

# ***Estudio Geotécnico***

## **PROYECTO CONSTRUCCIÓN DE CAUCES Y CANALES DE DRENAJE PARA CONTROL DE INUNDACIONES EN EL AREA DE LIMONCITO-LIMÓN**



***Ciudad de Limón***

**INGEOTEC S.A.**

**- Enero 2020 -**

San José, 22 de enero del 2020

IG 102-2019

Señores  
Constructora Ajima  
Atención: Ing. Raúl Ortíz  
Teléfono: 8770-4848  
Correo electrónico: oortiz@ajimacr.com  
Presente

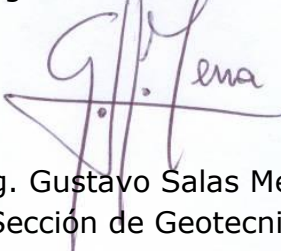
Estimados señores:

Les presentamos el reporte técnico sobre el proyecto "Construcción de cauces y canales de drenaje para control de inundaciones en el Área de Limoncito-Limón"; en el sector ubicado en la localidad de Limoncito, en la Ciudad de Limón, distrito Limón, cantón Limón, provincia de Limón.

Quedando en la mejor disposición de aclarar cualquier aspecto que consideren necesario, nos despedimos.

Atentamente;

INGEOTEC S.A.  
Ingenieros Consultores



Ing. Gustavo Salas Mena  
Sección de Geotecnia

C.c.: Archivo: inf-IG102(TablestacaConstructoraAjima,Limón).doc)

# CONTENIDO

	<b>Página</b>
1. Introducción .....	1
2. Investigación realizada .....	3
3. Perfil geotécnico típico .....	7
4. Resultados geotécnicos .....	18
5. Conclusiones y recomendaciones .....	27

Anexo A: Hojas de resumen de perforación.

Anexo B: Resultados de ensayos de laboratorio.

Anexo C: Granulometrías y comparación con curvas patrón.



**INGEOTEC**

CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN GEOTÉCNICA  
ISO 17025:2005

## 1. INTRODUCCIÓN

---

En atención a la solicitud formulada por el Ing. Raúl Ortiz de la compañía Constructora Ajima, nuestra empresa Ingeotec S.A. realizó el presente estudio geotécnico, para el proyecto "Construcción de cauces y canales de drenaje para control de inundaciones en el Área de Limoncito-Limón", en la ciudad de Limón, distrito Limón, cantón de Limón, provincia de Limón.

En la Figura 1.1 se presentan algunas vistas del sitio de estudio y en la Figura 1.2 se muestra la ubicación geográfica general de la propiedad.

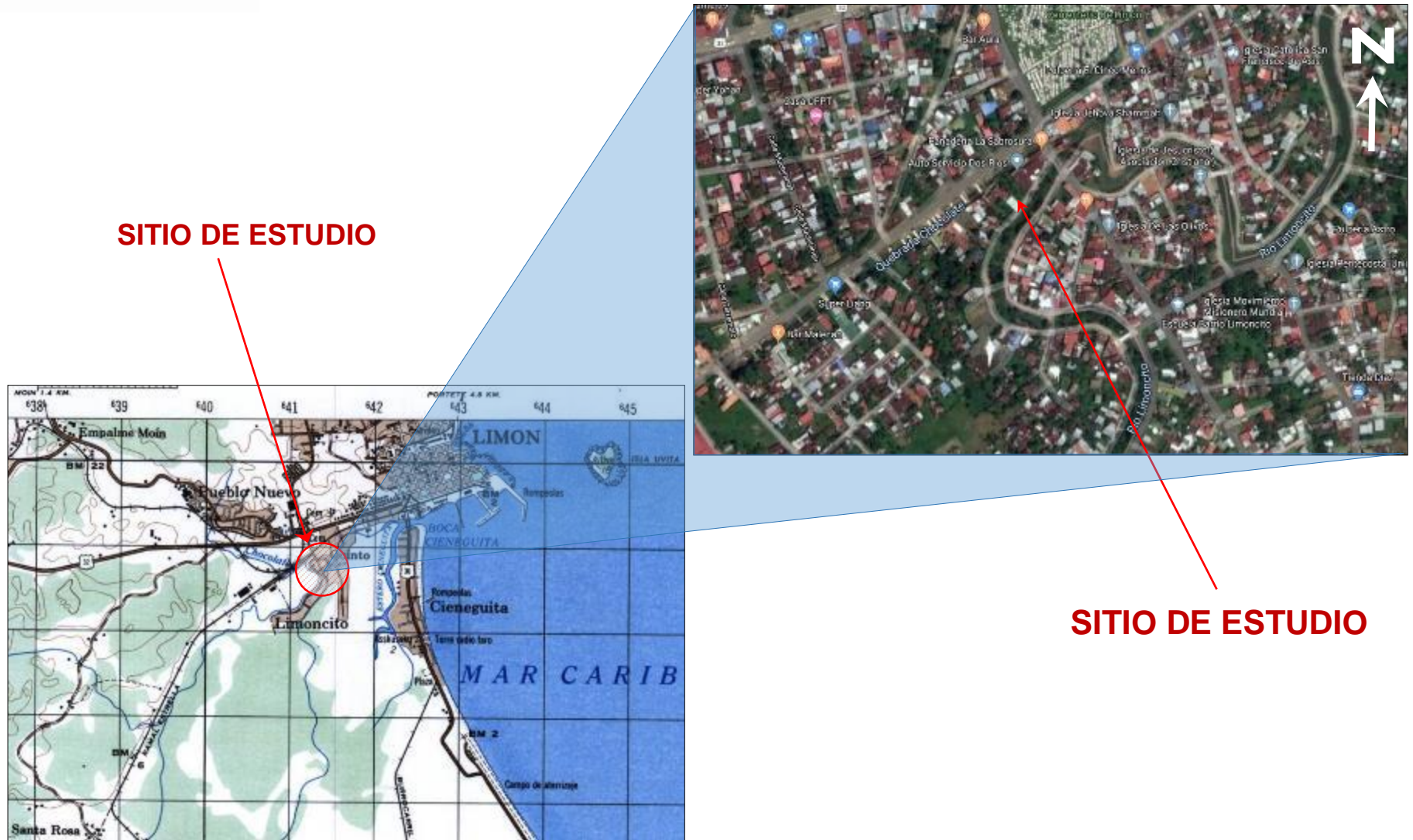
De acuerdo con la cotización COT 626-2019 aprobada por el Cliente, el informe incluye lo siguiente, entre otros:

- i) Perfil geotécnico típico del terreno.
- ii) Descripción y ubicación de la zona de perforación.
- iii) Problemas geotécnicos asociados con los suelos presentes.
- iv) Estudio de licuación.
- v) Variación de la capacidad de soporte admisible con la profundidad.
- vi) Profundidad del nivel freático.
- vii) Conclusiones y recomendaciones



**Figura 1.1**

Derecha: vista de la Quebrada Chocolate frente al Auto Servicio Dos Ríos.  
Izquierda: vista del Río Limoncito frente a la Iglesia Jehova Shammah.



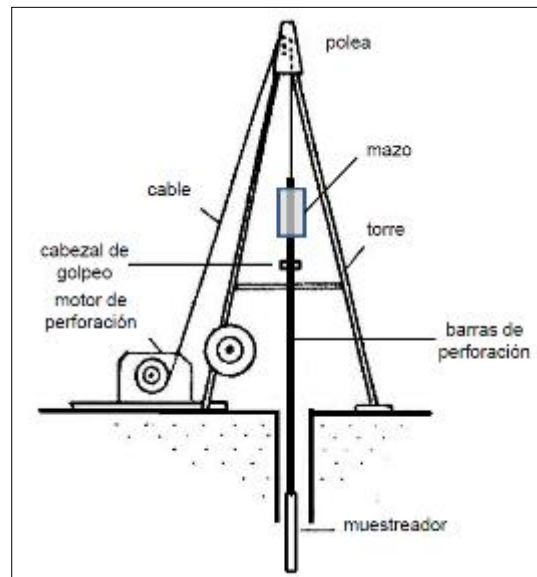
**Figura 1.2**  
Ubicación geográfica del sitio de estudio – Hoja Cartográfica Río Banano 1:50 000.



## 2. INVESTIGACIÓN REALIZADA

Se realizaron 17 sondeos exploratorios denominados P1, P1A, P2, P3, P4, P5...y P16, que alcanzaron profundidades variables entre 9,00 m y 16,65 m; utilizando el sistema de perforación a percusión mediante el método de penetración estándar (SPT, ASTM D 1586-11).

Este sistema permite la toma continua de muestras tanto para la determinación del perfil geotécnico típico del sitio, como para la ejecución de ensayos de laboratorio. Con este sistema se obtiene además el valor del parámetro  $N_{SPT}$  (número de golpes necesario para penetrar 0,30 m), el cual es correlacionable con las propiedades internas del suelo y sus características de resistencia. El esquema del equipo utilizado para la realización de la prueba SPT se presenta en la Figura 2.1. Esta prueba, junto con la información obtenida de los ensayos de laboratorio, aporta la información necesaria para el análisis geotécnico del proyecto. Además se tomaron muestras para realizar ensayos de clasificación visual y ensayos en el laboratorio como la determinación del contenido de humedad natural, límites de Atterberg, compresión inconfiada y gravedad específica. Toda la información obtenida en el campo y en el laboratorio se encuentra recopilada en las hojas de resumen de perforación, las cuales se incluyen en el Anexo A.



**Figura 2.1**

Esquema del equipo de perforación SPT

La ubicación de los sondeos en el terreno se muestra en la Figura 2.2. En las Figuras 2.3 y 2.4, se presentan fotos de la mayor parte de los sitios de perforación.



**INGEOTEC**

CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN GEOTÉCNICA  
ISO 17025:2005



**Figura 2.2**

Croquis de localización aproximada de las perforaciones.



**Figura 2.3**

Vista de los sitios de perforación en Quebrada Chocolate.



**Figura 2.4**

Vista de algunos sitios de perforación en Río Limoncito.



### **3. PERFIL GEOTÉCNICO TÍPICO**

---

Con base en la información obtenida a partir de los sondeos realizados; así como los resultados de laboratorio, se definieron las siguientes estratigrafías correspondientes a cada sector explorado.

#### **3.1 Quebrada Chocolate (perforaciones P1, P1A, P2, P3, P4, P5, P6 y P7)**

**Capa 1** Estratos de limos arcillosos, arcillas, arcillas limosas y arcillas arenosas, color entre café grisáceo y gris oscuro; presentando vetas amarillentas, fibras vegetales, basura en algunos casos, fragmentos de coral, conchas y eventuales bloques de roca alterada de hasta 2 cm de diámetro. Plasticidad desde baja hasta alta. De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), clasifican como limos de baja compresibilidad (ML), limos de alta compresibilidad (MH) y arcillas de alta compresibilidad (CH), con Límite Líquido entre 45 y 254 e Índice Plástico entre 17 y 111. Consistencia entre muy blanda y muy compacta. Se presentan en todos los sondeos desde nivel superficial, extendiéndose de manera continua, hasta profundidades variables entre 3,15 m y 9,90 m. Sin embargo, también en la mayor parte de estas perforaciones, se presentan espesores de estos suelos, intercalados con los materiales de las capas 2 y 3.

**Capa 2** Estratos de arenas, arenas arcillosas y arenas limosas color entre café grisáceo y gris oscuro, de grano fino a medio; con fragmentos de coral, conchas marinas y eventuales bloques de roca alterada de hasta 2 cm de diámetro. Según el SUCS, clasifican como arenas limosas (SM), arenas arcillosas (SC), arenas mal graduadas con limos (SP-SM) y arenas mal graduadas con arcilla (SP-SC). Densidad relativa variable entre muy suelta y muy densa. En los sondeos P1 y P1A, se presentan por debajo de la capa 1, extendiéndose hasta las máximas profundidades alcanzadas por estas perforaciones (-9,00 m y 9,90 m respectivamente). En el resto de los sondeos, aparecen bajo la capa 1 e intercalados con esta misma capa y con la capa 3.

**Capa 3** Espesores entre 0,45 m y 1,80 m, de suelo con madera y materiales vegetales en estado de descomposición. Según el SUCS, clasifican como limos de alta compresibilidad (MH), con LL entre 254 y 324 e IP entre 111 y 128. Se presentan a profundidades variables en las perforaciones P2, P5, P6 y P7.

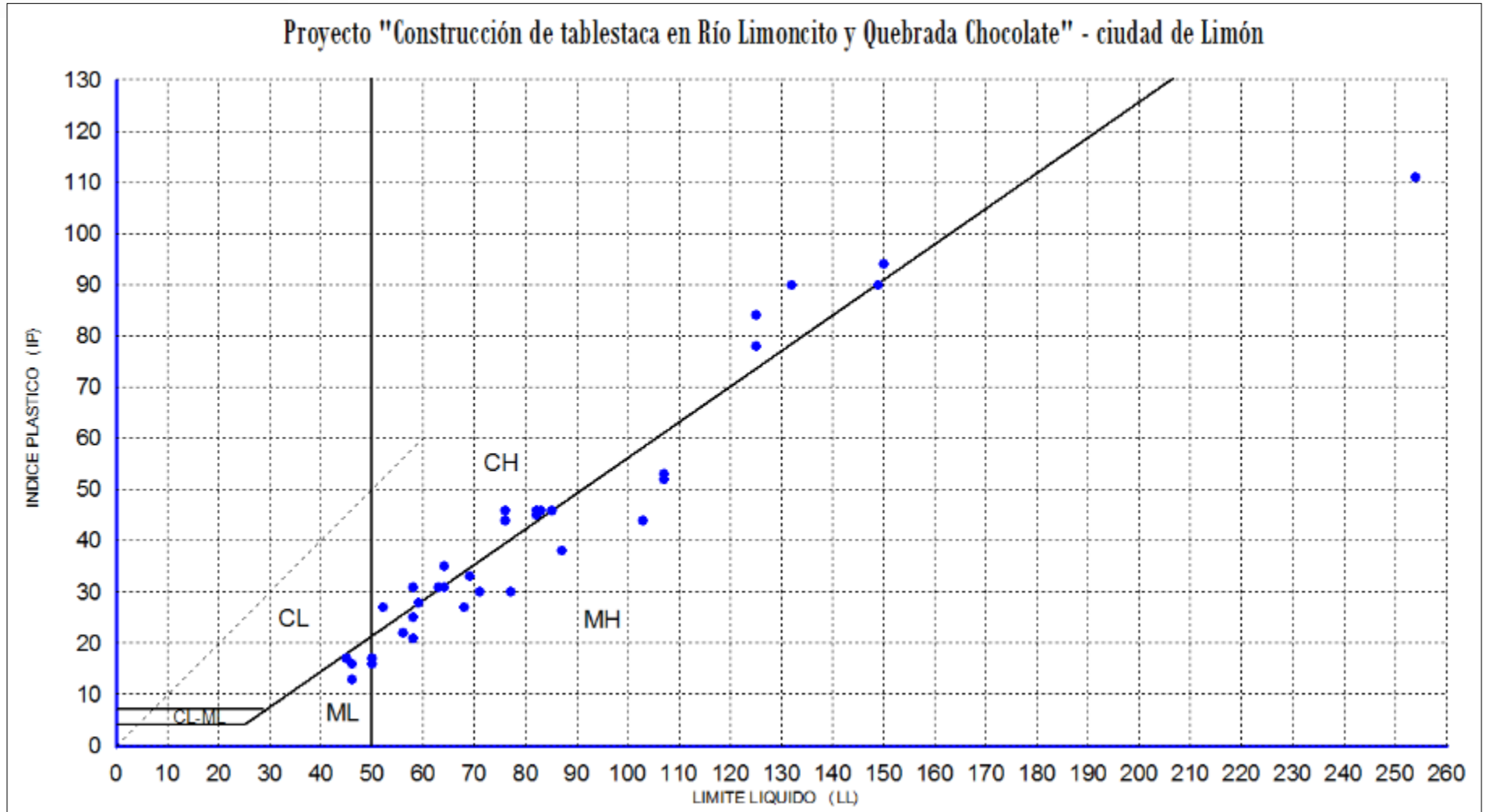


### **3.2 Río Limoncito (sondeos P8, P9, P10, P11, P12, P13, P14, P15 y P16)**

- Capa 1** Estratos de limos arcillosos, arcillas, arcillas limosas y arcillas arenosas, color entre café grisáceo y gris oscuro; presentando vetas amarillentas, fibras vegetales, basura en algunos casos, fragmentos de coral, conchas y eventuales bloques de roca alterada de hasta 2 cm de diámetro. Plasticidad desde baja hasta alta. De acuerdo con el SUCS, clasifican como limos de baja compresibilidad (ML), limos de alta compresibilidad (MH) y arcillas de alta compresibilidad (CH), con Límite Líquido entre 46 y 107 é Índice Plástico entre 13 y 53. Consistencia entre muy blanda y rígida. Se presentan en todos los sondeos desde nivel superficial, extendiéndose de manera continua, hasta profundidades variables entre 3,15 m y 9,90 m. Sin embargo, también en muchos de los sondeos, se presentan espesores de estos suelos, intercalados con los materiales de las capas 2 y 3.
- Capa 2** Estratos de arenas, arenas arcillosas y arenas limosas color entre café grisáceo y gris oscuro, de grano fino a medio; con fragmentos de coral, conchas marinas y eventuales bloques de roca alterada de hasta 2 cm de diámetro. Según el SUCS, clasifican como arenas limosas (SM), arenas arcillosas (SC), arenas mal graduadas con limos (SP-SM) y arenas mal graduadas con arcilla (SP-SC). Densidad relativa variable entre muy suelta y muy densa. Aparecen bajo la capa 1 é intercalados con esta misma capa y con la capa 3 en algunos de los sondeos.
- Capa 3** Espesores entre 0,45 m y 0,90 m, suelo con madera y materiales vegetales en estado de descomposición. Se presentan a profundidades variables en las perforaciones P8 y P15.

#### **Notas:**

1. En el sector estudiado de la quebrada Chocolate, se detectó la presencia de un nivel freático a la profundidad de 1,35 m; en tanto, en la zona explorada del río Limoncito, se presentaron niveles freáticos a profundidades variables entre 1,35 m y 4,05 m.
2. En la Figura 3.1 se presenta la Carta de Plasticidad y clasificación SUCS de los suelos estudiados.
3. En las Tablas 3.1 y 3.2 se presenta un resumen y la descripción de los materiales correspondientes encontrados en cada sector explorado.
4. En las Figuras 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7, se presentan fotografías de las muestras obtenidas de las perforaciones.



**Figura 3.1**  
Carta de plasticidad y clasificación SUCS de los materiales.

**Tabla 3.1**  
Estratigrafía y valor N<sub>SPT</sub> en sondeos – Quebrada Chocolate.

Profundidad (m)	Estratigrafía y valor N <sub>spt</sub>							
	P1	P1A	P2	P3	P4	P5	P6	P7
0,00 – 0,45	2	2	2	2	2	2	2	2
0,45 – 0,90	2	2	3	2	2	2	2	2
0,90 – 1,35	2 ▼	2 ▼	2 ▼	2 ▼	2 ▼	2 ▼	2 ▼	2 ▼
1,35 – 1,80	4	4	2	2	2	2	2	2
1,80 – 2,25	2	3	2	2	2	2	2	2
2,25 – 2,70	5	5	2	2	2	2	2	2
2,70 – 3,15	8	3	2	2	2	2	2	2
3,15 – 3,60	15	2	2	2	2	2	2	2
3,60 – 4,05	13	9	3	2	2	2	2	2
4,05 - 4,50	21	16	2	2	2	2	2	2
4,50 - 4,95	24	23	3	2	2	2	2	2
4,95 - 5,40	19	25	3	4	3	2	2	2
5,40 - 5,85	12	15	6	3	2	2	2	2
5,85 - 6,30	32	15	8	7	5	2	2	2
6,30 - 6,75	36	30	9	9	6	5	2	4
6,75 - 7,20	31	43	12	6	4	4	2	2
7,20 - 7,65	33	28	24	5	4	2	2	3
7,65 - 8,10	38	17	38	4	4	6	2	2
8,10 - 8,55	43	28	32	5	3	7	9	4
8,55 - 9,00	RM	36	19	7	7	7	6	2
9,00 - 9,45		62	13	7	10	9	10	4
9,45 - 9,90		RM	5	5	15	8	9	3
9,90 - 10,35			9	6	11	5	16	2
10,35 - 10,80			11	5	13	7	16	5
10,80 - 11,25			9	6	7	3	11	7
11,25 - 11,70			5	4	8	8	9	12
11,70 - 12,15			4	7	15	13	20	16
12,15 - 12,60			9	3	9	9	12	16
12,60 - 13,05			10	5	7	4	7	12
13,05 - 13,50			11	7	11	6	8	6
13,50 - 13,95			14	5	11	5	4	5
13,95 - 14,40			17	8	8	9	6	12
14,40 - 14,85			13	9	13	6	8	9
14,85 - 15,30			10	13	7	11	11	10
15,30 - 15,75			9	14	8	10	9	12
15,75 - 16,20			13	15	15	13	5	10
16,20 - 16,65							9	

**Notas:**

- 1) Profundidades aproximadas de acuerdo al nivel actual del terreno.
- 2) ▼ = Nivel freático.

