

DATOS GEOTÉCNICOS DE CAPACIDAD SOPORTANTE O DE CIMENTACION PARA LA OBRA CIVIL

PROYECTO: Módulo de alojamiento en el CAI Marcus Garvey Limón

LOCALIZACIÓN: Provincia: 07 Limón Cantón: 01 Limón Distrito: 01 Limón

DESARROLLADOR: MINISTERIO DE JUSTICIA

**PROFESIONAL QUE ELABORA EL ESTUDIO: Profesional en Ingeniería Civil o de
Geología con especialidad en Geotecnia**

Nombre del profesional: Danilo Andrés Jiménez Ugalde

Número de cédula: 1-1196-0672 **Número de colegiado:** IC-19214

Registro SETENA: CI-297-17 Vigencia: 22/12/2021

DOCUMENTO DE RESPONSABILIDAD PROFESIONAL

El suscrito Danilo Andrés Jiménez Ugalde, portador(a) de la cédula de identidad número 1-1196-0672, profesional en Ingeniería Civil (IC-19214), manifiesto ser responsable directo de la información técnica científica que se aporta en el presente documento, la cual se elaboró para el proyecto denominado: Módulo de alojamiento en el CAI Marcus Garvey Limón, que se desarrollará en el plano catastrado número: 7-419778-97.

En virtud de ello, someto los Datos Geotécnicos de Capacidad de Soporte o de Cimentación para la Obra Civil, al conocimiento de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), como autoridad en materia de Evaluación de Impacto Ambiental del Estado costarricense, con el objetivo que sean analizados y se constate que los mismos han cumplido con los lineamientos técnicos y normativos establecidos. Tengo presente que en apego al artículo 5 del Decreto Ejecutivo 32712-MINAE, la información contenida de estos datos, se presenta bajo el concepto de Declaración Jurada y a conocimiento y conciencia de que dicha información es actual y verdadera y que en caso contrario pueden derivarse consecuencias penales del hecho. Por lo cual, manifiesto que, de encontrarse alguna irregularidad en la información, seré responsable no sólo por esta falta, sino también por las consecuencias de decisión que a partir de la información suministrada pudiera incurrir la SETENA y el desarrollador.

Atentamente,

Ing. Danilo A. Jiménez Ugalde, M.Sc.
IC-19214
CI-297-17

Fecha de emisión: 28/05/2020

Contenido

1.	Resumen	3
2.	Introducción	4
3.	Trabajo realizado	6
4.	Resultados geotécnicos obtenidos	8
5.	Evaluación de resultados y conclusiones geotécnicas	9
6.	Discusión sobre los grados de incertidumbre y alcance del estudio	13
7.	Referencias Bibliográficas	14
8.	Anexos	15

1. Resumen

1.1. Resumen de resultados

Con base en las perforaciones SPT y los ensayos geofísicos ejecutados, se logró caracterizar geotécnicamente el sitio de estudio. Se identificaron dos unidades geotécnicas:

- UG-1: Suelos blandos.
- UG-2: Suelos duros.

En las prospecciones realizadas no se detectó la presencia del nivel freático. Debe aclararse que esta condición puede variar en función de la precipitación acumulada durante la estación lluviosa a lo largo del año.

Los materiales de la UG-1 y UG-2 clasifican como limos de alta plasticidad (MH) y arcillas de alta plasticidad (CH) respectivamente. Ambos materiales presentan una humedad natural que varía entre 30% y 45%.

1.2. Resumen de conclusiones técnicas

Con base en los análisis realizados, se determinó lo siguiente:

- La capacidad de soporte admisible varía entre 10 kPa y 270 kPa.
- No se identificó la presencia de nivel freático.
- No se identificó la presencia de materiales blandos, limos colapsables o arenas con potencia de licuación.
- Los materiales de la UG-2 se pueden correlacionar con materiales expansivos, sin embargo, por su profundidad no son susceptibles a cambios de humedad, por lo que esto no representa un problema para el desarrollo de la obra.
- Para efectos del cálculo de la sollicitación sísmica el sitio se clásica como S_3 , zona III.
- No se identificaron problemas asociados a estabilidad de taludes.

2. Introducción

2.1. Datos sobre la finca estudiada

El terreno se encuentra en ubicado en el distrito 01 Limón, cantón 01 Limón, provincia 07 Limón; con plano catastrado inscrito bajo el número 7-419778-97; la Figura 1 muestra la localización geográfica. El terreno es plano de fácil acceso, con presencia de algunos árboles, cubierto con vegetación de baja altura.



Figura 1. Localización geográfica. Fuente: Hoja 1:50.000 Río Banano.

2.2. Coordinación profesional realizada

La coordinación de los trabajos presentados en este informe estuvo a cargo del Ing. Danilo Andrés Jiménez Ugalde, inscrito en el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (IC-19214) y el registro de consultores de Setena (CI-297-17).

2.3. Objetivos del estudio

- Proporcionar un conocimiento de las características geotécnicas del subsuelo de acuerdo con la construcción prevista.
- Conocer y evaluar las posibles problemáticas geotécnicas de la zona, que puedan incidir sobre la futura construcción.
- Recomendar el sistema de cimentación según el tipo de construcción prevista de acuerdo a los condicionantes geotécnicos.

2.4. Metodología aplicada para llevarlo a cabo

Los trabajos de campo y laboratorio, así como todos los análisis geotécnicos fueron ejecutados siguiendo los lineamientos y metodologías presentados en el Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental, el Código de Cimentaciones de Costa Rica (ACG, 2009) y el Código Geotécnico de Taludes y Laderas de Costa Rica (ACG, 2015).

