

ES-061-2022



TRIPLE A S.A E.S.P

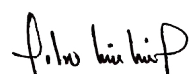
**ESTUDIO DE SUELO PARA EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO UBICADO EN
EL CORREGIMIENTO DE JUARUCO (LOS POCITOS), MUNICIPIO DE TUBARÁ,
DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO.**

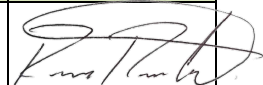
BARRANQUILLA, NOVIEMBRE DEL 2022

CONTROL DE CAMBIOS:

Versión:	Cambios realizados:	Fecha:
v 0.00	Versión inicial.	21-11-2022

REVISIÓN:

CONTROL DEL DOCUMENTO					
	NOMBRE	PROFESIÓN	CARGO	MATRICULA PROFESIONAL	FIRMA
Elaboró:	Johnny Vargas	Ing. Civil Esp. Geotecnia	Director Técnico	08202354127ATL	
Revisó:	Pedro Leiva	Ing. Civil Esp. 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, 21 de noviembre de 2022

Señores:

TRIPLE A S.A E.S.P

Ciudad.

Ref.: Estudio de suelos para **LA CONSTRUCCIÓN DE EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO**, ubicado en el corregimiento de Juaruco (los pocitos), municipio de Tubará en el departamento del 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.....	8
1.1.	Introducción	8
1.2.	Objeto y alcance del estudio	8
1.3.	Localización	9
2.	CARACTERÍSTICAS DEL SITIO Y DEL PROYECTO.....	11
2.1.	Información previa	11
2.2.	Características del sitio	11
2.3.	Características del proyecto.....	13
3.	INVESTIGACIÓN DEL SUB-SUELO	21
3.1.	Exploración de campo	21
3.1.1.	Método de percusión.....	21
4.	HIDROGRAFÍA	26
5.	GEOLOGÍA REGIONAL.	28
5.1.	Rocas sedimentarias.....	29
5.2.	Sedimentos recientes.....	30
6.	GEOLOGÍA LOCAL.....	32
6.1.	Sismicidad del entorno.....	33
6.2.	Sismicidad en la zona.....	34
7.	ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO Y GEOTÉCNICO	37
7.1.	Ensayos de laboratorio	37
7.2.	Nivel freático.....	38
7.3.	Estratigrafía.....	38
7.4.	Caracterización geotécnica	40
7.4.1.	Caracterización geotécnica – Arcillas y limos.....	40
7.4.1.1.	Limo de alta plasticidad (MH).....	41
7.4.1.2.	Arcilla de alta plasticidad (CH).....	42
7.4.1.3.	Arcilla de baja plasticidad (CL).....	42
7.5.	Análisis de condiciones geotécnicas especiales.....	44
7.5.1.	Identificación de suelos colapsables.....	44
7.5.2.	Susceptibilidad a la licuación.....	44
7.5.3.	Potencial de expansión o cambio volumétrico.....	45
8.	RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS	53
8.1.	Estimación de parámetros geotécnicos de diseño.....	53
8.1.1.	Saprolito propio de la formación las perlices (PgNgp).....	54
8.2.	Tipo y nivel de cimentación.....	59

8.3.	Teoría de capacidad ultima de cimientos superficiales.	62
8.3.1.	Capacidad de carga admisible y asentamientos.	63
8.3.2.	Presión lateral de tierras	68
9.	RECOMENDACIONES GENERALES	70
9.1.	Excavaciones	70
9.2.	Requisitos granulométricos para llenos estructurales.	71
9.3.	Otras recomendaciones	72
10.	CONCLUSIONES.....	73
11.	LIMITACIONES.....	74
12.	DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	75

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización General del proyecto	10
Ilustración 2. Estado de sitio donde se realizó exploración geotécnica	12
Ilustración 3. Vista en planta manifold de succión e impulsión de agua potable	13
Ilustración 4. Vista en planta EBAP 1	14
Ilustración 5. Vista de perfil implantación de proyecto perfil longitudinal general	15
Ilustración 6. Vista de planta cuarto de maquina	15
Ilustración 7. Vista frontal cuarto de maquinas	16
Ilustración 8. Vista lateral posterior cuarto de maquinas	16
Ilustración 9. Vista lateral fachada cuarto de maquinas	17
Ilustración 10. Vista fachada posterior cuarto de maquinas	17
Ilustración 11. Vista en planta de cuarto eléctrico	18
Ilustración 12. Fachada principal de cuarto eléctrico	18
Ilustración 13. Fachada posterior de cuarto eléctrico	19
Ilustración 14. Fachada lateral de cuarto eléctrico	19
Ilustración 15. Tanque de combustible	20
Ilustración 16. Estructura del tanque	20
Ilustración 17. Ilustración del procedimiento del ensayo SPT	22
Ilustración 18. Esquema de Cuchara partida (SPLITSPOON)	23
Ilustración 19. Muestra analizada y ensayada en laboratorio.	25
Ilustración 20. Interacción tectónica entre la placa Caribe y la de América del Sur	28
Ilustración 21. Influencia de la convergencia de la placa Caribe y la de América del Sur	28
Ilustración 22. Roca sedimentaria de tipo LIMOLITA	29
Ilustración 23. Roca sedimentaria de tipo ARENISCA	29
Ilustración 24. Roca sedimentaria de tipo CALIZA	30
Ilustración 25. Plancha 16-17 – Estado de la cartografía geológica	32
Ilustración 26. Coeficiente Fa y Coeficiente Fv del suelo.	35
Ilustración 27. Resumen de índice de expansión (IEL %) obtenido a partir de la aplicación del ensayo de EXPANSIÓN LIBRE EN PROBETA INVE 132-13.	47
Ilustración 28. Valores de número de golpes N (60) corregidos obtenidos a partir de la aplicación del ensayo de penetración estándar (SPT)	52
Ilustración 29. Estimación de parámetros de resistencia al corte de los materiales tipo: MAT 001 (Saprolito propio de la formación las perdices (PgNgp). Clasificado como arcilla de alta plasticidad (CH) y limo de alta plasticidad (MH). Consistencia media a firme). Fuente: Elaboración propia.	56
Ilustración 30. Análisis de distribución normal de valores de N (60) obtenidos para el material MAT 001. Fuente: Elaboración propia.	56
Ilustración 31. Estimación de parámetros de resistencia al corte de los materiales tipo: MAT 002 (Saprolito propio de la formación las perdices (PgNgp). Clasificado como	

arcilla de alta plasticidad (CH) y arcilla de baja plasticidad (CL). Consistencia muy firme). Fuente: Elaboración propia.	57
Ilustración 32. Análisis de distribución normal de valores de N (60) obtenidos para el material MAT 002. Fuente: Elaboración propia.	57
Ilustración 33. Estimación de parámetros de resistencia al corte de los materiales tipo: MAT 003 (Saprolito propio de la formación las perdices (PgNgp). Clasificado como arcilla de alta plasticidad (CH). Consistencia dura). Fuente: Elaboración propia.	58
Ilustración 34. Análisis de distribución normal de valores de N (60) obtenidos para el material MAT 003. Fuente: Elaboración propia.	58
Ilustración 35. Esquema de sistema de cimentación propuesto para cuarto de máquinas y cuarto eléctrico.	61
Ilustración 36. Esquema de sistema de cimentación propuesto para tanque de combustible.	62
Ilustración 37. Esquema de superficie de falla del suelo.	63
Ilustración 38. Estimación de asentamientos máximos producidos.	66
Ilustración 39. Estimación de asentamientos máximos producidos.	67
Ilustración 40. Condición activa de presión de tierras de Rankine (Ka).	68
Ilustración 41. Condición pasiva de presión de tierras de Rankine (Kp).	68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas de las perforaciones geotécnicas.	21
Tabla 2. Parámetros sísmicos de diseño.	34
Tabla 3. Ensayos de laboratorios realizados y Normas aplicadas.	37
Tabla 4. Potencial de expansión de suelos cohesivos según NSR – 10.	40
Tabla 5. Consistencia de suelos cohesivos.	40
Tabla 6. Limo de alta plasticidad (MH).	41
Tabla 7. Arcilla de alta plasticidad (CH).	42
Tabla 8. Arcilla de baja plasticidad (CL).	43
Tabla 9. Resumen de parámetros de cohesión no drenada (Cu) obtenidos de laboratorio. Fuente: Elaboración propia.	46
Tabla 10. Corrección de Nspt y correlaciones de los parámetros del subsuelo.	48
Tabla 11. Resumen de parámetros geotécnicos.	59
Tabla 12. Capacidad de carga admisible (Qadm), módulo de reacción y asentamientos por máximos producidos.	64
Tabla 13. Parámetros empleados en el análisis de presión de tierras.	69
Tabla 14. Franjas granulométricas del material seleccionado afirmado.	71

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 EBAP aulas ambientales Juaruco, ubicado en el corregimiento de Juaruco (los pocitos), municipio de Tubará departamento del 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 la obra proyectada, teniendo en cuenta las condiciones del proyecto.

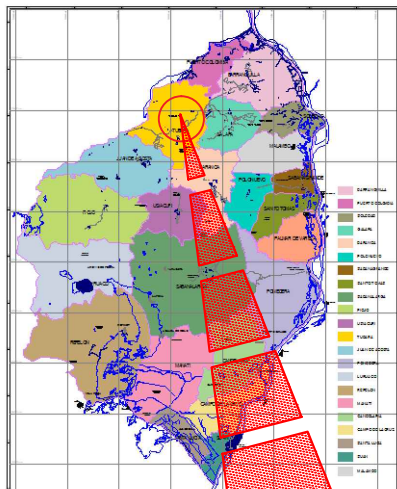
El alcance del estudio, contiene la secuencia de las siguientes actividades:

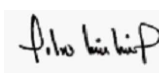
- a) Obtener información sobre las condiciones estratigráficas del terreno, a través de una exploración de campo.
- b) Determinar las propiedades geotécnicas de los suelos, en particular sus características mecánicas.

- c) Elaborar un diseño adecuado y económico, que permita la estabilidad de la estructura existente y la nueva edificación.
- d) Proyectar el mejor método de construcción, predecir y contrarrestar las dificultades y retrasos que puedan surgir durante la construcción debido a las condiciones de la zona.
- e) 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.
- f) Detectar la profundidad del nivel de aguas freáticas, en todas las exploraciones de campo.
- g) Recomendar el tipo de cimentación más adecuado para una estructura dada, dependiendo de las cargas a soportar y las condiciones del subsuelo.
- h) Definir la profundidad de desplante, teniendo en cuenta la resistencia del suelo estudiado.
- i) Calcular la capacidad admisible en el suelo de fundación.
- j) Calcular los asentamientos diferenciales y totales a los que se verá expuesta la cimentación propuesta.
- k) Valoración de los problemas de drenaje y estabilización de la excavación por superficies libres de agua en el subsuelo.

1.3. Localización

La zona de estudio se encuentra localizada en el corregimiento de Juaruco municipio de Tubará, departamento del atlántico. Las coordenadas geográficas del lugar están referenciadas: $-74.931933^{\circ}\text{O}$; $10.924720^{\circ}\text{N}$; cómo se observa en la ilustración 1. Localización general del proyecto.



PROYECTO: E.S PARA EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO		CLIENTE: TRIPLE A E.S E.S.P					
LOCALIZACIÓN: JUARUCO, TUBARÁ (ATLÁNTICO)		DISEÑADO POR: Ing. Paula Jimenez M.		APROBADO POR: Ing. Pedro Leiva	ING A CARGO : Ing. Johnny Vargas		
COORDENADA: -74.931933°O; 10.924720°N	ELEVACIÓN: 76 m.s.n.m	FECHA: 11/2022	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 geotécnico 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

Durante la exploración geotécnica, se pudo observar que, las diferentes áreas sondeadas se proyectan la construcción de EBAP aulas ambientales Juaruco, donde se encuentra rodeadas de abundante vegetación, estructuras. La vía de acceso a los puntos se encuentra pavimentada y la configuración topográfica es ligeramente ondulada.



Ilustración 2. Estado de sitio donde se realizó exploración geotécnica
Fuente: Elaboración propia.

2.3. Características del proyecto

El proyecto en referencia, consiste en la construcción de una EBAP aulas ambientales Juaruco, en el corregimiento de Juaruco (Los pocitos), municipio de Tubará departamento del Atlántico.

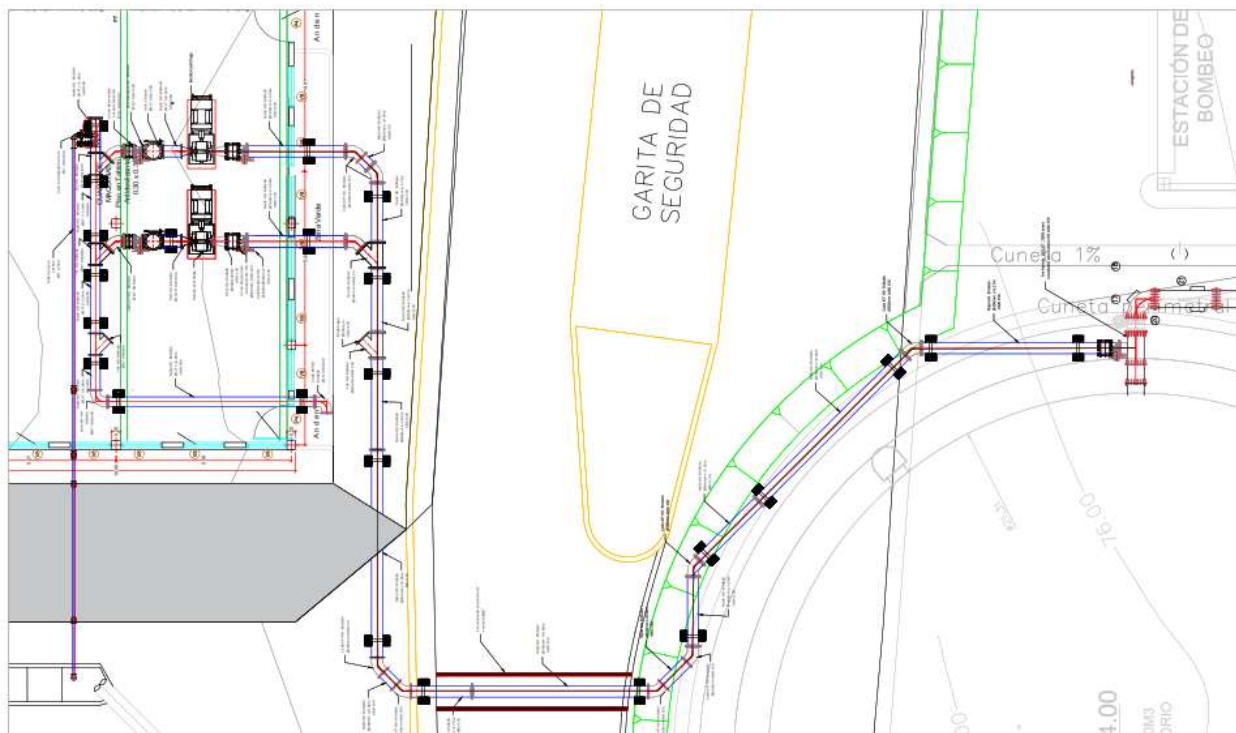


Ilustración 3. Vista en planta manifold de succión e impulsión de agua potable
Fuente: Plano constructivo EBAP- HD

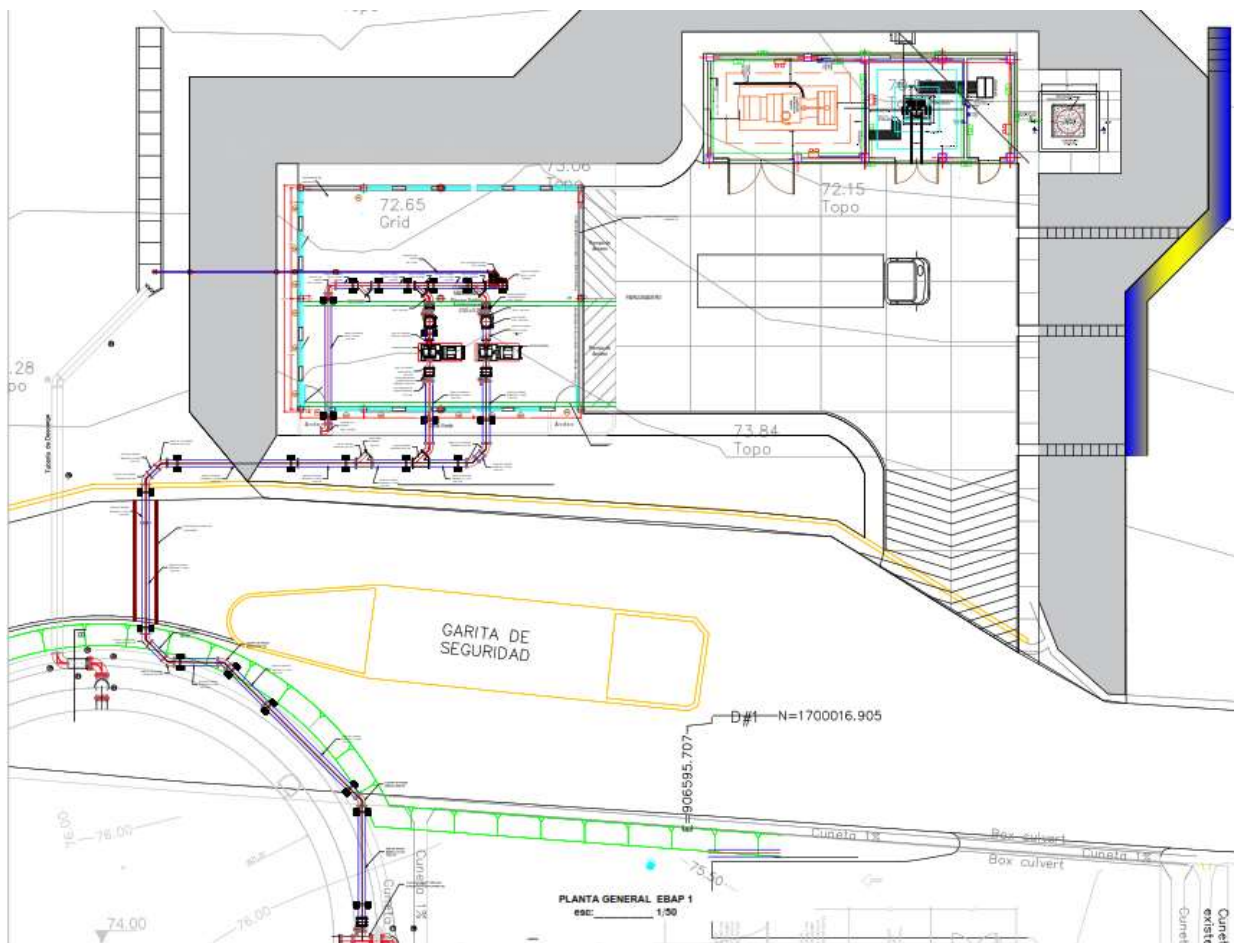


Ilustración 4. Vista en planta EBAP 1
Fuente: Plano constructivo EBAP- HD



Ilustración 5. Vista de perfil implantación de proyecto perfil longitudinal general
Fuente: Plano constructivo EBAP- HD

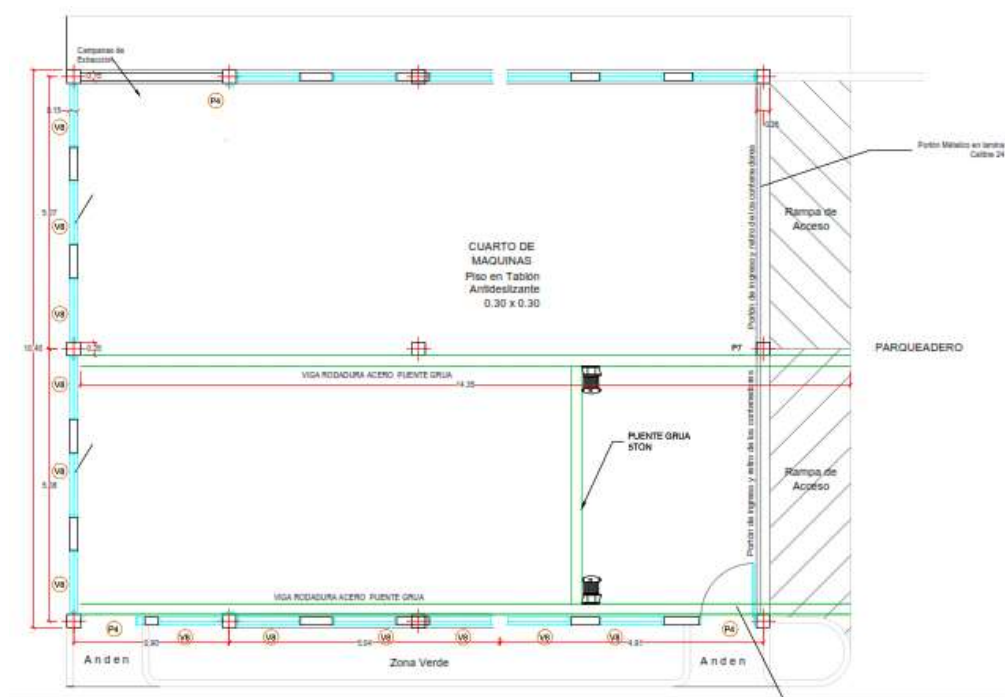


Ilustración 6. Vista de planta cuarto de maquina
Fuente: Plano constructivo EBAP- HD

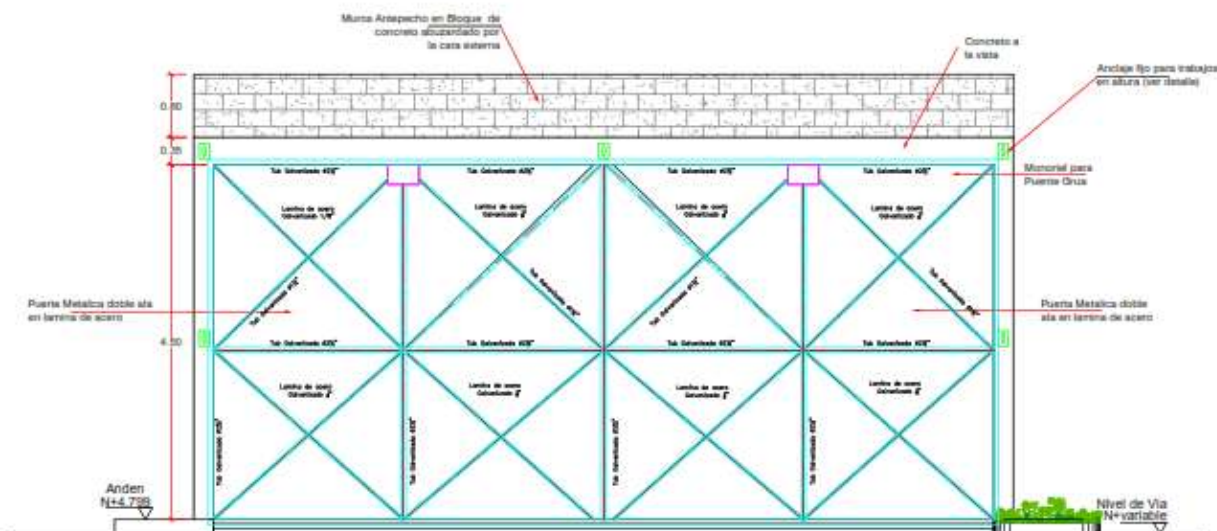


Ilustración 7. Vista frontal cuarto de maquinas
Fuente: Plano constructivo EBAP- HD

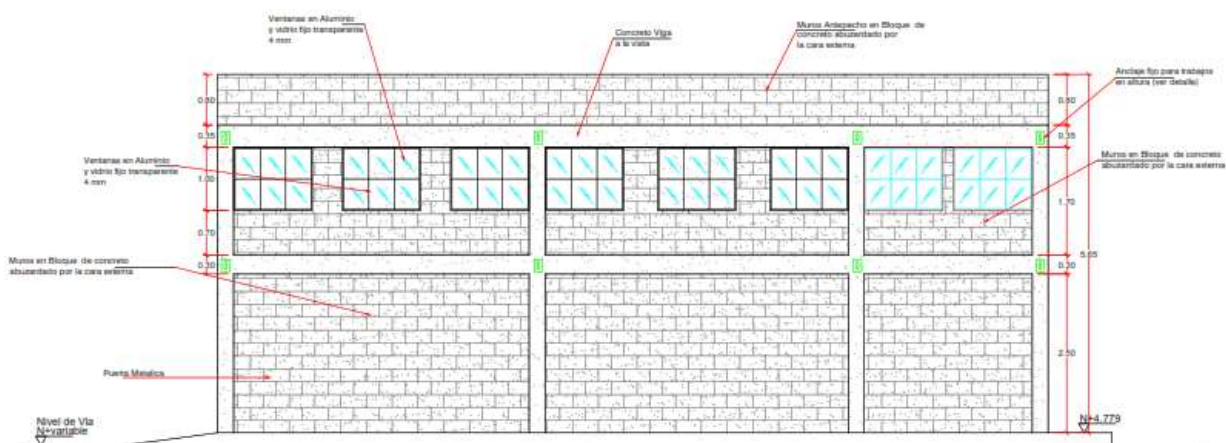


Ilustración 8. Vista lateral posterior cuarto de maquinas
Fuente: Plano constructivo EBAP- HD

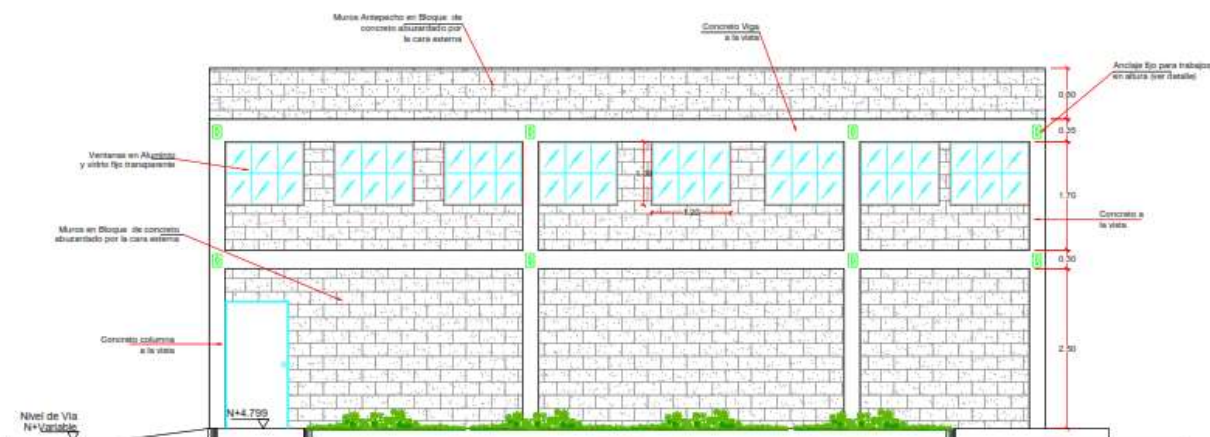


Ilustración 9. Vista lateral fachada cuarto de maquinas
Fuente: Plano constructivo EBAP- HD

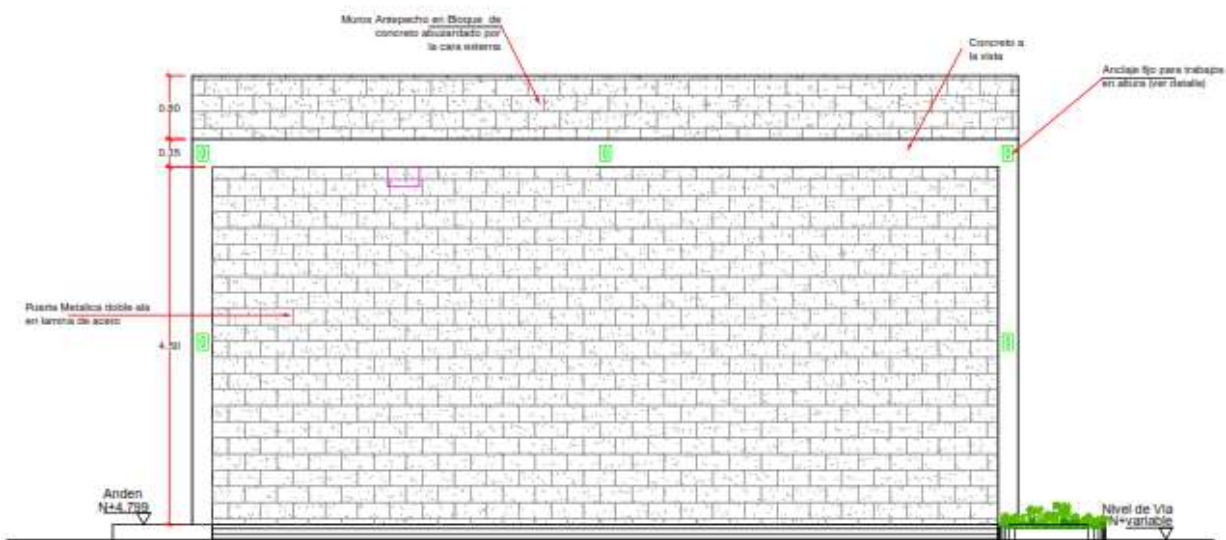


Ilustración 10. Vista fachada posterior cuarto de maquinas
Fuente: Plano constructivo EBAP- HD

