

INDUSTRIAS CORREAGUA S.A.



ESTUDIO GEOTÉCNICO GALERA JUAN DIAZ

Informe Final



**3P Sociedad Limitada**  
**Ingeniería Civil**


*Geotecnia Topografía Vialidad Fundaciones*

Ing. Eduardo Silva Santisteban A.

Lic. 82-006-021

Proyecto N° 2981

12 de noviembre de 2015

EDUARDO E. SILVA SANTISTEBAN ACEVEDO  
INGENIERO CIVIL  
Licencia N°. 82-006-021  
  
FIRMA  
LEY 15 DEL 26 DE ENERO DE 1959  
JUNTA TÉCNICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

## CONTENIDO

1. INTRODUCCION.....	4
Aspectos Generales.....	4
Limitaciones.....	4
Estructuras Propuestas .....	5
2. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO .....	6
Geología.....	6
3. EXPLORACION EL SUELO .....	7
4. RESULTADO DE LOS ENSAYOS.....	9
Descripción de los Ensayos .....	9
Ensayos en Sitio .....	9
Nivel Freático.....	9
SPT .....	10
5. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	12
Humedad Natural .....	12
Granulometría.....	13
DENSIDAD Específica .....	14
Límites de Consistencia .....	14
Densidad Harvard .....	15
DETERMINACIÓN DEL pH .....	16
CORTE DIRECTO .....	17
Resistividad Eléctrica.....	17
6. RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERFORACIÓN ROTATIVA.....	19
DENSIDAD DE LA ROCA .....	19
Angulo De Las Juntas.....	20
Compresión No Confinada.....	21
Calidad De La Roca Rqd.....	21
7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	22
Estratigrafía.....	22
Capacidad De Soporte De La Roca.....	28
Sismicidad.....	29
UNIDADES GEOTÉCNICAS.....	30
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	31
9. ANEXOS .....	32

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 2981 GJD N° 1 Datos de los Sondeos.....	7
Cuadro 2981 GJD N° 2 Normas utilizadas en el estudio geotécnico .....	8
Cuadro 2981 GJD N° 3 Número de ensayos realizados en sitio y laboratorio .....	9
Cuadro 2981 GJD N° 4 Medición de los Niveles freáticos en sondeos.....	10
Cuadro 2981 GJD N° 5 Relación del tipo de suelo y el número de golpes (N) .....	11
Cuadro 2981 GJD N° 6 Capacidad de soporte del suelo ensayo de SPT.....	11
Cuadro 2981 GJD N° 7 Clasificación del contenido de humedad.....	12
Cuadro 2981 GJD N° 8 Contenido natural de agua de los suelos .....	12
Cuadro 2981 GJD N° 9 Resultados de Granulometría.....	13
Cuadro 2981 GJD N° 10 Densidad Específica .....	14
Cuadro 2981 GJD N° 11 Valores de plasticidad.....	14
Cuadro 2981 GJD N° 12 Valores obtenidos en los ensayos de límites .....	15
Cuadro 2981 GJD N° 13 Resultados de ensayos Proctor Harvard ASTM D-4609-A1	15
Cuadro 2981 GJD- N° 14 Clasificación del pH según el grado de acidez.....	16
Cuadro 2981 GJD- N° 15 Resultados de los ensayos pH, Norma AASHTO T 289-91..	16
Cuadro 2981-GJD- N° 16 Resultados de los Corte Directo, Norma ASTM 3080.....	17
Cuadro 2981 GJD N° 17 Clasificación de suelo de acuerdo a su resistividad. ....	18
Cuadro 2981 GJD N° 18 Resultados en los ensayos de resistividad, ASTM G57.....	18
Cuadro 2981 GJD N° 19 Densidad .....	19
Cuadro 2981 GJD N° 20 Densidad vs Profundidad.....	20
Cuadro 2981 GJD N° 21 Ángulos de las juntas .....	20
Cuadro 2981 GJD N° 22 Valores obtenidos de Compresión no confinada .....	21
Cuadro 2981 GJD N° 23 Clasificación de calidad de roca según el RQD .....	21
Cuadro 2981 GJD N° 24 Medición del Índice de Calidad de la Roca, RQD.....	22
Cuadro 2981 GJD N° 25 Estratigrafía del suelo.....	22
Cuadro 2981 GJD N° 26 Unidades Geotécnicas .....	30

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2981 GJD N° 1 Plano de Ubicación del Proyecto .....	5
Figura 2981 GJD N° 2 Mapa geológico .....	6
Figura 2981 GJD N° 3 Ubicación de los sondeos .....	7
Figura 2981 GJD N° 4 Estratigrafía de los sondeos.....	25

## 1. INTRODUCCION

### ASPECTOS GENERALES

El presente informe contiene la metodología y los resultados obtenidos en la investigación geotécnica solicitada por INDUSTRIAS CORREAGUA, para el proyecto Estudio Geotécnico Galera Juan Díaz en un lote donde se encuentra la antenna de MEDCOM, vecino a la Planta de Tratamiento de la Ciudad de Panamá.

El objetivo principal del trabajo ha sido determinar las propiedades geotécnicas: característica del suelo, Identificación y Capacidad de soporte de la roca, donde está prevista la construcción de una Galera, Corregimiento de Juan Díaz, distrito y provincia de Panamá. (Ver Figura 2981 GJD N°1).

El contenido del reporte se ha estructurado en 7 capítulos adicionales a la introducción: Características del sitio, Exploración del suelo, Resultados de los ensayos, Estratigrafía o Unidades Geotécnicas, Sismicidad, Análisis de los Resultados, Conclusiones y Recomendaciones. Así mismo, se incluye un capítulo de Anexos que contiene los cuadros, gráficos y perfiles con los resultados de los ensayos realizados y fotografías de las muestras obtenidas y operación en campo.

Como siempre planteamos en nuestros reportes, es importante señalar que los trabajos efectuados en el presente estudio, así como los análisis y conclusiones que de ellos se obtengan, están basados en el programa de campo antes mencionado. Sin embargo, como consecuencia de la naturaleza misma de este tipo de investigaciones, en las cuales las características del subsuelo obtenidas en un punto localizado del terreno, deben hacerse extensivas a áreas significativamente mayores, es siempre posible que durante la etapa de perforación o corte se encuentren algunas diferencias. En el caso poco probable de que durante la ejecución de las excavaciones se encontraran suelos distintos a las mencionadas en este informe, se recomienda notificarlo de inmediato a fin de efectuar las verificaciones y recomendaciones que sean necesarias.

### LIMITACIONES

Las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo, así como la descripción del Perfil de Suelos que se presenta, se encuentran sustentadas en la información proporcionada por el cliente acerca de las características de las estructuras previstas y en el Programa de Trabajo descrito en la sección correspondiente.



Dicho programa de trabajo es compatible con el carácter y alcances del estudio, con los reglamentos vigentes y con lo recomendado por la práctica usual de la Ingeniería de Cimentaciones, tanto en los aspectos relativos al tipo y cantidad de sondeos efectuados, como en lo relacionado con las profundidades alcanzadas, según el tipo de estructuras previstas y la ubicación y extensión del terreno involucrado.

### ESTRUCTURAS PROPUESTAS

Las estructuras que se proyecta construir, de conformidad con la información proporcionada por el cliente, consisten en una con elementos estructurales de acero.

Al momento de efectuarse el presente informe no se conocen con exactitud las características de los esfuerzos que serán transmitidos a las estructuras de cimentación, para el diseño de las cuales, se recomienda emplear las cargas provenientes del análisis estructural, así como de los correspondientes y detallados metrados de cargas.

Figura 2981 GJD N° 1 Plano de Ubicación del Proyecto



Fuente: Google Earth.

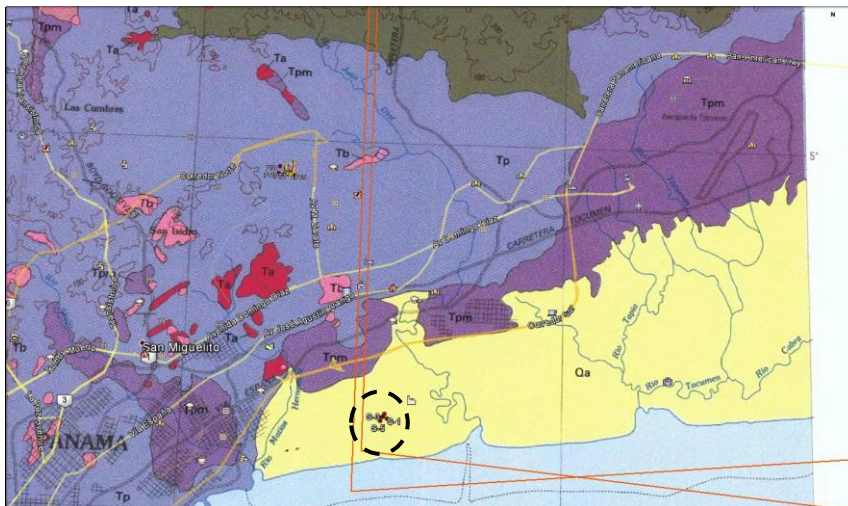
## 2. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO

El sitio se encuentra entre el Puerto de Juan Díaz y la planta de tratamiento de la Ciudad de Panamá, la topografía en plana con canales naturales y alcantarillas de drenaje, no hay vegetación boscosa, herbazales que son mantenidos periódicamente, el acceso es por la carretera al puerto de Juan Díaz.

