.....                                             | 28 |
| Tabla 5. Consistencia de suelos cohesivos.....                                                                      | 29 |
| Tabla 6. Arcilla de baja plasticidad (CL). ....                                                                     | 29 |
| Tabla 5. Compacidad de suelos granulares. ....                                                                      | 30 |
| Tabla 7. Arena arcillosa (SC) .....                                                                                 | 31 |
| Tabla 8. Corrección de $N_{spt}$ y correlaciones de los parámetros del subsuelo.....                                | 33 |
| Tabla 9. Resumen de capacidad de carga admisible ( $Q_{adm}$ ) por sondeo.....                                      | 37 |
| Tabla 9. Resumen de factores de seguridad obtenidos durante análisis de estabilidad para taludes de excavación..... | 41 |
| Tabla 10. Parámetros empleados en el análisis de presión de tierras. ....                                           | 44 |
| Tabla 11. Gradación del material granular.....                                                                      | 47 |
| Tabla 12. Gradación del material de recebo arenoso. ....                                                            | 47 |
| Tabla 13. Franjas granulométricas para materiales granulares tipo SBG o BG.....                                     | 49 |

## 1. GENERALIDADES DEL ESTUDIO

### 1.1. Introducción

Este documento presenta el estudio de suelos realizado por la Firma **CONSTRUSUELOS S.A.S.**, a solicitud de la empresa **TRIPLE A S.A. E.S.P.** donde se incluyen las recomendaciones geotécnicas referentes a la construcción de líneas de conducción (tanque regional) ubicada en el corregimiento Juaruco; Tubará (atlántico).

La primera parte del estudio incluye las generalidades, los objetivos, alcance y la metodología de investigación, teniendo en cuenta los reglamentos de la NSR-10. Adicionalmente, se relaciona el proceso investigativo llevado a cabo a través de una exploración de campo (inspección visual y perforaciones); así como, las pruebas de laboratorio con sus respectivos resultados, perfiles estratigráficos y la caracterización geotécnica al subsuelo estudiado.

Finalmente, se realizará un análisis de tipo técnico, de las características de los materiales encontrados, y la incidencia de aguas freáticas y de factores externos sobre el lote y su periferia, que puedan afectar el comportamiento esperado del suelo de fundación.

### 1.2. Objeto y alcance del estudio

El presente informe tiene como objetivo principal indicar las características geotécnicas de los depósitos de suelo encontrados en la zona de estudio y plantear las recomendaciones constructivas relevantes para las obras proyectadas teniendo en cuenta las condiciones del predio.

El alcance del estudio contiene la secuencia de las siguientes actividades:

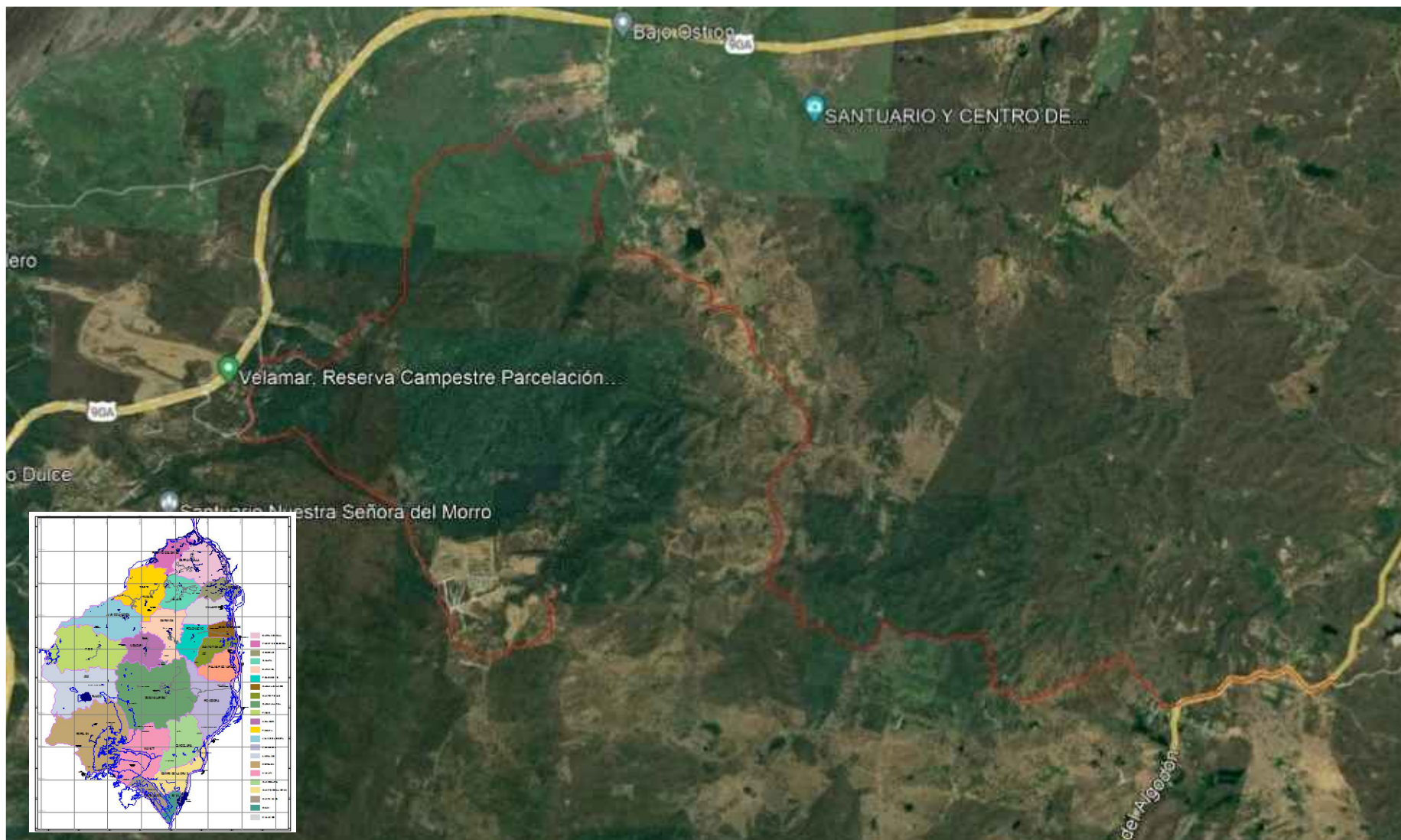
- a. Obtener información sobre las condiciones estratigráficas del terreno, a través de una exploración de campo.
- b. Determinar las propiedades geotécnicas de los suelos, en particular sus características mecánicas.
- c. Proyectar el mejor método de instalación, predecir y contrarrestar las dificultades y retrasos que puedan surgir durante la construcción debido a las condiciones de

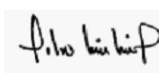
la zona.

- d. Determinar las variaciones que se puedan presentar, teniendo en cuenta las condiciones ambientales y del terreno, ya sea en forma natural o como resultado de las obras adyacentes.
- e. Detectar la profundidad del nivel de aguas freáticas, si hubiere, en todas las exploraciones de campo.
- f. Valoración de los problemas de drenaje y estabilización de la excavación por superficies libres de agua en el subsuelo.
- g. Establecimiento de los parámetros y procesos de construcción de los sistemas de cimentación.

### **1.3. Localización**

La zona de estudio se encuentra ubicada en el corregimiento Juaruco; Tubará (Atlántico). Las coordenadas geográficas de la zona están referenciadas: -74.971.470° Oeste y 10.932773° Norte, con una elevación de 66.0 m.s.n.m. En la Ilustración 1 se puede observar la localización General del proyecto.



|                                              |                          |                                         |             |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|----------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| PROYECTO:<br>E.S. PARA CONSTRUCCIÓN DE EBAP  |                          | CLIENTE:<br>TRIPLE A E.S. E.S.P         |             |  |  |  |  |
| LOCALIZACIÓN:<br>JUARUCO; TUBARÁ (ATLÁNTICO) |                          | DISEÑADO POR:<br>Ing. Melanys Lozada M. |             | APROBADO POR:<br>Ing. Pedro Leiva                                                     | ING A CARGO :<br>Ing. Johnny Vargas                                                   |                                                                                       |                                                                                       |
| COORDENADA:<br>-74.971470°O; 10.932773°N     | ELEVACIÓN:<br>66 m.s.n.m | FECHA: 09/2022                          | ESCALA: N/A | UNIDAD: N/A                                                                           | PLANO 1/1                                                                             |                                                                                       |                                                                                       |

## **2. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO Y DEL PROYECTO**

### **2.1. Información previa**

Para que el Ingeniero Geotecnista pueda proyectar la exploración de los depósitos de suelo que existen en la zona de estudio, debe tener un conocimiento razonable del área que se proyecta intervenir; esto incluye las condiciones del sitio y del suelo cercano a la obra, las características y ubicación del proyecto dentro del área y el comportamiento de otras estructuras construidas en la zona.

Siendo consecuente con la información que se requiere, en primer lugar, se programó una inspección visual en campo para organizar la logística del estudio y verificar la zona; de igual manera, se solicitó al cliente la información concerniente al proyecto y el estado actual del suelo en toda su extensión; con el objetivo de emitir las recomendaciones geotécnicas pertinentes para las estructuras dadas y los procesos constructivos respectivos de las actividades de corte, relleno y nivelación.

El estudio de suelos que se proyecta comprende las siguientes actividades:

- a. Recopilación y estudio de la información entregada por el Cliente.
- b. Exploraciones de campo, mediante el método que más se adapte a las condiciones del terreno.
- c. Identificación por medio de ensayos de laboratorio de los depósitos naturales encontrados.
- d. Análisis de los resultados obtenidos, tomando como base los datos recolectados en el método de exploración.

### **2.2. Características del sitio**

El área de estudio, se caracteriza por ser una zona rural de escasos habitantes. El lugar se encuentra rodeado de abundante vegetación entre los que se destacan arboles de mediano tamaño, arbustos y maleza. Por otro lado, la topografía es inclinada y la vía de acceso no se encuentra pavimentada.



Ilustración 2. Estado actual de la zona de estudio  
Fuente: Elaboración propia.

Por otro lado, no se detectaron accidentes geomorfológicos, generales o locales (cavernas, oquedades, corrimientos, deslizamientos, taludes, etc.) que representen riesgo alguno para la estabilidad del terreno.

### 2.3. Características del proyecto

De acuerdo con la información suministrada por el cliente, el proyecto consiste en la construcción de líneas de conducción (tanque regional 2) hasta el corregimiento de Juaruco, el cual contará con una estación de bombeo que se llamará regional 3.

Se tiene que los diámetros a utilizar varían entre 8-10 y 12" y se proyecta en Hierro Dúctil la mayoría a una profundidad entre 1.0 a 1.5m a clave. A la fecha de emisión del presente documento, no se cuenta con información referente a los planos arquitectónicos de la estructura, ni del análisis estructural.

### 3. INVESTIGACIÓN DEL SUB-SUELO

#### 3.1. Exploración de campo

Para la caracterización del terreno a estudiar, se eligió un procedimiento de exploración de campo por sondeos, tomando como base la información obtenida en la investigación previa y con el fin de obtener parámetros de caracterización de los materiales que conforman el área en estudio. De acuerdo al propósito del estudio, se definió realizar la ejecución de cuatro (4) sondeos de 1.50m.

Los cuales fueron medidos desde la superficie actual del terreno y en el área donde se proyecta la construcción de la estructura en referencia. (Ver **Anexo N° 1**. Esquema en planta de la ubicación de los sondeos); de tal manera que proporcione la información necesaria para la obra en cuestión. Otro aspecto importante que se debe detectar en la exploración geotécnica es la presencia de aguas libres subterráneas colgantes o niveles freáticos estables; puesto que su existencia es el principal causante de problemas, durante el proceso de excavación e instalación de la red proyectada.

| No. | TIPO DE PUNTO | DESIGNACIÓN | PROFUNDIDAD (m) | COORDENADA NORTE | COORDENADA OESTE | ELEVACIÓN (m) |
|-----|---------------|-------------|-----------------|------------------|------------------|---------------|
| 1   | SONDEO        | S1          | 1.50            | 10.927262°       | -74.938263°      | 73.00         |
| 2   | SONDOE        | S2          | 1.50            | 10.932008°       | -74.969388°      | 53.00         |
| 3   | SONDEO        | S3          | 1.50            | 10.954917°       | -74.980629°      | 42.00         |
| 4   | SONDEO        | S4          | 1.50            | 10.930506°       | -74.991558°      | 257.0         |

Tabla 1. Coordenadas de las perforaciones geotécnicas.

Elaboración propia.

##### 3.1.1. Método de percusión.

Este método describe el procedimiento conocido como Ensayo Normal de Penetración, el cual se fundamenta en conducir un muestreador de tubo partido dentro del suelo para obtener muestras de naturaleza alterada representativas con fines de identificación y medir la resistencia del suelo a la penetración del muestreador. La Norma que describe esta metodología de exploración es la ASTM D1586-11. (Prueba de Penetración Estándar - SPT).

El método consiste en alcanzar la profundidad a la que se va a realizar la prueba, detener la entubación del sondeo, limpiar el fondo y hacer descender el muestreador (Split Spoon) mediante el varillaje. Una vez apoyada la cuchara, se procede a hincarla

dejando caer una masa de 140 lb sobre la cabeza del varillaje desde una altura de 76 cm (30"), con un martillo manual de energía 60%. El resultado del ensayo, el índice N, es el número de golpes precisos para profundizar 30 cm. El recuento de golpes se efectúa por tramos de 15 cm (6"), haciendo para ello penetrar la punta total de 45 cm (18").

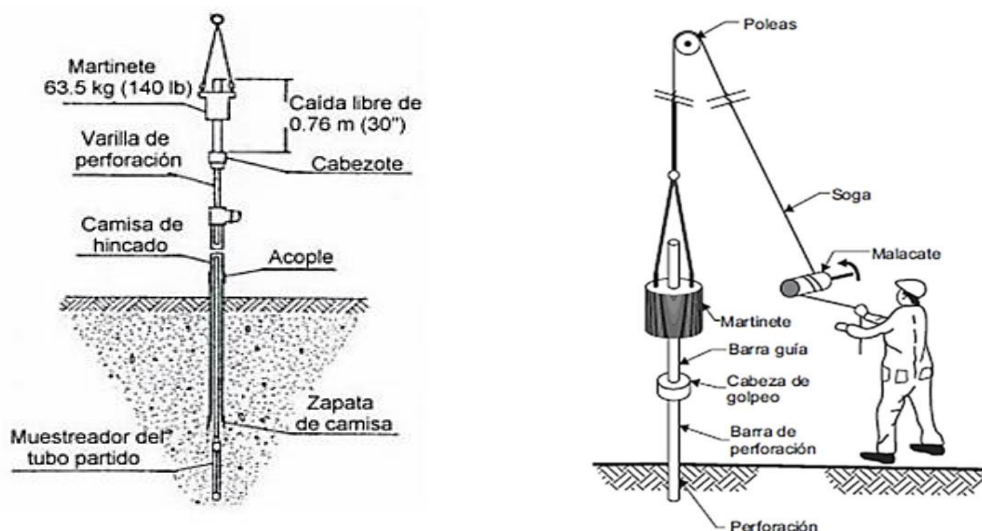


Ilustración 3. Ilustración del procedimiento del ensayo SPT.

El primer tramo (denominado "Penetración de asiento") no se tiene en cuenta; en el segundo (de 15 cm a 30 cm) de profundidad y el tercero (de 30 cm a 45 cm) los que intervienen en el resultado, que se expresa como suma de los golpes en ambos tramos.

El método SPT se usa ampliamente en la mayoría de los proyectos de exploración geotécnica. La literatura técnica presenta correlaciones, tanto locales como de uso general, entre el número de golpes N y las características de los suelos del lugar o los comportamientos de terraplenes y cimentaciones diseñadas empleando estos datos.

En cada perforación se tomaron muestras de forma continua con el muestreador cuchara partida, según lo descrito por la Norma ASTM D 420-93 (Investigación de suelos y rocas para propósitos de Ingeniería).

Las muestras extraídas fueron descritas en campo teniendo en cuenta lo contemplado en la Norma ASTM D2488-09 (Procedimiento visual-manual para descripción e identificación de muestras de suelos), para luego ser transportadas y

almacenadas en el laboratorio según lo descrito en la Norma ASTM D 4220-95 (Prácticas estándar para la preservación y el transporte de muestras de suelo) y ASTM D 50.

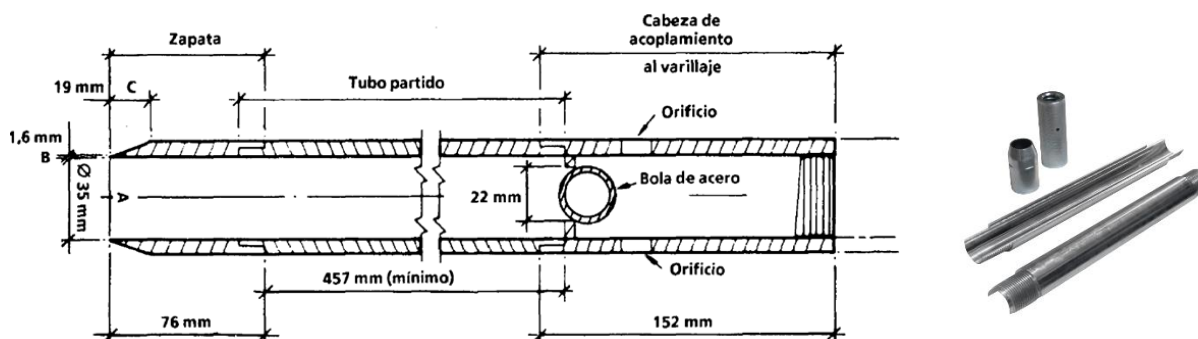


Ilustración 4. Esquema de Cuchara partida (SPLIT SPOON).

Las muestras obtenidas con el muestreador tipo cuchara partida (Split Spoon), se utilizaron para la clasificación e identificación de cada estrato de suelo y con la intención de obtener una guía de las propiedades in situ del suelo a lo largo de la profundidad explorada. El procedimiento en campo realizado para la obtención de las muestras se describe a continuación:

1. Una vez que el supervisor o jefe de la cuadrilla recibe el muestreador de cuchara partida, lo lava para retirar el exceso de material en el exterior de la tubería.
2. Se retira el cabezote de la cuchara partida de forma manual o con la ayuda de llaves para tubo o tipo stillson.
3. Se abre el muestreador de cuchara partida y se extrae la muestra contenida resultante del procedimiento de penetración estándar.
4. Se procede con el registro fotográfico de campo.
5. Se procede con el embalaje del espécimen de suelo, se rotula y se realiza la descripción del material en el formato Registro de perforaciones FP-LAB-02-02.
6. Se lava el interior del muestreador de cuchara partida, eliminando cualquier exceso de material y se procede con el ensayo de penetración estándar.



Sondeo 1 0.00 – 0.50 m



Sondeo 1 0.50 – 1.50 m



Sondeo 2 0.00 – 1.00 m



Sondeo 2 1.00 – 1.50 m



Sondeo 3 0.00 – 1.00 m



Sondeo 3 1.00 – 1.50 m



Sondeo 4 0.00 – 1.00 m



Sondeo 4 1.00 – 1.50 m

Ilustración 5. Muestra analizada y ensayada en laboratorio – Sondeos.