La exploración del subsuelo se realizó por medio de cinco perforaciones utilizando el método de ensayo SPT (ASTM D1586), dos perfiles de refracción sísmica (ASTM D5777) y dos ensayos MASW. Los ensayos de caracterización de laboratorio fueron ejecutados por medio de las normas AASHTO T265, AASHTO T90 y T89, ASTM C117 y ASTM C136.

3. Trabajo realizado

3.1. Trabajo de campo

En el sitio de estudio se realizaron cinco sondeos exploratorios utilizando el método SPT (ASTM D1586), con una profundidad máxima de prospección de 6.00 m. Además se ejecutaron dos perfiles de sísmica de refracción (ASTM D5777) con longitudes de 33 m y 55 m y un ensayo geofísico MASW con una longitud de 33 m (ver Tabla 1, Tabla 2 y Figura 2).

Tabla 1. Ubicación de las perforaciones SPT.

Identificación	Profundidad (m)	Nivel freático (m)	Coordenadas	
			Latitud	Longitud
P-1	6.00	-	1104480	598877
P-2	6.00	-	1104467	598873
P-3	6.00	-	1104461	598853
P-4	6.00	-	1104490	598849
P-5	6.00	-	1104520	598850

Tabla 2. Ubicación de ensayos geofísicos.

Identificación	Tipo	Longitud (m)	Coordenada inicio		Azimut
			Latitud	Longitud	
S-1	Refracción	55.00	1104455	598848	045
S-2	Refracción, MASW	33.00	1104498	598871	160



Figura 2. Ubicación de las prospecciones.

3.2. Ensayos de laboratorio

En la Tabla 3 se presentan los ensayos realizados en el laboratorio a las muestras alteradas extraídas durante la campaña de exploración.

Tabla 3. Ensayos de laboratorio.

Ensayo	Norma
Humedad natural	AASHTO T265
Límites de Atterberg	AASHTO T90 y T89
Análisis granulométrico	ASTM C117 y C136

3.3. Correlación e interacción con datos de geología del terreno.

Con base en el mapa geológico de Costa Rica, escala 1:400.000 (Denyer & Alvarado, 2007), el sitio donde se ubica el terreno estudiado corresponde con materiales sedimentos continentales y de transición marina-costera del Cuaternario (Q) (ver Figura 3).

Del mapa geológico no se observa que la finca estudiada este afectada directamente por fallas. La estructura geológica que se reporta en el mapa geológico más cercana es de tipo transcurrente sinistral, localizada al noroeste del área de estudio.

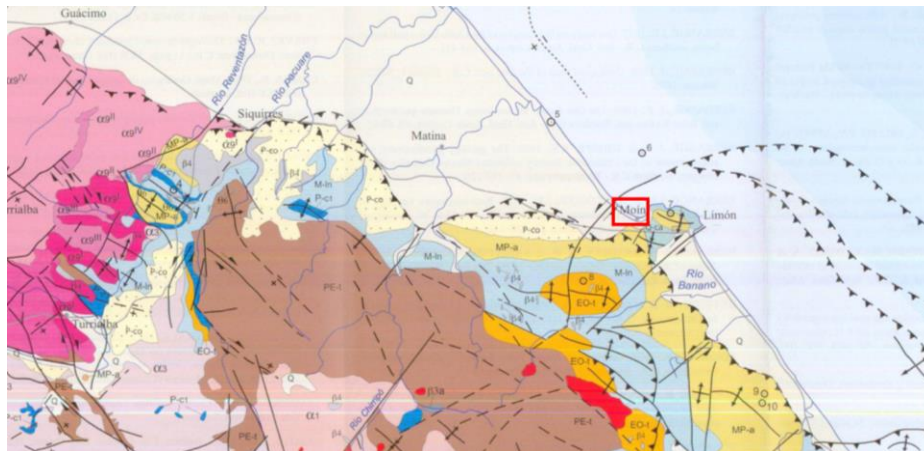


Figura 3. Geología del área de estudio. Fuente: Denyer y Alvarado (2007).

Desde el punto de vista sísmico, en CFIA (2014) se cataloga el sitio como Zona III, por lo que se pueden esperar aceleraciones pico efectivas entre 0.30g y 0.36g, según el tipo de suelo presente en la cimentación de la obra.

4. Resultados geotécnicos obtenidos

Con base en la información de las prospecciones de campo y resultados de laboratorio ejecutados, se puede concluir que el perfil estratigráfico típico del terreno está conformado por dos unidades geotécnicas (UG), la cual se describe en la Tabla 4.

Tabla 4. Perfil estratigráfico del terreno.

Unidad geotécnica	Descripción
UG-1	Suelo de consistencia blanda a media. Color café claro. N_{SPT} menor de 10 golpes. Estos materiales clasifican según SUCS como arcillas de baja plasticidad (CL) o limos elásticos (MH). Presentan un espesor entre 1.0 m y 3.0 m, V_p menor de 400 m/s y V_s menor de 200 m/s.
UG-2a	Suelo de consistencia dura. Color gris. N_{SPT} entre 10 y 30 golpes. Estos materiales clasifican según SUCS como arcillas de alta plasticidad (CH) o limos de alta plasticidad (MH). Presentan un espesor indefinido, V_p 1300 y 1500 m/s y V_s entre 200 y 300 m/s. Son potencialmente expansivas.