# GEOLOGÍA

Como se observa en la Figura N° 2981 GJD-02, el área específica en estudio aparece identificada en el “Mapa Geológico del Canal de Panamá y sus alrededores”, Compilado por R. H. y J.L. Stewart con la colaboración de W. P. Woodring, el sitio de estudio presenta dos zona, para la zona 1 incluye los sondeos del 1 al 4 se asocia a la Formación Las Lajas perteneciente al periodo cuaternario Holoceno del grupo Aguadulce, con el color amarillo de Símbolo **Qa**, está formada por Aluviones, sedimentos consolidados, areniscas, corales, manglares, conglomerados, lutitas carbonosas, depósitos tipo delta; debajo de ésta asociamos otra formación Panamá fase marino, Oligoceno inferior a superior, perteneciente al periodo terciario con el color morado de símbolo **Tpm**, está formada por arenisca tobácea, lutita tobácea, caliza algácea y foraminífera. Lutita arenosa en la parte basal en el sinclinal Quebrancha. Para la zona 2, el sondeo 5 presenta la Formación **Qa** en la superficie y debajo de ésta encontramos otra formación Panamá Oligoceno inferior a superior, con el color azul de símbolo **Tp**, está formado por aglomerado generalmente andesítico en tobas de grano-fino. Incluye conglomerados depositados por corrientes.

Figura 2981 GJD N° 2 Mapa geológico



Fuente: Mapa Geológico del Canal de Panamá, R. H. y J. L. Stewart con Colaboración de W. P. Woodring.

### 3. EXPLORACION EL SUELO

En el programa de investigación consideró la ejecución de cinco (5) sondeos a 15.00 m pero se perforó más por las condiciones encontradas, donde el sedimento es de mayor espesor a lo estimado, la profundidad mayor es 17.00 m, donde se perforó un total de 256 metros de roca, (Ver Cuadro 2981 GJD N° 1 y Figura 2981 GJD N° 3). Así mismo se realizaron las pruebas de laboratorio requeridas. En el anexo se incluyen los cuadros, gráficos y perfiles con los resultados de los ensayos realizados y fotografías de las muestras obtenidas en campo.

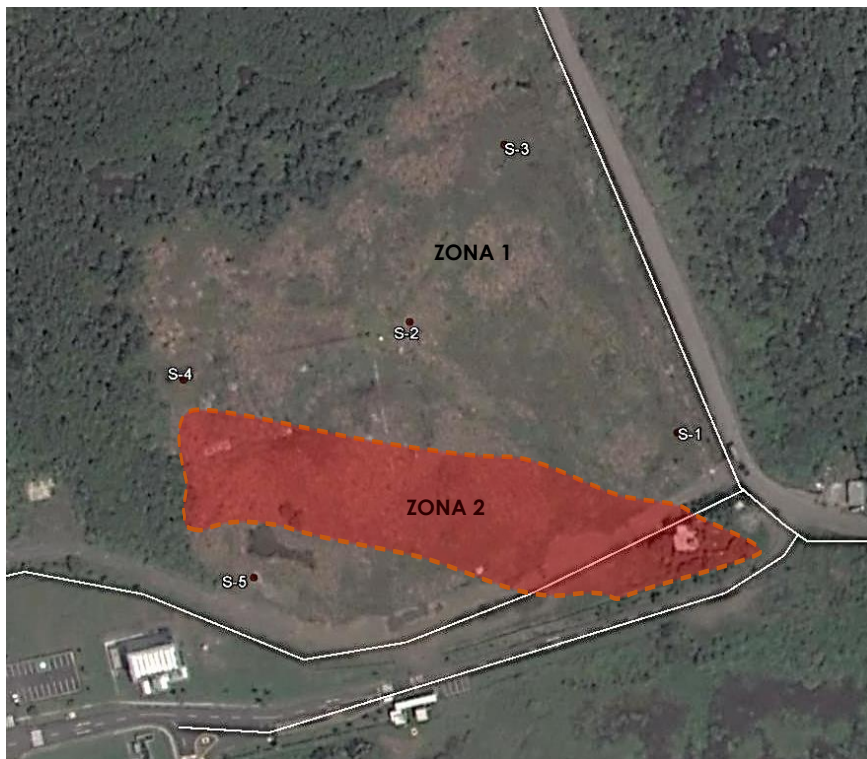
El dueño estableció la ubicación de las perforaciones en las siguientes coordenadas:

Cuadro 2981 GJD N° 1 Datos de los Sondeos

Sondeo	Este	Norte	Prof. m
S1	671049	997163	15.50
S2	670943	997206	15.50
S3	670980	997275	17.00
S4	670854	997183	16.00
S5	670881	997105	15.00

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2981 GJD N° 3 Ubicación de los sondeos



Fuente: Google Earth. Sondeos

La metodología de perforación en el estrato de suelo se extrae muestras de los ensayos de penetración normalizados (SPT), hasta el rechazo. Se continúa con el sistema de rotación con muestreador continuo del tipo wire line y doble tubo NQ, brocas de diamante, forro NW, bomba para agua de alta presión.

En la realización del estudio se utilizaron las Normas ASTM, como se indican en la lista del Cuadro 2981 GJD N°02. La profundidad máxima explorada fue de 17.00 metros medidos desde la superficie.

Cuadro 2981 GJD N° 2 Normas utilizadas en el estudio geotécnico

DESCRIPCIÓN	NORMA
Métodos de prueba estándar para la determinación de agua (humedad) en laboratorio. Contenido en suelos y rocas.	ASTM D 2216 - 05
Practica estándar para la preparación de muestras de suelo en estado seco para análisis de tamaño de partícula y constantes del suelo.	ASTM D 421 – 85 (2007)
Método de prueba estándar para análisis por tamiz de agregados finos y gruesos.	ASTM C136 - 06
Práctica estándar para la descripción e identificación de suelos (Manual de Procedimiento Visual).	ASTM D2488 - 09a
Práctica estándar para la clasificación de los suelos para fines de Ingeniería (SUCS).	ASTM D2487 - 06e1
Métodos de Prueba Estándar para ensayo de penetración estándar (SPT) y de muestreo de suelos con muestreador partido.	ASTM D1586 - 08a
Métodos de prueba Estándar: Limite Plástico e índice de plasticidad. Métodos de Prueba Estándar: Límite Líquido.	ASTM D4318 – 05 BS 1377
Método para determinar la resistividad de los suelos.	ASTM G57 Y AASHTO T- 288-91
Método estándar para determinar el pH del suelo para su uso en pruebas de corrosión.	AASHTO T 289-91
Método estándar para determinar la gravedad específica, para agregados gruesos.	ASTM C 127
Método estándar para determinar la densidad de suelos finos con el equipo de Harvard miniatura.	ASTM D 4609-A1
Corte directo	ASTM D 3080
Método para pruebas de compresión no confinada en roca.	ASTM D 2938

Fuente: Elaboración propia.



#### 4. RESULTADO DE LOS ENSAYOS

De las pruebas de penetración estándar se obtuvieron muestras alteradas, que fueron envasadas y enviadas al laboratorio para la realización de las pruebas índices que permiten clasificar los suelos: humedad natural de los suelos, granulometría, límites de consistencia, gravedad específica, densidad, pH, resistividad y compresión simple.

##### DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS

Como es usual en este tipo de estudios se hicieron 316 ensayos en total, dividido en los realizados en el sitio y en laboratorio. En el Cuadro N°2981 GJD-03 se presenta la cantidad.

Cuadro 2981 GJD N° 3 Número de ensayos realizados en sitio y laboratorio

Ítem	Ensayos	Cantidad
1	SPT	39
2	Humedad natural	38
3	Granulometría	31
4	Gravedad específica	14
5	Límites	19
6	Densidad Harvard	7
7	Corte directo	2
8	pH	31
9	Resistividad Eléctrica	37
10	Densidad de la roca	72
11	Ángulos de las juntas	16
12	Compresión Simple	10
TOTAL		316

Fuente: Elaboración propia.

##### ENSAYOS EN SITIO

Se realizaron dos tipos de ensayos en situ:

##### *Nivel Freático*

En campo se midieron los niveles del agua en los sondeos después de terminada la perforación encontrándose que en algunos sondeos se pudo encontrar el nivel freáticos. Además, en las pruebas de penetración estándar se obtuvieron muestras alteradas, que fueron envasadas y enviadas al laboratorio para la realización de las pruebas índices que permiten clasificar los suelos y que se describen en la próxima sección.

Dentro de este método de medición, la forma más usual se realiza mediante una sonda o cinta métrica que detecta la presencia de agua y mide su profundidad

respecto de la cota de perforación. La medida se realiza con el suficiente espacio de tiempo. En el Cuadro N° 2981 GJD-04 se muestran los resultados.

Cuadro 2981 GJD N° 4 Medición de los Niveles freáticos en sondeos

Ítem	Sondeo	Terminación	Prof. m.	Medición	N. F. (m)
1	2981 S1	6/10/15	15.50	5:30 pm	0.60
2	2981 S2	14/10/15	15.50	5:30 pm	0.00
3	2981 S3	17/10/15	17.00	5:30 pm	0.00
4	2981 S4	22/10/15	16.00	5:30 pm	0.00
5	2981 S5	25/10/15	15.00	5:30 pm	0.60

Fuente: Elaboración propia.

### SPT

El ensayo de penetración estándar es uno de los ensayos más difundidos y utilizados para conocer la capacidad de soporte o resistencia del suelo.

La prueba consiste en penetrar un muestreador hueco de 18 pulgadas en tramos de 6 pulgadas mediante un martillo de 140 lbs desde una altura de 30 pulgadas, la suma de golpes utilizados para penetrar las 12 pulgadas últimas reciben el nombre de "**N**", número de golpes.