## 3.2. Características geotécnicas

### 3.2.1. Hidrografía

La hidrología de Tubará está formada por la cuenca del Mar Caribe. A dicha cuenca pertenecen los municipios de Puerto Colombia, Juan de Acosta, Tubará, Piojó, Baranoa, Usiacurí y Galapa y parte del Distrito de Barranquilla.

Los Municipios de Baranoa, Usiacurí y Galapa, pertenecen a esta subregión, dado que gran parte de sus microcuencas y la mayoría de acuíferos extienden sus límites más allá de la línea superficial de divorcio, incluyendo la de los acuíferos subterráneos a la cuenca del Mar Caribe. Así mismo estos tres municipios poseen características geomorfológicas similares en las zonas de serranías y planicies onduladas.

De acuerdo al estudio de cuencas hidrográficas del Departamento del Atlántico, realizado por el IGAC, la cuenca del Mar Caribe, ubicada al nor-occidente del departamento y que se extiende desde el tajamar occidental hasta Galerazamba, con una longitud aproximada de 70 Km. Está conformada por cinco subcuencas: 1401-1; 1401-2; 1401-3; 1401-4; 1401-5 (Puerto Colombia, Tubará, Juan de Acosta, Piojó y Galapa). Varios de sus arroyos desembocan en el Mar Caribe, otros en sus cuerpos lagunares y algunos discurren hasta el departamento de Bolívar. Pero solamente en las subcuencas 1401-1 y en la 1401-4 encontramos cuerpos lagunares de importancia ambiental y económica.

Por ejemplo, la cuenca 1401-4 tiene un ecosistema estratégico referenciado como la Ciénaga del Totumo, con una alta intervención antrópica; y la cuenca 1401-1 contiene las ciénagas de Balboa y los Manatíes que, aunque siendo pequeñas, todavía prestan un importante servicio ambiental a los demás ecosistemas de su entorno, y se encuentran formando parte de la jurisdicción del municipio de Puerto Colombia.

Estos cuerpos lagunares actúan como vasos receptores de arroyos importantes y otros drenajes naturales que, aunque siendo estos de aguas intermitentes, en épocas invernales aportan agua dulce a los cuerpos de agua, y en combinación con las aguas marinas forman nichos ecológicos con altos nutrientes para el desarrollo de una rica cadena trófica.

Históricamente, las cadenas tróficas de estos cuerpos lagunares, se han visto afectadas negativamente por la alta intervención antrópica, y debido a la fuerte presión han sido sometidas a un proceso de exterminio lento sin ningún tipo de control

### 3.2.2. Geología Regional.

El caribe colombiano se encuentra influenciado desde el Cretácico Tardío por la convergencia de la Placa Caribe con la Placa Sudamericana (Barrera, 2001). La interacción de estas determina los patrones estructurales y estratigráficos del norte de Colombia. Esta actividad produjo hace aproximadamente 56 millones de años diferentes fases de plegamiento, sedimentación e interrupciones en la sedimentación que dieron origen a las rocas sedimentarias y depósitos recientes que componen el Departamento del Atlántico. Estas características estructurales y estratigráficas se ven diferenciadas por bloques o provincias geológicas (Reyes, 2004). Específicamente el Departamento del Atlántico se encuentra en el Bloque Sinú Norte perteneciente al Cinturón del Sinú.

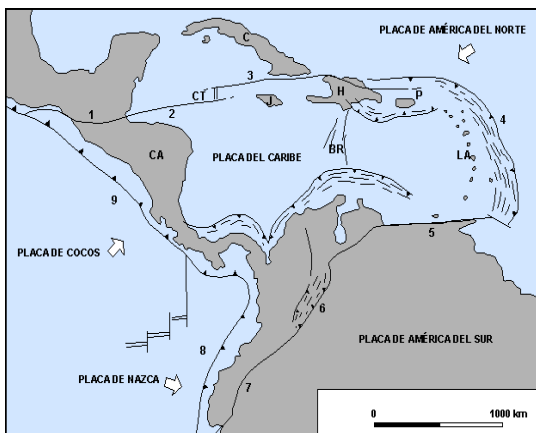


Ilustración 6. Interacción tectónica entre la placa Caribe y la de América del Sur

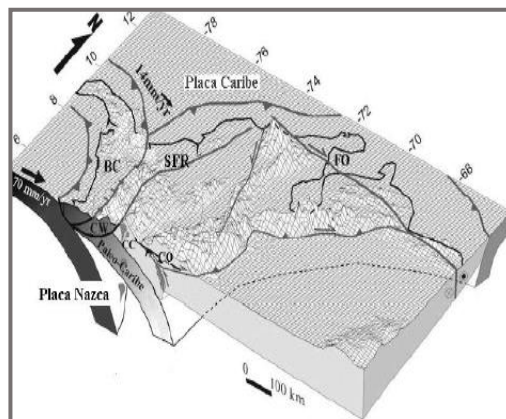


Ilustración 7. Influencia de la convergencia de la placa Caribe y la de América del Sur

El Cinturón del Sinú hace parte del Cinturón Plegado de San Jacinto – Sinú, el cual es un prisma de acreción donde su parte interna corresponde a la parte más antigua Cinturón Plegado de San Jacinto y su parte externa corresponde a la parte más joven, Cinturón del Sinú (ANH, 2011), compuesto por rocas sedimentarias y depósitos recientes

de origen marino y fosilíferos. Algunas de estas unidades pertenecientes al Cinturón del Sinú ubicadas en la ciudad de Barranquilla son: Formación Las Perdices (PgNgp) (**Anderson, 1929**), Formación la Popa (Qpp) (Anderson, 1926) y sedimentos recientes. A continuación, se describirá cada una brevemente.

### 3.2.2.1. Rocas sedimentarias.

- **Formación Las Perdices (PgNgp)**

El nombre de esta formación fue utilizado originalmente por Anderson (1929), geomorfológicamente presenta un relieve suavemente ondulado de pequeñas colinas que se destacan del nivel generalmente plano circundante. Litológicamente se compone de arenitas de grano fino, deleznales, donde predomina el cuarzo y el feldespato sobre los minerales pesados y óxidos de hierro, limolitas ferruginosas, de color pardo claro a gris amarillento (Barrera, 2001). Hacia los alrededores de Barranquilla y Galapa, la Formación Las Perdices es predominantemente arcillosa constituida principalmente por arcillolitas gris verde oliva, con abundantes cristales de yeso, clastos pequeños ferruginosos y microfauna (Barrera, 2001).



Ilustración 8. Roca sedimentaria de tipo  
LIMOLITA



Ilustración 9. Roca sedimentaria de tipo  
ARENISCA

➤ **Formación La Popa (Qpp)**

El nombre de esta formación fue utilizado originalmente por Anderson (1926), geomorfológicamente forma una serie de colinas menos abruptas y alargadas. Litológicamente se compone por calizas terrígenas de color gris amarillento a amarillo grisáceo, bastante bio-turbadas y abundantes bioclastos de corales y areniscas muy calcáreas de grano fino a grueso con granos gruesos, abundante matriz calcárea y fragmentos de moluscos pequeños (Barrera, 2001).

**3.2.2.2. Sedimentos recientes.**

Estos sedimentos incluyen todos los depósitos no consolidados (suelos) de origen marino, fluvial y eólico que subyacen las rocas del Terciario. Estos en base a características geomorfológicas y litológicas, se han diferenciado grupos de depósitos, estos son: Depósitos marinos de playa (Qm), Depósitos fluvio-lacustres (Qfl), Depósitos coluvio-aluviales (Qcal) y Depósitos eólicos (Qe).



Ilustración 10. Roca sedimentaria de tipo CALIZA

- **Depósitos eólicos (Qe)**

Estos son los sedimentos eólicos antiguos y los recientes, es decir, los grandes cuerpos de dunas antiguas estabilizadas, adyacentes a la margen occidental del Río Magdalena y las dunas recientes adyacentes a la línea de costa. Los depósitos eólicos más antiguos están expuestos al oriente de las poblaciones de Baranoa y Galapa, e

inclusive en los alrededores meridionales de Barranquilla, están constituidos por arenas cuarzosas de grano fino a medio (Barrera, 2001).

- **Depósitos marinos de playa (Qm)**

Estos depósitos constituyen las playas y las espigas. Son los depósitos más distintivos de la línea de costa entre Galerazamba y Punta Sabanilla y Puerto Mocho. Se pueden identificar crestas de playa que representan antiguas líneas de costa. Las espigas de Galerazamba y las de Pradomar - Puerto Colombia, están constituidas prevalementemente por arenas de grano fino a medio, de color gris claro a gris oscuro. En el sector de Punta La Garita y las situadas al oriente de Bocatocino, que constan de arenas de grano grueso a muy grueso con gravas (Barrera, 2001).

- **Depósitos coluvio – aluviales (Qcal)**

Estos son los depósitos aluviales intermontanos y los de llanura aluvial, es decir, depósitos de derrubios acumulados en los cauces de los actuales arroyos y los valles intermontanos estrechamente relacionados a dichos arroyos localizados entre las colinas. Están compuestos por arenas, gravas, limos y arcillas, de color pardo amarillento que embeben fragmentos de rocas clásticas como areniscas y lodolitas (Barrera, 2001).

- **Depósitos fluvio-lacustres (Qfl)**

Estos ocurren en las márgenes del Río Magdalena como en sus orillares y en las ciénagas asociadas, geomorfológicamente barras de meandros con su forma característica de medialuna, islas interiores del cauce del Río, las cuales emergen o desaparecen estacionalmente de acuerdo al nivel del Río u otras ya colonizadas por vegetación. Los sedimentos asociados al lecho actual del Río Magdalena están constituidos por arenas de grano fino a medio, de color gris amarillento compuesto por cuarzo, chert, y fragmentos líticos, subangulares, a sub-redondeadas, con buena selección. Los sedimentos asociados al lecho actual del Río Magdalena están constituidos por arenas de grano fino a medio, de color gris amarillento compuesto por cuarzo, chert, y fragmentos líticos, subangulares, a sub-redondeadas, con buena selección (Barrera, 2001).

### 3.2.2.1. Geología local

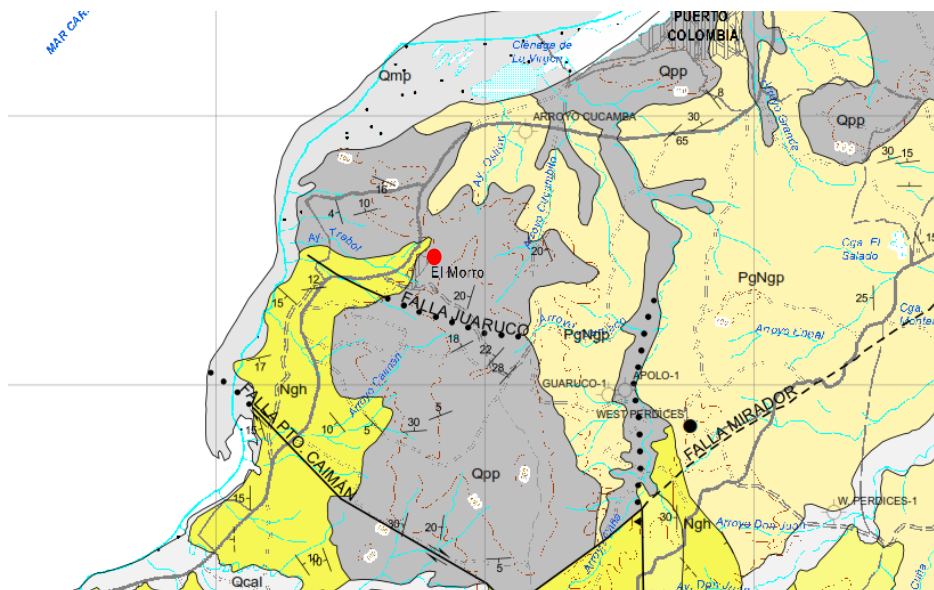


Ilustración 11. Plancha 16-17 – Estado de la cartografía geológica

Fuente: Servicio geológico colombiano

En la zona de estudio, se destacan suelos pertenecientes a la formación La Popa (Qpp), de los estratos que constituyen el cerro de La Popa en Cartagena, con un espesor de 150 metros y cuya descripción es:

Nivel e: caliza maciza de arrecifes coralinos.

Nivel d: caliza porosa arrecifal

Nivel c: caliche amarillo con bloques y grumos de calizas arrecifales

Nivel b: arcillas arenosas con bloques y grumos de calizas arrecifales.

Nivel a: arcillas micáceas gris oscuras, con yeso.

La formación la popa aflora hacia la parte más noroccidental de la plancha donde forma una serie de colinas menos abruptas y alargadas que las constituyen las serranías de Pajuancho y Capiro, y las montañas de Tubará. La más representativas de esta morfología son las lomas de Cámarón y Juaruco al nororiente y norte de la población de Tubará, las lomas de Risota, Nisperal, Aguas Vivas y Pan Azucar en los alrededores de Puerto Colombia, con un patrón de drenaje subparalelo. (Barrera, 2001)

### 3.2.3. Clima

El clima en el municipio de Tubará generalmente en el transcurso del año varía de 23°C a 31°C y rara vez baja a menos de 22°C o sube más de 33°C. La temporada de lluvia es nublada y la temporada seca es ventosa y parcialmente nublada. La temporada calurosa dura 2.7 meses la cual se presenta desde el mes de abril hasta el mes de julio y la temperatura máxima promedio diario es de más de 31°C y mínima de 25°C. Por otro lado, la temporada más fresca va de diciembre a marzo con una temperatura promedio de 30°C. Sin embargo, el mes más frío del municipio de Tubará es el mes de enero con una temperatura mínima de 24°C y máxima de 30°C. (Weather Spark, 2022).

La precipitación de un día mojado es de por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente al líquido. La temporada más mojada dura 6.4 meses del mes de mayo a noviembre. El mes con más días mojados en Tubará es octubre, con un promedio de 14,1 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación. (Weather Spark, 2022).

La temporada más seca dura 5,6 meses, del 22 de noviembre al 10 de mayo. El mes con menos días mojados en Tubará es febrero, con un promedio de 0,3 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación. (Weather Spark, 2022).

### 3.2.4. Sismicidad del entorno.

El Caribe Colombiano es considerado como de sismicidad baja de acuerdo con la información histórica existente. Como fuentes sismo génicas en el área se destacan las fallas de Oca, Cuiza, Santa Marta, Urumita, Punta Canoa y Rosario, estas dos últimas postuladas por Vernet y otros (1993), con dirección E–W. Del mismo modo se consideran como fuentes sismogénicas de primer orden la falla de Romeral, Mamonal de dirección NNE y el cinturón deformado del caribe meridional. La región se caracteriza por el registro histórico de sismos en la mayoría de magnitud MS entre 4.1–5.5 y menores; aunque igualmente se presentan registros de sismos de magnitudes mayores asociadas al cinturón deformado del caribe meridional.

Los sismos cuyo epicentro se ha demarcado en cercanías de la Ciudad de Cartagena (Escallón y otros 1993, Ingeominas 1993) son de magnitudes de 4.1–5.5 y por su ubicación podrían relacionarse con las fallas de Canoas y Mamonal. Haciendo el análisis de recurrencia de magnitudes en un área de 250 Km. de radio alrededor de

Barranquilla y siguiendo la metodología expresada por Sarrias (1990), se encontró la probabilidad de ocurrencia de un sismo de  $MS = 6.8$  en esta zona.

De igual manera se determinó la predominancia de sismo de magnitud pequeña en esta región. Estos resultados preliminares son apenas una pequeña aproximación a la inexactitud introducida por la predominancia de eventos de magnitud pequeña, que camuflan la probabilidad de sismos de magnitud más grande con un período de recurrencia mayor al registrado histórico. También, se indica el número bajo de epicentros localizados en el área analizada (74 epicentros) la mayoría de los cuales no presenta localización instrumental.

### 3.2.5. Sismicidad en la zona.

Para dar cumplimiento a lo estipulado en el Título **A** de la Norma Colombiana de Diseño Sismo Resistente (**NSR-10**), en el apartado A-2-4, los efectos locales de respuesta sísmica del proyecto deben evaluarse utilizando los siguientes parámetros básicos, de la tabla 2.

| PARÁMETROS                                                                                          | DESCRIPCIÓN                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Localidad                                                                                           | Juaruco, Tubará -<br>Atlántico |
| Riesgo sísmico                                                                                      | BAJO                           |
| Coeficiente de aceleración pico esperado para diseño (Aa)                                           | 0.10                           |
| Coeficiente de velocidad pico efectiva (Av)                                                         | 0.10                           |
| Tipo de perfil del suelo                                                                            | D                              |
| Coeficiente de ampliación que modifica la aceleración en periodos cortos, Fa (NSR-10 tabla A.2.4-3) | 1.6                            |
| Coeficiente de ampliación que modifica la aceleración en periodos intermedios, Fv (NSR-10 A.2.4-4)  | 2.4                            |

Tabla 2. Parámetros sísmicos de diseño.

Con base a los tipos de suelos, su grado de compacidad y consistencia, correlacionada con los valores del número de golpes corregidos obtenidos mediante el ensayo SPT en los metros explorados, más los valores encontrados de  $N$  corregidos a  $N_{160}$  en estudios de suelos realizados en el perímetro del área a profundidades de 30.0 metros, se define el perfil de suelo, siguiendo los lineamientos del numeral A.2.4.2 (TIPOS DE PERFIL DE SUELO) de la NSR-10, se considera un tipo de perfil del suelo **D**, que contiene perfiles de suelos rígidos, que tienen un número de golpes  $50 > N \geq 15$ .

En relación con el tipo de suelo, se consideran los coeficientes de amplificación  $F_a$  y  $F_v$  del suelo, para las zonas de períodos cortos y períodos intermedios del espectro, los valores se detallan a continuación, como se muestra en los siguientes gráficos:

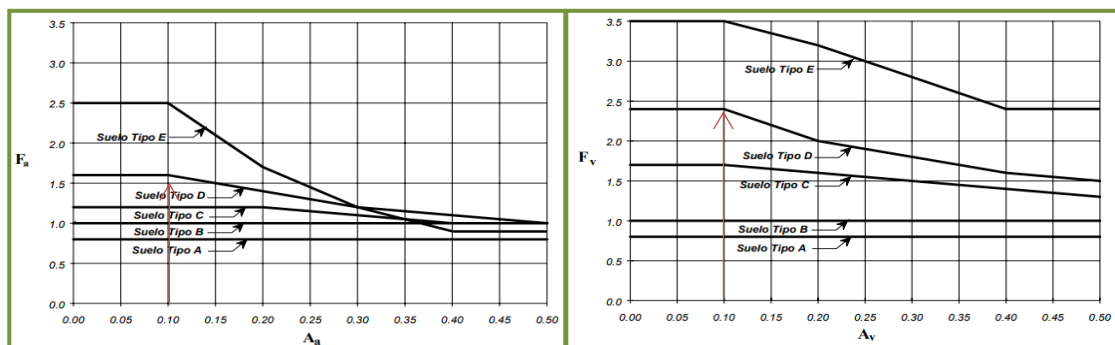


Ilustración 12. Coeficiente  $F_a$  y Coeficiente  $F_v$  del suelo

Según lo expuesto en el aparte H.5.2.5 de la norma NSR – 10, para los análisis se debe emplear la aceleración máxima del terreno obtenida de un espectro para periodo cero, la cual se calcula como:

$$S_a = A_a * F_a * I$$

Dónde:

**$A_a$ :** es la aceleración máxima horizontal en roca.

**$F_a$ :** Coeficiente de amplificación tomado de la Tabla A.2.4-4 (NSR, 2010).

**$I$ :** Coeficiente de importancia, equivalente a uno.

El coeficiente sísmico de diseño para análisis pseudoestático de taludes KST tiene valor inferior o igual al de  $a_{máx}$ , para suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados se recomienda usar una relación  $KST/a_{máx} = 0,8$ .

$$S_a = A_a * F_a * I = 0.10 * 1.60 * 1.00 = 0.16$$

$$K_h = 0.16 * 0.80 = 0.128$$

$$K_v = 10\% * 0.192 = 0.0128$$

### 3.3. Ensayos de laboratorio

En cada una de las perforaciones ejecutadas se recuperaron muestras de naturaleza alterada, las cuales se consideran representativas del perfil natural del terreno. Las muestras, se analizaron inicialmente en forma visual y se seleccionaron algunas para ser sometidas en el laboratorio a los ensayos principales, de acuerdo con las necesidades del estudio y las características de los suelos encontrados.

| ENSAYOS DE LABORATORIO                   | NORMA ASTM     | NORMA INVE      | CANTIDAD |
|------------------------------------------|----------------|-----------------|----------|
| Ensayo de identificación y clasificación |                |                 |          |
| Contenido de Humedad Natural             | ASTM D 2216-22 | INVE-122-13     | 6        |
| Granulometría por tamizado               | ASTM 422-63    | INVE-123-13     | 6        |
| Límites de Atterberg                     | ASTM D 4318-95 | INVE-125-126-13 | 6        |

Tabla 3. Ensayos de laboratorios realizados y Normas aplicadas.