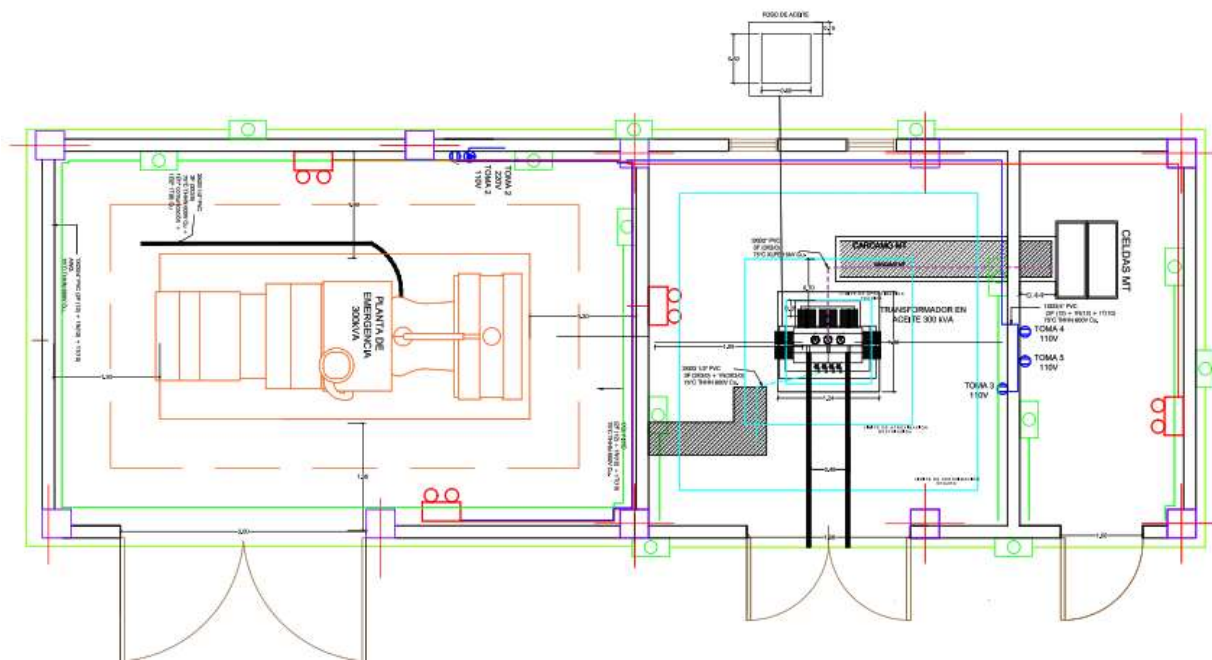


Ilustración 11. Vista en planta de cuarto eléctrico
Fuente: Plano constructivo EBAP- HD

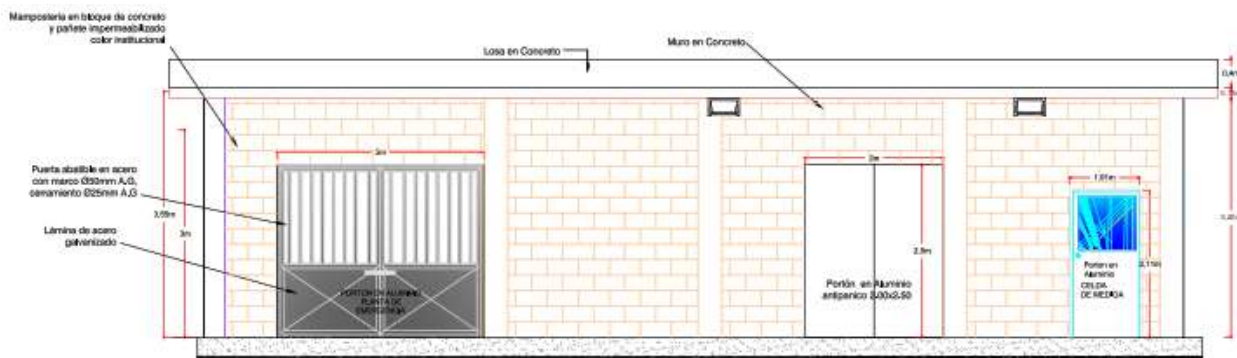


Ilustración 12. Fachada principal de cuarto eléctrico
Fuente: Plano constructivo EBAP- HD

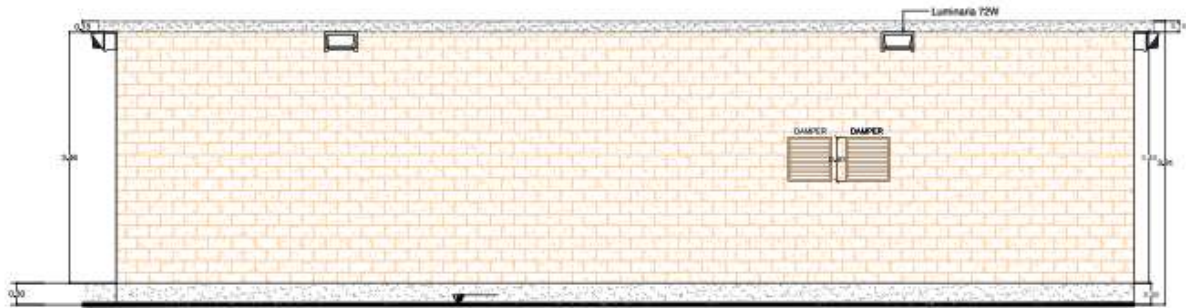


Ilustración 13. Fachada posterior de cuarto eléctrico
Fuente: Plano constructivo EBAP- HD

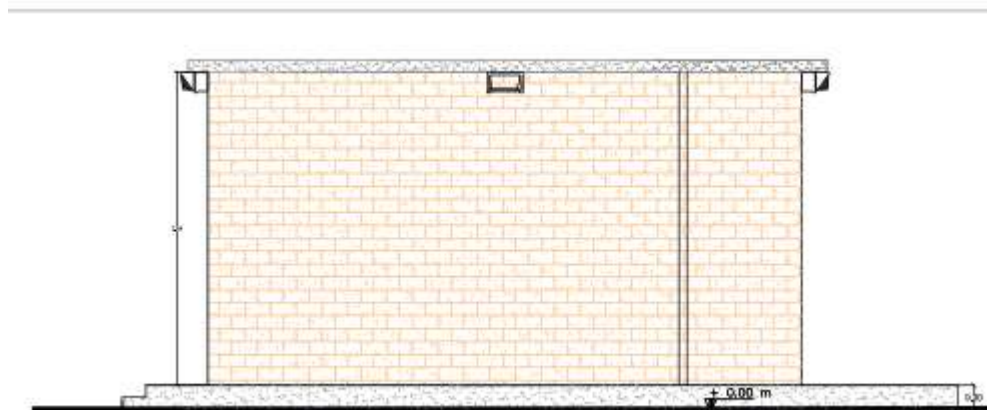


Ilustración 14. Fachada lateral de cuarto eléctrico
Fuente: Plano constructivo EBAP- HD

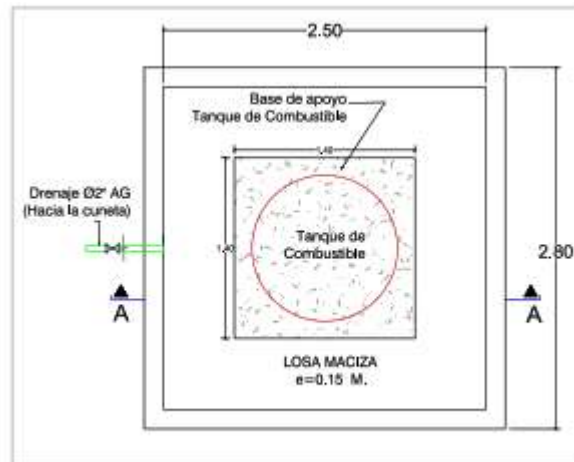


Ilustración 15. Tanque de combustible
Fuente: Plano constructivo EBAP- HD

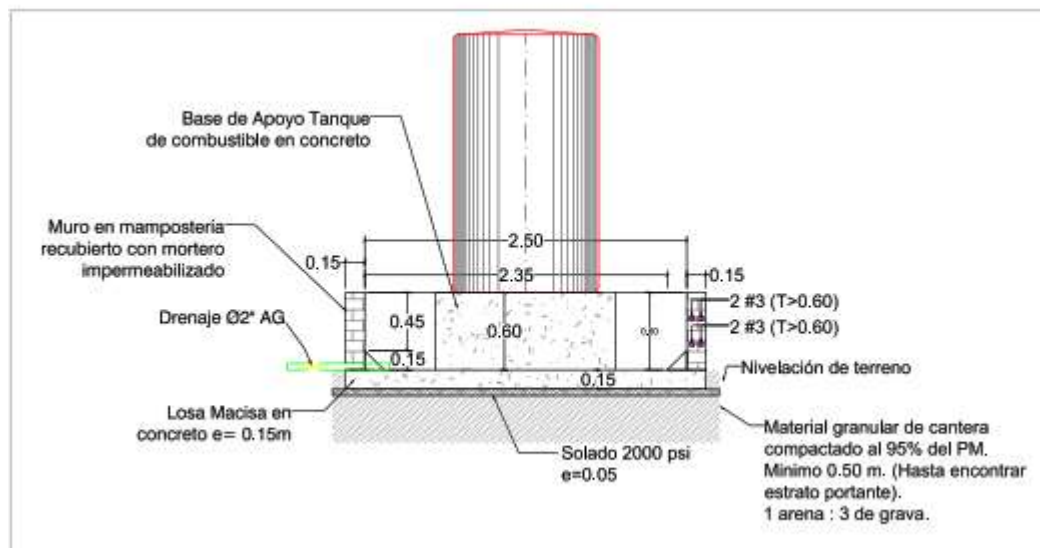


Ilustración 16. Estructura del tanque
Fuente: Plano constructivo EBAP- HD

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 el método de percusión 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.

Dado que la mayor parte de los depósitos de suelo pueden explorarse correctamente por medio del muestreador de media caña con la prueba de penetración estándar (SPT) y de acuerdo a las características de la estructura, se definió la ejecución de cuatro (4) sondeos, 2 sondeos de 8.00 y 2 sondeos de 6 metros medidos desde la superficie actual del terreno, los cuales serán distribuidos en el área donde se realizará la construcción proyectada. (Ver Anexo N° 1. Esquema en planta de la ubicación de 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 en las cimentaciones, durante el proceso de excavación y construcción, principalmente.

No.	TIPO DE PUNTO	DESIGNACIÓN	PROFUNDIDAD (m)	COORDENADA NORTE	COORDENADA OESTE
S01	SONDEO	S1	8.00	10.924662°	-74.932074°
S02	SONDEO	S2	8.00	10.924712°	-74.932009°
S03	SONDEO	S3	6.00	10.924772°	-74.931889°
S04	SONDEO	S4	6.00	10.924769°	-74.931800°

Tabla 1. Coordenadas de las perforaciones geotécnicas.

Fuente: 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").

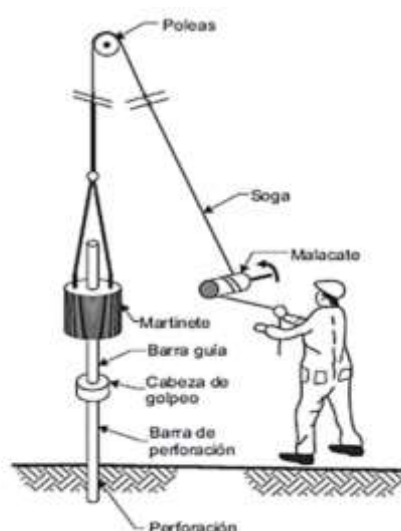
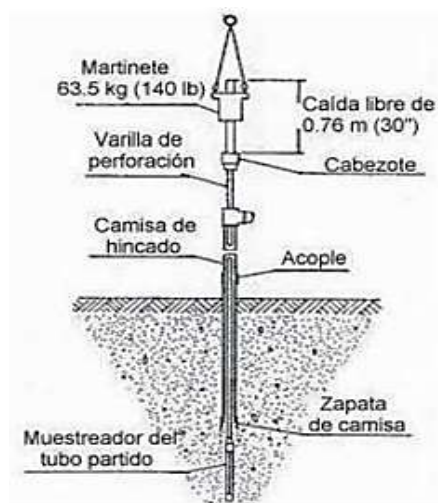


Ilustración 17. Ilustración del procedimiento del ensayo SPT.

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.

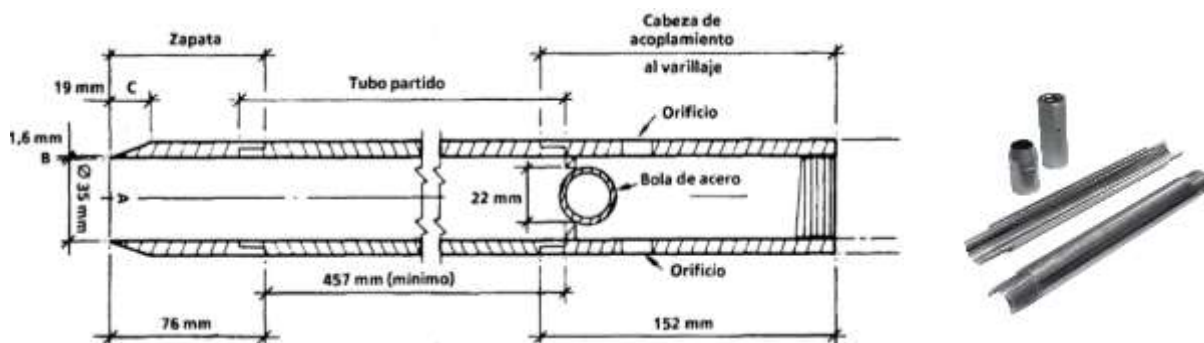


Ilustración 18. Esquema de Cuchara partida (SPLIT SPOON).

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.



S1 (0.50 – 1.00 m)



S1 (6.50 – 7.50 m)



S2 (0.00 – 1.00 m)



S2 (4.00 – 4.50 m).



S3 (1.50 – 2.00 m).



S3 (5.00 – 5.50 m).



S4 (3.00 – 3.50 m)



S4 (3.50 -6.00m)

Ilustración 19. Muestra analizada y ensayada en laboratorio.

4. 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

5. 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.

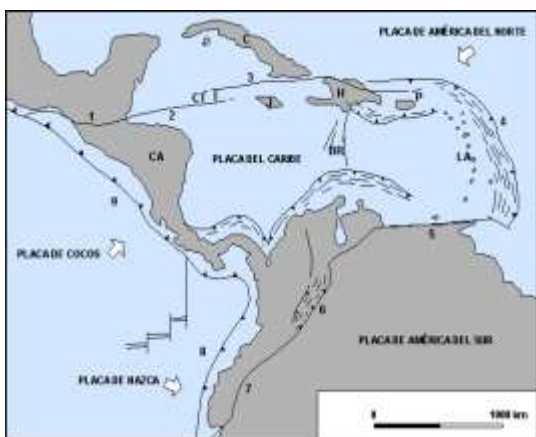


Ilustración 20. Interacción tectónica entre la placa Caribe y la de América del Sur

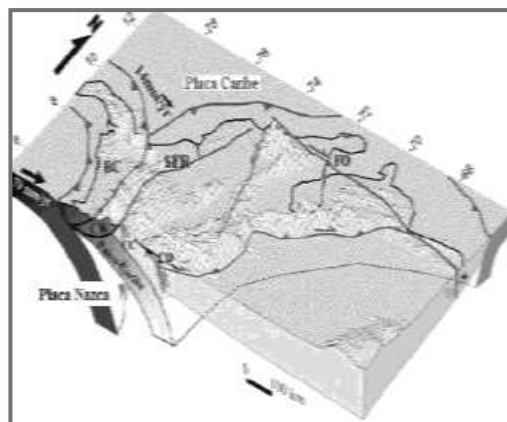


Ilustración 21. Influencia de la convergencia de la placa Caribe y la de América del Sur

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.

5.1. 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 22. Roca sedimentaria de tipo
LIMOLITA



Ilustración 23. 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).

5.2. 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 24. 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 prevaecientemente 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).

6. GEOLOGÍA LOCAL

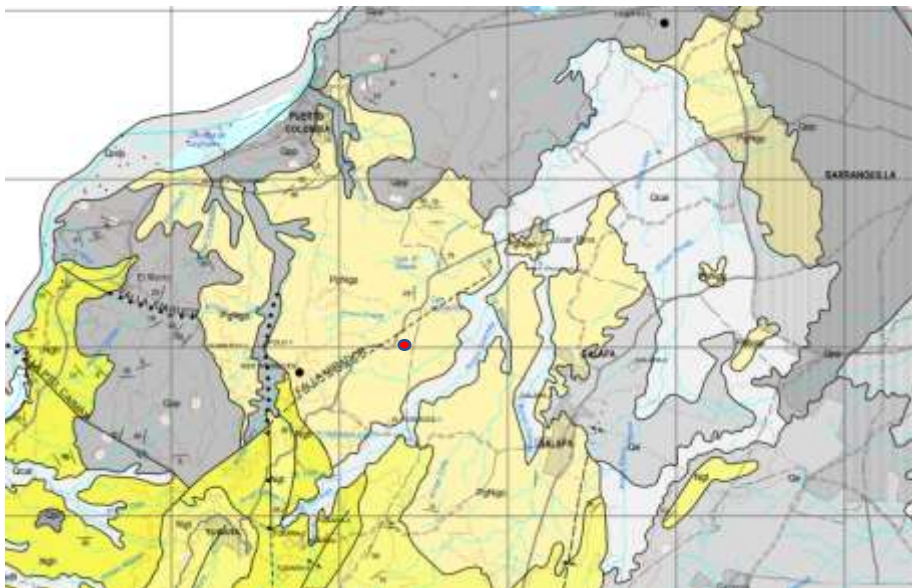


Ilustración 25. Plancha 16-17 – Estado de la cartografía geológica
Fuente: Servicio geológico colombiano

En la zona de estudio, se destacan suelos pertenecientes a formación las perdices (PgNgP):

Designa una secuencia de lodolitas arcillosas fisiles, lodolitas arenosas fisiles, capas de chert y algunas areniscas. La formación las perdices aflora en un área de aproximadamente 30 km². Esta unidad está constituida por lodolitas cuyos colores, dependiendo del estado de alteración, son grises, amarillos y pardo amarillentas. Algunos niveles presentan fisilidad, mientras otros tienen una partición concoidea, la mayor parte de los afloramientos presentan deterioro por erosión. (Torres & García, 2001).

Área Septentrional: El área comprendida entre Cuatro Bocas, Juan Mina, Barranquilla y Galapa, morfológicamente, presenta un relieve suavemente ondulado de pequeñas colinas que se destacan del nivel generalmente plano circundante y de las colinas al occidente y norte de esta área. Estas colinas están constituidas por la Formación Las Perdices y tienen una amplia extensión cartográfica; sin embargo, la exposición de los afloramientos es muy pobre y los escasos localizados están aislados.

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 (foraminíferos y radiolarios).

Área Meridional: Al nororiente de la ciénaga del Totumo, por la vía al mar, se presenta una morfología de lomas muy suaves formadas principalmente por arcillolitas gris verde oliva, con abundante microfauna. Aunque en este sector predominan las arcillolitas, hay facies arenosas hacia el caserío de El Cerrito, donde afloran arenitas de grano fino, gris amarillentas en capas medianas a delgadas interpuestas con arenitas arcillosas y limolitas ferruginosas y arcillolitas con microfauna (*Sigmoilina* tenues, *Sigmoilopsis schulmbergeri*, *Bathysiphon* sp) en capas delgadas; es común la ocurrencia de capas medianas de arenitas muy calcáreas y compacta.

6.1. 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.

6.2. 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	Juaucó; Tubará- Atlántico
Riesgo sísmico	BAJO
Coefficiente de aceleración pico esperado para diseño (Aa)	0.10
Coefficiente de velocidad pico efectiva (Av)	0.10
Tipo de perfil del suelo	D
Coefficiente de ampliación que modifica la aceleración en periodos cortos, Fa (NSR-10 tabla A.2.4-3)	1.6
Coefficiente de ampliación que modifica la aceleración en periodos intermedios, Fv (NSR-10 A.2.4-4)	2.4

Tabla 2. Parámetros sísmicos de diseño.

Fuente: Tomado de norma NSR – 10.

Por la naturaleza y uso de la edificación proyectada, clasifica dentro del Grupo de uso **IV – Edificaciones indispensables** (numeral A.2.5.1.4. NSR-10). De acuerdo con el grupo de uso a que está asignada la edificación, el valor del coeficiente de importancia (**I**) es igual a **1.50** (Tabla A.2.5-1. NSR-10).

En relación al tipo de suelo, se consideran los coeficientes de amplificación Fa y Fv 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:

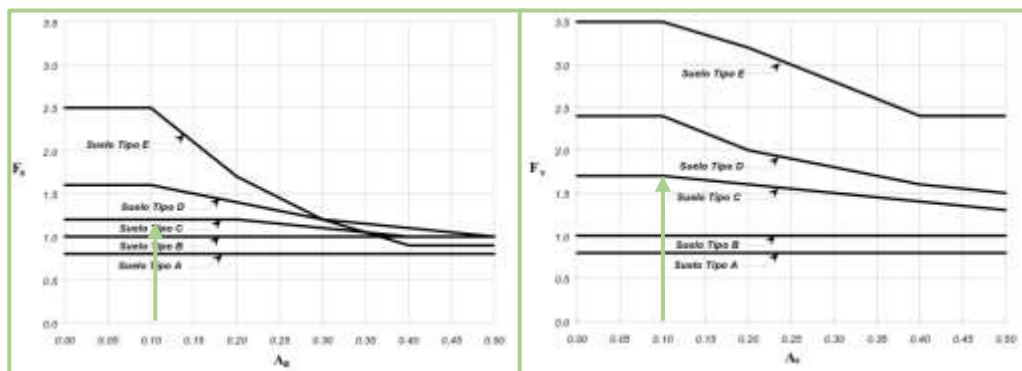


Ilustración 26. Coeficiente F_a y Coeficiente F_v del suelo.

Fuente: Norma NSR-10.

La metodología utilizada para definir el tipo de perfil de suelo, se realizó a partir del procedimiento que estipula la Norma (NSR-10) en su título A, para el cálculo del N medio, empleando la ecuación del numeral A.2.4.3.2 – NUMERO MEDIO DE GOLPES DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR - Inciso (a) Número medio de golpes del ensayo de penetración estándar en cualquier perfil de suelo.

Para realizar este cálculo, se emplearon los números de golpes obtenidos en el ensayo de penetración estándar (SPT) corregidos por los efectos de la presión de sobrecarga (N_1) y por la eficiencia del martillo (N_{60}), resultando el número de golpes corregido como (N_{160}), empleando las siguientes ecuaciones:

- $N_1 = C_N \cdot N$

$$C_N = [0.77 \cdot \log_{10}(1912/\sigma'_v)] \text{ Peck et al. (1974)}$$

N = Número de golpe del SPT en campo

- $N_{60} = (ER/60\%) \cdot N$

ER = Eficiencia del martillo (%)

- $N_{160} = C_N \cdot N_{60}$

Con base a los tipos de suelos y su grado de compacidad y/o consistencia, correlacionada con los valores del número de golpes corregidos N_{160} / N_{60} que oscilan entre 15 y 61 golpes/pie obtenidos mediante el ensayo SPT en los metros explorados en cada sondeo, más los valores encontrados de N_{160} en estudios de suelos realizados en

el perímetro del área en estudio a profundidades de 30.0 metros, se define el perfil de suelo, siguiendo los lineamientos del numeral A.2.4., de la NSR-10, se considera un tipo de perfil del suelo **D**.

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:

Aa: es la aceleración máxima horizontal en roca.

Fa: 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 amáx, para suelos, enrocados y macizos rocosos muy fracturados se recomienda usar una relación KST/amáx =0,8.

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

$$K_h = 0.16 * 0.80 = 0.128$$

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

7. ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO Y GEOTÉCNICO

7.1. 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	13
Granulometría por tamizado	ASTM 422-63	INVE-123-13	13
Límites de Atterberg	ASTM D 4318-95	INVE-125-126-13	13
Ensayo de expansividad			
Expansión libre en probeta		INVE-132-13	4
Expansión en consolidómetro		INVE - 173 -13	2
Gravedad específica	ASTM D-854-58		1
Consolidación	ASTM D 2435 NTC 1967		1

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 unidos 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.

7.2. 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 se detectó la presencia de aguas subterráneas provenientes del nivel freático, fluctuantes, en el sondeo 1 con una profundidad de 4.50m hasta terminar la perforación.

7.3. Estratigrafía

Al visualizar las muestras extraídas en cada uno de los sondeos de campo y complementando con los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, se obtiene que la estratigrafía presente en la zona de estudio, hay suelos granulares que clasifican como: arena limosa mal gradada (SP-SM), arena limosa (SC). Por otro lado, también hay suelos cohesivos que clasifican como arcilla de baja plasticidad (CL).

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

La columna estratigráfica está compuesta inicialmente por un relleno de material antrópico, de 0.30 m de profundidad, seguido por un limo de alta plasticidad (MH), color marrón con vetas grises, de 2.00 m de profundidad. Subyacente por una arcilla de alta plasticidad (CH), color gris con vetas marrones, se extiende hasta finalizar la perforación

de 8.00 m de profundidad. La consistencia va de media a dura. Esto va relacionado con el número de golpes por pie que se obtiene del ensayo de SPT.

Sondeo 2

La columna estratigráfica está compuesta inicialmente por un relleno de material antrópico, de 0.50 m de profundidad, seguido por una arcilla de alta plasticidad (CH), color marrón, de 3.00 m de profundidad. Subyacente por una arcilla de alta plasticidad (CH), color gris con vetas marrones, de 6.00 m de profundidad. Finalmente se obtiene una arcilla de baja plasticidad (CL), color marrón con vetas grises, de 8.00 m de profundidad. La consistencia del suelo va de media a dura. Esto va relacionado con el número de golpes por pie que se obtiene del ensayo de SPT.

Sondeo 3

La columna estratigráfica está compuesta inicialmente por un limo de alta plasticidad (MH), color marrón, de 2.50 m de profundidad. Subyacente por una arcilla de alta plasticidad (CH), color marrón, que se extiende hasta finalizar la perforación de 8.00 m de profundidad. La consistencia del suelo va de firme a dura. Esto va relacionado con el número de golpes por pie que se obtiene del ensayo de SPT.

Sondeo 4

La columna estratigráfica está compuesta inicialmente por una arcilla de alta plasticidad (CH), color marrón, de 1.50 m de profundidad, seguido por una arcilla de alta plasticidad (CH), color gris con vetas marrones, de profundidad 3.50 m. Finalmente una arcilla de alta plasticidad (CH), color marrón con vetas grises, de profundidad de 8.00 m. La consistencia del suelo va de firme a dura. Esto va relacionado con el número de golpes por pie que se obtiene del ensayo de SPT.

7.4. Caracterización geotécnica

7.4.1. Caracterización geotécnica – Arcillas y limos

El límite líquido (LL) y el índice de plasticidad (IP), constituyen 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 baja 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 ²	Límite líquido LL, en (%)	Límite de contracción, en (%)	Índice de plasticidad IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra(μ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy Alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	>100
Alto	20 - 30	50 - 63	6 – 12	23 - 45	18 - 37	>100
Medio	10 - 20	39 - 50	8 – 18	12 - 34	12 - 27	50-100
Bajo	< 10	< 39	> 13	> 20	< 17	<50

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.

7.4.1.1. Limo de alta plasticidad (MH).

El tipo de suelo clasificado como limo de baja plasticidad presente en la zona de estudio, tiene un contenido de humedad natural (w) variable entre el 30.00% y 38.50%, con Límite Líquido (LL) entre 54.66% y 65.23%, Límite Plástico (LP) mínimo y máximo de 31.56% y 40.45% e Índice de Plasticidad (IP) que oscila entre 23.10% y 24.78%. El porcentaje de partículas que pasan el tamiz N°200 varía del 96.27% al 97.70%, de acuerdo a sus características granulométricas y plásticas clasifica como: MH 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 **MUY ALTO**, con un porcentaje máximo de IP de 24.78% y el LL del 65.23%, estos resultados en base a los ensayos de laboratorios de los límites de Atterberg.