En los estudios realizados a través de los años por distintas instituciones se ha logrado determinar los ajustes o correcciones necesarias al valor de N.

$$N_{corr} = N_c \times n_1 \times n_2 \times n_3 \times n_4 \quad \text{dónde:}$$

$N_c$  = Corrección por confinamiento

$$N_c = 0.77 \log (20/p) \leq 2,0 \quad (\text{ecuación recomendada por R. Peck})$$

Siendo  $p$  = esfuerzo vertical en  $\text{k/cm}^2$ , esta expresión es válida siempre y cuando  $p$  sea igual o mayor a  $0.25 \text{ k/cm}^2$ .

$n_1$  = Factor de corrección por energía del martillo ( $0.45 \leq n_1 \leq 1.0$ )

$n_2$  = Factor de corrección por longitud de barras ( $0.75 \geq n_2 \geq 1.0$ )

$n_3$  = Factor de corrección por revestimiento interno ( $0.8 \leq n_3 \leq 1.0$ )

$n_4$  = Factor de corrección por diámetro del sondeo ( $1 \geq n_4 \geq 1.15$ )

$n_5$  = Factor de corrección peso del cabezal ( $0.90 \geq n_5 \geq 0.70$ )

$n_6$  = Factor de corrección por frecuencia de los golpes por minuto ( $0.95 \geq n_6 \leq 1.05$ )

En el Cuadro 2981 GJD- N°5 se muestra la relación del tipo de suelo con el SPT. Los resultados de la prueba de penetración estándar (SPT) se muestran en el Cuadro 2981 GJD- N° 6, también se presenta la capacidad de soporte del suelo encontrada. En los perfiles se muestran los valores de  $N_{60}$  corregido, ver el anexo.

Cuadro 2981 GJD N° 5 Relación del tipo de suelo y el número de golpes (N)

Tipo básico de suelo	Compacidad y consistencia		N
No Cohesivo Arena, Grava, Limo (ML)	Compacidad	Muy suelta	< 4
		Suelta	4 a 10
		Medianamente densa	10 a 30
		Densa	30 a 50
		Muy densa	> 50
Cohesivo Arcilla (CH), Limo (MH)	Consistencia	Muy suave	< 2
		Suave	2 a 4
		Medianamente firme	4 a 8
		Firme	8 a 15
		Muy firme	15 a 30
		Dura	> 30

Fuente: Terzaghi Karl, "Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica".

Cuadro 2981 GJD N° 6 Capacidad de soporte del suelo ensayo de SPT

Sondeo Muestra	Prof.(m)	N, golpes c/15 cm	$n_{60}$	N	$q_d$ (MPa)	Compacidad/Consistencia	Sondeo Muestra	Prof.(m)	N, golpes c/ 15 cm	$n_{60}$	N	$q_d$ (MPa)	Compacidad / Consistencia
2981 S-1	0.60-1.20	3-3-3-4	5	6	0.06	Medianamente firme	2981 S-4	0.60-1.20	3-4-5-5	7	9	0.09	Suelta
	1.50-2.10	2-2-2-3	3	4	0.04	Suave		1.50-2.10	2-2-3-2	4	5	0.05	Suelta
	3.00-3.60	2-2-3-3	5	5	0.06	Medianamente firme		3.00-3.60	1-1-2-2	3	3	0.03	Suave
	4.50-5.10	2-3-3-4	6	6	0.07	Medianamente firme		4.50-5.10	1-1-1-1	2	2	0.02	Muy suave
	6.00-6.60	1-1-1-1	2	2	0.02	Muy suave		6.00-6.60	1-1-1-1	2	2	0.02	Muy suave
	7.50-8.10	1-1-1-1	2	2	0.02	Muy suave		7.50-8.10	1-1-1-1	2	2	0.02	Muy suave
	9.00-9.60	11-20-32-50	41	50	>0.40	Densa		9.00-9.60	11-16-17-12	27	33	0.35	Densa
2981 S-2	0.60-1.20	5-9-8-9	13	17	0.16	Medianamente densa		10.50-11.10	10-17-14-50	25	31	0.33	Densa
	1.50-2.10	3-3-2-2	4	5	0.05	Suelta	2981 S-5	0.60-1.20	4-5-4-4	7	9	0.09	Suelta
	3.00-3.60	1-1-1-1	2	2	0.02	Muy suave		1.50-2.10	4-3-3-4	5	6	0.06	Suelta
	4.50-5.10	3-6-2-2	7	8	0.10	Suelta		3.00-3.60	2-2-1-1	3	3	0.03	Suave
	6.00-6.60	2-1-1-1	2	2	0.02	Muy suelta		4.50-5.10	4-3-3-2	6	6	0.07	Medianamente firme
	7.50-8.10	1-1-1-1	2	2	0.02	Muy suelta		6.00-6.60	1-1-1-1	2	2	0.02	Muy suave
	9.00-9.60	22-23-50	41	50	>0.40	Densa		7.50-8.10	1-1-1-1	2	2	0.02	Muy suave
2981 S-3	0.60-1.20	4-6-6-8	9	12	0.12	Firme		9.00-9.60	50-0-0-0	41	50	>0.40	Dura
	1.50-2.10	2-1-1-1	2	2	0.02	Muy suave							
	3.00-3.60	2-2-2-2	4	4	0.05	Suave							
	4.50-5.10	1-1-2-2	3	3	0.03	Muy suelta							
	6.00-6.60	1-1-1-2	2	2	0.02	Muy suelta							
	7.50-8.10	1-1-1-1	2	2	0.02	Muy suelta							
	9.00-9.60	8-1-1-1	2	2	0.02	Muy suelta							
	10.50-11.10	1-3-3-3	5	6	0.06	Medianamente firme							
	12.00-12.60	27-45-50-0	39	50	>0.40	Densa							
	14.50-15.10	27-45-50-0	36	50	>0.40	Densa							

Fuente: Elaboración propia.

## 5. ENSAYOS DE LABORATORIO

Además, en las pruebas de penetración estándar se obtuvieron muestras alteradas, que fueron envasadas y enviadas al laboratorio para la realización de las pruebas índices que permiten clasificar los suelos y que se describen en la próxima sección.

### HUMEDAD NATURAL

Los resultados de las humedades encontradas se agruparon según criterio de U.S. Army Corps of Engineers, cuadro 2981 GJD N°7, usado en los perfiles.

Cuadro 2981 GJD N° 7 Clasificación del contenido de humedad

Condición	H. N. (%)	Observaciones
Seca	0-10	Ausencia de humedad en especial para suelos finos bajo la $H_{opt}$ .
Húmeda	10-30	En suelos finos, observable para humedades cercanas a la $H_{opt}$ , en suelos gruesos agua no observable.
Muy Húmeda	30-70	En suelos finos, humedad observable para $H > H_{opt}$ , en suelos gruesos, agua visible.
Saturada	>70	Flujo de agua bajo el nivel freático.

Fuente: US Army Corps of Engineers.

El resultado en el Cuadro 2981 GJD N°8, muy húmedas, saturadas y húmedas.

Cuadro 2981 GJD N° 8 Contenido natural de agua de los suelos

Sondeo	Prof. (m)	H N, %	Clasificación	Sondeo	Prof. (m)	H N, %	Clasificación
2981 S-1	0.60 – 1.20	47.56	Muy Húmeda	2981 S-3	7.50 – 8.10	73.53	Saturada
	1.50 – 2.10	80.47	Saturada		9.00 – 9.60	60.66	Muy Húmeda
	3.00 – 3.60	67.39	Muy Húmeda		10.50 – 11.10	53.69	Muy Húmeda
	4.50 – 5.10	87.08	Saturada		12.00 – 12.60	30.07	Muy Húmeda
	6.00 – 6.60	78.86	Saturada		14.50 – 15.10	32.62	Muy Húmeda
	7.50 – 8.10	63.13	Muy Húmeda	2981 S-4	0.60-1.20	53.51	Muy Húmeda
	9.00 – 9.60	23.89	Húmeda		1.50-2.10	42.17	Muy Húmeda
2981 S-2	0.60 – 1.20	14.34	Húmeda		3.00-3.60	63.06	Muy Húmeda
	1.50 – 2.10	59.81	Muy Húmeda		4.50-5.10	78.92	Saturada
	3.00 – 3.60	68.20	Muy Húmeda		6.00-6.60	48.35	Muy Húmeda
	4.50 – 5.10	21.90	Húmeda		7.50-8.10	58.46	Muy Húmeda
	6.00 – 6.60	51.83	Muy Húmeda		9.00-9.60	33.97	Muy Húmeda
	7.50 – 8.10	61.70	Muy Húmeda		10.50-11.10	35.96	Muy Húmeda
	9.00 – 9.60	29.61	Húmeda	2981 S-5	0.60-1.20	22.27	Húmeda
2981 S-3	0.60 – 1.20	34.84	Muy Húmeda		1.50-2.10	31.05	Muy Húmeda
	1.50 – 2.10	82.90	Saturada		3.00-3.60	66.33	Muy Húmeda
	3.00 – 3.60	69.25	Muy Húmeda		4.50-5.10	60.18	Muy Húmeda
	4.50 – 5.10	74.81	Saturada		6.00-6.60	74.20	Saturada
	6.00 – 6.60	43.45	Muy Húmeda		7.50-8.10	38.18	Muy Húmeda

Fuente: Elaboración propia.



## GRANULOMETRÍA

Las muestras obtenidas en campo se sometieron a ensayos de granulometría con la finalidad de conocer los tamaños de partículas presentes en el suelo. En el cuadro 2981 GJD N° 9, se observan los resultados obtenidos de los ensayos.

Cuadro 2981 GJD N° 9 Resultados de Granulometría.