Los ensayos de laboratorio realizados permiten conocer realmente el tipo de suelo, sus características y propiedades físicas.

El análisis granulométrico, tiene por objeto determinar los tamaños de las partículas, inferir su origen geológico y obtener parámetros como diámetro efectivo, coeficiente de uniformidad y curvatura; junto con la granulometría, se calculan los límites de Atterberg, método que evalúa los cambios de estados del suelo, dependiendo del contenido de agua. El límite líquido y el Índice de plasticidad constituyen una medida de la plasticidad del suelo. La interpretación de las pruebas de los límites líquidos y plásticos se facilita usando la Carta de plasticidad desarrollada por A. Casagrande. El ensayo de contenido de humedad es una de las características fundamentales para explicar el comportamiento del suelo, como por ejemplo los cambios de volumen, cohesión y estabilidad mecánica. La humedad natural de un suelo es en sí una propiedad índice útil. Sin embargo, tiene un mayor significado la relación de la humedad natural a los límites líquido y plástico.

El ángulo de fricción de depósitos granulares, están determinados en base a correlaciones de los valores de  $N_{160}$  del ensayo SPT, modificado según Bowles, 1977 y de acuerdo con nuestra experiencia y criterio, se seleccionaron valores específicos dentro de los rangos.

## 4. ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO Y GEOTÉCNICO

### 4.1. Estratigrafía

Al visualizar las muestras extraídas en cada uno de los apiques de campo y complementando con los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, se obtiene que la estratigrafía presente predomina suelos cohesivos, que clasifican como: arcilla de baja plasticidad (CL) y suelo granular como: arena arcillosa (SC).

Los perfiles estratigráficos, se pueden detallar en el **ANEXO N° 2** del presente informe, para su presentación se emplea el software Stratigrapher – GeoStru 2011.

#### **SONDEO 1 Y 2**

La columna estratigráfica está compuesta en toda su extensión por una arcilla de baja plasticidad (CL) color marrón con vetas grises. La consistencia del suelo en toda su extensión va de media a firme, en ambos sondeos. Esto va relacionado con el número de golpes por pie que se obtiene del ensayo de SPT.

#### **SONDEO 3**

La columna estratigráfica está compuesta en toda su extensión por una arena arcillosa (SC) color marrón claro. La compactidad del suelo granular va de media a media. Esto va relacionado con el número de golpes por pie que se obtiene del ensayo de SPT.

#### **SONDEO 4**

La columna estratigráfica está compuesta en toda su extensión por una arcilla de baja plasticidad (CL) color marrón claro. La consistencia del suelo en toda su extensión es firme. Esto va relacionado con el número de golpes por pie que se obtiene del ensayo de SPT.

## 4.2. Nivel freático

Uno de los aspectos más importantes es el lograr detectar durante el proceso de perforación la existencia del agua subterránea libre o confinada; ya que la presencia de agua, en relación a los esfuerzos, produce una disminución de las propiedades de resistencia; además de flujo y erosión interna. En la fecha de exploración geotécnica no se encontró presencia de nivel freático.

## 4.3. Caracterización geotécnica

### 4.3.1. Caracterización geotécnica – Arcillas

El límite líquido (LL) y el índice de plasticidad (IP), constituyen unidos una medida de la plasticidad del suelo. Dado a que este tipo de suelos está representado por arriba de la línea “A” de la carta de plasticidad de Casagrande, clasifica como de alta plasticidad; en donde su plasticidad está en un rango bajo ( $LL < 50\%$ ), con valores crecientes del límite líquido en profundidad.

| Potencial de expansión | Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm <sup>2</sup> | Límite líquido LL, en (%) | Límite de contracción, en (%) | Índice de plasticidad IP, en (%) | Porcentaje de partículas menores de una micra( $\mu$ ) | 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                                          |

Tabla 4. Potencial de expansión de suelos cohesivos según NSR – 10

Se debe tener en cuenta que, para determinar la consistencia de los suelos cohesivos, se debe conocer el número de golpes obtenidos en la exploración de campo utilizando equipos de percusión o Ensayo de Penetración Estándar (SPT). A continuación, en la Tabla 5 se puede estipular la consistencia de acuerdo con el recuento de golpes que se efectúa por tramos de 15 cm (6”). Para el caso de las arcillas, la consistencia es dura a cuando el número de golpes es mayor a 30 golpes/pie. No obstante, el número de golpes mayor a 50 en el ensayo SPT, se considera que está en condición de rechazo.

| CONSISTENCIA DE SUELOS COHESIVOS |              |
|----------------------------------|--------------|
| No. De golpes N (SPT)            | Consistencia |
| Menos de 2                       | Muy blanda   |
| 2 – 4                            | Blanda       |
| 4 – 8                            | Media        |
| 8 – 15                           | Firme        |
| 15 - 30                          | Muy firme    |
| > 30                             | Dura         |

Tabla 5. Consistencia de suelos cohesivos.

#### 4.3.1.1. Arcilla de baja plasticidad (CL).

El tipo de suelo clasificado como Arcilla de baja plasticidad presente en la zona de estudio, tiene un contenido de humedad natural ( $w$ ) variable entre el 8.30% y 32.90%; con Límite Líquido (LL) entre 27.06% y 48.52%, Límite Plástico (LP) mínimo y máximo de 15.93% y 27.36% e Índice de Plasticidad (IP) que oscila entre 7.50% y 21.16%. El porcentaje de partículas que pasan el tamiz N°200 varía del 56.33% al 95.86%, de acuerdo a sus características granulométricas y plásticas clasifica como: CL según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (U.S.C.S.).

Según el contenido de la tabla H.9.1-1 del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), se verificó en el laboratorio mediante los ensayos de las propiedades índices correspondientes que, las arcillas de baja plasticidad (CL) encontradas en la zona de estudio, clasifican como suelos con potencial de expansión **MEDIO**, con un porcentaje máximo de IP de 21.16% y el LL del 48.52%, estos resultados en base a los ensayos de laboratorios de los límites de Atterberg.

| PARÁMETROS               | RANGO DE VALORES |        |
|--------------------------|------------------|--------|
|                          | MÍNIMO           | MÁXIMO |
| Contenido de Humedad (%) | 8.30             | 32.90  |
| Límite Líquido (%)       | 27.06            | 48.52  |
| Límite Plástico (%)      | 15.93            | 27.36  |
| Índice de Plasticidad    | 7.50             | 21.16  |
| Clasificación U.S.C.S    | CL               |        |
| % Pasa tamiz 200         | 56.33            | 95.86  |

Tabla 6. Arcilla de baja plasticidad (CL).

Como referencia se midió en campo la resistencia a la penetración estándar (N), con valores corregidos (N60) desde 5 hasta 9 (condición normal) de penetración, lo que indica que la consistencia va de blanda a firme. Esto evaluado con base a correlaciones de los datos obtenidos al ejecutar el Ensayo de Penetración Estándar (SPT).

Los resultados concernientes a los ensayos de laboratorios realizados a las muestras recuperadas en la exploración geotécnica, se pueden detallar en el **ANEXO N° 3** del presente informe.

#### 4.3.2. Caracterización geotécnica – Arenas

Se debe tener en cuenta que, para determinar la compacidad de los suelos granulares, se debe conocer el número de golpes obtenidos en la exploración de campo utilizando equipos de percusión o Ensayo de Penetración Estándar (SPT). A continuación, se puede estipular la compacidad de acuerdo al recuento de golpes se efectúa por tramos de 15 cm (6"). Por otra parte, el número de golpes mayor a 50, se considera que está en condición de rechazo y en el caso de las arenas la compacidad de muy densa con número de golpes mayor a los 50 golpes/pie.

| COMPACIDAD DE SUELOS GRANULARES |            |
|---------------------------------|------------|
| No. De golpes N (SPT)           | Compacidad |
| 0 – 4                           | Muy suelta |
| 5 – 10                          | Suelta     |
| 11 – 30                         | Media      |
| 31 – 50                         | Densa      |
| >50                             | Muy Densa  |
|                                 |            |

Tabla 7. Compacidad de suelos granulares.

##### 4.3.2.1. Arena arcillosa (SC).

Este tipo de suelo clasificado como arena arcillosa presente en la zona de estudio, tiene un contenido de humedad natural (w) de 15.90%; con un Límite líquido (LL) 29.81%, Límite Plástico (LP) de 15.93% índice de Plasticidad (IP) de 13.88%. El porcentaje de partículas que pasan el tamiz N°200 76.72%, de acuerdo a sus características granulométricas y plásticas clasifica como: SC según el sistema unificado de clasificación de suelos (U.S.C.S).

| PARÁMETROS                | VALORES |
|---------------------------|---------|
|                           | Máximo  |
| Contenido de Humedad (%)  | 15.90   |
| Límite líquido (%)        | 29.81   |
| Límite plástico (%)       | 15.93   |
| Índice de plasticidad (%) | 13.88   |
| Clasificación U.S.C. S    | SC      |
| % Pasa tamiz 200          | 76.72   |

Tabla 8. Arena arcillosa (SC)

Como referencia se midió en campo la resistencia a la penetración estándar (N), con valores corregidos (N60) desde 6 hasta 10 (condición normal) de penetración, lo que indica que la consistencia va de blanda a firme. Esto evaluado con base a correlaciones de los datos obtenidos al ejecutar el Ensayo de Penetración Estándar (SPT).

**ESTUDIO DE SUELOS PARA CONSTRUCCIÓN DE LINEAS DE CONDUCCIÓN UBICADA EN EL CORREGIMIENTO DE JUARUCO, TUBARÁ (ATLÁNTICO).**

| INFORMACIÓN GENERAL |                         |                       |                         |               | PARÁMETROS ÍNDICE |                  |                       |                        |                              |         |       |        |
|---------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|-------------------|------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|---------|-------|--------|
| Sondeo              | Profundidad Inicial (m) | Profundidad Final (m) | Espesor del estrato (m) | Tipo de suelo | Wn (%)            | % pasa Tamiz 200 | Límite Líquido LL (%) | Límite Plástico LP (%) | Índice de plasticidad IP (%) | N campo | N60   | (N1)60 |
| <b>S1</b>           |                         |                       |                         |               |                   |                  |                       |                        |                              |         |       |        |
|                     | 0.00                    | 0.00                  | 0.00                    | RELLENO       |                   |                  |                       |                        |                              | 6.00    | 5.00  | 10.00  |
|                     | 0.00                    | 0.50                  | 0.50                    | CL            | 20.90             | 71.32            | 34.74                 | 23.29                  | 11.45                        | 6.00    | 5.00  | 5.00   |
|                     | 0.50                    | 1.00                  | 0.50                    | CL            | 8.30              | 56.33            | 27.06                 | 19.56                  | 7.50                         | 9.00    | 7.00  | 7.00   |
|                     | 1.00                    | 1.50                  | 0.50                    | CL            | 8.30              | 56.33            | 27.06                 | 19.56                  | 7.50                         | 10.00   | 8.00  | 8.00   |
| <b>S2</b>           |                         |                       |                         |               |                   |                  |                       |                        |                              |         |       |        |
|                     | 0.00                    | 0.00                  | 0.00                    | RELLENO       |                   |                  |                       |                        |                              | 7.00    | 5.00  | 10.00  |
|                     | 0.00                    | 0.50                  | 0.50                    | CL            | 15.90             | 76.72            | 29.81                 | 15.93                  | 13.88                        | 8.00    | 6.00  | 6.00   |
|                     | 0.50                    | 1.00                  | 0.50                    | CL            | 15.90             | 76.72            | 29.81                 | 15.93                  | 13.88                        | 8.00    | 6.00  | 6.00   |
|                     | 1.00                    | 1.50                  | 0.50                    | CL            | 15.90             | 76.72            | 29.81                 | 15.93                  | 13.88                        | 9.00    | 7.00  | 7.00   |
| <b>S3</b>           |                         |                       |                         |               |                   |                  |                       |                        |                              |         |       |        |
|                     | 0.00                    | 0.00                  | 0.00                    | RELLENO       |                   |                  |                       |                        |                              | 8.00    | 6.00  | 12.00  |
|                     | 0.00                    | 0.50                  | 0.50                    | SC            | 15.70             | 47.59            | 36.01                 | 17.70                  | 18.31                        | 8.00    | 6.00  | 12.00  |
|                     | 0.50                    | 1.00                  | 0.50                    | SC            | 15.70             | 47.59            | 36.01                 | 17.70                  | 18.31                        | 11.00   | 8.00  | 14.00  |
|                     | 1.00                    | 1.50                  | 0.50                    | SC            | 15.70             | 47.59            | 36.01                 | 17.70                  | 18.31                        | 13.00   | 10.00 | 16.00  |
| <b>S 4</b>          |                         |                       |                         |               |                   |                  |                       |                        |                              |         |       |        |
|                     | 0.00                    | 0.00                  | 0.00                    | RELLENO       |                   |                  |                       |                        |                              | 6.00    | 5.00  | 10.00  |
|                     | 0.00                    | 0.50                  | 0.50                    | CL            | 32.90             | 95.86            | 48.52                 | 27.36                  | 21.16                        | 8.00    | 6.00  | 6.00   |

| ESTUDIO DE SUELOS PARA CONSTRUCCIÓN DE LINEAS DE CONDUCCIÓN UBICADA EN EL CORREGIMIENTO DE JUARUCO, TUBARÁ (ATLÁNTICO). |                         |                       |                         |               |                   |                  |                       |                        |                              |         |      |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|-------------------|------------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|---------|------|--------|
| INFORMACIÓN GENERAL                                                                                                     |                         |                       |                         |               | PARÁMETROS ÍNDICE |                  |                       |                        |                              |         |      |        |
| Sondeo                                                                                                                  | Profundidad Inicial (m) | Profundidad Final (m) | Espesor del estrato (m) | Tipo de suelo | Wn (%)            | % pasa Tamiz 200 | Límite Líquido LL (%) | Límite Plástico LP (%) | Índice de plasticidad IP (%) | N campo | N60  | (N1)60 |
|                                                                                                                         | 0.50                    | 1.00                  | 0.50                    | CL            | 32.90             | 95.86            | 48.52                 | 27.36                  | 21.16                        | 9.00    | 7.00 | 7.00   |
|                                                                                                                         | 1.00                    | 1.50                  | 0.50                    | CL            | 32.90             | 95.86            | 48.52                 | 27.36                  | 21.16                        | 12.00   | 9.00 | 9.00   |

 Tabla 9. Corrección de  $N_{spt}$  y correlaciones de los parámetros del subsuelo.

Fuente: elaboración propia

**N 1 (60) CORREGIDO OBTENIDO A PARTIR DEL  
ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR**

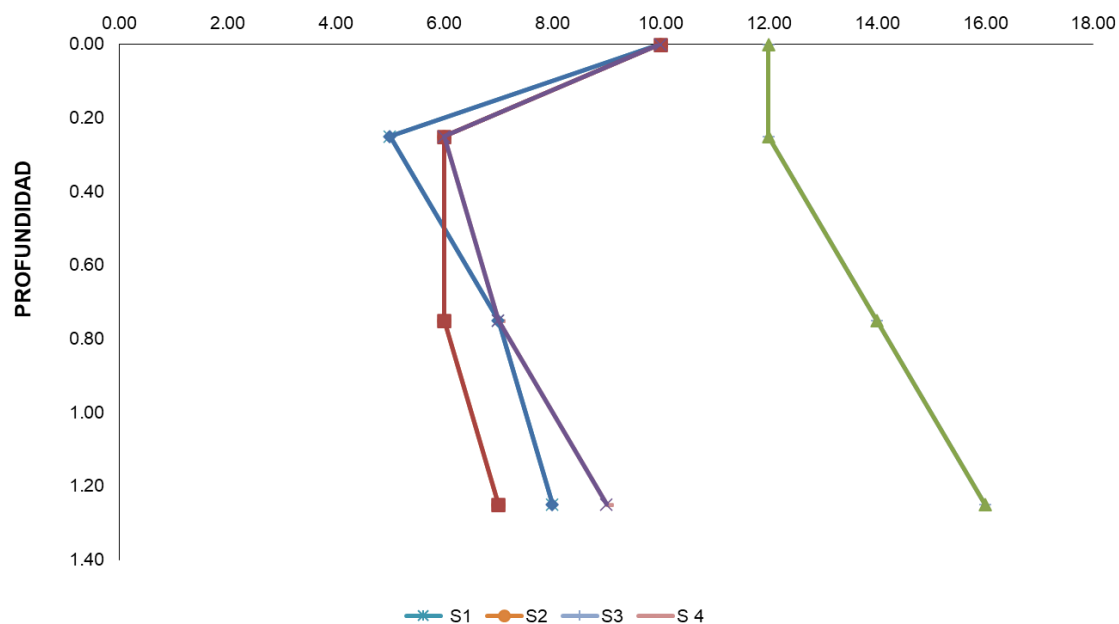


Ilustración 13. Resumen de numero de golpes por pie N corregido obtenido a partir del ensayo SPT.  
Fuente: Elaboración propia.

## 5. RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS

### 5.1. Tubería en diámetro $\Phi$ 8" 10" y 12", en hierro dúctil con profundidad a cota clave de 1.0 a 1.5m.

De acuerdo a las especificaciones indicadas por el cliente, para el presente estudio se proyecta realizar la instalación de una tubería en hierro dúctil con diámetro de 8", 10" y 12", según el trazado mostrado en la siguiente figura. Esta cuenta con una profundidad hasta la cota clave entre 1.00 m y 1.50 m. Para la caracterización de los depósitos de suelo encontrados a lo largo de los tramos indicados, se desarrollaron los apiques equivalentes a una profundidad de 1.50 m.

