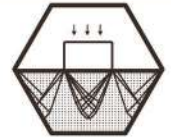




CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS



**PROYECTO: "Nuevo edificio de la Policía Penitenciaria y Construcción de espacios de alojamiento para la población privada de libertad por delitos por crimen organizado en el CAI Jorge Arturo Montero Castro"**

Ministra de Justicia y Paz Fiorella María Salazar Rojas  
Patronato de Construcciones, Instalaciones y Adquisición de Bienes  
Departamento de Infraestructura Penitenciaria  
San Rafael, Alajuela  
Noviembre, 2020  
DGS-20-110



#### Código de Acceso Rápido

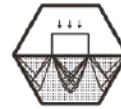
El código de acceso rápido (QR) es un método para acceder a este estudio de manera digital.

Para poder acceder a los contenidos del código debe disponer de un teléfono móvil con cámara y de un programa que sea capaz de descodificarlo.



CONSULTERÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS



San José, 21 de noviembre del 2020

**Señores**  
**Fiorella Salazar Rojas**  
**Ministra de Justicia y Paz**  
**Ing. Diego Venegas Sandí**  
**Ing. Carlos Monge Galdamez**  
**Ing. Diego Solano Leandro**  
**Patronato de Construcciones, Instalaciones y Adquisición de Bienes**  
**Departamento de Infraestructura Penitenciaria**  
**Presente**

**DGS-20-110**

Estimados señores:

Por medio de la presente, se atiende la solicitud realizada por el Departamento de Infraestructura Penitenciaria del Patronato de Construcciones, Instalaciones y Adquisición de Bienes del Ministerio de Justicia y Paz, para la elaboración del estudio de suelos, donde se describe la investigación realizada en el campo, efectuado para el lote con plano de catastro número A- 151437- 1993, ubicado en el distrito 08° San Rafael, del cantón 01° Alajuela, de la provincia 02° Alajuela.

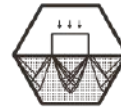
En este sitio se desarrollará la construcción de espacios de alojamiento para población privada de libertad por delitos por crimen organizado en el CAI Jorge Arturo Montero Castro y el nuevo edificio de la Policía Penitenciaria en el CAI Jorge Arturo Montero Castro, ambos proyectos dentro de la propiedad registral del Estado bajo el nombre Cárcel La Reforma, todo de acuerdo con las especificaciones indicadas en el pliego de condiciones, dentro del proceso de compra directa número 2020CD-000009-0012600001 “**Servicios profesionales para la elaboración de dos estudios ambientales para la obtención de viabilidad ambiental y un estudio de suelos**”

En este informe se describe la investigación efectuada en el campo y en el laboratorio, lo que permitió obtener la información básica para dar las recomendaciones que, desde el punto de vista de permeabilidad del terreno, capacidad de soporte, recomendaciones de sistemas de cimentación, así como recomendaciones generales de sistemas de tratamiento de aguas, deberán considerarse en los diseños y construcción de este proyecto.



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

**ESTUDIO DE SUELOS**



---

En espera de continuar colaborando con ustedes en el desarrollo de sus proyectos y quedando a sus órdenes para cualquier consulta del informe.

Atentamente,

Ing. Luis Diego Gamboa M.  
Consultor en Geotecnia  
IC-9618

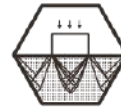
Jose Fabio Chavarría C.  
Geólogo  
CGCR-456

cc. Archivo



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTECNICOS

ESTUDIO DE SUELOS



San José, 21 de noviembre del 2020

**SEÑORES  
SECRETARÍA TÉCNICA AMBIENTAL  
PRESENTE**

Estimados señores:

Se presenta el informe correspondiente al estudio de ingeniería de suelos realizada en el campo y recomendaciones de capacidad de soporte, tasa y velocidad de infiltración, así como recomendaciones generales de sistemas de tratamiento de aguas, efectuadas para el lote con plano de catastro número A- 151437- 1993, ubicado en el distrito 08° San Rafael, del cantón 01° Alajuela, de la provincia 02° Alajuela. En este sitio se desarrollará la construcción de espacios de alojamiento para población privada de libertad por delitos por crimen organizado en el CAI Jorge Arturo Montero Castro y el nuevo edificio de la Policía Penitenciaria en el CAI Jorge Arturo Montero Castro ambos proyectos dentro de la propiedad registral del Estado bajo el nombre Carcel La Reforma.

El informe se ajusta al contenido temático de la Sección II, apartado 7 del Documento de Evaluación Ambiental D1 (decreto N°32712- MINAE).

Se da fe de que todos los datos aquí aportados son ciertos y verídicos, ajustados a la fase de investigación correspondiente.

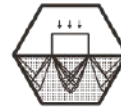
Sin más por el momento,

Ing. Luis Diego Gamboa  
Consultor en Geotecnia  
CI-020-17



CONSULTERÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS



## DOCUMENTO DE RESPONSABILIDAD PROFESIONAL

El suscrito Luis Diego Gamboa Méndez portador de la cédula de identidad número 1-0855-0246, profesional en Ingeniería Civil, incorporado al Colegio de Ingenieros Civiles de Costa Rica, número de colegiado IC-9618, consultor inscrito en la Secretaría Técnica Nacional Ambiental, según registro CI-020-17-SETENA, cuya vigencia se encuentra hasta el día 26 de febrero de 2021, manifiesto ser responsable directo de la información técnica científica que se aporta en el presente documento, la cual se elaboró para el proyecto denominado: **“Nuevo edificio de la Policía Penitenciaria y Construcción de espacios de alojamiento para la población privada de libertad por delitos por crimen organizado en el CAI Jorge Arturo Montero Castro”** según la contratación 2020CD-000009-0012600001 Servicios profesionales para la elaboración de dos estudios ambientales para la obtención de viabilidad ambiental y un estudio de suelos, el cual se desarrollará en el plano catastrado número: A- 151437- 1993, finca 2-38105-000

En virtud de ello, someto los datos geotécnicos de capacidad de soporte o de cimentación para la obra civil, al conocimiento de la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), como autoridad en materia de Evaluación de Impacto Ambiental del Estado costarricense, con el objetivo que sean analizados y se constate que los mismos han cumplido con los lineamientos técnicos y normativos establecidos.

Tengo presente que en apego al artículo 5 del Decreto Ejecutivo 32712-MINAE, la información contenida de estos datos, se presenta bajo el concepto de Declaración Jurada y a conocimiento y conciencia de que dicha información es actual y verdadera, y que en caso de contrario pueden derivarse consecuencias penales de hecho.

Por lo cual, manifiesto que, de encontrarse alguna irregularidad en la información seré responsable no sólo por esta falta, sino también por las consecuencias de decisión que a partir de la información suministrada pudiera incurrir la SETENA y el desarrollador.

Ing. Luis Diego Gamboa Méndez, M.Sc  
CI-020-17



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS



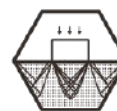
## Tabla de Contenido

I. RESUMEN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES GEOTÉCNICAS	1
II. INTRODUCCIÓN	4
III. OBJETIVOS DEL TRABAJO	6
III.I.Objetivo del Estudio de Suelos	6
III.II.Objetivos Específicos	6
IV. TRABAJO REALIZADO	7
IV.I.Perforaciones	8
V. RESULTADOS GEOTÉCNICOS OBTENIDOS	10
V.I.Caracterización Geotécnica por Número de Golpes	10
V.II.Perfil del Subsuelo	11
V.III.Nivel Freático	12
V.IV.Perfiles Geotécnicos Conceptuales Propuestos	13
V.V.Resultados Pruebas de Permeabilidad	14
VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS	18
VI.I.Licuación por Sismos	18
VI.II.Estabilidad de Taludes	18
VI.III.Capacidad de Soporte Admisible del Subsuelo	19
VI.IV.Asentamientos	23
VI.V.Coeficientes Sísmicos	23
VI.VI.Recomendaciones para excavaciones, rellenos y empuje lateral	25
VI.VI.I.Rellenos para caminos	28
VI.VI.II.Taludes	29
VI.VI.II.I.Soluciones Generales para Estabilidad de Taludes	30
VI.VI.II.I.I.Muros Rígidos	31
VI.VI.II.I.II.Muros Flexibles	35
VI.VI.II.I.III.Estructuras Ancladas	37
VI.VI.III.Excavaciones de grandes volúmenes y sótanos	41
VI.VI.III.I.Apuntalamientos:	43
VI.VI.III.II.Anclajes:	44
VI.VI.IV.Influencia en edificaciones contiguas	46



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

## ESTUDIO DE SUELOS



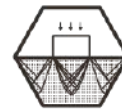
---

VI.VI.IV.I. Empuje Lateral	47
VI.VII. Recomendaciones para arcillas expansivas	48
VII. CONCLUSIONES GEOTÉCNICAS	49
VIII. DISCUSIÓN SOBRE LOS GRADOS DE INCERTIDUMBRE Y ALCANCE DEL ESTUDIO	52
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
X. ANEXOS	53
A.- PERFIL DE PERFORACIONES	53
B.- FOTOGRAFÍAS DE LOS SONDEOS SPT E INFILTRACIÓN REALIZADOS	67
C.- MUESTRAS RECUPERADAS MEDIANTE SPT	83
D.- RESULTADOS OBTENIDOS DEL LABORATORIO	103
E.- PLANO DE CATASTRO SUMINISTRADO POR EL CLIENTE	126



CONSULTERÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS



## I. RESUMEN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES GEOTÉCNICAS

El presente informe atiende la solicitud realizada por el Departamento de Infraestructura Penitenciaria del Patronato de Construcciones, Instalaciones y Adquisición de Bienes, para la elaboración del estudio de suelos, donde se describe la investigación realizada en el campo, efectuado para el lote con plano de catastro número A- 151437- 1993, ubicado en el distrito 08° San Rafael, del cantón 01° Alajuela, de la provincia 02° Alajuela, todo de acuerdo con las especificaciones indicadas en el pliego de condiciones, dentro del proceso de compra directa número 2020CD-000009-0012600001 “Servicios profesionales para la elaboración de dos estudios ambientales para la obtención de viabilidad ambiental y un estudio de suelos”

Del presente informe se pueden concluir los siguientes aspectos:

Se realizó una visita al sitio, se ejecutaron dos pruebas de infiltraciones y trece perforaciones mediante el método de SPT. Se dispusieron 11 perforaciones en los espacios destinados al alojamiento para población privada de libertad por delitos por crimen organizado en el CAI Jorge Arturo Montero Castro y 2 perforaciones para la zona donde se construirá el nuevo edificio de la Policía Penitenciaria en el CAI Jorge Arturo Montero Castro, ambos proyectos dentro de la propiedad registral del Estado bajo el nombre Carcel La Reforma.

Se detectó el rebote del mazo en las perforaciones P-3, P-4, P-6, P-7, P-8, P-9, P-10, P-11, P-1-1 y P-1-2. Los sondeos alcanzaron una profundidad de investigación de entre los 3,0 m hasta los 6,0 m.

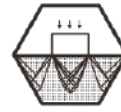
Se elaboró un croquis de referencia, para indicar la ubicación de las perforaciones realizadas en el sitio, las mismas fueron ubicadas a partir de las coordenadas suministradas por el personal del Patronato.

A partir de los resultados obtenidos de las muestras recuperadas, se obtienen condiciones homogéneas, de acuerdo con la zona donde se llevaron a cabo las perforaciones.

De la investigación realizada se logró obtener un perfil geotécnico que representa las características físico-mecánicas de los suelos encontrados. El depósito del suelo detectado está constituido básicamente por dos estratos con un sub-estrato inmerso en cada uno de ellos.

La estratigrafía de los suelos encontrados se encuentra compuesta por un estrato de Limo arcilloso de plasticidad alta color café, con vetas arcillosas color gris y negro, de consistencia medianamente compacta a dura (Nspt 5 - RM) y de clasificación SUCS: MH. Este material posee un espesor variable aproximado entre 1,0 m hasta 5,0 m (-5,0 m de profundidad).





Inmerso en este estrato, se identifica la presencia de un sub-estrato compuesto por una arcilla limosa de plasticidad alta color café oscuro con vetas limosas color café y presencia de partículas negras, de consistencia compacta a dura (Nspt 11 - RM) y de clasificación SUCS: CH. Este material posee un espesor variable aproximado entre 1,5 m hasta 4,5 m (-4,5 m de profundidad, detectado en las perforaciones P-2, P-3 y P-4).

Seguidamente, se detecta un estrato compuesto por un limo arenoso de plasticidad baja a media color café grisáceo con vetas gravosas color negro (roca meteorizada) y presencia de matriz limosa, de consistencia blanda a dura (Nspt 4 - RM) y de clasificación SUCS: ML. Este material posee un espesor variable aproximado entre 1,5 m hasta 6,0 m (-6,0 m de profundidad).

Inmerso en este estrato, se identifica un sub-estrato compuesto por una arcilla limosa de plasticidad baja color café grisácea con vetas limosas color café y presencia de partículas negras, de consistencia compacta a dura (Nspt 7 - RM) y de clasificación SUCS: CL. Este material posee un espesor variable aproximado entre 1,5 m hasta 4,5 m (-4,5 m de profundidad, detectado en las perforaciones P-9, P-10 y P-11).

No se detectó el nivel freático en ninguna de las perforaciones realizadas. En la zona se descarta el fenómeno de licuación, debido a la presencia de suelos cohesivos y ausencia de nivel freático.

Con base a los resultados obtenidos de las pruebas de infiltración, se obtiene una tasa de infiltración de mayor a los 30,0 min/cm, resultado inadecuado para sistemas de absorción. Los resultados y recomendaciones de acuerdo a las tasas de infiltración obtenidas de la pruebas de infiltración se detallan en el apartado V.IV.

De acuerdo con las características de los suelos encontrados, y con base en los resultados obtenidos, desde el punto de vista de capacidad soportante y asentamientos, se proponen los sistemas de cimentación y los niveles de desplante indicados en el apartado VI.III del presente informe.