PARÁMETROS	RANGO DE VALORES	
	Mínimo	Máximo
Contenido de Humedad (%)	8.40	10.60
Límite líquido (%)	54.66	65.23
Límite plástico (%)	31.56	40.45
Índice plástico	23.10	24.78
Porcentaje de pasa tamiz 200 (%)	77.65	79.05
Clasificación S.U.C.S.	MH	

Tabla 6. Limo de alta plasticidad (MH).

Fuente: Elaboración propia.

Como referencia se midió en campo la resistencia a la penetración estándar (N), con valores corregidos (N60) desde 3 hasta 12 (condición normal) de penetración, lo que indica que la consistencia media a firme. Esto evaluado con base a correlaciones de los datos obtenidos al ejecutar el Ensayo de Penetración Estándar (SPT).

7.4.1.2. Arcilla de alta plasticidad (CH).

El tipo de suelo clasificado como limo de baja plasticidad presente en la zona de estudio, tiene un contenido de humedad natural (w) variable entre el 26.80% y 48.70%. con Límite Líquido (LL) entre 62.62% y 79.04%, Límite Plástico (LP) mínimo y máximo de 26.53% y 40.16% e Índice de Plasticidad (IP) que oscila entre 25.92% y 42.00%. El porcentaje de partículas que pasan el tamiz N°200 varía del 91.36% al 98.44%, de acuerdo a sus características granulométricas y plásticas clasifica como: CH 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 **MUY ALTO**, con un porcentaje máximo de IP de 42.00% y el LL del 79.04%, estos resultados en base a los ensayos de laboratorios de los límites de Atterberg.

PARÁMETROS	RANGO DE VALORES	
	Mínimo	Máximo
Contenido de Humedad (%)	26.80	48.70
Límite líquido (%)	62.62	79.04
Límite plástico (%)	26.53	40.16
Índice plástico	25.92	42.00
Porcentaje de pasa tamiz 200 (%)	91.36	98.44
Clasificación S.U.C.S.	CH	

Tabla 7. Arcilla de alta plasticidad (CH).

Fuente: Elaboración propia.

Como referencia se midió en campo la resistencia a la penetración estándar (N), con valores corregidos (N60) desde 5 hasta 77 (condición rechazo) de penetración, lo que indica que la consistencia media a dura. Esto evaluado con base a correlaciones de los datos obtenidos al ejecutar el Ensayo de Penetración Estándar (SPT).

7.4.1.3. Arcilla de baja plasticidad (CL).

El tipo de suelo clasificado como limo de baja plasticidad presente en la zona de estudio, tiene un contenido de humedad natural (w) el 24.30%, con Límite Líquido (LL)

47.66%, Límite Plástico (LP) mínimo y máximo de 23.68% e Índice de Plasticidad (IP) 23.98%. El porcentaje de partículas que pasan el tamiz N°200 81.48%, 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 **ALTO**, con un porcentaje máximo de IP de 23.97% y el LL del 47.66%, estos resultados en base a los ensayos de laboratorios de los límites de Atterberg.

PARÁMETROS	RANGO DE VALORES
	Mínimo
Contenido de Humedad (%)	24.30
Límite líquido (%)	47.66
Límite plástico (%)	23.68
Índice plástico	23.98
Porcentaje de pasa tamiz 200 (%)	81.48
Clasificación S.U.C.S.	CL

Tabla 8. Arcilla de baja plasticidad (CL).

Fuente: Elaboración propia.

Como referencia se midió en campo la resistencia a la penetración estándar (N), con valores corregidos (N60) desde 39 hasta 75 (condición rechazo) de penetración, lo que indica que la consistencia dura. 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.

7.5. Análisis de condiciones geotécnicas especiales.

En el presente aparte, se efectúan las verificaciones correspondientes a las condiciones geotécnicas especiales, según lo indicado en el capítulo H.9 de la normativa NSR-10.

7.5.1. Identificación de suelos colapsables.

De acuerdo a lo expuesto en el numeral H.9.3. – SUELOS COLAPSABLES, establecido en la Norma Sismo Resistente NSR - 10, “se identifican como suelos colapsables aquellos depósitos formados por arenas y limos, en algunos casos cementados por arcillas y sales (carbonato de calcio), que, si bien resisten cargas considerables en su estado seco, sufren pérdidas de su conformación estructural, acompañadas de severas reducciones en el volumen exterior cuando se aumenta su humedad o se saturan. Dentro de los principales tipos de suelos colapsables, se destacan:

- Suelos aluviales y coluviales.
- Suelos eólicos.
- Cenizas volcánicas
- Suelos residuales.

En el caso de los depósitos de suelo encontrados en la zona de estudio, se establece que el perfil estratigráfico obtenido, presenta estratos de suelo con baja susceptibilidad a desarrollar fenómenos relacionados con la colapsabilidad. Lo anterior se fundamenta, en el origen geológico de los depósitos de suelo encontrados.

7.5.2. 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. El perfil estratigráfico de la zona de estudio, se conforma principalmente por suelos finos, con $p_{200} > 50 \%$, por tanto, se descarta el desarrollo de efectos de licuación.

7.5.3. Potencial de expansión o cambio volumétrico.

De acuerdo a lo expuesto en el numeral H.9.1. – SUELOS EXPANSIVOS, establecido en la Norma Sismo Resistente NSR - 10, “Como característica especial, todas las arcillas tienen, de una forma u otra, la propiedad de contraerse cuando pierden humedad y de expandirse cuando la ganan de nuevo según las condiciones ambientales. Como minerales activos se reconocen la montmorillonita, la vermiculita y algunas variedades de haloisita; la particularidad de estos radica en que tienen la propiedad de “absorber” moléculas de agua dentro de su propia estructura molecular”.

“Los daños que presentan las edificaciones cimentadas superficialmente en estos suelos se manifiestan progresivamente mediante fisuramientos, agrietamientos y giros de conjunto de los muros y elementos estructurales, a causa de movimientos desiguales de sus cimientos, especialmente en los años de prolongados periodos de verano e invierno, como los causados por los fenómenos del Niño y de la Niña” NSR-10.

El perfil estratigráfico de la zona de estudio, se conforma principalmente por suelos residuales clasificados como arcillas de alta plasticidad (CH), limos de alta plasticidad (MH) y arcillas de baja plasticidad (CL), motivo por el cual se efectuaron pruebas de laboratorio para estimar el potencial de expansión del subsuelo que de acuerdo a sus propiedades índice presenta un potencial de cambio volumétrico **ALTO a MUY ALTO**.

La identificación del potencial de expansión de los depósitos de suelo presentes en la zona de estudio se realizó mediante las siguientes pruebas de laboratorio:

- Evaluación de las propiedades índice (LL y IP) según los parámetros indicados dentro de la Tabla H.9.1-1
- Evaluación del porcentaje de expansión libre EL (%), medida en probeta.
- Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm².

Los resultados obtenidos en referencia al índice de expansión en probeta (IEL) se incluyen dentro del ANEXO No. 3 Ensayos de laboratorio. De acuerdo a los resultados obtenidos los depósitos de suelo presentes en la zona de estudio varían dentro del grado de expansión **MEDIO** a **ALTO**.

Teniendo en cuenta el grado de potencial de expansión del subsuelo obtenido, se descartan potenciales afectaciones sobre la red de tubería proyectada.

Muestra	Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Prof. Promedio (m)	SUCS	IEL (%)
Sondeo S01	0.30	2.00	1.75	CH	85.00
Sondeo S02	1.00	3.00	2.75	CH	108.00
Sondeo S03	0.50	2.50	2.25	MH	90.00
Sondeo S04	0.00	1.50	1.25	CH	85.00

Tabla 9. Resumen de parámetros de cohesión no drenada (Cu) obtenidos de laboratorio. Fuente: Elaboración propia.

Nota [1]: IEL: índice de expansión libre expresado en porcentaje (%)

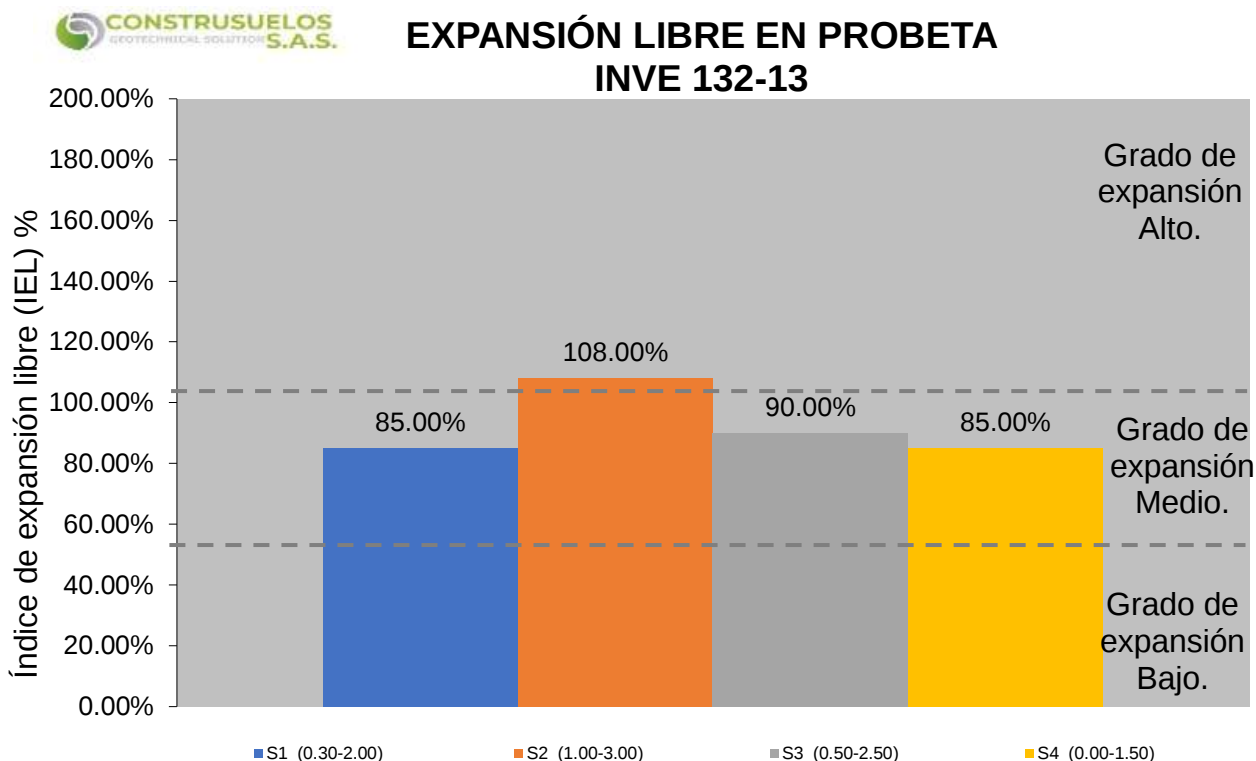


Ilustración 27. Resumen de índice de expansión (IEL %) obtenido a partir de la aplicación del ensayo de EXPANSIÓN LIBRE EN PROBETA INVE 132-13.

Fuente: Elaboración propia.

"ESTUDIO DE SUELOS PARA CONSTRUCCIÓN DE EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO, LOCALIZADO EN JUARUCO, MUNICIPIO DE 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
S1											
	0.00	0.30	0.30	RELLENO							
	0.30	0.50	0.20	MH	38.50	96.27	65.23	40.45	24.78	4.00	3.00
	0.50	1.00	0.50	MH	38.50	96.27	65.23	40.45	24.78	10.00	8.00
	1.00	1.50	0.50	MH	38.50	96.27	65.23	40.45	24.78	15.00	11.00
	1.50	2.00	0.50	CH	42.70	96.43	65.40	39.46	25.94	19.00	14.00
	2.00	2.50	0.50	CH	42.70	96.43	65.40	39.46	25.94	25.00	19.00
	2.50	3.00	0.50	CH	42.70	96.43	65.40	39.46	25.94	26.00	20.00
	3.00	3.50	0.50	CH	42.70	96.43	65.40	39.46	25.94	27.00	20.00
	3.50	4.00	0.50	CH	42.70	96.43	65.40	39.46	25.94	29.00	22.00
	4.00	4.50	0.50	CH	39.30	98.11	79.04	40.16	38.88	12.00	9.00
	4.50	5.00	0.50	CH	39.30	98.11	79.04	40.16	38.88	22.00	17.00
	5.00	5.50	0.50	CH	39.30	98.11	79.04	40.16	38.88	33.00	25.00
	5.50	6.00	0.50	CH	39.30	98.11	79.04	40.16	38.88	36.00	27.00
	6.00	6.50	0.50	CH	39.30	98.11	79.04	40.16	38.88	46.00	35.00
	6.50	7.00	0.50	CH	39.30	98.11	79.04	40.16	38.88	55.00	41.00
	7.00	7.50	0.50	CH	39.30	98.11	79.04	40.16	38.88	100.00	75.00
	7.50	8.00	0.50	CH	39.30	98.11	79.04	40.16	38.88	102.00	77.00

"ESTUDIO DE SUELOS PARA CONSTRUCCIÓN DE EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO, LOCALIZADO EN JUARUCO, MUNICIPIO DE 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
S2											
	0.00	0.50	0.50	RELLENO							
	0.50	1.00	0.50	RELLENO							
	1.00	1.50	0.50	CH	48.70	95.23	66.08	40.16	25.92	6.00	5.00
	1.50	2.00	0.50	CH	48.70	95.23	66.08	40.16	25.92	9.00	7.00
	2.00	2.50	0.50	CH	48.70	95.23	66.08	40.16	25.92	14.00	11.00
	2.50	3.00	0.50	CH	48.70	95.23	66.08	40.16	25.92	17.00	13.00
	3.00	3.50	0.50	CH	41.10	98.07	71.51	39.35	32.15	18.00	14.00
	3.50	4.00	0.50	CH	41.10	98.07	71.51	39.35	32.15	25.00	19.00
	4.00	4.50	0.50	CH	41.10	98.07	71.51	39.35	32.15	26.00	20.00
	4.50	5.00	0.50	CH	30.10	91.68	68.53	26.53	42.00	32.00	24.00
	5.00	5.50	0.50	CH	30.10	91.68	68.53	26.53	42.00	37.00	28.00
	5.50	6.00	0.50	CH	30.10	91.68	68.53	26.53	42.00	43.00	32.00
	6.00	6.50	0.50	CL	24.30	81.48	47.66	23.68	23.98	52.00	39.00
	6.50	7.00	0.50	CL	24.30	81.48	47.66	23.68	23.98	57.00	43.00
	7.00	7.50	0.50	CL	24.30	81.48	47.66	23.68	23.98	59.00	44.00
	7.50	8.00	0.50	CL	24.30	81.48	47.66	23.68	23.98	100.00	75.00
S3											

"ESTUDIO DE SUELOS PARA CONSTRUCCIÓN DE EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO, LOCALIZADO EN JUARUCO, MUNICIPIO DE 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
	0.00	0.50	0.50	MH	30.00	97.70	54.66	31.56	23.10		
	0.50	1.00	0.50	MH	30.00	97.70	54.66	31.56	23.10		
	1.00	1.50	0.50	MH	30.00	97.70	54.66	31.56	23.10	13.00	10.00
	1.50	2.00	0.50	MH	30.00	97.70	54.66	31.56	23.10	16.00	12.00
	2.00	2.50	0.50	MH	30.00	97.70	54.66	31.56	23.10	16.00	12.00
	2.50	3.00	0.50	CH	26.80	98.44	68.21	37.48	30.73	23.00	17.00
	3.00	3.50	0.50	CH	26.80	98.44	68.21	37.48	30.73	30.00	23.00
	3.50	4.00	0.50	CH	26.80	98.44	68.21	37.48	30.73	35.00	26.00
	4.00	4.50	0.50	CH	28.90	94.41	71.56	36.40	35.16	35.00	26.00
	4.50	5.00	0.50	CH	28.90	94.41	71.56	36.40	35.16	40.00	30.00
	5.00	5.50	0.50	CH	28.90	94.41	71.56	36.40	35.16	40.00	30.00
	5.50	6.00	0.50	CH	28.90	94.41	71.56	36.40	35.16	43.00	32.00
S4											
	0.00	0.50	0.50	CH	37.00	91.68	62.62	28.65	33.97		
	0.50	1.00	0.50	CH	37.00	91.68	62.62	28.65	33.97		
	1.00	1.50	0.50	CH	37.00	91.68	62.62	28.65	33.97	14.00	11.00
	1.50	2.00	0.50	CH	31.70	96.36	66.15	36.36	29.79	18.00	14.00
	2.00	2.50	0.50	CH	31.70	96.36	66.15	36.36	29.79	16.00	12.00

"ESTUDIO DE SUELOS PARA CONSTRUCCIÓN DE EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO, LOCALIZADO EN JUARUCO, MUNICIPIO DE 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
	2.50	3.00	0.50	CH	31.70	96.36	66.15	36.36	29.79	28.00	21.00
	3.00	3.50	0.50	CH	31.70	96.36	66.15	36.36	29.79	35.00	26.00
	3.50	4.00	0.50	CH	30.10	91.36	71.36	37.30	34.06	40.00	30.00
	4.00	4.50	0.50	CH	30.10	91.36	71.36	37.30	34.06	44.00	33.00
	4.50	5.00	0.50	CH	30.10	91.36	71.36	37.30	34.06	40.00	30.00
	5.00	5.50	0.50	CH	30.10	91.36	71.36	37.30	34.06	47.00	35.00
	5.50	6.00	0.50	CH	30.10	91.36	71.36	37.30	34.06	47.00	35.00

Tabla 10. Corrección de N_{spt} y correlaciones de los parámetros del subsuelo.

Fuente: elaboración propia.

**N CORREGIDO OBTENIDO A PARTIR DEL
ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR SPT.**

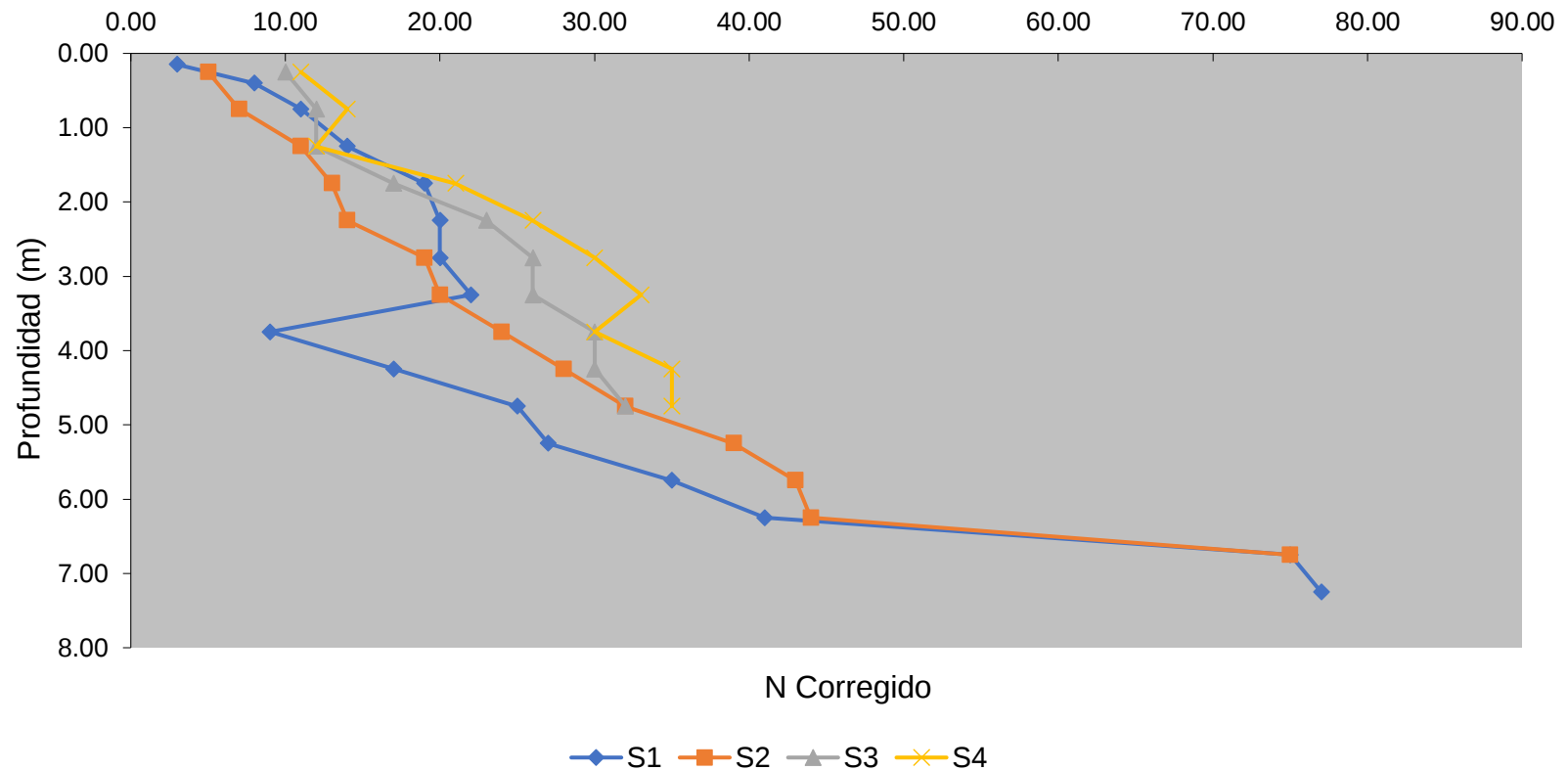


Ilustración 28. Valores de número de golpes N (60) corregidos obtenidos a partir de la aplicación del ensayo de penetración estándar (SPT)

8. RECOMENDACIONES GEOTÉCNICAS

Teniendo como criterio el uso de una cimentación que permita un comportamiento favorable para las estructuras proyectadas, de acuerdo a las conclusiones expuestas anteriormente, incluyendo el aspecto económico y la seguridad de la estructura; se propone el uso de un sistema de cimentación superficial tipo losa de fundación, empleando los perfiles estratigráficos encontrados en el área explorada.

En el planteamiento de las recomendaciones geotécnicas se tuvieron en cuenta además los siguientes factores:

- Perfiles estratigráficos, diseñados con base a los materiales encontrados durante la exploración de campo.
- Los parámetros de resistencia en condición drenada se obtuvieron a partir de los resultados de la aplicación del ensayo de corte directo y el criterio del Geotecnista.
- Magnitud de las cargas y sistema estructural.
- Ausencia o presencia de niveles freáticos.

Las memorias de cálculo de dicho análisis se presentan en el **Anexo N° 4**, del presente informe; a continuación, se resumen las recomendaciones del sistema de cimentación.

8.1. Estimación de parámetros geotécnicos de diseño.

Los parámetros geotécnicos empleados en la estimación de la capacidad de carga del sistema de cimentación propuesto, así como en el cálculo de la magnitud de asentamientos se resumen en el presente aparte. La estimación de los parámetros de resistencia al corte se realizó como se describe a continuación:

8.1.1. Saprolito propio de la formación las perdices (PgNgp).

- **Ángulo de fricción interna ϕ (°)**

Para la obtención del ángulo de fricción interna ϕ (°), considerando la naturaleza de los depósitos de suelo encontrados en la zona de estudio clasificados predominantemente como arcillas de alta plasticidad (CH), arcillas de baja plasticidad (CL) y limos de alta plasticidad (MH), se implementó la correlación propuesta por Stark and Eid 1997, basada en los trabajos realizados por Terzaghi et al 1996. Este modelo, relaciona el ángulo de fricción interna de depósitos de suelo arcillosos con su índice de plasticidad (IP). El autor, propone un rango de aplicación para dicha correlación, con un límite inferior ($\phi' = 39 - 11 * \log IP$) y uno superior ($\phi' = 43 - 10 * \log IP$), según como se muestra en la figura mostrada a continuación. Las correlaciones aplicadas para la estimación del ángulo de fricción interna ϕ (°), se llevaron a cabo en referencia a la función correspondiente al límite inferior.

- **Cohesión no drenada (Cu)**

Como correlación, para la obtención de la cohesión no drenada (Cu), se empleó el modelo propuesto por Stroud (1974), que relaciona el valor de N obtenido a partir de la aplicación de la prueba de penetración estándar.

$$Cu \left(\frac{KN}{m^2} \right) = N * 4.4$$

Ecuación 1. Correlación propuesta por Stroud (1974) para la estimación de la cohesión no drenada del suelo en función de N (SPT).

- **Módulo elástico (E)**

El módulo elástico de los depósitos de suelo presentes en la zona de estudio se determinó de acuerdo a la correlación propuesta por Mitchell & Gardner (1975):

$$E = Cu \left(\frac{KN}{m^2} \right) * 250$$

Ecuación 2. Correlación propuesta por Mitchell & Gardner (1975) para la estimación del módulo de elasticidad del suelo en función de Cu.

- **Cohesión efectiva (C')**

A partir de la estimación del ángulo de fricción interna ϕ ($^{\circ}$), mediante el procedimiento descrito para el caso de depósitos de naturaleza cohesiva, y conociendo el estado de esfuerzos σ' y τ se determinó el intercepto de cohesión de la envolvente de falla del suelo. Para lo anterior, fue necesario calcular la resistencia al corte máximo, a partir del ángulo de fricción equivalente, según como se muestra a continuación:

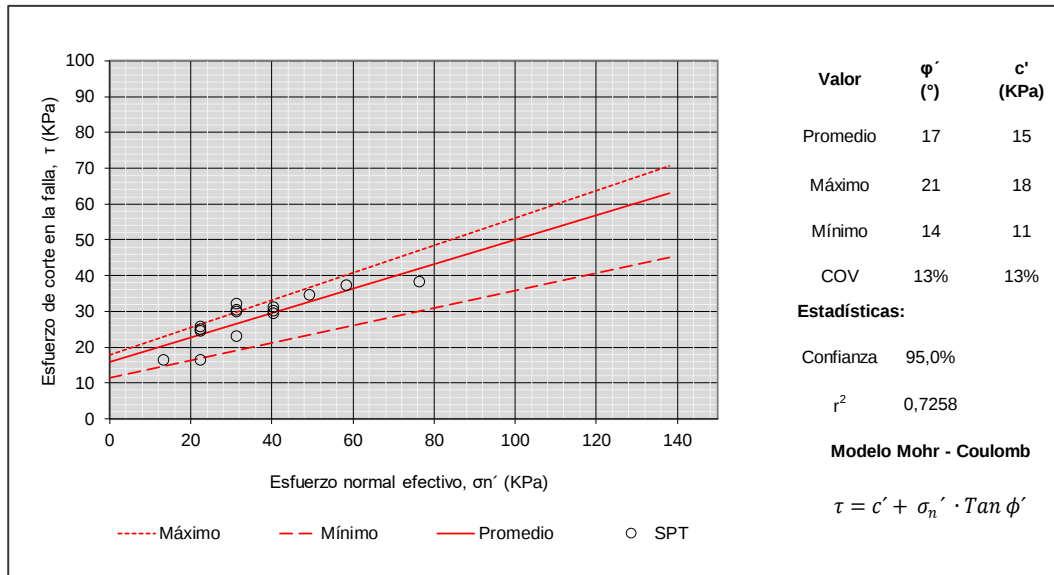


Ilustración 29. Estimación de parámetros de resistencia al corte de los materiales tipo: MAT 001 (Saprolito propio de la formación las perdices (PgNgp). Clasificado como arcilla de alta plasticidad (CH) y limo de alta plasticidad (MH). Consistencia media a firme). Fuente: Elaboración propia.

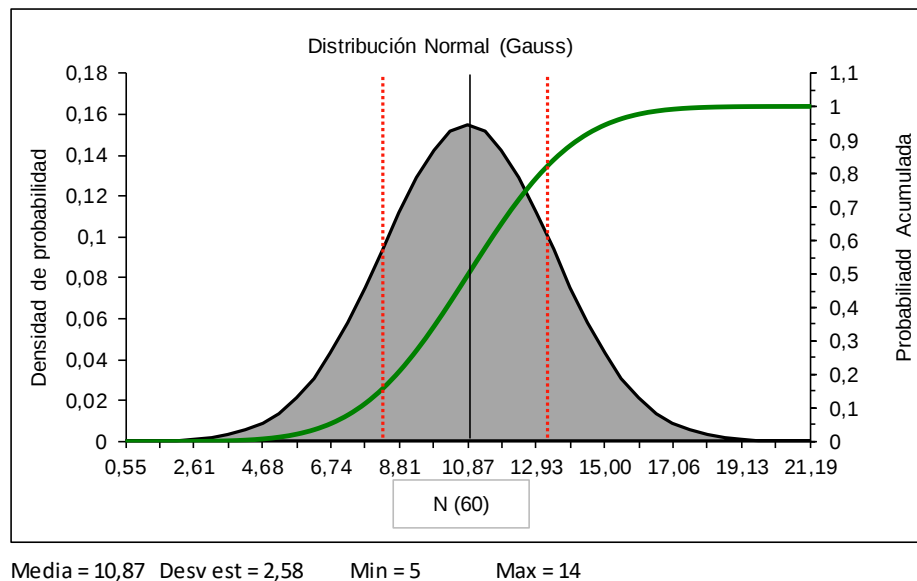


Ilustración 30. Análisis de distribución normal de valores de N (60) obtenidos para el material MAT 001. Fuente: Elaboración propia.