Sondeo N°	Profundidad (m)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
2981 S-1	0.60-1.20	13.39	24.19	62.42
	1.50-2.10	1.51	25.63	72.86
	3.00-5.10	0.53	35.51	63.96
	6.00-6.60	0.00	8.82	91.18
	7.50-8.10	13.56	33.15	53.29
	9.00-9.60	34.99	37.01	28.00
2981 S-2	0.60-1.20	55.16	30.19	14.65
	1.50-2.10	38.55	27.2	34.25
	3.00-3.60	2.31	23.84	73.85
	4.50-5.10	13.98	42.95	43.07
	6.00-8.10	26.11	39.77	34.12
	9.00-9.60	50.32	27.92	21.76
2981 S-3	0.60-1.20	5.04	24.82	70.14
	1.50-3.60	0.00	4.36	95.64
	4.50-5.10	5.52	46.84	47.64
	6.00-6.60	20.42	35.51	44.07
	7.50-9.60	22.91	30.52	46.57
	10.50-11.10	8.95	14.08	76.97
	12.00-12.60	30.48	42.71	26.81
	14.50-15.10	45.54	33.54	20.92
2981 S-4	0.60-2.10	29.1	30.75	40.15
	3.00-3.60	1.66	7.4	90.94
	4.50-5.10	3.68	30.4	65.92
	6.00-8.10	24.31	15.85	59.84
	9.00-9.60	46.82	20.71	32.47
	10.50-11.10	44.31	27.96	27.73
2981 S-5	0.60-1.20	31.5	39.61	28.89
	1.50-2.10	22.76	45.36	31.88
	3.00-3.60	0.65	43.43	55.92
	4.50-5.10	16.08	32	51.92
	6.00-8.10	16.42	24.04	59.54

Fuente: Elaboración propia.

El resultado del ensayo muestra que son suelos finos, arenas y gravas mal graduadas.

### DENSIDAD ESPECÍFICA

Se seleccionó muestras de suelo representativas, a las cuales se le determinó la densidad específica. En el cuadro 2981 GJD N° 10 se observa los resultados obtenidos del ensayo.

Cuadro 2981 GJD N° 10 Densidad Específica

Sondeo N°	Prof.(m)	G. E.	Sondeo N°	Prof.(m)	G. E.
2981 S-1	0.60 – 1.20	2.79	2981 S-3	0.60 – 1.20	2.77
	3.00 – 5.10	2.67		1.50 – 3.60	2.51
	6.00 – 8.10	2.70		12.00-15.10	2.58
	9.00 – 9.60	2.59	2981 S-4	0.60-1.20	2.29
2981 S-2	1.50 – 2.10	2.77		6.00-8.10	2.36
	6.00 – 8.10	2.77	2981 S-5	0.60-2.10	2.61
				1.50-2.10	2.67
				6.00-8.10	2.68

Fuente: Elaboración propia.

La densidad específica muestra valores entre 2.29 a 2.79, la mayoría se encuentra entre 2.50 y 2.80.

### LÍMITES DE CONSISTENCIA

Los materiales obtenidos se agruparon según sus características físicas y clasificación de suelo. Como se observa en el Cuadro 2981-GJD N° 11 se clasificó por su índice de plasticidad.

Cuadro 2981 GJD N° 11 Valores de plasticidad

Índice Plástico	Plasticidad
0-3	No plástico
4-15	Baja
16-30	Media
>30	Alta

Fuente: Sowers & Sowers, 1972.

En el cuadro 2981-GJD N°12 se ven los resultados de los ensayos de límites de consistencia.

Cuadro 2981 GJD N° 12 Valores obtenidos en los ensayos de límites

Sondeo N°	Prof. (m)	LI	LP	IP	Clasificación
2981 S-1	0.60 – 1.20	55.07	32.81	22.26	Plasticidad media
	3.00-5.10	54.26	34.65	19.61	Plasticidad media
	6.00-8.10	45.80	27.11	18.69	Plasticidad media
	9.00-9.60	48.44	32.06	16.38	Plasticidad media
2981 S-2	0.60-1.20	50.59	35.79	14.80	Plasticidad baja
	1.50-2.10	49.35	28.47	20.88	Plasticidad media
	6.00-8.10	49.35	28.47	20.88	Plasticidad media
	9.00-9.60	50.59	35.79	14.8	Plasticidad baja
2981 S-3	0.60-1.20	65.74	36.96	28.78	Plasticidad media
	1.50-3.60	86.33	43.74	42.59	Plasticidad alta
	4.50-6.60	53.18	30.52	22.66	Plasticidad media
	7.50-9.60	43.64	31.06	12.58	Plasticidad baja
	12.00-15.10	57.76	37.53	20.23	Plasticidad media
2981 S-4	0.60-2.10	58.52	31.33	27.19	Plasticidad media
	6.00-8.10	45.9	28.57	17.33	Plasticidad media
	10.50-11.10	68.44	38.98	29.46	Plasticidad media
2981 S-5	0.60-1.20	39.76	24.76	15	Plasticidad baja
	1.50-2.10	38.06	23.14	14.92	Plasticidad baja
	6.00-8.10	48.87	25.33	23.54	Plasticidad media

Fuente: Elaboración propia.

La plasticidad en los suelos es media con algunas altas y bajas.

#### DENSIDAD HARVARD

Los suelos fueron analizados para obtener la densidad máxima y la humedad óptima mediante las normas ASTM D-4609-A1, AASHTO T99.

Cuadro 2981 GJD N° 13 Resultados de ensayos Proctor Harvard ASTM D-4609-A1

Sondeo	Prof. (m)	D. Max. (Kg/m³)	H. O. (%)
2981 S-1	0.60 – 1.20	1406.50	30.00
	3.00 – 5.10	1462.00	24.50
2981 S-3	0.60 – 1.20	1484.00	24.25
	1.50 – 3.60	1341.00	29.78
	12.00 – 15.10	1385.00	31.00
2981 S-4	0.60 – 2.10	1422.50	25.70
2981 S-5	1.50 – 2.10	1545.00	21.00

Fuente: Elaboración propia.

Se encontró un rango de densidades entre 1341.00 a 1545.00 con humedades Óptimas entre 21.00 y 31.00 %.

## DETERMINACIÓN DEL PH

Los suelos pueden tener una amplia gama de acidez (ver cuadro N° 2981 GJD-14). Pueden llegar a extremos desde 2.5 a 10.2. En los suelos, frecuentemente el pH está entre 4 y 9.

Los niveles de pH de 5 ó menos puede conducir a velocidad extrema de corrosión y picaduras prematuras de objetos metálicos, un pH neutro de 7 es el más deseable para minimizar daños.

El nivel de pH intrínseca de un suelo también puede verse afectado por la lluvia.

El contenido de humedad es uno de los factores más importante en la corrosividad del suelo que cualquier otra variable.

La corrosión no se producirá si el suelo está completamente seco. La evidencia experimental dicta que un mayor contenido de humedad aumenta su potencial corrosivo.

Cuadro 2981 GJD- N° 14 Clasificación del pH según el grado de acidez

Muy ácido	pH < 5,5	Básico o ligeramente alcalino	7,6 > pH > 8,5
Ácido	5,6 < pH < 6,5	Muy alcalino	pH > 8,6
Neutro	6,6 > pH < 7,5		

Fuente: Elaboración propia.

La norma utilizada es la del AASHTO T 289-91, los resultados en el cuadro N° 2981 GJD-15.

Cuadro 2981 GJD- N° 15 Resultados de los ensayos pH, Norma AASHTO T 289-91

Sondeo / Muestra	Profundidad (m)	pH	Temp. °C	Clasificación
2981 S-1	0.60 – 1.20	7.93	25.50	Básico
	1.50 – 2.10	7.57	25.70	Neutro
	3.00 – 5.10	8.00	25.40	Básico
	6.00 – 8.10	6.94	25.50	Neutro
	9.00 – 9.60	7.96	24.90	Básico
2981 S-2	0.60 – 1.20	8.37	25.60	Básico
	1.50 – 2.10	8.56	25.30	Básico
	3.00 – 3.60	7.45	24.80	Neutro
	4.50 – 5.10	7.90	25.10	Básico
	6.00 – 8.10	7.87	25.90	Básico
2981 S-3	0.60 – 1.20	7.34	25.90	Neutro
	1.50 – 3.60	7.67	25.40	Básico
	4.50 – 5.10	8.10	25.40	Básico
	6.00 – 6.60	8.00	25.50	Básico



Sondeo / Muestra	Profundidad (m)	pH	Temp. °C	Clasificación
	7.50 – 9.60	8.16	25.40	Básico
	10.50 – 11.10	8.03	25.40	Básico
	12.00 – 12.60	8.18	25.60	Básico
	14.50 – 15.10	7.43	25.45	Neutro
2981 S-4	0.60 – 2.10	7.44	25.40	Neutro
	3.00 – 3.60	7.91	25.00	Básico
	4.50 – 5.10	8.14	25.10	Básico
	6.00 – 6.60	8.01	25.50	Básico
	9.00 – 9.60	8.59	25.10	Básico
	10.50 – 11.10	8.07	25.30	Básico
2981 S-5	0.60 – 1.20	8.11	25.50	Básico
	1.50 – 2.10	7.75	25.90	Básico
	3.00 – 3.60	8.05	24.70	Básico
	4.50 – 5.10	8.01	25.00	Básico
	6.00 – 6.60	8.00	25.40	Básico
	7.50 – 8.10	8.02	25.40	Básico

Fuente: Elaboración propia.

El pH encontrado en el suelo es básico con algunos neutros.

#### CORTE DIRECTO

Los ensayos de corte directo son necesarios para determinar la capacidad de soporte del suelo como lo indica el REP 2004, en el uso de la ecuación de Meyerhof.