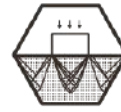
Deberá verificarse a criterio del diseñador de la obra, que la carga que imponga sobre esta estructura al subsuelo, no sea mayor a la capacidad de soporte admisible recomendada en este informe, para evitar así posibles asentamientos en la estructura.

Los sondeos SPT son pruebas puntuales, por lo que están sujetas a las condiciones existentes en campo. Se recomienda que durante el proceso de construcción se verifiquen las condiciones de capacidad de soporte recomendadas en este reporte.



CONSULTERÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

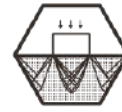
## ESTUDIO DE SUELOS



Se debe prestar especial atención a los sitios donde se detecte presencia de material orgánico en las áreas de cimentación para las capas superficiales, esto debido a su alta compresibilidad y baja resistencia al corte. En caso de detectarse este tipo de material a los niveles de desplante propuestos en este reporte, durante el proceso constructivo, deberá ser removido en su totalidad.

Si durante la ejecución de la etapa constructiva se encuentra alguna variación de las condiciones presentes en este informe, se nos deberá informar para realizar las revisiones y modificaciones que se consideren pertinentes.

Cualquier condición no indicada en este informe se nos deberá consultar al respecto.



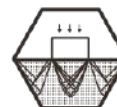
## II. INTRODUCCIÓN

D'GEO fue por el Departamento de Infraestructura Penitenciaria del Patronato de Construcciones, Instalaciones y Adquisición de Bienes del Ministerio de Justicia y Paz, para la elaboración de estudio de suelos, determinación de capacidad de soporte y recomendaciones de sistemas de cimentación, adicional a la tasa y velocidad de infiltración, así como recomendaciones generales de sistemas de tratamiento de aguas, efectuadas para el lote con plano de catastro número A- 151437- 1993, ubicado en el distrito 08° San Rafael, del cantón 01° Alajuela, de la provincia 02° Alajuela.

En este sitio se desarrollará la construcción de espacios de alojamiento para población privada de libertad por delitos por crimen organizado en el CAI Jorge Arturo Montero Castro y el nuevo edificio de la Policía Penitenciaria en el CAI Jorge Arturo Montero Castro ambos proyectos dentro de la propiedad registral del Estado bajo el nombre Carcel La Reforma, todo de acuerdo con las especificaciones indicadas en el pliego de condiciones, dentro del proceso de compra directa número 2020CD-000009-0012600001 **Servicios profesionales para la elaboración de dos estudios ambientales para la obtención de viabilidad ambiental y un estudio de suelos**”



*Figura #II.1: Ubicación del Proyecto  
\*Tomado de ubicación con Google Earth y Apple Maps.*



El sitio en estudio se puede ubicar aproximadamente cercano al cuadrante con coordenadas 474000-476500 Oeste y 1099500-1102000 Norte según las proyecciones CRTM05. Estas coordenadas se encuentran en la hoja cartográfica Abra, número 3345-I escala 1:50000 y localmente en la hoja cartográfica Lindora, número 3345-I-6, del Instituto Geográfico Nacional.

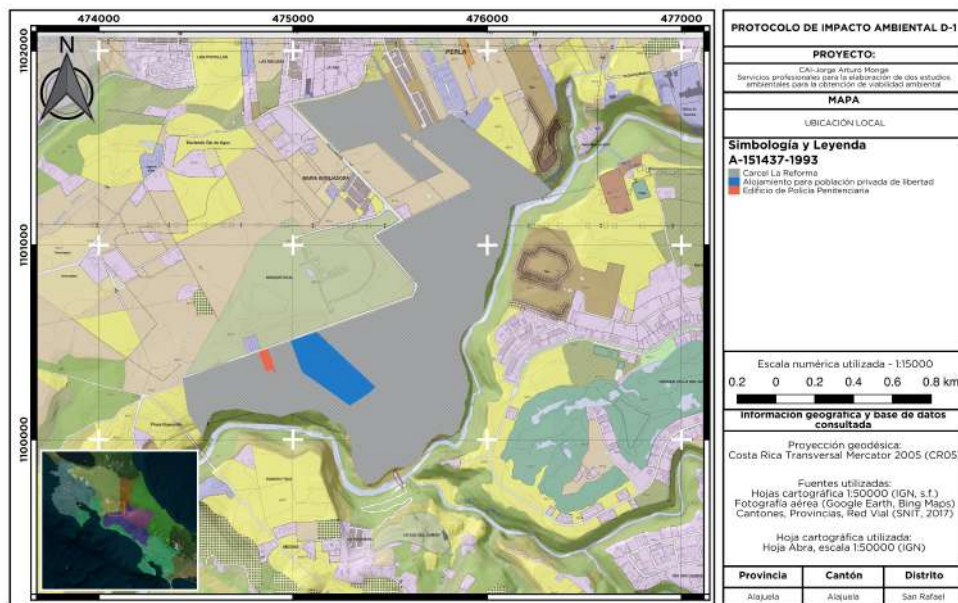


Figura #II.II: Ubicación del Proyecto. Hoja cartográfica Lindora.

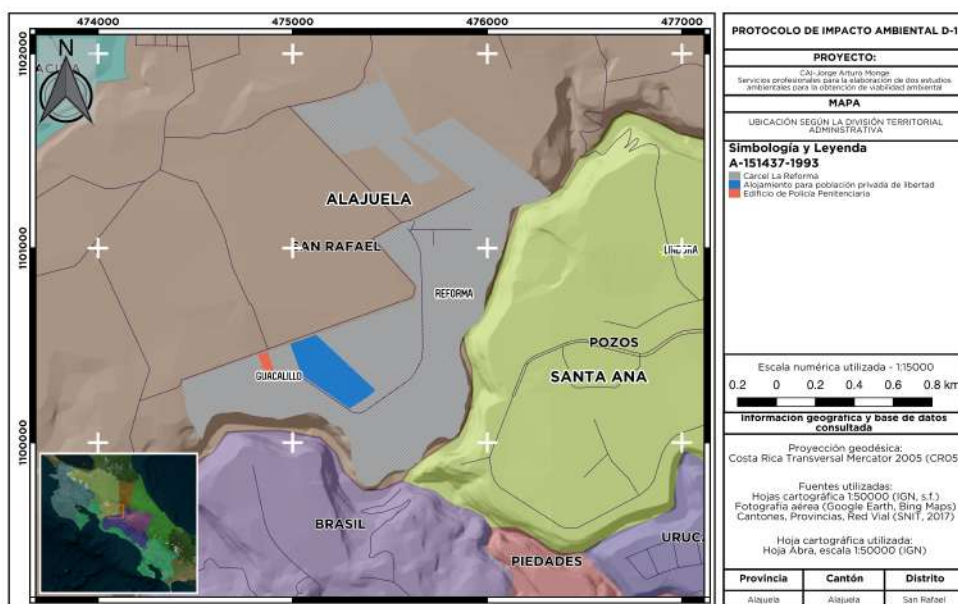
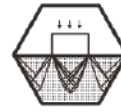


Figura #II.III: Ubicación del Proyecto según la División Territorial de Costa Rica (QGIS)..



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS



### **III. OBJETIVOS DEL TRABAJO**

#### **III.I. Objetivo del Estudio de Suelos**

Definir las características geotécnicas de los suelos existentes para establecer las recomendaciones para capacidad de soporte y tasa de infiltración de los suelos existentes.

#### **III.II. Objetivos Específicos**

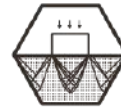
Los objetivos específicos son los pasos realizados con el objetivo de cumplir el objetivo general, estos son:

- Ejecutar perforaciones con la metodología SPT (Standard Penetration Test) para extraer las muestras de suelo.
- Correlacionar el número de golpes con la resistencia del suelo.
- Realizar ensayos de laboratorio para obtener las propiedades físicas de las muestras.
- Realizar pruebas de infiltración para conocer la tasa y velocidad de infiltración del terreno.
- Brindar recomendaciones generales de sistemas de tratamiento de aguas.
- Recomendar capacidades de soporte.
- Brindar recomendaciones generales de sistemas de cimentación.
- Indicar posibles problemas geotécnicos.



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS



## IV. TRABAJO REALIZADO

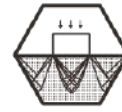
El trabajo realizado consistió en la ejecución de 13 sondeos exploratorios en la zona de estudio, de los cuales se dispusieron 11 perforaciones en los espacios destinados al alojamiento para población privada de libertad por delitos por crimen organizado en el CAI Jorge Arturo Montero Castro y 2 perforaciones para la zona donde se construirá el nuevo edificio de la Policía Penitenciaria en el CAI Jorge Arturo Montero Castro, ambos proyectos dentro de la propiedad registral del Estado bajo el nombre Carcel La Reforma De estas perforaciones se extrajeron muestras que fueron analizadas en el laboratorio.

Con la información de investigación descrita anteriormente se elaboró una descripción geotécnica para el sitio que representa la zona de estudio y de esta manera se determinó la capacidad de soporte de los suelos existentes.

Con la visita al sitio y el modelo geotécnico se procedió a analizar ingenierilmente las condiciones de capacidad de soporte, para finalmente indicar las recomendaciones de cimentaciones respectivas.

Adicionalmente, se realizaron dos pruebas de infiltración en el sitio para determinar la velocidad y la tasa de infiltración, con el fin de recomendar sistemas de tratamiento de aguas adecuados.

Con base en esta información, el gabinete integrado por el geólogo José Fabio Chavaría en ejecución, la Ing. Stephanie Hernández Montero y el Ing. Luis Diego Gamboa Méndez en proceso de revisión, procedió a ejecutar el análisis ingenieril correspondiente y se realizaron los cálculos de mecánica de suelos, que permitieron dar las recomendaciones asociadas con las obras proyectadas para el sitio.



## IV.I. Perforaciones

### Ensayos de SPT

Se ejecutaron trece sondeos exploratorios en total, en los cuales se avanzó mediante la ejecución continua del ensayo SPT (Standard Penetration Test), ASTM D-1586. En este ensayo, se avanza a golpes el tubo muestreador por medio de un mazo de 63.5 kg (140 libras) que cae desde una altura de 76.2 cm.

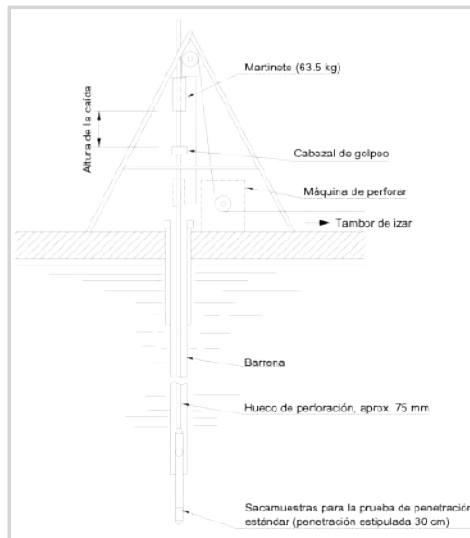


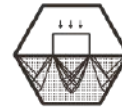
Figura #IV.I: Esquema de la Prueba de Penetración Estándar (SPT).

Las profundidades alcanzadas en cada sondeo exploratorio se presentan en la siguiente tabla y su ubicación puede observarse en las figura #IV.II

Tabla #IV.I: Total de sondeos exploratorios realizados con el método SPT y su profundidad respectiva

Sondeo	Profundidad (m)	Sondeo	
P-1	5.0	P-8	5,0 (RM)
P-2	5.0	P-9	5,0 (RM)
P-3	3,0 (RM)	P-10	4,5 (RM)
P-4	3,5 (RM)	P-11	4,5 (RM)
P-5	5.0	P-1-1	5,0 (RM)
P-6	4,5 (RM)	P-1-2	6,0 (RM)
P-7	3,0 (RM)		

**RM = Rebote del mazo**



El objetivo de los sondeos de SPT fue el de extraer muestras para describir el perfil del suelo en profundidad. Así mismo, estas muestras fueron enviadas al laboratorio para la ejecución de ensayos de caracterización física y mecánica.

A las muestras obtenidas en los sondeos exploratorios de SPT y adonde fue posible se evaluó:

- P.U. / w(%): Densidad y Contenido de Humedad del Suelo (ASTM D-2216).
- LL/LP: Límite de Atterberg (ASTM D-4318).
- Qu: Ensayo de compresión inconfiada (ASTM D-2166).
- A.Gran: Análisis Granulométrico (ASTM D-422).

Los ensayos se realizaron de acuerdo a las normas internacionales vigentes a la fecha, ASTM y AASHTO.

El estudio de suelos fue ejecutado de acuerdo con principios y prácticas de ingeniería aceptados actualmente, siguiendo las indicaciones del Código de Cimentaciones de Costa Rica y los requisitos del Anexo #5, Sección II, del Punto 7 (contenido temático) del decreto #32712-MINAE en cuanto a la presentación del documento de Evaluación Ambiental D1.