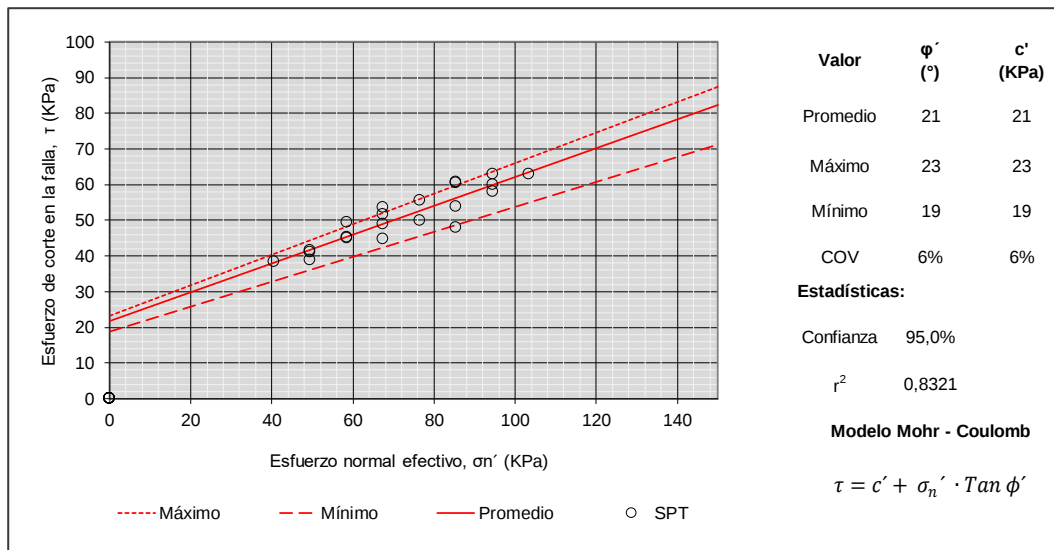


Ilustración 31. Estimación de parámetros de resistencia al corte de los materiales tipo: MAT 002 (Saprolito propio de la formación las perdices (PgNgp). Clasificado como arcilla de alta plasticidad (CH) y arcilla de baja plasticidad (CL). Consistencia muy firme). Fuente: Elaboración propia.

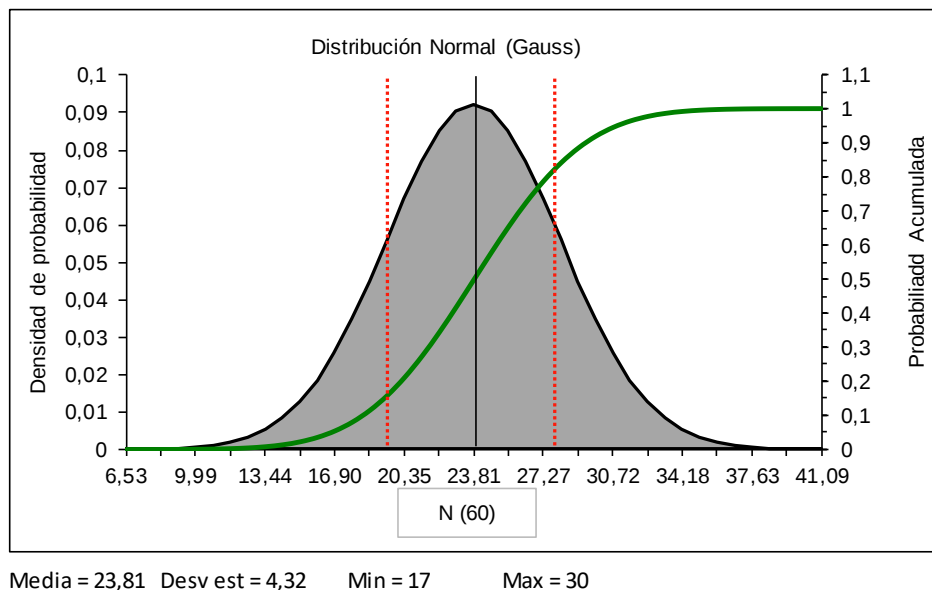


Ilustración 32. Análisis de distribución normal de valores de N (60) obtenidos para el material MAT 002. Fuente: Elaboración propia.

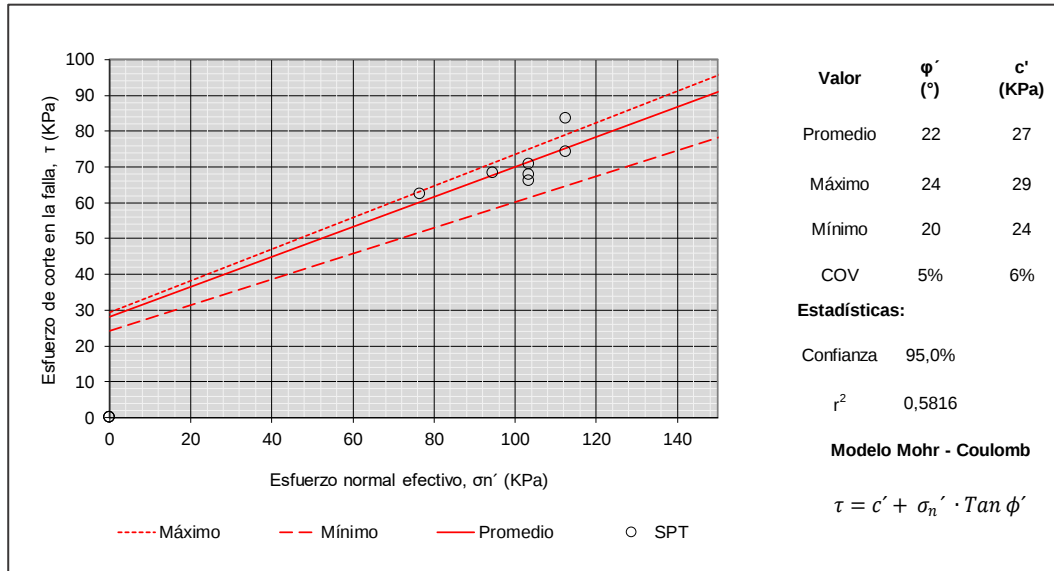


Ilustración 33. Estimación de parámetros de resistencia al corte de los materiales tipo: MAT 003 (Saprolito propio de la formación las perdices (PgNgp). Clasificado como arcilla de alta plasticidad (CH). Consistencia dura). Fuente: Elaboración propia.

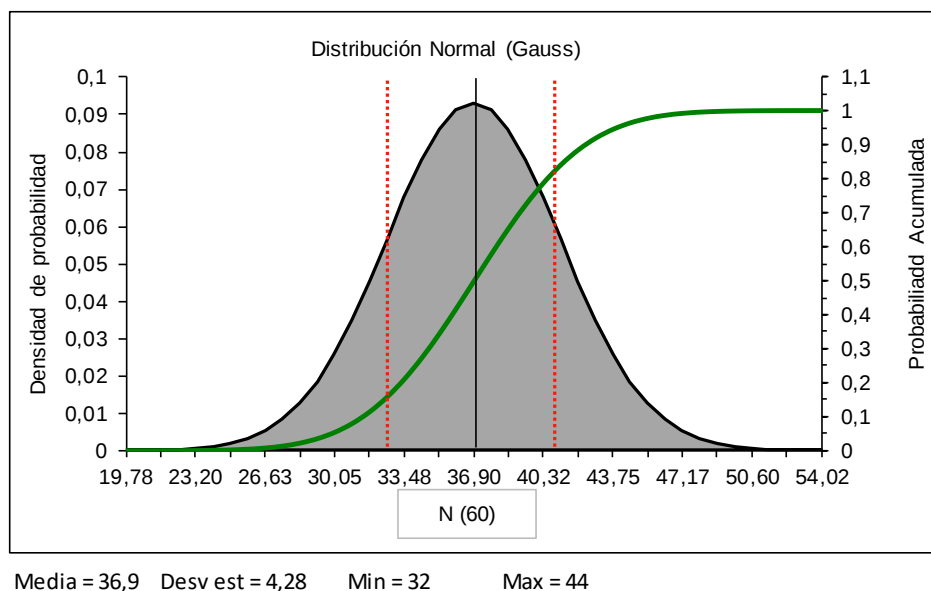


Ilustración 34. Análisis de distribución normal de valores de N (60) obtenidos para el material MAT 003. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se resumen los parámetros definitivos que serán empleados en los análisis geotécnicos.

RESUMEN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE DISEÑO							
No.	Espesor (m)	Descripción	Peso unitario (γ) (KN/m ³)	Angulo de fricción interna (°)	Cohesión (KN/m ²)	Cohesión sin drenar (KN/m ²)	Modulo elástico (KN/m ²)
1	3.50	MAT 001	18.40	17.00	15.00	47.80	11950
2	1.50	MAT 002	20.40	21.00	21.00	104.80	262000
3	1.00	MAT 003	22.30	22.00	27.00	162.36	40590

Tabla 11. Resumen de parámetros geotécnicos.

Fuente: Elaboración propia.

MAT 001: Saprolito propio de la formación las perdices (PgNgp). Clasificado como arcilla de alta plasticidad (CH) y limo de alta plasticidad (MH). Consistencia media a firme.

MAT 002: Saprolito propio de la formación las perdices (PgNgp). Clasificado como arcilla de alta plasticidad (CH) y arcilla de baja plasticidad (CL). Consistencia muy firme.

MAT 003: Saprolito propio de la formación las perdices (PgNgp). Clasificado como arcilla de alta plasticidad (CH). Consistencia dura.

8.2. Tipo y nivel de cimentación.

Al analizar el comportamiento del terreno explorado, las características de esfuerzo y deformación, así como las propiedades mecánicas del suelo de soporte; se propone como alternativa de cimentación el uso de una losa de fundación para las diferentes estructuras proyectadas, que se dimensionarán según especificaciones emitidas por un Ingeniero Estructural, según las capacidades de carga y los módulos de reacción superficiales indicados.

Teniendo en cuenta que se hallaron suelos potencialmente expansivos de acuerdo a las pruebas de laboratorio realizadas, se debe evitar utilizarlo como relleno bajo cimentaciones o pisos de apoyo directo; dado que las condiciones a largo plazo de equilibrio de humedad en el relleno situado debajo de las estructuras, rara vez corresponde a las que existían cuando se hizo la construcción, y son muy difíciles de

predecir. Si el suelo se seca, es posible que se contraiga en forma desigual y algunas proporciones de los pisos pierden su capacidad de carga, produciéndose entonces asentamientos irregulares. Si en cambio, la humedad aumenta, la estructura y especialmente el piso, pueden hincharse, agrietarse y producir grandes empujes en la cimentación.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, como primera medida se deberá realizar la excavación en las profundidades definidas en el diseño incluyendo el espesor de la losa; adicionalmente se excavará 0.50 metros por debajo de toda la estructura, nivel sobre el cual se realizarán los pilotines de cal y posteriormente se extenderá un material seleccionado tipo afirmado, de 0.50 m, compactado al 98% del Proctor modificado de laboratorio, sobre un geotextil NT 1600; esto con el fin de realizar un mejoramiento en la capacidad de carga del suelo y controlar la zona activa susceptible a cambios volumétricos bajo la cimentación de la estructura.

Los pilotines de cal se colocarán en la subrasante ocupando toda el área de la losa, serán de 1.0 m de profundidad y 0.15 m de diámetro. Irán separados 1.0 m centro a centro y su construcción se podrá realizar de forma manual, luego de haber realizado la excavación, nivelación, localización y replanteo.

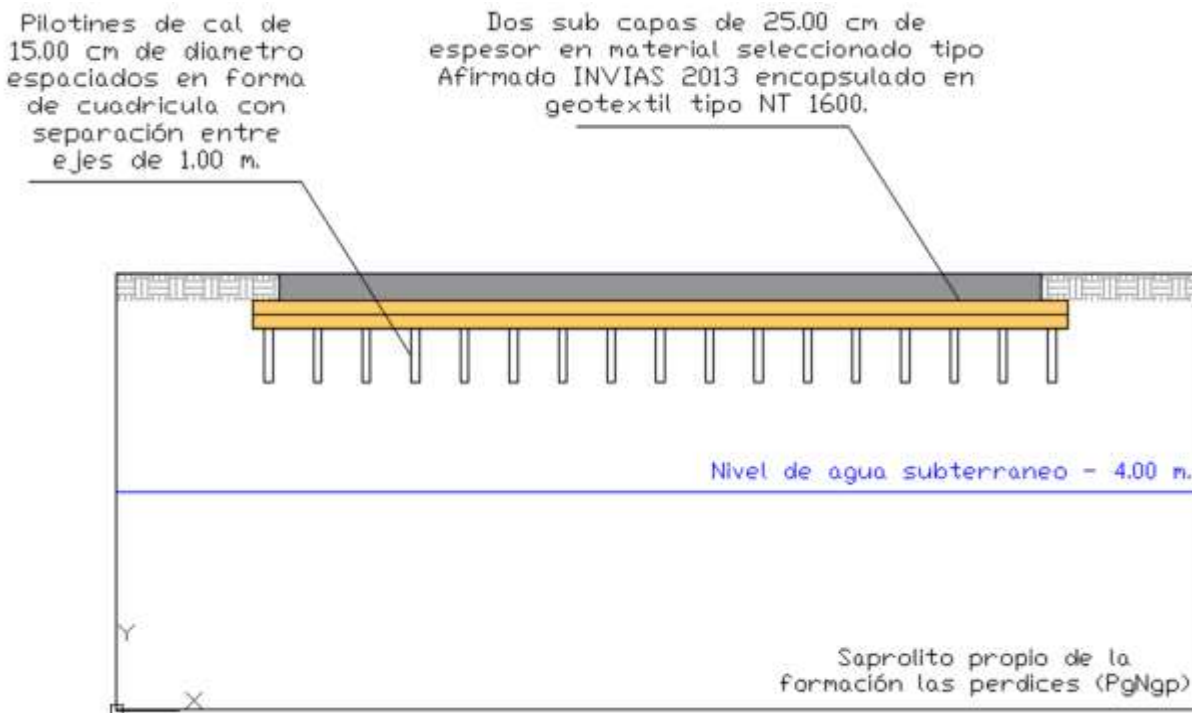


Ilustración 35. Esquema de sistema de cimentación propuesto para cuarto de máquinas y cuarto eléctrico.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta las dimensiones del tanque de combustible proyectado para este caso no se recomienda el uso de pilotines de cal, como medida alterna se recomienda realizar la instalación de una capa suelo estabilizado con cal de 50.00 cm de espesor. A partir de la aplicación del suelo estabilizado con cal, se espera que las partículas de suelo se aglomeren o aglutinen formando conglomerados más grandes. El suelo estabilizado disminuirá su límite líquido y se generará un incremento en el límite plástico, a partir de esta condición se produce una disminución significativa en el potencial de expansión volumétrico del material.

Por encima de la capa de suelo estabilizado con cal que deberán colocar las dos sub capas de 25.00 cm de material Afirmado tipo INVIAS 2013 debidamente compactados y encapsulados en un geotextil NT1600.

Para la proporción de la mezcla, se deberá combinar la arcilla con 4% de su peso en cal, estimándose que por metro cubico de material deberán utilizarse 72 kilogramos de cal. El proceso consiste en cortar 50 centímetro de suelo arcilloso, posteriormente mezclarlos con una motoniveladora y luego recompactar, garantizando mínimo un porcentaje de compactación del 95% del Proctor modificado de laboratorio.

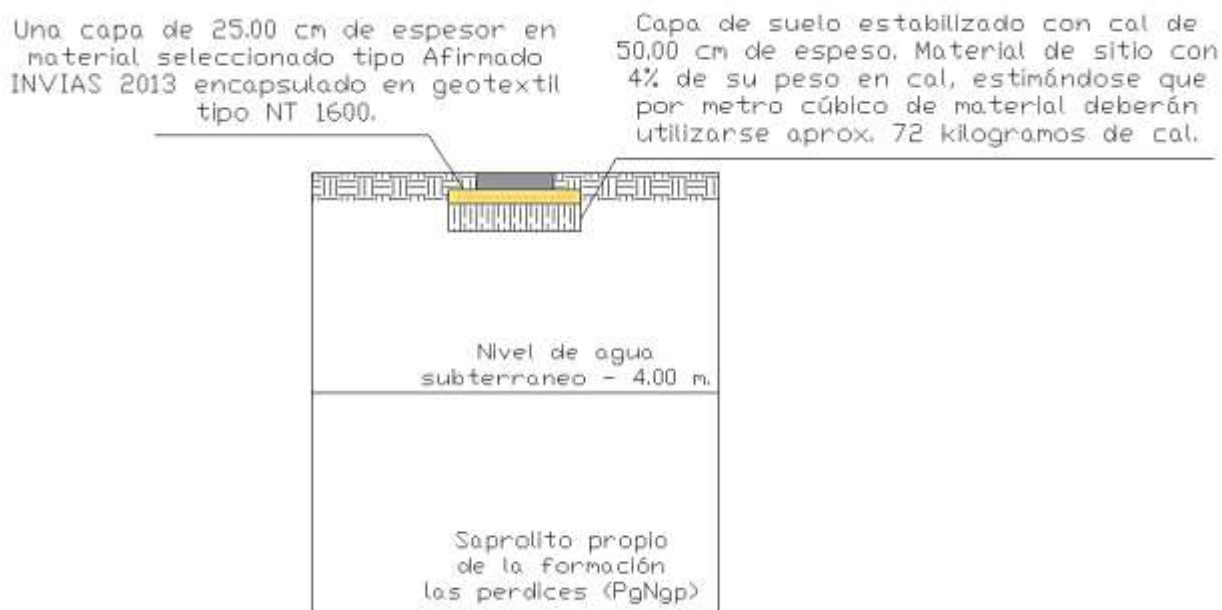


Ilustración 36. Esquema de sistema de cimentación propuesto para tanque de combustible.

Fuente: Elaboración propia.

8.3. Teoría de capacidad ultima de cimientos superficiales.

La carga última de una cimentación superficial se puede definir como el valor máximo de la carga con el cual en ningún punto del subsuelo se alcanza la condición de rotura (método de Frohlich, 1934), o también refiriéndose al valor de la carga, mayor del anterior, para el cual el fenómeno de rotura se extiende a un amplio volumen del suelo (método de Prandtl y sucesores).

La falla generalizada según Prandtl (1920), consiste en la teoría de equilibrio plástico para determinar la capacidad de carga a la falla de áreas cargadas en forma

continua; teoría desarrollada para materiales con cohesión y ángulo de fricción interna (teoría de Mohr – Coulomb). En el acto de la rotura se verifica la plasticidad del material contenido entre la superficie límite del semiespacio y la superficie GFBCD. En el triángulo AEB la rotura se da según dos familias de segmentos rectilíneos e inclinados en $45^\circ + \phi/2$ con respecto al horizontal. En las zonas ABF y EBC la rotura se produce a lo largo de dos familias de líneas, una constituida por segmentos rectilíneos que pasan respectivamente por los puntos A y E y la otra por arcos de familias de espirales logarítmicas. Los polos de éstas son los puntos A y E . En los triángulos AFG y ECD la rotura se da en segmentos inclinados en $\pm (45^\circ + \phi/2)$ con respecto a la vertical. Individuado así el volumen de terreno llevado a rotura por la carga límite, éste se puede calcular escribiendo la condición de equilibrio entre las fuerzas que actúan en cualquier volumen de terreno delimitado debajo de cualquiera de las superficies de deslizamiento.

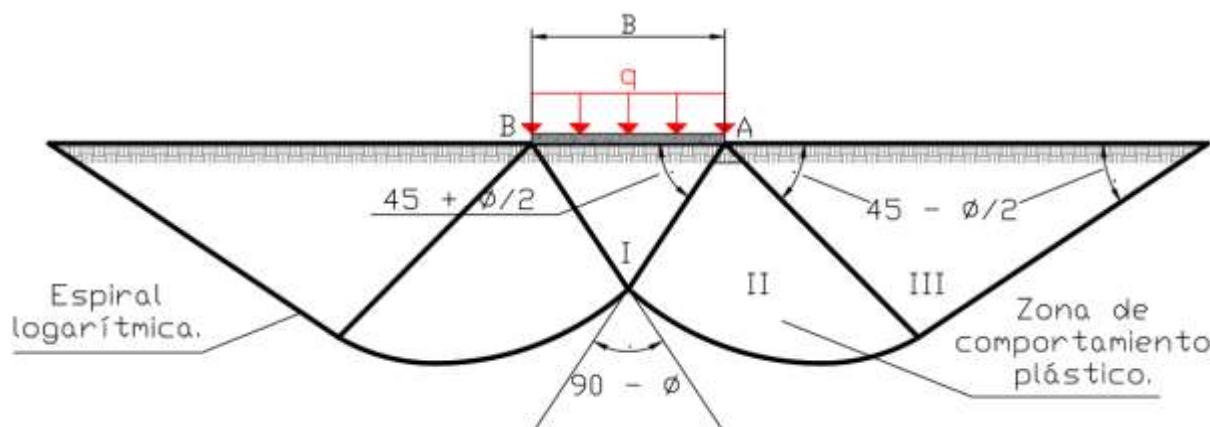


Ilustración 37. Esquema de superficie de falla del suelo.

Fuente: Elaboración propia.

El cálculo de la capacidad de carga última o límite de un suelo está definido como la máxima presión, que se puede aplicar a la cimentación, sin que penetre en el suelo de fundación. Mientras que la capacidad portante, es aquella donde la carga última esta reducida por un factor de seguridad, también se le denomina “Capacidad de carga admisible”.

8.3.1. Capacidad de carga admisible y asentamientos.

Se ha estimado una carga última reducida por un factor de seguridad mínimo de 3.0 (Tabla H.4.7-1. NSR-10) para una profundidad de desplante entre 1.00 m y 1.50 m.

A continuación, se presentan los resultados de capacidad de carga admisible (Q_{adm}) y los asentamientos elásticos estimados.

No.	Tipo de sistema de cimentación.	Prof. de desplante (Df) (m)	Capacidad de carga admisible (Q_{adm}) KN /m ² .	Capacidad de carga admisible (Q_{adm}) Ton /m ² .	Módulo de reacción K_v (KN/m ³)	Asentamientos totales proyectados (cm)
1	Tanque de combustible B = 1.40 m x L = 1.40 m.	Superficial.	97.36	9.90	13520	0.72
2	Cuarto eléctrico. B = 5.09 m x L = 14.40 m.	Superficial.	109.90	11.20	4260	2.58
3	Cuarto de máquinas. B = 13.10 m x L = 10.40 m.	Superficial.	112.00	11.40	3730	3.00

Tabla 12. Capacidad de carga admisible (Q_{adm}), módulo de reacción y asentamientos por máximos producidos.

Nota [1]: Los valores de capacidad de carga admisible (Q_{adm}) y asentamientos totales proyectados, se estimaron a partir de las dimensiones de las edificaciones definidas en el diseño arquitectónico del proyecto.

Nota [2]: El desplante del sistema de cimentación tipo losa proyectado se realizará directamente sobre el mejoramiento de suelos propuesto.

Nota [3]: Los asentamientos proyectados, se calcularon con base a la teoría elástica y no se consideró el desarrollo de procesos de consolidación teniendo en cuenta la profundidad del nivel freático detectado.

En la determinación de la capacidad de carga admisible, Q_{adm} , se utilizaron las metodologías de estimación de capacidad de carga última por resistencia al corte y a la presión que se le pueda aplicar al suelo sin que se generen asentamientos excesivos, empleando los métodos de cálculos de Terzaghi (1955), Meyerhof (1963), Hansen (1970) y Vesic (1975), seleccionando la fórmula que produjera el menor resultado. Para el cálculo de la capacidad de carga admisible y asentamientos, se empleó el software Loadcap – GeoStru.

En los análisis de asentamientos realizados, se obtuvieron valores de asentamiento inferiores al límite tolerable por la estructura, el cual se establece en 5.0 cm (ver

No.	Tipo de sistema de cimentación.	Prof. de desplante (Df) (m)	Capacidad de carga admisible (Qadm) KN /m2.	Capacidad de carga admisible (Qadm) Ton /m2.	Módulo de reacción Kv (KN/m3)	Asentamientos totales proyectados (cm)
1	Tanque de combustible B = 1.40 m x L = 1.40 m.	Superficial.	97.36	9.90	13520	0.72
2	Cuarto eléctrico. B = 5.09 m x L = 14.40 m.	Superficial.	109.90	11.20	4260	2.58
3	Cuarto de máquinas. B = 13.10 m x L = 10.40 m.	Superficial.	112.00	11.40	3730	3.00

).

Por la naturaleza litológica de los materiales presentes en la zona de estudio, las estimaciones de los asentamientos fueron realizadas mediante expresiones de la teoría elástica, la cual permite valorar las deformaciones desarrolladas en el sub suelo inducidas de forma inmediata conforme se produzca el incremento de cargas. Los análisis de asentamientos se realizaron por medio del software Settle 3D by Rocscience.

Con base en los resultados obtenidos en los análisis de asentamientos y considerando la presión de contacto transmitida al sistema de cimentación, se ha calculado el coeficiente de reacción vertical (Kv) requerido para la ejecución de los análisis y diseños estructurales del proyecto, obteniendo como resultado los valores indicados en la

No.	Tipo de sistema de cimentación.	Prof. de desplante (Df) (m)	Capacidad de carga admisible (Qadm) KN /m2.	Capacidad de carga admisible (Qadm) Ton /m2.	Módulo de reacción Kv (KN/m3)	Asentamientos totales proyectados (cm)
1	Tanque de combustible B = 1.40 m x L = 1.40 m.	Superficial.	97.36	9.90	13520	0.72
2	Cuarto eléctrico. B = 5.09 m x L = 14.40 m.	Superficial.	109.90	11.20	4260	2.58
3	Cuarto de máquinas. B = 13.10 m x L = 10.40 m.	Superficial.	112.00	11.40	3730	3.00

. Para la estimación del módulo de reacción, se empleó la relación $K_v = \frac{\sigma}{\delta}$, donde σ hace referencia a la magnitud de esfuerzo aplicado y δ a la deformación resultante.

Cuarto

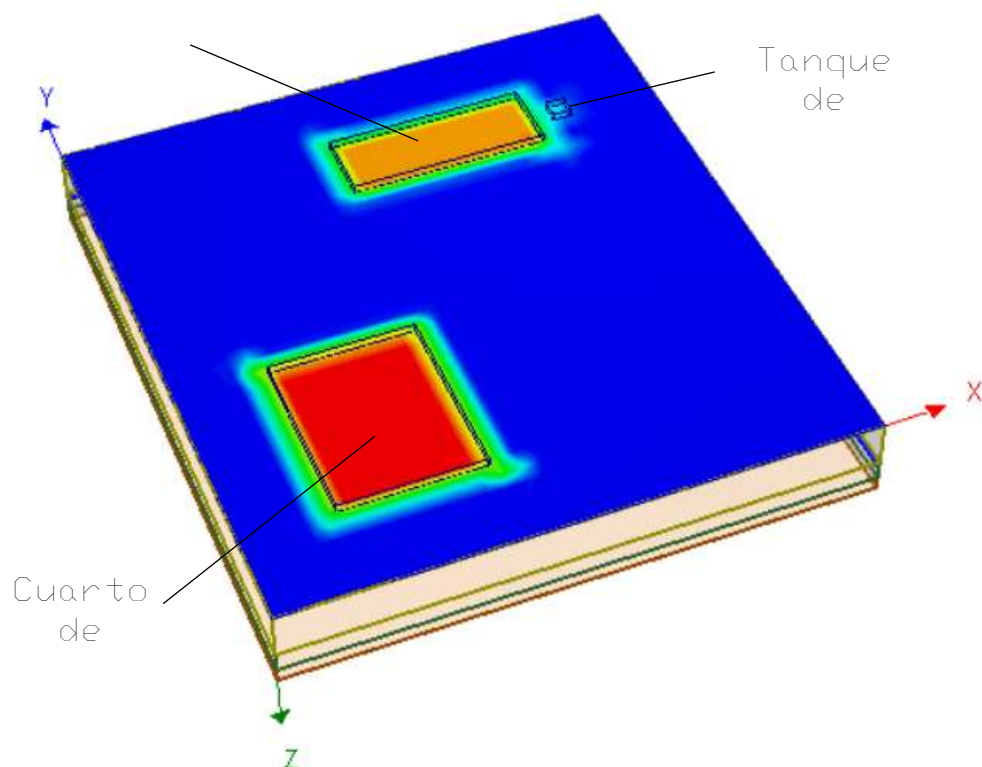


Ilustración 38. Estimación de asentamientos máximos producidos.
Fuente: Settle 3D.