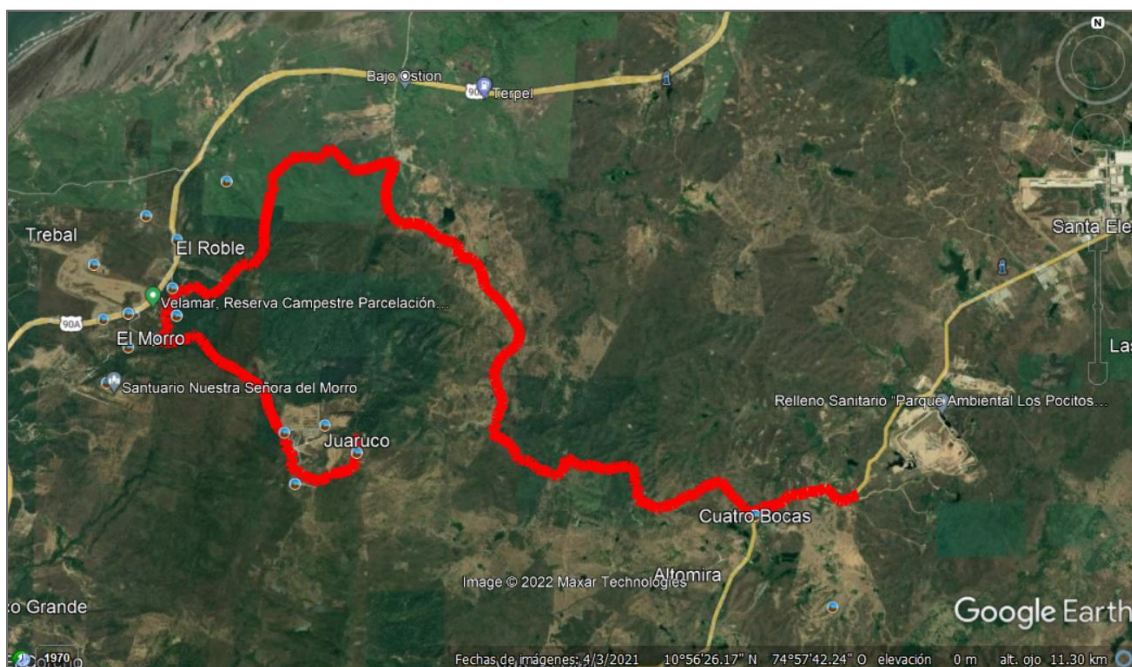


Ilustración 14. Ubicación prevista para la instalación de la tubería de conducción  $\Phi$  8" 10" y 12" en hierro dúctil.  
Fuente: Google Earth Pro.

Durante el proceso de excavación de la zanja, se recomienda dejar una franja de 1.00 m en los hombros de la excavación, libre de material excavado, escombros, tubos o cualquier material que pueda inducir a la inestabilidad de la excavación.

En la zona de estudio se identificaron predominantemente, depósitos de materiales cohesivos, clasificados como arcillas de baja plasticidad (CL), por su parte,

se observó durante el desarrollo del sondeo S03, la presencia de estratos o lentes, de materiales granulares, clasificados como arenas arcillosas (SC). De acuerdo a lo anterior, el constructor deberá proceder con el desarrollo de la instalación de la tubería, considerando que, en algunos tramos, será necesario la implementación de obras de protección tipo entibados, según las recomendaciones emitidas en el presente documento.

Las labores de excavación podrán ser realizadas a partir de un equipo mecánico tipo excavadora o por métodos manuales, considerando sistemas de entibado para mantener la estabilidad de la excavación. En caso de que se decida realizar el proceso de excavación sin entibado y se cuente con el espacio propicio para hacerlo, deberá ser realizada la excavación con una relación de pendiente no superior a 3V: 2 H.

Se recomienda, para cualquiera de los diámetros de las tuberías a instalar, considerar un ancho de excavación equivalente al diámetro exterior de la tubería más 40 cm. Esta excavación podrá realizarse de manera continua en tramos no mayores a 50 metros, realizándolos en el menor tiempo posible para evitar problemas de pérdida de humedad e inestabilidad de la excavación.

No se podrá ingresar personal a las excavaciones en profundidades mayores a 1.20 metros sin tener protecciones con entibados o similares en la excavación. Donde se haga necesario ingresar personas a la excavación para el empalme de las tuberías, deberá implementarse un sistema de estabilización a partir del uso de entibados o tablestacas temporales. Para el trazado de la tubería, se deberá evitar realizar las excavaciones a distancias no mayores a 2.0 metros con respecto a los cimientos de las estructuras aledañas.

### 5.1.1. Capacidad de carga admisible del subsuelo ( $Q_{adm}$ ).

En el presente aparte se resumen los valores de capacidad de carga admisible obtenidos de acuerdo a la metodología propuesta por Peck, Hansen y Thornburn (1974), tomando como referencia los valores de resistencia al corte del suelo estimados según el número de  $N$  de campo.

$$Q_{adm} \left( \frac{Kg}{m^2} \right) = 1000 N * C_N$$

Ecuación 1. Estimación de  $Q_{adm}$  según Peck, Hansen y Thornburn (1974).

Donde  $C_N$ , corresponde al coeficiente de corrección estimado como se presenta a continuación:

$$C_N = 0.77 * \log \left( \frac{200}{\sigma'_{v0}} \right) \leq 2.0$$

| CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE ( $Q_{adm}$ ) |                         |                       |                                 |                                |                                 |
|--------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Sondeo                                     | Profundidad Inicial (m) | Profundidad Final (m) | $Q$ (adm) (Kg/cm <sup>2</sup> ) | $Q$ (adm) (KN/m <sup>2</sup> ) | $Q$ (adm) (Ton/m <sup>2</sup> ) |
| S1                                         |                         |                       |                                 |                                |                                 |
|                                            | 0,50                    | 1,00                  | 0,70                            | 68,65                          | 6,89                            |
|                                            | 1,00                    | 1,50                  | 0,80                            | 78,45                          | 7,87                            |
| S2                                         |                         |                       |                                 |                                |                                 |
|                                            | 0,50                    | 1,00                  | 0,60                            | 58,84                          | 5,91                            |
|                                            | 1,00                    | 1,50                  | 0,70                            | 68,65                          | 6,89                            |
| S3                                         |                         |                       |                                 |                                |                                 |
|                                            | 0,50                    | 1,00                  | 0,70                            | 68,65                          | 6,89                            |
|                                            | 1,00                    | 1,50                  | 0,80                            | 78,45                          | 7,87                            |
| S4                                         |                         |                       |                                 |                                |                                 |
|                                            | 0,50                    | 1,00                  | 0,70                            | 68,65                          | 6,89                            |
|                                            | 1,00                    | 1,50                  | 0,90                            | 88,26                          | 8,86                            |

Tabla 10. Resumen de capacidad de carga admisible ( $Q_{adm}$ ) por sondeo.  
 Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.2. Análisis de estabilidad para taludes de excavación.

A continuación, se presentan las modelaciones de estabilidad de taludes realizadas a partir del software de análisis geotécnico SLIDE v6.0, para cada profundidad de análisis, se presenta una modelación con sistema de entibado y una sin entibamiento. Lo anterior, con la intención de exponer la necesidad de implementar el sistema de protección antes mencionado. De acuerdo a la normativa que rige el análisis de estabilidad (NSR-10) para una condición de equilibrio estático con condición de aguas (nivel freático) actual, durante un proceso constructivo deberá garantizarse un factor de estabilidad global de por lo menos  $FS = 1.20$  (ver tabla H.6.9-1 Titulo H NSR-10).

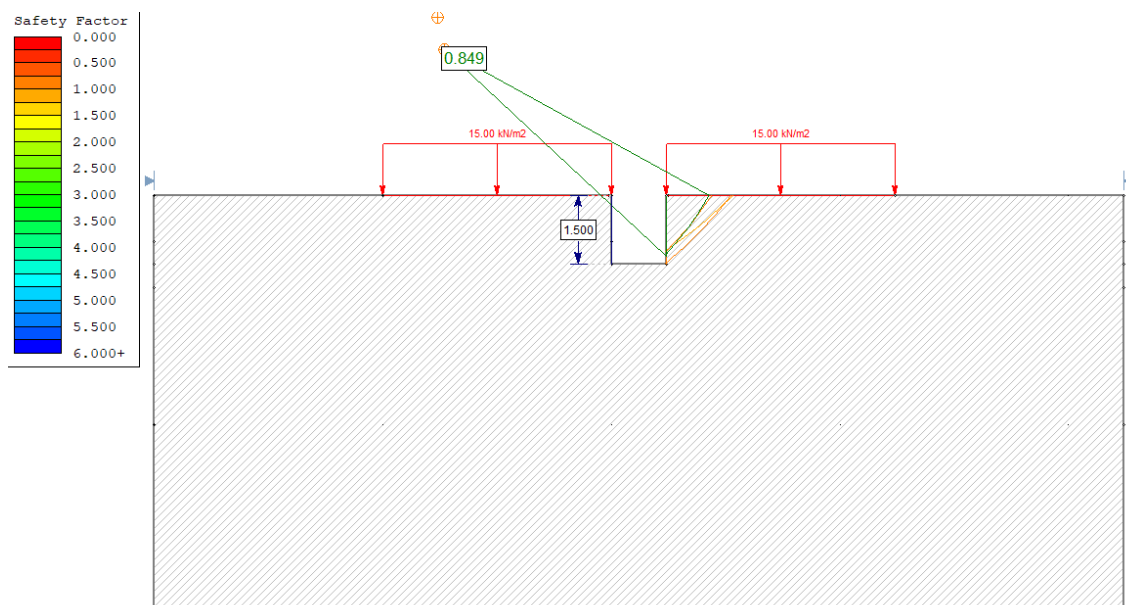


Ilustración 15. Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 1.50 m de profundidad sin entibado (Condición estático) y corte vertical. Factor de seguridad obtenido  $F.S = 0.849 < 1.20$  (requerido).

Fuente: Slide v.6.0.

Para el análisis pseudo estático, se realizó el cálculo de los coeficientes de carga sísmicos horizontal y vertical ( $K_h$   $K_v$ ) de acuerdo a los lineamientos de la norma Sismo resistente NSR – 10 titulo H. En los modelos de estabilidad realizados se aplicaron los coeficientes al 50% del sismo de diseño según lo indicado en la tabla H.6.9-1 Titulo H NSR-10.

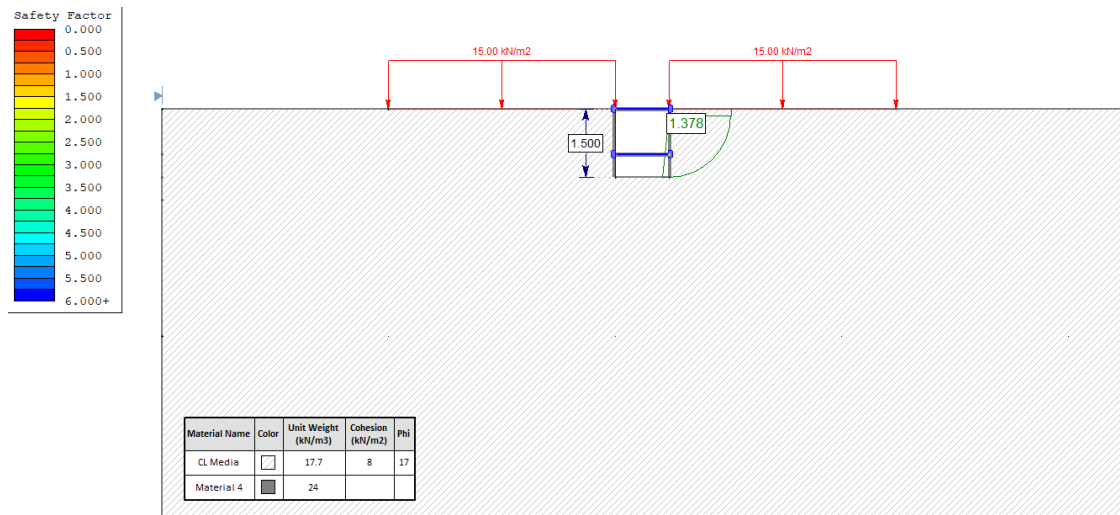


Ilustración 16. Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 1.50 m de profundidad con entibado (Condición estático). Factor de seguridad obtenido  $F.S = 1.378 > 1.20$  (requerido).  
 Fuente: Slide v.6.0.

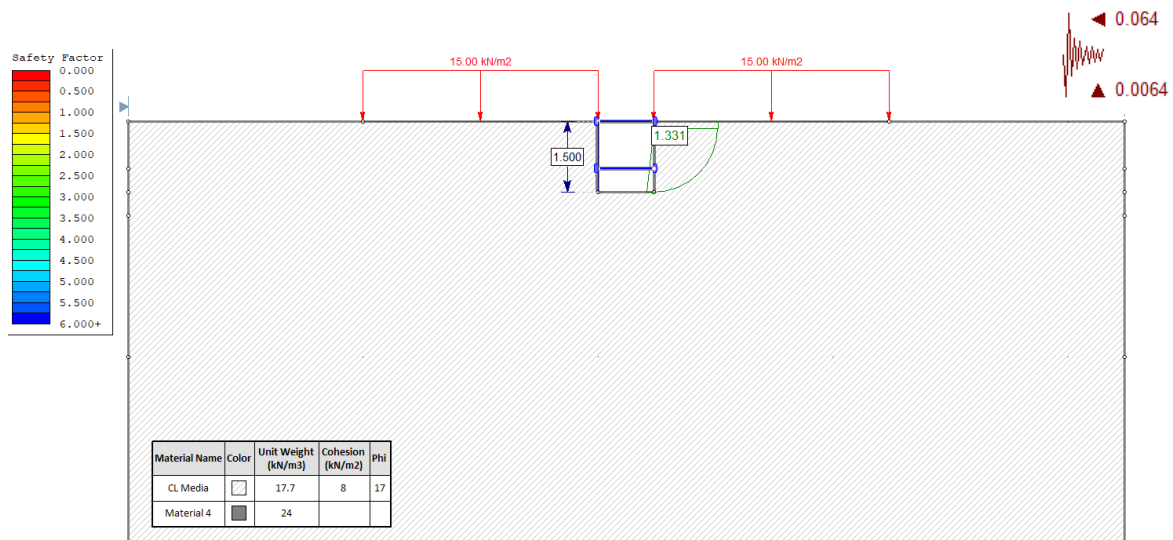


Ilustración 17. Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 1.50 m de profundidad con entibado (Condición pseudo estática 50% de sismo de diseño  $K_h = 0.064$  y  $K_v = 0.0064$ ). Factor de seguridad obtenido  $F.S = 1.331 > 1.00$  (requerido).  
 Fuente: Slide v.6.0.

A partir del análisis anteriormente presentado, se establece que para toda excavación de más de 1.20 m de profundidad será indispensable contar con el uso de

estructuras de protección tipo entibado para garantizar un trabajo seguro. En las excavaciones de menos de 1.20 m, considerando las variaciones estratigráficas propias de los depósitos de suelo encontrados superficialmente a lo largo de la zona de estudio, se dejará a criterio del constructor la implementación o no de sistemas de entibamiento para la protección de las excavaciones, se propone para este último caso en zonas por fuera del casco urbano, como una medida alterna, el desarrollo de excavaciones a para de una relación de inclinación de máximo 3V:2H (ver Ilustración 18).

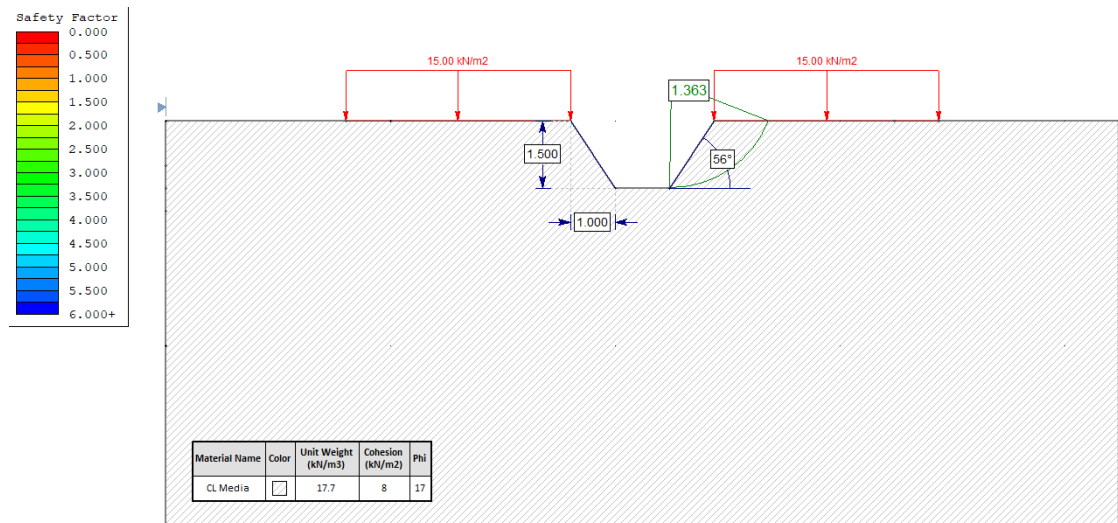


Ilustración 18. Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 1.50 m de profundidad sin entibado (Condición estático) corte en relación 3V: 2 H.  
 Factor de seguridad obtenido  $F.S = 1.363 > 1.20$  (requerido).  
 Fuente: Slide v.6.0.

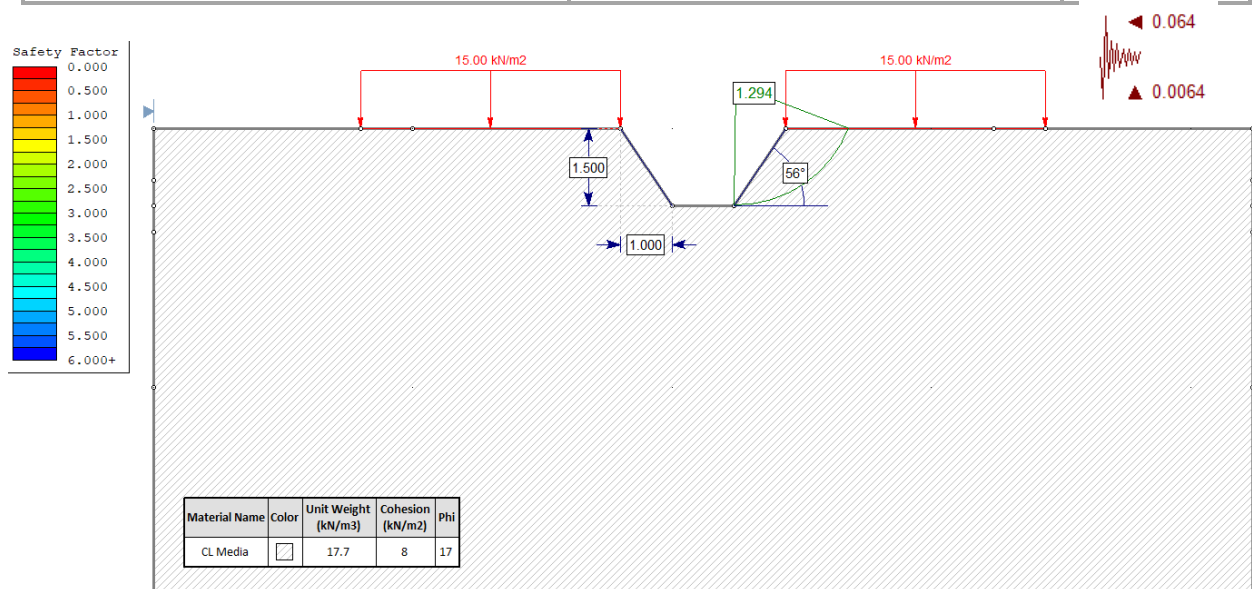


Ilustración 19. Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 1.50 m de profundidad sin entibado (Condición pseudo estática 50% de sismo de diseño  $K_h = 0.064$  y  $K_v = 0.0064$ ), corte en relación 3V: 2 H. Factor de seguridad obtenido  $F.S = 1.294 > 1.00$  (requerido).