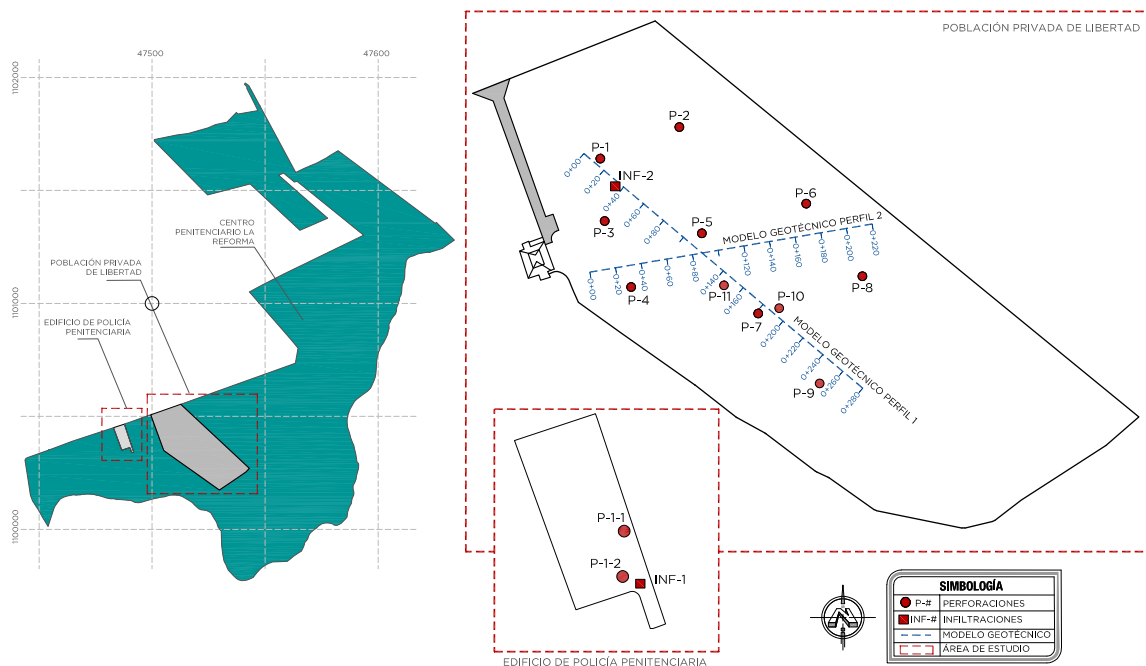
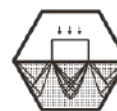


Figura #IV.I.I. Ubicación de sondeos SPT e Infiltración, sin escala.





## V. RESULTADOS GEOTÉCNICOS OBTENIDOS

### V.I. Caracterización Geotécnica por Número de Golpes

A continuación se detallan los números de golpes  $N_{spt}$  de las capas descritas en el perfil de suelo anterior, con el fin de que se pueda apreciar fácilmente la disposición de esta y su consistencia.

Tabla #V.I. Tabla de consistencias según las perforaciones SPT realizadas

Tabla de Consistencias - CAI Jorge Arturo Monge														
Profundidad (m)		Número de Golpes												
		CONJUNTO MÁXIMA											POLICÍA	
De:	Hasta:	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	P-11	P-1-1	P-1-2
0.0	0.5	8	10	10	10	7	8	5	4	9	8	8	4	4
0.5	1.0	7	8	14	16	20	14	8	10	20	7	7	10	8
1.0	1.5	12	11	11	20	64	14	11	6	15	16	17	8	14
1.5	2.0	10	25	13	17	24	7	52	9	14	18	20	16	13
2.0	2.5	11	30	54	24	40	12	20	10	22	18	22	16	18
2.5	3.0	18	45	RM	18	17	9	RM	10	26	29	22	21	27
3.0	3.5	27	38	-	RM	13	9	-	11	15	37	24	29	34
3.5	4.0	28	41	-	-	30	21	-	14	23	49	38	32	33
4.0	4.5	27	29	-	-	37	RM	-	19	35	RM	RM	41	28
4.5	5.0	25	29	-	-	16	-	-	RM	RM	-	-	RM	30
5.0	5.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47
5.5	6.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	RM
Simbología de colores														
Muy Blanda [0-2]														
Blanda [3-4]														
Medianamente Compacta [5-8]														
Compacta [9-15]														
Muy Compacta [16-30]														
Dura >30														

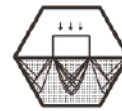
#### RM = Rebote del mazo

Nótese como los colores pastel denotan bajos números de golpes y con esto una consistencia entre blanda y medianamente compacta, mientras que los colores oscuros representan números de golpes altos y consistencias de compacta a dura.



CONSULTERÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS



## V.II. Perfil del Subsuelo

Las perforaciones realizadas fueron avanzadas mediante el método de SPT. Se detectó el rebote del mazo en las perforaciones P-3, P-4, P-6, P-7, P-8, P-9, P-10, P-11, P-1-1 y P-1-2. Los sondeos alcanzaron una profundidad de investigación de entre los 3,0 m hasta los 6,0 m.

Basándose en las características físico-mecánicas de los materiales encontrados, es posible tratar el área del proyecto como un sistema homogéneo del subsuelo, debido a la uniformidad de las condiciones físico-mecánicas reportadas de los materiales. Para el sector donde se construirá el nuevo edificio de la Policía Penitenciaria en el CAI Jorge Arturo Montero Castro se identificó únicamente la presencia del Estrato 2. Cada sondeo se ubicó como se indicó en la figura #IV.I.

### **Estrato 1: Espesor variable aproximado entre 1,0 m hasta 5,0 m (-5,0 m de profundidad).**

Limo arcilloso de plasticidad alta color café, con vetas arcillosas color gris y negro, de consistencia medianamente compacta a dura.

Peso unitario ( $\gamma_T$ ) entre: 1,795 - 1,801 ton/m<sup>3</sup>.

Límite líquido (LL) entre: 53,0 - 57,0

Índice plástico (IP) entre: 20,0 - 26,0.

Humedad (%W) entre: 35,5 - 56,3 %.

\*Cohesión no drenada (C) entre: 5,56 - 5,78 kg/cm<sup>2</sup>

\*\*Ángulo de fricción efectivo( $\phi'$ ) entre: 20 - 23°

Nspt= 5 - RM.

SUCS: MH.

### **Sub-Estrato 1.A: Espesor variable aproximado entre 1,5 m hasta 4,5 m (-4,5 m de profundidad, detectado en las perforaciones P-2, P-3 y P-4).**

Arcilla limosa de plasticidad alta color café oscuro con vetas limosas color café y presencia de partículas negras, de consistencia compacta a dura.

Peso específico ( $\gamma_T$ ) entre: 1,688 - 1,823 ton/m<sup>3</sup>.

Límite líquido (LL) entre: 53,0 - 54,0.

Índice plástico (IP) entre: 25,0 - 28,0.

Humedad (%W) entre: 34,6 - 48,1 %

\*Cohesión no drenada (C) entre: 5,8 - 6,3 kg/cm<sup>2</sup>

\*\*Ángulo de fricción efectivo( $\phi'$ ) entre: 21 - 24°

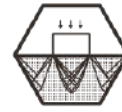
Nspt= 11 - RM.

SUCS: CH.



CONSULTERÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

ESTUDIO DE SUELOS



## **Estrato 2: Espesor variable aproximado entre 1,5 m hasta 6,0 m (-6,0 m de profundidad).**

Limo arenoso de plasticidad baja a media color café grisáceo con vetas gravosas color negro (roca meteorizada) y presencia de matriz limosa, de consistencia blanda a dura.

Peso específico ( $\gamma_T$ ): 1,803 t/m<sup>3</sup>.  
Límite líquido (LL) entre: 40,0 - 50,0.  
Índice plástico (IP) entre: 15,0 - 19,0.  
Humedad (%W) entre: 28,8 - 54,9 %  
% Pasando por la malla # 200: 35,2 %  
% Pasando por la malla # 100: 45,0 %  
% Pasando por la malla # 40: 58,0 %  
% Pasando por la malla # 4: 91,0 %.  
\*\*Ángulo de fricción efectivo( $\phi'$ ): 28,0°  
Nspt= 4 - RM.  
SUCS: ML/SM.

## **Sub-Estrato 2.A: Espesor variable aproximado entre 1,5 m hasta 4,5 m (-4,5 m de profundidad, detectado en las perforaciones P-9, P-10 y P-11).**

Arcilla limosa de plasticidad baja color café grisácea con vetas limosas color café y presencia de partículas negras, de consistencia compacta a dura.

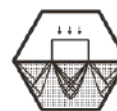
Peso específico ( $\gamma_T$ ): 1,803 ton/m<sup>3</sup>.  
Límite líquido (LL) entre: 47,0 - 48,0.  
Índice plástico (IP) entre: 24,0 - 28,0.  
Humedad (%W) entre: 35,0 - 42,0 %  
% Pasando por la malla # 200: 83,0 %  
% Pasando por la malla # 100: 87,0 %  
% Pasando por la malla # 40: 90,0 %  
% Pasando por la malla # 10: 98,0 %.  
\*Cohesión no drenada (C): 8,7 kg/cm<sup>2</sup>  
\*\*Ángulo de fricción efectivo( $\phi'$ ) entre: 20 - 22°  
Nspt= 7 - RM.  
SUCS: CL.

\* Los valores de cohesión fueron obtenidos a partir de pruebas inconfiadas en laboratorio.

\*\* Los valores de ángulo de fricción fueron estimados a partir de la tabla 2-6 (Bowles,1996) Foundation Analysis and Design.

## **V.III. Nivel Freático**

No se detectó el nivel freático en ninguna de las perforaciones realizadas.



## V.IV. Perfiles Geotécnicos Conceptuales Propuestos

Según la información obtenida de las perforaciones, la información geológica interpretada para el sitio de estudio y las observaciones técnicas realizadas en campo, se procedió a elaborar dos perfiles geológico-geotécnicos, que se muestran dispuestos en la planta de ubicación de las perforaciones.

Este modelo incluyen la integración y simplificación de la información, haciendo la reunión de unidades geotécnicas con propiedades geomecánicas similares en una sola unidad geotécnica, definida por estratos.

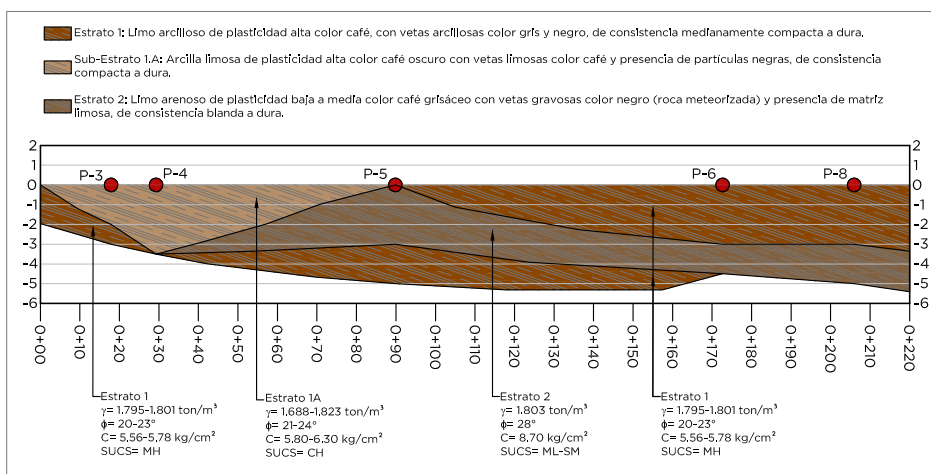
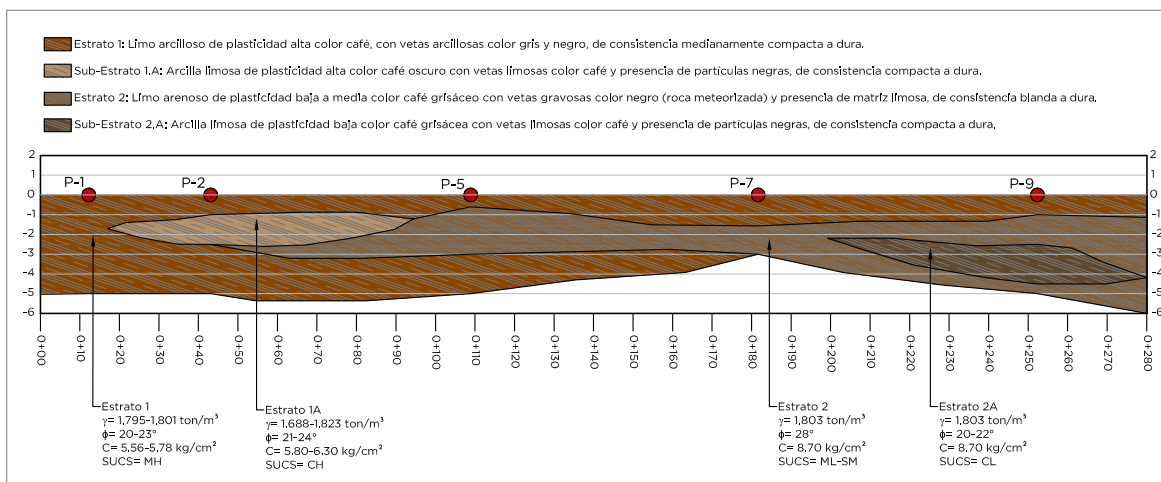
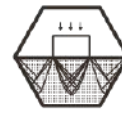


Figura #VI.II: Esquema del perfil estratigráfico del subsuelo reportado en sitio



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS



## V.V. Resultados Pruebas de Permeabilidad

Los resultados obtenidos de las pruebas de permeabilidad fueron los siguientes:

Tabla #VI.II. Tabla de resultados de infiltración 1 (INF-1).

<b>Prueba de infiltración #1</b>				
<b>Datos de campo</b>				
<b>Hora inicial</b>	<b>Hora Final</b>	<b>Lectura Inicial (cm)</b>	<b>Lectura Final (cm)</b>	<b>Diferencia (cm)</b>
07:00:00	07:15:00	1	2	1
07:15:00	07:30:00	2	3	1
07:30:00	07:45:00	3	4	1
07:45:00	08:00:00	4	5	1
Ubicación: Distrito 08° San Rafael, Cantón 01° Alajuela, Provincia 02° Alajuela				
Coordenadas: 09°57'4,6"N, 84°13'44,1"O				
Profundidad de la gaveta: 0,3 metros				
Profundidad del ensayo: 0,9 metros				
<b>Tasa de Infiltración</b>				
T = 15/1				
T = 15 min/cm				
<b>Velocidad de Infiltración</b>				
$V_p = 3,66866807642178E-07$ m/s				
<b>Caudal o gasto de agua (Q)</b>				
Uso destinado de la actividad, obra o proyecto: Carceles				
Gasto por persona			200 litros/dia	
Número de personas			1000 personas	
Caudal total			200000 litros/dia	



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS

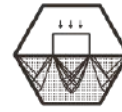


Tabla #VI.II. Tabla de resultados de infiltración 2 (INF-2).