Capa	Tipo de suelo
1	Limos arcillosos, arcillas limosas, arcillas arenosas color café grisáceo y gris oscuro. Plasticidad baja a alta.
2	Estratos de arenas, arenas arcillosas y arenas limosas color entre café grisáceo y gris oscuro.
3	Espesores de suelo con madera y materia vegetal en estado de descomposición.

**Tabla 3.2**  
Estratigrafía y valor  $N_{SPT}$  en sondeos – Río Limoncito

Profundidad (m)	Estratigrafía y valor $N_{spt}$								
	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
0,00 – 0,45	2	2	2	2	2	2	2	5	2
0,45 – 0,90	2	2	2	2	2	5	2	5	2
0,90 – 1,35	2	2	2	2	2	6	2 ▼	13	2 ▼
1,35 – 1,80	2	2	2	2	2	2	2	8	2
1,80 – 2,25	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2,25 – 2,70	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2,70 – 3,15	2	2	2	2	2	2	2	4	2
3,15 – 3,60	2 ▼	2 ▼	4 ▼	2 ▼	2	2 ▼	2	12	2
3,60 – 4,05	2	7	2	2	2 ▼	2	2	21	2
4,05 - 4,50	3	16	4	2	2	2	2	5 ▼	2
4,50 - 4,95	6	17	2	2	2	3	2	6	4
4,95 - 5,40	4	12	2	2	2	3	4	2	4
5,40 - 5,85	3	23	2	2	4	2	2	2	6
5,85 - 6,30	4	25	2	5	2	6	3	2	5
6,30 - 6,75	2	22	2	2	2	5	12	2	7
6,75 - 7,20	8	29	2	4	5	6	17	2	12
7,20 - 7,65	15	24	15	2	2	12	16	2	14
7,65 - 8,10	15	16	6	2	6	15	24	3	28
8,10 - 8,55	9	18	9	5	7	12	19	10	34
8,55 - 9,00	13	25	6	5	7	9	24	25	38
9,00 - 9,45	15	17	10	4	5	13	35	41	32
9,45 - 9,90	18	11	14	2	8	8	26	31	28
9,90 - 10,35	30	12	24	3	6	17	23	22	RM
10,35 - 10,80	30	9	15	4	8	8	18	25	
10,80 - 11,25	27	5	12	5	4	17	25	31	
11,25 - 11,70	31	7	17	8	8	13	24	30	
11,70 - 12,15	19	6	18	7	7	13	24	24	
12,15 - 12,60	12	9	28	7	5	13	20	26	
12,60 - 13,05	20	17	36	7	7	12	26	25	
13,05 - 13,50	30	26	40	5	6	9	25	33	
13,50 - 13,95	23	25	33	2	9	9	22	38	
13,95 - 14,40	34	30	42	6	8	13	34	56	
14,40 - 14,85				8					
14,85 - 15,30				6					
15,30 - 15,75				8					
15,75 - 16,20				12					
16,20 - 16,65									

**Notas:**

- 1) Profundidades aproximadas de acuerdo al nivel actual del terreno.
- 2) ▼ = Nivel freático.

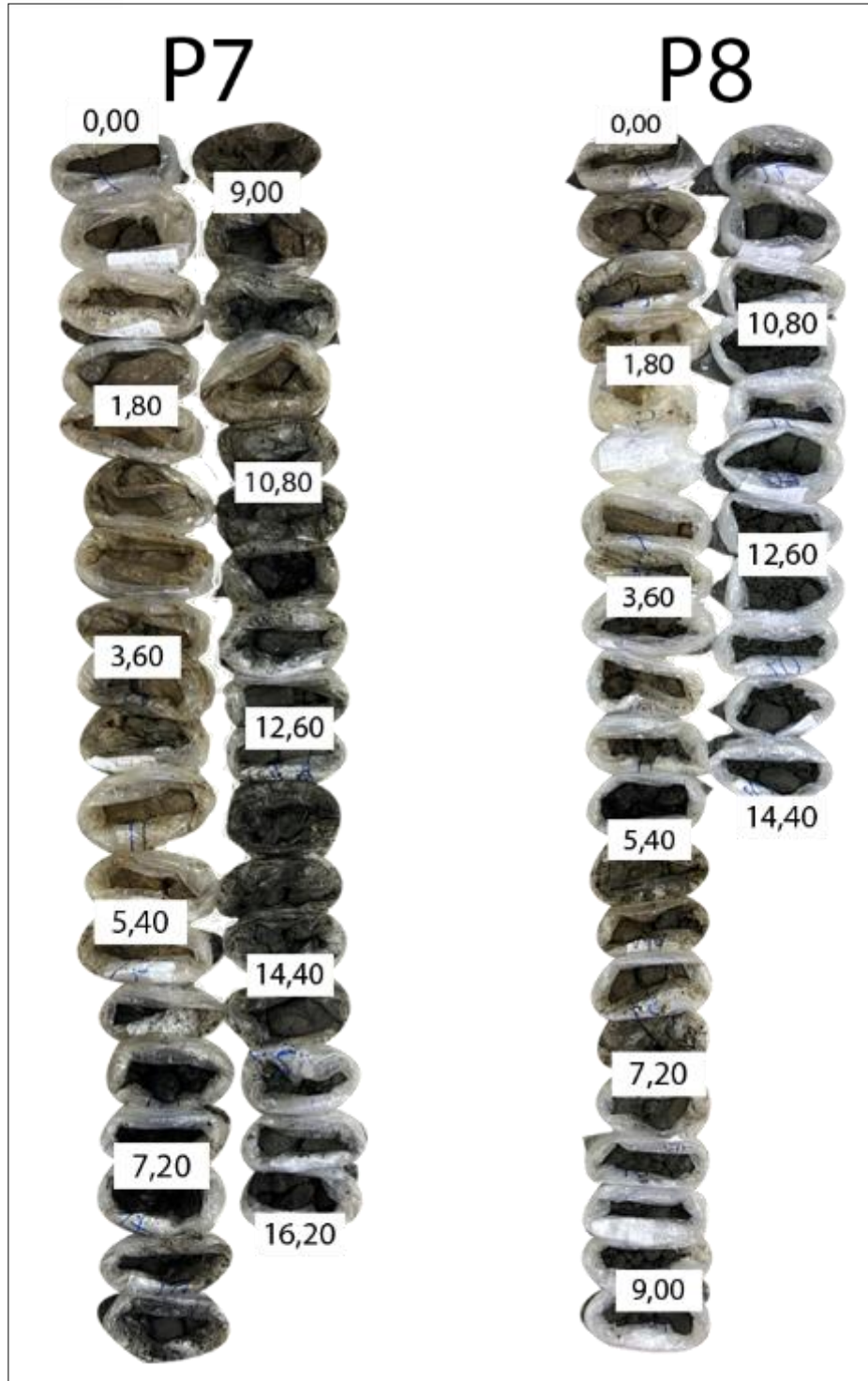
Capa	Tipo de suelo
1	Limos arcillosos, arcillas limosas, arcillas arenosas color café grisáceo y gris oscuro. Plasticidad baja a alta.
2	Estratos de arenas, arenas arcillosas y arenas limosas color entre café grisáceo y gris oscuro.
3	Espesores de suelo con madera y materia vegetal en estado de descomposición.



**Figura 3.2**  
Muestras de perforación SPT en sondeos P1, P1A, P2, P3 y P4.



**Figura 3.3**  
Muestras de perforación SPT en sondeos P5 y P6.



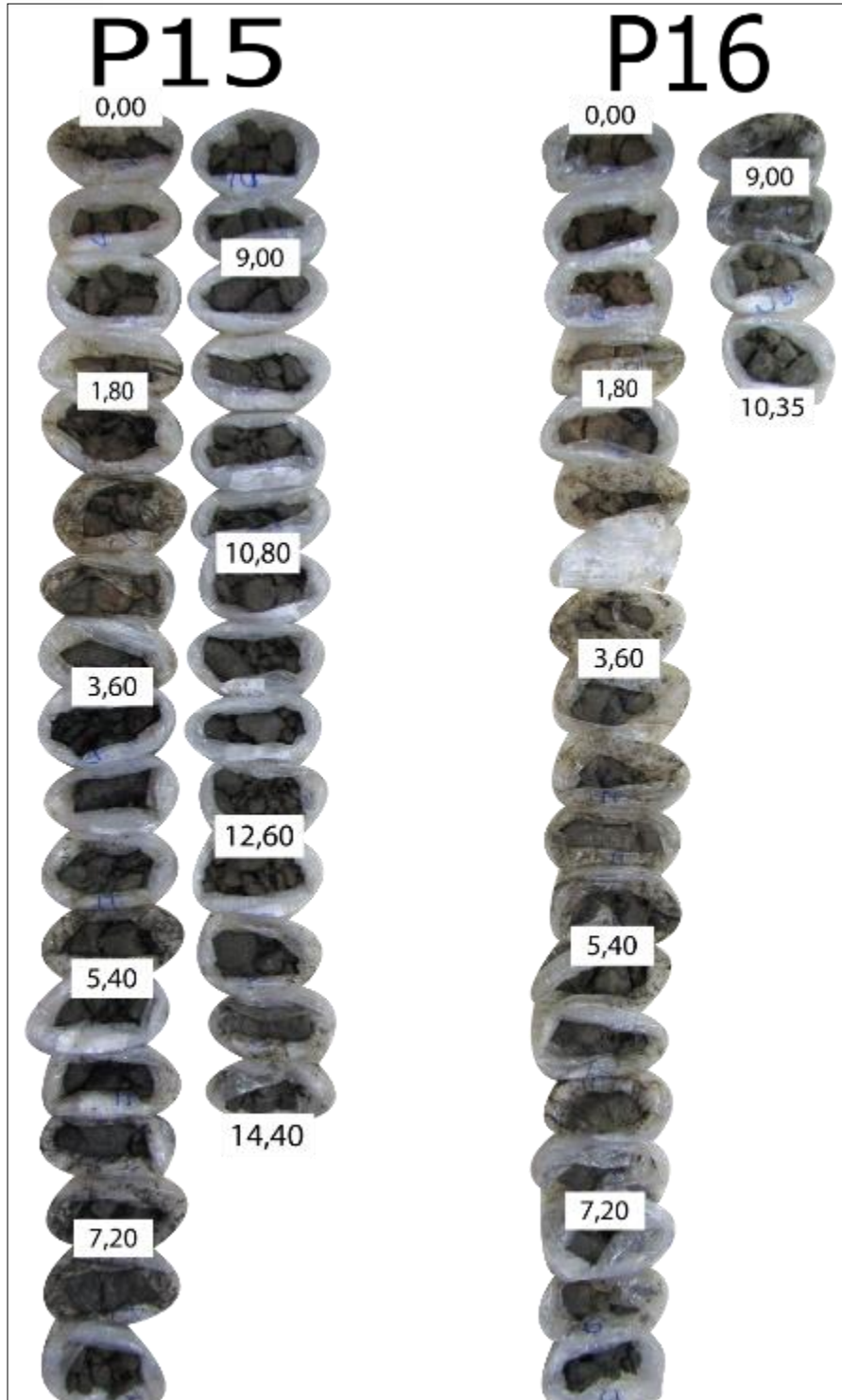
**Figura 3.4**  
Muestras de perforación SPT sondeos P7 y P8.



**Figura 3.5**  
Muestras de perforación SPT sondeos P9, P10, P11 y P12.



**Figura 3.6**  
Muestras de perforación SPT sondes P13 y P14.



**Figura 3.7**  
Muestras de perforación SPT sondeos P15 y P16.



## 4. RESULTADOS GEOTÉCNICOS

---

### 4.1 Generalidades

Con base en los resultados de campo y laboratorio llevados a cabo, se pueden establecer algunas características generales del terreno, que son de interés para la evaluación del comportamiento del terreno en esta zona. Estos aspectos se pueden resumir de la siguiente manera:

- El perfil geotécnico típico del sitio estudiado por medio de las perforaciones en ambos sectores explorados, se ha dividido en tres capas:

**Capa 1** Estratos de limos arcillosos, arcillas, arcillas limosas y arcillas arenosas, color entre café grisáceo y gris oscuro. Plasticidad desde baja hasta alta. Predominantemente corresponde a espesores de materiales de muy pobre calidad mecánica.

**Capa 2** Estratos de arenas, arenas arcillosas y arenas limosas color entre café grisáceo y gris oscuro, de grano fino a medio; con fragmentos de coral, conchas marinas y eventuales bloques de roca alterada de hasta 2 cm de diámetro. Suelos de pobre calidad a regular calidad mecánica. Por debajo de la capa 1 e intercalada con esta misma capa.

**Capa 3** Espesores de madera y materiales vegetales en estado de descomposición. Materiales de muy pobre calidad mecánica. Se presentan aleatoriamente dentro del depósito de suelos.

- En el sector estudiado de la quebrada Chocolate, se detectó la presencia de un nivel freático a la profundidad de 1,35 m; en tanto, en la zona explorada del río Limoncito, se presentaron niveles freáticos a profundidades variables entre 1,35 m y 4,05 m. Estos niveles pueden variar en otras épocas del año y se deberán tomar en cuenta en todas las actividades constructivas que se programen.
- Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), los materiales de la capa 1; poseen plasticidades desde bajas hasta altas y clasifican como limos de baja compresibilidad (ML), limos arcillosos de alta compresibilidad (MH) y arcillas de alta compresibilidad (CH); mientras que los suelos arenosos de la capa 2, clasifican como arenas con finos limosos (SM), arenas con finos arcillosos (SC), arenas mal graduadas con finos limosos (SP-SM) y arenas mal graduadas con finos arcillosos (SP-SC).



- Para efectos del diseño estructural de la obra, se recomienda considerar este terreno como un sitio de cimentación tipo S<sub>4</sub> en Zona III (según el Código Sísmico de Costa Rica 2010), para el que se aplica una aceleración pico efectiva de diseño  $a_{ef}$  de 0,36.
- Desde el punto de vista de la resistencia, las perforaciones encontraron en la mayor parte de la profundidad explorada, suelos cohesivos blandos y materiales arenosos sueltos con características que se pueden calificar como de muy baja resistencia para la cimentación de estructuras. Su mala condición como material de soporte se refleja claramente en valores bajos del índice N (número de golpes necesario para penetrar 30 cm), que en general oscilan entre 2 y 6 golpes dentro de estos espesores, con mínimos frecuentes entre 2 y 3 golpes.
- Se destaca que los suelos encontrados son de muy mala calidad para el soporte de rellenos y estructuras. El comportamiento desde el punto de vista de ingeniería se podría resumir de la siguiente manera:
  - ✓ Son suelos muy compresibles, por lo que es de esperar que bajo la carga de estructuras o rellenos produzcan asentamientos importantes.
  - ✓ Presentan capacidades de soporte bajas.
  - ✓ La magnitud del asentamiento se puede incrementar por efecto de ocurrencia de flujo plástico lateral a causa de la baja capacidad soportante del suelo.
  - ✓ Pueden ocurrir efectos de amplificación dinámica de las ondas durante sismos y fenómenos de licuefacción de las arenas.

## 4.2 Análisis de licuación

La licuación es la pérdida total de resistencia de una arena fina, suelta, sumergida y de mala graduación, cuando es sometida a la acción de un sismo. En tal circunstancia, la masa de suelo puede tornarse una arena movediza y producir el hundimiento de las estructuras colocadas sobre ellas. Por tal motivo, se considera imprescindible que como parte del estudio geotécnico se realice el análisis de riesgo de licuación de arenas en el sitio. De acuerdo con la información de campo y laboratorio, se tienen las siguientes características que hacen necesaria la realización de un análisis de susceptibilidad a la licuación de las arenas encontradas:

- El proyecto se ubica en una zona de importante actividad sísmica (zona III de acuerdo con el Código Sísmico de Costa Rica).



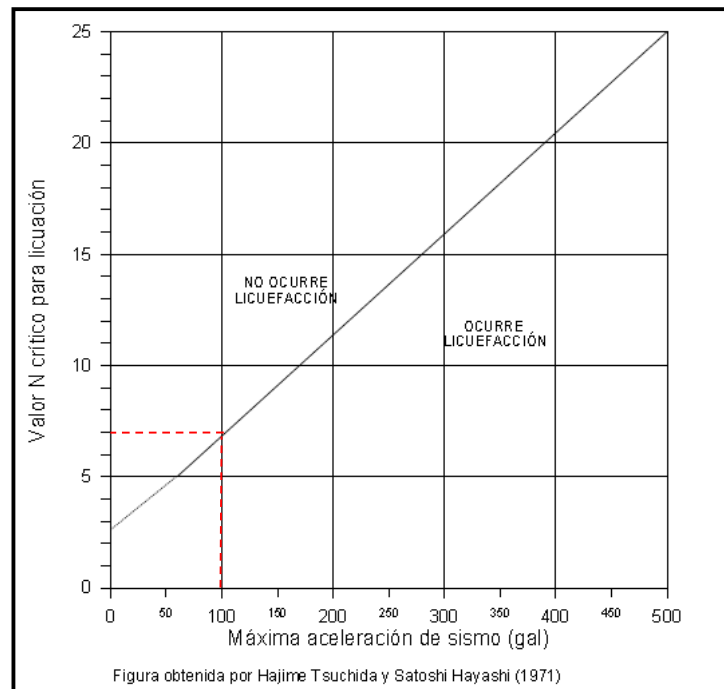
- A partir de profundidades variables entre 3,60 m y 14,00 m se encontraron estratos de arenas finas, mal graduadas y sumergidas que cumplen los requisitos de la licuación.
- En los sondeos, el nivel freático se encuentra a profundidades entre 1,35 y 4,05 m, por lo que las arenas se encontrarán en condición sumergida, requisito indispensable para que ocurra licuación.

Para realizar la evaluación del riesgo de licuación existen metodologías que brindan diferentes criterios para definir la posible ocurrencia del problema. Para el caso que nos ocupa se emplearán los siguientes:

- i) relación  $N_{SPT}$  – aceleración del sismo,
- ii) comparación con curvas granulométricas patrón.

### **i) Relación NSPT – Aceleración**

El problema de licuación depende de diversos factores entre los que se destacan la sismicidad de la zona. Por esta razón, se hace uso de la información mostrada en la Figura 4.1, la cual muestra la relación existente entre el número de golpes y la aceleración de un sismo determinado.



**Figura 4.1**

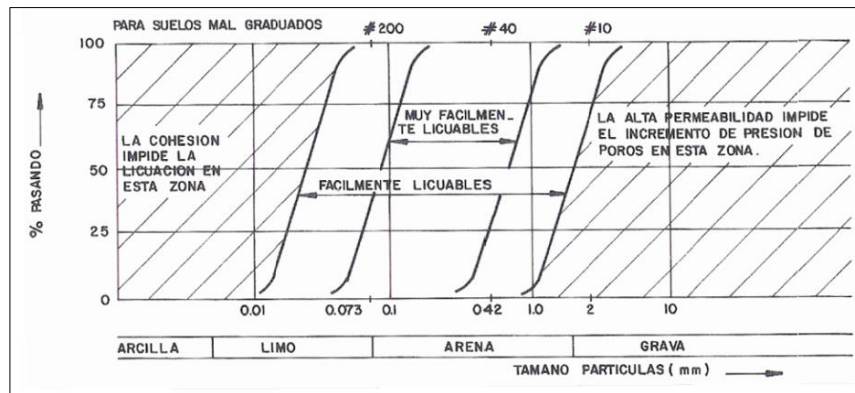
**Valores críticos de  $N_{spt}$  para licuefacción.**



De acuerdo con el gráfico anterior y con la aceleración efectiva, que según el Código Sísmico de Costa Rica 2010, se puede producir en el lugar objeto de estudio, la cual podría alcanzar hasta un valor de 0,36 g, se puede concluir que para los suelos arenosos encontrados (arenas limosas y arenas arcillosas, densidad relativa variable entre muy suelta y medianamente densa con número de golpes entre 2 y 6 golpes), se puede presentar el fenómeno de licuación a partir de aceleraciones promedio menores a 0,10 g.

## ii) Comparación con curvas patrón

Se trazaron las curvas granulométricas de los materiales encontrados en el sitio. Estas curvas se compararon con curvas patrón de materiales con diferente grado de susceptibilidad a la licuación, determinadas con base en información internacional disponible (Figura 4.2), de manera que se pueda realizar una calificación de los suelos del proyecto. Los resultados de este análisis se presentan en las figuras mostradas en el Anexo C. De las mismas, se concluye que los suelos estudiados son susceptibles a licuarse durante un sismo. Sin embargo, se debe enfatizar sobre la significativa cantidad de finos que presentan estos materiales, que en muchos casos dificultará de manera importante y en otros evitará, que se genere el fenómeno de licuación dentro de estos estratos.



**Figura 4.2**

Potencial de licuación con base en la granulometría.