#### Cuadro 2981-GJD- N° 16 Resultados de los Corte Directo, Norma ASTM 3080

Sondeo/ Muestra	Prof. (m)	$\omega$	$\phi^\circ$	C t/m <sup>2</sup>	$\gamma_d$ t/m <sup>3</sup>	$\gamma_m$ t/m <sup>3</sup>	SUCS
S-2	9.00-9.60	34.0	13°	0.131	1.238	1.660	GM
S-3	1.50-3.60	45.7	7°	1.340	1.209	1.762	MH

Fuente: Elaboración propia.

El ángulo de fricción encontrado promedio es de 10°.

#### RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

El ensayo de resistividad eléctrica del suelo o los niveles de corrosión presentes que pueden reducir significativamente la vida útil de una estructura. A su vez los resultados de estos estudios son utilizados para los diseños de sistemas puestos a tierra y sistemas de protección catódica. La resistividad debe determinarse bajo la condición más desfavorable (estado saturado) a fin de obtener una resistividad comparable que es independiente de las variaciones estacionales. Normas ASTM G57 y AASHTO T-288-91. Ver cuadro 2981 GJD-N° 17.

Cuadro 2981 GJD N° 17 Clasificación de suelo de acuerdo a su resistividad.

Resistividad ( $\Omega\text{cm}$ )	Corrosividad
< 700	Muy Severa
700 - 2,000	Severa
2,000 - 5,000	Moderada
5,000 - 10,000	Ligera
> 10,000	Muy Ligera

Fuente: National Bureau of Standar (NBS).

Cuadro 2981 GJD N° 18 Resultados en los ensayos de resistividad, ASTM G57.

Sondeo	Profundidad (m)	Humedad %	pH	Resistividad ( $\Omega\text{ cm}$ )	Corrosividad
2981 S-1	0.60 – 1.20	47.56	7.93	496.05	Muy severa
	1.50 – 2.10	80.47	7.57	506.68	Muy severa
	3.00 – 3.60	67.39	8.00	354.51	Muy severa
	4.50 – 5.10	87.08	8.00	163.31	Muy severa
	6.00 – 6.60	78.86	6.94	119.16	Muy severa
	7.50 – 8.10	63.13	6.94	170.00	Muy severa
	9.00 – 9.60	23.89	7.96	928.14	Severa
2981 S-2	0.60 – 1.20	14.34	8.37	1748.08	Severa
	1.50 – 2.10	59.81	8.56	477.72	Muy severa
	3.00 – 3.60	68.20	7.45	131.42	Muy severa
	4.50 – 5.10	21.90	7.90	233.89	Muy severa
	6.00 – 6.60	51.83	7.87	248.96	Muy severa
	7.50 – 8.10	61.70	7.87	180.68	Muy severa
	9.00 – 9.60	29.61	7.69	568.16	Muy severa
2981 S-3	0.60 – 1.20	34.84	7.34	500.63	Muy severa
	1.50 – 2.10	82.90	7.34	191.38	Muy severa
	3.00 – 3.60	69.25	7.67	254.71	Muy severa
	4.50 – 5.10	74.81	8.10	214.59	Muy severa
	6.00 – 6.60	43.45	8.00	175.19	Muy severa
	7.50 – 8.10	73.53	8.16	137.15	Muy severa
	9.00 – 9.60	60.66	8.16	170.86	Muy severa
	10.50 – 11.10	53.69	8.03	208.40	Muy severa
	12.00 – 12.60	30.07	8.18	882.88	Severa
	14.50 – 15.10	32.62	7.43	1863.25	Severa
2981 S-4	0.60 – 1.20	53.51	7.44	1789.03	Severa
	1.50 – 2.10	42.17	7.44	596.38	Muy severa
	3.00 – 3.60	63.06	7.91	161.52	Muy severa
	4.50 – 5.10	78.92	8.14	212.19	Muy severa
	6.00 – 6.60	48.35	8.01	120.75	Muy severa
	7.50 – 8.10	58.46	8.01	171.51	Muy severa
	9.00 – 9.60	33.97	8.59	167.30	Muy severa
	10.50 – 11.10	35.96	8.07	694.23	Muy severa
2981 S-5	0.60 – 1.20	22.27	8.11	3694.43	Moderada
	1.50 – 2.10	31.05	7.75	795.56	Severa
	3.00 – 3.60	66.33	8.05	378.22	Muy severa
	4.50 – 5.10	60.18	8.01	219.49	Muy severa
	6.00 – 8.10	74.20	8.00	151.44	Muy severa

Fuente: Elaboración Propia.

Los suelos muestran una corrosividad muy severa con algunas severa y moderada.

## 6. RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERFORACIÓN ROTATIVA

De las pruebas de perforación diamantina se obtuvieron muestras inalteradas, que fueron envasadas y enviadas al laboratorio para la realización de las pruebas. Se realizaron pruebas de densidad, compresión simple y calidad de la roca.

### DENSIDAD DE LA ROCA

Se seleccionaron muestras de roca representativas, las cuales se le determinó la densidad. En el cuadro 2981 GJD-N° 19 se observa los resultados obtenidos del ensayo.

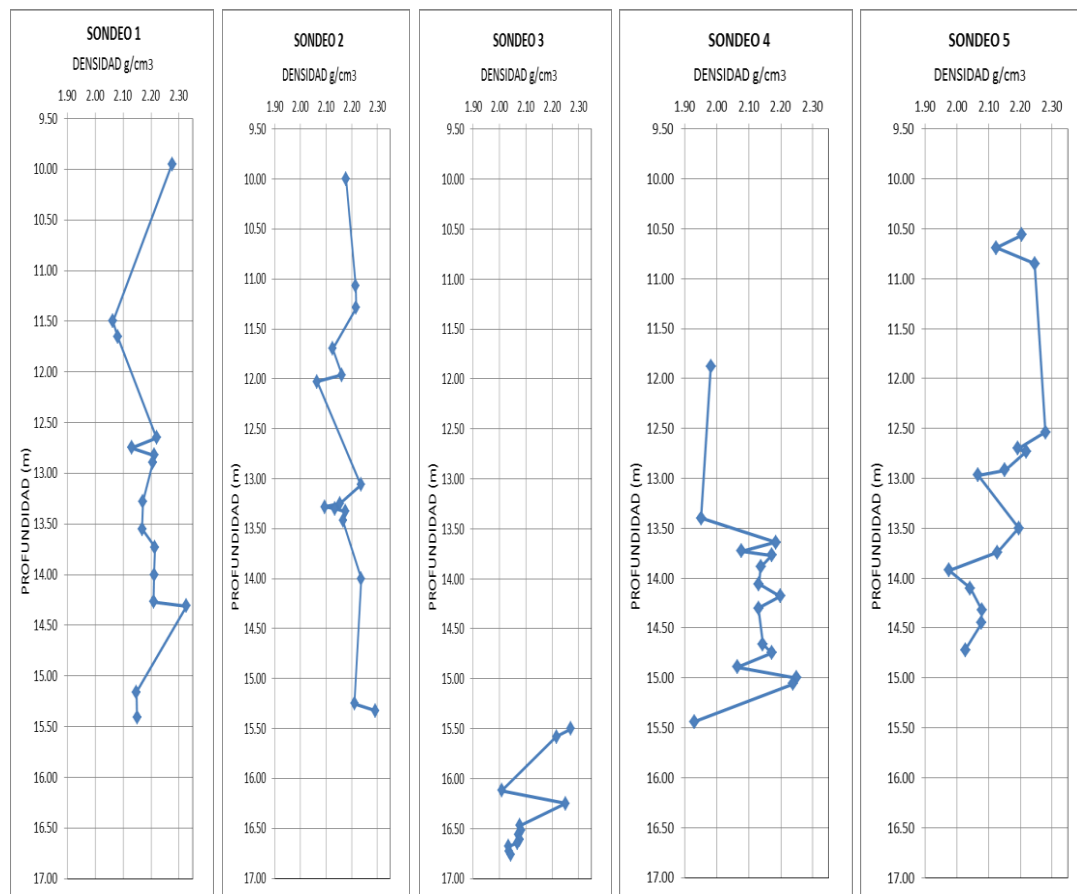
Cuadro 2981 GJD N° 19 Densidad

Sondeo N°1		Sondeo N°2		Sondeo N°3		Sondeo N°4		Sondeo N°5	
Prof. (m)	Densidad gr/cm <sup>3</sup>	Prof. (m)	Densidad gr/cm <sup>3</sup>	Prof. (m)	Densidad gr/cm <sup>3</sup>	Prof. (m)	Densidad gr/cm <sup>3</sup>	Prof. (m)	Densidad gr/cm <sup>3</sup>
9.95	2.28	10.00	2.18	15.5	2.27	11.88	1.98	10.56	2.21
11.50	2.06	11.07	2.22	15.58	2.22	13.40	1.95	10.69	2.12
11.65	2.08	11.29	2.22	16.12	2.01	13.64	2.18	10.85	2.25
12.65	2.22	11.70	2.13	16.25	2.11	13.73	2.08	12.54	2.28
12.75	2.13	11.96	2.16	16.47	2.08	13.77	2.17	12.70	2.19
12.82	2.21	12.03	2.07	16.52	2.08	13.89	2.14	12.73	2.22
12.89	2.21	13.06	2.24	16.56	2.07	14.06	2.13	12.92	2.15
13.28	2.17	13.25	2.15	16.61	2.08	14.18	2.20	12.97	2.07
13.55	2.17	13.28	2.09	16.64	2.07	14.30	2.13	13.50	2.19
13.73	2.21	13.30	2.13	16.68	2.03	14.66	2.14	13.74	2.13
14.00	2.21	13.33	2.18	16.73	2.04	14.75	2.17	13.92	1.98
14.27	2.21	13.42	2.17	16.76	2.04	14.89	2.06	14.10	2.04
14.31	2.33	14.00	2.24			15.00	2.25	14.32	2.08
15.16	2.15	15.25	2.21			15.06	2.24	14.45	2.08
15.41	2.15	15.32	2.29			15.44	1.93	14.72	2.03
<b>Prom.</b>	<b>2.19</b>		<b>2.18</b>		<b>2.10</b>		<b>2.12</b>		<b>2.13</b>

Fuente: Elaboración propia

Las variaciones de las densidades de acuerdo a las profundidades se observan en las siguientes gráficas. Cuadro 2981 GJD-N° 20. Lo que muestra sedimentos en capas entre 0.30 m y 3.00 m intercalados en densidades entre 1.93 y 2.33 gr/cm<sup>3</sup>.