Prueba de infiltración #2				
Datos de campo				
Hora inicial	Hora Final	Lectura Inicial (cm)	Lectura Final (cm)	Diferencia (cm)
08:00:00	08:15:00	1	3	2
08:15:00	08:30:00	3	7	4
08:30:00	08:45:00	7	9	2
08:45:00	09:00:00	9	10	1
Ubicación: Distrito 08° San Rafael, Cantón 01° Alajuela, Provincia 02° Alajuela				
Coordenadas: 09°57'6,83"N, 84°13'38,04"O				
Profundidad de la gaveta: 0,3 metros				
Profundidad del ensayo: 0,9 metros				
Tasa de Infiltración				
T = 15/1				
T = 15 min/cm				
Velocidad de Infiltración				
$V_p = 3,66866807642178E-07$ m/s				
Caudal o gasto de agua (Q)				
Uso destinado de la actividad, obra o proyecto: Carceles				
Gasto por persona			200 litros/dia	
Número de personas			1000 personas	
Caudal total			200000 litros/dia	

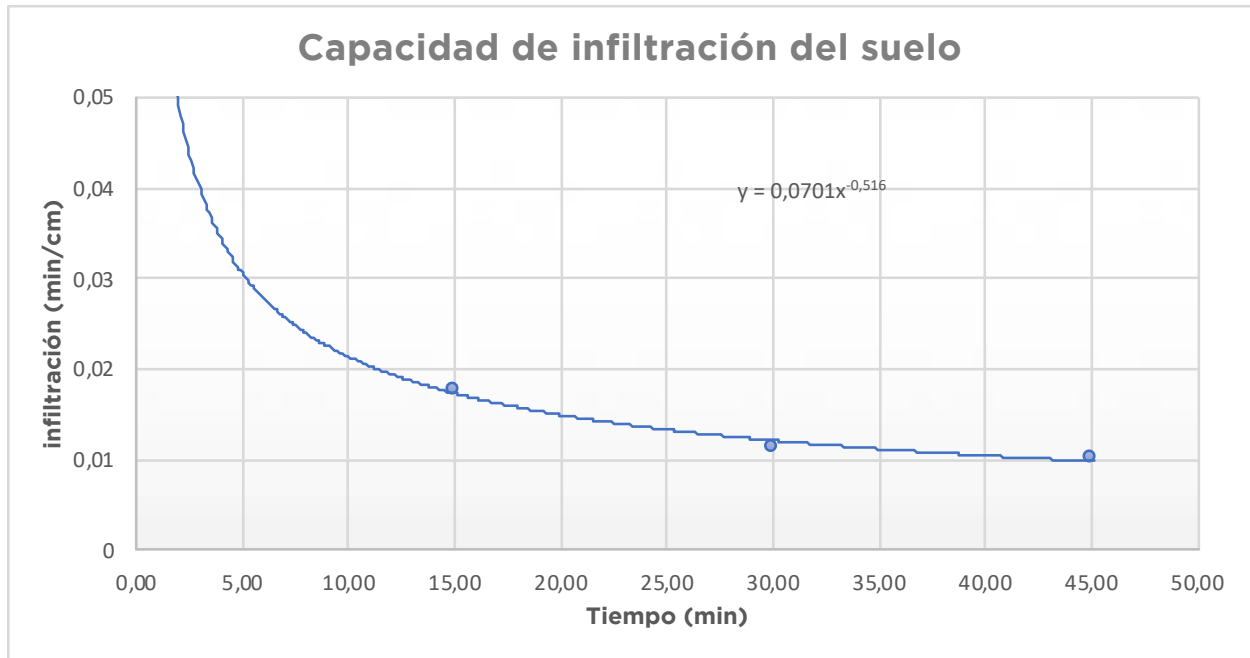
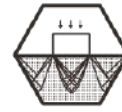


Gráfico VI.I. Curva de capacidad de infiltración del suelo (INF-1)

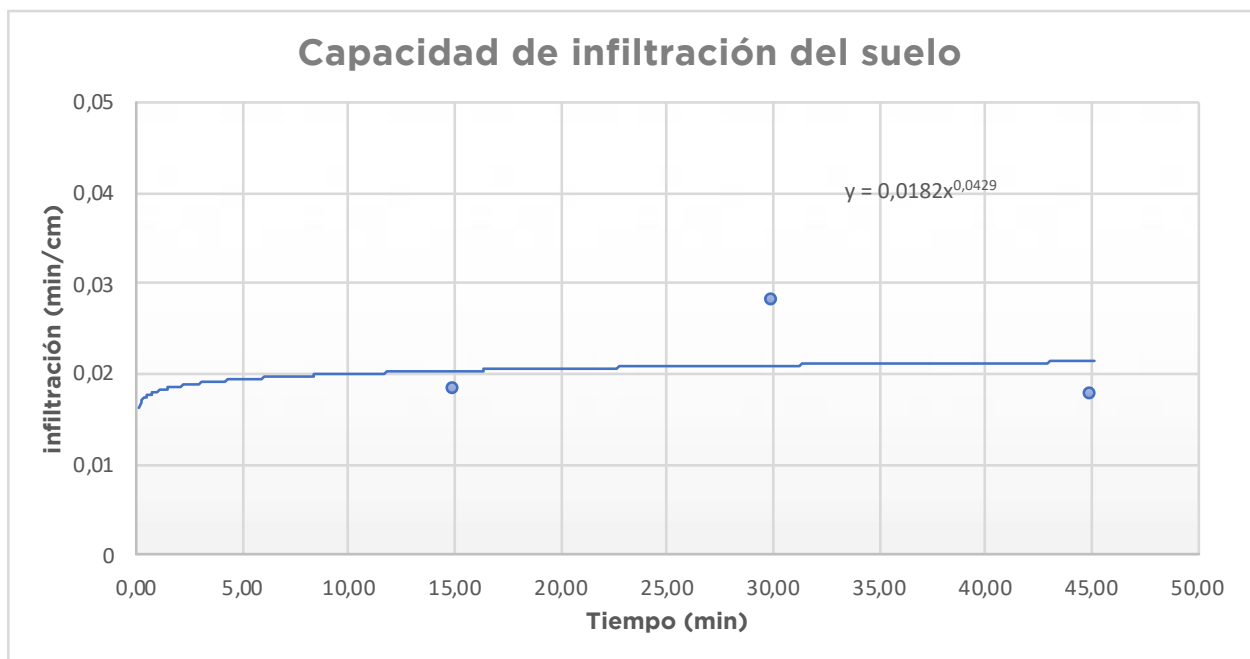


Gráfico VI.I. Curva de capacidad de infiltración del suelo (INF-2)



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

## ESTUDIO DE SUELOS

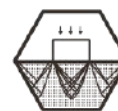


Tabla #VI.III. Resumen de resultados obtenidos

Infiltración	Tasa de infiltración (min/cm)	Conductividad hidráulica global del suelo (m/día)	Recomendación respecto a CFIA (2017)
INF-1	>30.0	0.0075	Inadecuado para sistemas de absorción
INF-2	>30.0	0.0151	Inadecuado para sistemas de absorción

Con base en los resultados obtenidos de las pruebas de infiltración, se obtienen los resultados mostrados en la Tabla Resumen anteriormente detallada. Posterior a la hora de ejecución del ensayo de permeabilidad para ambas pruebas, el frente de infiltración no avanzó.

De igual manera, considerando el diseño preliminar y el uso que se tiene propuesto para la obra, se recomienda la implementación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, debido a que la dimensiones del proyecto requieren un control sanitario interconectado al tratarse de un proyecto de alojamiento para población privada de libertad por delitos por crimen organizado.

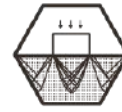
Si durante la ejecución de la etapa constructiva se encuentra alguna variación de las condiciones esquematizadas en este reporte, o si se implementan cambios en el diseño del proyecto, se deberá dar información para que pueda revisarse y de ser necesario modificarla.





CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS



## VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este apartado se describen los diferentes análisis realizados tales como: problemas geotécnicos, consideraciones litológicas, problemas del subsuelo, recomendaciones de solución ingenieril, nivel de cimentación y propuestas de solución.

En este apartado se analizará específicamente:

- VI.I- Licuación por Sismos
- VI.II- Estabilidad de Taludes
- VI.III- Capacidad de soporte admisible del subsuelo
- VI.IV- Asentamientos
- VI.V- Coeficiente Sísmico
- VI.VI- Recomendaciones para excavaciones, rellenos y empuje lateral

### VI.I. Licuación por Sismos

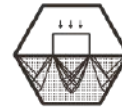
Para que suceda el fenómeno de licuación deben presentarse las siguientes condiciones simultáneamente:

- Arenas finas con granulometría específica.
- Que las arenas estén sumergidas bajo el nivel freático.
- Que los finos sean no plásticos.
- Que estén en condición suelta

Para el caso analizado se descarta que se presente dicho fenómeno debido a la presencia de suelos cohesivos y ausencia de nivel freático.

### VI.II. Estabilidad de Taludes

El análisis de estabilidad de taludes se encuentra fuera de los alcances de este informe. Sin embargo, en el área del proyecto no existen pendientes considerables que comprometan la estabilidad de las obras a fundar.



### VI.III. Capacidad de Soporte Admisible del Subsuelo

Con base en las características geotécnicas del terreno, y dadas las condiciones existentes se presenta a continuación las recomendaciones para el sistema de cimentación de la obra a construir. Dadas las siguientes condiciones de interés:

- Se detectó una capa de arcilla plasticidad elevada y de alto potencial expansivo en las perforaciones P-2, P-3 y P-4. El mecanismo de expansión o contracción de este tipo de arcillas está regido por los cambios de humedad, por lo cual se debe evitar la ganancia o pérdida de humedad del suelo. Por lo tanto es necesario colocar un material de aislamiento para colocar los cimientos y evitar los posibles cambios de humedad. Este estrato pudo ser delimitado por los sondeos realizados y se mencionará como **ZONA B**.
- Para la zona donde se ubican las perforaciones restantes, no se detectó ningún problema específico relacionado con la litología existente, por lo que su recomendación será brindar la capacidad de soporte del suelo para la colocación de cimentaciones tipo placas aisladas o cimientos corridos sin la necesidad de un mejoramiento de suelos. A los sectores aledaños a los sondeos P-1, P-5, P-6, P-7, P-8, P-9, P-10, P-11, P-1-1 y P-1-2, se les denominará como **ZONA A**

#### **ZONA A: Colocación de placas superficiales a profundidades sin material orgánico detectado.**

Se recomienda la utilización de placas aisladas o cimientos corridos. No es necesario la utilización de cimientos especiales, siempre y cuando se cumplan las recomendaciones en cuanto a rellenos y a nivel de desplante se refiere como se detalla a continuación.

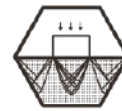
Para la fundación de estructuras se calculó el valor de capacidad soportante admisible neta, el cual se obtuvo por medio de la ecuación general de capacidad de soporte para cada una de las secciones analizadas:

$$Q_{ult} = \frac{\gamma_1 B}{2} \cdot N_\gamma + C \cdot N_c + \gamma_2 D \cdot N_q$$

*Ecuación #1. Capacidad de soporte.*

Donde:

- B: Ancho de la placa  
 $\gamma_1$ : Peso volumétrico del suelo por debajo del nivel de desplante.  
C: Cohesión del material.  
 $\gamma_2$ : Peso volumétrico del suelo por encima del nivel de desplante.  
D: Profundidad de cimentación  
 $N_c$ ,  $N_\gamma$ ,  $N_q$ : Factores de capacidad de carga



Estos valores de capacidad soportante admisible presentan un factor de seguridad de 3.0 contra la falla por cortante del suelo y garantiza que bajo la presión de fundación recomendada los asentamientos no serán significativos.

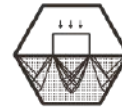
Se describe la capacidad de soporte obtenida a continuación:

*Tabla #IV.I. Capacidad de soporte para diferentes niveles de desplante, valores tomados desde el nivel de la perforación indicada.*

Capacidad de soporte					
Nivel de desplante (m)	Perforación - Qadm (t/m <sup>2</sup> )				
	P-1	P-5	P-6	P-7	P-8
0.5	6.0	12.0	5.0	5.0	4.0
1.0	7.0	12.0	5.0	8.0	5.0
1.5	8.0	14.0	5.0	10.0	6.0
2.0	8.0	15.0	6.0	15.0	7.0
2.5	15.0	16.0	6.0	17.0	7.0
Capacidad de soporte					
Nivel de desplante (m)	Perforación - Qadm (t/m <sup>2</sup> )				
	P-9	P-10	P-11	P-1-1	P-1-2
0.5	11.0	5.0	5.0	5.0	5.0
1.0	11.0	11.0	11.0	5.0	8.0
1.5	11.0	13.0	14.0	10.0	11.0
2.0	12.0	15.0	16.0	13.0	15.0
2.5	12.0	16.0	17.0	16.0	16.0

Debe verificarse durante el proceso constructivo que no exista material orgánico en las zonas de cimentación directa debido a su alta comprensibilidad y baja resistencia al corte. **En caso de detectarse este tipo de material en el sitio, este debe ser removido en su totalidad.**

Los sondeos SPT son pruebas puntuales, por lo que están sujetas a las condiciones existentes en campo. Se recomienda que durante el proceso de construcción se verifiquen las condiciones de capacidad de soporte recomendadas en este reporte.



## ZONA B: Relleno de sustitución para colocación de placas superficiales

Se recomienda la utilización de placas aisladas o cimientos corridos. No es necesario la utilización de cimientos especiales, siempre y cuando se cumplan las recomendaciones en cuanto a rellenos y a nivel de desplante se refiere como se detalla a continuación.

Tabla #VI.III.I. Capacidad de soporte para diferentes niveles de desplante, valores tomados desde el nivel de las perforaciones indicadas.

CAPACIDAD DE SOPORTE ADMISIBLE				
Nivel de desplante $D_f$ (m)	$Q_{adm}$ (ton/m <sup>2</sup> )			OBSERVACIONES
	P-2	P-3	P-4	
0.5	8.0	8.0	13.0	Debe realizarse una <b>excavación de al menos 1,0 m</b> . Posteriormente se debe colocar un relleno de 0,5 m de espesor de material granular compactado al 95% PM. Sobre este material, se debe colocar las placas de cimentación con dimensiones adecuadamente diseñadas ( $D_f=0,5$ m).