(fuente Código de Cimentaciones de Costa Rica. Primera Edición)

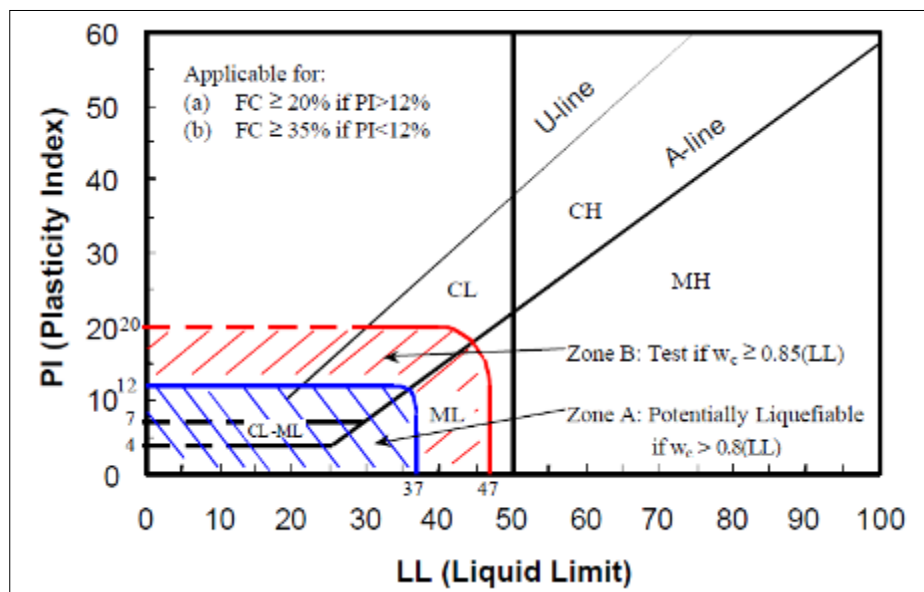
De la información de las figuras mencionadas, se puede concluir que dentro de las muestras de suelos estudiadas, se presentan porcentajes de finos (% de materiales pasando la malla No.200), variables entre 14,6% y 55,9%. Lo anterior significa que el potencial de licuación se vera disminuido de manera importante dentro de los estratos de materiales arenosos que presentan porcentajes entre 15,0% y 35,0% de finos, y sera sumamente difícil en las capas de materiales con porcentajes de finos pasando la malla No.200, superiores al 35%.

## Resumen

A pesar de que el fenómeno de la licuación puede llegar a afectar tramos de suelos ubicados a profundidades importantes (estratos que se encuentran entre los 3,15 m e incluso los 14,00 m de profundidad); este escenario también debe considerar algunas condiciones particulares del depósito de suelo, que disminuyen de manera significativa, el potencial de licuación, como son: la cantidad de finos dentro las capas de materiales arenosos, la plasticidad de los materiales dentro del depósito y la presencia superficial de capas no licuables de espesor importante.

En cuanto a la primera variable, las capas de suelos con porcentajes de finos entre 15% y 35% presentan una menor susceptibilidad a generar problemas de licuación y los estratos con cantidades de finos superiores al 35% se consideran no licuables. En los resultados de laboratorio y figuras del Anexo C, se puede observar que la gran parte de los suelos arenosos estudiados presentan porcentajes de finos importantes.

Con respecto a la segunda condición, se presenta la información de la Figura 4.3, que define potencialidad de licuación dependiendo de la plasticidad de los suelos.



**Figura 4.3**

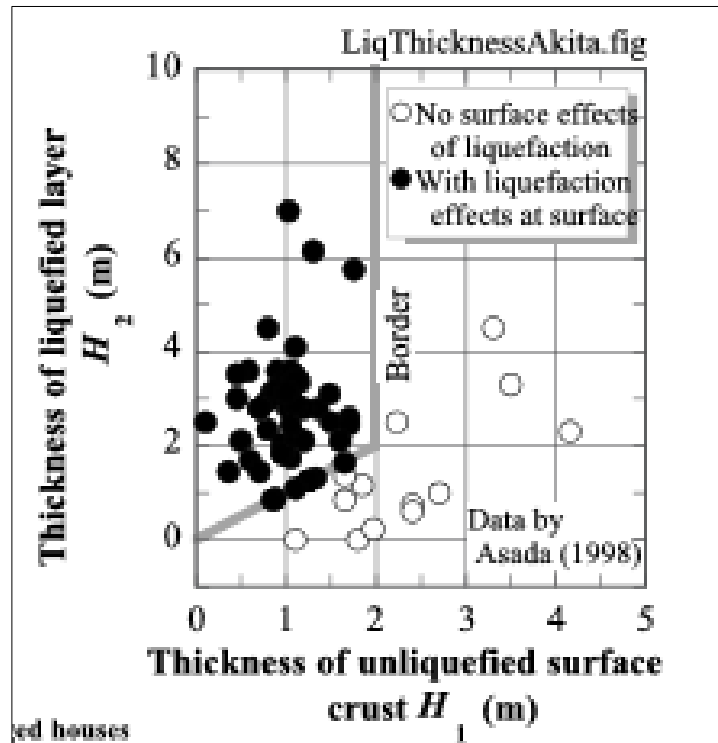
Recomendación de límites de susceptibilidad a la licuefacción para suelos de grano fino (Seed 2003).  
(fuente "Recent Advanced in soil licuefaction engineering". 2003, página 4)

Con base en la Figura 4.2, los suelos se dividen en tres categorías:

Zona A	Azul	$IP < 12$ , $LL < 37$ y $\%Humedad/LL > 0,80$ se consideran materiales potencialmente licuables
Zona B	Rojo	$12 < IP < 20$ , $37 < LL < 47$ y $\%Humedad/LL > 0,85$ se consideran materiales moderadamente licuables
Zona C	Resto	Materiales fuera de zonas A y B, se consideran poco susceptibles a la licuación

De esta categorización e información de los ensayos de laboratorio (ver Figura 3.1 Carta de Plasticidad), se pueden deducir situaciones como que la mayor parte de los limos arcillosos, limos arenosos, arcillas limosas y arcillas arenosas presentan valores de límites de Atterberg con LL (Límite líquido) en el rango entre 46 y 110 e IP (Índice plástico), en el rango entre 20 y 53, lo que los cataloga como materiales poco susceptibles a la licuación.

Con relación al último aspecto, la presencia de espesores de suelo no licuable en la parte superior del depósito, también es una variable que evita o disminuye de manera significativa la ocurrencia de la licuefacción y sus efectos sobre las estructuras existentes a nivel superficial del terreno. Especialistas internacionales han encontrado que el espesor de materiales no licuables, sobre depósitos de suelos licuables, tiene un efecto importante para mitigar los daños de este tipo de fenómeno. Las investigaciones indican que espesores mayores a 2,00 m de suelos no licuables (en especial, si se encuentran sobre el nivel freático), presentan pocas probabilidades de que aparezcan evidencias o daños por licuación. En la Figura 4.4 se presenta una gráfica que resume esta información.



Nota: Capas de suelos licuables con  $N_{spt} < 15$  golpes.

**Figura 4.4**

Relación entre los espesores de la capa no licuada y la capa licuada en sitios con daños y sitios no dañados.

(fuente Ikuo Towhata. "Geotechnical Earthquake Engineering". 2008, página 364)

En el caso de la ribera de la quebrada Chocolate, la investigación efectuada encontró una capa con espesor variable entre 3,15 m y 13,95 m, de suelos cohesivos no susceptibles a licuación; mientras que para la zona explorada en el río Limoncito, se encontró una capa de suelos cohesivos no susceptibles a licuación, con un espesor variable entre 2,70 m y 9,00 m.

A pesar de que es claro, que existe un peligro potencial de que en caso de sismos severos se puedan presentar algunos problemas de licuación, la información recopilada concluye que este potencial está muy disminuido por las características geotécnicas particulares del depósito de suelo estudiado.

### 4.3 Capacidad soportante de los estratos

En la Tabla 4.1 se muestra la variación de la capacidad soporte admisible con la profundidad.

**Tabla 4.1**  
Variación de la capacidad de soporte con la profundidad

Profundidad (m)	Capacidad de soporte admisible neta (t/m <sup>2</sup> )																																	
	Quebrada Chocolate								Río Limoncito																									
	P1	P1A	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16																	
0,00 – 0,45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--																	
0,45 – 0,90	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0																	
0,90 – 1,35																																		
1,35 – 1,80																																		
1,80 – 2,25																																		
2,25 – 2,70	5,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0																	
2,70 – 3,15	7,0																																	
3,15 – 3,60	11,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0																	
3,60 – 4,05	12,0	10,0																																
4,05 – 4,50	14,0	13,0																																
4,50 – 4,95	15,0	16,0																																
4,95 – 5,40	16,0	18,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0																	
5,40 – 5,85		18,0																																
5,85 – 6,30	25,0	19,0	8,0	7,0	6,0	(3)	(3)	(3)	6,0	18,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0																	
6,30 – 6,75		30,0	10,0	8,0	7,0																													
6,75 – 7,20		30,0	14,0	6,0	6,0													(3)																
7,20 – 7,65		28,0	20,0	5,0	6,0													4,0																
7,65 – 8,10	30,0	25,0	24,0	5,0	6,0	(3)	(3)	16,0	20,0	15	5,0	12,0	16,0	20,0	20,0	4,0	12,0																	
8,10 – 8,55		30,0	24,0	6,0	5,0													7,0																
8,55 – 9,00	30,0	22,0	9,0	8,0	7,0	6,0	4,0	22,0	22,0	10	5,0	16,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0																	
9,00 – 9,45		20,0	20,0	9,0	10,0	8,0												10,0																
9,45 – 9,90	18,0	18,0	7,0	15,0	8,0	12,0	8,0	22,0	22,0	14	8,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0																	
9,90 – 10,35																																		
10,35 – 10,80																																		
10,80 – 11,25																																		
11,25 – 11,70	15,0	15,0	6,0	12,0	6,0	10,0	10,0	20,0	25,0	12	10,0	16,0	18,0	20,0	20,0	20,0	20,0																	
11,70 – 12,15																																		
12,15 – 12,60	(3)	(3)	18,0	14,0	12,0	12,0	10,0	20,0	25,0	18	10,0	18,0	18,0	22,0	22,0	22,0	22,0																	
12,60 – 13,05																																		
13,05 – 13,50																																		
13,50 – 13,95																																		
13,95 – 14,40			23,0	16,0	16,0	10,0	18,0	30,0	30,0	30,0	8,0	20,0	14,0	25,0	25,0	25,0	25,0																	
14,40 – 14,85																																		
14,85 – 15,30			24,0	14,0	14,0	12,0	20,0	20,0	20,0	20,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0																	
15,30 – 15,75																																		
15,75 – 16,20			25,0	10,0	18,0	12,0	20,0	20,0	20,0	20,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0																	
16,20 – 16,65																																		

**Notas:**

- 1) Los valores de la tabla son admisibles y mantienen un factor de seguridad de 3,0 contra la falla por cortante del terreno
- 2) Los valores recomendados consideran la presencia de capas de menor calidad subyaciendo estratos de mejor calidad físico-mecánica.
- 3) Espesor con restos de madera en proceso de descomposición.



#### 4.4 Parámetros para diseño de estructuras de retención

Para el diseño o revisión de estructuras de contención o estructuras enterradas, que soportarán empujes del suelo, se recomienda utilizar los siguientes parámetros (en esfuerzos efectivos):

Cohesión efectiva nula	
Ángulo de fricción interna efectivo del material ( $\phi$ ):	18°
Coefficiente de empuje activo ( $K_a$ ):	0,51
Coefficiente de empuje pasivo ( $K_p$ ):	1,97
Peso volumétrico del suelo:	1,70 t/m <sup>3</sup>

Adicionalmente se recomienda utilizar las siguientes fórmulas para obtener las presiones activa y pasiva que actuarán sobre las estructuras:

$$P_a = \gamma \cdot H \cdot K_a + q \cdot K_a$$

$$P_p = \gamma \cdot H \cdot K_p$$

Donde

$\gamma$ :	peso volumétrico del suelo que genera empuje
H:	profundidad
q:	sobrecarga

Se señala también la necesidad de construir un drenaje en la parte posterior del muro, con el fin de evitar que el mismo pueda ser cargado por presiones hidrostáticas generadas por aguas provenientes desde la parte alta del corte.

El drenaje se debe construir a base de piedra quebrada o grava de río que permita drenaje libre, por lo que debe evitarse el uso de materiales mezclados con arcillas o limos, similares a los encontrados en el sitio en cuestión.

Además debe incluirse un tubo poroso a lo largo de la base del muro; así como un sistema que garantice la evacuación de las aguas que eventualmente capte el sistema propuesto, fuera del área en que se construirá el muro. Esto es particularmente importante para el caso que nos ocupa, dadas las condiciones mecánicas del relleno.



## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

Con base en los resultados de la investigación geotécnica discutidos en este informe, se puede concluir lo siguiente:

1. El área de interés comprende la zona alrededor de la intersección entre la quebrada Chocolate y el río Limoncito, en la ciudad de Limón. En este sector se planea la colocación de tablestacas en una longitud de 500,0 m de ambas riberas de la quebrada y de 750,0 m, en ambas márgenes del río Limoncito. Esta zona ha sufrido problemas de inundaciones, que han provocado afectaciones en viviendas, escuelas y negocios; pérdidas económicas y daños a la infraestructura de la zona.
2. De manera general, para las áreas exploradas de la Quebrada Chocolate y el Río Limoncito, se ha definido un perfil geomecánico típico conformado por tres capas de suelos:

### **Capa 1**

Estratos de limos arcillosos, arcillas, arcillas limosas y arcillas arenosas, color entre café grisáceo y gris oscuro. Plasticidad desde baja hasta alta. Predominantemente corresponden a espesores de materiales de muy pobre calidad mecánica.

### **Capa 2**

Estratos de arenas, arenas arcillosas y arenas limosas color entre café grisáceo y gris oscuro, de grano fino a medio; con fragmentos de coral, conchas marinas y eventuales bloques de roca alterada de hasta 2 cm de diámetro. Suelos de pobre calidad a regular calidad mecánica. Por debajo de la capa 1 e intercalada a distintas profundidades con esta misma capa.

### **Capa 3**

Espesores de madera y materiales vegetales en estado de descomposición. Materiales de muy pobre calidad mecánica. Se presentan aleatoriamente dentro del depósito de suelos.


3. De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), los materiales de la capa 1; poseen plasticidades desde bajas hasta altas y clasifican como limos de baja compresibilidad (ML), limos arcillosos de alta compresibilidad (MH) y arcillas de alta compresibilidad (CH); mientras que los suelos arenosos de la capa 2, clasifican como arenas con finos limosos (SM), arenas con finos arcillosos (SC), arenas mal graduadas con finos limosos (SP-SM) y arenas mal graduadas con finos arcillosos (SP-SC).



**INGEOTEC**

CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN GEOTÉCNICA  
ISO 17025:2005

4. Para el área cubierta y la profundidad alcanzada mediante los sondeos, en el sector estudiado de la quebrada Chocolate, se encontró la presencia de un nivel freático a la profundidad de 1,35 m; en tanto, en la zona explorada del río Limoncito, se presentaron niveles freáticos a profundidades variables entre 1,35 m y 4,05 m. Estos niveles pueden variar en otras épocas del año y se deberán tomar en cuenta en todas las actividades constructivas que se programen.
5. Para efectos del diseño estructural de la obra, se recomienda considerar este terreno como un sitio de cimentación tipo S<sub>4</sub> en Zona III (según el Código Sísmico de Costa Rica 2010), para el que se aplica una aceleración pico efectiva de diseño  $a_{ef}$  de 0,36.
6. Los suelos encontrados, en la mayor parte de la profundidad explorada, son de muy mala calidad para el soporte de rellenos y estructuras.
7. 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 realizar una comprobación de la calidad de los materiales y profundidades de desplante seleccionados, una vez que se ejecute la excavación de las zanjas de fundación.
8. Cualquier condición eventual del terreno, distinta a la reportada en este informe, se nos deberá consultar al respecto.



**ANEXO A**  
**Hojas de resumen  
de perforación**











Número Proyecto: IG-102-19		Fecha Inicio: 17/12/2019									
Proyecto: TABLESTACA		Fecha Fin: 17/12/2019									
Perforación: P2		Nivel freático: 1,35 m									
Profundidad: 14,85 m		Material Orgánico: No hay									
Profundidad m	Descripción	Lito logía	Gráfico N 25 50	N	w %	LL	IP	C kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>T</sub> kg/m <sup>3</sup>	SUCS	
0,00-0,45	Limo arcilloso color café grisáceo, con fibras de raíces y olor organico. Plasticidad media a baja. Consistencia muy blanda.			2							
0,45-0,90	Limo arcilloso y/o arcilla limosa color café grisáceo, presenta vetas amarillentas y bloques de roca alterados de 2 cm. Plasticidad media a alta. Consistencia muy blanda.			3	30						
0,90-1,35				2		58	21			MH	
1,35-1,80	Arcilla color café grisáceo. Plasticidad alta. Consistencia entre muy blanda y medianamente compacta.			2	71						
1,80-2,25				2							
2,25-2,70				2	65						
2,70-3,15				2							
3,15-3,60				2	0						
3,60-4,05				0							
4,05-4,50				2	73	132	90			CH	
4,50-4,95				3							
4,95-5,40				0	0						
5,40-5,85				6							
5,85-6,30				8	95						
6,30-6,75	Arena limosa color gris de grano medio a fino. Densidad relativa suelta.			9							
6,75-7,20	Arcilla arenosa color café grisáceo. Plasticidad media. Consistencia entre compacta y muy compacta.			12	85						
7,20-7,65				24							
7,65-8,10	Arena color gris de grano medio a fino. Plasticidad baja a nula. Densidad relativa variable entre suelta y densa.			38	41						
8,10-8,55				32							
8,55-9,00				19	23						
9,00-9,45				13							
9,45-9,90				5	32						
9,90-10,35				9							
10,35-10,80				11	17						
10,80-11,25				9						SM	
11,25-11,70				5	15						
11,70-12,15				4							
12,15-12,60	Madera en estado de descomposicion.			9	19						
12,60-13,05	Arena arcillosa color gris. Plasticidad baja a nula. Densidad relativa suelta.			10							
13,05-13,50	Arena color gris, grano medio a fino. Densidad relativa medianamente densa.			11	17						
13,50-13,95				14							
13,95-14,40				17	20						
14,40-14,85	Arena arcillosa color gris, con pedazos de hule y plastico. Densidad relativa medianamente densa.			13							
14,85-15,30	Arena color gris, grano medio a fino. Densidad relativa medianamente densa.			10	25						
15,30-15,75				9						SM	
15,75-16,20				13	19						

## REPORTE DE PERFORACION PERFIL DE SUELOS

Número Proyecto: IG-102-19		Fecha Inicio: 18/12/2019								
Proyecto: TABLESTACA		Fecha Fin: 18/12/2019								
Perforación: P3		Nivel freático: No hay								
Profundidad: 14,85 m		Material Orgánico: No hay								
Profundidad m	Descripción	Lito logía	Gráfico N 25 50	N	w %	LL	IP	C kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>T</sub> kg/m <sup>3</sup>	SUCS
0,00-0,45	Limo arcilloso color café grisáceo, con vetas amarillentas, negras y bloques de roca de hasta 2 cm (relleno). Plasticidad baja a media. Consistencia muy blanda.			2						
0,45-0,90				2	26	45	17			ML
0,90-1,35				2						
1,35-1,80	Arcilla color café grisáceo. Plasticidad alta. Consistencia entre muy blanda y medianamente compacta.			2	70					
1,80-2,25				2						
2,25-2,70				2	86					
2,70-3,15				2		125	78			CH
3,15-3,60				2	87					
3,60-4,05				2						
4,05-4,50				2	93					
4,50-4,95				2						
4,95-5,40				4	56					
5,40-5,85				3						
5,85-6,30				7	96					
6,30-6,75	Limo arcilloso y/o arcilla limosa color gris oscura; presenta pedazos de madera en estado de descomposicion con algunos fragmentos de coral. Plasticidad media a baja. Consistencia entre muy blanda y medianamente compacta.			9						
6,75-7,20				6	156					
7,20-7,65				5		103	44			MH
7,65-8,10				4	143					
8,10-8,55				5						
8,55-9,00	Arena color gris, grano medio a fino. Densidad relativa suelta.			7	35					
9,00-9,45				7						
9,45-9,90	Limo arenoso y/o arcilla arenosa color café grisáceo, con olor a material en estado de descomposicion. Plasticidad media a alta. Consistencia entre blanda y medianamente compacta.			5	99					
9,90-10,35				6		69	33			MH
10,35-10,80				5	107					
10,80-11,25				6						
11,25-11,70				4	124					
11,70-12,15	Arena arcillosa color gris. Plasticidad baja a nula. Densidad relativa variable entre muy suelta y medianamente densa.			7						
12,15-12,60				3	40					
12,60-13,05				5						
13,05-13,50				7	26					
13,50-13,95				5						
13,95-14,40				8	26					SM
14,40-14,85				9						
14,85-15,30				13	35					
15,30-15,75				14						
15,75-16,20				15	67					