Con base en los resultados de las perforaciones SPT no fue identificada la presencia de nivel freático. De las prospecciones geofísicas se infiere que por debajo de los 2 m de profundidad el material se encuentra saturado. Por otra parte, los ensayos de laboratorio muestran que la humedad del medio es casi constante por debajo de los 1.5 m de profundidad, variando entre el 40% y 50%.

5. Evaluación de resultados y conclusiones geotécnicas

5.1. Capacidad soportante y de cimentación

En la Tabla 5 se presentan la variación de la capacidad soportante admisible calculada con base en el valor N_{SPT} en cada una de las perforaciones. Por otra parte, en la Tabla 6 se presenta la variación de la capacidad de soporte calculada a partir de los ensayos MASW.

Tabla 5. Variación de la capacidad de soporte admisible (FS=3) con base en los ensayos SPT.

Profundidad (m)	Capacidad de soporte admisible neta (kPa)				
	P-01	P-02	P-03	P-04	P-05
0.55	30	30	20	10	10
1.00	50	30	50	10	30
1.45	75	50	100	10	100
1.90	70	100	125	15	120
2.35	50	75	150	15	110
2.80	70	85	150	60	165
3.25	125	90	160	240	165
3.70	115	135	175	230	165
4.15	100	140	165	160	135
4.60	100	75	165	270	210
5.05	110	70	175	250	185
5.50	135	70	185	210	210
5.95	210	110	190	230	215

En rojo: capacidad de soporte menor a 100 kPa (10 ton/m²)

Tabla 6. Variación de la capacidad de soporte admisible (FS=3) con base en el ensayo MASW.

Profundidad (m)	Capacidad de soporte admisible (kPa)
	MASW-02
0 - 4	70
4 - 8	100
8 - 12	200
12 - 20	235

Considerando la estratigrafía en los sondeos, se recomienda a los encargados del diseño estructural de la cimentación lo siguiente:

- Se sugiere utilizar un nivel de desplante mínimo de 1.0 m.
- Se recomienda utilizar un sistema de cimentación tipo losa flotante, colocada sobre una sustitución de lastre compactado con un espesor de 1.0 m. Para implementar esa solución se debe garantizar que el esfuerzo transmitido por la estructura al terreno no sobrepase los 25 kPa, o en su defecto realizar la revisión geotécnica correspondiente.
- Se sugiere estudiar la opción utilizar geogrilla biaxial o geotextil tejido de alto módulo, con el objetivo de reducir el espesor de la sustitución con lastre.

5.2. Asentamientos

Con base la clasificación SUCS de los materiales, se determinó de forma indirecta el coeficiente $C_c = 0.31$ y el coeficiente $C_\alpha = 0.005$ con los cuales se construyeron las curvas de asentamiento total (consolidación primaria + consolidación secundaria) para esfuerzos de 25 kPa, 50 kPa y 100 kPa, las cuales se presentan en la Figura 4. En la Tabla 2, se presenta el cálculo de los asentamientos utilizando teoría de la elasticidad.

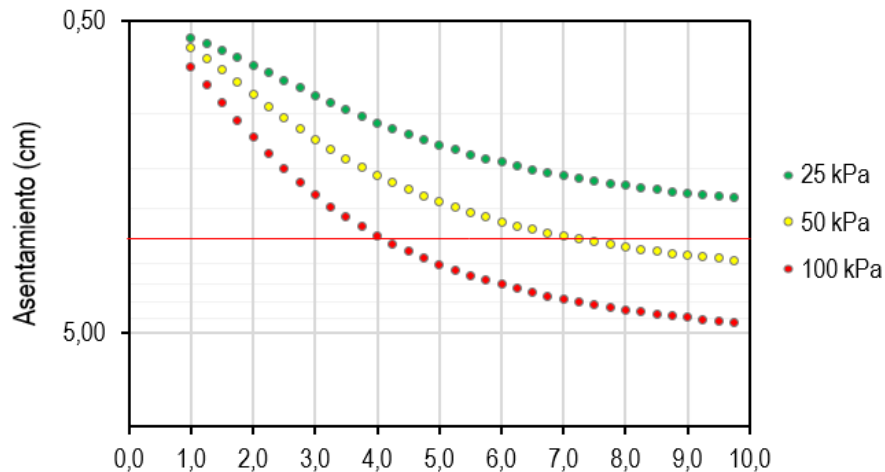


Figura 4. Curvas de asentamiento para 25 kPa, 50 kPa y 100 kPa. Línea roja: 2.5 cm.

Tabla 7. Estimación del asentamiento total utilizando teoría de elasticidad.

Profundidad (m)		E_o (MPa)	Δp_i (kPa)			Δh_i (m)	S_c (cm)			Asentamiento consolidación primaria (cm)		
Desde	Hasta						$\Delta p_i = 25$ kPa	$\Delta p_i = 50$ kPa	$\Delta p_i = 100$ kPa	$\Delta p_i = 25$ kPa	$\Delta p_i = 50$ kPa	$\Delta p_i = 100$ kPa
0,0	2,0	-	-	-	-	-	-	-	2,00	4,00	8,00	
2,0	3,0	5,00	25	50	100	1,0	0,50	1,00				2,00
3,0	9,0	10,00	25	50	100	6,0	1,50	3,00				6,00
9,0	30,0	-	25	50	100	21,0	-	-	-	-	-	
Asentamiento total (cm)										2,54	4,54	8,54

De los resultados anteriores, se observa como para esfuerzos menores de 25 kPa los asentamientos en ambas metodologías de cálculo son inferiores a 2.5 cm, valor considerado admisible para el tipo de estructura propuesta. En caso de que la cimentación de la estructura transmita cargas superiores a los 25 kPa se debe realizar una revisión geotécnica adicional. En los cálculos anteriores se asume un nivel de desplante de 1.0 m y una sustitución de 1.0 m por debajo del nivel de desplante.