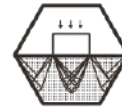
Con el fin de colocar las cimentaciones de manera superficial ( $D_f = 0,5$  m), deberá verificarse a criterio del diseñador de la obra, que la carga que imponga sobre esta estructura al subsuelo no sea mayor a la capacidad de soporte admisible recomendada, para evitar así posibles asentamientos en la estructura. Para tal efecto el diseñador debe considerar suficiente la capacidad de soporte que se detalla en la tabla anterior, lo que indicará el espesor de relleno a colocar en el sitio.

Los rellenos recomendados de suelos de préstamo granular deben cumplir con los parámetros que se detallan en el apartado VI.VI de Recomendaciones para excavaciones, rellenos y empuje lateral, siendo este material libre de material orgánico para evitar asentamientos de las obras.

El material granular debe ser adecuadamente compactado al 95% del Proctor Modificado en capas no mayores a 0,3 m para obtener un nivel de desplante ( $D_f=0,5$ m), esto con el objetivo de colocar los cimientos superficiales de la losa que se pretende colocar sobre este relleno y disipar de manera eficiente los esfuerzos producto de la carga que imponga las obras a cimentar.

Finalmente, sobre este relleno de material selecto debidamente compactado, pueden ser colocadas las placas de cimentación, esto con el objetivo de colocar los cimientos superficiales de la estructura que se pretende.

La capacidad de soporte que se detalla en la tabla anterior se garantiza ***siempre y cuando se realice*** esta sustitución.



La recomendación brindada, va en función de la presencia de materiales con la capacidad de cambiar volumétricamente sus propiedades en profundidad ante los cambios exógenos al sistema y para el caso presente, es independiente de la capacidad de soporte admisible obtenida en las perforaciones.

Por ello, se recomienda la verificación durante la etapa constructiva de la remoción y sustitución de este material, para así brindar un monitoreo durante la compactación de los rellenos a utilizar.

Deberá ponerse especial atención a los sitios donde aparezca suelo vegetal, debido a su alta compresibilidad y baja resistencia al corte. En caso de que durante la construcción se detecte material orgánico, este debe ser removido.

En la figura #VI.I se puede observar un esquema de sustitución propuesta para las cimentaciones del proyecto.

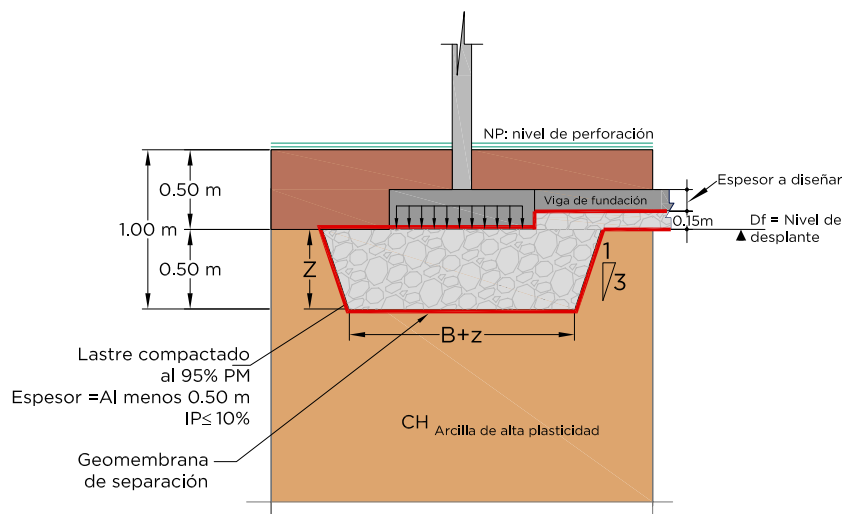
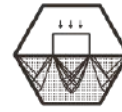


Figura #VI.I. Esquema de sustitución recomendada.

Para la utilización de placas aisladas, se recomienda que las mismas estén amarradas con una viga de fundación entre ellas con el propósito de disminuir los posibles asentamientos producto de las arcillas altamente compresibles detectadas en el proyecto

Los sondeos SPT son pruebas puntuales, por lo que están sujetas a las condiciones existentes en campo. Se recomienda que durante el proceso de construcción se verifiquen las condiciones de capacidad de soporte recomendadas en este reporte.



## VI.IV. Asentamientos

Un análisis de asentamientos requiere ensayos especiales. Sin embargo si se siguen las estipulaciones con respecto a la capacidad de soporte y niveles de desplante del apartado anterior y se remueve todo el material orgánico se descartan problemas de asentamientos significativos.

## VI.V. Coeficientes Sísmicos

En este proyecto se tiene un suelo tipo S3 en la Zona III. El CCCR-09 recomienda la siguiente tabla para coeficientes dinámicos para distintos tipos de suelo según la zona en que se encuentre (Laporte 2004). Obteniéndose un valor de 0,20g.

Tipo de Sitio	Zona II	Zona III	Zona IV
S1	0.15	0.15	0.20
S2	0.15	0.20	0.20
S3	0.15	0.20	0.20
S4	0.15	0.20	0.25

Por otro lado el coeficiente sísmico a utilizar en el diseño de las estructuras por construir y de acuerdo al Capítulo 2 (secciones 2.1 y 2.2) y al Capítulo 5, del Código Sísmico de Costa Rica 2010, el proyecto se ubica en la zona sísmica III y los suelos se clasifican Tipo S3, por lo que se deberá utilizar para el factor espectral dinámico (FED) la figura 5.7 de dicho código.

Aceleración pico efectiva de diseño, aef, para un período de retorno de 475 años y para diferentes zonas sísmicas y tipos de sitio.

Tipo de Sitio	Zona II	Zona III	Zona IV
S1	0.20	0.30	0.40
S2	0.24	0.33	0.40
S3	0.28	0.36	0.44
S4	0.34	0.36	0.36

El valor de aceleración pico efectiva de diseño para un periodo de retorno de 500 años para la zona en estudio es aef = 0.36.

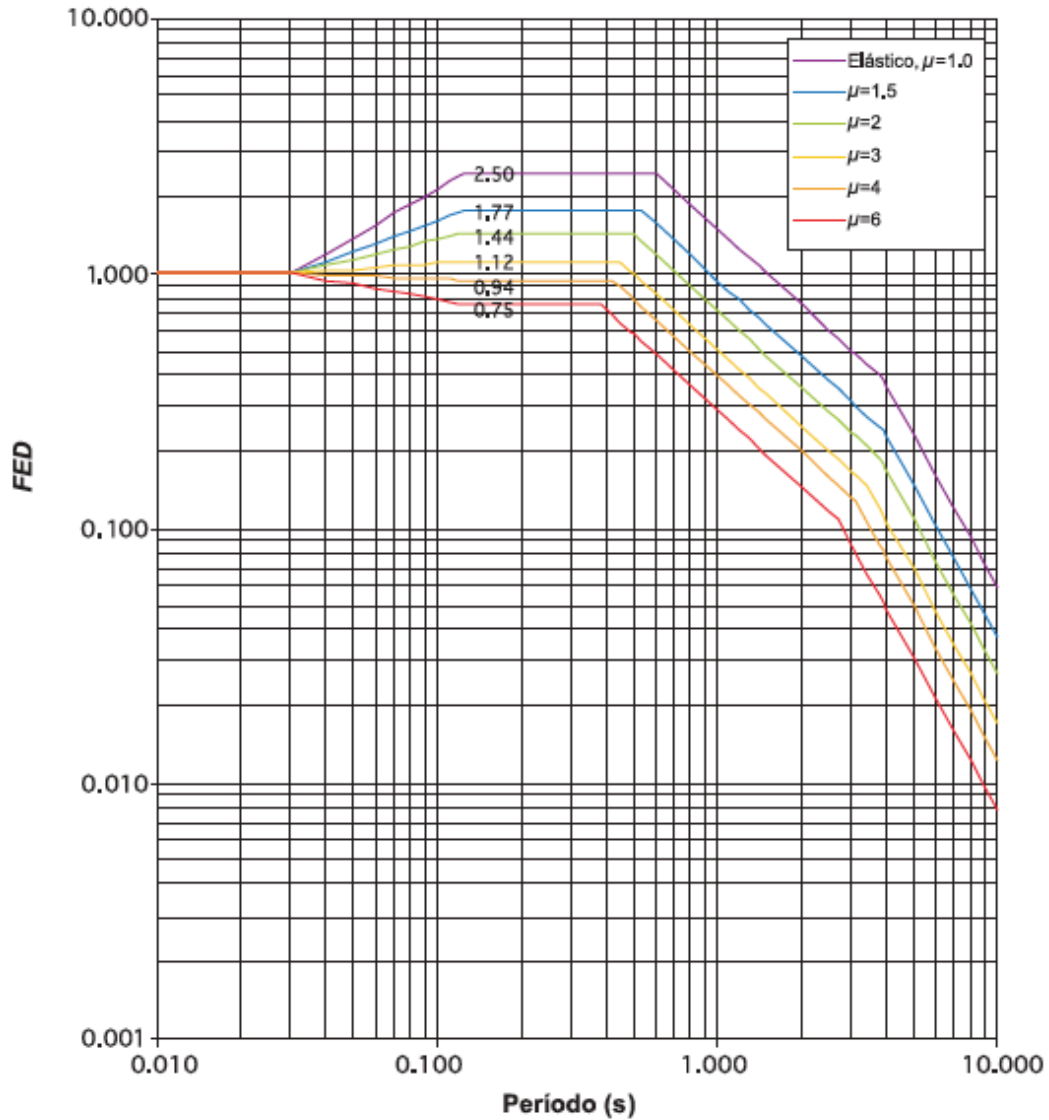
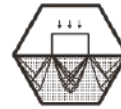
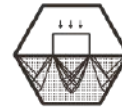


Figura #VI.II. Factor espectral dinámico, FED para sitios Tipo S3 en Zona III.  
Mark Tomado del Código Sísmico de Costa Rica 2010.



## VI.VI. Recomendaciones para excavaciones, rellenos y empuje lateral

Para los rellenos de aproximación de caminos y la constitución de los rellenos en el proyecto se deberán seguir las siguientes recomendaciones:

1. Rellenos detrás de muros de retención deberán ser colocados una vez que el muro esté completo y el concreto fresco haya alcanzado suficiente resistencia, y en caso de muros de gaviones se deberá de compactar el material posterior al muro con equipo liviano para evitar deformaciones del mismo. Estos deberán ser de lastre compactado al 95% del Próctor modificado con un ángulo de fricción de 30 a 35 grados y un peso unitario de 1.7 a 2.2 ton/m<sup>3</sup>. Coeficientes de empuje:  $k_a = 0.33$ ,  $k_p = 2.99$ .

Al momento de ser colocados deberá de llevarse un estricto control de compactación para lograr la humedad óptima que permita lograr el peso volumétrico máximo y la compactación deseada.

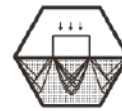
Para la construcción de un muro de contención con relleno generalmente, se especifica una densidad seca mínima para garantizar una resistencia al cortante y dureza en el relleno. Aunque la compactación es importante el uso de equipos pesados de compactación detrás de un muro de contención puede causar daño, debido a que se pueden inducir fuerzas horizontales muy grandes superiores a las calculadas en el diseño del muro.

Cuando se trabaja con equipos grandes de compactación debe utilizarse un valor de coeficiente de presión de tierras de valor superior.

Por razones de economía sin embargo, generalmente es mejor negocio limitar el equipo de compactación hasta cierta distancia detrás del muro especialmente, en estructuras sensibles, tales como los muros de concreto armado en voladizo.

2. El relleno que se deje en talud deberá tener una pendiente máxima de 45 grados.
3. En ambos casos, el material de relleno deberá ser cuidadosamente compactado para evitar hundimientos (asentamientos) del relleno, debido a la consolidación por su propio peso o el peso de una estructura. Se deberá mantener un estricto control de calidad del proceso de compactación para asegurar un producto adecuado, basado en las siguientes especificaciones:
  - El porcentaje de compactación mínimo: 95% del Próctor Modificado Para material granular grueso, lastre.





- El porcentaje de compactación mínimo: 92% del Próctor Estándar Para materiales finos.
4. El material deberá colocarse en capas de poco espesor (depende del tipo de equipo), para asegurar una distribución adecuada de la energía de compactación. El material se deberá humedecer o secar para alcanzar la humedad de compactación requerida y posteriormente se deberá mezclar para una mayor homogeneización de la humedad. Cada capa deberá ser compactada apropiadamente antes de que se coloque la que sigue. Se recomiendan capas finales no mayores a los 0,3 m compactadas.
  5. En caso de rellenos de muros se debe tener la precaución de no compactar excesivamente el relleno, ya que esto causaría presiones laterales adicionales contra el muro. La franja de relleno más cercana al muro deberá ser compactada con equipo manual del tipo Plancha Vibratoria. En la tabla siguiente se presenta el ancho de franja crítico para cada nivel alcanzado por el relleno.

*Tabla #VII.IV. Altura relleno contra ancho de franja crítico.*

Altura del Relleno (m)	Ancho de franja crítico (m)
1.0	1,0 m desde el muro
2.0	2,0 m desde el muro
3.0	3,0 m desde el muro
4.0	4,0 m desde el muro
5.0	5,0 m desde el muro

6. De acuerdo con el tipo de equipo, seguidamente se presentan las recomendaciones para el proceso de compactación:

**Equipo Manual:**

- Equipo recomendado: Plancha Vibratoria o similar.
- Espesor suelto de cada capa (máximo recomendado): 0,2 cm
- Número mínimo de pasadas: 10- 16 (Verificar recomendación del proveedor)

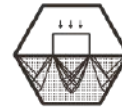
**Equipo Mayor:**

- Equipo recomendado: Aplanadora (Rodillo Vibratorio) o similar.
- Espesor suelto de cada capa (máximo recomendado): 0,2 m
- Número mínimo de pasadas: 4 - 6.