## REPORTE DE PERFORACION PERFIL DE SUELOS

Número Proyecto: IG-102-19				Fecha Inicio: 16/12/2019						
Proyecto: TABLESTACA				Fecha Fin: 16/12/2019						
Perforación: P4				Nivel freático: 1,35 m						
Profundidad: 14,85 m				Material Orgánico: No hay						
Profundidad m	Descripción	Lito logía	Gráfico N 25 50	N	w %	LL	IP	C kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>r</sub> kg/m <sup>3</sup>	SUCS
0,00-0,45	Limo arcilloso color café grisáceo, con pintas rojas y amarillentas. Plasticidad media. Consistencia muy blanda.			2						
0,45-0,90				2	37					
0,90-1,35				2						
1,35-1,80	Arcilla color café grisáceo. Plasticidad alta. Consistencia entre muy blanda y medianamente compacta.			2	44					
1,80-2,25				2						
2,25-2,70				2	61					
2,70-3,15				2						
3,15-3,60				2	122					
3,60-4,05				2						
4,05-4,50	Limo arenoso y/o arcilla arenosa color gris oscuro, con rastros de madera en estado de descomposición. Plasticidad media a alta. Consistencia entre blanda y compacta.			2		125	84			CH
4,50-4,95				2						
4,95-5,40				3	92					
5,40-5,85				2						
5,85-6,30				5	101					
6,30-6,75				6						
6,75-7,20				4	82					
7,20-7,65				4						
7,65-8,10				4						
8,10-8,55				3						
8,55-9,00	7	288								
9,00-9,45	Arena arcillosa color gris. Plasticidad baja a nula. Densidad relativa variable entre muy suelta y medianamente densa.			10		87	38			MH
9,45-9,90				15	129					
9,90-10,35				11						
10,35-10,80				13	40					
10,80-11,25	Arcilla arenosa y/o limo arenoso color gris. Plasticidad baja a nula. Consistencia entre medianamente compacta y compacta.			7						
11,25-11,70				8	36					
11,70-12,15				15						
12,15-12,60				9	36					
12,60-13,05				7						
13,05-13,50				11	28					
13,50-13,95				11						
13,95-14,40				8	55					
14,40-14,85				13						
14,85-15,30				7	33					
15,30-15,75				8						
15,75-16,20				15	46					

## REPORTE DE PERFORACION PERFIL DE SUELOS


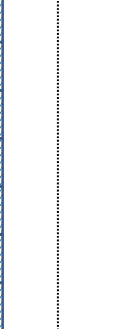

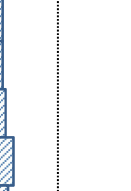



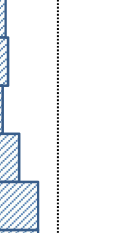

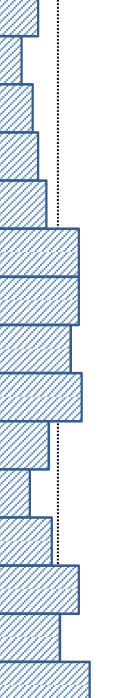
Número Proyecto: IG-102-19		Fecha Inicio: 16/12/2019									
Proyecto: TABLESTACA		Fecha Fin: 16/12/2019									
Perforación: P5		Nivel freático: 1,35 m									
Profundidad: 14,85 m		Material Orgánico: No hay									
Profundidad m	Descripción	Lito logía	Gráfico N 25 50	N	w %	LL	IP	C kg/cm <sup>2</sup>	$\gamma_r$ kg/m <sup>3</sup>	SUCS	
0,00-0,45	Limo arenoso y/o arcilla arenosa color café grisáceo. Plasticidad baja a media. Consistencia muy blanda.			2							
0,45-0,90				2	58	68	27			MH	
0,90-1,35				2							
1,35-1,80				2	78						
1,80-2,25	Arcilla color café grisáceo, con algunos pedazos de madera en estado de descomposición. Plasticidad media a alta. Consistencia entre muy blanda y medianamente compacta.			2							
2,25-2,70				2	78						
2,70-3,15				2		64	31				MH
3,15-3,60				2	114						
3,60-4,05				2							
4,05-4,50				2	73						
4,50-4,95				2							
4,95-5,40				2	79						
5,40-5,85				2							
5,85-6,30				2	95						
6,30-6,75				5							
6,75-7,20				Madera en estado de descomposición.			4	332			
7,20-7,65	Arcilla arenosa color gris oscura, presenta algunos fragmentos de concha molida. Plasticidad baja. Consistencia entre muy blanda y medianamente compacta.			2							
7,65-8,10				6	58						
8,10-8,55				7							
8,55-9,00				7	147						
9,00-9,45				9							
9,45-9,90				8	76						
9,90-10,35				5							
10,35-10,80				7	65						
10,80-11,25				3							
11,25-11,70				8	56						
11,70-12,15	13										
12,15-12,60	9	28									
12,60-13,05	Arena limosa color gris de grano fino, presenta algunos fragmentos de concha molida. Plasticidad baja a nula. Densidad relativa entre muy suelta y medianamente densa.			4							
13,05-13,50				6	35						
13,50-13,95				5							
13,95-14,40				9	33						
14,40-14,85				6							
14,85-15,30				11	42						
15,30-15,75				10							
15,75-16,20	13	30							SM		

Número Proyecto: IG-102-19		Fecha Inicio: 15/12/2019								
Proyecto: TABLESTACA		Fecha Fin: 15/12/2019								
Perforación: P6		Nivel freático: 1,35 m								
Profundidad: 14,85 m		Material Orgánico: No hay								
Profundidad m	Descripción	Lito logía	Gráfico N 25 50	N	w %	LL	IP	C kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>t</sub> kg/m <sup>3</sup>	SUCS
0,00-0,45	Limo arcilloso color café claro, con fibras de raíces y algunos bloques de hasta 1 cm de diámetro. Plasticidad media. Consistencia muy blanda.			2						
0,45-0,90				2	28					
0,90-1,35				2						
1,35-1,80	Arcilla color café grisáceo. Plasticidad alta. Consistencia muy blanda.			2	96					
1,80-2,25				2						
2,25-2,70				2	67					
2,70-3,15				2		150	94			CH
3,15-3,60				2	84					
3,60-4,05				2						
4,05-4,50				2	33					
4,50-4,95				2						
4,95-5,40				2	94					
5,40-5,85				2						
5,85-6,30	Suelo con limos, materiales arenosos, madera y fibras vegetales en descomposición. Plasticidad media a alta. Consistencia entre muy blanda y medianamente compacta.			2	138					
6,30-6,75				2						
6,75-7,20	Arena arcillosa y/o arena limosa color gris, presenta algunos fragmentos de concha molida grano fino. Plasticidad baja. Densidad relativa entre suelta y medianamente densa.			2	42					
7,20-7,65				2						
7,65-8,10				2	256	254	111			MH
8,10-8,55				9						
8,55-9,00				6	48					
9,00-9,45	Arcilla color café grisáceo. Plasticidad alta. Consistencia entre blanda y muy compacta.			10						
9,45-9,90				9	53					
9,90-10,35				16						
10,35-10,80	Arcilla color café grisáceo. Plasticidad alta. Consistencia entre blanda y muy compacta.			16	78					
10,80-11,25				11						
11,25-11,70				9	89					
11,70-12,15				19						
12,15-12,60				12	47					
12,60-13,05				7		85	46			MH
13,05-13,50	Arena arcillosa y/o arena limosa de color gris de grano fino, presenta algunos fragmentos de concha molida.			8	85					
13,50-13,95				4						
13,95-14,40				6	47					
14,40-14,85	Arcilla color café grisáceo. Plasticidad media a alta. Consistencia entre medianamente compacta y compacta.			8						
14,85-15,30				11	37					
15,30-15,75				9		83	46			CH
15,75-16,20				5	109					
16,20-16,65				9						

## REPORTE DE PERFORACION PERFIL DE SUELOS

Número Proyecto: IG-102-19				Fecha Inicio: 15/12/2019						
Proyecto: TABLESTACA				Fecha Fin: 15/12/2019						
Perforación: P7				Nivel freático: 1,35 m						
Profundidad: 14,40 m				Material Orgánico: No hay						
Profundidad m	Descripción	Lito logía	Gráfico N 25 50	N	w %	LL	IP	C kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>T</sub> kg/m <sup>3</sup>	SUCS
0,00-0,45	Limo arcilloso color café claro, con fibras de raíces y olor orgánico. Plasticidad media. Consistencia muy blanda.			2						
0,45-0,90				2	28					
0,90-1,35	Arcilla color café grisáceo. Plasticidad alta. Consistencia muy blanda.			2						
1,35-1,80				2	78					
1,80-2,25				2						
2,25-2,70				2	88					
2,70-3,15				2		149	90			MH
3,15-3,60				2	85					
3,60-4,05				2						
4,05-4,50				2	111					
4,50-4,95				2						
4,95-5,40				2	83					
5,40-5,85				2						
5,85-6,30	Suelo con limos, materiales arenosos, madera y fibras vegetales en descomposición. Plasticidad media a alta. Consistencia entre muy blanda y blanda.			3	248					
6,30-6,75				4		324	128			MH
6,75-7,20				2	315					
7,20-7,65				3						
7,65-8,10	Arena limosa de grano fino color gris, con pedazos de concha molida. Plasticidad baja nula. Densidad relativa muy suelta.			2	41					
8,10-8,55				4						
8,55-9,00	Arcilla color café grisáceo. Plasticidad media a alta.			2	91					
9,00-9,45				4						
9,45-9,90	Arena arcillosa y/o arena limosa color gris. Plasticidad baja a nula. Densidad relativa variable entre muy suelta y medianamente densa.			3	50					SM
9,90-10,35				2						
10,35-10,80				5	70					
10,80-11,25				7						
11,25-11,70				12	151					
11,70-12,15				16						
12,15-12,60				16	39					
12,60-13,05				12						
13,05-13,50				6	71					
13,50-13,95				5						
13,95-14,40				12	45					
14,40-14,85				9						SM
14,85-15,30				10	29					
15,30-15,75				12						
15,75-16,20				10	166					

## REPORTE DE PERFORACION PERFIL DE SUELOS

Número Proyecto: IG-102-19				Fecha Inicio: 14/12/2019						
Proyecto: TABLESTACA				Fecha Fin: 14/12/2019						
Perforación: P8				Nivel freático: 3,60 m						
Profundidad: 14,40 m				Material Orgánico: No hay						
Profundidad m	Descripción	Lito logía	Gráfico N 25 50	N	w %	LL	IP	C kg/cm <sup>2</sup>	$\gamma_r$ kg/m <sup>3</sup>	SUCS
0,00-0,45	Arcilla limosa y/o limo arcilloso de color café grisáceo; en el tramo 0,45 a 0,90, presenta pedazos de plástico. Plasticidad media a alta. Consistencia muy blanda.			2						CH
0,45-0,90				2	28					
0,90-1,35				2		63	31			
1,35-1,80				2	49					
1,80-2,25				2						
2,25-2,70				2	47					
2,70-3,15				2						
3,15-3,60	Arcilla arenosa color café grisáceo, con algunos pedazos de madera en estado de descomposición. Plasticidad media. Consistencia entre muy blanda y medianamente compacta.			2	51					SM
3,60-4,05				2						
4,05-4,50				3	81					
4,50-4,95				6						
4,95-5,40	Madera en estado de descomposición.			4	89					
5,40-5,85	Arena limosa de grano fino a medio, color café grisáceo, con pedazos de concha molida. Plasticidad baja a nula. Densidad relativa entre muy suelta y medianamente densa.			3						SM
5,85-6,30				4	49					
6,30-6,75				2						
6,75-7,20				8	51					
7,20-7,65				15						
7,65-8,10	Arena color café grisáceo, grano medio a fino. Densidad relativa entre suelta y medianamente densa.			15	21					SM
8,10-8,55				9						
8,55-9,00				13	31					
9,00-9,45				15						
9,45-9,90				18	22					
9,90-10,35				30						
10,35-10,80				30	23					
10,80-11,25				27						
11,25-11,70				31	20					
11,70-12,15				19						
12,15-12,60	12	18								
12,60-13,05	20									
13,05-13,50	30	21								
13,50-13,95	23									
13,95-14,40	34	19								

## REPORTE DE PERFORACION PERFIL DE SUELOS

Número Proyecto: IG-102-19

Fecha Inicio: 14/12/2019

Proyecto: TABLESTACA




Fecha Fin: 14/12/2019

Perforación: P9

Nivel freático: 1,35 m

Profundidad: 14,40 m

Material Orgánico: No hay

Profundidad m	Descripción	Lito logía	Gráfico N 25 50	N	w %	LL	IP	C kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>T</sub> kg/m <sup>3</sup>	SUCS
0,00-0,45	Limo arcilloso color café grisáceo, con pedazos de plástico y raíces. Plasticidad media. Consistencia muy blanda.			2						
0,45-0,90				2	43					
0,90-1,35				2						
1,35-1,80	Limo arenoso y/o arcilla arenosa color café grisáceo, al final presenta pedazos de madera. Plasticidad baja. Consistencia muy blanda.			2		50	17			ML
1,80-2,25				2						
2,25-2,70				2	66					
2,70-3,15	Arena de grano fino a medio color café grisáceo. Plasticidad baja. Densidad relativa entre muy suelta y medianamente densa.			2						SM
3,15-3,60				2	45					
3,60-4,05				7						
4,05-4,50				16	61					
4,50-4,95				17						
4,95-5,40				12	27					
5,40-5,85				23						
5,85-6,30				25	24					
6,30-6,75				22						
6,75-7,20				29	31					
7,20-7,65				24						
7,65-8,10				16	28					
8,10-8,55				18						
8,55-9,00				25	26					
9,00-9,45				17						
9,45-9,90				11	20					
9,90-10,35	12									
10,35-10,80	9	29								
10,80-11,25	5									
11,25-11,70	7	15								
11,70-12,15	6									
12,15-12,60	9	23								
12,60-13,05	17									
13,05-13,50	26	49								
13,50-13,95	25									
13,95-14,40	30	24								

## REPORTE DE PERFORACION PERFIL DE SUELOS

Número Proyecto: IG-102-19

Proyecto: TABLESTACA

Perforación: P10




Profundidad: 14,40 m

Fecha Inicio: 13/12/2019

Fecha Fin: 13/12/2019

Nivel freático: 3,60 m

Material Orgánico: No hay

Profundidad m	Descripción	Lito logía	Gráfico N 25 50	N	w %	LL	IP	C kg/cm <sup>2</sup>	$\gamma_T$ kg/m <sup>3</sup>	SUCS	
0,00-0,45	Arcilla limosa arcilloso color café grisáceo, con pedazos de vidrio al inicio. Plasticidad media. Consistencia muy blanda.			2							
0,45-0,90				2	37						
0,90-1,35				2		64	35				CH
1,35-1,80				2	39						
1,80-2,25				2							
2,25-2,70				2	32						
2,70-3,15	Limo arenoso y/o arcilla arenosa color café grisáceo. En el tramo de 6,30 m a 6,75 m presenta madera en estado de descomposición. Plasticidad baja a media. Consistencia entre blanda y muy blanda.			2							
3,15-3,60				4	55						
3,60-4,05				2							
4,05-4,50				4	50						
4,50-4,95				2		50	16				ML
4,95-5,40				2	63						
5,40-5,85				2							
5,85-6,30				2	65						
6,30-6,75				2							
6,75-7,20				2	65						
7,20-7,65	Arena limosa color gris, de grano fino a muy fino, presenta fragmentos de conchas molida. Plasticidad baja a nula. Densidad relativa entre suelta y muy densa.			10							
7,65-8,10				6	21						SM
8,10-8,55				9							
8,55-9,00				6	26						
9,00-9,45				10							
9,45-9,90				14	49						
9,90-10,35				24							
10,35-10,80				15	24						SM
10,80-11,25				12							
11,25-11,70				17	24						
11,70-12,15				18							
12,15-12,60				28	44						
12,60-13,05				36							
13,05-13,50				40	45						
13,50-13,95	33										
13,95-14,40	42	25									

## REPORTE DE PERFORACION PERFIL DE SUELOS

Número Proyecto: IG-102-19		Fecha Inicio: 12/12/2019								
Proyecto: TABLESTACA		Fecha Fin: 12/12/2019								
Perforación: P11		Nivel freático: 3,60 m								
Profundidad: 14,40 m		Material Orgánico: No hay								
Profundidad m	Descripción	Lito logía	Gráfico N 25 50	N	w %	LL	IP	C kg/cm <sup>2</sup>	$\gamma_r$ kg/m <sup>3</sup>	SUCS
0,00-0,45	Limo arcilloso color café grisáceo, presenta fibras de raíces, pedazos de tela. Plasticidad media. Consistencia muy blanda.			2						
0,45-0,90				2	60					
0,90-1,35	Arcilla color café grisáceo. Plasticidad media a baja.			2						
1,35-1,80				2	52					
1,80-2,25				2						
2,25-2,70				2	68					
2,70-3,15				2		71	30			MH
3,15-3,60				2	63					
3,60-4,05				2						
4,05-4,50				2	60					
4,50-4,95				2						
4,95-5,40	Arena limosa de grano fino, color gris, presenta fragmentos de conchas molidas. Plasticidad baja. Densidad relativa muy suelta.			2	53					
5,40-5,85	Limo arenoso y/o arcilla arenosa color gris, presenta conchas molidas: presenta algunos bloques de hasta 2 cm de diámetro. Plasticidad baja. Consistencia entre muy blanda y medianamente compacta.			2						
5,85-6,30				2	59	46	13			ML
6,30-6,75				5						SM
6,75-7,20				2	62					
7,20-7,65				4						
7,65-8,10				2	51					
8,10-8,55				2						
8,55-9,00				5	49					
9,00-9,45				5						
9,45-9,90				4	55					
9,90-10,35	Arena limosa color gris, presenta concha molidas con algunos bloques de 0,5 cm de diámetro. Plasticidad baja a nula. Densidad relativa entre muy suelta y suelta.			2						
10,35-10,80				3	32					
10,80-11,25				4						SM
11,25-11,70				5	26					
11,70-12,15				8						
12,15-12,60				7	27					
12,60-13,05				7						
13,05-13,50				5	25					
13,50-13,95	Arcilla color gris oscura, presenta conchas molidas. Plasticidad media a alta. Consistencia entre muy blanda y medianamente compacta.			2						
13,95-14,40				6	85					
14,40-14,85				8		58	31			CH
14,85-15,30	Arena color gris grano fino, presenta conchas molidas. Plasticidad baja a nula. Densidad relativa suelta.			6	23					
15,30-15,75				8						
15,75-16,20				12	75					

## REPORTE DE PERFORACION PERFIL DE SUELOS

Número Proyecto: IG-102-19

Fecha Inicio: 11/12/2019

Proyecto: TABLESTACA



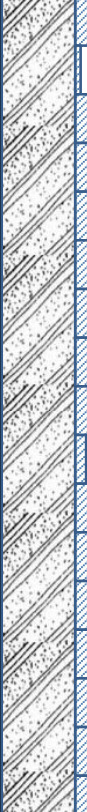
Fecha Fin: 11/12/2019

Perforación: P12

Nivel freático: 4,05 m

Profundidad: 14,40 m





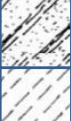



Material Orgánico: No hay

Profundidad m	Descripción	Lito logía	Gráfico N 25 50	N	w %	LL	IP	C kg/cm <sup>2</sup>	$\gamma_T$ kg/m <sup>3</sup>	SUCS			
0,00-0,45	Limo arcilloso color café grisáceo. Plasticidad media. Consistencia muy blanda.			2						ML			
0,45-0,90				2	49								
0,90-1,35				2		46	16						
1,35-1,80	Arcilla limosa color café grisáceo. Plasticidad media a alta. Consistencia muy blanda.			2	50								
1,80-2,25				2									
2,25-2,70				2	52								
2,70-3,15				2									
3,15-3,60	Limo arenoso y/o arcilla arenosa color café grisáceo. En el tramo de 4,95 m a 5,40 m, presenta pedazos de madera en estado de descomposicion. Plasticidad media. Consistencia muy blanda.					2	76						MH
3,60-4,05						2		58	25				
4,05-4,50						2	49						
4,50-4,95						2							
4,95-5,40						2	110						
5,40-5,85		4											
5,85-6,30		2	71										
6,30-6,75		2											
6,75-7,20	Arena limosa color gris, presenta pedazos de concha molida y algunos bloques de 9,5 cm. Plasticidad baja a nula. Densidad relativa entre muy suelta y suelta.					5	54					SM	
7,20-7,65						2							
7,65-8,10						6	49						
8,10-8,55						7							
8,55-9,00				7	50								
9,00-9,45				5									
9,45-9,90				8	36								
9,90-10,35				6									
10,35-10,80				8	31								
10,80-11,25				4									
11,25-11,70				8	34								
11,70-12,15				7									
12,15-12,60		5	32										
12,60-13,05		7											
13,05-13,50		6	34										
13,50-13,95		9											
13,95-14,40		8	71										