5.3. Licuación, limos colapsables y arcillas expansivas

- No se encontró en el sitio evidencias de la presencia de arenas licuables o limos colapsables.
- Los limos arcillosos de color gris (UG-2) son descritas como materiales con potencial expansivo en la literatura técnica nacional (ACG, 2009). Sin embargo, la profundidad a la que se encuentran estos materiales (mayor a 3.0 m) hace que no sean susceptibles a sufrir cambios de humedad, por lo que no se considera que la presencia de estos materiales genere un problema para la correcta ejecución de los trabajos proyectados.

5.4. Coeficiente sísmico según el Código Sísmico de Costa Rica.

El proyecto se ubica en Zona Sísmica III, según establece la sección 2.1 del Código Sísmico de Costa Rica 2010 (CFIA, 2014) y de la caracterización geofísica se obtuvo un $V_{s,30}=273$ m/s (tipo S_3). Considerando lo anterior, se recomienda utilizar una aceleración pico efectiva de diseño $a_{ef}=0.36$.

5.5. Conclusiones sobre cimentaciones para las obras.

Con base en los resultados de la investigación geotécnica, se concluye lo siguiente:

Unidad geotécnica	Descripción
UG-1	Suelo de consistencia blanda a media. Color café claro. N_{SPT} menor de 10 golpes. Estos materiales clasifican según SUCS como arcillas de baja plasticidad (CL) o limos elásticos (MH). Presentan un espesor entre 1.0 m y 3.0 m, V_p menor de 400 m/s y V_s menor de 200 m/s.
UG-2	Suelo de consistencia dura. Color gris. N_{SPT} entre 10 y 30 golpes. Estos materiales clasifican según SUCS como arcillas de alta plasticidad (CH) o limos de alta plasticidad (MH). Presentan un espesor indefinido, V_p 1300 y 1500 m/s y V_s entre 200 y 300 m/s. Potencialmente expansivas, sin embargo, esto no representa un riesgo para las estructuras que se pretenden construir.

- El perfil geotécnico típico del sitio está constituido por dos unidades geotécnicas: UG-1: Suelo de consistencia blanda a media. UG-2: Suelo de consistencia dura.
- Se sugiere utilizar un nivel de desplante mínimo de 1.0 m.
- Se recomienda utilizar un sistema cimentación tipo losa flotante, colocada sobre una sustitución de 1.0 m de lastre compactado al 95% del Proctor modificado.
- El diseño estructural de cualquier solución de cimentación debe garantizar una capacidad de soporte admisible ($FS=3$) de 25 kPa con el objetivo de no presentarse problemas de asentamientos.
- Se debe indicar que las consideraciones expuestas han sido deducidas de ensayos puntuales, constituyendo una extrapolación al conjunto del terreno de estudio en las condiciones actuales del subsuelo; por ello, se recomienda la inspección en obra durante la excavación y la construcción de los cimientos, con el fin de verificar las características

aparentes del terreno se corresponden con las que han servido de base a estas recomendaciones.

- Siguiendo las recomendaciones dadas en este informe, se considera que los asentamientos esperados en las estructuras que se pretenden construir (edificaciones de hasta 3 niveles) serán menores de 2.5 cm.
- Para la profundidad y el área cubiertas por este estudio, no se ha detectado la presencia de limos colapsables o arenas licuables.
- Por debajo de los 3 m de profundidad se describieron en las perforaciones SPT materiales con potencial expansivo, sin embargo, por su profundidad no se espera que representen un problema para el desarrollo del proyecto.
- La estructura se deberá diseñar y construir siguiendo las normas y especificaciones indicadas en el "Código de Cimentaciones de Costa Rica" y el "Código Sísmico de Costa Rica", considerando el terreno como tipo S₃ en zona III por lo que el coeficiente de aceleración a_{ef} debe ser tomado como 0.36.
- Durante el proceso constructivo deberá darse una inspección adecuada para verificar la capacidad de soporte de diseño.

5.6. Evaluación de estabilidad de taludes

El terreno en el que se pretende construir las edificaciones presenta una topografía plana, con una pendiente menor del 15%, por lo que no se considera necesario realizar un estudio de estabilidad de taludes.

5.7. Parámetros para obras de retención y estructuras enterradas

Se recomienda utilizar los parámetros presentados en la Tabla 8 para el diseño de obras de retención y estructuras enterradas; para el cálculo de dichos coeficientes se utilizó la teoría desarrollada por Rankine.

Tabla 8. Estimación de parámetros de empuje.

Parámetro	UG-1 / UG2	Relleno de lastre
Peso unitario, γ (kN/m ³)	18.5	20.0
Ángulo de fricción efectivo, ϕ	20.0	35.0
Coefficiente de presión activa, K_a	0.49	0.27
Coefficiente de presión pasiva, K_p	2.04	3.69
Cohesión efectiva, c' (kPa)	0.0 – 5.0	0.0

Se señala también la necesidad de construir drenajes en la parte posterior de estructuras de retención, con el fin de evitar que las mismas puedan ser cargadas por presiones hidrostáticas generadas por aguas provenientes desde los terrenos adyacentes.

Para el diseño de la cimentación de estructuras de retención se deberá verificar que la carga transmitida al terreno no sobrepase la capacidad de soporte admisible que se presenta en la Tabla 5.