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

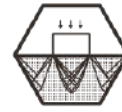
## ESTUDIO DE SUELOS



Se recomienda que la última capa del relleno sea de material impermeable tipo arcilla, esto con el objetivo de evitar que la lluvia infiltre dentro del relleno y lo debilite.

Así mismo, es importante que se construya un sistema de drenaje superficial (cunetas, bordillos) que evite que el agua de lluvia se estanque en la superficie del relleno.

7. La protección del sitio durante las operaciones de excavación deberá ser responsabilidad del contratista a cargo. Se deberán tomar precauciones durante la ejecución de los trabajos para evitar que el sitio de trabajo se inunde por causa de drenaje superficial inapropiado.
8. Los taludes que se generen deben ser cubiertos por zacate u otro tipo de cobertura vegetal que los proteja de la erosión.
9. Se deben tomar medidas temporales durante la época lluviosa para dirigir la escorrentía superficial lejos de la zona de trabajo. Si el agua se estanca en depresiones desde las que el drenaje superficial no es posible, se deberá tener una bomba a mano para remover el agua estancada.
10. Durante períodos de lluvia, se deberá tener a mano láminas de plástico para evitar que los cortes sin protección se saturen. Después de un evento de precipitación se deberá evaluar visualmente los daños en los cortes temporales relacionados con la lluvia.



## VI.VI.I. Rellenos para caminos

Para los caminos se recomiendan los siguientes taludes:

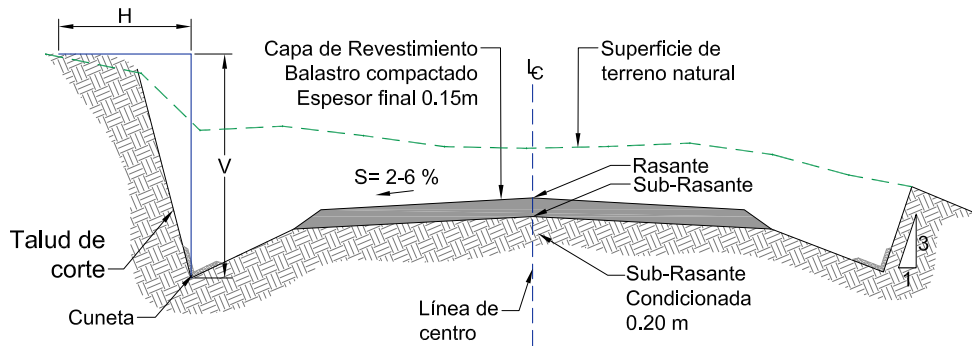


Figura #VII.XXIII Recomendaciones de taludes.

El ángulo del talud debe responder al tipo de material del suelo, tal como se presenta en el siguiente cuadro.

Tabla #VII.V. Pendientes de taludes.

Clase de material	Altura	Inclinación	
		H	V
Limo arenoso	3,0 a 6,0 m	0.33	1.0
Arcilla saturada	3,0 a 5,0 m	0.5	1.0

Sección en relleno:

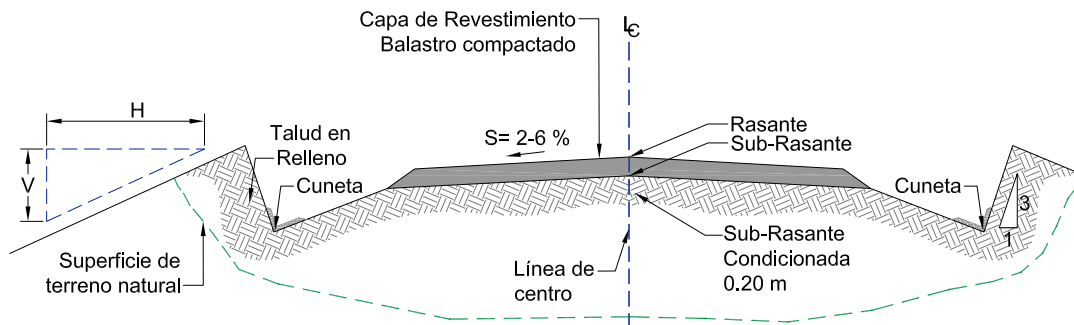


Figura #VII.XXIV Sección de relleno.

El ángulo del talud en relleno es mayor para garantizar la estabilidad del suelo

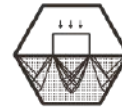


Tabla #VII.VI. Pendientes de taludes de relleno.

Clase de material	Altura	Inclinación	
		H	V
Todo material mixto	0 a 3 m	1.5	1.0
	> 3 m	2	1.0

Nota: En ningún caso se deberá utilizar arcilla saturada o material orgánico.

## VI.VI.II.

## Taludes

Un talud falla cuando la resistencia al corte del suelo es superada por el peso propio o por el agua que contiene.

Al vencerse la resistencia al corte aparecen los derrumbes y los deslizamientos (erosión, deslaves).

El objetivo principal de un adecuado drenaje de caminos es reducir o eliminar la energía generada por la corriente de agua.

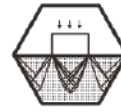
No deberá permitirse que el agua alcance volúmenes o velocidades tales que puedan dañar la superficie de rodadura, los taludes de corte o relleno, las cunetas o la parte inferior de las alcantarillas.

Es necesario controlar las agua presentes en el sitio por medio de cunetas, si es el caso en el que decidan hacerse naturales debe tomarse en consideración que las mismas sea de material impermeable tipo arcilla, esto con el objetivo de evitar que la lluvia infiltre dentro del relleno y lo debilite. La presencia de agua o humedad excesivas repercutirá negativamente en las propiedades mecánicas de los materiales que la componen, provocando saturación.

Para que un sistema de drenaje de caminos sea eficaz durante su vida útil, deberá satisfacer dos criterios principales:

- Debe alterar lo menos posible la red de drenaje natural.
- Debe drenar el agua superficial y subterránea de la calzada y drenarla en forma tal que impida acumulación excesiva en zonas inestables y la erosión ulterior.

Para satisfacer estos criterios, es importante tener presente que los factores hidrológicos y geotécnicos de las laderas inciden en la velocidad, volumen, dispersión o niveles de concentración de las aguas superficiales y sub-superficiales.



La forma (morfología) de la ladera influye en el drenaje del camino y en la última instancia, en su estabilidad. En el caso de las laderas convexas y cóncavas, aún no existe un sistema de drenaje natural, mientras que en las laderas rectas, por lo general ya se han producido deslizamientos y por tanto el patrón de drenaje está mejor definido.

### **VI.VI.II.I. Soluciones Generales para Estabilidad de Taludes**

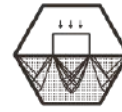
Se presentan a continuación una serie de recomendaciones que deben de ser de conocimiento del desarrollador de la obra, en caso de que se pretenda la construcción de excavaciones de más de 6,0 m de profundidad o en taludes de menor altura pero de suelos altamente desmoronables.

1. Los desniveles del terreno deben de protegerse necesariamente mediante taludes apropiados o apuntalamientos.
2. Las construcciones adyacentes deben ser apuntaladas para que no asienten ni se presenten movimientos laterales.
3. Se deben proteger contra la lluvia: los cimientos por socavación y las medianeras por filtraciones.
4. Los taludes sobre aceras y calles se deben apuntalar considerando los vehículos que sobre ella circulan.
5. Se debe constatar que los puntales estén sentados en terreno competente, que las descargas sean normales al terreno y que los puntales estén arriostrados entre sí.
6. Debe disponerse de un espacio para desechar el material de las excavaciones y una ruta para su acarreo.

Existen elementos rígidos como lo son las pantallas de pilotes, apuntalamientos, y los elementos flexibles como pantallas de anclajes.

Por consideraciones económicas y técnicas, las soluciones mediante anclajes presentan grandes ventajas sobre las excavaciones apuntaladas. Sin embargo las soluciones ancladas poseen algunos problemas que deben preverse en la ejecución.

Se detallan a continuación algunos sistemas de posible utilización en el proyecto:



## VI.VI.II.I.I.

## Muros Rígidos

La utilización de muros rígidos es una de las formas más simples de manejar cortes y terraplenes. Los muros rígidos actúan como una masa relativamente concentrada que sirve de elemento contenedor a la masa inestable.

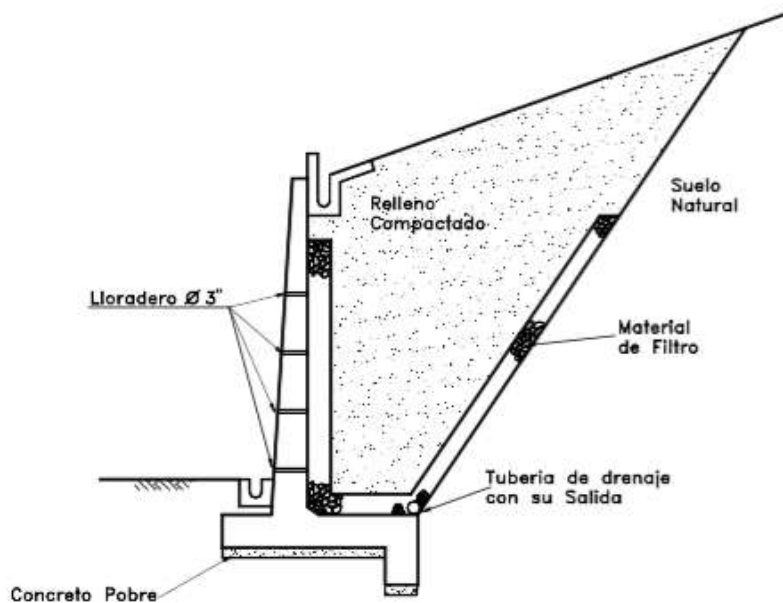


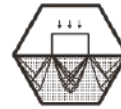
Figura #VII.XXV Esquema típico de un muro de concreto armado con su sistema de subdrenaje

### - Muros de concreto Reforzado

Una estructura de concreto reforzado resiste movimientos debidos a la presión de la tierra sobre el muro. El muro a su vez se apoya en una cimentación por fuera de la masa inestable.

El diseño de un muro en concreto armado incluye los siguientes aspectos:

1. Diseño de la estabilidad intrínseca del muro para evitar volcamiento o deslizamiento sobre el suelo de cimentación.
2. Diseño de la estabilidad general del talud o cálculo del factor de seguridad incluyendo la posibilidad de fallas por debajo de la cimentación del muro.
3. Diseño de las secciones y refuerzos internos para resistir momentos y cortantes.
4. Cálculo de capacidad de soporte de la cimentación.



### - **Muros de concreto sin refuerzo**

Los muros de concretos sin refuerzo son masas relativamente grandes de concreto o concreto con piedra, las cuales trabajan como estructuras rígidas.

Los muros de concreto simple o ciclópeo actúan como estructuras de peso o gravedad y se recomienda no se empleen en alturas superiores a cuatro metros, debido no sólo al aumento de costos, sino a la presencia de esfuerzos de flexión que no pueden ser resistidos por el concreto simple y se pueden presentar roturas a flexión en la parte inferior del muro o dentro del cimiento.

### - **Muros de Concreto Ciclópeo**

El concreto ciclópeo es una mezcla de concreto con cantos o bloques de roca dura. Generalmente, se utilizan mezclas de 60% de concreto y 40% de volumen de piedra.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que a mayor cantidad de piedra existe mayor posibilidad de agrietamiento del muro, por presencia de zonas de debilidad estructural interna. En ocasiones se le colocan refuerzos de varilla de acero dentro del concreto ciclópeo para mejorar su resistencia interna. El diseño de un muro de concreto ciclópeo es muy similar al de los muros de concreto simple rígidos y masivos.

### **Consideraciones para un diseño adecuado**

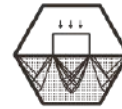
Un diseño adecuado para un muro de contención debe considerar los siguientes aspectos:

- Los componentes estructurales del muro deben ser capaces de resistir los esfuerzos de corte y momento internos generados por las presiones del suelo y demás cargas.
- El muro debe ser seguro contra un posible volcamiento.
- El muro debe ser seguro contra un desplazamiento lateral.
- Las presiones no deben sobrepasar la capacidad de soporte del piso de fundación.
- Los asentamientos y distorsiones deben limitarse a valores tolerables.
- Debe impedirse la erosión del suelo por debajo y adelante del muro bien sea por la presencia de cuerpos de agua o de la escorrentía de las lluvias.
- Debe eliminarse la posibilidad de presencia de presiones de agua detrás del muro.
- El muro debe ser estable a deslizamientos de todo tipo.



CONSULTERÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS



### **Consideraciones para un diseño adecuado: Presiones de expansión**

Si se coloca un suelo expansivo detrás del muro y este se llegare a humedecer, se podría desarrollar una presión de expansión equivalente a la presión del ensayo de succión o presión de expansión uniformemente a lo largo del muro.

### **Consideraciones para un diseño adecuado: Fuerzas del agua sobre los muros**

La presencia de agua detrás de una estructura de contención tiene un gran efecto sobre la magnitud de las fuerzas aplicadas sobre el muro. La mayoría de los muros que han fallado ha sido debido a la acción del agua, por lo tanto es de la mayor importancia el proveer un adecuado drenaje detrás del muro y calcular adecuadamente las presiones de agua en el diseño.

Aunque en muros convencionales con adecuado drenaje la presión del agua podría ser asumida como cero, en el diseño es conveniente tener en cuenta una carga adicional para el caso en el cual ocurra obstrucción del sistema de drenaje, lo cual es de común ocurrencia.

Las presiones de diseño del agua deben basarse en la condición más crítica que pueda ocurrir durante la vida útil de la estructura de contención, por ejemplo, inundaciones, o rompimiento de tuberías principales de agua.

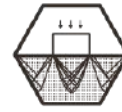
Donde hay nivel freático que varía con las lluvias, el diseño debe basarse en la lluvia máxima, para un período de retorno superior a 100 años. Como es difícil predecir los niveles de agua asociados con las lluvias, se recomienda a los diseñadores ejercitar un criterio muy conservador, teniendo en cuenta el efecto negativo de la presión de poros sobre el muro. En el caso de que haya tuberías de acueducto o alcantarillado detrás del muro en todos los casos se debe asumir la posibilidad de rotura, la cual es muy frecuente.