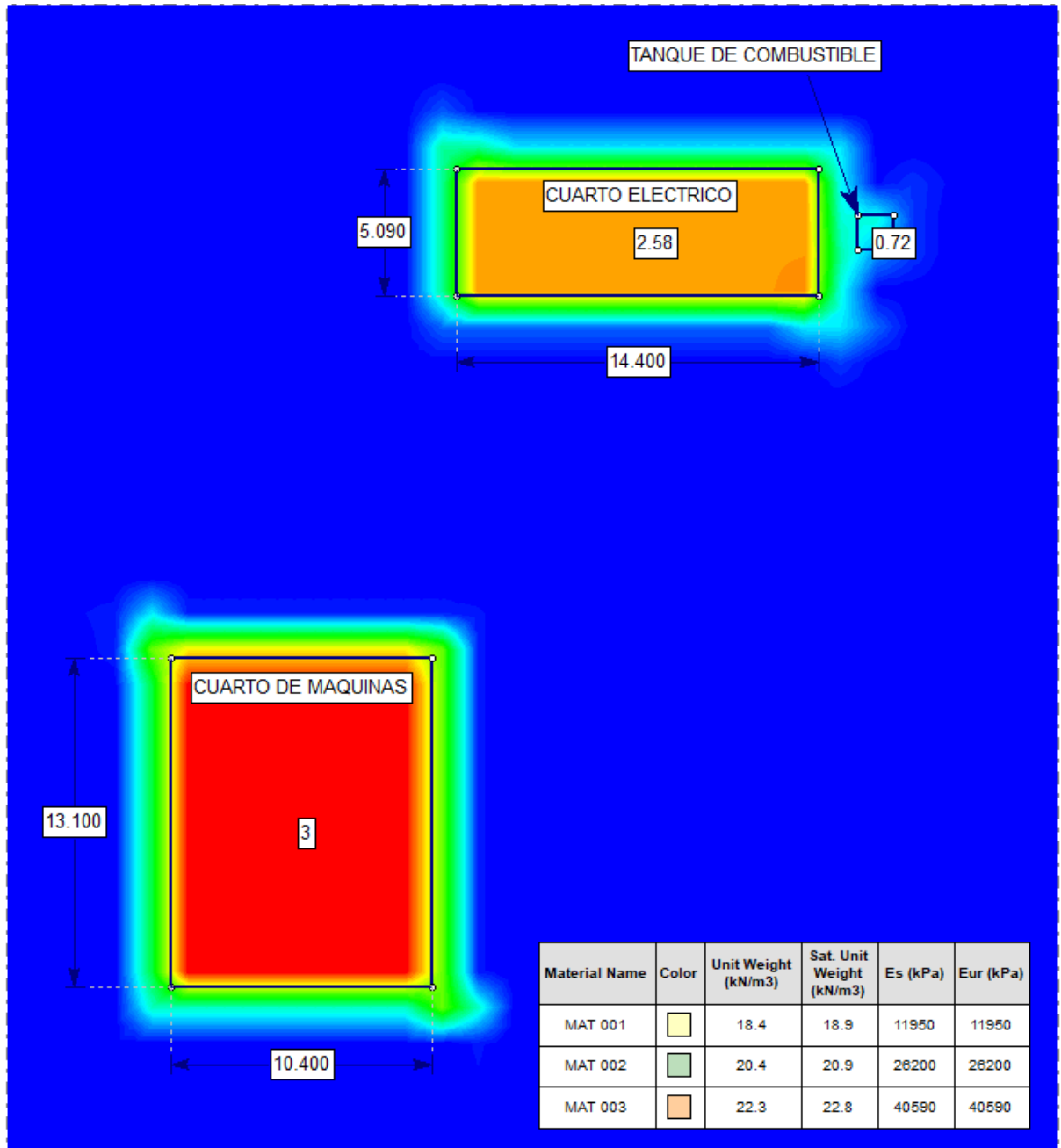


Ilustración 39. Estimación de asentamientos máximos producidos.

Fuente: Settle 3D.

8.3.2. Presión lateral de tierras

En el presente aparte se resumen los parámetros de presión lateral de tierras que deberán ser empleados en el análisis de empuje lateral producido sobre las estructuras de contención proyectadas. En el caso de la estimación de esfuerzos laterales sobre las estructuras de contención podrán presentarse tres condiciones de análisis, condición de tierras en reposo (K_0), condición activa de presión de tierras (K_a) y condición pasiva de presión de tierras (K_p).

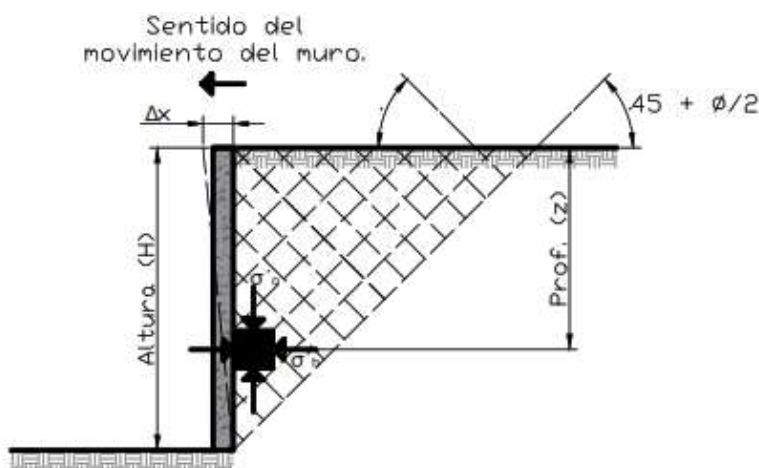


Ilustración 40. Condición activa de presión de tierras de Rankine (K_a).

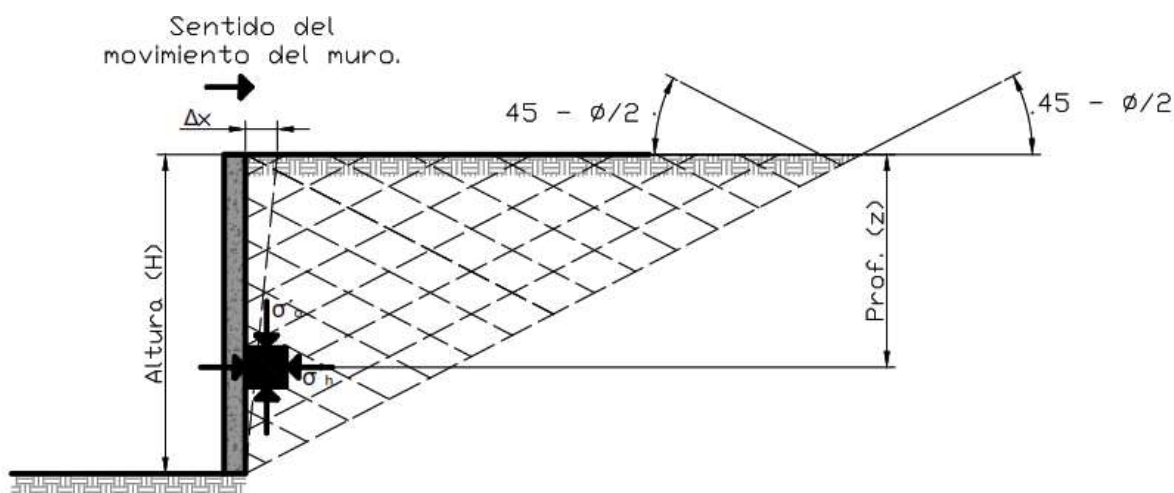


Ilustración 41. Condición pasiva de presión de tierras de Rankine (K_p).

PARÁMETROS PARA ANALISIS DE PRESIÓN DE TIERRAS.	
Coefficiente de presión de tierras en reposo (K_0)	0,71
Coefficiente de presión activa de tierras (K_a)	0,55
Coefficiente de presión pasiva de tierras (K_p)	1,83
Peso específico del suelo (γ) (KN/m ³)	18,40
Angulo de fricción (ϕ) (°)	17,00

Tabla 13. Parámetros empleados en el análisis de presión de tierras.
Fuente: Elaboración propia.

Nota [1]: La estimación de los parámetros de presión de tierras se realiza a partir de los parámetros de resistencia al corte estimados para la capa de material residual identificada superficialmente MAT 001.

En la condición de tierras en reposo (K_0), se considera que la estructura de contención no cederá en absoluto, sin embargo, si una estructura de contención se desplaza como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, (movimiento del muro a la izquierda según como se ilustra) se presenta una condición activa de presión de tierras (K_a), en caso contrario (movimiento del muro a la derecha según como se ilustra) se presenta una condición pasiva de presión de tierras (K_p) ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

9. RECOMENDACIONES GENERALES

En esta sección se registran las recomendaciones constructivas dentro del ámbito geotécnico necesarias garantizar la calidad y la seguridad de las estructuras en referencia. Este aparte no pretende ser un compendio de todos los procesos constructivos que se generarán en la obra, sino una guía para la buena ejecución de las labores. Estas recomendaciones son susceptibles de ser ajustadas en campo, no obstante, tienen carácter imperativo cuando así se indica.

9.1. Excavaciones

La alternativa de construcción implementada, deberá cumplir con lo señalado en la Norma Colombiana “Guía de Trabajo Seguro en Excavaciones” del Ministerio de Trabajo (Comisión nacional de salud ocupacional del sector de la construcción”.

- Resolución 2400 del estatuto de seguridad industrial, artículo 616 de 1979. Todas las excavaciones cuya profundidad sea mayor a 1.50 m deben ser entibadas.
- Resolución 1409 del 2012 del Ministerio de Trabajo. Por la cual se establece el Reglamento de seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas.
- Reglamento de Construcciones Sismorresistentes para estructuras temporales de construcción.

Todo el proceso de construcción de las estructuras, desde el inicio de las excavaciones hasta su sellado deberá programarse de forma que transcurra el menor tiempo posible, para evitar exponer por tiempo prolongado el suelo de fundación a los efectos adversos de la intemperie, efectos por ciclos de humedecimiento - secado, que pueden conllevar a variaciones en las propiedades geomecánicas del subsuelo, en especial si la obra se realiza en épocas lluviosas.

Teniendo en cuenta la naturaleza litológica de la zona de estudio y la profundidad de las excavaciones proyectadas para la construcción de las zapatas, se podrá realizar un corte o excavación vertical para su construcción.

9.2. Requisitos granulométricos para llenos estructurales.

Para la aplicación de los llenos estructurales, se recomienda implementar un material seleccionado cumpliendo con las siguientes especificaciones: El material seleccionado tipo AFIRMADO (INV-E Artículo 311 – 13) deberá ser un material constituido por grava natural o material proveniente de la trituración de fragmentos rocosos o una mezcla de ambos. Las partículas deberán ser duras y resistentes, de características uniformes, libres de terrones de arcilla u otras sustancias objetables. Se deberán ajustar a alguna de las franjas granulométricas que se muestran en la siguiente tabla:

Tipo de gradación.	Tamiz (mm / U.S Standard)							
	37.5	25.0	19.0	9.5	4.75	2.00	0.425	0.075
	1 1/2"	1"	3/4"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200
	% PASA							
A-38	100	-	80-100	60-85	40-65	30-50	13-30	9-18
A-25	-	100	90-100	65-90	45-70	35-55	15-35	10-20
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (+-).	0%	7%			6%			3%

Tabla 14. Franjas granulométricas del material seleccionado afirmado.

Fuente: INVIAS 2013.

Para prevenir segregaciones y garantizar la obtención de los niveles de densidad y resistencia exigidos por la presente especificación, el material que suministre el constructor deberá dar lugar a una curva granulométrica uniforme y sensiblemente paralela a los límites de la franja autorizada, sin saltos bruscos en la parte superior de un tamiz a la inferior del adyacente o viceversa. El tamaño máximo nominal no deberá exceder de 1/3 del espesor de la capa compactada.

Los materiales serán colocados por capas con espesores no mayores a 0.25 m, humedecidos y compactados hasta obtener densidades secas mayores o iguales al 95% de lo correspondiente al Proctor modificado, (Norma ASTM D 1557). También es necesario destacar que el material a implementar para los rellenos requeridos del proyecto, será un material granular seleccionado, bien gradado, libre de contaminación orgánica, raíces y terrones de arcilla.

El material seleccionado no se descargará hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a apoyar tenga la densidad apropiada y el terreno este nivelado de acuerdo a las cotas indicadas.

La fracción del material ya preparado de base granular tipo afirmado que pase el tamiz N. 40 deberá presentar un índice plástico entre 4% y 9%. El desgaste del agregado, determinado mediante la máquina de los Ángeles, no podrá ser superior al cincuenta por ciento (50%). El agregado triturado no deberá mostrar señales de desintegración ni pérdida mayor de doce por ciento (12%) o de dieciocho por ciento (18%), al someterlo a cinco ciclos en la prueba de solidez en sulfato de sodio o magnesio, respectivamente.

9.3. Otras recomendaciones

En caso de que las obras sean desarrolladas durante la temporada invernal, para el proceso constructivo de la cimentación y la estructura, se deberá contar con un sistema de bombeo superficial, para controlar el flujo de agua en el subsuelo del predio, de tal manera que desaloje el agua contenida sobre el terreno hacia zonas donde se recolecta las aguas de escurrimiento.

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.

Es importante que el Ingeniero Calculista, tenga en cuenta para la cota de cimentación la capacidad admisible del terreno; el análisis de asentamientos; el uso adecuado del sistema de cimentación; el perfil estratigráfico del presente estudio; las recomendaciones de mejoramiento del suelo si aplica y por último las especificaciones contempladas en la NSR-10.

10. CONCLUSIONES

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

- a. En los sondeos elaborados por métodos mecánicos, se destacó que los depósitos presentes en la zona de estudio son homogéneos, en cuanto a tipos de materiales y composición físico mecánica. Los depósitos de suelo residual propios de la zona de análisis y originarios de la formación las perdices (PgNgp), se clasifican principalmente como arcillas de alta plasticidad (CH), arcillas de baja plasticidad (CL) y limos de alta plasticidad (MH).
- b. Durante la exploración de campo en la fecha de su ejecución, no se detectó la presencia de aguas libres subterráneas provenientes del nivel freático. No obstante, en el sondeo No. 1 a los 4 metros de profundidad se evidencio la presencia de un flujo de agua subterráneo, se destaca que estas condiciones pueden variar de acuerdo al régimen de lluvias.
- c. Teniendo en cuenta las condiciones estratigráficas del predio de estudio, la tipología de las estructuras proyectadas y las solicitudes estimadas, se recomienda el uso de cimientos superficiales tipo losa de fundación.
- d. Se deberá efectuar el mejoramiento de suelo previsto por medio de pilotes de cal para las estructuras de cuarto de máquinas y cuarto eléctrico, así como la instalación de la capa de suelo estabilizado con cal en el tanque de combustible con el fin de controlar el potencial de expansión del subsuelo.
- e. Desde el punto de vista constructivo, si se tienen en cuenta las recomendaciones de excavación y retiro de material; es posible que no ocurran 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.

11. 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.

12. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

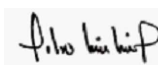
- ❖ Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).
- ❖ Instituto Nacional de Vías (INVIAS), 1998, Normas de ensayo de materiales para Suelos, Bogotá.
- ❖ AASHTO, ASTM, 1994, Book of Standards. V 4.08 y 4.09, Philadelphia.
- ❖ Braja M. Das. (2008). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 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.
- ❖ Acero, O. U. (2002). *Proyecto SIGAM - Agenda ambiental del Municipio de Tubará*. CRA - Corporación Regional del Atlántico: Opciones Gráficas Editores LTDA.
- ❖ Bastidas, D. I. (2020). *Caracterización composicional y textural de las principales unidades conglomeráticas neógenas y cuaternarias expuestas al norte del cinturón plegado de San Jacinto*. Barranquilla, Atlántico : Pregado de Geología-Departamento de Física y Geociencias .
- ❖ Barrera. (2001). *GEOLOGÍA DE LAS PLANCHAS 16-17 GALERAZAMBA Y BARRANQUILLA*.

ANEXO N° 1

UBICACIÓN DE SONDEOS



COORDENADAS SWG		
SONDEO	NORTE	OESTE
S1	10.924662°	-74.932074°
S2	10.924712°	-74.932009°
S3	10.924772°	-74.931889°
S4	10.924769°	-74.931800°

PROYECTO: E.S. PARA EBAP DE AULAS AMBIENTALES JUARUCO		CLIENTE: TRIPLE A E.S. E.S.P									
LOCALIZACIÓN: JUARUCO, TUBARÁ (ATLÁNTICO)		DISEÑADO POR: Ing. Paula Jimenez M.		APROBADO POR: Ing. Pedro Leiva		ING A CARGO : Ing. Johnny Vargas					
COORDENADA: -74.931933°O; 10.924720°N		ELEVACIÓN: 76.0 m.s.n.m		FECHA: 11/2022		ESCALA: N/A				UNIDAD: N/A	

ANEXO N° 2

PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

Cliente: TRIPLE A S.A E.S.P	N° de perforación: S1	Equipo de perforación: SPT	Método de perforación: PERCUSIÓN	Caída: 30" (0.76 m)	Hoja: 1 de 1
Proyecto: EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO	Profundidad: 8.00 m	Coordenadas X, Y: 10.924662°; -74.932074°	Elevación: 75.0 msnm	Peso del martillo: 140.0 lbf	
Localización: JUARRUCO, TUBARÁ- ATLÁNTICO	Fecha de inicio: 19/10/2022	Fecha final: 19/10/2022	Detalles del sitio: Terreno inclinado	Tipo de martillo: Manual	

Escala	Litología	Descripción	Cota	% Recuperación % R.Q.D.	S.P.T. N° (Golpes/pie)	Método perforación	Tipo de Muestras	Tipo de camisa	Método estabilización	Nivel freatico	Compacidad y/o Consistencia
	RELLENO	Material antrópico	0.30	%C=50	10	APQ	A				MEDIA
					0.30 PA	SPT	As				0.30
1	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD (MH)	Se dispone de una estructura laminar de color marrón ocn vetas grises		%C=90	19						FIRME
					1.00 PA	SPT	As				1.00
2			2.00		29						MUY FIRME
					2.00 PA	SPT	As				2.00
3	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH)	Se dispone de una estructura laminar de color gris con vetas marrones		%C=100							
4					12					4.00	FIRME
					4.00 PA	SPT	As				4.00
5			4.50		36						MUY FIRME
					4.50 PA	SPT	As				4.50
6	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH)	Se dispone de una estructura laminar de color gris con vetas marrones		%C=100	55						DURA
					6.00 PA	SPT	As				6.00
					102						DURA
					7.00 PA	SPT	As				7.00
			8.00								

Muestras: S-Paredes finas, O-Osterberg, M-Mazier, A-Alterado, As-Alterado por SPT
 Estabilización: RVT-Revestimiento metálico, L-Lodos
 Pruebas SPT: PA-Punta abierta, PC-Punta cerrada
 Sondeo: PERCUSIÓN

Perforador: Misael Castro Asistente: Henry Gonzalez, Eduar Moran
 Máquina de sondeo: Sondeo: PERCUSIÓN

Nivel de agua inicial: -4.00 m Fecha: 19/10/2022 Hora:
 Nivel de agua final: -4.00 m Fecha: 19/10/2022 Hora:

Vo.Bo. Supervisor

Vo.Bo. Director Técnico

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

VERSIÓN 2:
FECHA: ENERO DEL 2017

Cliente: TRIPLE A S.A E.S.P	N° de perforación: S2	Equipo de perforación: SPT	Método de perforación: PERCUSIÓN	Caída: 30" (0.76 m)	Hoja: 1 de 1
Proyecto: EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO	Profundidad: 8.00 m	Coordenadas X, Y: 10.924712°; -74.932009°	Elevación: 975.0 msnm	Peso del martillo: 140.0 lbf	
Localización: JUARRUCO, TUBARÁ- ATLÁNTICO	Fecha de inicio: 19/10/2022	Fecha final: 19/10/2022	Detalles del sitio: Terreno inclinado	Tipo de martillo: Manual	

Esca	Litología	Descripción	Cota	% Recuperación % R.Q.D.	S.P.T. N° (Golpes/pie)	Método Perforación	Tipo de Muestras	Tipo de camisa	Método estabilización	Nivel freatico	Compacidad y/o Consistencia
1	RELLENO	Material antrópico	1.00	%C=50	9 1.00 PA	APQ	A				MEDIA 1.00
2	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH)	Se dispone de una estructura laminar de color marron	3.00	%C=100	17 2.00 PA	SPT	As				FIRME 2.00
3					25 3.00 PA	SPT	As				MUY FIRME 3.00
4	ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH)	Se dispone de una estructura laminar de color gris con vetas marrones	6.00	%C=100	32 4.00 PA	SPT	As				MUY FIRME 4.00
5					43 5.00 PA	SPT	As				DURA 5.00
6	ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL)	Se dispone de una estructura laminar de color marrón con vetas grises	8.00	%C=80	57 6.00 PA	SPT	As				DURA 6.00
					100 7.00 PA	SPT	As				DURA 7.00

Muestras: S-Paredes finas, O-Osterberg, M-Mazier, A-Alterado, As-Alterado por SPT
Estabilización: RVT-Revestimiento metálico, L-Lodos
Pruebas SPT: PA-Punta abierta, PC-Punta cerrada
Sondeo: PERCUSIÓN

Perforador: Misael Castro

Asistente: Henry Gonzalez, Eduar Moran

Máquina de sondeo: Sondeo: PERCUSIÓN

Nivel de agua inicial: N/A Fecha: 19/10/2022 Hora:
Nivel de agua final: N/A Fecha: 19/10/2022 Hora:

Vo.Bo. Supervisor

Vo.Bo. Director Técnico

Cliente: TRIPLE A S.A E.S.P		Nº de perforación: S3	Equipo de perforación: SPT		Método de perforación: PERCUSIÓN		Caída: 30" (0.76 m)		Hoja: 1 de 1		
Proyecto: EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO		Profundidad: 6.00 m	Coordenadas X, Y: 10.924772°; -74.931889°		Elevación: 75.0 msnm		Peso del martillo: 140.0 lbf				
Localización: JUARRUCO, TUBARÁ- ATLÁNTICO		Fecha de inicio: 20/10/2022	Fecha final: 20/10/2022		Detalles del sitio: Terreno inclinado		Tipo de martillo: Manual				
Escala	Litología	Descripción	Cota	% Recuperación % R.Q.D.	S.P.T. Nº (Golpes/pie)	Método Perforación	Tipo de Muestras	Tipo de camisa	Método estabilización	Nivel freatico	Compacidad y/o Consistencia
1		LIMO DE ALTA PLASTICIDAD (MH) Se dispone de una estructura laminar de color marrón		%C=90	16 1.00 PA	APQ					FIRME 1.00
2						SPT					
3		ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH) Se dispone de una estructura laminar de color marrón	2.50	%C=100	23 2.50 PA						MUY FIRME 2.50
4						SPT					
5		ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH) Se dispone de una estructura laminar de color marrón	4.00	%C=80	40 4.00 PA	SPT					MUY FIRME 4.00
6						SPT					
			6.00								

Muestras: S-Paredes finas, O-Osterberg, M-Mazier, A-Alterado, As-Alterado por SPT Perforador: Misael Castro Asistente: Henry Gonzalez, Eduar Moran
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: 20/10/2022 Hora:
Nivel de agua final: N/A Fecha: 20/10/2022 Hora:

Vo.Bo. Supervisor

Vo.Bo. Director Técnico

Ciente: TRIPLE A S.A E.S.P	Nº de perforación: S4	Equipo de perforación: SPT	Método de perforación: PERCUSIÓN	Caída: 30" (0.76 m)	Hoja: 1 de 1
Proyecto: EBAP AULAS AMBIENTALES JUARRUCO	Profundidad: 6.00 m	Coordenadas X, Y: 10.924769°; -74.931800°	Elevación: 75.0 msnm	Peso del martillo: 140.0 lbf	
Localización: JUARRUCO, TUBARÁ- ATLÁNTICO	Fecha de inicio: 20/10/2022	Fecha final: 20/10/2022	Detalles del sitio: Terreno inclinado	Tipo de martillo: Manual	

Escala	Litología	Descripción	Cota	% Recuperación % R.Q.D.	S.P.T. Nº (Golpes/pie)	Método Perforación	Tipo de Muestras	Tipo de camisa	Método estabilización	Nivel freatico	Compacidad y/o Consistencia
1		ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH) Se dispone de una estructura laminar de color marrón		%C=100	14 1.00 PA	APQ	A				FIRME 1.00
2		ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH) Se dispone de una estructura laminar de color gris con vetas marrones	1.50	%C=100	16 1.50 PA	SPT	As				FIRME 1.50
3					28 2.50 PA	SPT	As				MUY FIRME 2.50
4			3.50	%C=100	35 3.00 PA	SPT	As				MUY FIRME 3.00
5		ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD (CH) Se dispone de una estructura laminar de color marrón con vetas grises		%C=100	44 3.50 PA	SPT	As				DURA 3.50
					40 4.50 PA	SPT	As				MUY FIRME 4.50
					47 5.00 PA	SPT	As				DURA 5.00
			6.00								

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

Nivel de agua inicial: N/A Fecha: 20/10/2022 Hora:
Nivel de agua final: N/A Fecha: 20/10/2022 Hora:

Vo.Bo. Supervisor

Vo.Bo. Director Técnico

ANEXO N° 3

ENSAYOS DE LABORATORIO

CLASIFICACIONES

INVE 122-13 - INVE 123-13 - INVE 125-13 - INVE 126-13

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO

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

LOCALIZACIÓN: JUARUCO VÍA JUAN MINA

MUNICIPIO: TUBARÁ (ATLÁNTICO)

DATOS DE LA MUESTRA

Sondeo: 1

Profundidad (m): 0.30 - 2.00

Fecha: 11/2022

Observaciones: N/A.