## REPORTE DE PERFORACION PERFIL DE SUELOS

Número Proyecto: IG-102-19		Fecha Inicio: 11/12/2019								
Proyecto: TABLESTACA		Fecha Fin: 11/12/2019								
Perforación: P13		Nivel freático: 3,60 m								
Profundidad: 14,40 m		Material Orgánico: No hay								
Profundidad m	Descripción	Lito logía	Gráfico N 25 50	N	w %	LL	IP	C kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>T</sub> kg/m <sup>3</sup>	SUCS
0,00-0,45	Limo arcilloso color café grisáceo, con bloques de hasta 2 cm de diámetro y raíces (relleno). Plasticidad media. Consistencia entre muy blanda y medianamente compacta.			2						
0,45-0,90				5	9					
0,90-1,35	Arcilla limosa y/o limo arcilloso color café grisáceo. Plasticidad media. Consistencia entre muy blanda y medianamente compacta.			6						
1,35-1,80				2	49					
1,80-2,25				2		76	46			CH
2,25-2,70				2	56					
2,70-3,15				2						
3,15-3,60				2	85					
3,60-4,05				2						
4,05-4,50	Suelo con limos, arcillas, madera y fibras vegetales en descomposición. Plasticidad media a alta. Consistencia entre muy blanda y blanda.			2	129					
4,50-4,95				3						
4,95-5,40	Arcilla color gris oscura. Plasticidad alta. Consistencia entre muy blanda y compacta.			3	99					
5,40-5,85				2						
5,85-6,30				6	69					
6,30-6,75				5						
6,75-7,20				6	50					
7,20-7,65				12						
7,65-8,10	Arena color gris de grano fino. Plasticidad nula a baja. Consistencia entre medianamente compacta y compacta.			15	28					
8,10-8,55				12						
8,55-9,00				9	28					
9,00-9,45				13						
9,45-9,90				8	27					
9,90-10,35				17						SM
10,35-10,80				8	25					
10,80-11,25				17						
11,25-11,70				13	39					
11,70-12,15	Arcilla color café grisáceo. Plasticidad alta. Consistencia compacta.			13		82	46			CH
12,15-12,60				13	50					
12,60-13,05				12						
13,05-13,50				9	50					
13,50-13,95				9						
13,95-14,40				13	50					

## REPORTE DE PERFORACION PERFIL DE SUELOS

Número Proyecto: IG-102-19		Fecha Inicio: 13/12/2019								
Proyecto: TABLESTACA		Fecha Fin: 13/12/2019								
Perforación: P14		Nivel freático: 1,35 m								
Profundidad: 14,40 m		Material Orgánico: No hay								
Profundidad m	Descripción	Lito logía	Gráfico N 25 50	N	w %	LL	IP	C kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>T</sub> kg/m <sup>3</sup>	SUCS
0,00-0,45	Limo arcilloso color café grisáceo, con bloques de hasta 2 cm de diámetro y raíces (relleno). Plasticidad media. Consistencia muy blanda.			2						
0,45-0,90				2	36					
0,90-1,35	Arcilla limosa de color café grisáceo. Plasticidad media a alta. Consistencia muy blanda.			2						
1,35-1,80				2	40					
1,80-2,25				2		76	44			CH
2,25-2,70				2	46					
2,70-3,15				2						
3,15-3,60	Arena arcillosa color café grisáceo, con bloques de hasta 2 cm de diámetro. Plasticidad baja a nula. Densidad relativa muy suelta.			2	42					
3,60-4,05				2						
4,05-4,50				2	70					
4,50-4,95	Arcilla color gris. plasticidad media a alta.			2						
4,95-5,40	Arena arcillosa color café grisáceo, con restos de madera. Plasticidad baja a nula. Densidad relativa muy suelta.			4	49					
5,40-5,85				2						
5,85-6,30				3	60					
6,30-6,75	Arcilla color café grisáceo. Plasticidad media a alta.			12						
6,75-7,20				17	57					
7,20-7,65				16				215	1676	
7,65-8,10				24	65					
8,10-8,55				19						
8,55-9,00				24	57					
9,00-9,45				35		107	52			MH
9,45-9,90				26	56					
9,90-10,35				23						
10,35-10,80	Arena arcillosa color café grisáceo. Densidad relativa medianamente densa.			18	86					
10,80-11,25				25						
11,25-11,70				24	50					
11,70-12,15	Arcilla color café grisáceo, en el tramo 12,15 a 12,60 presenta pedazos de madera. Plasticidad media a alta. Consistencia entre muy compacta y rígida.			24						
12,15-12,60				20	77					
12,60-13,05				26						
13,05-13,50				25	56					
13,50-13,95				22						
13,95-14,40				34	52					

## REPORTE DE PERFORACION PERFIL DE SUELOS

Número Proyecto: IG-102-19

Proyecto: TABLESTACA

Perforación: P15







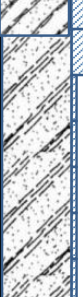












Profundidad: 14,40 m

Fecha Inicio: 12/12/2019

Fecha Fin: 12/12/2019

Nivel freático: 4,50 m

Material Orgánico: No hay

Profundidad m	Descripción	Lito logía	Gráfico N 25 50	N	w %	LL	IP	C kg/cm <sup>2</sup>	γ <sub>T</sub> kg/m <sup>3</sup>	SUCS
0,00-0,45	Limo arcilloso color café oscuro, con olor y algunos bloques de 2 cm de diámetro. Plasticidad baja. Consistencia medianamente compacta.			5						
0,45-0,90	Arena limosa y/o arcillosa café grisácea, con algunos bloques de roca de hasta 2 cm. Plasticidad baja a nula. Densidad relativa entre suelta y medianamente densa.			5	24					
0,90-1,35	Madera en estado de descomposicion.			13						
1,35-1,80	Arcilla arenosa color café grisáceo. Plasticidad media. Consistencia muy blanda.			8	33					
1,80-2,25	Arena limosa de grano fino, color café grisáceo, presenta fragmentos de conchas molidas. Plasticidad baja a nula. Densidad relativa muy suelta y medianamente densa.			2						
2,25-2,70	Madera en estado de descomposicion.			2	72					
2,70-3,15	Arcilla y/o limo color café grisáceo. Plasticidad media a alta. Consistencia aumentando de muy blanda a rígida.			4						SM
3,15-3,60	Madera en estado de descomposicion.			12	62					
3,60-4,05	Arcilla y/o limo color café grisáceo. Plasticidad media a alta. Consistencia aumentando de muy blanda a rígida.			21						
4,05-4,50	Arena limosa de grano fino, color café grisáceo, presenta fragmentos de conchas molidas. Plasticidad baja a nula. Densidad relativa muy suelta.			5	128					
4,50-4,95	Madera en estado de descomposicion.			6						
4,95-5,40	Arcilla y/o limo color café grisáceo. Plasticidad media a alta. Consistencia aumentando de muy blanda a rígida.			2	37					
5,40-5,85	Madera en estado de descomposicion.			2						
5,85-6,30	Arcilla y/o limo color café grisáceo. Plasticidad media a alta. Consistencia aumentando de muy blanda a rígida.			2	47					
6,30-6,75	Madera en estado de descomposicion.			2						
6,75-7,20	Arcilla y/o limo color café grisáceo. Plasticidad media a alta. Consistencia aumentando de muy blanda a rígida.			2	52					
7,20-7,65	Madera en estado de descomposicion.			2						
7,65-8,10	Arcilla y/o limo color café grisáceo. Plasticidad media a alta. Consistencia aumentando de muy blanda a rígida.			3	55					
8,10-8,55	Madera en estado de descomposicion.			10						
8,55-9,00	Arcilla y/o limo color café grisáceo. Plasticidad media a alta. Consistencia aumentando de muy blanda a rígida.			25	46					
9,00-9,45	Madera en estado de descomposicion.			41		107	53			MH
9,45-9,90	Arcilla y/o limo color café grisáceo. Plasticidad media a alta. Consistencia aumentando de muy blanda a rígida.			31	55					
9,90-10,35	Madera en estado de descomposicion.			22						
10,35-10,80	Arcilla y/o limo color café grisáceo. Plasticidad media a alta. Consistencia aumentando de muy blanda a rígida.			25	49					
10,80-11,25	Madera en estado de descomposicion.			31						
11,25-11,70	Arcilla y/o limo color café grisáceo. Plasticidad media a alta. Consistencia aumentando de muy blanda a rígida.			30	58					
11,70-12,15	Madera en estado de descomposicion.			24						
12,15-12,60	Arcilla y/o limo color café grisáceo. Plasticidad media a alta. Consistencia aumentando de muy blanda a rígida.			26	59					
12,60-13,05	Madera en estado de descomposicion.			25						
13,05-13,50	Arcilla y/o limo color café grisáceo. Plasticidad media a alta. Consistencia aumentando de muy blanda a rígida.			33	50	82	45			CH
13,50-13,95	Madera en estado de descomposicion.			38						
13,95-14,40	Arcilla y/o limo color café grisáceo. Plasticidad media a alta. Consistencia aumentando de muy blanda a rígida.			56	60					





**ANEXO B**  
**Resultados de ensayos  
de laboratorio**

## **Informe de Ensayo**

No. de informe: **I-098-19**

Fecha de emisión del informe: 21/01/2020

### **1. INFORMACION GENERAL**

**Cliente interno:** Ing. Gustavo Salas

**Proyecto:** IG - 102- 19

**No. de perforaciones:** 17

**Métodos de ensayo:**

ASTM D 2216 (P-18) "Humedad natural de suelos y rocas" (\*)

ASTM D 4318 (P-19) "Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad" (\*)

ASTM C 136 (P-24) "Análisis granulométrico de agregados por mallas" (\*)

ASTM C 117 (P-25) "Material más fino que la malla 75 µm (No. 200)" (\*)

ASTM D 2166 (P-27) "Compresión inconfiada de suelos cohesivos" (\*)

ASTM D 4220 (P-32) "Transporte y preserva de muestras de suelo" (\*)

ASTM D 2488 (P-34) "Descripción e identificación visual y manual de suelos" (\*)

**Lugar de ejecución:** LABORATORIO INGEOTEC

**Métodos de muestreo:**

ASTM D 1586-11 (P-23) "Ensayo de penetración estándar (SPT)" (\*)

(\*) Métodos de ensayo acreditados

### **2. INFORMACION DE LAS MUESTRAS**

**Aportadas por:** Erly Mendoza

**Fecha de perforación:** 11/12/2019- 18/12/2019

**Fecha de recepción de muestras:** 19/12/2019

**Fecha de realización de ensayos:** 19/12/2019 - 14/01/2020

**Descripción de Muestras ensayadas:** Ver Anexos

**Condiciones ambientales:** Soleado

**Ubicación:** Rio Limoncito, Limón

**Notas:**

- 1) Las descripciones presentadas en los anexos de este Informe de Ensayo son de carácter preliminar basadas en la observación. La interpretación de los resultados del Informe y la clasificación definitiva de las muestras son responsabilidad del "cliente interno" solicitante.
- 2) La ubicación, cantidad y profundidad de las perforaciones fueron definidas por los clientes internos.



**3. RESULTADOS**

**Tabla 1. Resultados de ensayos de humedad**

PERFORACION:		P1	PERFORACION:		P1A
Mues tra	Profundidad (m)	Humedad (%)	Mues tra	Profundidad (m)	Humedad (%)
2	0,45-0,90	27	2	0,45-0,90	36
4	1,35-1,80	43	4	1,35-1,80	29
6	2,25-2,70	72	6	2,25-2,70	31
8	3,15-3,60	33	8	3,15-3,60	10
10	4,05-4,50	26	10	4,05-4,50	24
12	4,95-5,40	35	12	4,95-5,40	23
14	5,85-6,30	20	14	5,85-6,30	25
16	6,75-7,20	23	16	6,75-7,20	19
18	7,65-8,10	18	18	7,65-8,10	23
20	8,55-9,00	19	20	8,55-9,00	19
			22	9,45-9,90	19

PERFORACION:		P2
Mues tra	Profundidad (m)	Humedad (%)
28	12,15-12,60	19
30	13,05-13,50	17
32	13,95-14,40	20
34	14,85-15,30	25
36	15,75-16,20	19
2	0,45-0,90	30
4	1,35-1,80	71
6	2,25-2,70	65
8	3,15-3,60	0
10	4,05-4,50	73
12	4,95-5,40	No recupero
14	5,85-6,30	95
16	6,75-7,20	85
18	7,65-8,10	41
20	8,55-9,00	23
22	9,45-9,90	32
24	10,35-10,80	17
26	11,25-11,70	15

PERFORACION:		P3
Mues tra	Profundidad (m)	Humedad (%)
2	0,45-0,90	26
4	1,35-1,80	70
6	2,25-2,70	86
8	3,15-3,60	87
10	4,05-4,50	93
12	4,95-5,40	56
14	5,85-6,30	96
16	6,75-7,20	156
18	7,65-8,10	143
20	8,55-9,00	35
22	9,45-9,90	99
24	10,35-10,80	107
26	11,25-11,70	124
28	12,15-12,60	40
30	13,05-13,50	26
32	13,95-14,40	26
34	14,85-15,30	35
36	15,75-16,20	67

PERFORACION:		P4
Mues tra	Profundidad (m)	Humedad (%)
2	0,45-0,90	37
4	1,35-1,80	44
6	2,25-2,70	61
8	3,15-3,60	122
10	4,05-4,50	No recupero
12	4,95-5,40	92
14	5,85-6,30	101
16	6,75-7,20	82
18	7,65-8,10	No recupero
20	8,55-9,00	288
22	9,45-9,90	129
24	10,35-10,80	40
26	11,25-11,70	36
28	12,15-12,60	36
30	13,05-13,50	28
32	13,95-14,40	55
34	14,85-15,30	33
36	15,75-16,20	46

PERFORACION:		P5
Mues tra	Profundidad (m)	Humedad (%)
2	0,45-0,90	58
4	1,35-1,80	78
6	2,25-2,70	78
8	3,15-3,60	114
10	4,05-4,50	73
12	4,95-5,40	79
14	5,85-6,30	95
16	6,75-7,20	332
18	7,65-8,10	58
20	8,55-9,00	147
22	9,45-9,90	76
24	10,35-10,80	65
26	11,25-11,70	56
28	12,15-12,60	28
30	13,05-13,50	35
32	13,95-14,40	33
34	14,85-15,30	42
36	15,75-16,20	30

PERFORACION:		P6
Mues tra	Profundidad (m)	Humedad (%)
2	0,45-0,90	28
4	1,35-1,80	96
6	2,25-2,70	67
8	3,15-3,60	84
10	4,05-4,50	33
12	4,95-5,40	94
14	5,85-6,30	138
16	6,75-7,20	42
18	7,65-8,10	256
20	8,55-9,00	48
22	9,45-9,90	53
24	10,35-10,80	78
26	11,25-11,70	89
28	12,15-12,60	47
30	13,05-13,50	85
32	13,95-14,40	47
34	14,85-15,30	37
36	15,75-16,20	109

PERFORACION:		P7
Mues tra	Profundidad (m)	Humedad (%)
2	0,45-0,90	28
4	1,35-1,80	78
6	2,25-2,70	88
8	3,15-3,60	85
10	4,05-4,50	111
12	4,95-5,40	83
14	5,85-6,30	248
16	6,75-7,20	315
18	7,65-8,10	41
20	8,55-9,00	91
22	9,45-9,90	50
24	10,35-10,80	70
26	11,25-11,70	151
28	12,15-12,60	39
30	13,05-13,50	71
32	13,95-14,40	45
34	14,85-15,30	29
36	15,75-16,20	166

<b>PERFORACION:</b>		<b>P8</b>
<b>Mues tra</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Humedad (%)</b>
2	0,45-0,90	28
4	1,35-1,80	49
6	2,25-2,70	47
8	3,15-3,60	51
10	4,05-4,50	81
12	4,95-5,40	89
14	5,85-6,30	49
16	6,75-7,20	51
18	7,65-8,10	21
20	8,55-9,00	31
22	9,45-9,90	22
24	10,35-10,80	23
26	11,25-11,70	20
28	12,15-12,60	18
30	13,05-13,50	21
32	13,95-14,40	19

<b>PERFORACION:</b>		<b>P9</b>
<b>Mues tra</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Humedad (%)</b>
2	0,45-0,90	43
4	1,35-1,80	49
6	2,25-2,70	66
8	3,15-3,60	45
10	4,05-4,50	61
12	4,95-5,40	27
14	5,85-6,30	24
16	6,75-7,20	31
18	7,65-8,10	28
20	8,55-9,00	26
22	9,45-9,90	20
24	10,35-10,80	29
26	11,25-11,70	15
28	12,15-12,60	23
30	13,05-13,50	49
32	13,95-14,40	24

PERFORACION:		P10
Mues tra	Profundidad (m)	Humedad (%)
2	0,45-0,90	37
4	1,35-1,80	39
6	2,25-2,70	32
8	3,15-3,60	55
10	4,05-4,50	50
12	4,95-5,40	63
14	5,85-6,30	65
16	6,75-7,20	65
18	7,65-8,10	21
20	8,55-9,00	26
22	9,45-9,90	49
24	10,35-10,80	24
26	11,25-11,70	24
28	12,15-12,60	44
30	13,05-13,50	45
32	13,95-14,40	25

PERFORACION:		P11
Mues tra	Profundidad (m)	Humedad (%)
2	0,45-0,90	60
4	1,35-1,80	52
6	2,25-2,70	68
8	3,15-3,60	63
10	4,05-4,50	60
12	4,95-5,40	53
14	5,85-6,30	59
16	6,75-7,20	62
18	7,65-8,10	51
20	8,55-9,00	49
22	9,45-9,90	55
24	10,35-10,80	32
26	11,25-11,70	26
28	12,15-12,60	27
30	13,05-13,50	25
32	13,95-14,40	85
34	14,85-15,30	23
36	15,75-16,20	75

PERFORACION:		P12
Mues tra	Profundidad (m)	Humedad (%)
2	0,45-0,90	49
4	1,35-1,80	50
6	2,25-2,70	52
8	3,15-3,60	76
10	4,05-4,50	49
12	4,95-5,40	110
14	5,85-6,30	71
16	6,75-7,20	54
18	7,65-8,10	49
20	8,55-9,00	50
22	9,45-9,90	36
24	10,35-10,80	31
26	11,25-11,70	34
28	12,15-12,60	32
30	13,05-13,50	34
32	13,95-14,40	71

PERFORACION:		P13
Mues tra	Profundidad (m)	Humedad (%)
2	0,45-0,90	9
4	1,35-1,80	49
6	2,25-2,70	56
8	3,15-3,60	85
10	4,05-4,50	129
12	4,95-5,40	99
14	5,85-6,30	69
16	6,75-7,20	50
18	7,65-8,10	28
20	8,55-9,00	28
22	9,45-9,90	27
24	10,35-10,80	25
26	11,25-11,70	39
28	12,15-12,60	50
30	13,05-13,50	50
32	13,95-14,40	50



**INGEOTEC**  
CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN GEOTÉCNICA

# LABORATORIO DE INGEOTEC

F-17-00-04

Versión: 4.0

Fecha: 19/07/2018

Pág. 9 de 28

PERFORACION:		P14
Mues tra	Profundidad (m)	Humedad (%)
2	0,45-0,90	36
4	1,35-1,80	40
6	2,25-2,70	46
8	3,15-3,60	42
10	4,05-4,50	70
12	4,95-5,40	49
14	5,85-6,30	60
16	6,75-7,20	57
18	7,65-8,10	65
20	8,55-9,00	57
22	9,45-9,90	56
24	10,35-10,80	86
26	11,25-11,70	50
28	12,15-12,60	77
30	13,05-13,50	56
32	13,95-14,40	52

PERFORACION:		P15
Mues tra	Profundidad (m)	Humedad (%)
2	0,45-0,90	24
4	1,35-1,80	33
6	2,25-2,70	72
8	3,15-3,60	62
10	4,05-4,50	128
12	4,95-5,40	37
14	5,85-6,30	47
16	6,75-7,20	52
18	7,65-8,10	55
20	8,55-9,00	46
22	9,45-9,90	55
24	10,35-10,80	49
26	11,25-11,70	58
28	12,15-12,60	59
30	13,05-13,50	50
32	13,95-14,40	60

PERFORACION:		P16
Muestra	Profundidad (m)	Humedad (%)
2	0,45-0,90	39
4	1,35-1,80	51
6	2,25-2,70	60
8	3,15-3,60	66
10	4,05-4,50	74
12	4,95-5,40	68
14	5,85-6,30	60
16	6,75-7,20	54
18	7,65-8,10	39
20	8,55-9,00	49
22	9,45-9,90	23

**Tabla 2. Resultados de ensayos de límites de Atterberg**

PERFORACIÓN:		P1		
Muestra	Profundidad (m)	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice Plasticidad
4	1,35-1,80	56	34	22

PERFORACIÓN:		P2		
Muestra	Profundidad (m)	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice Plasticidad
3	0,90-1,35	58	37	21
10	4,05-4,50	132	42	90

PERFORACIÓN:		P3		
Mues tra	Profundidad (m)	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice Plasticidad
2	0,45-0,90	45	28	18
7	2,70-3,15	125	47	78
17	7,20-7,65	103	59	44
23	9,90-10,35	69	36	33

PERFORACIÓN:		P4		
Mues tra	Profundidad (m)	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice Plasticidad
11	4,50-4,95	125	41	84
21	9,00-9,45	87	49	38