Fuente: Slide v.6.0.

| RESUMEN DE FACTORES DE SEGURIDAD OBTENIDOS DURANTE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA TALUDES DE EXCAVACIÓN.                                                                                                  |               |                |                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|----------------|
| Condición de análisis                                                                                                                                                                                   | F.S obtenido. | F.S requerido. | Ilustración    |
| Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 1.50 m de profundidad sin entibado (Condición estático) y corte vertical.                                                                         | 0.849         | 1.20           | Ilustración 15 |
| Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 1.50 m de profundidad con entibado (Condición estático).                                                                                          | 1.378         | 1.20           | Ilustración 16 |
| Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 1.50 m de profundidad con entibado (Condición pseudo estática 50% de sismo de diseño $K_h = 0.064$ y $K_v = 0.0064$ ).                            | 1.331         | 1.00           | Ilustración 17 |
| Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 1.50 m de profundidad sin entibado (Condición estático) corte en relación 3V: 2 H.                                                                | 1.363         | 1.20           | Ilustración 18 |
| Análisis de estabilidad de taludes para excavación de 1.50 m de profundidad sin entibado (Condición pseudo estática 50% de sismo de diseño $K_h = 0.064$ y $K_v = 0.0064$ ), corte en relación 3V: 2 H. | 1.294         | 1.00           | Ilustración 19 |

Tabla 11. Resumen de factores de seguridad obtenidos durante análisis de estabilidad para taludes de excavación.

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.3. Alternativa de entibados continuos de madera.

La alternativa de entibado continuo en madera, podrá ser empleada únicamente para profundidades menores a 1,75 m, cuando la pendiente del terreno sea plana hacia ambos lados de la excavación de la zanja.

Los elementos que conforman el sistema de entibado de madera, se describen a continuación:

- **Puntales:** Tablas verticales de madera de sección rectangular mínima de 0,04 m x 0,20 m (Tomado de normativa NC\_MN\_OC03\_02).
- **Largueros:** Vigas horizontales en madera de sección mínima 0,10 m x 0,20 m, con longitud máxima de 3,00 m (Tomado de normativa NC\_MN\_OC03\_02).
- **Codales:** Postes metálicos telescópicos de diámetro mínimo de 152,4 mm (6") o postes en madera de diámetro mínimo igual a 0,15 m, distribuidos en niveles con separación vertical máxima de 1,60 m y separación horizontal máxima de 1,60 m en la zona central del larguero y de 1,40 m en los extremos del larguero (Tomado de normativa NC\_MN\_OC03\_02).

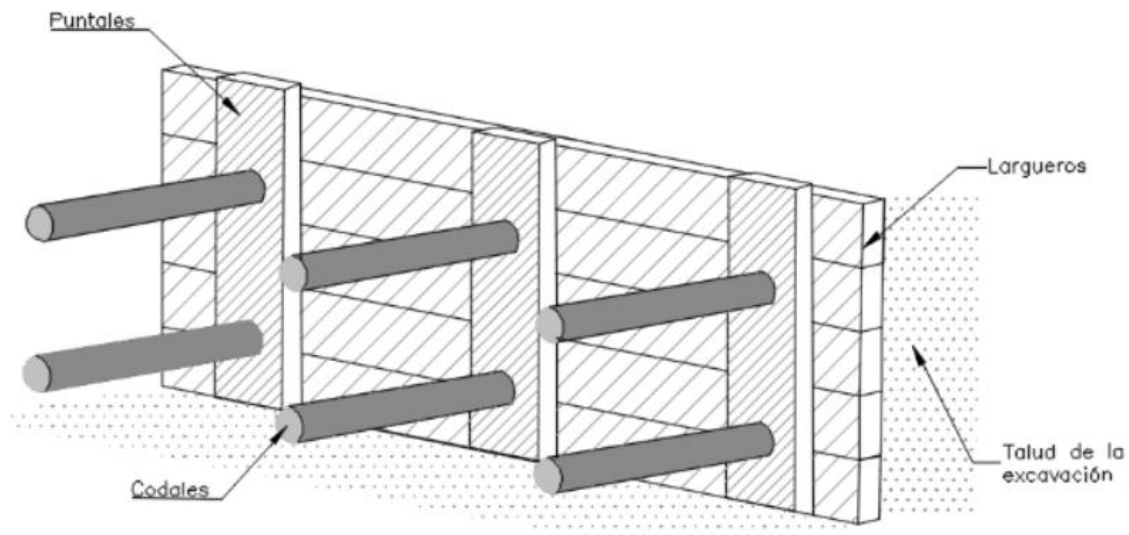


Ilustración 20. Entibado continuo de madera.  
Fuente: NC\_MN\_OC03\_02.

La madera que se use para la conformación de los entibados, debe cumplir con las que especifica el título G de la norma NSR-10 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. No se admite el uso de maderas verdes, o maderas deterioradas con presencia de hongos o plagas que alteren la capacidad estructural del elemento. Adicionalmente la madera debe estar libre de grietas, alabeos y torceduras. La madera debe tener una densidad igual o mayor a 0,5 g/cm<sup>3</sup>, con base en un contenido de humedad igual o menos al 15% y resistencia a la flexión igual o mayor a 15 Mpa (NC\_MN\_OC03\_02).

### 5.1.3.1. Análisis de presión lateral de tierras.

Los paneles laterales de las estructuras de entibado deberán resistir los empujes producidos por el suelo circundante; para el efecto se han realizado los análisis de esfuerzos laterales. Las expresiones por medio de las cuales serán obtenidos finalmente los empujes se ilustran en la figura mostrada a continuación, en la cual  $K_0$  equivale al coeficiente de empuje en el estado que corresponda (activo, pasivo, reposo), y es el peso específico del suelo seco,  $\gamma_b$  el peso específico del suelo sumergido y  $\gamma_w$  el peso específico del agua.

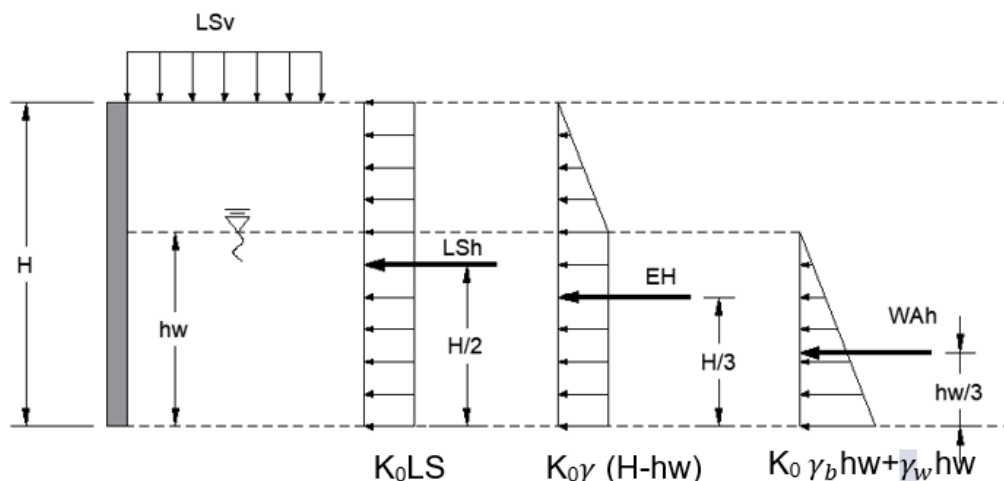


Figura 1. Cálculo de empujes estáticos de suelo.

| <b>PARÁMETROS PARA ANÁLISIS DE PRESIÓN DE TIERRAS.</b>      |       |
|-------------------------------------------------------------|-------|
| Coeficiente de presión de tierras en reposo ( $K_0$ )       | 0,71  |
| Coeficiente de presión activa de tierras ( $K_a$ )          | 0,55  |
| Coeficiente de presión pasiva de tierras ( $K_p$ )          | 1,83  |
| Peso específico del suelo ( $\gamma$ ) (KN/m <sup>3</sup> ) | 17,80 |
| Angulo de fricción ( $\phi$ ) (°)                           | 17,00 |

Tabla 12. Parámetros empleados en el análisis de presión de tierras.

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de muros atirantados o apuntalados, se adopta un diagrama de presión de tierras aparente con distribución trapezoidal (NSR – 10 numeral H.6.4.6), considerando las siguientes expresiones:

a) Suelos Granulares

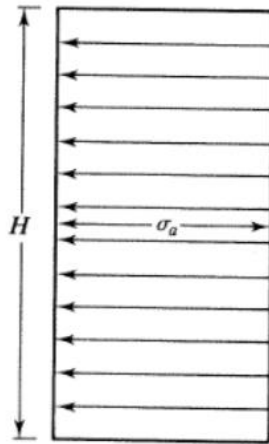
$$P_h = 0,65 * K_A * \gamma_t * H \quad (NSR - 10 \text{ H.6.4} - 6)$$

b) Suelos Cohesivos

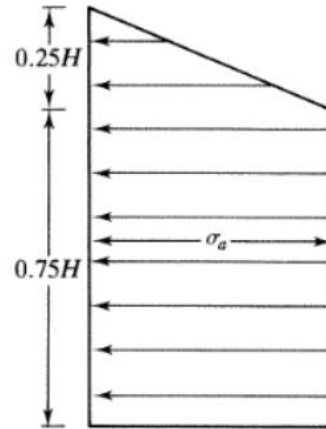
$$P_h = 0,20 * \gamma_t * H \quad \text{para } S_u \geq 100 \text{ kPa} \left( 10 \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2} \right) \quad (NSR - 10 \text{ H.6.4} - 6)$$

$$P_h = 0,30 * \gamma_t * H \quad \text{para } 25 \text{ kPa} \left( 2,5 \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2} \right) < S_u < 100 \text{ kPa} \left( 10 \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2} \right) \quad (NSR - 10 \text{ H.6.4} - 7)$$

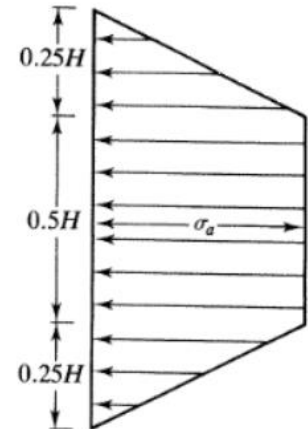
$$P_h = 0,40 * \gamma_t * H \quad \text{para } S_u \leq 25 \text{ kPa} \left( 2,5 \frac{\text{tonf}}{\text{m}^2} \right) \quad (NSR - 10 \text{ H.6.4} - 8)$$



Envolvente de presión  
aparente para cortes  
en arena según Peck  
(1969).



Envolvente de presión  
aparente para cortes  
en arcillas blandas y  
medias según Peck  
(1969).



Envolvente de presión  
aparente para cortes  
en arcilla firme según  
Peck (1969).

|                                                                                   |                                                                                                                                     |                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|  | ESTUDIO DE SUELOS PARA<br>CONSTRUCCIÓN DE LINEAS DE<br>CONDUCCIÓN UBICADA EN EL<br>CORREGIMIENTO DE JUARUCO, TUBARÁ<br>(ATLÁNTICO). | Versión: 1.00<br>Fecha: 16 de<br>septiembre del<br>2022. |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|

#### 5.1.4. Especificaciones para lleno de zanjas.

En caso de que los trabajos de excavación se efectúen durante la temporada de lluvias o cuando el material de los cortes refleje cualquier evidencia de inestabilidad local, el material expuesto de los mismos se protegerá contra la intemperización mediante la colocación mantos impermeabilizantes.

Los materiales empleados en la conformación del solado, atraque y relleno de las zanjas y sus propiedades deberán corresponder a los descritos en el documento técnico de diseño del proyecto, así mismo los materiales empleados para el desarrollo de esta actividad, clasificados como Sub Base Granular, Base Granular, gravilla o arena que sean empleados deberán cumplir con lo indicado en el artículo 610 de las especificaciones descritas en la norma INVIAS. La selección de los materiales para cada una de las partes del relleno de la zanja deberá realizarse a partir de los lineamientos descritos en la norma ASTM D 2321.

Se recomienda que el material excavado, por debajo de la cota de diseño de la tubería, sea reemplazado por materiales de relleno de iguales o mejores características, colocado debidamente a partir de una compactación adecuada. Se deben tomar las precauciones necesarias para evitar la entrada de agua en la zanja excavada, esta debe permanecer totalmente seca durante el proceso de la instalación de la tubería y hasta el relleno de la excavación, con el fin de evitar cualquier daño que pueda presentarse en el material que conforma la cama de soporte.

El primer material que se debe colocar en la zanja, es un material granular filtrante en capas de 10 cm, el cual apisonarse adecuadamente con el fin de obtener un apoyo uniforme y homogéneo para recibir la tubería. El material granular, debe compactarse con equipo vibro-compactador mecánico o neumático de placa, de dimensión máxima de 35 cm, o con pisones manuales. Se debe buscar obtener una densidad relativa mínima del 70% y requiere que esté libre de elementos objetables a juicio del interventor y que se ajuste a los siguientes límites de gradación, determinados de acuerdo con la norma NTC 77.

| Material granular       |       |            |
|-------------------------|-------|------------|
| Diámetro de la tubería  | Tamiz | % que pasa |
| Mayor de 762 mm.        | ¼     | 95 – 100   |
| Menor e igual a 762 mm. | ½     | 95- 100    |
| Todos                   | No. 4 | 20         |

Tabla 13. Gradación del material granular.

Fuente: Elaboración propia.

Las tuberías deben ser atracadas en la mitad de su diámetro y luego colocar una capa de recebo hasta una altura de 20 cm sobre la clave de la tubería.

Es importante que, al clasificar el material de recebo, éste se encuentre libre de elementos objetables a juicio del interventor; ya que es un material formado por una mezcla de materiales granulares, arcillas y limos, y cuya granulometría se ajuste a los siguientes valores, determinados de acuerdo con la Norma NTC 77. Este material debe cumplir con los requisitos de dureza y sanidad, indicados en este Reglamento (RAS 2000).

| Recebo arenoso         |         |            |
|------------------------|---------|------------|
| Diámetro de la tubería | Tamiz   | % que pasa |
| Todos                  | No. 4   | 100        |
| Todos                  | No. 40  | 50         |
| Todos                  | No. 200 | 5          |

Tabla 14. Gradación del material de recebo arenoso.

Fuente: Elaboración propia.

**SECCION TIPO DE ZANJA PLANTEADA SOBRE TERRENO NATURAL**

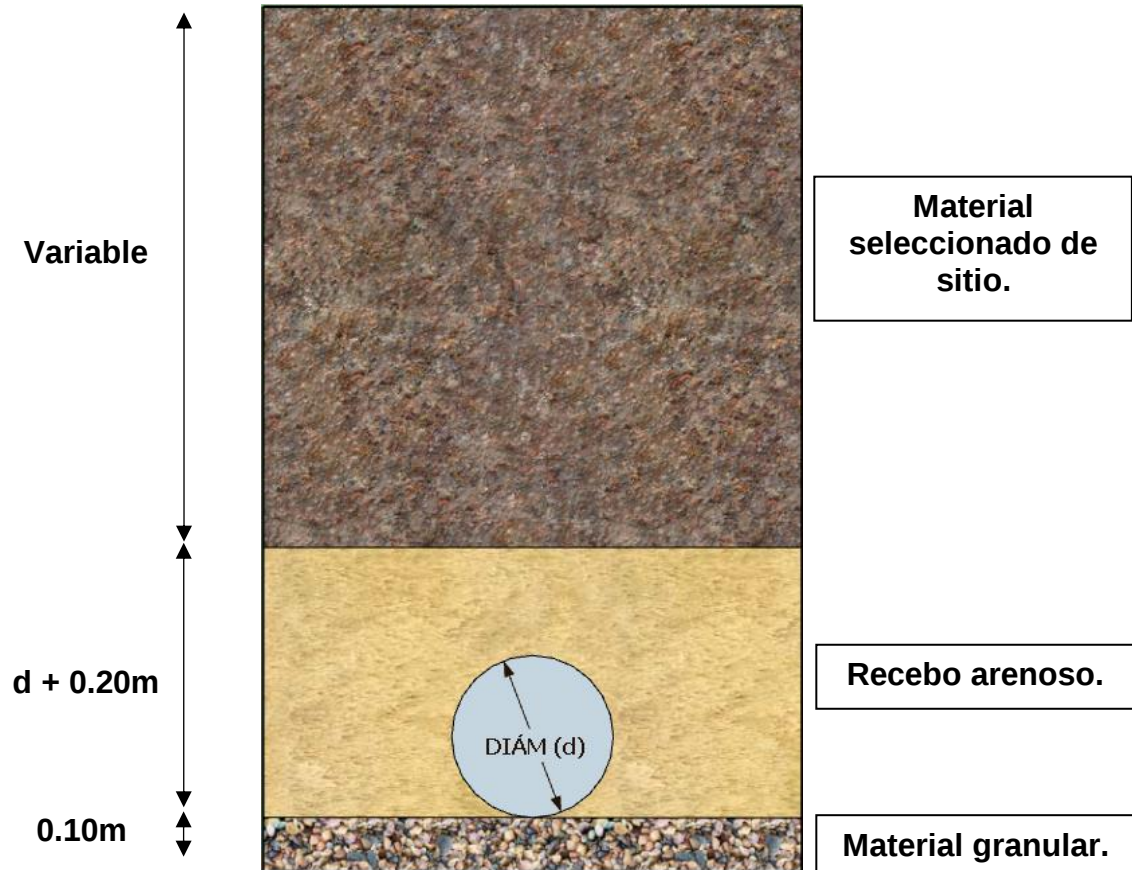


Figura 2. Esquema sección tipo de zanja planteada sobre terreno natural (Zona rural).  
Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de los tramos de tubería instaladas dentro del perímetro urbano, (sobre pavimento) luego de realizar el lleno y la compactación de la capa de recebo se procede con la colocación del material de relleno tipo base o subbase, en capas de máximo 15 cm. El relleno debe efectuarse lo más rápidamente después de la instalación de la tubería, para evitar que caigan objetos extraños o material de los taludes en la zanja. Mediante apisonamiento manual debe proporcionarse un relleno inicial de 15 a 30 cm sobre la tubería. Por encima de esta capa la compactación es preferiblemente ejecutada con equipos, y se debe buscar una densidad no menor del 95% de la máxima densidad seca, obtenida del ensayo Proctor Modificado. La última capa de relleno se podrá realizar

con material de sitio, compactado, dadas las características impermeables de las arcillas encontradas.