Descripción: Limo de alta plasticidad

Color: Marrón con vetas grises

Clasificación USCS: MH

Clasificación AASHTO: A-7-5

LÍMITE LIQUIDO

Ensayo No	1	2	3
Caja No	1	2	3
P1 (suelo húmedo + lata)	13.19	14.70	14.65
P2 (suelo seco + lata)	9.51	10.38	10.30
P3 (peso lata)	3.78	3.77	3.73
Peso de agua (gr)	3.7	4.3	4.4
Peso del suelo seco (gr)	5.7	6.6	6.6
Número de Golpes	34	24	16
Humedad (W)	64.22%	65.36%	66.21%
Límites	Líquido (LL)	65.23%	

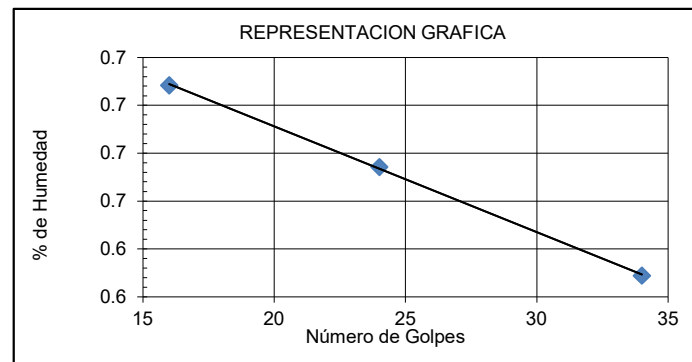
LÍMITE PLASTICO

1	2
4	5
12.20	16.11
10.59	14.57
6.57	10.80
1.6	1.5
4.0	3.8
40.05%	40.85%
Plástico (LP)	40.45%

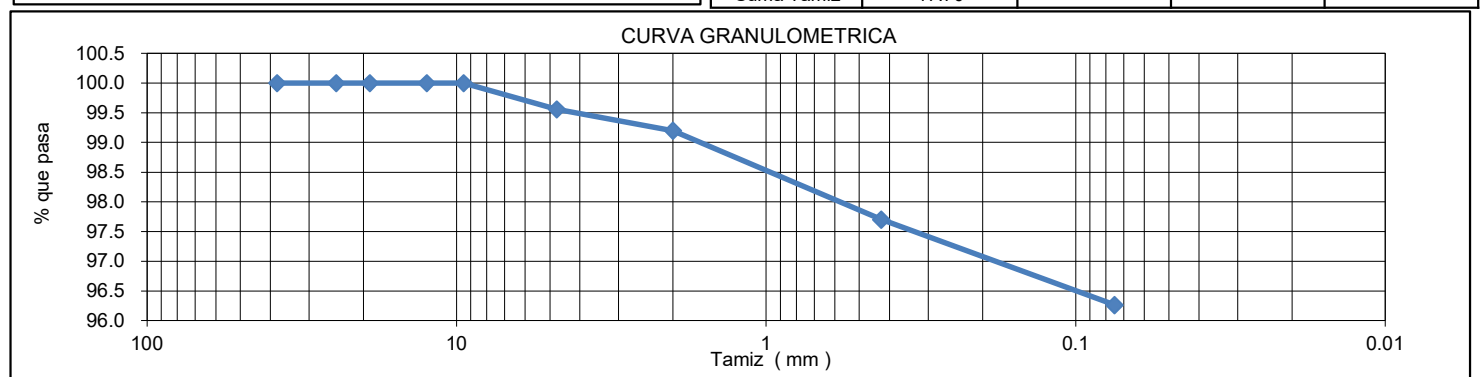
Índice de Plasticidad (IP)	24.78%
Índice de Grupo (IG)	
Humedad Natural (%)	38.50%

GRANULOMETRÍA

PESO DE LA MUESTRA (Gr) :	474.0
---------------------------	-------



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	2.10	0.44	99.56	4.75
No 10	1.70	0.36	99.20	2.00
No 40	7.10	1.50	97.70	0.43
No 200	6.80	1.43	96.27	0.08
Fondo	456.30	96.27	0.00	
Suma Tamiz	17.70			



DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO
CLIENTE: TRIPLE A S.A. E.S.P.
LOCALIZACIÓN: JUARUCO VÍA JUAN MINA
MUNICIPIO: TUBARÁ (ATLÁNTICO)

DATOS DE LA MUESTRA

Sondeo: 1	Descripción: Arcilla de alta plasticidad
Profundidad (m): 2.00 - 4.50	Color: Gris con vetas marrones
Fecha: 11/2022	Clasificación USCS: CH
Observaciones: N/A.	Clasificación AASHTO: A-7-5

LÍMITE LÍQUIDO

Ensayo No	1	2	3
Caja No	1	2	3
P1 (suelo húmedo + lata)	18.90	16.94	14.40
P2 (suelo seco + lata)	13.18	11.77	10.30
P3 (peso lata)	4.29	3.88	4.13
Peso de agua (gr)	5.7	5.2	4.1
Peso del suelo seco (gr)	8.9	7.9	6.2
Número de Golpes	34	24	16
Humedad (W)	64.34%	65.53%	66.45%
Límites	Líquido (LL)	65.40%	

LÍMITE PLÁSTICO

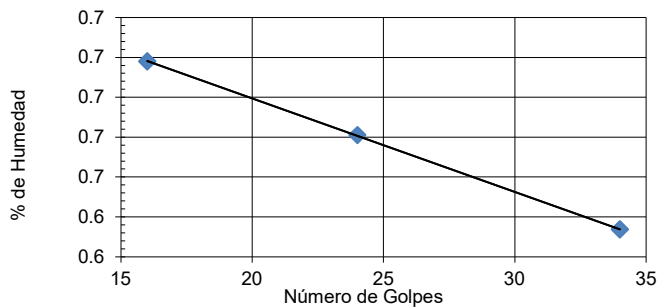
1	2
4	5
13.55	13.42
11.89	11.73
7.67	7.46
1.7	1.7
4.2	4.3
39.34%	39.58%
Plástico (LP)	39.46%

Índice de Plasticidad (IP)	25.94%
Índice de Grupo (IG)	
Humedad Natural (%)	42.70%

GRANULOMETRÍA

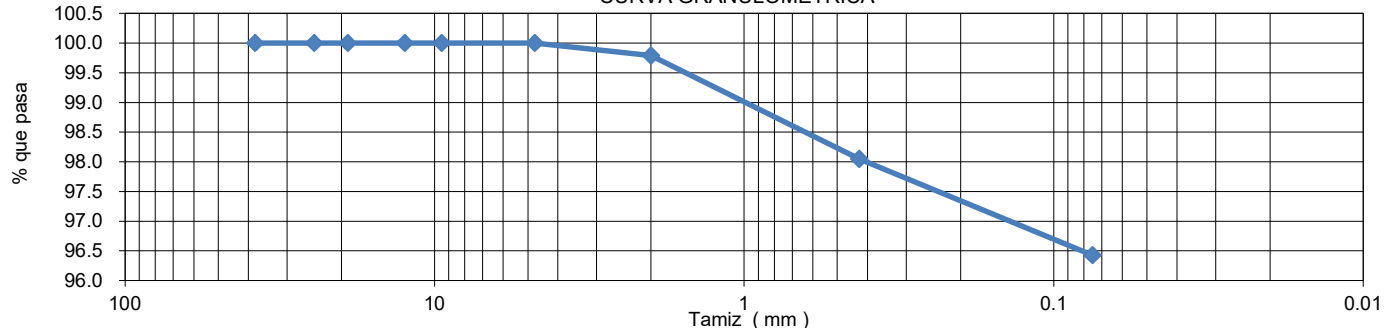
PESO DE LA MUESTRA (Gr) :	425.7
---------------------------	-------

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	0.00	0.00	100.00	4.75
No 10	0.90	0.21	99.79	2.00
No 40	7.40	1.74	98.05	0.43
No 200	6.90	1.62	96.43	0.08
Fondo	410.50	96.43	0.00	
Suma Tamiz	15.20			

CURVA GRANULOMETRICA



DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO

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

LOCALIZACIÓN: JUARUCO VÍA JUAN MINA

MUNICIPIO: TUBARÁ (ATLÁNTICO)

DATOS DE LA MUESTRA

Sondeo: 1

Profundidad (m): 4.50 - 8.00

Fecha: 11/2022

Observaciones: N/A.

Descripción: Arcilla de alta plasticidad

Color: Gris con vetas marrones

Clasificación USCS: CH

Clasificación AASHTO: A-7-5

LÍMITE LÍQUIDO

Ensayo No	1	2	3
Caja No	1	2	3
P1 (suelo húmedo + lata)	17.35	12.67	12.76
P2 (suelo seco + lata)	11.40	8.67	8.86
P3 (peso lata)	3.83	3.63	4.00
Peso de agua (gr)	6.0	4.0	3.9
Peso del suelo seco (gr)	7.6	5.0	4.9
Número de Golpes	24	26	16
Humedad (W)	78.60%	79.37%	80.25%
Límites	Líquido (LL)	79.04%	

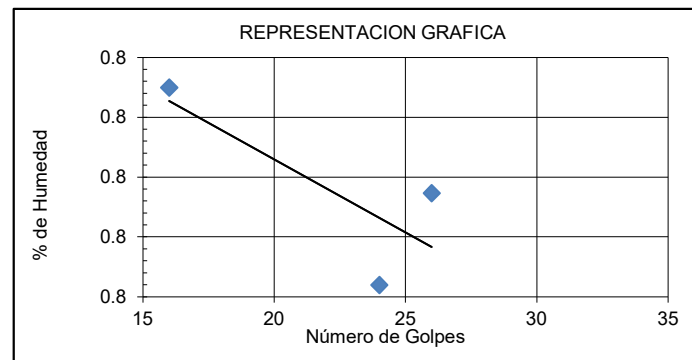
LÍMITE PLÁSTICO

1	2
4	5
14.80	12.75
13.37	11.22
9.80	7.42
1.4	1.5
3.6	3.8
40.06%	40.26%
Plástico (LP)	40.16%

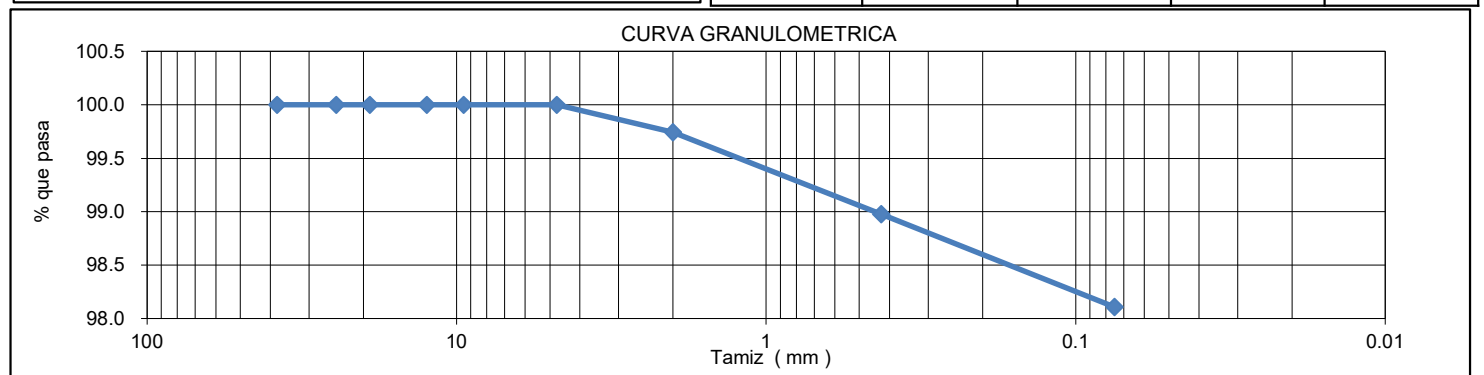
Índice de Plasticidad (IP)	38.88%
Índice de Grupo (IG)	
Humedad Natural (%)	39.30%

GRANULOMETRÍA

PESO DE LA MUESTRA (Gr) :	195.7
---------------------------	-------



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	0.50	0.26	99.74	2.00
No 40	1.50	0.77	98.98	0.43
No 200	1.70	0.87	98.11	0.08
Fondo	192.00	98.11	0.00	
Suma Tamiz	3.70			



DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO
CLIENTE: TRIPLE A S.A. E.S.P.
LOCALIZACIÓN: JUARUCO VÍA JUAN MINA
MUNICIPIO: TUBARÁ (ATLÁNTICO)

DATOS DE LA MUESTRA

Sondeo: 2	Descripción: Arcilla de alta plasticidad
Profundidad (m): 1.00 - 3.00	Color: Marrón claro
Fecha: 11/2022	Clasificación USCS: CH
Observaciones: N/A.	Clasificación AASHTO: A-7-5

LÍMITE LÍQUIDO

Ensayo No	1	2	3
Caja No	1	2	3
P1 (suelo húmedo + lata)	15.02	16.46	14.65
P2 (suelo seco + lata)	10.68	11.48	10.39
P3 (peso lata)	3.96	3.98	4.07
Peso de agua (gr)	4.3	5.0	4.3
Peso del suelo seco (gr)	6.7	7.5	6.3
Número de Golpes	34	24	16
Humedad (W)	64.58%	66.40%	67.41%
Límites	Líquido (LL)	66.08%	

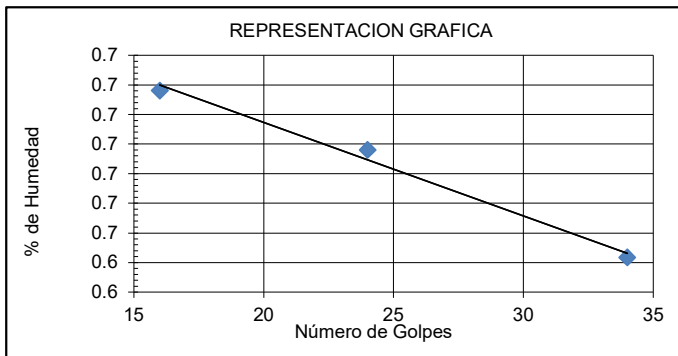
LÍMITE PLÁSTICO

1	2
4	5
14.80	12.75
13.37	11.22
9.80	7.42
1.4	1.5
3.6	3.8
40.06%	40.26%
Plástico (LP)	40.16%

Índice de Plasticidad (IP)	25.92%
Índice de Grupo (IG)	
Humedad Natural (%)	48.70%

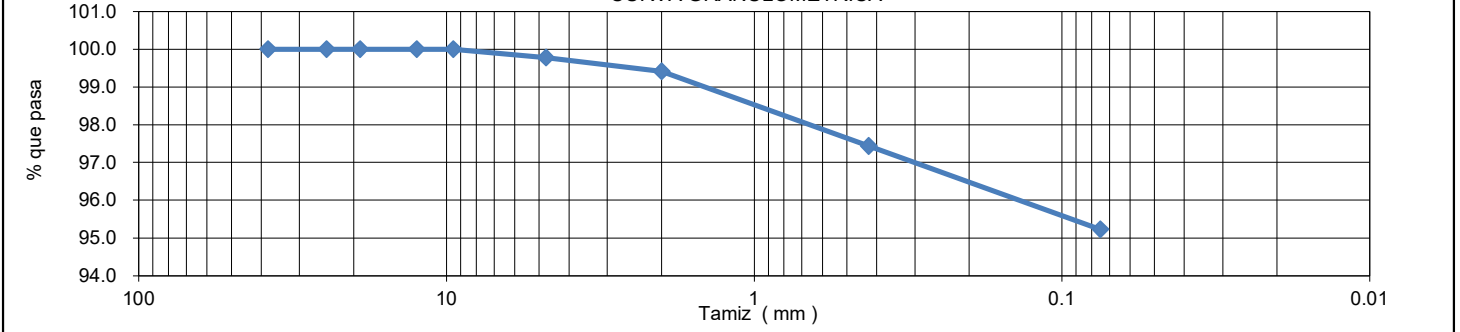
GRANULOMETRÍA

PESO DE LA MUESTRA (Gr) :	439.9
---------------------------	-------



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	1.00	0.23	99.77	4.75
No 10	1.60	0.36	99.41	2.00
No 40	8.70	1.98	97.43	0.43
No 200	9.70	2.21	95.23	0.08
Fondo	418.90	95.23	0.00	
Suma Tamiz	21.00			

CURVA GRANULOMETRICA



DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO
CLIENTE: TRIPLE A S.A. E.S.P.
LOCALIZACIÓN: JUARUCO VÍA JUAN MINA
MUNICIPIO: TUBARÁ (ATLÁNTICO)

DATOS DE LA MUESTRA

Sondeo: 2	Descripción: Arcilla de alta plasticidad
Profundidad (m): 3.00 - 4.50	Color: Gris con vetas marrones
Fecha: 11/2022	Clasificación USCS: CH
Observaciones: N/A.	Clasificación AASHTO: A-7-5

LÍMITE LÍQUIDO

Ensayo No	1	2	3
Caja No	1	2	3
P1 (suelo húmedo + lata)	15.30	14.78	13.16
P2 (suelo seco + lata)	10.57	10.33	9.33
P3 (peso lata)	3.86	4.10	4.03
Peso de agua (gr)	4.7	4.5	3.8
Peso del suelo seco (gr)	6.7	6.2	5.3
Número de Golpes	34	26	18
Humedad (W)	70.49%	71.43%	72.26%
Límites	Líquido (LL)	71.51%	

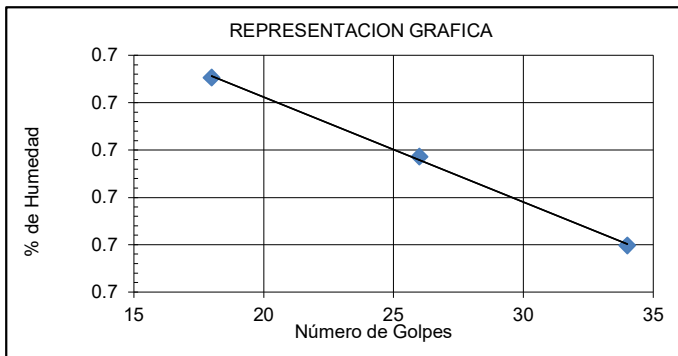
LÍMITE PLÁSTICO

1	2
4	5
13.07	12.31
11.54	10.83
7.62	7.10
1.5	1.5
3.9	3.7
39.03%	39.68%
Plástico (LP)	39.35%

Índice de Plasticidad (IP)	32.15%
Índice de Grupo (IG)	
Humedad Natural (%)	41.10%

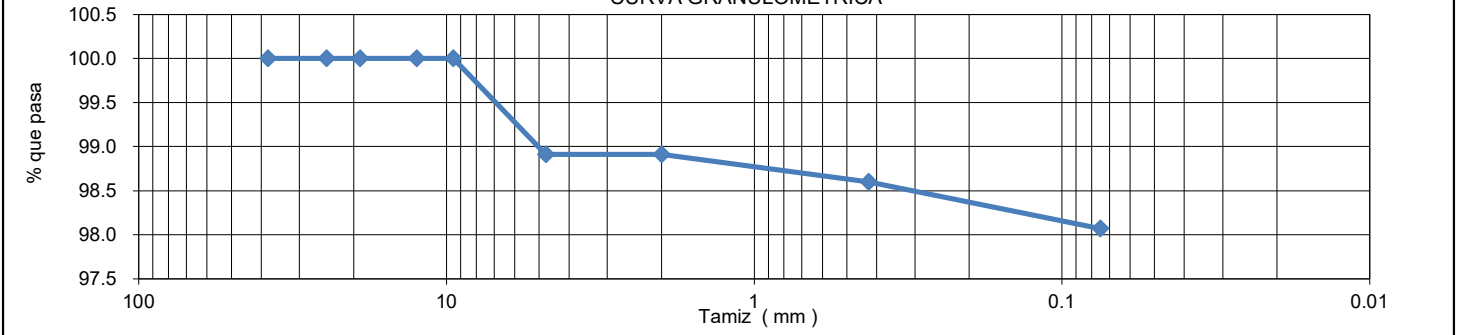
GRANULOMETRÍA

PESO DE LA MUESTRA (Gr) :	321.3
---------------------------	-------



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	3.50	1.09	98.91	4.75
No 10	0.00	0.00	98.91	2.00
No 40	1.00	0.31	98.60	0.43
No 200	1.70	0.53	98.07	0.08
Fondo	315.10	98.07	0.00	
Suma Tamiz	6.20			

CURVA GRANULOMETRICA



DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO
CLIENTE: TRIPLE A S.A. E.S.P.
LOCALIZACIÓN: JUARUCO VÍA JUAN MINA
MUNICIPIO: TUBARÁ (ATLÁNTICO)

DATOS DE LA MUESTRA

Sondeo: 2	Descripción: Arcilla de alta plasticidad
Profundidad (m): 4.50 - 6.00	Color: Gris con vetas marrones
Fecha: 11/2022	Clasificación USCS: CH
Observaciones: N/A.	Clasificación AASHTO: A-7-6

LÍMITE LÍQUIDO

Ensayo No	1	2	3
Caja No	1	2	3
P1 (suelo húmedo + lata)	15.80	14.55	12.91
P2 (suelo seco + lata)	11.45	10.23	9.25
P3 (peso lata)	4.99	3.94	3.98
Peso de agua (gr)	4.4	4.3	3.7
Peso del suelo seco (gr)	6.5	6.3	5.3
Número de Golpes	34	24	18
Humedad (W)	67.34%	68.68%	69.45%
Límites	Líquido (LL)	68.53%	

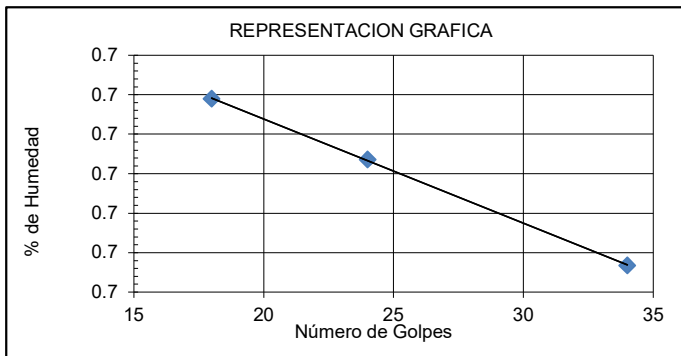
LÍMITE PLÁSTICO

1	2
4	5
12.20	11.62
11.19	10.68
7.37	7.15
1.0	0.9
3.8	3.5
26.44%	26.63%
Plástico (LP)	26.53%

Índice de Plasticidad (IP)	42.00%
Índice de Grupo (IG)	
Humedad Natural (%)	30.10%

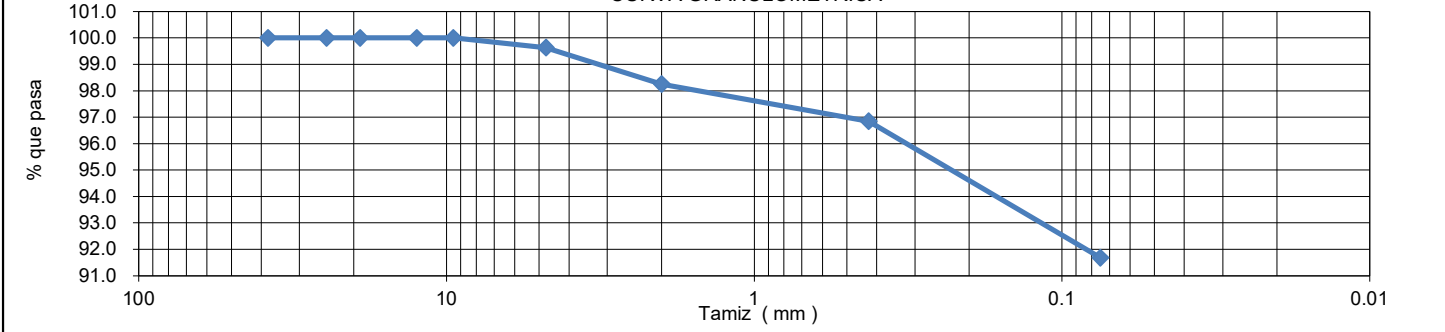
GRANULOMETRÍA

PESO DE LA MUESTRA (Gr) :	292.2
---------------------------	-------



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	1.10	0.38	99.62	4.75
No 10	4.00	1.37	98.25	2.00
No 40	4.10	1.40	96.85	0.43
No 200	15.10	5.17	91.68	0.08
Fondo	267.90	91.68	0.00	
Suma Tamiz	24.30			

CURVA GRANULOMETRICA



DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO
CLIENTE: TRIPLE A S.A. E.S.P.
LOCALIZACIÓN: JUARUCO VÍA JUAN MINA
MUNICIPIO: TUBARÁ (ATLÁNTICO)

DATOS DE LA MUESTRA

Sondeo: 2	Descripción: Arcilla de baja plasticidad
Profundidad (m): 6.00 - 8.00	Color: Marrón con vetas grises
Fecha: 11/2022	Clasificación USCS: CL
Observaciones: N/A	Clasificación AASHTO: A-7-6

LÍMITE LÍQUIDO

Ensayo No	1	2	3
Caja No	1	2	3
P1 (suelo húmedo + lata)	16.85	17.30	14.71
P2 (suelo seco + lata)	12.74	13.06	11.18
P3 (peso lata)	3.97	4.12	3.89
Peso de agua (gr)	4.1	4.2	3.5
Peso del suelo seco (gr)	8.8	8.9	7.3
Número de Golpes	34	28	16
Humedad (W)	46.86%	47.43%	48.42%
Límites	Líquido (LL)	47.66%	

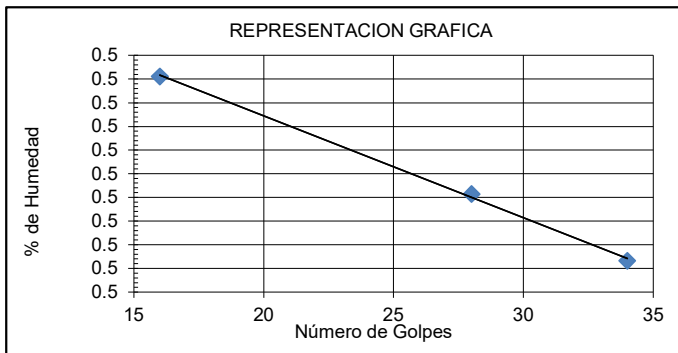
LÍMITE PLÁSTICO

1	2
4	5
13.70	15.52
12.49	14.31
7.33	9.25
1.2	1.2
5.2	5.1
23.45%	23.91%
Plástico (LP)	23.68%

Índice de Plasticidad (IP)	23.98%
Índice de Grupo (IG)	
Humedad Natural (%)	24.30%

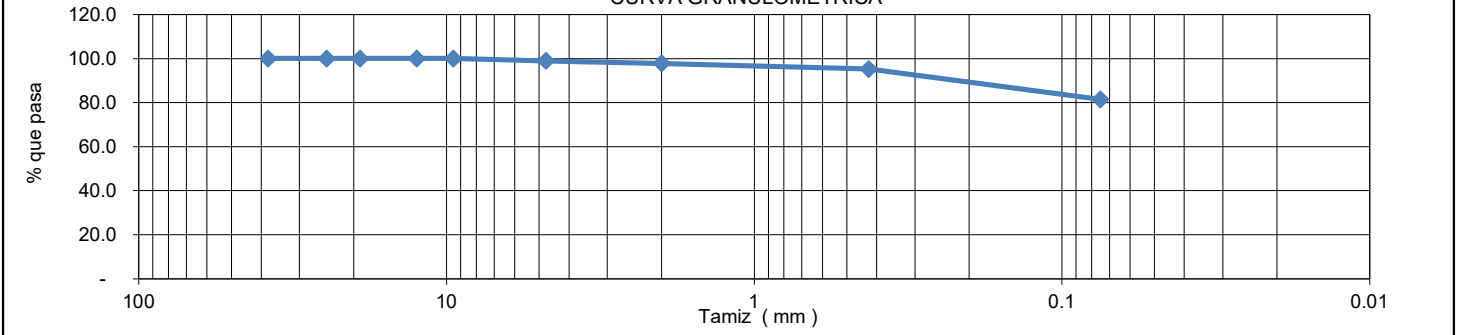
GRANULOMETRÍA

PESO DE LA MUESTRA (Gr) :	457.4
---------------------------	-------



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	5.00	1.09	98.91	4.75
No 10	5.10	1.11	97.79	2.00
No 40	11.80	2.58	95.21	0.43
No 200	62.80	13.73	81.48	0.08
Fondo	372.70	81.48	0.00	
Suma Tamiz	84.70			

CURVA GRANULOMETRICA



DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO

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

LOCALIZACIÓN: JUARUCO VÍA JUAN MINA

MUNICIPIO: TUBARÁ (ATLÁNTICO)

DATOS DE LA MUESTRA

Sondeo: 3

Profundidad (m): 0.00 - 2.50

Fecha: 11/2022

Observaciones: N/A.

Descripción: Limo de alta plasticidad

Color: Marrón

Clasificación USCS: MH

Clasificación AASHTO: A-7-5

LÍMITE LÍQUIDO

Ensayo No	1	2	3
Caja No	1	2	3
P1 (suelo húmedo + lata)	17.22	15.21	16.38
P2 (suelo seco + lata)	12.62	11.20	11.93
P3 (peso lata)	4.10	3.87	3.88
Peso de agua (gr)	4.6	4.0	4.5
Peso del suelo seco (gr)	8.5	7.3	8.1
Número de Golpes	34	25	16
Humedad (W)	53.99%	54.71%	55.28%
Límites	Líquido (LL)	54.66%	

LÍMITE PLÁSTICO

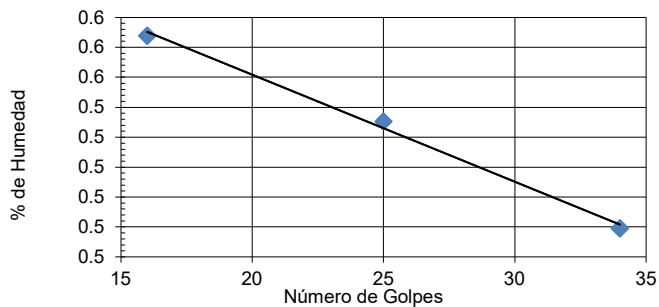
1	2
4	5
13.06	13.54
11.71	12.27
7.48	8.20
1.4	1.3
4.2	4.1
31.91%	31.20%
Plástico (LP)	31.56%

Índice de Plasticidad (IP)	23.10%
Índice de Grupo (IG)	
Humedad Natural (%)	30.00%

GRANULOMETRÍA

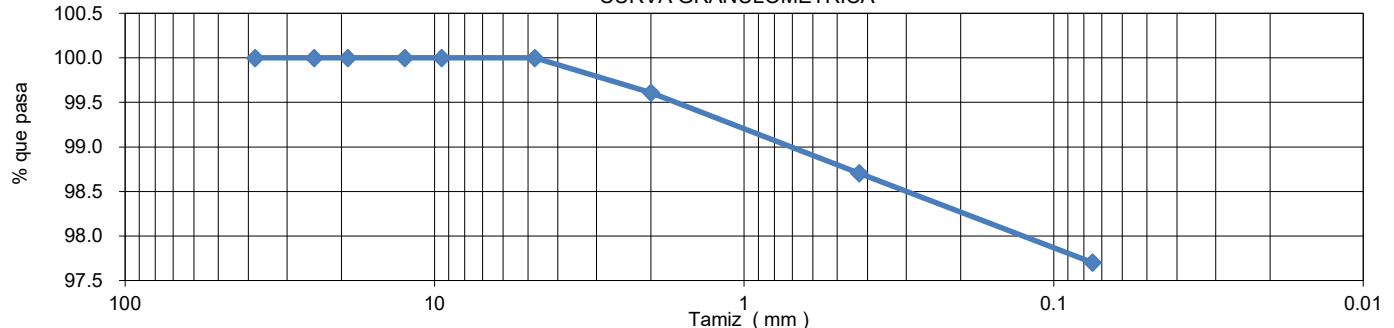
PESO DE LA MUESTRA (Gr) :	409.4
---------------------------	-------

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	0.00	0.00	100.00	4.75
No 10	1.60	0.39	99.61	2.00
No 40	3.70	0.90	98.71	0.43
No 200	4.10	1.00	97.70	0.08
Fondo	400.00	97.70	0.00	
Suma Tamiz	9.40			

CURVA GRANULOMETRICA



DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO

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

LOCALIZACIÓN: JUARUCO VÍA JUAN MINA

MUNICIPIO: TUBARÁ (ATLÁNTICO)

DATOS DE LA MUESTRA

Sondeo: 3

Profundidad (m): 2.50 - 4.00

Fecha: 11/2022

Observaciones: N/A.