6. Discusión sobre los grados de incertidumbre y alcance del estudio

6.1. Aplicabilidad de los resultados.

Los resultados presentados en el presente informe pueden utilizarse en las etapas de factibilidad, diseño básico y diseño final de la cimentación de la obra civil que se proyecta construir en el área de proyecto.

6.2. Tareas pendientes para fases posteriores del proyecto.

Tanto la elección de la cota de cimentación como la verificación de la tensión admisible considerada e idoneidad del tipo de cimentación deberán ser aprobadas en último término por el diseñador de la obra.

El nivel de apoyo de la cimentación deberá ser supervisado por un profesional especialista en geotecnia. Se debe verificar durante la construcción que la cimentación se apoye en condiciones homogéneas, alcanzando como mínimo en el nivel geotécnico considerado. Se recomienda realizar una verificación con ensayos mediante penetrómetros manuales ejecutados directamente sobre el fondo de las excavaciones para las cimentaciones.

6.3. Incertidumbres no resueltas.

Las perforaciones obtienen información puntual sobre la profundidad de las distintas capas de materiales, por lo que no se puede descartar que los espesores de los materiales encontrados puedan variar en otros puntos del terreno. Debido a lo anterior, se recomienda ejecutar una inspección en obra durante la construcción de la cimentación, con el fin de verificar que las características aparentes del terreno se corresponden con las que han servido de base a este informe.

6.4. Conclusión general sobre la viabilidad geotécnica del terreno en virtud de la obra a desarrollar.

Con base en los resultados de las prospecciones, ensayos de campo y laboratorio, así como los análisis realizados, se concluye que es viable desde el punto de vista geotécnico desarrollar la obra en el sitio estudiado, siempre y cuando se cumplan con las recomendaciones presentadas en este informe técnico.

7. Referencias Bibliográficas

- Asociación Costarricense de Geotecnia (ACG). 2009. Código de cimentaciones de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- ACG. 2015. Código geotécnico de taludes y laderas de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA). 2014. Código sísmico de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- CFIA. 2017. Código de instalaciones hidráulicas y sanitarias Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago.
- Denyer, P. Alvarado, G.E. 2007. Mapa Geológico de Costa Rica – Escala 1:400.000. Librería Francesa, San José, Costa Rica.
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI). 1991. Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan. Japan: Ports and Harbours Bureau, Ministry of Transport.

8. Anexos

8.1. Registro fotográfico

P-01



P-02



P-03



P-04



P-05



S-01



S-02



8.2. Registros SPT

Intervalos Metros		NF	Nº de Muestra / Estratigrafía	Grafica NSPT	NSPT	Q Ultima ton/m ²	% H	LL	IP	IL	C	% Pas Tamiz N°200	SUCS	Descripción del suelo
0,00	0,55	NO	1		5	8	38,9%	23	8	2,73	2,2	99,8%	CL	Limo arcilloso de baja plasticidad color café claro
0,55	1,00	NO	2		6	15	NR				2,6			
1,00	1,45	NO	3		9	23	42,3%				4,0			
1,45	1,90	NO	4		8	20	42,0%				3,5			
1,90	2,35	NO	5		6	15	43,7%				2,6			
2,35	2,80	NO	6		8	20	NR				3,5			
2,80	3,25	NO	7		15	38	46,2%				6,6			
3,25	3,70	NO	8		14	35	39,1%				6,2			
3,70	4,15	NO	9		12	30	NR				5,3			
4,15	4,60	NO	10		12	30	40,6%				5,3			
4,60	5,05	NO	11		13	33	49,7%	32	18	1,09	5,7	99,6%	CH	
5,05	5,50	NO	12		10	40	43,8%				7,0			
5,50	5,95	NO	13		26	83	46,2%				11,0			
5,95	6,40													Arcilla expansiva color café claro
6,40	6,85													
6,85	7,30													
7,30	7,75													
7,75	8,20													
8,20	8,65													
8,65	9,10													
9,10	9,55													
9,55	10,00													
10,00	10,45													
10,45	10,90													
10,90	11,35													
11,35	11,80													