Cuadro 2981 GJD N° 20 Densidad vs Profundidad



Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en las gráficas anteriores la densidad de las muestras de rocas sedimentaria, y volcánica está entre 2.10 y 2.19 kg/cm<sup>2</sup>.

#### ANGULO DE LAS JUNTAS

En el cuadro siguiente se muestran la medición de los ángulos encontrados en las juntas de los núcleos, ver cuadro siguiente.

Cuadro 2981 GJD N° 21 Ángulos de las juntas

Sondeo N°	Prof. (m)	Ángulo (°)	Sondeo N°	Prof. (m)	Ángulo (°)	Sondeo N°	Prof. (m)	Ángulo (°)
2981 S-1	17.09	55	2981 S-3	16.55	40	2981 S-4	14.65	35
	19.06	60		16.65	60		15.78	35
	19.28	53	2981 S-4	13.40	35	2981 S-5	12.95	35
2981 S-2	17.64	68		13.45	20		13.75	50
	17.76	57		13.56	60		14.44	45
				14.50	25			

Fuente: Elaboración propia.

Los ángulos están comprendidos entre 20 y 68.



## COMPRESIÓN NO CONFINADA

De las perforaciones, hasta una profundidad máxima de 17.00 metros con el sistema de rotación y lavado, se extrajeron testigos de roca que fueron seleccionados para los ensayos de compresión simple. Después de terminada la perforación, se trasladó las muestras al laboratorio en Panamá para la realización de los ensayos. Los valores obtenidos, de cada una de las muestras son presentadas en el cuadro 2981 GJD-N° 22.

Cuadro 2981 GJD N° 22 Valores obtenidos de Compresión no confinada

Sondeos N°	Profundidad (m)	qu kg/cm <sup>2</sup>	Sondeos N°	Profundidad (m)	qu kg/cm <sup>2</sup>
2981 S-1	13.00	53.00	2981 S-2	13.10	159.00
	14.39	82.00		14.04	68.00
	14.75	42.00		15.00	107.00
	<b>Promedio</b>	<b>59.00</b>		<b>Promedio</b>	<b>111.00</b>
2981 S-4	15.61	55.00	2981 S-5	12.59	76.00
	<b>Promedio</b>	<b>55.00</b>		12.78	60.00
				13.85	98.00
				<b>Promedio</b>	<b>78.00</b>

Fuente: Elaboración propia. El sondeo S3, no tiene muestra adecuada para el ensayo.

Los valores están entre 55Kg/ cm<sup>2</sup> y 110 kg/cm<sup>2</sup>, para el caso que nos ocupa debido al cambio al contacto entre las dos formaciones usar el valor menor que de 55.00 kg/cm<sup>2</sup> para el macizo, la roca encontrada es débil según cuadro 5.2.6.2.1 de Dureza y Resistencia de las Rocas, REP 2004, (pág. 5-5).

## CALIDAD DE LA ROCA RQD

En el cuadro N°2981 GJD-23 se muestran los resultados de las mediciones para determinar la calidad de la roca el RQD para cada corrida y los promedios de cada sondeo, ver cuadros 2981 GJD N° 23 y N° 24.

Cuadro 2981 GJD N° 23 Clasificación de calidad de roca según el RQD

RQD %	Calidad
<25	Muy pobre
25-50	Pobre
50-75	Regular
75-90	Buena
90-100	Excelente

Fuente: REP 2004

Cuadro 2981 GJD N° 24 Medición del Índice de Calidad de la Roca, RQD

Sondeo	Corrida (m)	RQD
2981 S1	9.50 – 15.50	72.40
2981 S2	9.50 – 15.50	50.36
2981 S3	15.50 – 17.00	25.45
2981 S4	11.50 – 16.00	25.65
2981 S5	9.00 – 15.00	35.79
Promedio		<b>41.93</b>

Fuente: Elaboración propia.

Encontramos que el índice de calidad de la roca es aparentemente pobre, esto se debe a la fragilidad de la roca blanda y al uso de agua a presión durante la perforación.

## 7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A continuación se relacionan y analizan los resultados de los ensayos.

### ESTRATIGRAFÍA

Se encontraron rellenos y suelos finos (limos arenosos). En el cuadro 2981 GJD N° 25 se pueden observar las profundidades de los estratos encontrados y su respectiva descripción.

Cuadro 2981 GJD N° 25 Estratigrafía del suelo

Sondeo	Prof. (m)	Descripción de la muestra	SUCS
2981 S-1	0.60-1.20	Limo elástico con arena muy húmedo de color marrón amarillento moderado con oliva pálido, plasticidad media con pH básico, corrosividad muy severa y consistencia medianamente firme.	MH
	1.50-2.10	Limo elástico con arena saturado de color marrón amarillento moderado con oliva pálido, plasticidad media con pH neutro, corrosividad muy severa y consistencia suave.	MH
	3.00-5.10	Limo elástico arenoso muy húmedo de color oliva pálido, plasticidad media con pH básico, corrosividad muy severa y consistencia medianamente firme.	MH
	6.00-6.60	Limo arenoso saturado de color gris verdoso, plasticidad media con pH neutro, corrosividad muy severa y consistencia muy suave.	ML
	7.50-8.10	Limo arenoso muy húmedo de color gris verdoso oscuro, plasticidad media con pH neutro, corrosividad muy severa y consistencia muy suave.	ML
	9.00-9.60	Arena con grava húmedo de color marrón amarillento moderado, plasticidad media con pH básico, corrosividad severa y compacidad densa.	SM
	9.50-15.50	Roca sedimentaria limolita, el grado de meteorización moderadamente meteorizada, la resistencia de débil, moderadamente suave, color gris.	RH-2

2981 S-2	0.60-1.20	Grava con arena húmeda de color marrón oliva claro con marrón rojizo, plasticidad baja con pH básico, corrosividad severa y compacidad medianamente densa.	GM
	1.50-2.10	Grava con limo y arena muy húmeda de color marrón oliva claro con oliva oscuro, plasticidad media con pH básico, corrosividad muy severa y compacidad suelta.	GM
	3.00-3.60	Limo elástico con arena muy húmedo de color oliva oscuro, plasticidad media con pH neutro, corrosividad muy severa y consistencia muy suelta.	MH
	4.50-5.10	Arena limosa húmeda de color gris verdoso oscuro, plasticidad media con pH básico, corrosividad muy severa y compacidad suelta.	SM
	6.00-8.10	Arena limosa con grava muy húmeda de color gris verdoso oscuro, plasticidad media con pH básico, corrosividad muy severa y compacidad muy suelta.	SM
	9.00-9.60	Grava con arena y limo húmedo de color oliva oscuro, plasticidad baja con pH básico, corrosividad muy severa y compacidad densa.	GM
	9.50-15.50	Roca sedimentaria limolita, el grado de meteorización moderadamente meteorizada, la resistencia de débil, moderadamente suave, color gris.	RH-2
2981 S-3	0.60-1.20	Limo elástico con arena muy húmeda de color marrón amarillento oscuro, plasticidad media con pH neutro, corrosividad muy severa y consistencia firme.	MH
	1.50-3.60	Limo elástico saturado de color verde amarillento oscuro, plasticidad alta con pH básico, corrosividad muy severa y consistencia suave.	MH
	4.50-5.10	Arena limosa saturada de color gris oliva, plasticidad media con pH básico, corrosividad muy severa y compacidad muy suelta.	SM
	6.00-6.60	Arena limosa con grava muy húmeda de color gris oliva, plasticidad media con pH básico, corrosividad muy severa y compacidad muy suelta.	SM
	7.50-9.60	Arena limosa con grava saturada de color gris oliva, plasticidad baja con pH básico, corrosividad muy severa y compacidad muy suelta.	SM
	10.50-11.10	Limo elástico muy húmedo de color gris oliva, plasticidad media con pH básico, corrosividad muy severa y consistencia medianamente firme.	MH
	12.00-12.60	Arena con grava y limo muy húmedo de color marrón oliva moderado, plasticidad media con pH básico, corrosividad severa y compacidad densa.	SM
	14.50-15.10	Grava con limo y arena muy húmeda de color verde amarillento moderado, plasticidad baja con pH neutro, corrosividad severa y compacidad densa.	GM
	15.50 – 17.00	Roca sedimentaria limolita, el grado de meteorización moderadamente meteorizada, la resistencia de débil, moderadamente suave, color gris.	RH-2