Todos los materiales granulares procedentes de formaciones rocosas de los lechos de los ríos deben cumplir además con las siguientes especificaciones de dureza y sanidad: el material sometido a cinco ciclos del ensayo de solidez por sulfato de sodio, realizado de acuerdo con la norma NTC 126, no debe perder más del 12% de su peso y el desgaste del material no debe ser superior al 50% cuando se somete al ensayo de la máquina de los Ángeles ejecutado de acuerdo con las normas NTC 93 y 98.

| Tipo de gradación.                                                 | TAMIZ (mm / U.S. Standard) |                |            |              |              |             |               |                |                 |                  |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------|------------|--------------|--------------|-------------|---------------|----------------|-----------------|------------------|
|                                                                    | 50.0<br>2"                 | 37.5<br>1 1/2" | 25.0<br>1" | 20.0<br>3/4" | 12.5<br>1/2" | 9.5<br>3/8" | 4.75<br>No. 4 | 2.00<br>No. 10 | 0.425<br>No. 40 | 0.075<br>No. 200 |
|                                                                    | % PASA                     |                |            |              |              |             |               |                |                 |                  |
| <b>SBG-50</b>                                                      | 100                        | 70 - 95        | 60 - 90    | -            | 45 - 75      | 40 - 70     | 25 - 55       | 15 - 40        | 6 - 25          | 2 - 15           |
| <b>SBG-38</b>                                                      | -                          | 100            | 75 - 95    | -            | 55 - 85      | 45 - 75     | 30 - 60       | 20 - 45        | 8 - 30          | 2 - 15           |
| <b>SBG-20</b>                                                      | -                          | -              | -          | 100          | 60 - 87      | 50 - 80     | 35 - 65       | 24 - 49        | 8 - 30          | 2 - 15           |
| <b>BG-38</b>                                                       | -                          | 100            | 70-100     | -            | 60 - 90      | 45 - 75     | 30 - 60       | 20 - 45        | 10 - 30         | 5 - 15           |
| <b>BG-25</b>                                                       | -                          | -              | 100        | -            | 70-100       | 50-80       | 35-65         | 20-45          | 10 - 30         | 5 - 15           |
| <b>Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (+/-)</b> | 0%                         | 7%             |            |              |              |             | 6%            |                |                 | 3%               |

Tabla 15. Franjas granulométricas para materiales granulares tipo SBG o BG.

Fuente: Norma INVIAS 2013.

Para el proceso de llenado de las excavaciones, se deberán realizar tomas de densidad controlando que se cumplan porcentajes de compactación superiores al 95% del Proctor de laboratorio en los 2.0 metros superiores hasta llegar a la cota actual del terreno

En donde se requiera realizar una reposición de pavimento, se deberá realizar la reconformación o llenado de la zanja y la construcción de pavimento respetando las dimensiones y especificaciones del pavimento existente, en este caso específico, se recomienda contar con el aval de un diseñador de pavimentos.

Para el proceso de instalación de la tubería, por precaución se deberá contar con un sistema de bombeo superficial, para controlar el flujo de agua lluvia en las excavaciones, de tal manera que desaloje el agua hacia zonas donde no interfieran con el material de la excavación, sobre todo si las actividades se ejecutan en tiempos de invierno.

Los materiales sobrantes de las excavaciones deberán disponerse en los sitios aprobados por la Interventoría y la autoridad ambiental y sanitaria competente y se deberá cumplir con la normatividad ambiental actual que rige en nuestro país, preservando el ecosistema presente en el entorno.

#### **5.1.5. Susceptibilidad a la Licuación**

De acuerdo a lo expuesto en el numeral H.7.4.4 – SUSCEPTIBILIDAD A LA LICUACIÓN, establecido en la Norma Sismo Resistente NSR - 10, se indica que los depósitos de suelo clasificados como arenas finas y arenas limosas de granulometría relativamente uniforme, cuya compacidad se encuentre en estado suelto a medio, pueden ser muy susceptibles a sufrir variaciones volumétricas severas como consecuencia de la ocurrencia de fenómenos de licuefacción si estos además se encuentran en estado de saturación o cerca de la saturación. Se establece además que los suelos clasificados como limos, limos arcillosos y arcillas limosas, de baja plasticidad y con la humedad natural cercana al límite líquido (LL), también son susceptibles de presentar licuación. En el caso de los depósitos de suelo encontrados en la zona de estudio, se establece que el perfil estratigráfico obtenido de la zona de estudio, no presenta estratos de suelo susceptibles a sufrir fenómenos relacionados con la licuación debido a que no se identificó la presencia de niveles freáticos superficiales.

## 6. CONCLUSIONES

Como resultado del análisis de Ingeniería Geotécnica practicado para alcanzar los puntos propuestos en este informe, se pueden citar las siguientes conclusiones:

- a. En los sondeos desarrollados, se destacó que los depósitos son heterogéneos, en su mayoría, respecto a tipos de materiales y composición físico mecánica, encontrándose que el subsuelo está compuesto predominantemente por suelos cohesivos clasificados como arcilla de baja compresibilidad (CL). Por otro lado, se identificó la presencia en algunos estratos, material granular clasificado como arena arcillosa (SC).
- b. Durante las exploraciones de campo en la fecha de su ejecución, no se detectó la presencia de agua subterránea; se destaca que estas condiciones pueden variar de acuerdo al régimen de lluvias y, de seguir a cabalidad las recomendaciones expuestas en el presente informe, no se verá afectada la estabilidad de la excavación, como consecuencia de la saturación del material, debido a la presencia de niveles freáticos.
- c. Del análisis de los resultados de la caracterización del material encontrado, obtenemos que el comportamiento del suelo del sitio resultará aceptable bajo la acción de las futuras cargas que transmitirá las tuberías de aguas, debido a las características físico-mecánicas; por tanto, es casi seguro que no se presentarán problemas derivados de resistencia al corte y asentamientos significativos, siempre y cuando se tomen las precauciones y se sigan las recomendaciones para cada tipo de suelos.
- d. Desde el punto de vista constructivo, no se anticipan complicaciones mayores considerándose suficiente utilizar procedimientos convencionales, en particular si el proyecto se ejecuta durante la estación seca y el proceso de excavación se ejecuta en el menor tiempo posible.
- e. Bajo ninguna circunstancia se deberá permitir el ingreso de personal a las excavaciones de más de 1.20 m de profundidad que no se encuentren debidamente estabilizadas por obras de protección temporal.

- f. Durante el proceso de instalación de la red de conducción, en donde se requiera realizar una reposición de pavimento, se deberá realizar la reconformación o llenado de la zanja y la construcción de pavimento respetando las dimensiones y especificaciones del pavimento existente, en este caso específico, se recomienda contar con el aval de un diseñador de pavimentos.
- g. En el caso de los depósitos de suelo encontrados en la zona de estudio, se establece que el perfil estratigráfico obtenido de la zona de estudio, no presenta estratos de suelo susceptibles a sufrir fenómenos relacionados con la licuación debido a que no se identificó la presencia de niveles freáticos superficiales.

## 6. LIMITACIONES

Las recomendaciones propuestas en el presente informe, se lograron establecer a partir de los perfiles estratigráficos obtenidos de la secuencia de muestras recuperadas en el sub-suelo producto del trabajo de campo y se complementaron con los resultados de los ensayos de laboratorio.

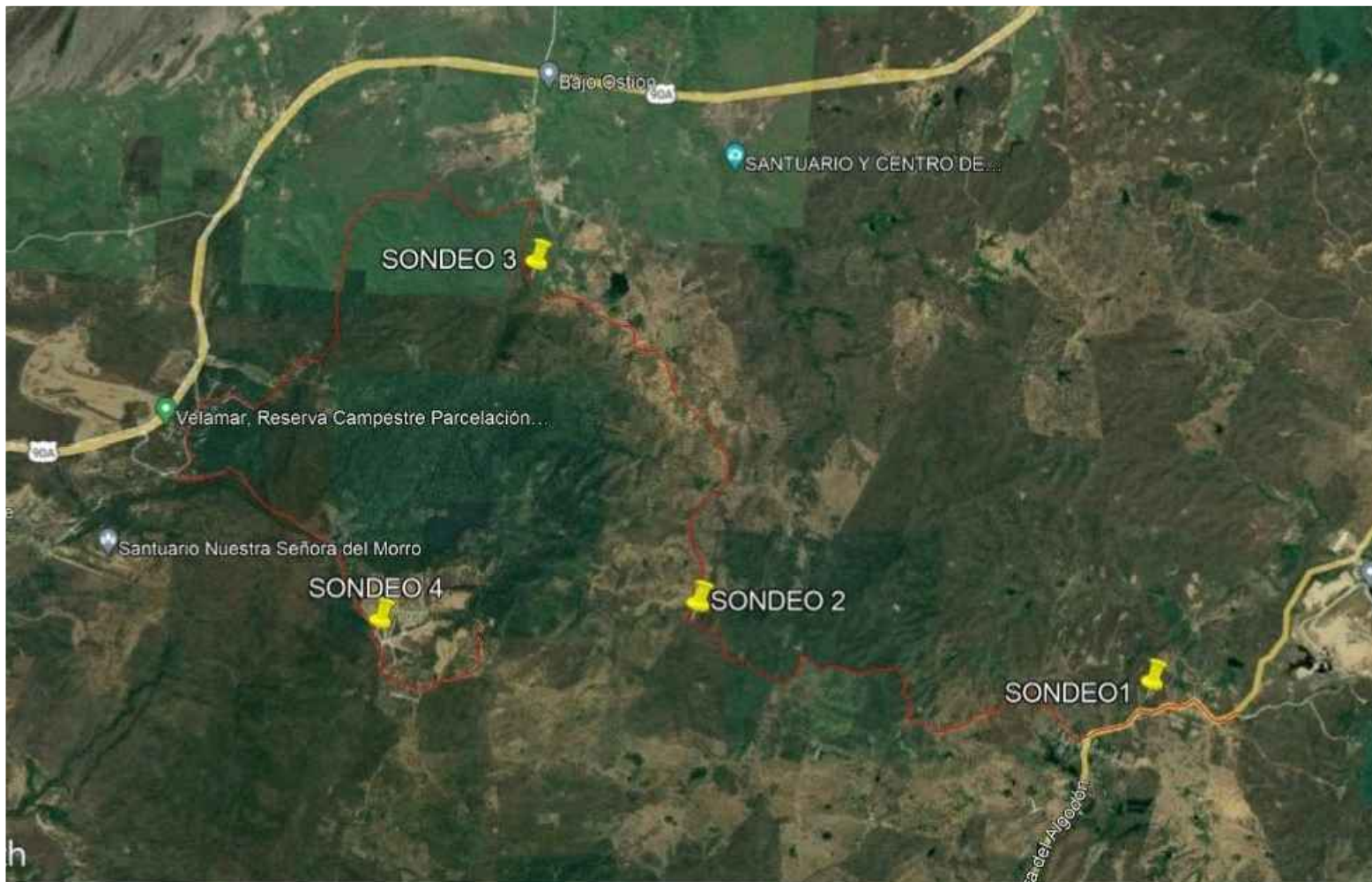
En relación a las muestras extraídas por el método de exploración de campo; éstas se tomaron a partir de profundidades idénticas de acuerdo a la práctica común de la Ingeniería de Suelos y los requerimientos de la Norma que rige el diseño y construcción de las estructuras en el país (NSR-10); por la distancia entre un punto de perforación y otro, es posible que se presenten condiciones del sub-suelo no reveladas en la investigación efectuada; sin embargo, se considera que el alcance de los trabajos ejecutados es adecuado para definir las condiciones del sub-suelo en el área del proyecto y emitir las recomendaciones geotécnicas a las que haya lugar.

Se solicita a nuestros Clientes, que si en el periodo de diseño se realizan cambios o si durante la construcción se encuentran diferencias en las condiciones del sub-suelo establecida como típicas en este informe, se nos comunique inmediatamente y de manera revisar las recomendaciones expuestas y emitir nuestro concepto. Así mismo, debido a la falta de información en cuanto a la implantación del proyecto y niveles de diseño, el Cliente nos deberá informar y suministrar los planos del proyecto para que nuestra firma dé el Visto Bueno. Si existe alguna información adicional y/o cambios arquitectónicos en el proyecto, que no fueron suministrados en la fecha de realización del presente estudio, será necesario informar a la Empresa Construsuelos S.A.S., para realizar los respectivos ajustes al informe final o emitir un informe de ADENDA.

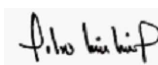
## 7. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- ❖ Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).
- ❖ Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 1998, Normas de ensayo de materiales para Suelos, Bogotá.
- ❖ AASHTO, ASTM, 1994, Book of Standards. V 4.08 y 4.09, Philadelphia.
- ❖ Braja M. Das. (2008). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, CENGAGE Learning, México.
- ❖ Ralph B. Peck (1987). Ingeniería de Cimentaciones. Editorial Limusa, México.
- ❖ Bowles, J. E. Manual de Laboratorio de Suelos en la Ingeniería Civil. Mc. Graw-Hill Latinoamericana.
- ❖ Promedios Climatológicos 1971–2000 (en spanish). Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. Archivado desde el original el 15 de agosto de 2016. Consultado el 15 de agosto de 2016.
- ❖ Barrera. (2001). *GEOLOGÍA DE LAS PLANCHAS 16-17 GALERAZAMBA Y BARRANQUILLA*.

## **ANEXO N° 1 UBICACIÓN DE SONDEOS**



| COORDENADAS SWG |             |             |
|-----------------|-------------|-------------|
| SONDEO          | NORTE       | OESTE       |
| S1              | 10.9272628° | -74.938263° |
| S2              | 10.932008°  | -74.969388° |
| S3              | 10.954917°  | -74.980629° |
| S4              | 10.930506°  | -74.991568° |

|                                              |  |                                         |  |                                                                                       |  |                                                                                       |  |                                                                                       |                                                                                       |             |  |
|----------------------------------------------|--|-----------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--|
| PROYECTO:<br>E.S. PARA CONSTRUCCIÓN DE EBAP  |  | CLIENTE:<br>TRIPLE A E.S. E.S.P         |  |  |  |  |  |  |  |             |  |
| LOCALIZACIÓN:<br>JUARUCO; TUBARÁ (ATLÁNTICO) |  | DISEÑADO POR:<br>Ing. Melanys Lozada M. |  | APROBADO POR:<br>Ing. Pedro Leiva                                                     |  | ING A CARGO :<br>Ing. Johnny Vargas                                                   |  |                                                                                       |                                                                                       |             |  |
| COORDENADA:<br>-74.971470°O; 10.932773°N     |  | ELEVACIÓN:<br>66 m.s.n.m                |  | FECHA: 09/2022                                                                        |  | ESCALA: N/A                                                                           |  |                                                                                       |                                                                                       | UNIDAD: N/A |  |

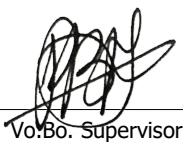
## **ANEXO N° 2 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS**

|                                            |                                |                                               |                                          |                                 |                 |
|--------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Cliente:<br>TRIPLE A S.A E.S.P             | N° de perforación:<br>S1       | Equipo de perforación:<br>SPT                 | Método de perforación:<br>PERCUSIÓN      | Caída:<br>30" ( 0.76 m)         | Hoja:<br>1 de 1 |
| Proyecto:<br>LINEAS DE CONDUCCIÓN          | Profundidad:<br>1.50 m         | Coordenadas X, Y:<br>-74.938263°O;10.927262°N | Elevación:<br>73.00 msnm                 | Peso del martillo:<br>140.0 Lbf |                 |
| Localización:<br>JUARUCO; TUBARÁ-ATLÁNTICO | Fecha de inicio:<br>01/09/2022 | Fecha final:<br>01/09/2022                    | Detalles del sitio:<br>Terreno inclinado | Tipo de martillo:<br>Manual     |                 |

| Escala | Litología | Descripción                                                                                                  | Cota | % Recuperación<br>% R.Q.D. | S.P.T.<br>N° (Golpes/pie) | Método<br>Perforación | Tipo de<br>Muestras | Tipo de<br>camisa | Método<br>estabilización | Nivel<br>freatico | Compacidad y/o<br>Consistencia |
|--------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------------|
|        |           |                                                                                                              |      |                            | 6.0                       |                       |                     |                   |                          |                   | MEDIA                          |
|        |           | ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL)<br>Se dispone de una estructura laminar de color<br>marrón con vetas grises | 0.50 | %C=90                      | 0.00 PA                   | SPT                   | As                  |                   |                          |                   | 0.00                           |
|        |           |                                                                                                              |      |                            | 9                         |                       |                     |                   |                          |                   | FIRME                          |
|        |           |                                                                                                              |      |                            | 0.50 PA                   | SPT                   | As                  |                   |                          |                   | 0.50                           |
|        |           | ARCILLA DE BAJA PLSTICIDAD (CL)<br>Se dispone de una estructura laminar de color<br>marón con vetas grises   | 1.50 | %C=75                      | 10                        |                       |                     |                   |                          |                   | FIRME                          |
|        |           |                                                                                                              |      |                            | 1.00 PA                   | SPT                   | As                  |                   |                          |                   | 1.00                           |
| 1      |           |                                                                                                              |      |                            |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |
| 2      |           |                                                                                                              |      |                            |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |
| 3      |           |                                                                                                              |      |                            |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |
| 4      |           |                                                                                                              |      |                            |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |
| 5      |           |                                                                                                              |      |                            |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |

Muestras: S-Paredes finas, O-Osterberg, M-Mazier, A-Alterado, As-Alterado por SPT Perforador: Misael Castro Asistente: Jorge Labarces- Rafael Hernandez  
Estabilización: RVT-Revestimiento metálico, L-Lodos Máquina de sondeo: Sondeo: PERCUSIÓN  
Pruebas SPT: PA-Punta abierta, PC-Punta cerrada  
Sondeo: PERCUSIÓN

Nivel de agua inicial: N/A Fecha: 01/09/2022 Hora:  
Nivel de agua final: N/A Fecha: 01/09/2022 Hora:

  
Vo.Bo. Supervisor

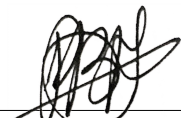
  
Vo.Bo. Director Técnico

|                                            |                                |                                               |                                          |                                 |                 |
|--------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Cliente:<br>TRIPLE A S.A E.S.P             | N° de perforación:<br>S2       | Equipo de perforación:<br>SPT                 | Método de perforación:<br>PERCUSIÓN      | Caída:<br>30" ( 0.76 m)         | Hoja:<br>1 de 1 |
| Proyecto:<br>LINEAS DE CONDUCCIÓN          | Profundidad:<br>1.50 m         | Coordenadas X, Y:<br>-74.969388°O;10.932008°N | Elevación:<br>53.0 msnm                  | Peso del martillo:<br>140.0 Lbf |                 |
| Localización:<br>JUARUCO; TUBARÁ-ATLÁNTICO | Fecha de inicio:<br>01/09/2022 | Fecha final:<br>01/09/2022                    | Detalles del sitio:<br>Terreno inclinado | Tipo de martillo:<br>Manual     |                 |

| Escala | Litología | Descripción                                                                                                  | Cota | % Recuperación<br>% R.Q.D. | S.P.T.<br>N° (Golpes/pie) | Método<br>Perforación | Tipo de<br>Muestras | Tipo de<br>camisa | Método<br>estabilización | Nivel<br>freatico | Compacidad y/o<br>Consistencia |
|--------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------------|
|        |           |                                                                                                              |      |                            | 8                         |                       | 0.00                |                   |                          |                   | MEDIA                          |
| 1      |           | ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL)<br>Se dispone de una estructura laminar de<br>color marrón con vetas grises | 1.50 | %C=80                      | 0.00 PA<br>9<br>0.50 PA   | SPT<br>SPT            | A<br>As             |                   |                          |                   | 0.00<br>FIRME<br>0.50          |
| 2      |           |                                                                                                              |      |                            |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |
| 3      |           |                                                                                                              |      |                            |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |
| 4      |           |                                                                                                              |      |                            |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |
| 5      |           |                                                                                                              |      |                            |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |

Muestras: S-Paredes finas, O-Osterberg, M-Mazier, A-Alterado, As-Alterado por SPT Perforador: Misael Castro Asistente: Jorge Labarces-Rafael Hernandez  
 Estabilización: RVT-Revestimiento metálico, L-Lodos Máquina de sondeo: Sondeo: PERCUSIÓN  
 Pruebas SPT: PA-Punta abierta, PC-Punta cerrada  
 Sondeo: PERCUSIÓN

Nivel de agua inicial: N/A Fecha: 01/09/2022 Hora:  
 Nivel de agua final: N/A Fecha: 01/09/2022 Hora:

  
 Vo.Bo. Supervisor

  
 Vo.Bo. Director Técnico

|                                            |                                |                                               |                                          |                                 |                 |
|--------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Cliete:<br>TRIPLE A S.A E.S.P              | N° de perforación:<br>S3       | Equipo de perforación:<br>SPT                 | Método de perforación:<br>PERCUSIÓN      | Caída:<br>30" ( 0.76 m)         | Hoja:<br>1 de 1 |
| Proyecto:<br>LINEAS DE CONDUCCIÓN          | Profundidad:<br>1.50 m         | Coordenadas X, Y:<br>-74.980629°O;10.954917°N | Elevación:<br>42.00 msnm                 | Peso del martillo:<br>140.0 Lbf |                 |
| Localización:<br>JUARUCO; TUBARÁ-ATLÁNTICO | Fecha de inicio:<br>01/09/2022 | Fecha final:<br>01/09/2022                    | Detalles del sitio:<br>Terreno inclinado | Tipo de martillo:<br>Manual     |                 |

| Escala | Litología | Descripción                                                                              | Cota | % Recuperación<br>% R.Q.D. | S.P.T.<br>N° (Golpes/pie) | Método<br>Perforación | Tipo de<br>Muestras | Tipo de<br>camisa | Método<br>estabilización | Nivel<br>freatico | Compacidad y/o<br>Consistencia |
|--------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------------|
|        |           |                                                                                          |      |                            | 11                        |                       |                     |                   |                          |                   | MEDIA                          |
|        |           |                                                                                          |      |                            | 0.00 PA                   |                       | 0.00                |                   |                          |                   | 0.00                           |
|        |           |                                                                                          |      |                            |                           | SPT                   | A                   |                   |                          |                   |                                |
|        |           |                                                                                          |      |                            |                           |                       | 0.40                |                   |                          |                   |                                |
| 1      |           | ARENA ARCILLOSA ( SC )<br>Se dispone de una estructura granular de<br>color marrón claro | 1.00 | %C=80                      | 13                        |                       | 1.00                |                   |                          |                   | MEDIA                          |
|        |           |                                                                                          |      |                            | 1.00 PA                   |                       | A                   |                   |                          |                   | 1.00                           |
|        |           |                                                                                          |      |                            |                           | SPT                   |                     |                   |                          |                   |                                |
|        |           |                                                                                          |      |                            |                           |                       | 1.30                |                   |                          |                   |                                |
|        |           |                                                                                          | 1.50 | %C=60                      |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |
| 2      |           |                                                                                          |      |                            |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |
| 3      |           |                                                                                          |      |                            |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |
| 4      |           |                                                                                          |      |                            |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |
| 5      |           |                                                                                          |      |                            |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |

Muestras: S-Paredes finas, O-Osterberg, M-Mazier, A-Alterado, As-Alterado por SPT Perforador: Misael Castro Asistente: Jorge Labarces-Rafael Hernandez  
 Estabilización: RVT-Revestimiento metálico, L-Lodos Máquina de sondeo: Sondeo: PERCUSIÓN  
 Pruebas SPT: PA-Punta abierta, PC-Punta cerrada  
 Sondeo: PERCUSIÓN

Nivel de agua inicial: N/A Fecha: 01/09/2022 Hora:  
 Nivel de agua final: N/A Fecha: 01/09/2022 Hora:

Vo.Bo. Supervisor

Vo.Bo. Director Técnico

# PERFIL ESTRATIGRÁFICO

VERSIÓN 2:  
FECHA: ENERO DEL 2017

|                                            |                                |                                               |                                          |                                 |                 |
|--------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| Cliente:<br>TRIPLE A S.A E.S.P             | Nº de perforación:<br>S4       | Equipo de perforación:<br>SPT                 | Método de perforación:<br>PERCUSIÓN      | Caída:<br>30" ( 0.76 m)         | Hoja:<br>1 de 1 |
| Proyecto:<br>LINEAS DE CONDUCCIÓN          | Profundidad:<br>1.50 m         | Coordenadas X, Y:<br>-74.991558°O;10.930506°N | Elevación:<br>257.0 msnm                 | Peso del martillo:<br>140.0 Lbf |                 |
| Localización:<br>JUARUCO; TUBARÁ-ATLÁNTICO | Fecha de inicio:<br>01/09/2022 | Fecha final:<br>01/09/2022                    | Detalles del sitio:<br>Terreno inclinado | Tipo de martillo:<br>Manual     |                 |

| Escala | Litología | Descripción                                                                                       | Cota | % Recuperación<br>% R.Q.D. | S.P.T.<br>Nº (Golpes/pie) | Método<br>Perforación | Tipo de<br>Muestras | Tipo de<br>camisa | Método<br>estabilización | Nivel<br>freatico | Compacidad y/o<br>Consistencia |
|--------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------------|
|        |           |                                                                                                   |      |                            | 9                         |                       | 0.00                |                   |                          |                   | FIRME                          |
|        |           |                                                                                                   |      |                            | 0.00 PA                   | APQ                   | A                   |                   |                          |                   | 0.00                           |
|        |           | ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL)<br>Se dispone de una estructura laminar de<br>color marrón claro |      | %C=60                      |                           |                       | 0.30                |                   |                          |                   |                                |
| 1      |           |                                                                                                   | 1.00 |                            | 12                        |                       | 1.00                |                   |                          |                   | FIRME                          |
|        |           | ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL)<br>Se dispone de una estructura laminar de<br>color marrón claro |      | %C=45                      | 1.00 PA                   | APQ                   | A                   |                   |                          |                   | 1.00                           |
|        |           |                                                                                                   | 1.50 |                            |                           |                       | 1.25                |                   |                          |                   |                                |
| 2      |           |                                                                                                   |      |                            |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |
| 3      |           |                                                                                                   |      |                            |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |
| 4      |           |                                                                                                   |      |                            |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |
| 5      |           |                                                                                                   |      |                            |                           |                       |                     |                   |                          |                   |                                |

Muestras: S-Paredes finas, O-Osterberg, M-Mazier, A-Alterado, As-Alterado por SPT Perforador: Misael Castro Asistente: Jorge Labarces - Rafael Hernandez  
Estabilización: RVT-Revestimiento metálico, L-Lodos Máquina de sondeo: Sondeo: PERCUSIÓN  
Pruebas SPT: PA-Punta abierta, PC-Punta cerrada  
Sondeo: PERCUSIÓN

Nivel de agua inicial: N/A Fecha: 01/09/2022 Hora:  
Nivel de agua final: N/A Fecha: 01/09/2022 Hora:

Vo.Bo. Supervisor

Vo.Bo. Director Técnico

### **ANEXO N° 3 ENSAYOS DE LABORATORIO**

**DATOS DEL PROYECTO**

**PROYECTO:** LINEAS DE CONDUCCIÓN  
**CLIENTE:** TRIPLE A S.A. E.S.P.  
**LOCALIZACIÓN:** CORREGIMIENTO DE JUARUCO  
**MUNICIPIO:** TUBARÁ (ATLÁNTICO)

**DATOS DE LA MUESTRA**

|                              |                                          |
|------------------------------|------------------------------------------|
| Apique: 1                    | Descripción: Arcilla de baja plasticidad |
| Profundidad (m): 0.00 - 0.50 | Color: Marrón con vetas grises           |
| Fecha: 1/09/2022             | Clasificación USCS: CL                   |
| Observaciones: N/A.          | Clasificación AASHTO: A-6                |

**LÍMITE LIQUIDO**

| Ensayo No                  | 1            | 2      | 3      |
|----------------------------|--------------|--------|--------|
| Caja No                    | 1            | 2      | 3      |
| P1 ( suelo húmedo + lata ) | 22.64        | 27.34  | 29.37  |
| P2 ( suelo seco + lata )   | 17.89        | 21.39  | 22.80  |
| P3 ( peso lata )           | 3.89         | 4.26   | 4.23   |
| Peso de agua (gr)          | 4.8          | 6.0    | 6.6    |
| Peso del suelo seco (gr)   | 14.0         | 17.1   | 18.6   |
| Número de Golpes           | 34           | 25     | 18     |
| Humedad (W)                | 33.93%       | 34.73% | 35.38% |
| Límites                    | Líquido (LL) | 34.74% |        |

**LÍMITE PLASTICO**

| 1             | 2      |
|---------------|--------|
| 4             | 5      |
| 14.56         | 14.40  |
| 13.36         | 13.08  |
| 8.18          | 7.44   |
| 1.2           | 1.3    |
| 5.2           | 5.6    |
| 23.17%        | 23.40% |
| Plástico (LP) | 23.29% |

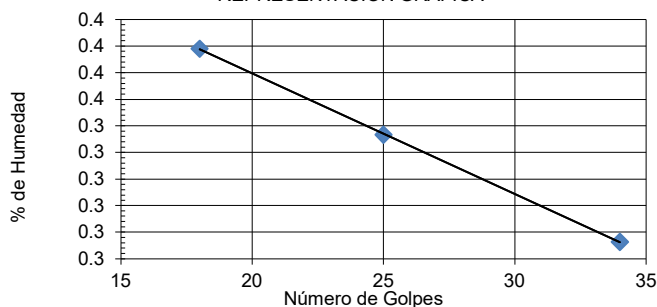
|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Índice de Plasticidad (IP) | 11.46% |
| Índice de Grupo (IG)       |        |
| Humedad Natural (%)        | 20.90% |

**GRANULOMETRÍA**

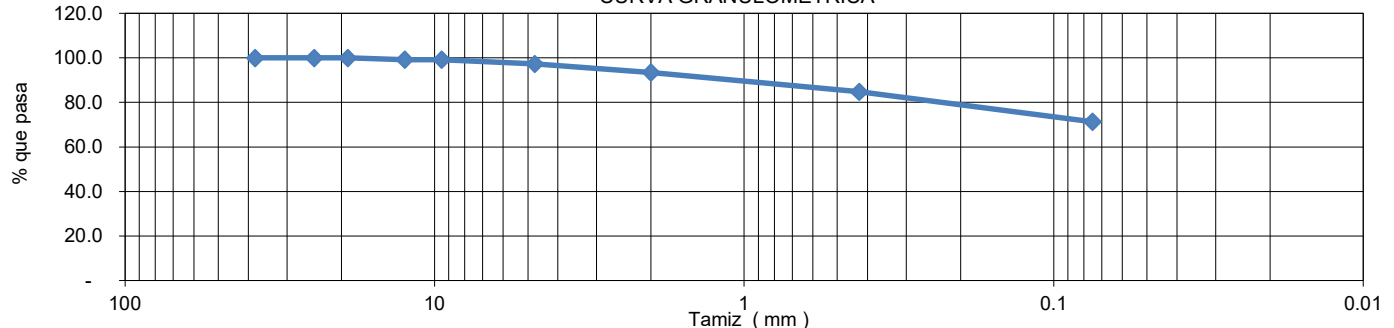
|                           |       |
|---------------------------|-------|
| PESO DE LA MUESTRA (Gr) : | 569.1 |
|---------------------------|-------|

| Tamiz      | Peso Ret. | % Retenido | % Pasa | tamiz mm |
|------------|-----------|------------|--------|----------|
| 1 1/2"     | 0.00      | 0          | 100.00 | 38.00    |
| 1"         | 0.00      | 0.00       | 100.00 | 24.50    |
| 3/4"       | 0.00      | 0.00       | 100.00 | 19.10    |
| 1/2"       | 4.30      | 0.76       | 99.24  | 12.50    |
| 3/8"       | 0.00      | 0.00       | 99.24  | 9.50     |
| No 4       | 11.20     | 1.97       | 97.28  | 4.75     |
| No 10      | 21.70     | 3.81       | 93.46  | 2.00     |
| No 40      | 49.10     | 8.63       | 84.84  | 0.43     |
| No 200     | 76.90     | 13.51      | 71.32  | 0.08     |
| Fondo      | 405.90    | 71.32      | 0.00   |          |
| Suma Tamiz | 163.20    |            |        |          |

REPRESENTACION GRAFICA



CURVA GRANULOMETRICA



**DATOS DEL PROYECTO**

**PROYECTO:** LINEAS DE CONDUCCIÓN  
**CLIENTE:** TRIPLE A S.A. E.S.P.  
**LOCALIZACIÓN:** CORREGIMIENTO DE JUARUCO  
**MUNICIPIO:** TUBARÁ (ATLÁNTICO)

**DATOS DE LA MUESTRA**

|                              |                                          |
|------------------------------|------------------------------------------|
| Apique: 1                    | Descripción: Arcilla de baja plasticidad |
| Profundidad (m): 0.50 - 1.50 | Color: Marrón claro con vetas grises     |
| Fecha: 1/09/2022             | Clasificación USCS: CL                   |
| Observaciones: N/A.          | Clasificación AASHTO: A-4                |

**LÍMITE LÍQUIDO**

| Ensayo No                  | 1            | 2      | 3      |
|----------------------------|--------------|--------|--------|
| Caja No                    | 1            | 2      | 3      |
| P1 ( suelo húmedo + lata ) | 21.97        | 18.23  | 19.61  |
| P2 ( suelo seco + lata )   | 18.42        | 15.22  | 16.18  |
| P3 ( peso lata )           | 4.80         | 4.11   | 3.94   |
| Peso de agua (gr)          | 3.6          | 3.0    | 3.4    |
| Peso del suelo seco (gr)   | 13.6         | 11.1   | 12.2   |
| Número de Golpes           | 34           | 25     | 16     |
| Humedad (W)                | 26.06%       | 27.09% | 28.02% |
| Límites                    | Líquido (LL) | 27.06% |        |

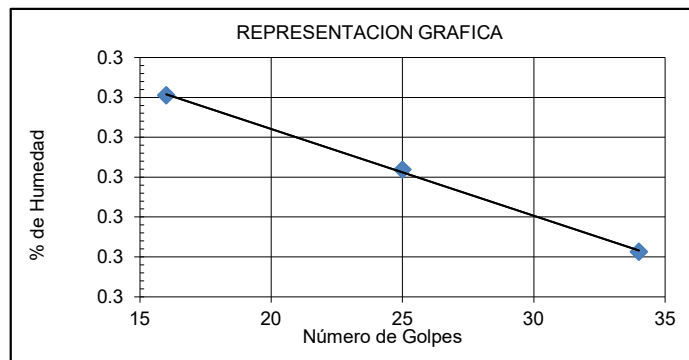
**LÍMITE PLÁSTICO**

| 1             | 2      |
|---------------|--------|
| 4             | 5      |
| 15.53         | 14.83  |
| 14.69         | 14.00  |
| 10.34         | 9.81   |
| 0.8           | 0.8    |
| 4.4           | 4.2    |
| 19.31%        | 19.81% |
| Plástico (LP) | 19.56% |

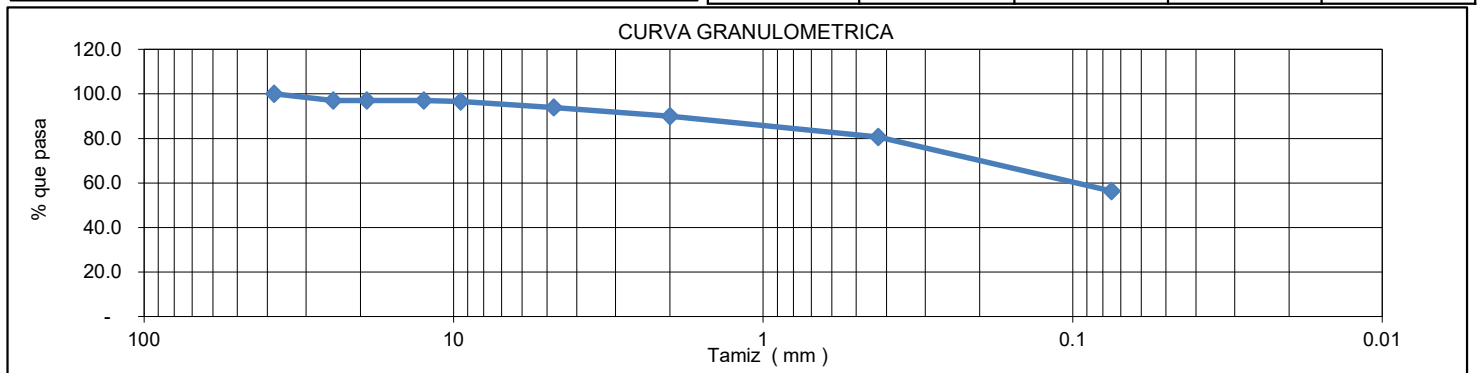
|                            |       |
|----------------------------|-------|
| Índice de Plasticidad (IP) | 7.50% |
| Índice de Grupo (IG)       |       |
| Humedad Natural (%)        | 8.30% |

**GRANULOMETRÍA**

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| PESO DE LA MUESTRA (Gr) : | 853.4 |
|---------------------------|-------|



| Tamiz      | Peso Ret. | % Retenido | % Pasa | tamiz mm |
|------------|-----------|------------|--------|----------|
| 1 1/2"     | 0.00      | 0          | 100.00 | 38.00    |
| 1"         | 25.80     | 3.02       | 96.98  | 24.50    |
| 3/4"       | 0.00      | 0.00       | 96.98  | 19.10    |
| 1/2"       | 0.00      | 0.00       | 96.98  | 12.50    |
| 3/8"       | 2.90      | 0.34       | 96.64  | 9.50     |
| No 4       | 22.70     | 2.66       | 93.98  | 4.75     |
| No 10      | 33.90     | 3.97       | 90.00  | 2.00     |
| No 40      | 79.80     | 9.35       | 80.65  | 0.43     |
| No 200     | 207.60    | 24.33      | 56.33  | 0.08     |
| Fondo      | 480.70    | 56.33      | 0.00   |          |
| Suma Tamiz | 372.70    |            |        |          |



**DATOS DEL PROYECTO**

**PROYECTO:** LINEAS DE CONDUCCIÓN

**CLIENTE:** TRIPLE A S.A. E.S.P.

**LOCALIZACIÓN:** CORREGIMIENTO DE JUARUCO

**MUNICIPIO:** TUBARÁ (ATLÁNTICO)

**DATOS DE LA MUESTRA**

Apique: 1

Profundidad (m): 3.50 - 6.00

Fecha: 1/09/2022

Observaciones: N/A.