PERFORACIÓN:		P5		
Mues tra	Profundidad (m)	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice Plasticidad
2	0,45-0,90	68	41	27
7	2,70-3,15	64	33	31

PERFORACIÓN:		P6		
Mues tra	Profundidad (m)	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice Plasticidad
29	12,60-13,05	85	38	46
35	15,30-15,75	83	37	46
7	2,70-3,15	150	56	94
18	7,65-8,10	254	143	111

PERFORACIÓN:		P7		
Mues tra	Profundidad (m)	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice Plasticidad
7	2,70-3,15	149	59	90
15	6,30-6,75	324	196	128

PERFORACIÓN:		P8		
Mues tra	Profundidad (m)	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice Plasticidad
3	0,90-1,35	63	32	31

PERFORACIÓN:		P9		
Mues tra	Profundidad (m)	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice Plasticidad
5	1,80-2,25	50	33	17

PERFORACIÓN:		P10		
Mues tra	Profundidad (m)	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice Plasticidad
3	0,90-1,35	64	29	35
11	4,50-4,95	50	34	16

PERFORACIÓN:		P11		
Mues tra	Profundidad (m)	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice Plasticidad
7	2,70-3,15	71	41	30
14	5,85-6,30	46	33	13
33	14,40-14,85	58	27	31

PERFORACIÓN:		P12		
Mues tra	Profundidad (m)	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice Plasticidad
3	0,90-1,35	46	30	16
9	3,60-4,05	58	33	25

PERFORACIÓN:		P13		
Mues tra	Profundidad (m)	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice Plasticidad
5	1,80-2,25	76	30	46
27	11,70-12,15	82	36	46

PERFORACIÓN:		P14		
Muestra	Profundidad (m)	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice Plasticidad
5	1,80-2,25	76	32	44
21	9,00-9,45	107	55	52

PERFORACIÓN:		P15		
Muestra	Profundidad (m)	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice Plasticidad
21	9,00-9,45	107	54	53
30	13,05-13,50	82	37	45

PERFORACIÓN:		P16		
Muestra	Profundidad (m)	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice Plasticidad
4	1,35-1,80	59	31	28
9	3,60-4,05	77	47	30
17	7,20-7,65	52	25	27

**Tabla 3. Resultados de ensayos análisis granulométrico por mallas**

Perforación		<b>P1</b>
Muestra		15
Profundidad (m)		6,30-6,75
Designación de Tamiz		% Pasando
Estándar (mm)	Alternativo	
4,75	Nº4	97
2,36	Nº8	96
1,18	Nº16	96
0,6	Nº30	94
0,3	Nº50	80
0,15	Nº100	37
0,075	Nº200	20

Perforación		<b>P2</b>
Muestra		25
Profundidad (m)		10,80-11,25
Designación de Tamiz		% Pasando
Estándar (mm)	Alternativo	
0,6	Nº30	99
0,3	Nº50	86
0,15	Nº100	41
0,075	Nº200	21

Perforación		<b>P2</b>	
Muestra		<b>35</b>	
Profundidad (m)		<b>15,30-15,75</b>	
Designación de Tamiz		% Pasando	
Estándar (mm)	Alternativo		
0,6	N°30		99
0,3	N°50		82
0,15	N°100		33
0,075	N°200	15	

Perforación		<b>P3</b>	
Muestra		<b>32</b>	
Profundidad (m)		<b>13,95-14,40</b>	
Designación de Tamiz		% Pasando	
Estándar (mm)	Alternativo		
4,75	N°4		99
2,36	N°8		98
1,18	N°16		97
0,6	N°30		97
0,3	N°50		94
0,15	N°100		52
0,075	N°200	20	

Perforación		<b>P4</b>	
Muestra		<b>31</b>	
Profundidad (m)		<b>13,50-13,95</b>	
Designación de Tamiz		% Pasando	
Estándar (mm)	Alternativo		
0,6	N°30		99
0,3	N°50		98
0,15	N°100		69
0,075	N°200		30

Perforación		<b>P5</b>	
Muestra		<b>35</b>	
Profundidad (m)		<b>15,30-15,75</b>	
Designación de Tamiz		% Pasando	
Estándar (mm)	Alternativo		
4,75	N°4		100
2,36	N°8		99
1,18	N°16		99
0,6	N°30		99
0,3	N°50		98
0,15	N°100		69
0,075	N°200		24

Perforación		<b>P7</b>
Muestra		22
Profundidad (m)		9,45-9,90
Designación de Tamiz		% Pasando
Estándar (mm)	Alternativo	
2,36	N°8	100
1,18	N°16	99
0,6	N°30	98
0,3	N°50	98
0,15	N°100	81
0,075	N°200	32

Perforación		<b>P7</b>
Muestra		33
Profundidad (m)		14,40-14,85
Designación de Tamiz		% Pasando
Estándar (mm)	Alternativo	
1,18	N°16	100
0,6	N°30	98
0,3	N°50	97
0,15	N°100	80
0,075	N°200	32

**Tabla 4. Resultados de ensayo material más fino que la malla No.200**

Perforación	<b>11</b>
Muestra	15
Profundidad (m)	6,30 - 6,75
Porcentaje Pasando la malla N°200 (%)	
	45,0

Perforación	<b>12</b>
Muestra	10
Profundidad (m)	4,05 - 4,50
Porcentaje Pasando la malla N°200 (%)	
	49,7

**Tabla 5. Resultados de ensayo compresión inconfiada de suelos**

Perforación		<b>P1</b>
Muestra		3
Profundidad (m)		0,90-1,35
Resistencia inconfiada (Qu)		Cohesión (Cu)
Estándar (kPa)	Alternativo (kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
61,4	0,6	30,7

Perforación		<b>P2</b>
Muestra		4
Profundidad (m)		1,35-1,80
Resistencia inconfiada (Qu)		Cohesión (Cu)
Estándar (kPa)	Alternativo (kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
42,6	0,4	21,3

Perforación		<b>P2</b>
Muestra		6
Profundidad (m)		2,25-2,70
Resistencia inconfiada (Qu)		Cohesión (Cu)
Estándar (kPa)	Alternativo (kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
40,5	0,4	20,3

Perforación		<b>P14</b>
Muestra		17
Profundidad (m)		7,20-7,65
Resistencia inconfiada (Qu)		Cohesión (Cu)
Estándar (kPa)	Alternativo (kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
429,2	4,4	214,6

**Tabla 6. Resultados de ensayos de SPT**

PERFORACIÓN:		P1	
ESPELOR ORGÁNICO:		No hay	
NIVEL FREÁTICO:		1,35 m	
Muestra	Profundidad (m)	Valor N <sub>spt</sub>	Porcentaje de recuperación (%)
1	0,00-0,45	2	60
2	0,45-0,90	2	56
3	0,90-1,35	2	44
4	1,35-1,80	4	56
5	1,80-2,25	2	44
6	2,25-2,70	5	51
7	2,70-3,15	8	4
8	3,15-3,60	15	56
9	3,60-4,05	13	44
10	4,05-4,50	21	33
11	4,50-4,95	24	44
12	4,95-5,40	19	40
13	5,40-5,85	12	47
14	5,85-6,30	32	51
15	6,30-6,75	36	60
16	6,5-7,20	RM	44
17	7,20-7,65	33	56
18	7,65-8,10	38	60
19	8,10-8,55	43	62
20	8,55-9,00	RM	78

PERFORACIÓN:		P1A	
ESPELOR ORGÁNICO:		No hay	
NIVEL FREÁTICO:		1,35 m	
Muestra	Profundidad (m)	Valor N <sub>spt</sub>	Porcentaje de recuperación (%)
1	0,00-0,45	2	44
2	0,45-0,90	2	56
3	0,90-1,35	2	33
4	1,35-1,80	5	60
5	1,80-2,25	3	56
6	2,25-2,70	5	44
7	2,70-3,15	3	56
8	3,15-3,60	2	44
9	3,60-4,05	9	60
10	4,05-4,50	16	56
11	4,50-4,95	23	60
12	4,95-5,40	25	62
13	5,40-5,85	15	56
14	5,85-6,30	15	60
15	6,30-6,75	30	62
16	6,5-7,20	43	60
17	7,20-7,65	28	62
18	7,65-8,10	17	60
19	8,10-8,55	28	67
20	8,55-9,00	36	67
21	9,00-9,45	62	78
22	9,45-9,90	RM	84

PERFORACIÓN:		P2	
ESPELOR ORGÁNICO:		No hay	
NIVEL FREÁTICO:		1,35 m	
Muestra	Profundidad (m)	Valor N <sub>spt</sub>	Porcentaje de recuperación (%)
1	0,00-0,45	2	44
2	0,45-0,90	3	56
3	0,90-1,35	2	44
4	1,35-1,80	2	56
5	1,80-2,25	2	44
6	2,25-2,70	2	60
7	2,70-3,15	2	56
8	3,15-3,60	2	44
9	3,60-4,05	N/R	No recupero
10	4,05-4,50	2	60
11	4,50-4,95	3	56
12	4,95-5,40	N/R	No recupero
13	5,40-5,85	6	60
14	5,85-6,30	8	62
15	6,30-6,75	9	60
16	6,5-7,20	12	56
17	7,20-7,65	24	60
18	7,65-8,10	38	44
19	8,10-8,55	32	60
20	8,55-9,00	19	67
21	9,00-9,45	13	60
22	9,45-9,90	5	56
23	9,90-10,35	9	44
24	10,35-10,80	11	62
25	10,80-11,25	9	56
26	11,25-11,70	5	44
27	11,70-12,15	4	51
28	12,15-12,60	9	60
29	12,60-13,05	10	67
30	13,05-13,50	11	60
31	13,50-13,95	14	56
32	13,95-14,40	17	62
33	14,40-14,85	13	67
34	14,85-15,30	10	56
35	15,30-15,75	9	60
36	15,75-16,20	13	56

PERFORACIÓN:		P3	
ESPELOR ORGÁNICO:		No hay	
NIVEL FREÁTICO:		No hay	
Muestra	Profundidad (m)	Valor N <sub>spt</sub>	Porcentaje de recuperación (%)
1	0,00-0,45	2	44
2	0,45-0,90	2	56
3	0,90-1,35	2	60
4	1,35-1,80	2	44
5	1,80-2,25	2	56
6	2,25-2,70	2	62
7	2,70-3,15	2	60
8	3,15-3,60	2	62
9	3,60-4,05	2	56
10	4,05-4,50	2	44
11	4,50-4,95	2	56
12	4,95-5,40	4	60
13	5,40-5,85	3	62
14	5,85-6,30	7	60
15	6,30-6,75	9	56
16	6,5-7,20	6	62
17	7,20-7,65	5	56
18	7,65-8,10	4	60
19	8,10-8,55	5	56
20	8,55-9,00	7	62
21	9,00-9,45	7	60
22	9,45-9,90	5	56
23	9,90-10,35	6	60
24	10,35-10,80	5	62
25	10,80-11,25	6	56
26	11,25-11,70	4	60
27	11,70-12,15	7	56
28	12,15-12,60	3	62
29	12,60-13,05	5	56
30	13,05-13,50	7	62
31	13,50-13,95	5	56
32	13,95-14,40	8	60
33	14,40-14,85	9	62
34	14,85-15,30	13	60
35	15,30-15,75	14	67
36	15,75-16,20	15	60

**INGEOTEC**

CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN GEOTÉCNICA

**LABORATORIO DE  
INGEOTEC****F-17-00-04****Versión: 4.0****Fecha: 19/07/2018****Pág. 18 de 28**

PERFORACIÓN:		P4		PERFORACIÓN:		P5	
ESPEJOR ORGÁNICO:		No hay		ESPEJOR ORGÁNICO:		No hay	
NIVEL FREÁTICO:		1,35 m		NIVEL FREÁTICO:		1,35 m	
Muestra	Profundidad (m)	Valor N <sub>spt</sub>	Porcentaje de recuperación (%)	Muestra	Profundidad (m)	Valor N <sub>spt</sub>	Porcentaje de recuperación (%)
1	0,00-0,45	2	44	1	0,00-0,45	2	44
2	0,45-0,90	2	56	2	0,45-0,90	2	33
3	0,90-1,35	2	44	3	0,90-1,35	2	44
4	1,35-1,80	2	51	4	1,35-1,80	2	56
5	1,80-2,25	2	44	5	1,80-2,25	2	44
6	2,25-2,70	2	56	6	2,25-2,70	2	56
7	2,70-3,15	2	44	7	2,70-3,15	2	56
8	3,15-3,60	2	33	8	3,15-3,60	2	51
9	3,60-4,05	2	56	9	3,60-4,05	2	62
10	4,05-4,50	2	51	10	4,05-4,50	2	60
11	4,50-4,95	2	44	11	4,50-4,95	2	56
12	4,95-5,40	3	40	12	4,95-5,40	2	44
13	5,40-5,85	2	44	13	5,40-5,85	2	56
14	5,85-6,30	5	60	14	5,85-6,30	3	44
15	6,30-6,75	6	64	15	6,30-6,75	5	51
16	6,5-7,20	4	67	16	6,5-7,20	3	44
17	7,20-7,65	4	44	17	7,20-7,65	4	60
18	7,65-8,10	4	56	18	7,65-8,10	6	56
19	8,10-8,55	3	60	19	8,10-8,55	8	60
20	8,55-9,00	7	56	20	8,55-9,00	7	56
21	9,00-9,45	10	44	21	9,00-9,45	9	44
22	9,45-9,90	15	56	22	9,45-9,90	6	62
23	9,90-10,35	11	60	23	9,90-10,35	5	60
24	10,35-10,80	13	64	24	10,35-10,80	7	56
25	10,80-11,25	7	44	25	10,80-11,25	3	51
26	11,25-11,70	8	56	26	11,25-11,70	8	60
27	11,70-12,15	15	44	27	11,70-12,15	13	62
28	12,15-12,60	9	56	28	12,15-12,60	9	67
29	12,60-13,05	7	60	29	12,60-13,05	4	60
30	13,05-13,50	11	67	30	13,05-13,50	6	56
31	13,50-13,95	11	78	31	13,50-13,95	5	58
32	13,95-14,40	8	44	32	13,95-14,40	9	60
33	14,40-14,85	13	62	33	14,40-14,85	6	56
34	14,85-15,30	7	56	34	14,85-15,30	11	58
35	15,30-15,75	8	44	35	15,30-15,75	10	60
36	15,75-16,20	15	67	36	15,75-16,20	13	67

PERFORACIÓN:		P6	
ESPEJOR ORGÁNICO:		No hay	
NIVEL FREÁTICO:		1,35 m	
Muestra	Profundidad (m)	Valor N <sub>spt</sub>	Porcentaje de recuperación (%)
1	0,00-0,45	2	44
2	0,45-0,90	2	60
3	0,90-1,35	2	56
4	1,35-1,80	2	56
5	1,80-2,25	2	44
6	2,25-2,70	2	56
7	2,70-3,15	2	44
8	3,15-3,60	2	56
9	3,60-4,05	2	44
10	4,05-4,50	2	33
11	4,50-4,95	2	44
12	4,95-5,40	2	4
13	5,40-5,85	2	16
14	5,85-6,30	2	67
15	6,30-6,75	2	60
16	6,5-7,20	2	56
17	7,20-7,65	2	62
18	7,65-8,10	2	60
19	8,10-8,55	9	62
20	8,55-9,00	6	67
21	9,00-9,45	10	60
22	9,45-9,90	9	67
23	9,90-10,35	16	60
24	10,35-10,80	16	56
25	10,80-11,25	11	62
26	11,25-11,70	9	60
27	11,70-12,15	19	56
28	12,15-12,60	12	62
29	12,60-13,05	7	60
30	13,05-13,50	8	56
31	13,50-13,95	4	60
32	13,95-14,40	6	56
33	14,40-14,85	8	62
34	14,85-15,30	11	67
35	15,30-15,75	9	62
36	15,75-16,20	5	60
37	16,20-16,65	9	56

PERFORACIÓN:		P7	
ESPEJOR ORGÁNICO:		No hay	
NIVEL FREÁTICO:		1,35 m	
Muestra	Profundidad (m)	Valor N <sub>spt</sub>	Porcentaje de recuperación (%)
1	0,00-0,45	2	60
2	0,45-0,90	2	67
3	0,90-1,35	2	44
4	1,35-1,80	2	56
5	1,80-2,25	2	44
6	2,25-2,70	2	56
7	2,70-3,15	2	44
8	3,15-3,60	2	56
9	3,60-4,05	2	60
10	4,05-4,50	2	56
11	4,50-4,95	2	44
12	4,95-5,40	2	51
13	5,40-5,85	2	56
14	5,85-6,30	3	44
15	6,30-6,75	4	60
16	6,5-7,20	2	44
17	7,20-7,65	3	56
18	7,65-8,10	2	44
19	8,10-8,55	4	56
20	8,55-9,00	2	60
21	9,00-9,45	4	56
22	9,45-9,90	3	62
23	9,90-10,35	2	60
24	10,35-10,80	5	56
25	10,80-11,25	7	62
26	11,25-11,70	12	56
27	11,70-12,15	16	62
28	12,15-12,60	16	56
29	12,60-13,05	12	60
30	13,05-13,50	6	62
31	13,50-13,95	5	60
32	13,95-14,40	12	56
33	14,40-14,85	9	62
34	14,85-15,30	10	78
35	15,30-15,75	12	67
36	15,75-16,20	10	56

PERFORACIÓN:		P8	
ESPELOR ORGÁNICO:		No hay	
NIVEL FREÁTICO:		3,60 m	
Muestra	Profundidad (m)	Valor N <sub>spt</sub>	Porcentaje de recuperación (%)
1	0,00-0,45	2	44
2	0,45-0,90	2	56
3	0,90-1,35	2	44
4	1,35-1,80	2	33
5	1,80-2,25	2	44
6	2,25-2,70	2	56
7	2,70-3,15	2	67
8	3,15-3,60	2	60
9	3,60-4,05	2	56
10	4,05-4,50	3	44
11	4,50-4,95	6	62
12	4,95-5,40	4	56
13	5,40-5,85	3	44
14	5,85-6,30	4	56
15	6,30-6,75	2	60
16	6,5-7,20	8	56
17	7,20-7,65	15	62
18	7,65-8,10	15	60
19	8,10-8,55	9	56
20	8,55-9,00	13	44
21	9,00-9,45	15	62
22	9,45-9,90	18	60
23	9,90-10,35	30	56
24	10,35-10,80	30	44
25	10,80-11,25	27	62
26	11,25-11,70	31	60
27	11,70-12,15	19	56
28	12,15-12,60	12	62
29	12,60-13,05	20	67
30	13,05-13,50	30	62
31	13,50-13,95	23	56
32	13,95-14,40	34	62

PERFORACIÓN:		P9	
ESPELOR ORGÁNICO:		No hay	
NIVEL FREÁTICO:		1,35 m	
Muestra	Profundidad (m)	Valor N <sub>spt</sub>	Porcentaje de recuperación (%)
1	0,00-0,45	2	44
2	0,45-0,90	2	56
3	0,90-1,35	2	44
4	1,35-1,80	2	40
5	1,80-2,25	2	44
6	2,25-2,70	2	38
7	2,70-3,15	2	40
8	3,15-3,60	2	60
9	3,60-4,05	7	67
10	4,05-4,50	16	78
11	4,50-4,95	17	84
12	4,95-5,40	12	60
13	5,40-5,85	23	62
14	5,85-6,30	25	56
15	6,30-6,75	22	60
16	6,5-7,20	29	67
17	7,20-7,65	22	56
18	7,65-8,10	18	67
19	8,10-8,55	16	60
20	8,55-9,00	26	62
21	9,00-9,45	16	60
22	9,45-9,90	12	62
23	9,90-10,35	14	56
24	10,35-10,80	6	60
25	10,80-11,25	6	44
26	11,25-11,70	8	56
27	11,70-12,15	8	60
28	12,15-12,60	10	44
29	12,60-13,05	14	56
30	13,05-13,50	22	67
31	13,50-13,95	24	84
32	13,95-14,40	34	100

PERFORACIÓN:		P10	
ESPESOR ORGÁNICO:		No hay	
NIVEL FREÁTICO:		3,60 m	
Muestra	Profundidad (m)	Valor N <sub>spt</sub>	Porcentaje de recuperación (%)
1	0,00-0,45	2	44
2	0,45-0,90	2	56
3	0,90-1,35	2	44
4	1,35-1,80	2	56
5	1,80-2,25	2	44
6	2,25-2,70	2	60
7	2,70-3,15	2	62
8	3,15-3,60	4	56
9	3,60-4,05	2	62
10	4,05-4,50	4	60
11	4,50-4,95	2	56
12	4,95-5,40	2	62
13	5,40-5,85	2	56
14	5,85-6,30	2	60
15	6,30-6,75	2	44
16	6,5-7,20	2	67
17	7,20-7,65	10	78
18	7,65-8,10	6	67
19	8,10-8,55	9	78
20	8,55-9,00	6	67
21	9,00-9,45	10	60
22	9,45-9,90	14	58
23	9,90-10,35	24	62
24	10,35-10,80	15	60
25	10,80-11,25	12	56
26	11,25-11,70	17	60
27	11,70-12,15	18	67
28	12,15-12,60	28	78
29	12,60-13,05	36	67
30	13,05-13,50	40	78
31	13,50-13,95	33	84
32	13,95-14,40	42	78