Descripción: Arcilla de alta plasticidad

Color: Marrón

Clasificación USCS: CH

Clasificación AASHTO: A-7-5

LÍMITE LIQUIDO

Ensayo No	1	2	3
Caja No	1	2	3
P1 (suelo húmedo + lata)	16.60	12.08	14.58
P2 (suelo seco + lata)	11.60	9.15	9.99
P3 (peso lata)	4.18	4.86	3.34
Peso de agua (gr)	5.0	2.9	4.6
Peso del suelo seco (gr)	7.4	4.3	6.7
Número de Golpes	34	24	16
Humedad (W)	67.39%	68.30%	69.02%
Límites	Líquido (LL)	68.21%	

LÍMITE PLASTICO

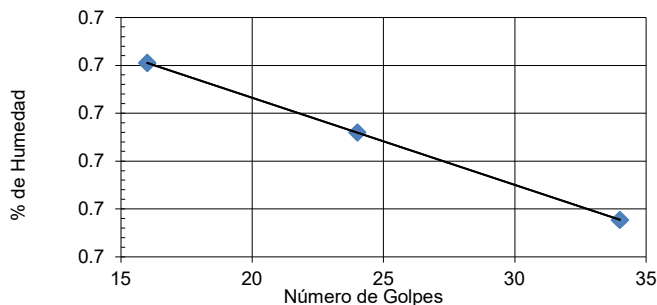
1	2
4	5
11.86	11.90
10.27	10.33
6.04	6.13
1.6	1.6
4.2	4.2
37.59%	37.38%
Plástico (LP)	37.48%

Índice de Plasticidad (IP)	30.72%
Índice de Grupo (IG)	
Humedad Natural (%)	26.80%

GRANULOMETRÍA

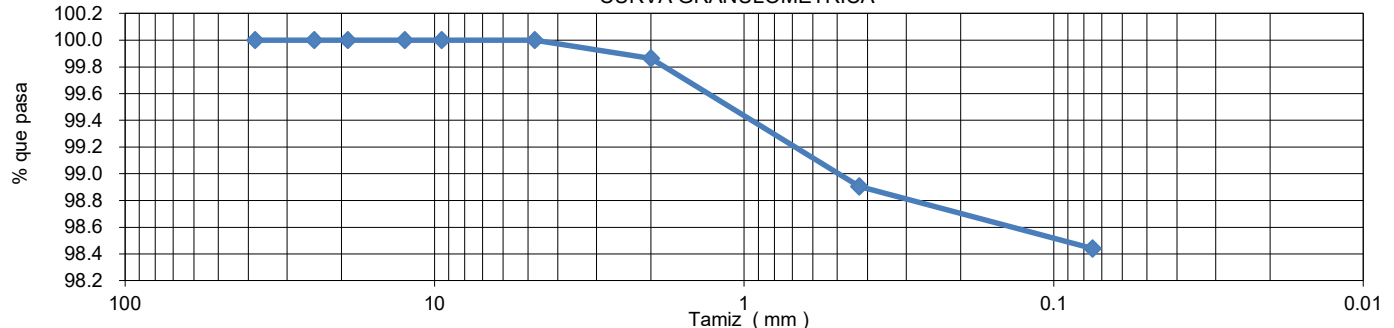
PESO DE LA MUESTRA (Gr) :	365.3
---------------------------	-------

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	0.00	0.00	100.00	4.75
No 10	0.50	0.14	99.86	2.00
No 40	3.50	0.96	98.91	0.43
No 200	1.70	0.47	98.44	0.08
Fondo	359.60	98.44	0.00	
Suma Tamiz	5.70			

CURVA GRANULOMETRICA



DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO

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

LOCALIZACIÓN: JUARUCO VÍA JUAN MINA

MUNICIPIO: TUBARÁ (ATLÁNTICO)

DATOS DE LA MUESTRA

Sondeo: 3

Profundidad (m): 4.00 - 6.00

Fecha: 11/2022

Observaciones: N/A.

Descripción: Arcilla de alta plasticidad

Color: Marrón

Clasificación USCS: CH

Clasificación AASHTO: A-7-5

LÍMITE LÍQUIDO

Ensayo No	1	2	3
Caja No	1	2	3
P1 (suelo húmedo + lata)	18.24	17.43	17.01
P2 (suelo seco + lata)	12.39	12.04	11.54
P3 (peso lata)	4.11	4.51	3.99
Peso de agua (gr)	5.9	5.4	5.5
Peso del suelo seco (gr)	8.3	7.5	7.6
Número de Golpes	34	25	16
Humedad (W)	70.65%	71.58%	72.45%
Límites	Líquido (LL)	71.56%	

LÍMITE PLÁSTICO

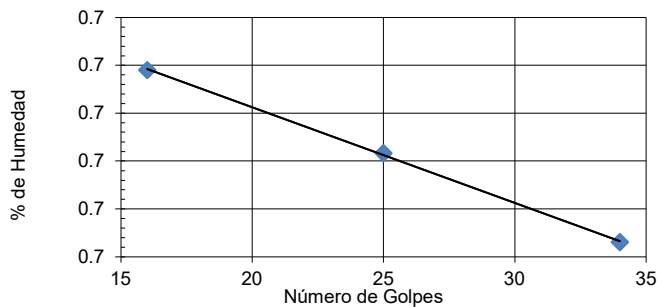
1	2
4	5
12.24	13.21
10.99	11.85
7.54	8.13
1.3	1.4
3.5	3.7
36.23%	36.56%
Plástico (LP)	36.40%

Índice de Plasticidad (IP)	35.17%
Índice de Grupo (IG)	
Humedad Natural (%)	28.90%

GRANULOMETRÍA

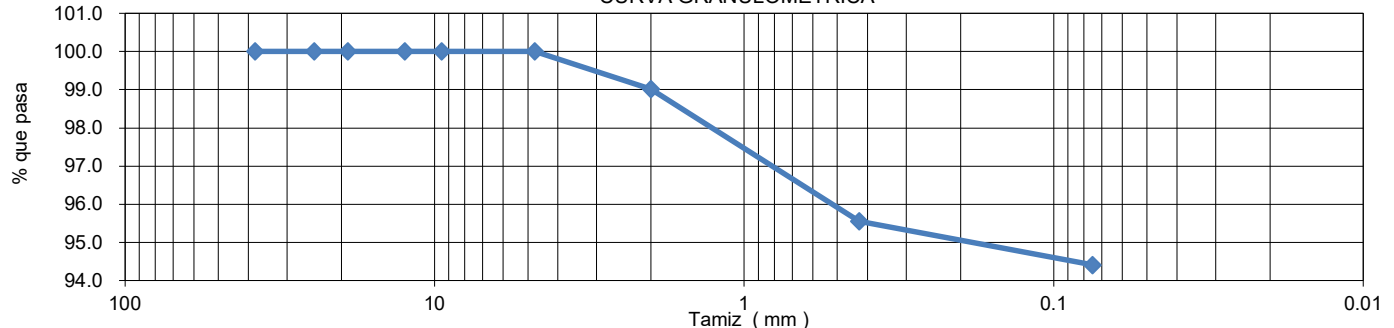
PESO DE LA MUESTRA (Gr) :	357.8
---------------------------	-------

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	0.00	0.00	100.00	4.75
No 10	3.50	0.98	99.02	2.00
No 40	12.40	3.47	96.53	0.43
No 200	4.10	1.15	98.85	0.08
Fondo	337.80	94.41	5.59	
Suma Tamiz	20.00			

CURVA GRANULOMETRICA



DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO

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

LOCALIZACIÓN: JUARUCO VÍA JUAN MINA

MUNICIPIO: TUBARÁ (ATLÁNTICO)

DATOS DE LA MUESTRA

Sondeo: 4

Profundidad (m): 0.00 - 1.50

Fecha: 11/2022

Observaciones: N/A.

Descripción: Arcilla de alta plasticidad

Color: Marrón

Clasificación USCS: CH

Clasificación AASHTO: A-7-6

LÍMITE LÍQUIDO

Ensayo No	1	2	3
Caja No	1	2	3
P1 (suelo húmedo + lata)	19.72	19.63	21.68
P2 (suelo seco + lata)	13.82	13.92	14.90
P3 (peso lata)	4.24	4.75	4.21
Peso de agua (gr)	5.9	5.7	6.8
Peso del suelo seco (gr)	9.6	9.2	10.7
Número de Golpes	34	28	18
Humedad (W)	61.59%	62.27%	63.42%
Límites	Líquido (LL)	62.62%	

LÍMITE PLÁSTICO

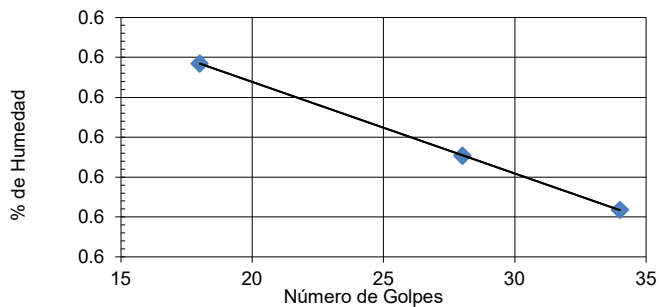
1	2
4	5
12.62	12.55
11.54	11.45
7.81	7.57
1.1	1.1
3.7	3.9
28.95%	28.35%
Plástico (LP)	28.65%

Índice de Plasticidad (IP)	33.97%
Índice de Grupo (IG)	
Humedad Natural (%)	37.00%

GRANULOMETRÍA

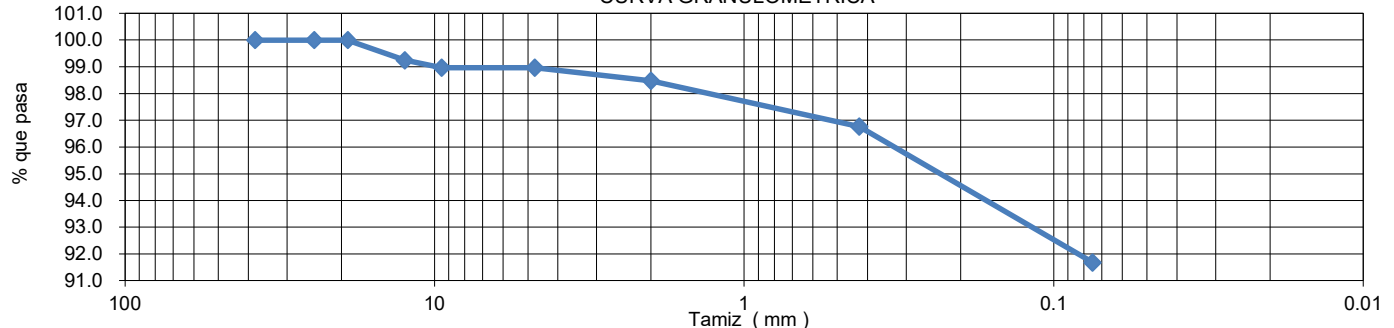
PESO DE LA MUESTRA (Gr) :	426.8
---------------------------	-------

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"	3.20	0.75	99.25	12.50
3/8"	1.20	0.28	98.97	9.50
No 4	0.00	0.00	98.97	4.75
No 10	2.10	0.49	98.48	2.00
No 40	7.30	1.71	96.77	0.43
No 200	21.70	5.08	91.68	0.08
Fondo	391.30	91.68	0.00	
Suma Tamiz	35.50			

CURVA GRANULOMETRICA



DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO

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

LOCALIZACIÓN: JUARUCO VÍA JUAN MINA

MUNICIPIO: TUBARÁ (ATLÁNTICO)

DATOS DE LA MUESTRA

Sondeo: 4

Profundidad (m): 1.50 - 3.50

Fecha: 11/2022

Observaciones: N/A.

Descripción: Arcilla de alta plasticidad

Color: Gris con vetas marrones

Clasificación USCS: CH

Clasificación AASHTO: A-7-5

LÍMITE LÍQUIDO

Ensayo No	1	2	3
Caja No	1	2	3
P1 (suelo húmedo + lata)	21.71	18.73	21.86
P2 (suelo seco + lata)	14.80	13.03	14.80
P3 (peso lata)	4.15	4.40	4.28
Peso de agua (gr)	6.9	5.7	7.1
Peso del suelo seco (gr)	10.7	8.6	10.5
Número de Golpes	34	26	18
Humedad (W)	64.88%	66.05%	67.11%
Límites	Líquido (LL)	66.15%	

LÍMITE PLÁSTICO

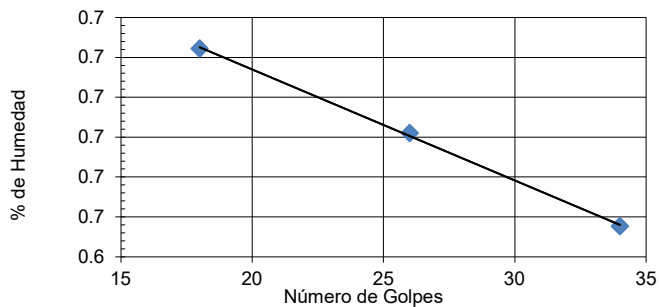
1	2
4	5
14.38	14.42
12.56	12.47
7.57	7.09
1.8	2.0
5.0	5.4
36.47%	36.25%
Plástico (LP)	36.36%

Índice de Plasticidad (IP)	29.79%
Índice de Grupo (IG)	
Humedad Natural (%)	31.70%

GRANULOMETRÍA

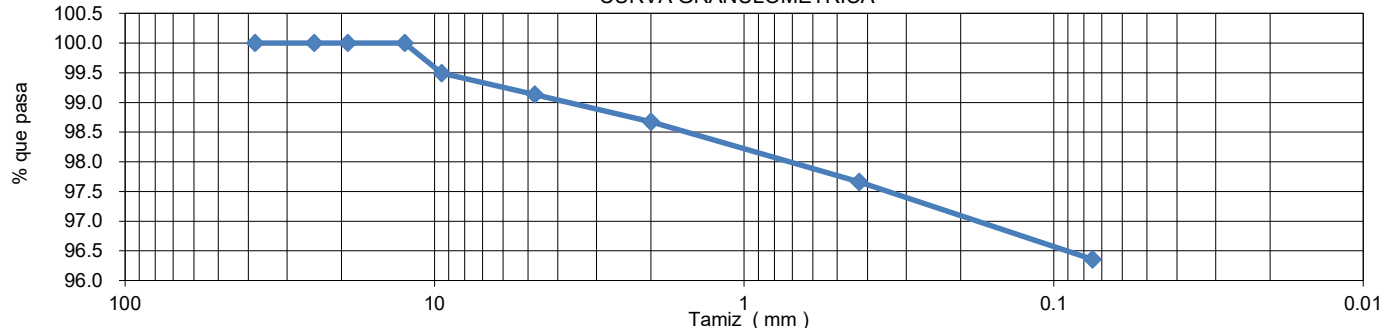
PESO DE LA MUESTRA (Gr) :	414.4
---------------------------	-------

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"	2.10	0.51	99.49	9.50
No 4	1.50	0.36	99.13	4.75
No 10	1.90	0.46	98.67	2.00
No 40	4.20	1.01	97.66	0.43
No 200	5.40	1.30	96.36	0.08
Fondo	399.30	96.36	0.00	
Suma Tamiz	15.10			

CURVA GRANULOMETRICA



DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO: EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO

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

LOCALIZACIÓN: CORREGIMIENTO JUARUCO

MUNICIPIO: TUBARÁ (ATLÁNTICO)

DATOS DE LA MUESTRA

Sondeo: 4

Profundidad (m): 3.50 - 6.00

Fecha: 11/2022

Observaciones: N/A.

Descripción: Arcilla de alta plasticidad

Color: Marrón con vetas grises

Clasificación USCS: CH

Clasificación AASHTO: A-7-5

LÍMITE LIQUIDO

Ensayo No	1	2	3
Caja No	1	2	3
P1 (suelo húmedo + lata)	20.80	19.42	17.00
P2 (suelo seco + lata)	14.01	13.00	11.69
P3 (peso lata)	4.32	3.97	4.35
Peso de agua (gr)	6.8	6.4	5.3
Peso del suelo seco (gr)	9.7	9.0	7.3
Número de Golpes	34	27	18
Humedad (W)	70.07%	71.10%	72.34%
Límites	Líquido (LL)	71.36%	

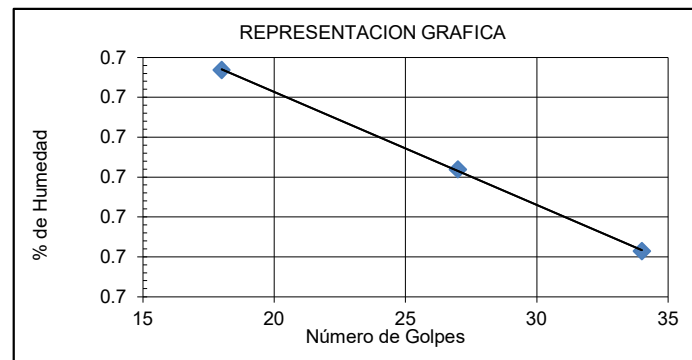
LÍMITE PLASTICO

1	2
4	5
13.26	14.39
11.70	12.69
7.52	8.13
1.6	1.7
4.2	4.6
37.32%	37.28%
Plástico (LP)	37.30%

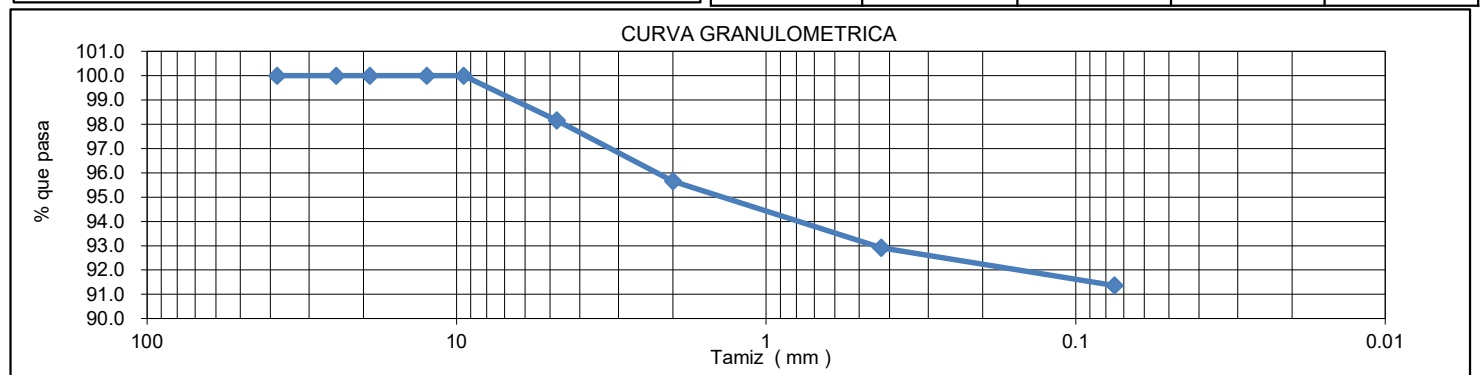
Índice de Plasticidad (IP)	34.06%
Índice de Grupo (IG)	
Humedad Natural (%)	30.10%

GRANULOMETRÍA

PESO DE LA MUESTRA (Gr) :	617.1
---------------------------	-------



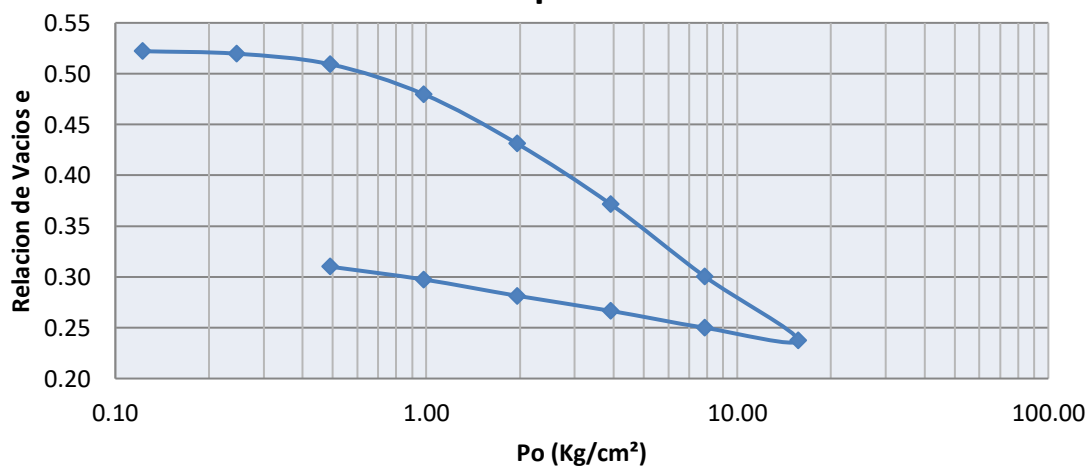
Tamiz	Peso Ret.	% Retenido	% Pasa	tamiz mm
1 1/2"	0.00	0	100.00	38.00
1"	0.00	0.00	100.00	24.50
3/4"	0.00	0.00	100.00	19.10
1/2"	0.00	0.00	100.00	12.50
3/8"	0.00	0.00	100.00	9.50
No 4	11.40	1.85	98.15	4.75
No 10	15.40	2.50	95.66	2.00
No 40	16.90	2.74	92.92	0.43
No 200	9.60	1.56	91.36	0.08
Fondo	563.80	91.36	0.00	
Suma Tamiz	53.30			



ENSAYO CONSOLIDACIÓN

NTC 1967

Presión	Lectura Deformímetro	Altura de la muestra	Altura de Vacíos	Relación de Vacíos Instantánea
kg/cm ²	cm	cm	Δe	e
0.00	0.00	2.50	0.86	0.53
0.12	0.01	2.49	0.86	0.52
0.24	0.01	2.49	0.85	0.52
0.49	0.03	2.47	0.83	0.51
0.98	0.08	2.42	0.79	0.48
1.96	0.16	2.34	0.71	0.43
3.92	0.25	2.25	0.61	0.37
7.83	0.37	2.13	0.49	0.30
15.66	0.47	2.03	0.39	0.24
7.83	0.45	2.05	0.41	0.25
3.92	0.43	2.07	0.44	0.27
1.96	0.40	2.10	0.46	0.28
0.98	0.37	2.13	0.49	0.30
0.49	0.35	2.15	0.51	0.31

Curva de Compresibilidad



 INGENIERO



 LABORATORISTA

EXPANSIÓN

INVE 132 - 13

DATOS DEL PROYECTO**PROYECTO:** EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO**CLIENTE:** TRIPLE A S.A. E.S.P.**LOCALIZACIÓN:** JUARUCO**MUNICIPIO:** TUBARÁ - ATLÁNTICO**DATOS DE LA MUESTRA****Sondeo:** 1**Profundidad (m):** 0.30 - 2.00**Fecha:** noviembre 2022**Observaciones:** N/A**Descripción:** Limo de alta plasticidad**Color:** Marrón claro con vetas grises**Clasificación USCS:** MH**Clasificación AASHTO:** A-7-5**DATOS DEL ENSAYO**

$$\text{ÍNDICE DE EXPANSIÓN LIBRE (IEL) \%} = \left(\frac{V_w - V_k}{V_k} \right) * 100$$

$$\text{ÍNDICE DE EXPANSIÓN LIBRE (IEL) \%} = \left(\frac{74 - 40}{40} \right) * 100 = 85\%$$

Vw: Volumen de la muestra, leído en la probeta que contiene agua destilada.

Vk: Volumen de la muestra, leído en la probeta que contiene Kerosene.

GRADO DE EXPANSIÓN**ÍNDICE DE EXPANSIÓN LIBRE (IEL) %**

BAJO

< 50 %

MEDIO

50 % - 100 %

ALTO

100 % - 200 %

MUY ALTO

> 200 %

OBSERVACIONES: Grado de expansión MEDIO**Vo. Bo. Dpto Ingeniería**

Ing. Johnny Vargas

**Vo.Bo. Laboratorio**

Jainer Velila

DATOS DEL PROYECTO**PROYECTO:** EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO**CLIENTE:** TRIPLE A S.A. E.S.P.**LOCALIZACIÓN:** JUARUCO**MUNICIPIO:** TUBARÁ - ATLÁNTICO**DATOS DE LA MUESTRA****Sondeo:** 2**Profundidad (m):** 1.00 - 3.00**Fecha:** noviembre 2022**Observaciones:** N/A**Descripción:** Arcilla de alta plasticidad**Color:** Marrón claro**Clasificación USCS:** CH**Clasificación AASHTO:** A-7-5**DATOS DEL ENSAYO**

$$\text{ÍNDICE DE EXPANSIÓN LIBRE (IEL) \%} = \left(\frac{V_w - V_k}{V_k} \right) * 100$$

$$\text{ÍNDICE DE EXPANSIÓN LIBRE (IEL) \%} = \left(\frac{83 - 40}{40} \right) * 100 = 108\%$$

V_w: Volumen de la muestra, leído en la probeta que contiene agua destilada.V_k: Volumen de la muestra, leído en la probeta que contiene Kerosene.**GRADO DE EXPANSIÓN****ÍNDICE DE EXPANSIÓN LIBRE (IEL) %**

BAJO

< 50 %

MEDIO

50 % - 100 %

ALTO

100 % - 200 %

MUY ALTO

> 200 %

OBSERVACIONES: Grado de expansión ALTO**Vo. Bo. Dpto Ingeniería**

Ing. Johnny Vargas

**Vo.Bo. Laboratorio**

Jainer Velila

DATOS DEL PROYECTO**PROYECTO:** EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO**CLIENTE:** TRIPLE A S.A. E.S.P.**LOCALIZACIÓN:** JUARUCO**MUNICIPIO:** TUBARÁ - ATLÁNTICO**DATOS DE LA MUESTRA****Sondeo:** 3**Profundidad (m):** 0.00 - 2.50**Fecha:** noviembre 2022**Observaciones:** N/A**Descripción:** Limo de alta plasticidad**Color:** Marrón**Clasificación USCS:** MH**Clasificación AASHTO:** A-7-5**DATOS DEL ENSAYO**

$$\text{ÍNDICE DE EXPANSIÓN LIBRE (IEL) \%} = \left(\frac{V_w - V_k}{V_k} \right) * 100$$

$$\text{ÍNDICE DE EXPANSIÓN LIBRE (IEL) \%} = \left(\frac{76 - 40}{40} \right) * 100 = 90\%$$

Vw: Volumen de la muestra, leído en la probeta que contiene agua destilada.

Vk: Volumen de la muestra, leído en la probeta que contiene Kerosene.