Descripción: Arcilla de baja plasticidad

Color: Marrón

Clasificación USCS: CL

Clasificación AASHTO: A-7-6

**LÍMITE LIQUIDO**

| Ensayo No                  | 1            | 2      | 3      |
|----------------------------|--------------|--------|--------|
| Caja No                    | 1            | 2      | 3      |
| P1 ( suelo húmedo + lata ) | 16.83        | 20.72  | 21.96  |
| P2 ( suelo seco + lata )   | 12.75        | 15.27  | 16.00  |
| P3 ( peso lata )           | 4.00         | 3.92   | 3.88   |
| Peso de agua (gr)          | 4.1          | 5.5    | 6.0    |
| Peso del suelo seco (gr)   | 8.8          | 11.3   | 12.1   |
| Número de Golpes           | 34           | 24     | 17     |
| Humedad (W)                | 46.63%       | 48.04% | 49.21% |
| Límites                    | Líquido (LL) | 47.96% |        |

**LÍMITE PLASTICO**

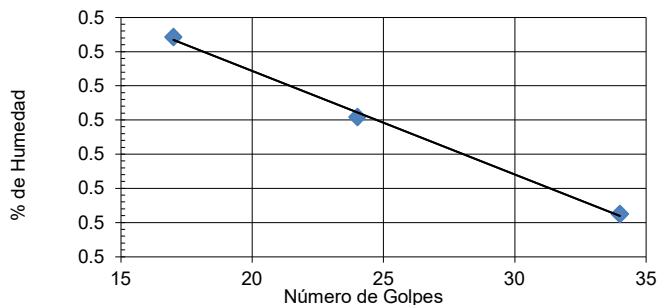
| 1             | 2      |
|---------------|--------|
| 4             | 5      |
| 17.33         | 16.50  |
| 15.72         | 15.04  |
| 7.81          | 7.81   |
| 1.6           | 1.5    |
| 7.9           | 7.2    |
|               |        |
| 20.30%        | 20.19% |
| Plástico (LP) | 20.25% |

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Índice de Plasticidad (IP) | 27.71% |
| Índice de Grupo (IG)       |        |
| Humedad Natural (%)        | 22.04% |

**GRANULOMETRÍA**

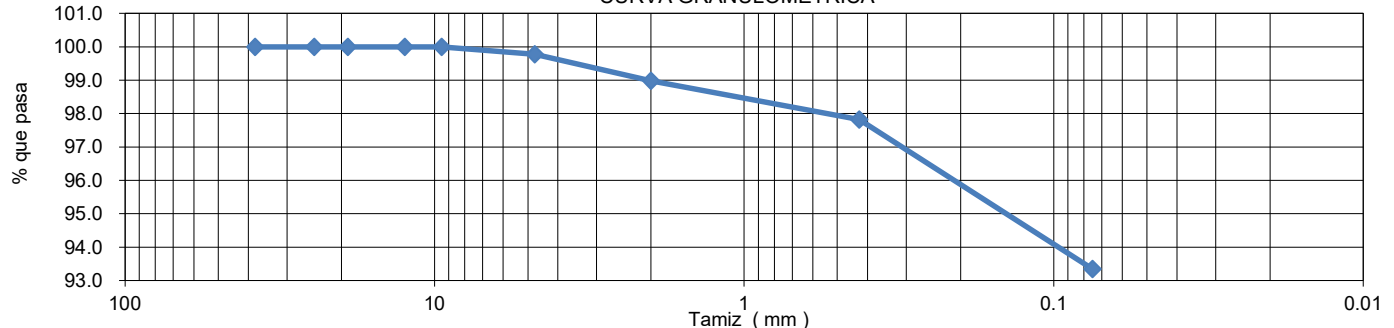
|                           |       |
|---------------------------|-------|
| PESO DE LA MUESTRA (Gr) : | 566.3 |
|---------------------------|-------|

REPRESENTACION GRAFICA



| Tamiz      | Peso Ret. | % Retenido | % Pasa | tamiz mm |
|------------|-----------|------------|--------|----------|
| 1 1/2"     | 0.00      | 0          | 100.00 | 38.00    |
| 1"         | 0.00      | 0.00       | 100.00 | 24.50    |
| 3/4"       | 0.00      | 0.00       | 100.00 | 19.10    |
| 1/2"       | 0.00      | 0.00       | 100.00 | 12.50    |
| 3/8"       | 0.00      | 0.00       | 100.00 | 9.50     |
| No 4       | 1.25      | 0.22       | 99.78  | 4.75     |
| No 10      | 4.50      | 0.79       | 98.98  | 2.00     |
| No 40      | 6.60      | 1.17       | 97.82  | 0.43     |
| No 200     | 25.33     | 4.47       | 93.35  | 0.08     |
| Fondo      | 528.62    | 93.35      | 0.00   |          |
| Suma Tamiz | 37.68     |            |        |          |

CURVA GRANULOMETRICA



**DATOS DEL PROYECTO**

**PROYECTO:** LINEAS DE CONDUCCIÓN  
**CLIENTE:** TRIPLE A S.A. E.S.P.  
**LOCALIZACIÓN:** CORREGIMIENTO DE JUARUCO  
**MUNICIPIO:** TUBARÁ (ATLÁNTICO)

**DATOS DE LA MUESTRA**

|                              |                                          |
|------------------------------|------------------------------------------|
| Apique: 2                    | Descripción: Arcilla de baja plasticidad |
| Profundidad (m): 0.00 - 1.50 | Color: marrón claro con vetas grises     |
| Fecha: 1/09/2022             | Clasificación USCS: CL                   |
| Observaciones: N/A.          | Clasificación AASHTO: A-6                |

**LÍMITE LÍQUIDO**

| Ensayo No                  | 1            | 2      | 3      |
|----------------------------|--------------|--------|--------|
| Caja No                    | 1            | 2      | 3      |
| P1 ( suelo húmedo + lata ) | 19.85        | 19.99  | 20.31  |
| P2 ( suelo seco + lata )   | 16.35        | 16.30  | 16.45  |
| P3 ( peso lata )           | 4.16         | 3.84   | 3.85   |
| Peso de agua (gr)          | 3.5          | 3.7    | 3.9    |
| Peso del suelo seco (gr)   | 12.2         | 12.5   | 12.6   |
| Número de Golpes           | 34           | 27     | 18     |
| Humedad (W)                | 28.71%       | 29.61% | 30.63% |
| Límites                    | Líquido (LL) | 29.81% |        |

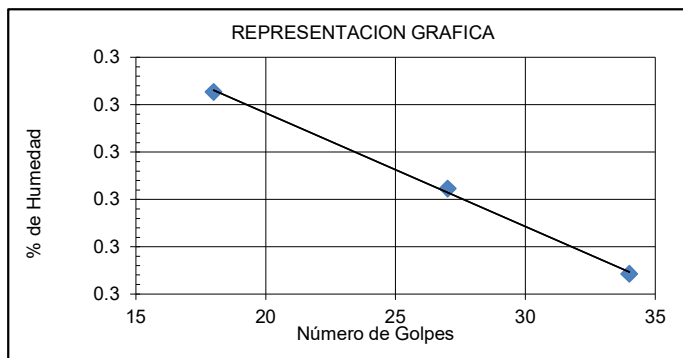
**LÍMITE PLÁSTICO**

| 1             | 2      |
|---------------|--------|
| 4             | 5      |
| 15.40         | 15.69  |
| 14.36         | 14.55  |
| 7.81          | 7.42   |
| 1.0           | 1.1    |
| 6.6           | 7.1    |
| 15.88%        | 15.99% |
| Plástico (LP) | 15.93% |

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Índice de Plasticidad (IP) | 13.88% |
| Índice de Grupo (IG)       |        |
| Humedad Natural (%)        | 15.90% |

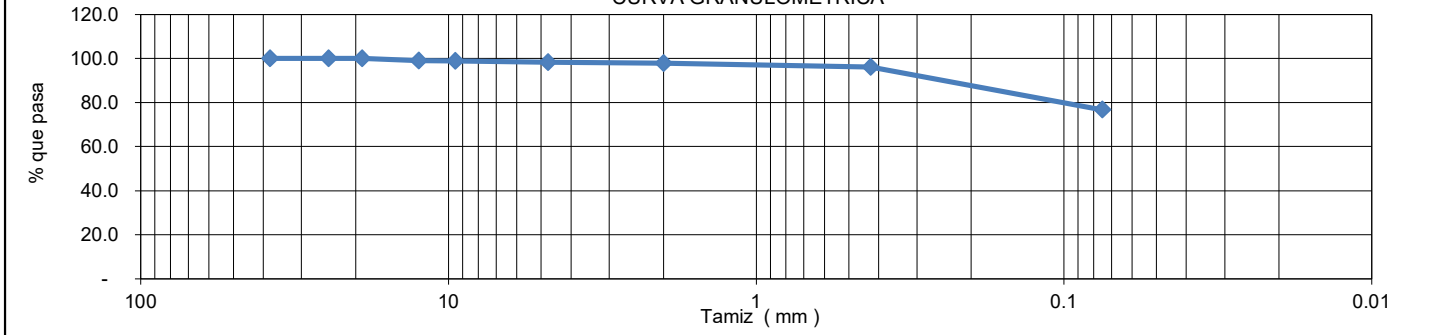
**GRANULOMETRÍA**

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| PESO DE LA MUESTRA (Gr) : | 749.5 |
|---------------------------|-------|



| Tamiz      | Peso Ret. | % Retenido | % Pasa | tamiz mm |
|------------|-----------|------------|--------|----------|
| 1 1/2"     | 0.00      | 0          | 100.00 | 38.00    |
| 1"         | 0.00      | 0.00       | 100.00 | 24.50    |
| 3/4"       | 0.00      | 0.00       | 100.00 | 19.10    |
| 1/2"       | 7.10      | 0.95       | 99.05  | 12.50    |
| 3/8"       | 1.50      | 0.20       | 98.85  | 9.50     |
| No 4       | 4.70      | 0.63       | 98.23  | 4.75     |
| No 10      | 2.80      | 0.37       | 97.85  | 2.00     |
| No 40      | 13.40     | 1.79       | 96.06  | 0.43     |
| No 200     | 145.00    | 19.35      | 76.72  | 0.08     |
| Fondo      | 575.00    | 76.72      | 0.00   |          |
| Suma Tamiz | 174.50    |            |        |          |

**CURVA GRANULOMETRICA**



**DATOS DEL PROYECTO**

**PROYECTO:** LÍNEAS DE CONDUCCIÓN

**CLIENTE:** TRIPLE A S.A. E.S.P.

**LOCALIZACIÓN:** CORREGIMIENTO JUARUCO

**MUNICIPIO:** TUBARÁ (ATLÁNTICO)

**DATOS DE LA MUESTRA**

Apique: 3

Profundidad (m): 0.00 - 1.50

Fecha: Septiembre 2022

Observaciones: N/A.

Descripción: Arena arcillosa

Color: Marrón claro

Clasificación USCS: SC

Clasificación AASHTO: A-6

**LÍMITE LIQUIDO**

| Ensayo No                  | 1            | 2      | 3      |
|----------------------------|--------------|--------|--------|
| Caja No                    | 1            | 2      | 3      |
| P1 ( suelo húmedo + lata ) | 18.70        | 17.95  | 18.39  |
| P2 ( suelo seco + lata )   | 15.76        | 15.01  | 13.67  |
| P3 ( peso lata )           | 4.64         | 4.27   | 4.21   |
| Peso de agua (gr)          | 2.9          | 2.9    | 4.7    |
| Peso del suelo seco (gr)   | 11.1         | 10.7   | 9.5    |
| Número de Golpes           | 34           | 27     | 17     |
| Humedad (W)                | 26.44%       | 27.37% | 49.89% |
| Límites                    | Líquido (LL) | 36.01% |        |

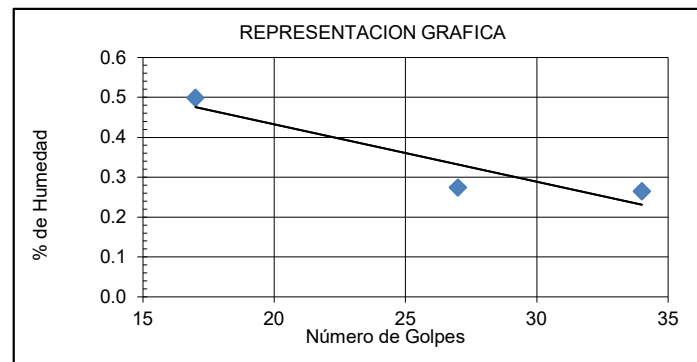
**LÍMITE PLASTICO**

| 1             | 2      |
|---------------|--------|
| 4             | 5      |
| 14.93         | 14.48  |
| 13.81         | 13.40  |
| 7.46          | 7.32   |
| 1.1           | 1.1    |
| 6.4           | 6.1    |
| 17.64%        | 17.76% |
| Plástico (LP) | 17.70% |

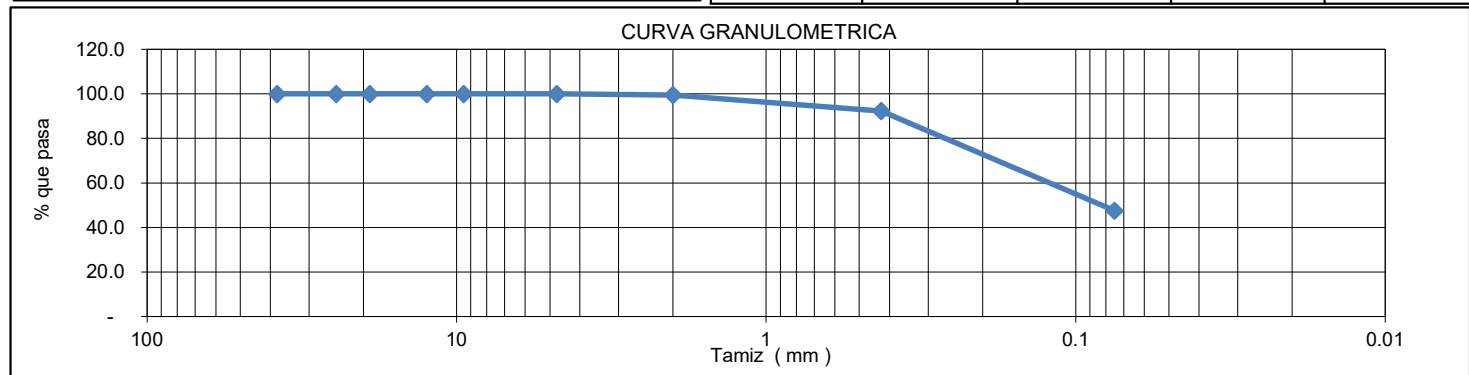
|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Índice de Plasticidad (IP) | 18.31% |
| Índice de Grupo (IG)       |        |
| Humedad Natural (%)        | 15.70% |

**GRANULOMETRÍA**

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| PESO DE LA MUESTRA (Gr) : | 896.2 |
|---------------------------|-------|



| Tamiz      | Peso Ret. | % Retenido | % Pasa | tamiz mm |
|------------|-----------|------------|--------|----------|
| 1 1/2"     | 0.00      | 0          | 100.00 | 38.00    |
| 1"         | 0.00      | 0.00       | 100.00 | 24.50    |
| 3/4"       | 0.00      | 0.00       | 100.00 | 19.10    |
| 1/2"       | 0.00      | 0.00       | 100.00 | 12.50    |
| 3/8"       | 0.00      | 0.00       | 100.00 | 9.50     |
| No 4       | 0.00      | 0.00       | 100.00 | 4.75     |
| No 10      | 4.80      | 0.54       | 99.46  | 2.00     |
| No 40      | 63.70     | 7.11       | 92.36  | 0.43     |
| No 200     | 401.20    | 44.77      | 47.59  | 0.08     |
| Fondo      | 426.50    | 47.59      | 0.00   |          |
| Suma Tamiz | 469.70    |            |        |          |



**DATOS DEL PROYECTO**

**PROYECTO:** LÍNEAS DE CONDUCCIÓN

**CLIENTE:** TRIPLE A S.A. E.S.P.

**LOCALIZACIÓN:** CORREGIMIENTO JUARUCO

**MUNICIPIO:** TUBARÁ (ATLÁNTICO)

**DATOS DE LA MUESTRA**

Apique: 4

Profundidad (m): 0.00 - 1.50

Fecha: Septiembre 2022

Observaciones: N/A.

Descripción: Arcilla de baja plasticidad

Color: Marrón claro

Clasificación USCS: CL

Clasificación AASHTO: A-7-6

**LÍMITE LÍQUIDO**

| Ensayo No                  | 1            | 2      | 3      |
|----------------------------|--------------|--------|--------|
| Caja No                    | 1            | 2      | 3      |
| P1 ( suelo húmedo + lata ) | 20.30        | 18.31  | 18.48  |
| P2 ( suelo seco + lata )   | 15.07        | 13.60  | 13.65  |
| P3 ( peso lata )           | 4.01         | 3.92   | 3.94   |
| Peso de agua (gr)          | 5.2          | 4.7    | 4.8    |
| Peso del suelo seco (gr)   | 11.1         | 9.7    | 9.7    |
| Número de Golpes           | 34           | 24     | 16     |
| Humedad (W)                | 47.29%       | 48.66% | 49.74% |
| Límites                    | Líquido (LL) | 48.52% |        |

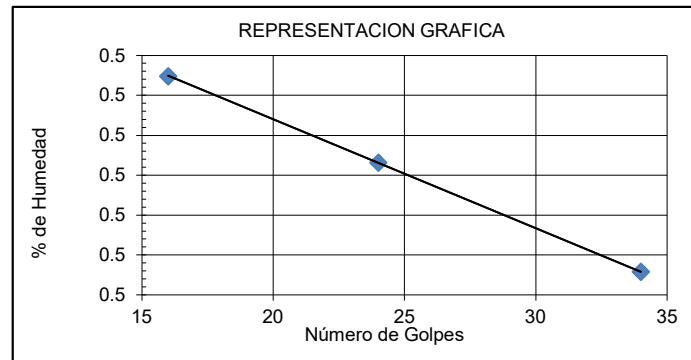
**LÍMITE PLÁSTICO**

| 1             | 2      |
|---------------|--------|
| 4             | 5      |
| 14.73         | 17.60  |
| 13.17         | 16.06  |
| 7.46          | 10.44  |
| 1.6           | 1.5    |
| 5.7           | 5.6    |
| 27.32%        | 27.40% |
| Plástico (LP) | 27.36% |

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Índice de Plasticidad (IP) | 21.16% |
| Índice de Grupo (IG)       |        |
| Humedad Natural (%)        | 32.90% |

**GRANULOMETRÍA**

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| PESO DE LA MUESTRA (Gr) : | 598.6 |
|---------------------------|-------|



| Tamiz      | Peso Ret. | % Retenido | % Pasa | tamiz mm |
|------------|-----------|------------|--------|----------|
| 1 1/2"     | 0.00      | 0          | 100.00 | 38.00    |
| 1"         | 0.00      | 0.00       | 100.00 | 24.50    |
| 3/4"       | 0.00      | 0.00       | 100.00 | 19.10    |
| 1/2"       | 0.00      | 0.00       | 100.00 | 12.50    |
| 3/8"       | 0.00      | 0.00       | 100.00 | 9.50     |
| No 4       | 0.50      | 0.08       | 99.92  | 4.75     |
| No 10      | 0.70      | 0.12       | 99.88  | 2.00     |
| No 40      | 8.40      | 1.40       | 98.60  | 0.43     |
| No 200     | 15.20     | 2.54       | 97.46  | 0.08     |
| Fondo      | 573.80    | 95.86      | 4.14   |          |
| Suma Tamiz | 24.80     |            |        |          |