PERFORACIÓN:		P11	
ESPESOR ORGÁNICO:		No hay	
NIVEL FREÁTICO:		3,60 m	
Muestra	Profundidad (m)	Valor N <sub>spt</sub>	Porcentaje de recuperación (%)
1	0,00-0,45	2	67
2	0,45-0,90	2	78
3	0,90-1,35	2	67
4	1,35-1,80	2	78
5	1,80-2,25	2	84
6	2,25-2,70	2	89
7	2,70-3,15	2	84
8	3,15-3,60	2	89
9	3,60-4,05	2	78
10	4,05-4,50	2	60
11	4,50-4,95	2	56
12	4,95-5,40	2	62
13	5,40-5,85	2	67
14	5,85-6,30	5	78
15	6,30-6,75	2	67
16	6,5-7,20	4	62
17	7,20-7,65	2	60
18	7,65-8,10	2	56
19	8,10-8,55	5	64
20	8,55-9,00	5	67
21	9,00-9,45	4	78
22	9,45-9,90	2	67
23	9,90-10,35	3	60
24	10,35-10,80	4	67
25	10,80-11,25	5	62
26	11,25-11,70	8	56
27	11,70-12,15	7	67
28	12,15-12,60	7	67
29	12,60-13,05	7	78
30	13,05-13,50	5	62
31	13,50-13,95	2	60
32	13,95-14,40	6	78

PERFORACIÓN:		P12	
ESPESOR ORGÁNICO:		No hay	
NIVEL FREÁTICO:		4,05 m	
Muestra	Profundidad (m)	Valor N <sub>spt</sub>	Porcentaje de recuperación (%)
1	0,00-0,45	2	60
2	0,45-0,90	2	62
3	0,90-1,35	2	56
4	1,35-1,80	2	60
5	1,80-2,25	2	62
6	2,25-2,70	2	60
7	2,70-3,15	2	62
8	3,15-3,60	2	56
9	3,60-4,05	2	60
10	4,05-4,50	2	56
11	4,50-4,95	2	62
12	4,95-5,40	2	60
13	5,40-5,85	4	56
14	5,85-6,30	2	62
15	6,30-6,75	2	60
16	6,5-7,20	5	62
17	7,20-7,65	2	60
18	7,65-8,10	6	62
19	8,10-8,55	7	60
20	8,55-9,00	7	62
21	9,00-9,45	5	62
22	9,45-9,90	8	60
23	9,90-10,35	6	62
24	10,35-10,80	8	60
25	10,80-11,25	4	67
26	11,25-11,70	8	62
27	11,70-12,15	7	60
28	12,15-12,60	5	62
29	12,60-13,05	7	60
30	13,05-13,50	6	62
31	13,50-13,95	9	60
32	13,95-14,40	8	56

PERFORACIÓN:		P13	
ESPESOR ORGÁNICO:		No hay	
NIVEL FREÁTICO:		3,60 m	
Muestra	Profundidad (m)	Valor N <sub>spt</sub>	Porcentaje de recuperación (%)
1	0,00-0,45	2	62
2	0,45-0,90	5	60
3	0,90-1,35	6	56
4	1,35-1,80	2	62
5	1,80-2,25	2	56
6	2,25-2,70	2	64
7	2,70-3,15	2	60
8	3,15-3,60	2	56
9	3,60-4,05	2	62
10	4,05-4,50	2	56
11	4,50-4,95	3	62
12	4,95-5,40	3	60
13	5,40-5,85	2	60
14	5,85-6,30	6	62
15	6,30-6,75	5	56
16	6,5-7,20	6	62
17	7,20-7,65	12	56
18	7,65-8,10	15	60
19	8,10-8,55	12	62
20	8,55-9,00	9	67
21	9,00-9,45	13	60
22	9,45-9,90	8	56
23	9,90-10,35	17	58
24	10,35-10,80	8	62
25	10,80-11,25	17	56
26	11,25-11,70	13	60
27	11,70-12,15	13	62
28	12,15-12,60	13	58
29	12,60-13,05	12	62
30	13,05-13,50	9	56
31	13,50-13,95	9	67
32	13,95-14,40	13	78

PERFORACIÓN:		P14	
ESPESOR ORGÁNICO:		No hay	
NIVEL FREÁTICO:		1,35 m	
Muestra	Profundidad (m)	Valor N <sub>spt</sub>	Porcentaje de recuperación (%)
1	0,00-0,45	2	44
2	0,45-0,90	2	60
3	0,90-1,35	2	62
4	1,35-1,80	2	44
5	1,80-2,25	2	56
6	2,25-2,70	2	62
7	2,70-3,15	2	67
8	3,15-3,60	2	78
9	3,60-4,05	2	62
10	4,05-4,50	2	60
11	4,50-4,95	2	56
12	4,95-5,40	4	62
13	5,40-5,85	2	56
14	5,85-6,30	3	60
15	6,30-6,75	12	56
16	6,5-7,20	17	60
17	7,20-7,65	16	62
18	7,65-8,10	24	64
19	8,10-8,55	19	44
20	8,55-9,00	24	44
21	9,00-9,45	35	56
22	9,45-9,90	26	60
23	9,90-10,35	23	44
24	10,35-10,80	18	56
25	10,80-11,25	25	44
26	11,25-11,70	24	56
27	11,70-12,15	24	44
28	12,15-12,60	20	56
29	12,60-13,05	26	44
30	13,05-13,50	25	56
31	13,50-13,95	22	44
32	13,95-14,40	34	56

PERFORACIÓN:		P15	
ESPESOR ORGÁNICO:		No hay	
NIVEL FREÁTICO:		4,50 m	
Muestra	Profundidad (m)	Valor N <sub>spt</sub>	Porcentaje de recuperación (%)
1	0,00-0,45	5	67
2	0,45-0,90	5	67
3	0,90-1,35	13	60
4	1,35-1,80	8	62
5	1,80-2,25	2	60
6	2,25-2,70	2	62
7	2,70-3,15	4	67
8	3,15-3,60	12	60
9	3,60-4,05	21	67
10	4,05-4,50	5	78
11	4,50-4,95	6	78
12	4,95-5,40	2	67
13	5,40-5,85	2	62
14	5,85-6,30	2	56
15	6,30-6,75	2	62
16	6,5-7,20	2	60
17	7,20-7,65	2	67
18	7,65-8,10	3	78
19	8,10-8,55	10	82
20	8,55-9,00	25	76
21	9,00-9,45	41	84
22	9,45-9,90	31	67
23	9,90-10,35	22	60
24	10,35-10,80	25	62
25	10,80-11,25	31	56
26	11,25-11,70	30	60
27	11,70-12,15	24	62
28	12,15-12,60	26	60
29	12,60-13,05	25	62
30	13,05-13,50	33	67
31	13,50-13,95	38	78
32	13,95-14,40	RM	84

PERFORACIÓN:		P16	
ESPESOR ORGÁNICO:		No hay	
NIVEL FREÁTICO:		1,35 m	
Muestra	Profundidad (m)	Valor $N_{spt}$	Porcentaje de recuperación (%)
1	0,00-0,45	2	44
2	0,45-0,90	2	56
3	0,90-1,35	2	44
4	1,35-1,80	2	56
5	1,80-2,25	2	44
6	2,25-2,70	2	56
7	2,70-3,15	2	60
8	3,15-3,60	2	44
9	3,60-4,05	2	33
10	4,05-4,50	2	33
11	4,50-4,95	4	62
12	4,95-5,40	4	56
13	5,40-5,85	6	62
14	5,85-6,30	5	64
15	6,30-6,75	7	67
16	6,5-7,20	12	56
17	7,20-7,65	14	60
18	7,65-8,10	28	62
19	8,10-8,55	34	67
20	8,55-9,00	38	60
21	9,00-9,45	32	56
22	9,45-9,90	28	62
23	9,90-10,35	RM	67



**INGEOTEC**  
CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN GEOTÉCNICA

## LABORATORIO DE INGEOTEC

F-17-00-04

Versión: 4.0

Fecha: 19/07/2018

Pág. 25 de 28

### **Aclaraciones:**

Este Informe de Ensayo sólo ampara los datos reportados en el momento del ensayo bajo sus respectivas condiciones ambientales y de uso.

- Este Informe de Ensayo tiene validez únicamente en su forma completa y original.
- No se permite la reproducción parcial o modificación de este documento sin la aprobación del LABORATORIO DE INGEOTEC.
- Este Informe de Ensayo corresponde sólo a ensayos acreditados, ver alcance de acreditación en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

**Realizó el Informe:**

\_\_\_\_\_  
**Fernanda Robles Porras**  
**Encargada de Laboratorio**

**Aprobó el Informe:**

\_\_\_\_\_  
**Ing. Marco Valverde Mora**  
**Gerente Técnico**

#### 4. ANEXOS

#### Descripción de las muestras ensayadas:

Profundidad (m)	Estratigrafía y valor N <sub>SPT</sub>							
	Quebrada Chocolate							
	P1	P1A	P2	P3	P4	P5	P6	P7
0,00 – 0,45	2	2	2	2	2	2	2	2
0,45 – 0,90	2	2	3	2	2	2	2	2
0,90 – 1,35	2 ▼	2 ▼	2 ▼	2 ▼	2 ▼	2 ▼	2 ▼	2 ▼
1,35 – 1,80	4	4	2	2	2	2	2	2
1,80 – 2,25	2	3	2	2	2	2	2	2
2,25 – 2,70	5	5	2	2	2	2	2	2
2,70 – 3,15	8	3	2	2	2	2	2	2
3,15 – 3,60	15	2	2	2	2	2	2	2
3,60 – 4,05	13	9	3	2	2	2	2	2
4,05 - 4,50	21	16	2	2	2	2	2	2
4,50 - 4,95	24	23	3	2	2	2	2	2
4,95 - 5,40	19	25	3	4	3	2	2	2
5,40 - 5,85	12	15	6	3	2	2	2	2
5,85 - 6,30	32	15	8	7	5	2	2	2
6,30 - 6,75	36	30	9	9	6	5	2	4
6,75 - 7,20	31	43	12	6	4	4	2	2
7,20 - 7,65	33	28	24	5	4	2	2	3
7,65 - 8,10	38	17	38	4	4	6	2	2
8,10 - 8,55	43	28	32	5	3	7	9	4
8,55 - 9,00	RM	36	19	7	7	7	6	2
9,00 - 9,45		62	13	7	10	9	10	4
9,45 - 9,90		RM	5	5	15	8	9	3
9,90 - 10,35			9	6	11	5	16	2
10,35 - 10,80			11	5	13	7	16	5
10,80 - 11,25			9	6	7	3	11	7
11,25 - 11,70			5	4	8	8	9	12
11,70 - 12,15			4	7	15	13	20	16
12,15 - 12,60			9	3	9	9	12	16
12,60 - 13,05			10	5	7	4	7	12
13,05 - 13,50			11	7	11	6	8	6
13,50 - 13,95			14	5	11	5	4	5
13,95 - 14,40			17	8	8	9	6	12
14,40 - 14,85			13	9	13	6	8	9
14,85 - 15,30			10	13	7	11	11	10
15,30 - 15,75			9	14	8	10	9	12
15,75 - 16,20			13	15	15	13	5	10
16,20 - 16,65							9	

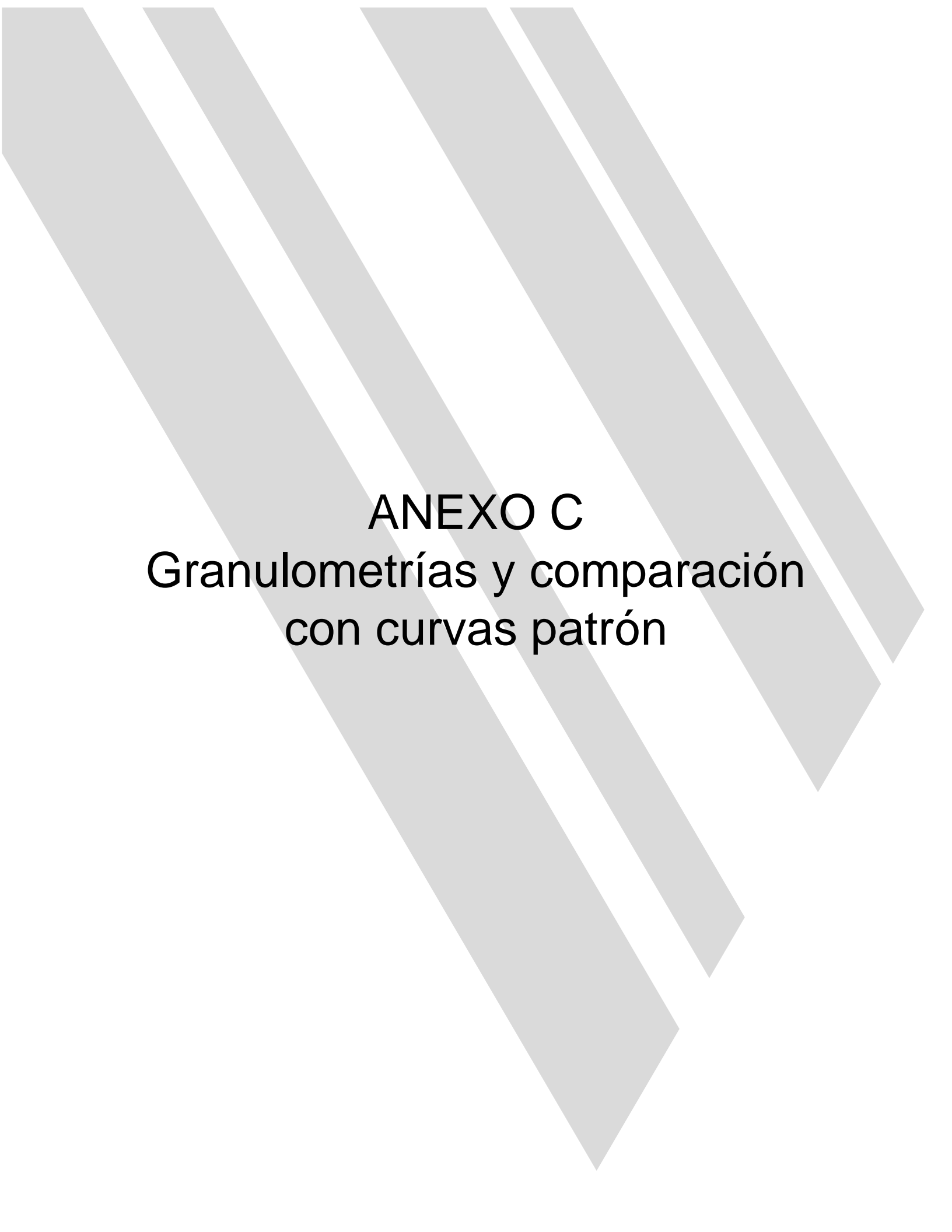
Profundidad (m)	Estratigrafía y valor N <sub>SPT</sub>								
	Río Limoncito								
	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
0,00 – 0,45	2	2	2	2	2	2	2	5	2
0,45 – 0,90	2	2	2	2	2	5	2	5	2
0,90 – 1,35	2	2	2	2	2	6	2 ▼	13	2 ▼
1,35 – 1,80	2	2	2	2	2	2	2	8	2
1,80 – 2,25	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2,25 – 2,70	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2,70 – 3,15	2	2	2	2	2	2	2	4	2
3,15 – 3,60	2 ▼	2 ▼	4 ▼	2 ▼	2	2 ▼	2	12	2
3,60 – 4,05	2	7	2	2	2 ▼	2	2	21	2
4,05 - 4,50	3	16	4	2	2	2	2	5 ▼	2
4,50 - 4,95	6	17	2	2	2	3	2	6	4
4,95 - 5,40	4	12	2	2	2	3	4	2	4
5,40 - 5,85	3	23	2	2	4	2	2	2	6
5,85 - 6,30	4	25	2	5	2	6	3	2	5
6,30 - 6,75	2	22	2	2	2	5	12	2	7
6,75 - 7,20	8	29	2	4	5	6	17	2	12
7,20 - 7,65	15	24	15	2	2	12	16	2	14
7,65 - 8,10	15	16	6	2	6	15	24	3	28
8,10 - 8,55	9	18	9	5	7	12	19	10	34
8,55 - 9,00	13	25	6	5	7	9	24	25	38
9,00 - 9,45	15	17	10	4	5	13	35	41	32
9,45 - 9,90	18	11	14	2	8	8	26	31	28
9,90 - 10,35	30	12	24	3	6	17	23	22	RM
10,35 - 10,80	30	9	15	4	8	8	18	25	
10,80 - 11,25	27	5	12	5	4	17	25	31	
11,25 - 11,70	31	7	17	8	8	13	24	30	
11,70 - 12,15	19	6	18	7	7	13	24	24	
12,15 - 12,60	12	9	28	7	5	13	20	26	
12,60 - 13,05	20	17	36	7	7	12	26	25	
13,05 - 13,50	30	26	40	5	6	9	25	33	
13,50 - 13,95	23	25	33	2	9	9	22	38	
13,95 - 14,40	34	30	42	6	8	13	34	56	
14,40 - 14,85				8					
14,85 - 15,30				6					
15,30 - 15,75				8					
15,75 - 16,20				12					

**Notas:**

- 1) Profundidades aproximadas de acuerdo al nivel actual del terreno.
- 2) ▼ = Nivel freático.

<b>Capa</b>	<b>Tipo de suelo</b>
1	Limo, limos arcillosos, arcillas limosas, arcillas arenosas color café grisáceo y gris oscuro. Plasticidad baja a alta.
2	Estratos de arenas, arenas arcillosas y arenas limosas color entre café grisáceo y gris oscuro.
3	Espesores de suelo con madera y materia vegetal en estado de descomposición.

- ÚLTIMA LÍNEA -



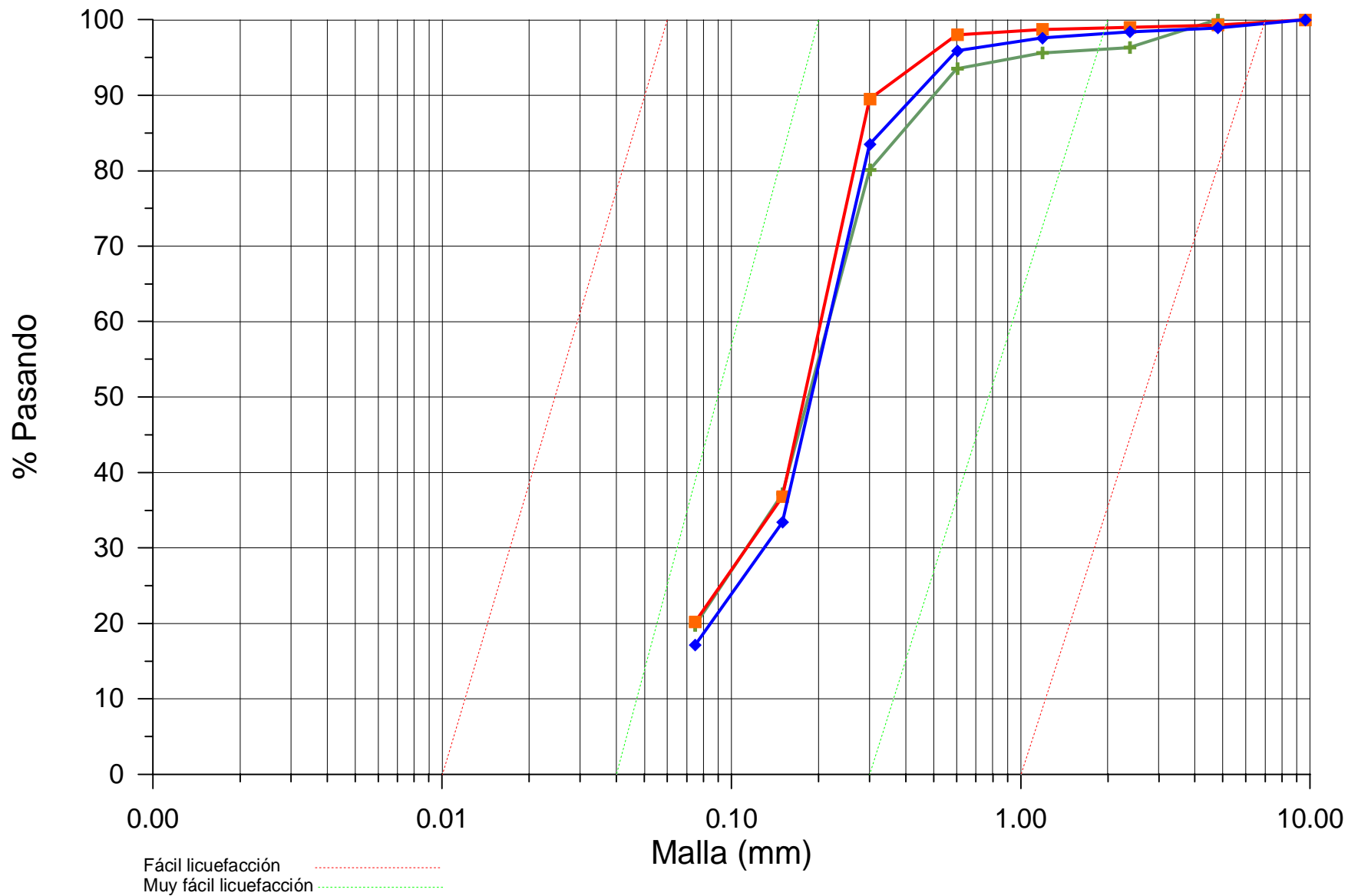
**ANEXO C**  
**Granulometrías y comparación  
con curvas patrón**