Para determinar las condiciones del nivel freático en el sitio donde se plantea la construcción de un muro debe establecerse un modelo hidrológico basado en la geología, y si es necesario, colocando piezómetros u otros elementos de medición. Es importante determinar el nivel de permeabilidad de las diversas unidades geológicas y de los materiales de relleno.

Siempre que sea posible se recomienda hacer diagramas de las redes de flujo bien sea con base en elementos finitos o métodos manuales y si es posible utilizar programas de computador.

La infiltración del agua lluvia detrás de un muro puede causar un aumento intempestivo de los niveles de presión de aguas. Cuando la permeabilidad del suelo retenido es mayor de  $10^{-4}$  m/seg, debe considerarse la posibilidad de saturación en un evento lluvioso de gran intensidad.





## **Consideraciones para un diseño adecuado: Subdrenajes**

Con excepción de los muros diseñados para resistir presiones de agua tales como las paredes de sótanos de edificios, es una buena práctica de Ingeniería construir subdrenes detrás de todo tipo de muros. El sistema de drenaje debe diseñarse en tal forma que se anticipe a capturar el agua antes de que afecte el muro. Adicionalmente, a los subdrenes deben colocarse huecos de drenaje para prevenir la presión hidrostática, los cuales son normales de diámetro de dos a tres pulgadas espaciados no más de 1.5 metros horizontalmente y 1.0 metros verticalmente, las columnas deben intercalarse.

Los lloraderos deben colocarse desde una altura baja mínima de 30 centímetros por encima del nivel del pie del muro. .

El espesor de las capas de drenaje generalmente es determinado por criterios de construcción más que por capacidad de drenaje. Se pueden utilizar drenes en geotextil o materiales compuestos, de acuerdo a los criterios de diseños de la mecánica de suelos.

### **- Recomendaciones para el diseño de muros**

- a. Deseablemente la carga en la base debe estar concentrada dentro del tercio medio para evitar esfuerzos de tracción.
- b. Para volcamiento en muros permanentes debe especificarse un factor de seguridad de 2.0 o mayor.
- c. Para deslizamiento debe especificarse un factor de seguridad de 1.5 o mayor.
- d. El análisis estructural es similar al de una viga con cargas repartidas.
- e. Debe conocerse previamente al diseño, el tipo de suelo que se empleará en el relleno detrás del muro. En ningún caso se deben emplear suelos expansivos.

### **- Aspectos constructivos en muros de concreto:**

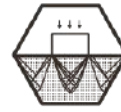
Los muros de concreto deben construirse juntas a intervalos a lo largo del muro. El espaciamiento de estas juntas depende de los cambios de temperatura esperados en el sitio. También deben construirse juntas en todos los sitios de cambio brusco de sección o del nivel de cimentación.

Los muros criba deben construirse siguiendo las normas para estructuras de hormigón armado prefabricadas y los gaviones siguiendo las instrucciones de los manuales de obras en gaviones.



CONSULTERÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS



## - **Recomendaciones para muros de concreto armado**

El diseño de muros en voladizo difiere del de muros de gravedad en los siguientes factores:

- a. La fricción suelo - muro en su parte posterior no se tiene en cuenta por no existir desplazamiento a lo largo de este plano. Se considera que el suelo se desplaza solidariamente con el muro.
- b. El peso del suelo sobre el cimiento se considera como parte integral de la masa del muro en el cálculo de fuerzas.
- c. Se supone que el plano de aplicación de las presiones activas es el plano vertical tomado en el extremo posterior del cimiento del muro.
- d. El diseño estructural interno requiere de especial cuidado. En ocasiones es necesario colocar un dentellón para mejorar la resistencia al deslizamiento.
- e. En los demás aspectos el diseño debe realizarse en la misma forma que el de un muro de gravedad.

### **VI.VI.II.I.II.**

## **Muros Flexibles**

Los muros flexibles son estructuras que se deforman fácilmente por las presiones de la tierra sobre ellas o que se acomodan a los movimientos del suelo. Los muros flexibles se diseñan generalmente, para resistir presiones activas en lo que se refiere a su estabilidad intrínseca y actúan como masas de gravedad para la estabilización de deslizamientos de tierra.

Existen varios tipos de muros flexibles y entre ellos los más populares son:

1. Muros en Gaviones
2. Muros de elementos prefabricados (Muros Criba)
3. Muros de Piedra

Cada uno de estos tipos de muros posee unas características especiales de construcción, diseño y comportamiento.

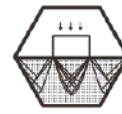
## - **Muros en Gaviones**

Los gaviones son cajones de malla de alambre galvanizado que se rellenan de cantos de roca.

Algunas de las ventajas de un muro en gaviones son las siguientes:



CONSULTERÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS



Simple de construir y mantener y utiliza los cantos y piedras disponibles en el sitio. Se puede construir sobre fundaciones débiles.

Su estructura es flexible y puede tolerar asentamientos diferenciales mayores que otro tipo de muros y es fácil de demoler o reparar.

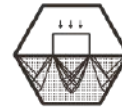
Se emplean tres tipos de mallas diferentes, hexagonales o de triple torsión, electrosoldada y elaborada simple. El principal problema consiste en que las mallas pueden presentar corrosión en suelos ácidos (de PH menor 6).

El diseño de un muro en gaviones debe consistir de:

- **Diseño de la masa del muro para estabilidad a volteo y deslizamiento y estabilidad del talud.**
  - **Diseño Interno de la Estructura del Gavión.**
  - **Especificación del tipo de malla**, calibre del alambre tamaño de las unidades, tipo y número de uniones y calidad del galvanizado, tamaño y forma de los cantos.
  - **Después de las unidades de gavión nivel por nivel.** Se debe diseñar el traslape entre unidades para darle rigidez al muro.
  - **Sistema de filtro:** En el contacto entre el suelo y el gavión se recomienda colocar un geotextil no tejido como elemento de filtro, y en la cimentación del muro se recomienda construir un dren colector para recoger el agua recolectada por el muro
  - Debe tenerse en cuenta que el muro en gaviones es una **estructura permeable**, la cual permite la infiltración de prácticamente el 100% de la lluvia y la escorrentía que pase por encima del muro.
- **Muros en Piedra (Pedraplenes)**

Los muros en piedra son estructuras construidas con bloques o cantos grandes de roca, los cuales se colocan unos sobre otros en forma manual o al volteo. El tamaño de los bloques utilizados generalmente supera las 3 pulgadas y pueden utilizarse bloques hasta de 1 metro de diámetro si se tiene equipo adecuado para su colocación. El diseño consiste en determinar las dimensiones exteriores del terraplén.

El ancho de la base del pedraplén generalmente, es superior a su altura o por lo menos igual. El ángulo de inclinación de la pared exterior depende del tipo de roca, tamaño y angulosidad. Para bloques grandes se pueden utilizar pendientes de hasta 1/6 H: 1B. El ancho mínimo de la parte superior del muro es de 1 metro. Se acostumbra colocarle un geotextil en la interfase entre el pedraplén y el suelo, y un subdren en forma similar a los muros en gaviones.



### VI.VI.II.I.III.

## Estructuras Ancladas

El uso de anclajes de acero en la estabilización de taludes se ha vuelto muy popular en los últimos años. Las estructuras ancladas incluyen los pernos metálicos utilizados para sostener, las estructuras con tendones pretensionados, anclados en el suelo y los tendones pasivos no pretensionados.

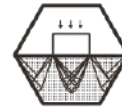
Los anclajes en roca pueden realizarse de muchas formas:

1. Dovela de concreto reforzada para prevenir que se suelte un bloque de roca en la cresta de un talud. Estos pernos son comúnmente varillas de acero colocadas en huecos preperforados, inyectando una resina epóxica o cemento, las varillas generalmente, no son tensionadas debido a que la roca puede moverse al colocar la tensión, se utiliza hierro de alta resistencia en diámetros que varían desde 1/2 a 1.5 pulgadas.
2. Mallas exteriores de alambre galvanizado ancladas con pernos para evitar la ocurrencia de desprendimientos de bloques de roca o material. Debe tenerse en cuenta que los anclajes de mallas protegen de la caída de bloques superficiales, pero no representan estabilidad para el caso de fallas de bloques grandes o movimientos de grandes masas de suelo o roca.
3. Anclajes tensionados para impedir el deslizamiento de bloques de roca a lo largo de un plano de estratificación o fractura. Estos anclajes, generalmente utilizan cable de acero, los cuales se colocan en huecos preperforados e inyectados. La fuerza de tensionamiento depende de la longitud y características del anclaje y no es raro utilizar fuerzas hasta de 50 toneladas por ancla.
4. Muro anclado para prevenir el deslizamiento de una zona suelta. Los muros anclados generalmente, incluyen el concreto lanzado para prevenir el movimiento de bloques en una zona fracturada y drenaje de penetración para impedir la presión de agua. Estos muros anclados pueden ser pasivos o activos dependiendo de si son pretensionados o no.

### - **Pernos Individuales no tensados**

Los pernos son elementos estructurales generalmente constituidos por varillas de acero, las cuales se colocan dentro de una perforación, la cual se inyecta posteriormente con cemento para unir la varilla al macizo de roca. Realmente, lo que ocurre es un refuerzo del macizo de roca por intermedio de la varilla.

En esta forma, se pueden evitar los caídos de roca y en ocasiones los deslizamientos de macizos de roca fracturada con discontinuidades muy espaciadas. El diseño de los pernos, generalmente, es empírico basado en un análisis de las discontinuidades en el macizo y de la estabilidad de los bloques. La parte más importante del diseño es determinar la localización, ángulo de inclinación y longitud de cada perno.



## - **Anclajes Individuales tensados (Anclas activas)**

Este método consiste en la colocación dentro del suelo o roca y muy por debajo de la superficie de falla real o potencial de una serie de tirantes de acero anclados en su punta y tensados por medio de gatos en superficie. Los anclajes generan fuerzas de compresión que aumentan la fricción y / o contrarrestan la acción de las fuerzas desestabilizadoras.

Los anclajes pretensionados se colocan atravesando posibles superficies de falla, anclando los bloques a roca sano o suelo de mejor competencia, detrás de esta superficie. El tensionamiento del perno, transmite una fuerza, produciendo una compresión y modificando los esfuerzos normales sobre la superficie de falla. Si las fuerzas de anclaje se instalan a un ángulo menor que a la normal a la superficie potencial de falla, se crea adicionalmente, una fuerza resistente que se opone al movimiento.

La fuerza requerida para el anclaje, se minimiza cuando la suma del ángulo de buzamiento del ancla y el de la fractura es igual al ángulo de fricción. Se ahorra gran cantidad de pernos, instalándolos al ángulo óptimo, en lugar de colocarlos normales a la falla.

En la cabeza exterior del ancla se coloca una platina metálica para fijar el anclaje y permitir su tensado.

## - **Proceso constructivo**

La construcción de un anclaje comprende los pasos siguientes:

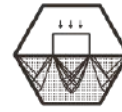
La perforación debe efectuarse con un correcto alineamiento y ángulo de inclinación, según el diseño. Se extrae la barra de perforación y se limpia el hueco, utilizando agua a presión.

Se controla la longitud del sondeo mediante la varilla de perforación.

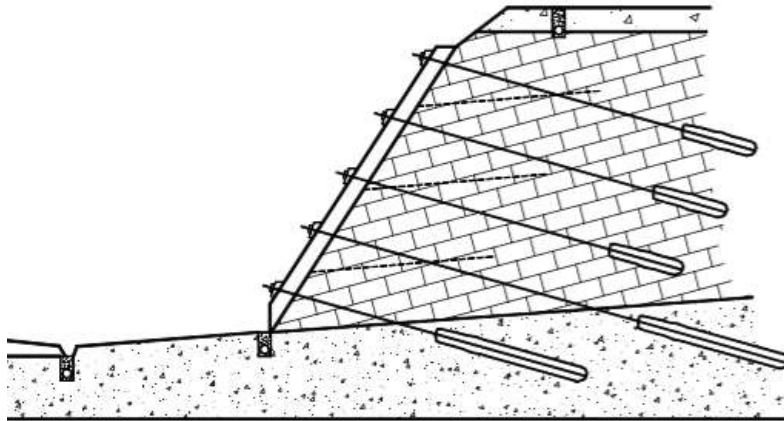
Se coloca el tirante en el hueco y se inyecta el mortero a presión hasta la zona de selle, si se produce una pérdida considerable de inyección, es necesario reducir la presión de inyección.

La parte inicial del tirante ha sido previamente aislado con el objeto de evitar su cementación en el suelo (todo el cuerpo debe estar protegido contra la corrosión). El mortero inicia el periodo de fraguado especificado.

Adicionalmente y como parte del sistema o complemento se emplea el concreto o mortero lanzado que es concreto o mortero, el cual es colocado por medio de un sistema de bombeo a presión.



## - Diseño de Anclajes



*Figura #VII.XXVI Esquema general de anclajes.*

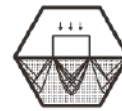
La protección contra la corrosión es muy importante para garantizar la larga vida de los anclajes. Especialmente en los siguientes casos:

- Suelos y rocas que contienen cloruros.
- Cambios estacionales de la tabla de agua.
- Ambientes marinos.
- Arcillas saturadas con alto contenido de sulfatos.
- Exposición a corrientes eléctricas que generan acción galvánica.

f. Paso a través de suelos de características químicas diferentes.

La descripción corrosiva del ambiente puede cuantificarse en términos de pH y resistividad del sitio. En suelos ácidos con pH menor de 4, la corrosión es muy alta y en suelos con pH mayor de 7, también se produce corrosión. Así mismo los suelos orgánicos son más corrosivos que las arcillas y las arcillas más que las arenas y gravas.

Los métodos de protección contra la corrosión incluyen: el galvanizado, aplicación de cubiertas epóxicas, encapsulación del acero y el cemento. El cemento tiene la ventaja de que genera un ambiente con pH alto que protege el acero formando una capa de óxido hidroferroso.