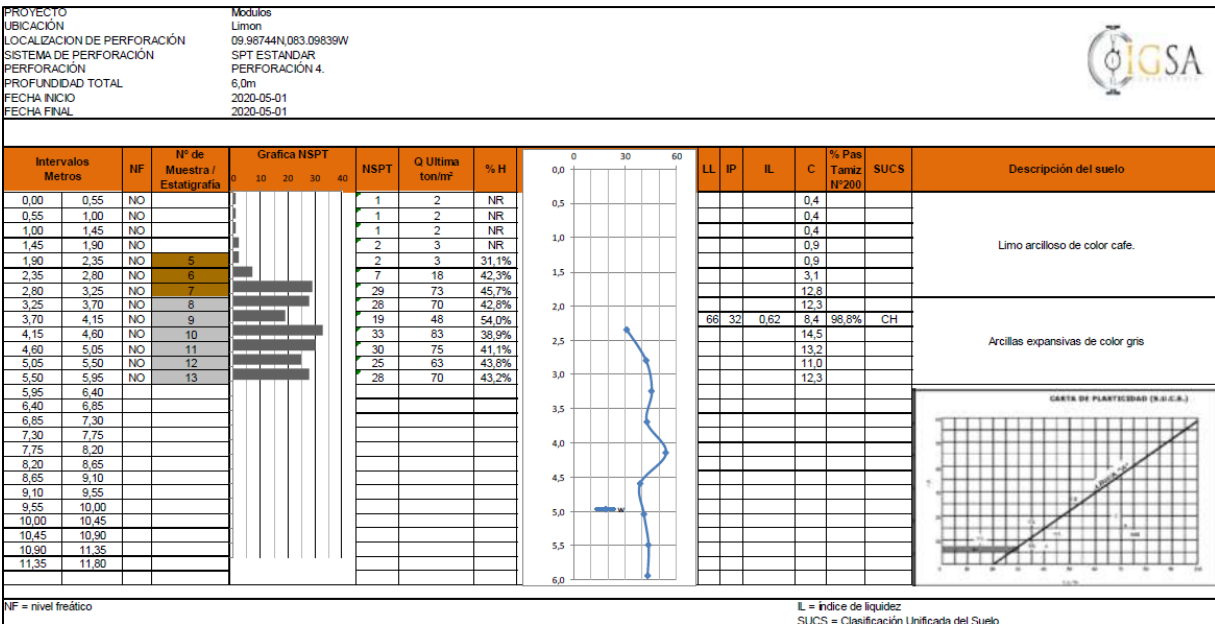
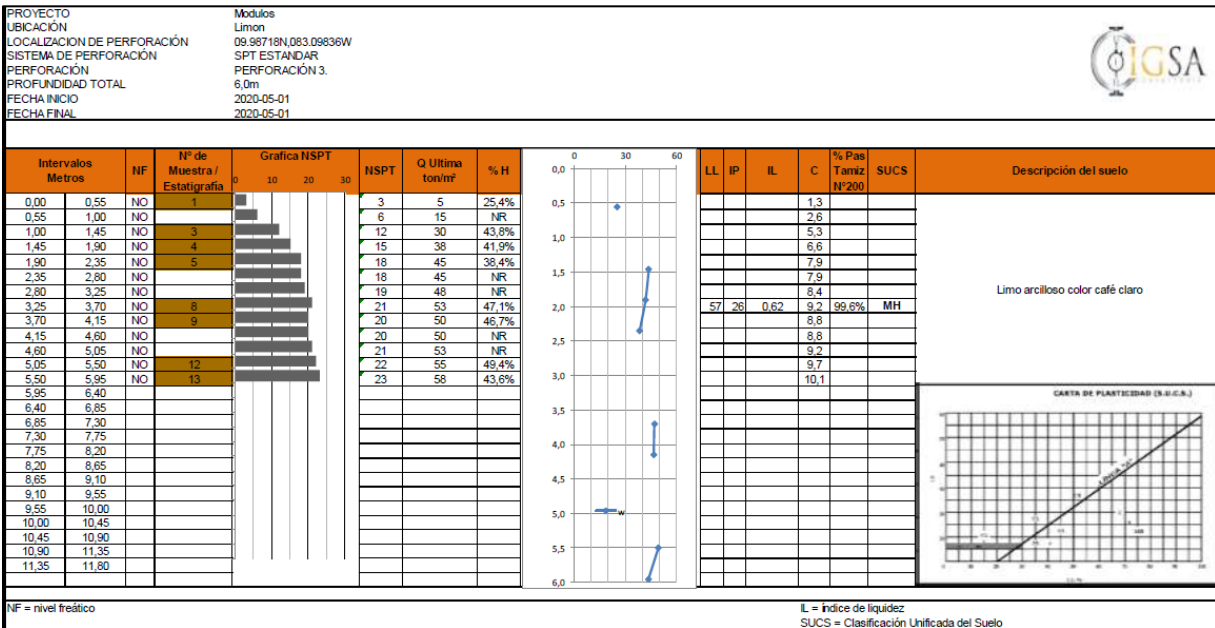
NF = nivel freático

IL = índice de liquidez
 SUCS = Clasificación Unificada del Suelo

Intervalos Metros		NF	Nº de Muestra / Estratigrafía	Grafica NSPT	NSPT	Q Ultima ton/m ²	% H	LL	IP	IL	C	% Pas Tamiz N°200	SUCS	Descripción del suelo
0,00	0,55	NO	1		5	8	27%				2,2			Limo arcilloso color café claro
0,55	1,00	NO	2		5	8	30%				2,2			
1,00	1,45	NO	3		6	15	NR				2,6			
1,45	1,90	NO	4		12	30	44%				5,3			
1,90	2,35	NO	5		9	23	33%				4,0			
2,35	2,80	NO	6		10	25	40%				4,4			
2,80	3,25	NO	7		11	28	41%				4,8			
3,25	3,70	NO	8		16	40	40%				7,0			
3,70	4,15	NO	9		17	43	42%				7,5			
4,15	4,60	NO	10		9	23	46%				4,0			
4,60	5,05	NO	11		8	20	45%	57	35	0,69	3,5	99,8%	CH	
5,05	5,50	NO	12		8	20	NR				3,5			
5,50	5,95	NO	13		13	33	45%				5,7			
5,95	6,40													Arcilla expansiva color gris
6,40	6,85													
6,85	7,30													
7,30	7,75													
7,75	8,20													
8,20	8,65													
8,65	9,10													
9,10	9,55													
9,55	10,00													
10,00	10,45													
10,45	10,90													
10,90	11,35													
11,35	11,80													