GRADO DE EXPANSIÓN**ÍNDICE DE EXPANSIÓN LIBRE (IEL) %**

BAJO

< 50 %

MEDIO

50 % - 100 %

ALTO

100 % - 200 %

MUY ALTO

> 200 %

OBSERVACIONES: Grado de expansión MEDIO**Vo. Bo. Dpto Ingeniería**

Ing. Johnny Vargas

**Vo.Bo. Laboratorio**

Jainer Velila

DATOS DEL PROYECTO**PROYECTO:** EBAP AULAS AMBIENTALES JUARUCO**CLIENTE:** TRIPLE A S.A. E.S.P.**LOCALIZACIÓN:** JUARUCO**MUNICIPIO:** TUBARÁ - ATLÁNTICO**DATOS DE LA MUESTRA****Sondeo:** 4**Profundidad (m):** 0.00 - 1.50**Fecha:** noviembre 2022**Observaciones:** N/A**Descripción:** Arcilla de alta plasticidad**Color:** Marrón**Clasificación USCS:** CH**Clasificación AASHTO:** A-7-6**DATOS DEL ENSAYO**

$$\text{ÍNDICE DE EXPANSIÓN LIBRE (IEL) \%} = \left(\frac{V_w - V_k}{V_k} \right) * 100$$

$$\text{ÍNDICE DE EXPANSIÓN LIBRE (IEL) \%} = \left(\frac{74 - 40}{40} \right) * 100 = 85\%$$

Vw: Volumen de la muestra, leído en la probeta que contiene agua destilada.

Vk: Volumen de la muestra, leído en la probeta que contiene Kerosene.

GRADO DE EXPANSIÓN**ÍNDICE DE EXPANSIÓN LIBRE (IEL) %**

BAJO	< 50 %
MEDIO	50 % - 100 %
ALTO	100 % - 200 %
MUY ALTO	> 200 %

OBSERVACIONES: Grado de expansión MEDIO**Vo. Bo. Dpto Ingeniería**
Ing. Johnny Vargas**Vo.Bo. Laboratorio**
Jainer Velila

EXPANSIÓN

INVE 173 - 13

ORDEN DE TRABAJO: _____
FECHA DE ENSAYO: _____
CARGA DE ASIENTO 0.07 kgf/cm²

Sondeo: _____		Profundidad (m): 0.00-0.50		Clasificación (S.U.C.S): _____	
Altura (h):	2.50 cm	Peso de anillo:	158.20 gr	Humedad Inicial (%):	34.60%
Diámetro (ϕ):	5.00 cm.	Peso de anillo más muestra:	248.50 gr	Humedad Final (%):	40.70%
Área (Ao):	19.63 cm ²	Peso de muestra:	90.30 gr	Peso Seco Ws (gr.):	67.09
Volumen (Vm):	49.09 cm ³	Gravedad Específica Gs:	2.70	Altura de sólidos (mm):	12.65

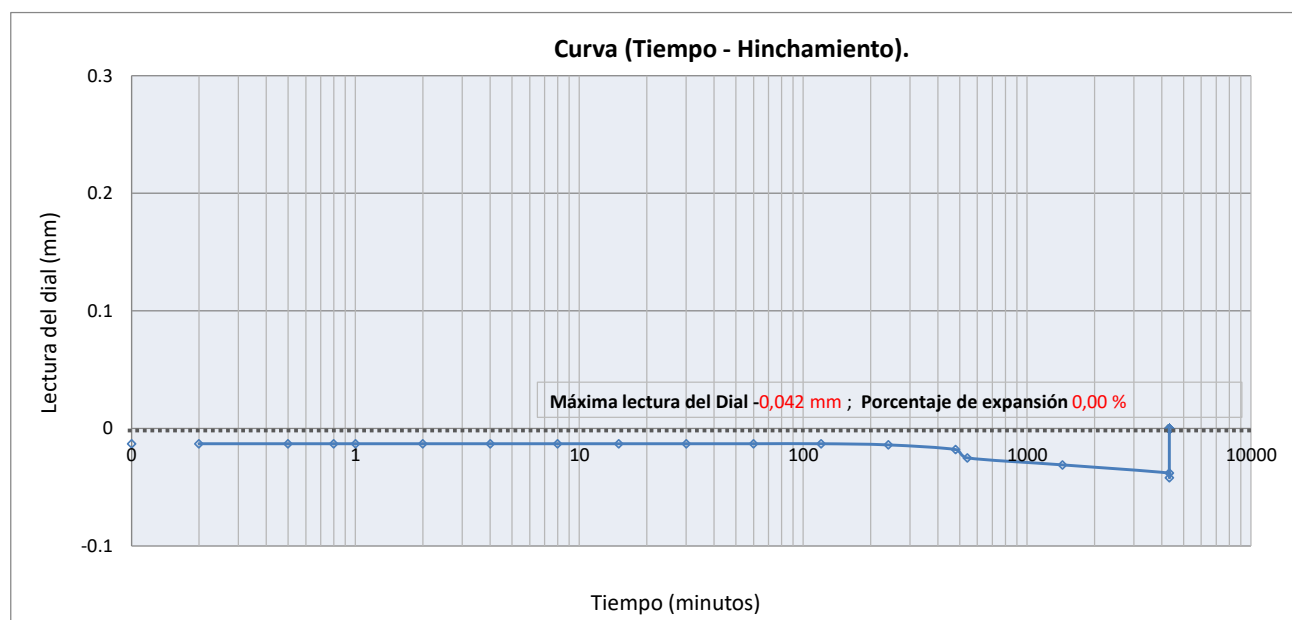
Tiempo (min.)	Tiempo (seg.)	Lectura del Dial (mm)	Expansión (mm)	Altura (mm)	Altura de vacíos (mm)	Volumen (cm³)	Relación de Vacíos	Porcentaje de Expansión (%)
0	0	0.000	0.000	25.000	12.345	49.087	0.976	0.00%
0.1	6	-0.013	-0.013	24.987	12.332	49.062	0.975	0.00%
0.2	12	-0.013	-0.013	24.987	12.332	49.062	0.975	0.00%
0.5	30	-0.013	-0.013	24.987	12.332	49.062	0.975	0.00%
0.8	48	-0.013	-0.013	24.987	12.332	49.062	0.975	0.00%
1	60	-0.013	-0.013	24.987	12.332	49.062	0.975	0.00%
2	120	-0.013	-0.013	24.987	12.332	49.062	0.975	0.00%
4	240	-0.013	-0.013	24.987	12.332	49.062	0.975	0.00%
8	480	-0.013	-0.013	24.987	12.332	49.062	0.975	0.00%
15	900	-0.013	-0.013	24.987	12.332	49.062	0.975	0.00%
30	1800	-0.013	-0.013	24.987	12.332	49.062	0.975	0.00%
60	3600	-0.013	-0.013	24.987	12.332	49.062	0.975	0.00%
120	7200	-0.013	-0.013	24.987	12.332	49.062	0.975	0.00%
240	14400	-0.014	-0.014	24.986	12.331	49.060	0.974	0.00%
480	28800	-0.018	-0.018	24.982	12.327	49.052	0.974	0.00%
540	32400	-0.025	-0.025	24.975	12.320	49.038	0.974	0.00%
1440	86400	-0.031	-0.031	24.969	12.314	49.027	0.973	0.00%
2880	172800	-0.038	-0.038	24.962	12.307	49.013	0.973	0.00%
4320	259200	-0.042	-0.042	24.958	12.303	49.005	0.972	0.00%

[illegible]

CLIENTE: TRIPLE A S.A E.S.P
PROYECTO: EBAP AULAS AMBIENTALES
LOCALIZACIÓN: JUARRUCO, SHELBY #2

ORDEN DE TRABAJO: _____
FECHA DE ENSAYO: _____
CARGA DE ASIENTO 0.07 kgf/cm²

Sondeo: _____	Profundidad (m): 0.00-0.50	Clasificación (S.U.C.S): _____
Altura (h): 2.50 cm	Peso de anillo: 158.20 gr	Humedad Inicial (%): 34.60%
Diámetro (φ): 5.00 cm.	Peso de anillo más muestra: 248.50 gr	Humedad Final (%): 40.70%
Área (Ao): 19.63 cm ²	Peso de muestra: 90.30 gr	Peso Seco Ws (gr.): 67.09
Volumen (Vm): 49.09 cm ³	Gravedad Específica Gs: 2.70	Altura de solidos (mm): 12.65



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

PROYECTO: EBAP AULAS AMBIENTALES

LOCALIZACIÓN: JUARRUCO, SHELBY #3

ORDEN DE TRABAJO: _____
FECHA DE ENSAYO: _____
CARGA DE ASIENTO 0.07 kgf/cm²

Sondeo: _____		Profundidad (m): <u>0.00-0.50</u>		Clasificación (S.U.C.S): _____	
Altura (h):	<u>2.50</u> cm	Peso de anillo:	<u>137.10</u> gr	Humedad Inicial (%):	<u>42.60%</u>
Diámetro (ϕ):	<u>5.00</u> cm.	Peso de anillo más muestra:	<u>228.10</u> gr	Humedad Final (%):	<u>39.10%</u>
Área (Ao):	<u>19.63</u> cm ²	Peso de muestra:	<u>91.00</u> gr	Peso Seco Ws (gr.):	<u>63.81</u>
Volumen (Vm):	<u>49.09</u> cm ³	Gravedad Específica Gs:	<u>2.70</u>	Altura de solidos (mm):	<u>12.04</u>

ETAPA DE EXPANSION

Tiempo (min.)	Tiempo (seg.)	Lectura del Dial (mm)	Expansión (mm)	Altura (mm)	Altura de vacíos (mm)	Volumen (cm³)	Relación de Vacíos	Porcentaje de Expansión (%)
0	0	0.000	0.000	25.000	12.963	49.087	1.077	0.00%
0.1	6	0.006	0.006	25.006	12.969	49.099	1.077	0.02%
0.2	12	0.006	0.006	25.006	12.969	49.099	1.077	0.02%
0.5	30	0.006	0.006	25.006	12.969	49.099	1.077	0.02%
0.8	48	0.006	0.006	25.006	12.969	49.099	1.077	0.02%
1	60	0.006	0.006	25.006	12.969	49.099	1.077	0.02%
2	120	0.006	0.006	25.006	12.969	49.099	1.077	0.02%
4	240	0.006	0.006	25.006	12.969	49.099	1.077	0.02%
8	480	0.007	0.007	25.007	12.970	49.101	1.077	0.03%
15	900	0.007	0.007	25.007	12.970	49.101	1.077	0.03%
30	1800	0.008	0.008	25.008	12.971	49.103	1.078	0.03%
60	3600	0.008	0.008	25.008	12.971	49.103	1.078	0.03%
120	7200	0.010	0.010	25.010	12.973	49.107	1.078	0.04%
240	14400	0.013	0.013	25.013	12.976	49.113	1.078	0.05%
480	28800	0.015	0.015	25.015	12.978	49.117	1.078	0.06%
540	32400	0.016	0.016	25.016	12.979	49.119	1.078	0.06%
1440	86400	0.018	0.018	25.018	12.981	49.123	1.078	0.07%
2880	172800	0.018	0.018	25.018	12.981	49.123	1.078	0.07%
4320	259200	0.018	0.018	25.018	12.981	49.123	1.078	0.07%

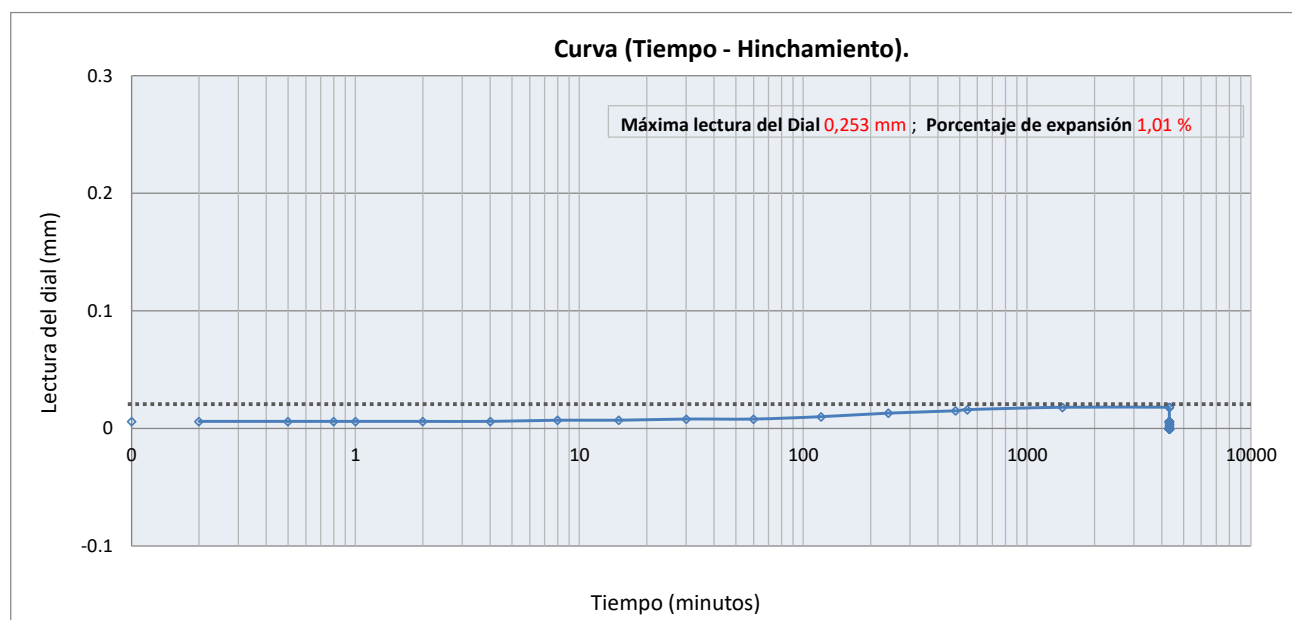
ETAPA DE CONSOLIDACIÓN - CARGA No.1 = 250 gr / 0.13 kgf/cm²

[illegible]

CLIENTE: TRIPLE A S.A E.S.P
PROYECTO: EBAP AULAS AMBIENTALES
LOCALIZACIÓN: JUARRUCO, SHELBY #3

ORDEN DE TRABAJO:
FECHA DE ENSAYO:
CARGA DE ASIENTO 0.07 kgf/cm²

Sondeo:		Profundidad (m):	0.00-0.50	Clasificación (S.U.C.S):	
Altura (h):	2.50 cm	Peso de anillo:	137.10 gr	Humedad Inicial (%):	42.60%
Diámetro (φ):	5.00 cm.	Peso de anillo más muestra:	228.10 gr	Humedad Final (%):	39.10%
Área (Ao):	19.63 cm ²	Peso de muestra:	91.00 gr	Peso Seco Ws (gr.):	63.81
Volumen (Vm):	49.09 cm ³	Gravedad Específica Gs:	2.70	Altura de solidos (mm):	12.04



ANEXO N° 4

MEMORIA DE CÁLCULO

DATOS GENERALES – Cuarto eléctrico.

```
=====
Anchura cimentación          5.09 m
Longitud cimentación         14.4 m
Profundidad de cimentación    0.3 m
Profundidad nivel freático    4.0
=====
```

ESTRATIGRAFÍA TERRENO

Corr: Parámetros con factor de corrección (TERZAGHI)

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH [m]	Gam [kN/m ³]	Gams [kN/m ³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m ²]	c Corr. [kN/m ²]	cu [kN/m ²]	Ey [kN/m ²]
3.5	18.4	18.9	17.0	17	15.0	15.0	47.8	29700.0
1.5	20.4	20.9	21.0	21	21.0	21.0	104.8	29700.0
1.0	22.3	22.8	22.0	22	27.0	27.0	162.4	29700.0

CARGA ÚLTIMA CIMENTACIÓN COMBINACIÓN...Carga última
 Autor: HANSEN (1970)

```
Carga última [Qult]          329.66 kN/m²
Resistencia de proyecto [Rd] 109.89 kN/m²
Factor de seguridad [Fs=Qult/Ed] --
```

Carga última

Autore: HANSEN (1970) (Condición drenada)

```
=====
Factor [Nq]                   4.9
Factor [Nc]                   12.55
Factor [Ng]                   1.82
Factor forma [Sc]             1.14
```

Factor profundidad [Dc]	1.02
Factor inclinación cargas [Ic]	1.0
Factor inclinación talud [Gc]	1.0
Factor inclinación base [Bc]	1.0
Factor forma [Sq]	1.11
Factor profundidad [Dq]	1.02
Factor inclinación cargas [Iq]	1.0
Factor inclinación talud [Gq]	1.0
Factor inclinación base [Bq]	1.0
Factor forma [Sg]	0.86
Factor profundidad [Dg]	1.0
Factor inclinación cargas [Ig]	1.0
Factor inclinación talud [Gg]	1.0
Factor inclinación base [Bg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1.0

Carga última	329.66 kN/m ²
Resistencia de proyecto	109.89 kN/m ²

Autore: TERZAGHI (1955) (Condición drenada)

Factor [Nq]	5.61
Factor [Nc]	14.82
Factor [Ng]	3.51
Factor forma [Sc]	1.0
Factor forma [Sg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1.0

Carga última	425.25 kN/m ²
Resistencia de proyecto	141.75 kN/m ²

Autore: MEYERHOF (1963) (Condición drenada)

Factor [Nq]	4.9
Factor [Nc]	12.55
Factor [Ng]	1.75

Factor forma [Sc]	1.13
Factor profundidad [Dc]	1.02
Factor inclinación cargas [Ic]	1.0
Factor forma [Sq]	1.07
Factor profundidad [Dq]	1.01
Factor inclinación cargas [Iq]	1.0
Factor forma [Sg]	1.07
Factor profundidad [Dg]	1.01
Factor inclinación cargas [Ig]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1.0

Carga última	340.0 kN/m ²
Resistencia de proyecto	113.33 kN/m ²

Autore: VESIC (1975) (Condición drenada)

Factor [Nq]	4.9
Factor [Nc]	12.55
Factor [Ng]	3.67
Factor forma [Sc]	1.14
Factor profundidad [Dc]	1.02
Factor inclinación cargas [Ic]	1.0
Factor inclinación talud [Gc]	1.0
Factor inclinación base [Bc]	1.0
Factor forma [Sq]	1.11
Factor profundidad [Dq]	1.02
Factor inclinación cargas [Iq]	1.0
Factor inclinación talud [Gq]	1.0
Factor inclinación base [Bq]	1.0
Factor forma [Sg]	0.86
Factor profundidad [Dg]	1.0
Factor inclinación cargas [Ig]	1.0
Factor inclinación talud [Gg]	1.0
Factor inclinación base [Bg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1.0

Carga última	404.65 kN/m ²
--------------	--------------------------

Resistencia de proyecto 134.88 kN/m²

=====

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condición drenada)

=====

Factor [Nq]	4.9
Factor [Nc]	12.55
Factor [Ng]	1.82
Factor forma [Sc]	1.13
Factor profundidad [Dc]	1.02
Factor inclinación cargas [Ic]	1.0
Factor inclinación talud [Gc]	1.0
Factor inclinación base [Bc]	1.0
Factor forma [Sq]	1.1
Factor profundidad [Dq]	1.02
Factor inclinación cargas [Iq]	1.0
Factor inclinación talud [Gq]	1.0
Factor inclinación base [Bq]	1.0
Factor forma [Sg]	0.89
Factor profundidad [Dg]	1.0
Factor inclinación cargas [Ig]	1.0
Factor inclinación talud [Gg]	1.0
Factor inclinación base [Bg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1.0

=====

Carga última	331.32 kN/m ²
Resistencia de proyecto	110.44 kN/m ²

=====

DATOS GENERALES – Cuarto de máquinas.

```
=====
Anchura cimentación          10.4 m
Longitud cimentación         13.1 m
Profundidad de cimentación    0.3 m
Profundidad nivel freático    4.0
=====
```

ESTRATIGRAFÍA TERRENO

Corr: Parámetros con factor de corrección (TERZAGHI)

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH [m]	Gam [kN/m ³]	Gams [kN/m ³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m ²]	c Corr. [kN/m ²]	cu [kN/m ²]	Ey [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]
3.5	18.4	18.9	17.0	11.58	15.0	15.0	47.8	29700.0	29700.0
1.5	20.4	20.9	21.0	14.42	21.0	21.0	104.8	29700.0	29700.0
1.0	22.3	22.8	22.0	15.15	27.0	27.0	162.4	29700.0	29700.0

CARGA ÚLTIMA CIMENTACIÓN COMBINACIÓN...Carga última
 Autor: HANSEN (1970)

Carga última [Qult] 336.11 kN/m²
 Resistencia de proyecto[Rd] 112.04 kN/m²
 Factor de seguridad [Fs=Qult/Ed] --

Carga última

Autore: HANSEN (1970) (Condición drenada)

```
=====
Factor [Nq]          3.37
Factor [Nc]          10.0
Factor [Ng]          0.84
Factor forma [Sc]    1.27
```

Factor profundidad [Dc]	1.01
Factor inclinación cargas [Ic]	1.0
Factor inclinación talud [Gc]	1.0
Factor inclinación base [Bc]	1.0
Factor forma [Sq]	1.19
Factor profundidad [Dq]	1.01
Factor inclinación cargas [Iq]	1.0
Factor inclinación talud [Gq]	1.0
Factor inclinación base [Bq]	1.0
Factor forma [Sg]	0.68
Factor profundidad [Dg]	1.0
Factor inclinación cargas [Ig]	1.0
Factor inclinación talud [Gg]	1.0
Factor inclinación base [Bg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1.0

Carga última	336.11 kN/m ²
Resistencia de proyecto	112.04 kN/m ²

Autore: TERZAGHI (1955) (Condición drenada)

Factor [Nq]	3.76
Factor [Nc]	11.65
Factor [Ng]	2.05
Factor forma [Sc]	1.0
Factor forma [Sg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1.0

Carga última	449.06 kN/m ²
Resistencia de proyecto	149.69 kN/m ²

Autore: MEYERHOF (1963) (Condición drenada)

Factor [Nq]	3.37
Factor [Nc]	10.0
Factor [Ng]	0.8

Factor forma [Sc]	1.25
Factor profundidad [Dc]	1.01
Factor inclinación cargas [Ic]	1.0
Factor forma [Sq]	1.13
Factor profundidad [Dq]	1.0
Factor inclinación cargas [Iq]	1.0
Factor forma [Sg]	1.13
Factor profundidad [Dg]	1.0
Factor inclinación cargas [Ig]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1.0

Carga última	362.07 kN/m ²
Resistencia de proyecto	120.69 kN/m ²

Autore: VESIC (1975) (Condición drenada)

Factor [Nq]	3.37
Factor [Nc]	10.0
Factor [Ng]	2.08
Factor forma [Sc]	1.27
Factor profundidad [Dc]	1.01
Factor inclinación cargas [Ic]	1.0
Factor inclinación talud [Gc]	1.0
Factor inclinación base [Bc]	1.0
Factor forma [Sq]	1.19
Factor profundidad [Dq]	1.01
Factor inclinación cargas [Iq]	1.0
Factor inclinación talud [Gq]	1.0
Factor inclinación base [Bq]	1.0
Factor forma [Sg]	0.68
Factor profundidad [Dg]	1.0
Factor inclinación cargas [Ig]	1.0
Factor inclinación talud [Gg]	1.0
Factor inclinación base [Bg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1.0

Carga última	414.87 kN/m ²
--------------	--------------------------

Resistencia de proyecto 138.29 kN/m²

=====

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condición drenada)

=====

Factor [Nq]	3.37
Factor [Nc]	10.0
Factor [Ng]	0.84
Factor forma [Sc]	1.26
Factor profundidad [Dc]	1.01
Factor inclinación cargas [Ic]	1.0
Factor inclinación talud [Gc]	1.0
Factor inclinación base [Bc]	1.0
Factor forma [Sq]	1.18
Factor profundidad [Dq]	1.01
Factor inclinación cargas [Iq]	1.0
Factor inclinación talud [Gq]	1.0
Factor inclinación base [Bq]	1.0
Factor forma [Sg]	0.76
Factor profundidad [Dg]	1.0
Factor inclinación cargas [Ig]	1.0
Factor inclinación talud [Gg]	1.0
Factor inclinación base [Bg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1.0

=====

Carga última	340.82 kN/m ²
Resistencia de proyecto	113.61 kN/m ²

=====

DATOS GENERALES – Tanque de combustible.

=====

Anchura cimentación	1.4 m
Longitud cimentación	1.4 m
Profundidad de cimentación	0.3 m
Altura de empotramiento	1.0 m

=====

ESTRATIGRAFÍA TERRENO

Corr: Parámetros con factor de corrección (TERZAGHI)

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; Ficorr: Ángulo de rozamiento interno corregido según Terzaghi; c: Cohesión; c Corr: Cohesión corregida según Terzaghi; Ey: Módulo elástico; Ed: Módulo edométrico; Ni: Poisson; Cv: Coef. consolidac. primaria; Cs: Coef. consolidación secundaria; cu: Cohesión sin drenar

DH [m]	Gam [kN/m ³]	Gams [kN/m ³]	Fi [°]	Fi Corr. [°]	c [kN/m ²]	c Corr. [kN/m ²]	cu [kN/m ²]	Ey [kN/m ²]
3.5	18.4	18.9	17.0	17	15.0	15.0	47.8	29700.0
1.5	20.4	20.9	21.0	21	21.0	21.0	104.8	29700.0
1.0	22.3	22.8	22.0	22	27.0	27.0	162.4	29700.0

CARGA ÚLTIMA CIMENTACIÓN COMBINACIÓN...Carga última
 Autor: TERZAGHI (1955)

Carga última [Qult]	292.07 kN/m ²
Resistencia de proyecto [Rd]	97.36 kN/m ²
Factor de seguridad [Fs=Qult/Ed]	--

Carga última

Autore: HANSEN (1970) (Condición drenada)

=====

Factor [Nq]	4.77
Factor [Nc]	12.34
Factor [Ng]	1.73
Factor forma [Sc]	1.39

Factor profundidad [Dc]	1.09
Factor inclinación cargas [Ic]	1.0
Factor inclinación talud [Gc]	1.0
Factor inclinación base [Bc]	1.0
Factor forma [Sq]	1.31
Factor profundidad [Dq]	1.07
Factor inclinación cargas [Iq]	1.0
Factor inclinación talud [Gq]	1.0
Factor inclinación base [Bq]	1.0
Factor forma [Sg]	0.6
Factor profundidad [Dg]	1.0
Factor inclinación cargas [Ig]	1.0
Factor inclinación talud [Gg]	1.0
Factor inclinación base [Bg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1.0

Carga última	328.67 kN/m ²
Resistencia de proyecto	109.56 kN/m ²

Autore: TERZAGHI (1955) (Condición drenada)

Factor [Nq]	5.45
Factor [Nc]	14.56
Factor [Ng]	3.38
Factor forma [Sc]	1.0
Factor forma [Sg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1.0

Carga última	292.07 kN/m ²
Resistencia de proyecto	97.36 kN/m ²

Autore: MEYERHOF (1963) (Condición drenada)

Factor [Nq]	4.77
Factor [Nc]	12.34
Factor [Ng]	1.66

Factor forma [Sc]	1.37
Factor profundidad [Dc]	1.06
Factor inclinación cargas [Ic]	1.0
Factor forma [Sq]	1.18
Factor profundidad [Dq]	1.03
Factor inclinación cargas [Iq]	1.0
Factor forma [Sg]	1.18
Factor profundidad [Dg]	1.03
Factor inclinación cargas [Ig]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1.0

Carga última	325.44 kN/m ²
Resistencia de proyecto	108.48 kN/m ²

Autore: VESIC (1975) (Condición drenada)

Factor [Nq]	4.77
Factor [Nc]	12.34
Factor [Ng]	3.53
Factor forma [Sc]	1.39
Factor profundidad [Dc]	1.09
Factor inclinación cargas [Ic]	1.0
Factor inclinación talud [Gc]	1.0
Factor inclinación base [Bc]	1.0
Factor forma [Sq]	1.31
Factor profundidad [Dq]	1.07
Factor inclinación cargas [Iq]	1.0
Factor inclinación talud [Gq]	1.0
Factor inclinación base [Bq]	1.0
Factor forma [Sg]	0.6
Factor profundidad [Dg]	1.0
Factor inclinación cargas [Ig]	1.0
Factor inclinación talud [Gg]	1.0
Factor inclinación base [Bg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1.0

Carga última	342.58 kN/m ²
--------------	--------------------------

Resistencia de proyecto 114.19 kN/m²

=====

Autore: Brinch - Hansen 1970 (Condición drenada)

=====

Factor [Nq]	4.77
Factor [Nc]	12.34
Factor [Ng]	1.73
Factor forma [Sc]	1.37
Factor profundidad [Dc]	1.09
Factor inclinación cargas [Ic]	1.0
Factor inclinación talud [Gc]	1.0
Factor inclinación base [Bc]	1.0
Factor forma [Sq]	1.29
Factor profundidad [Dq]	1.07
Factor inclinación cargas [Iq]	1.0
Factor inclinación talud [Gq]	1.0
Factor inclinación base [Bq]	1.0
Factor forma [Sg]	0.7
Factor profundidad [Dg]	1.0
Factor inclinación cargas [Ig]	1.0
Factor inclinación talud [Gg]	1.0
Factor inclinación base [Bg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zq]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zg]	1.0
Factor corrección sísmico inercial [zc]	1.0

=====

Carga última	327.13 kN/m ²
Resistencia de proyecto	109.04 kN/m ²

=====