2981 S-4	0.60-2.10	Arena limosa con grava muy húmeda de color oliva pálido, plasticidad media con pH neutro, corrosividad severa y compacidad suelta.	SM
	3.00-3.60	Limo elástico muy húmedo de color oliva claro, plasticidad media con pH básico, corrosividad muy severa y consistencia suave.	MH
	4.50-5.10	Limo elástico con arena saturado de color gris oliva, plasticidad media con pH básico, corrosividad muy severa y consistencia muy suave.	MH
	6.00-8.10	Limo con grava y arena muy húmeda de color oliva oscuro, plasticidad media con pH básico, corrosividad muy severa y consistencia muy suave.	ML
	9.00-9.60	Grava limosa con arena muy húmeda de color oliva oscuro, plasticidad media con pH básico, corrosividad muy severa y compacidad densa.	GM
	10.50-11.10	Grava con limo y arena muy húmeda de color marrón amarillento moderado, plasticidad media con pH básico, corrosividad muy severa y compacidad densa.	GM
	11.50 – 16.00	Roca sedimentaria limolita, el grado de meteorización moderadamente meteorizada, la resistencia de débil, moderadamente suave, color gris.	RH-2
2981 S-5	0.60-1.20	Arena arcillosa con grava húmeda de color gris pardusco, plasticidad baja con pH básico, corrosividad moderada y compacidad suelta.	SC
	1.50-2.10	Arena arcillosa muy húmeda de color oliva oscuro, plasticidad baja con pH básico, corrosividad severa y compacidad suelta.	SC
	3.00-3.60	Arcilla delgada arenosa muy húmeda de color oliva oscuro, plasticidad media con pH básico, corrosividad muy severa y consistencia suave.	CL
	4.50-5.10	Arcilla delgada arenosa con grava muy húmeda de color oliva oscuro, plasticidad media con pH básico, corrosividad muy severa y consistencia medianamente firme.	CL
	6.00-8.10	Arcilla delgada arenosa con grava muy húmeda de color gris verdoso oscuro, plasticidad media con pH básico, corrosividad muy severa y consistencia muy suave.	CL
	9.00 – 15.00	Roca piroclástica aglomerado, el grado de meteorización de muy meteorizada a moderadamente meteorizada, la resistencia de débil, moderadamente suave, color gris.	RH-2

Fuente: Propia



### Contacto De Las Formación Panamá Y Panamá Fase Marina

En los estudios se encontró dos formaciones en la parte sur este, la importancia de determinar el tipo y características del contacto se debe a la fragilidad de los materiales.

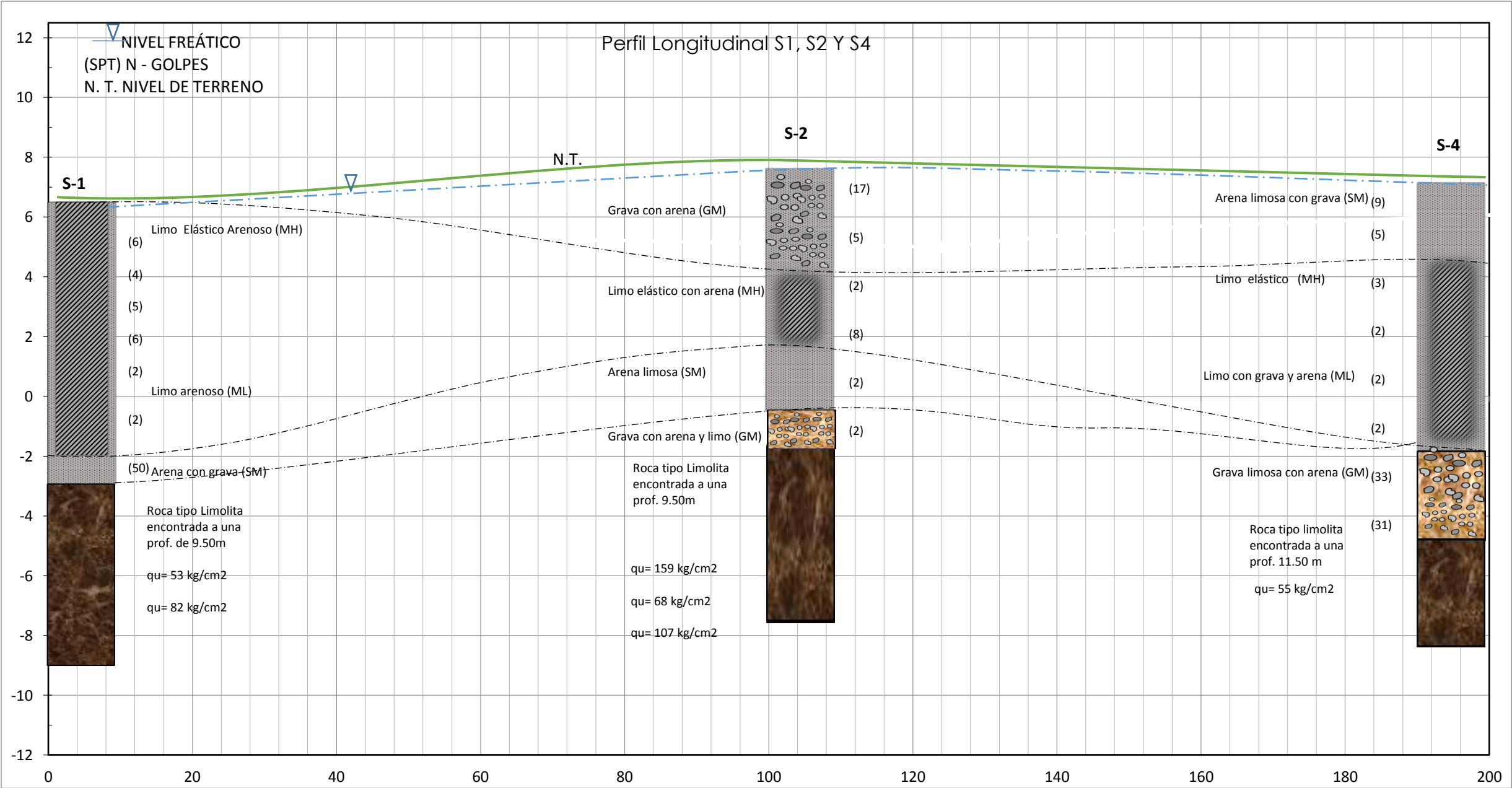
Los contactos o fallas pueden ser progresivos o abruptos. Esto indica que se podría tener que evitar o modificar la cimentación.

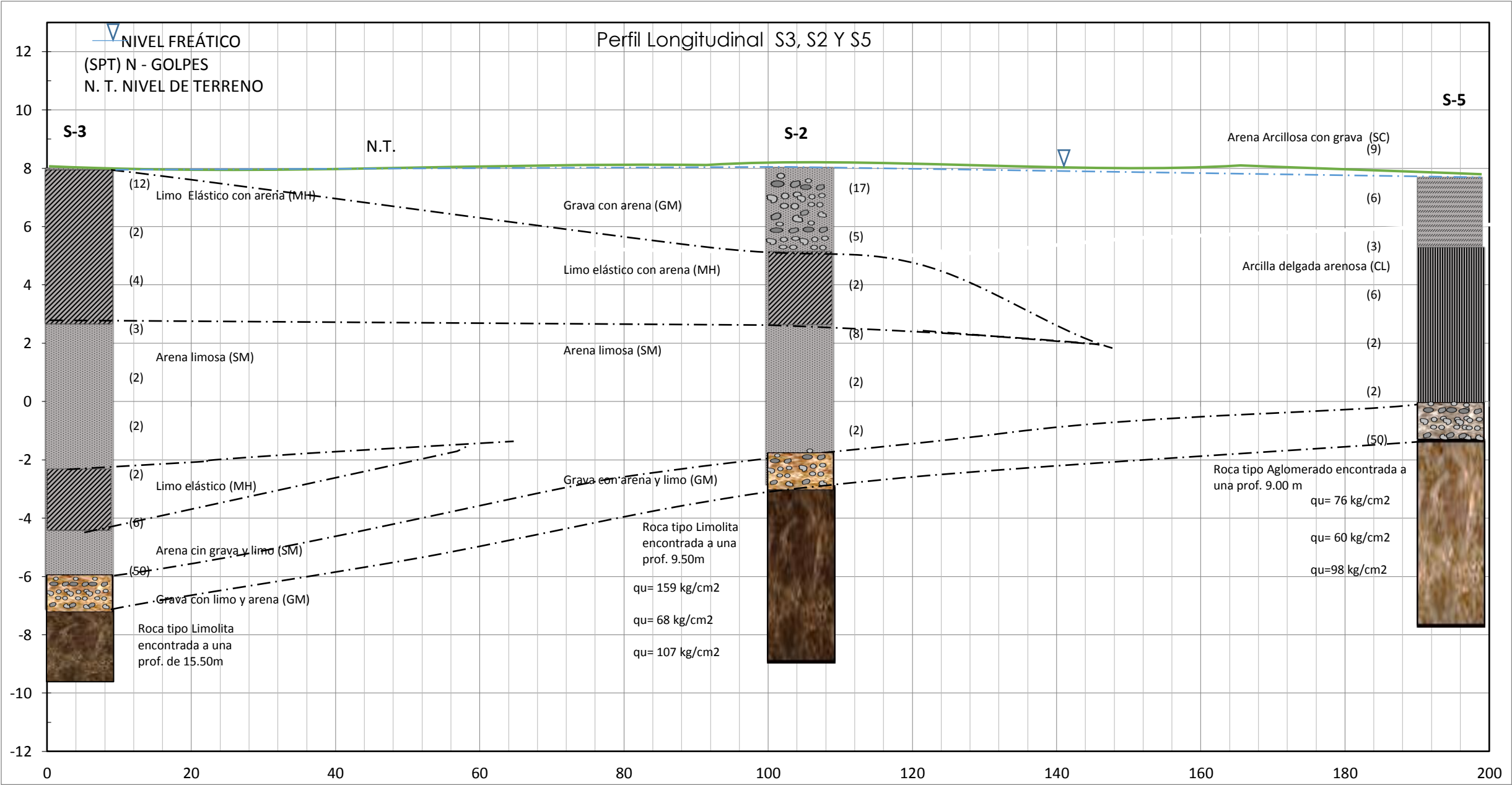
Sugerimos la realización de tres sondeos para delimitar y definir el tipo de falla dentro del lote en estudio. Los costos del estudio serán siempre menor que los de paralización y realización de un estudio posterior para modificar la cimentación.