NF = nivel freático

IL = índice de liquidez
 SUCS = Clasificación Unificada del Suelo



8.3. Registros Laboratorio

a. Sondeo 1

Numero de muestra	Profundidad (m)	Humedad (%)	Masa muestra sin lavar (g)	Masa muestra después de lavado (g)	Pasando la malla 200 (%)	Límite Líquido	Límite Plástico	IP
1	0,55	36,8%	30,59	18,37	99,8%	23	8	15
2	1,00	NR						
3	1,45	42,3%						
4	1,90	42,0%						
5	2,35	43,7%						
6	2,80	NR						
7	3,25	46,2%						
8	3,70	39,1%						
9	4,15	NR						
10	4,60	49,6%						
11	5,05	49,7%	31,54	18,4	99,6%	58	24	34
12	5,50	43,8%						
13	5,95	46,2%						

b. Sondeo 2

Numero de muestra	Profundidad (m)	Humedad (%)	Masa muestra sin lavar (g)	Masa muestra después de lavado (g)	Pasando la malla 200 (%)	Límite Líquido	Límite Plástico	IP
1	0,55	26,6%	28,66	18,37	99,8%	57	35	22
2	1,00	30,1%						
3	1,45	NR						
4	1,90	43,7%						
5	2,35	33,3%						
6	2,80	40,2%						
7	3,25	40,5%						
8	3,70	40,0%						
9	4,15	42,4%						
10	4,60	46,0%						
11	5,05	45,4%						
12	5,50	NR						
13	5,95	45,1%						

c. Sondeo 3

Numero de muestra	Profundidad (m)	Humedad (%)	Masa muestra sin lavar (g)	Masa muestra después de lavado (g)	Pasando la malla 200 (%)	Límite Líquido	Límite Plástico	IP
1	0,55	25,4%	29,69	18,49	99,6%	57	26	31
2	1,00	NR						
3	1,45	43,8%						
4	1,90	41,9%						
5	2,35	38,4%						
6	2,80	NR						
7	3,25	NR						
8	3,70	47,1%						
9	4,15	46,7%						
10	4,60	NR						
11	5,05	NR						
12	5,50	49,4%						
13	5,95	43,6%						

d. Sondeo 4

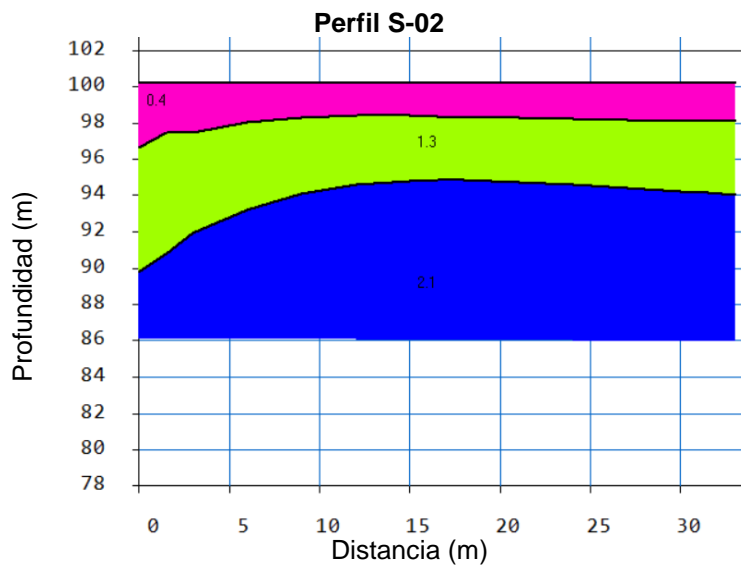
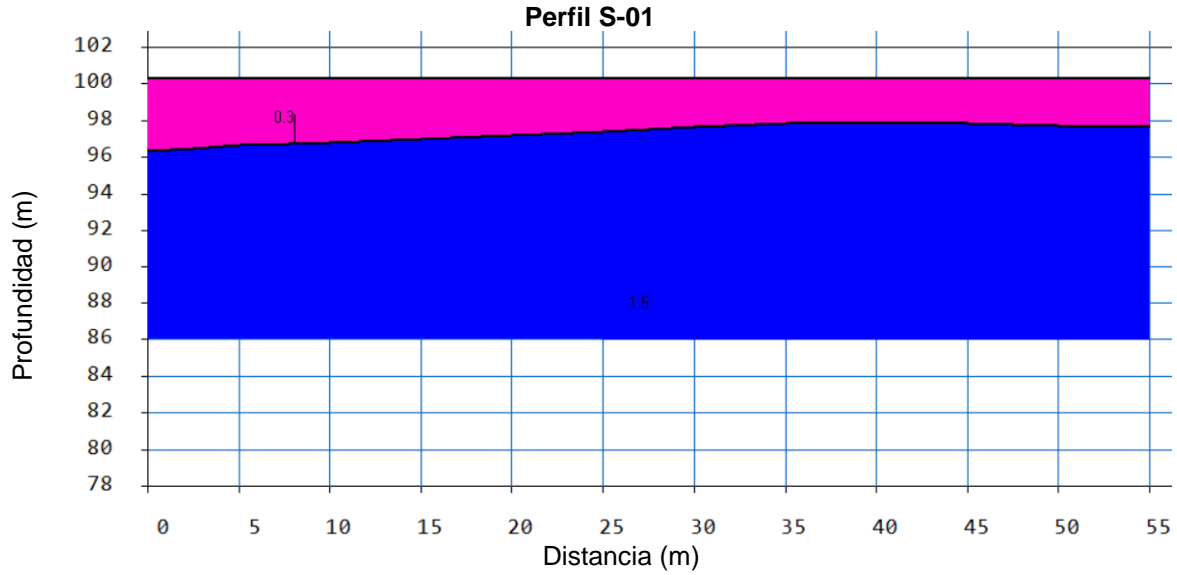
Numero de muestra	Profundidad (m)	Humedad (%)	Masa			Limite Liquido	Limite Plastico	IP
			Masa muestra sin lavar (g)	muestra después de lavado (g)	Pasando la malla 200 (%)			
1	0,55	NR						
2	1,00	NR						
3	1,45	NR						
4	1,90	NR						
5	2,35	31,1%						
6	2,80	42,3%						
7	3,25	45,7%						
8	3,70	42,8%						
9	4,15	54,0%	31,9	18,47	98,8%	66	32	34
10	4,60	38,9%						
11	5,05	41,1%						
12	5,50	43,8%						
13	5,95	43,2%						