# Susceptibilidad a la licuación con base a la graduación

## Proyecto "Construcción de tablestaca" - Limoncito, Limón

Sondeo P1, prof. 6.30 a 6.75 m  
Sondeo P1A, prof. 5.40 a 5.85 m

Sondeo P1A, prof. 9.00 a 9.45 m

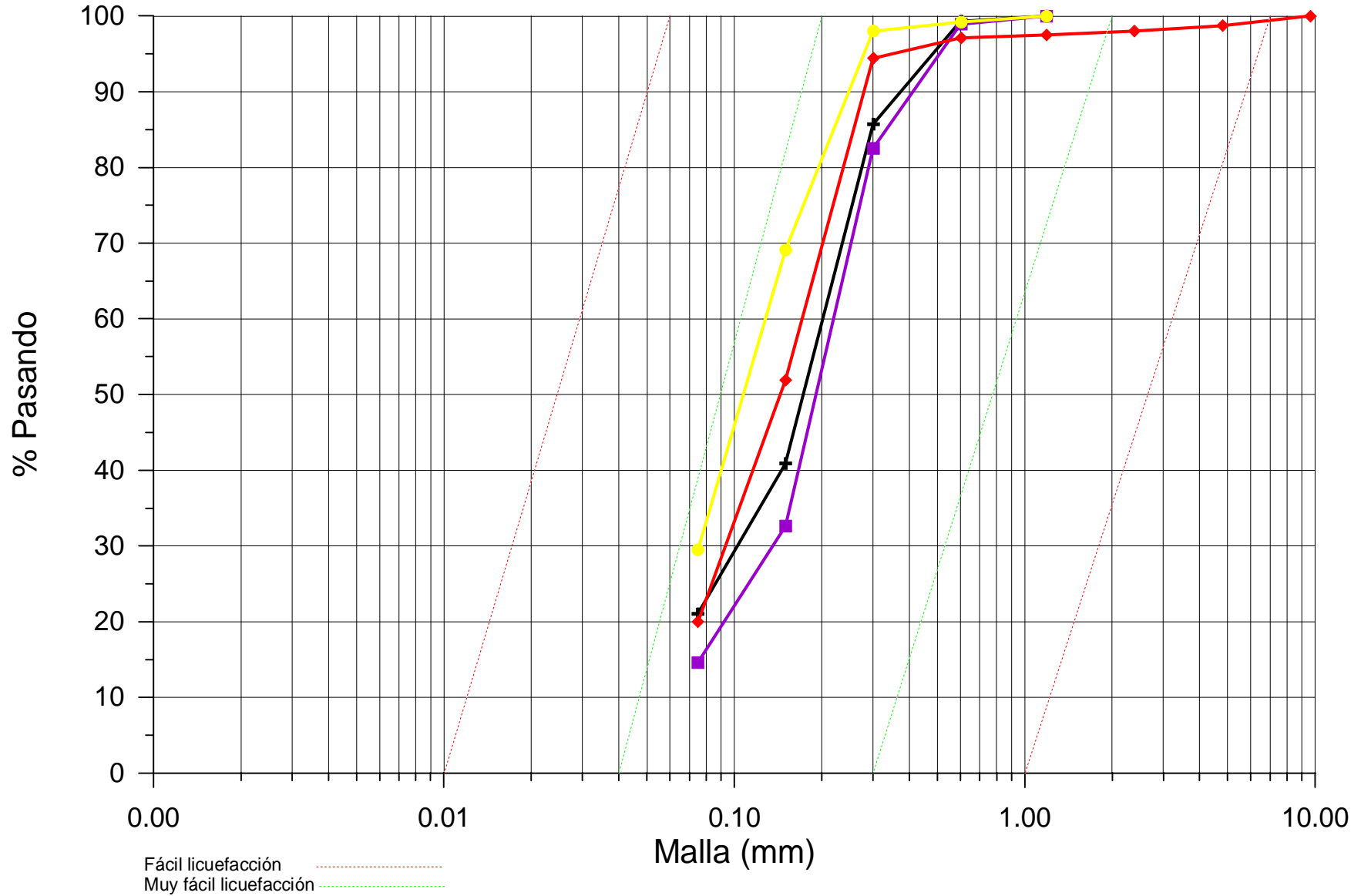


# Susceptibilidad a la licuación con base a la graduación

## Proyecto "Construcción de tablestaca" - Limoncito, Limón

Sondeo P2, prof. 10.80 a 11.25 m  
Sondeo P2, prof. 15.30 a 15.75 m

Sondeo P3, prof. 13.95 a 14.40 m  
Sondeo P4, prof. 13.50 a 13.95 m

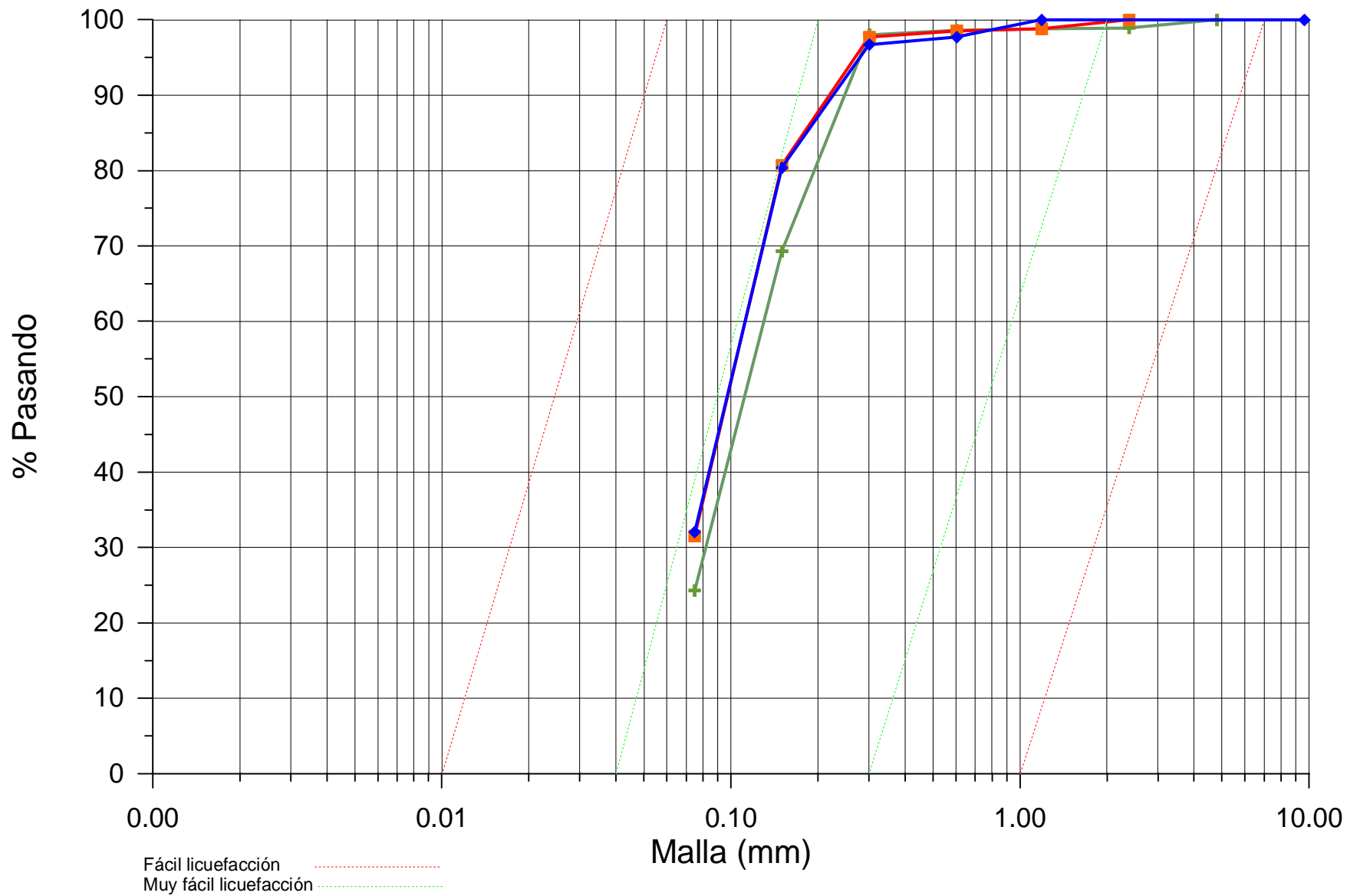


# Susceptibilidad a la licuación con base a la graduación

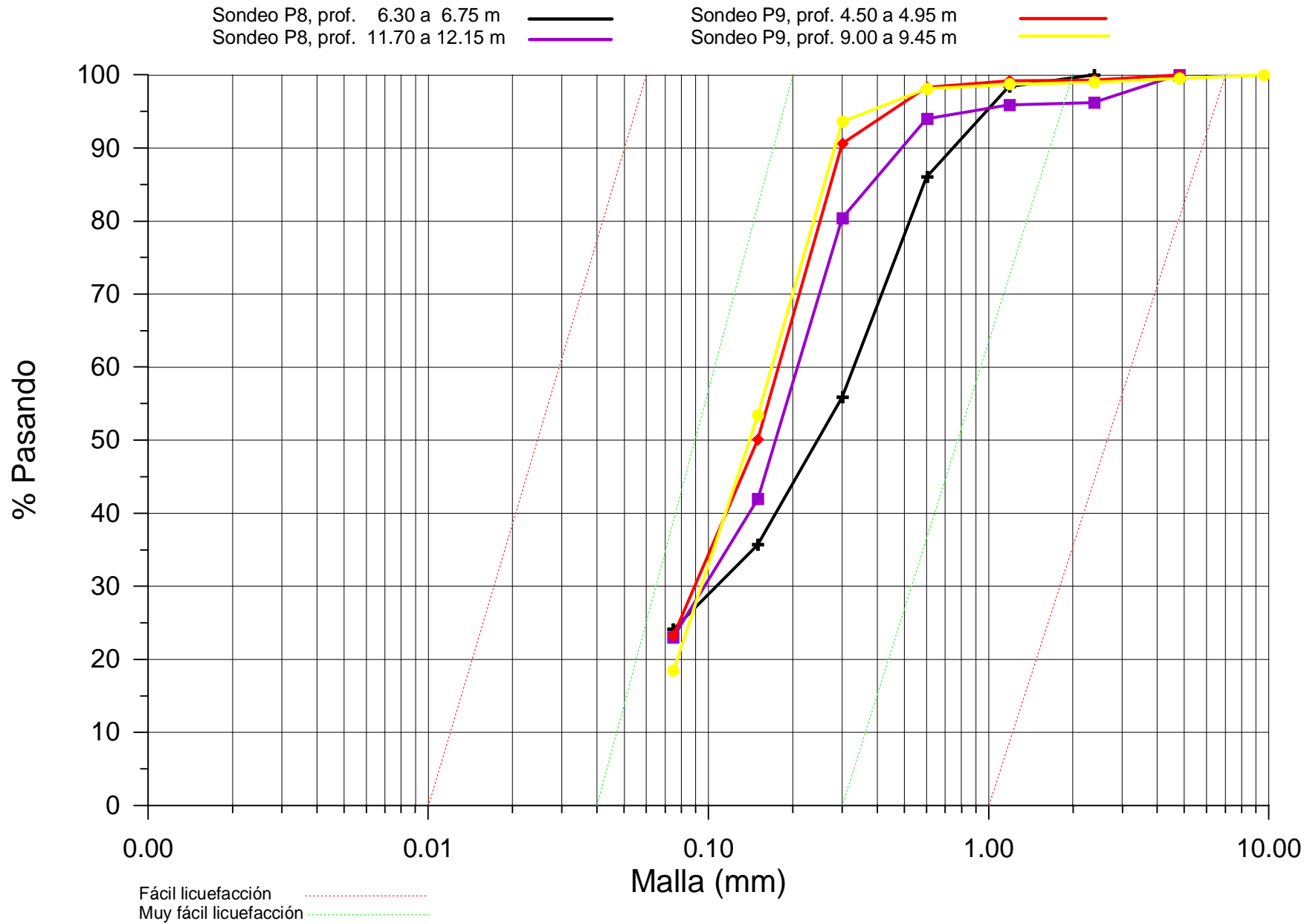
## Proyecto "Construcción de tablestaca" - Limoncito, Limón

Sondeo P5, prof. 15.30 a 15.75 m  
Sondeo P7, prof. 9.45 a 9.90 m

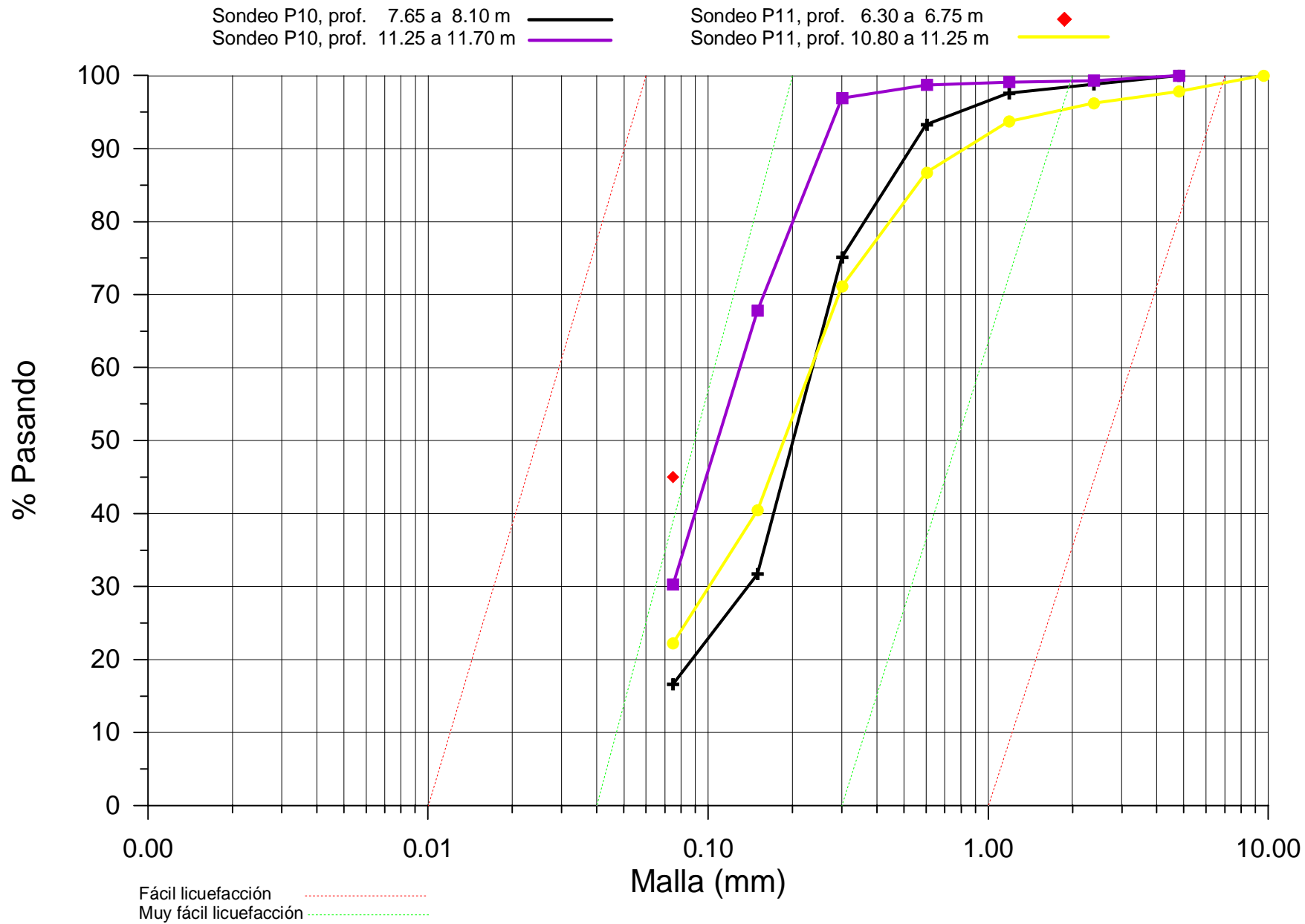
Sondeo P7, prof. 14.40 a 14.85 m



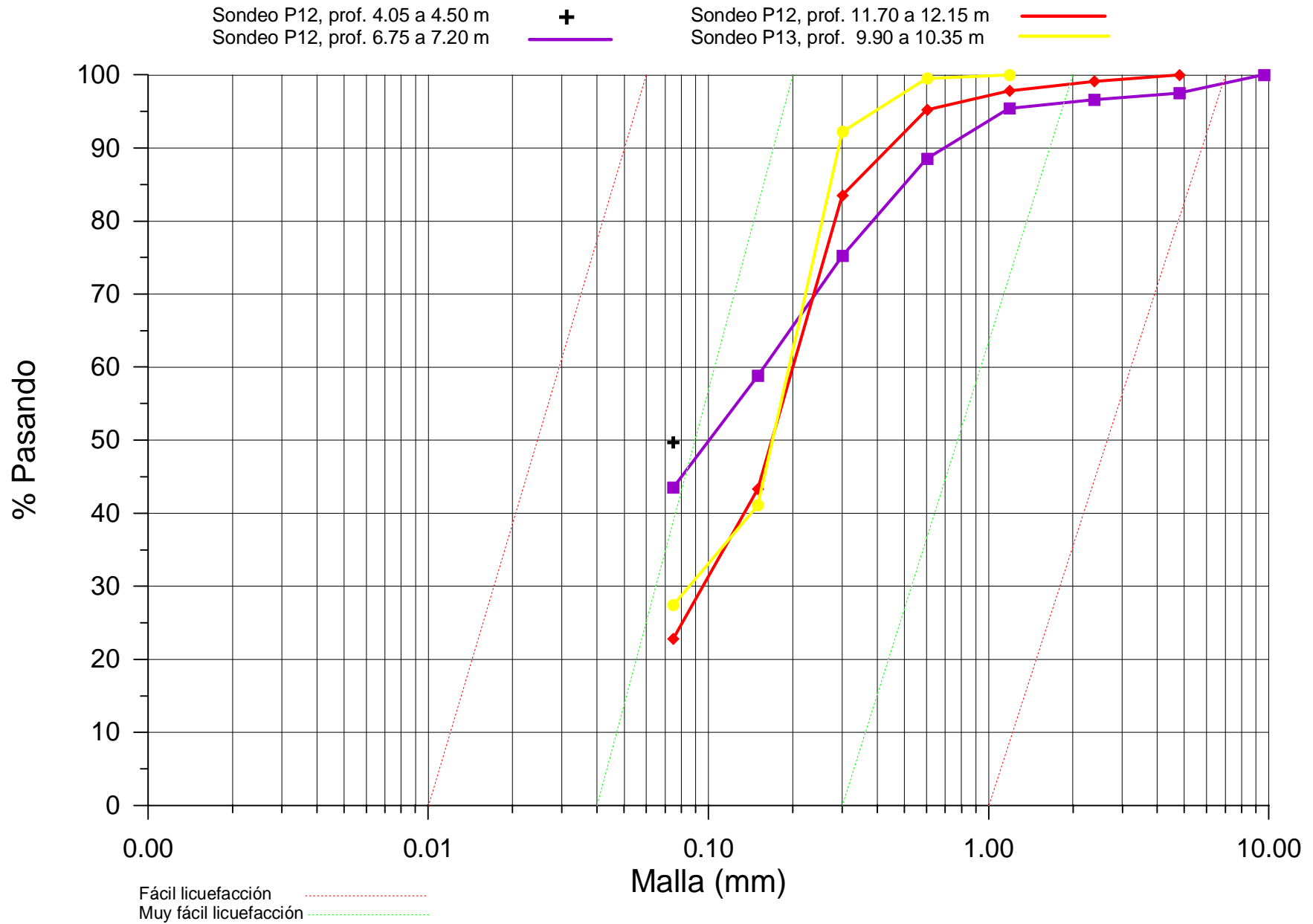
## Susceptibilidad a la licuación con base a la graduación Proyecto "Construcción de tablestaca" - Limoncito, Limón



## Susceptibilidad a la licuación con base a la graduación Proyecto "Construcción de tablestaca" - Limoncito, Limón



## Susceptibilidad a la licuación con base a la graduación Proyecto "Construcción de tablestaca" - Limoncito, Limón



## Susceptibilidad a la licuación con base a la graduación Proyecto "Construcción de tablestaca" - Limoncito, Limón