La ubicación depende de los resultados de cada perforación.

La posibilidad de realizar prospección geofísica (refracción o resistividad) no es posible por el nivel freático.







## CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA ROCA

Criterio para determinar la capacidad de la roca.

Criterio de M. J. Tomlinson: En rocas algunos autores recomiendan utilizar como carga última de diseño  $1/5$  de la de rotura por compresión, pero este es un número que solo tiene en cuenta la carga última.

Un criterio algo más racional, recomienda usar la expresión propuesta por Tomlinson, cuando las juntas están espaciadas o cerradas:

$$q_{ud} = 2 \cdot N_f \cdot q_u$$

Donde:

$q_{ud}$  = Carga última de diseño

$$N_f = \tan(45 + \phi/2)^2$$

$q_u$  = Carga de rotura por compresión

$\phi$  = Angulo de fricción interna.

Por los datos encontrados  $38^\circ$  a  $43^\circ$  podemos inferir que un valor algo conservador es  $\phi = 38^\circ$

Luego:

$$q_{ud} \text{ kg/cm}^2 = 2 (\tan 64)^2 \cdot 55.00 = 2 \cdot (2.05)^2 \cdot 55 = 225.5 \text{ kg/cm}^2.$$

Utilizando un  $FS = 5$ , para cubrir eventuales variaciones en la calidad de la roca (grado de fracturamiento y meteorización).

La carga admisible será:  $q_{adm} = 225.50/5 = 45.10 \text{ kg/cm}^2$ .

Para el cálculo de la resistencia a la tracción hacemos las siguientes consideraciones:

Autores	M. J. Tomlinson
Ec. / FS	$q_{adm} = q_{ud} / 5$ ; $q_{ud} = 2 \cdot N_f \cdot q_u / 5$ $FS = 5$
$q_{adm} \text{ kg/cm}^2$	45.10

Fuente: propia

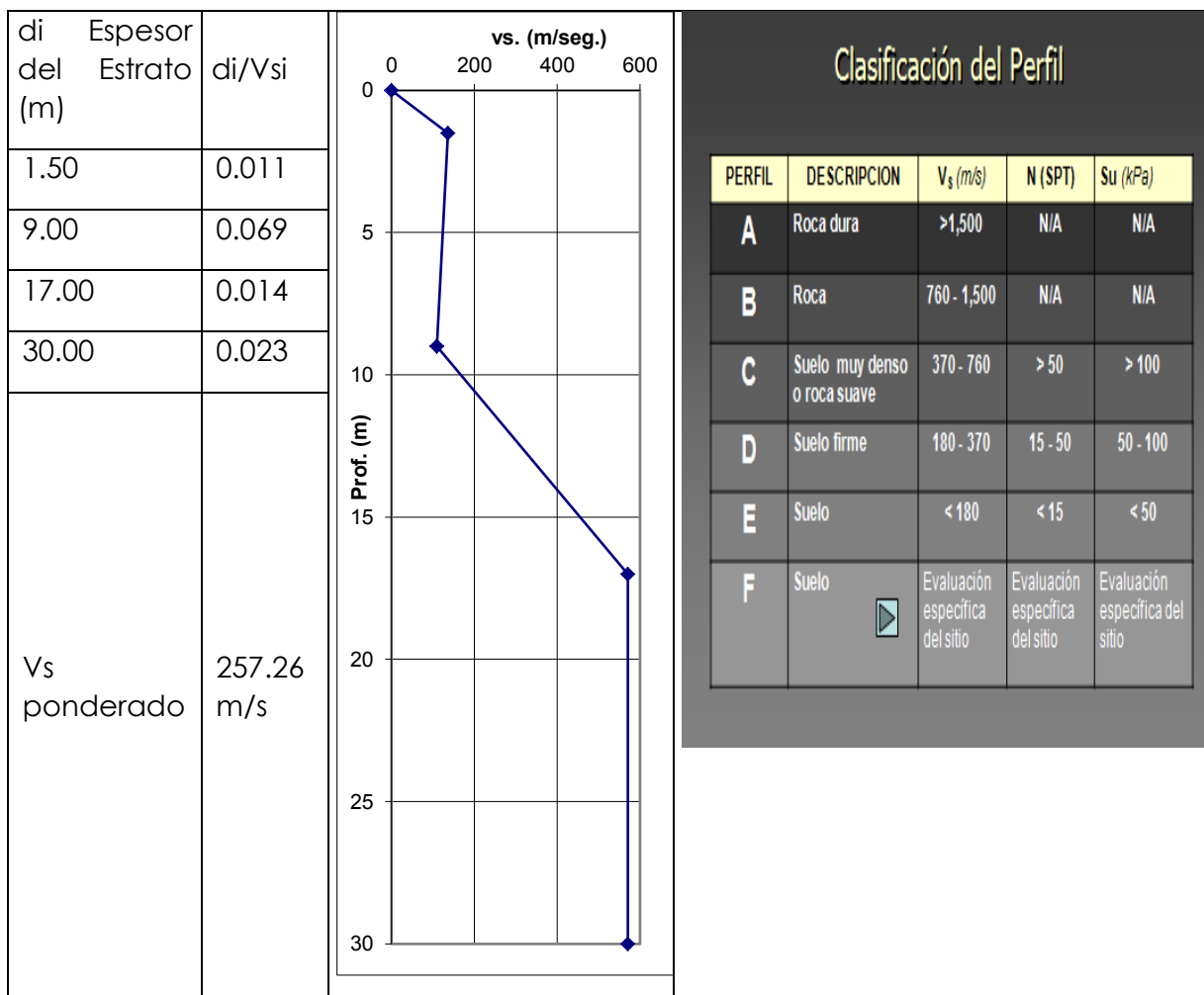
El sitio donde se cimentará la Galera, será con cimentación profunda, es decir pilotes anclados en la roca.

## SISMICIDAD

De acuerdo con el REP 2004, la tabla 4.1.4.1 Coeficientes de aceleración para el área de la Ciudad de Colón es de  $A_a=0.15$  y  $A_v = 0.15$ . Con los valores de las perforaciones, suelo y roca sedimentaria proyectando el mismo tipo de roca hasta los 30 metros, se determinó el perfil sísmico. Ver Cuadro N°2981 GJD-25.

Cuadro 2981 GJD N° 25 Tipo de Suelo

El perfil sísmico es "D"



## UNIDADES GEOTÉCNICAS

En la definición de los estratos se reúnen la Clasificación del material (SUCS), límites de consistencia, humedad, densidad, RQD, ángulo de las juntas abiertas y capacidad carga de diseño. Con esta información se construyen las unidades geotécnicas, que se resumen en el cuadro 2981 GJD N° 26.

Cuadro 2981 GJD N° 26 Unidades Geotécnicas

Propiedades	Suelo	Roca
Símbolo	GM, MH, ML, SM, SC Y CL	RH1
Humedad natural $\omega$ %	Muy Húmeda	
Plasticidad	Media	-
Gravedad específica G.E gr/cm <sup>3</sup>	2.77	2.10
pH	Básico	
Densidad Kg/m <sup>3</sup>	1435.00	
Corrosividad	Muy severa a severa	
Ángulo de las juntas abiertas °		20 y 68
RQD		pobre
qu kg/cm <sup>2</sup>		75.75
qadm kg/cm <sup>2</sup> , Criterio de M. J. Tomlinson		45.10
Espesor m	14.10	5.00
Coeficiente de aceleración, Av y Aa		0.15, 0.15
Clasificación del Perfil		"D"

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los estratos o capas encontradas en sitio son:

Estrato superficial del cuaternario formado por Grava, limo y arcilla y arena limosa, de grava limosa producto de la roca muy meteorizada, espesor máximo de 14.10 m, capacidad de soporte de 0.02 MPa.

Segundo estrato de roca de los tipos sedimentaria marina, y sedimentaria volcánica piroclástica, aglomerado tobásico con espesores mayores a 5 m, con capacidad de soporte admisible de 45.10 kg/cm<sup>2</sup>.

Hay dos formaciones que hacen contacto en la parte sur este.

Nivel freático es superficial.

El perfil sísmico es "D".

Recomendamos definir el área de falla o contacto entre las diferentes formaciones con tres sondeos de 15m.

Un análisis de las cargas permitirá de los pilotes.



## 9. ANEXOS

FOTOS DE CAMPO

FOTO DE LAS MUESTRAS DE LABORATORIO

ENSAYOS

## FOTOS DE CAMPO



Sondeo 1



Sondeo 5



Sondeo 3

FOTO DE LAS MUESTRAS DE LABORATORIO



S1-M1



S1-M2



S1-M3



S1-M4



S1-M5



S1-M6





S1-M7



S2-M1



S2-M2



S2-M3



S2-M4



S2-M5



S2-M6



S2-M7



S3-M1



S3-M2



S3-M3



S3-M4





S3-M5



S3-M6



S3-M7



S3-M8



S3-M9



S3-M10



S4-M1



S4-M2



S4-M3



S4-M4



S4-M5



S4-M6





S4-M7



S4-M8



S5-M1



S5-M2



S5-M3



S5-M4



S5-M5



S5-M6

## IMÁGENES DE LAS PERFORACIONES EN ROCA

S1



S2



S3



S4



S5





## IMÁGENES DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE



S1-M1



S1-M2



S1-M3



S2-M1



S2-M2



S2-M3



S4-M1



S5-M1



S5-M2



S5-M3