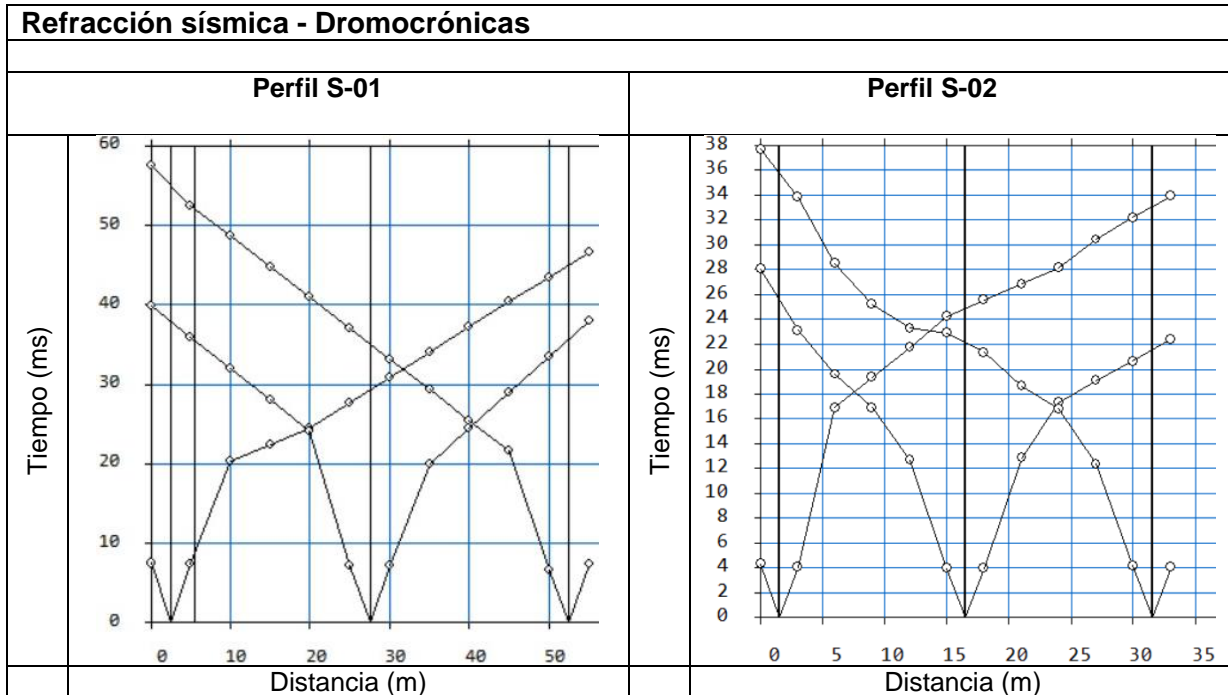
e. Sondeo 5

Numero de muestra	Profundidad (m)	Humedad (%)	Masa			Limite Liquido	Limite Plastico	IP
			Masa muestra sin lavar (g)	muestra después de lavado (g)	Pasando la malla 200 (%)			
1	0,55	NR						
2	1,00	NR						
3	1,45	50,3%						
4	1,90	41,4%						
5	2,35	50,7%						
6	2,80	NR						
7	3,25	44,4%	34,98	17,9	99,1%	54	34	20
8	3,70	NR						
9	4,15	45,1%						
10	4,60	43,9%						
11	5,05	NR						
12	5,50	43,9%						
13	5,95	48,4%						

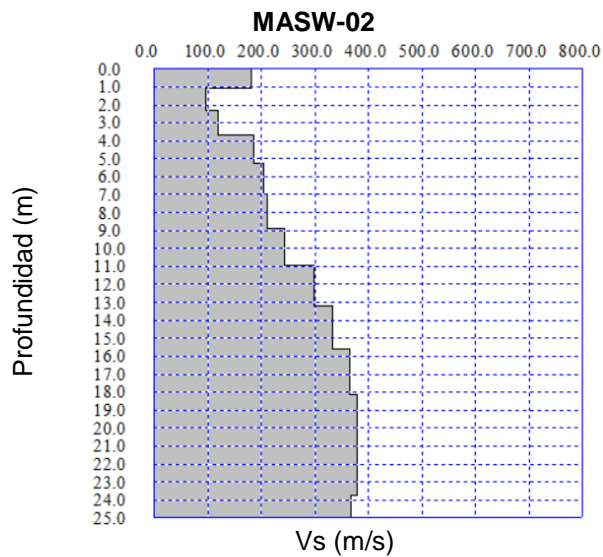
8.4. Resultados de las prospecciones geofísicas

Refracción sísmica





Ensayo MASW



Correlación MASW - N_{SPT}

MASW-02

Profundidad (m)	Vs (m/s)	N _{SPT}
0,0	182	7
1,1	97	1
2,3	120	2
3,7	186	8
5,3	203	11
7,0	210	12
8,9	243	19
11,0	299	36
13,2	334	51
15,6	366	69
18,1	380	77
20,9	379	77
23,7	369	70
26,8	409	98