## - Micropilotes (Soil Nailing)

El Soil Nailing es un método de refuerzo in situ utilizando micropilotes vacíos capaces de movilizar resistencia a tensión en el caso de ocurrencia de un movimiento. Se diferencian de los pilotes en cuanto los micropilotes no resisten cargas laterales a flexión.

Los micropilotes pueden ser varillas de acero, tubos o cables que se introducen dentro del suelo natural o la roca blanda y son inyectados dentro de huecos preperforados. Generalmente son espaciados a distancias relativamente pequeñas.

Los micropilotes pueden ser hincados o inyectados en perforaciones previamente realizadas. Junto con el suelo estos alfileres o nail forman una estructura de suelo reforzado. Los nail o alfileres se diferencian de los anclajes en el sentido de que son pasivos, o sea, que no son postensionados. Adicionalmente los Nails están mucho más cercanamente espaciados que los anclajes.

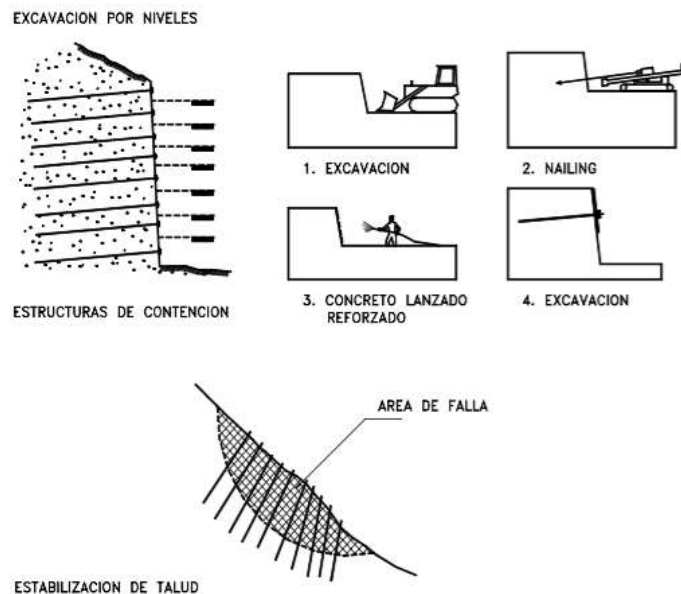
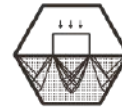


Figura #VII.XXVII. Esquema general del soil nailing.

Existen dos sistemas de funcionamiento de los micropilotes:

1. Micropilotes que transfieren las cargas a través de suelos sueltos o blandos a un material mucho más competente. En este caso los micropilotes se diseñan anclados o como si conformaran una estructura aporticada.
2. Micropilotes que refuerzan el suelo (Juran, 1996).



La estabilidad del Soil Nailing se basa en dos factores así:

- Desarrollo de fricción o adhesión en la interfase suelo alfiler.
- Resistencia pasiva desarrollada a lo largo de la superficie perpendicular a la dirección del Soil Nailing.

Este sistema es mucho más efectivo en suelos granulares duros y en arcillas limosas competentes.

El suelo debe tener suficiente resistencia para resistir un talud vertical de aproximadamente dos metros de altura sin deformación.

El sistema de Soil Nailing no es muy efectivo en suelos granulares sueltos o en arcillas blandas. La presencia de niveles freáticos altos también puede representar dificultades de construcción. Elías (1991) y Byrne (1992) presentan algunos sistemas de diseño de alfileres.

Estos sistemas son relativamente flexibles y por lo tanto resistente a fuerzas sísmicas; sin embargo, el comportamiento dinámico de estas estructuras es relativamente desconocido y se requiere desarrollar sistemas de diseño para sismos.

El diseño de taludes con Nails generalmente, se basa en análisis de equilibrio límite, calculando factor de seguridad. Los sistemas incluyen el diseño de espaciamiento, tamaño, y longitud de los Nails y el diseño del recubrimiento de la superficie. Para taludes permanentes el diseño debe considerar siempre medidas de protección contra la corrosión.

### **VI.VI.III. Excavaciones de grandes volúmenes y sótanos**

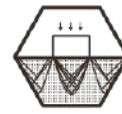
Las edificación en zonas urbanas plantea frecuentemente problemas especiales debido a la proximidad de otras estructuras. La repercusión de los efectos que en ellas puedan tener los trabajos de la nueva obra tanto en cuanto a estabilidad como a los asentamientos, adquieren importancia fundamental. Muchas veces hay que recurrir a tipos de cimentación especiales o tratamientos del terreno. En otras la necesidad de construir varios sótanos en áreas congestionadas, requiere efectuar excavaciones profundas, y los problemas de estabilidad de taludes pasan a primer plano. Además, no hay que olvidar los efectos que produce la modificación de las condiciones el nivel freático.

La acción sobre el terreno de la nueva obra y fundamentalmente las operaciones requeridas para construirla provocarán inevitablemente movimientos en el terreno (incluso, a veces, a relativa distancia) que han de ser compatibles con las estructuras cercanas.





CONSULTERÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS



La dificultad indicada anteriormente de evaluar los movimientos tolerables para una estructura se hace ahora todavía mayor al desconocer la situación en la que se encuentran los edificios ya construidos. En casos excepcionales, pueden efectuarse estudios recurriendo a diferentes métodos dadas las dificultades de acceso o de utilización.

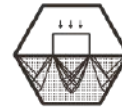
Aparece así, como una necesidad la colaboración estrecha entre ingenieros estructurales para la definición del sistema de cimentación y la de ingenieros geotécnicos.

No debe olvidarse las limitaciones de la geotecnia, sobre el comportamiento de los suelos. La naturaleza en la que hay que construir las obras es heterogénea y muchas veces errática por lo que las teorías e cálculo disponibles requieren una simplificación y el establecimiento de parámetros adecuados para los modelos matemáticos que reflejen este comportamiento.

Los trabajos que normalmente pueden producir daños en los edificios colindantes son la excavación, el drenaje o modificación de las condiciones existentes de nivel freático y las operaciones que transmiten vibraciones. Las causas del daño suelen ser:

- 1) Descalce de cimentaciones superficiales
- 2) Movimientos horizontes y verticales del terreno como consecuencia de una excavación
- 3) Reducción de la capacidad portante del terreno por elevación del nivel freático o aumento temporal de las presiones intersticiales (hinca de pilotes en suelos arcillosos).
- 4) Incremento de los asentamientos por disminución del nivel freático que aumenta las presiones efectivas del terrero o por transmisión de vibraciones en suelos granulares que provocan su compactación.
- 5) Erosión interna del terreno por arrastre de finos
- 6) Transmisión de cargas a cimentaciones profundas
- 7) Asiento del nuevo edificio puede arrastrar verticalmente al edificio colindante.

Es sabido que toda excavación provoca alteraciones de tensión en el suelo y esta condición conduce a deformaciones en el terreno contiguo, lo cual trae consigo el peligro de que las edificaciones vecinas resulten afectadas por levantamientos, asentamientos, posiciones oblicuas o grietas.



Las deformaciones del terreno en la zona de excavación dependen de la naturaleza del terreno, de las dimensiones de la excavación y de las condiciones de la edificación; como es natural, también tiene una cierta influencia la naturaleza y condiciones de retención de la pared.

Así existen elementos rígidos como lo son las pantallas de pilotes, apuntalamientos, y los elementos flexibles como pantallas de anclajes.

Por consideraciones económicas y técnicas, las soluciones mediante anclajes presentan grandes ventajas sobre las excavaciones apuntaladas. Sin embargo las soluciones ancladas poseen algunos problemas que deben preverse en la ejecución.

Se detallan a continuación algunos sistemas de posible utilización en el proyecto:

### VI.VI.III.I. Apuntalamientos:

El apuntalamiento es la provisión de un sistema de apoyo para las superficies de zanja utilizadas para evitar el movimiento del suelo, los servicios públicos subterráneos, las carreteras y las fundaciones. El apuntalamiento o apantallamiento se utiliza cuando la ubicación o la profundidad del corte hace que la inclinación hacia atrás a la pendiente máxima permisible sea inviable. Los sistemas de apuntalamiento consisten en postes, columnas, puntales y láminas. Hay dos tipos básicos de apuntalamiento: madera y aluminio hidráulico. Siendo los apuntalamientos de madera menos utilizados.

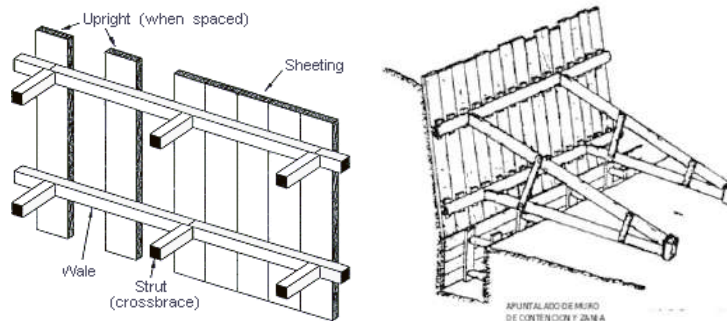


Figura #VII.XXVIII Apuntalamiento de madera.

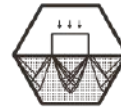
#### - Apuntalamiento hidráulico

La tendencia actual es hacia el uso de apuntalamiento hidráulico, un sistema prefabricado de guillotina y / o guadaña fabricado de aluminio o acero. El apuntalamiento hidráulico proporciona una ventaja crítica de seguridad sobre el apuntalamiento de la madera porque los trabajadores no tienen que entrar



CONSULTERÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

## ESTUDIO DE SUELOS



en la zanja para instalar o retirar el apuntalamiento hidráulico. Otras ventajas de la mayoría de los sistemas hidráulicos son que:

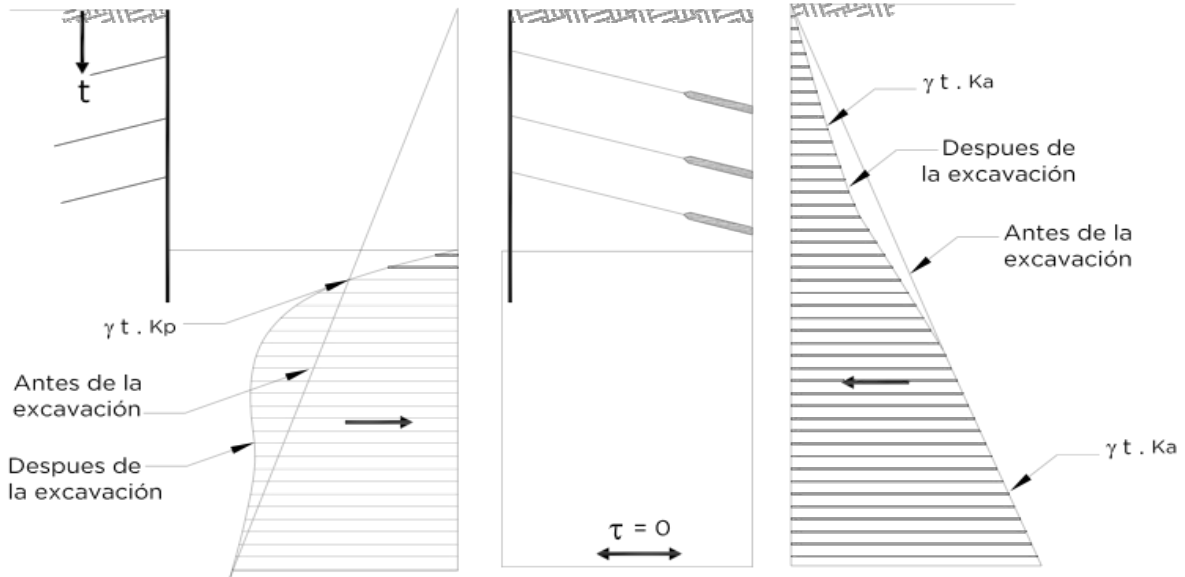
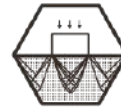
- Son lo suficientemente ligeros como para ser instalados por un trabajador;
- Están calibrados regulados para asegurar una distribución uniforme de la presión a lo largo de la línea de zanja;
- Pueden tener sus caras de trinchera "precargadas" para usar la cohesión natural del suelo para evitar el movimiento; y
- Puede adaptarse fácilmente a varias profundidades y anchos de zanja.

Todo apuntalamiento debe instalarse desde arriba hacia abajo y retirarse de abajo hacia arriba. El apuntalamiento hidráulico debe ser revisado al menos una vez por turno para fugas de mangueras y / o cilindros, conexiones rotas, pezones agrietados, bases dobladas y cualquier otra pieza dañada o defectuosa.

### VI.VI.III.II.

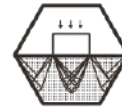
### Anclajes:

Si se considera un semiespacio del terreno, formado en un lado por la pared de la excavación y en el otro, por los extremos de los anclajes veremos que sobre el mismo actual las siguientes presiones: por encima del plano del fondo de la excavación actual, lateralmente, el empuje activo del terreno y por debajo de dicho plano, el empuje al reposo. Sobre el fondo de la excavación no existe contrapresión alguna para mantener el equilibrio.



### DISTRIBUCIÓN DE EMPUJES EN LA ZONA DE UNA EXCAVACIÓN

Figura #VII.XXIX. Distribución de empujes en la zona de una excavación.



## VI.VI.IV. Influencia en edificaciones contiguas

Los efectos de las excavaciones profundas en las estructuras cercanas son, con frecuencia, una de las consideraciones más importantes en el momento de seleccionar el tipo de ejecución.

La excavación remueve una masa de suelo y agua y produce una reducción de esfuerzos totales en los lados y en el fondo del corte. Según lo indicado, la reducción de esfuerzos totales durante la excavación, hace que el suelo se mueva hacia el interior de la misma y hacia arriba el fondo. A medida que estos movimientos ocurren, el suelo adyacente a la excavación sufre desplazamientos laterales y asentamientos.

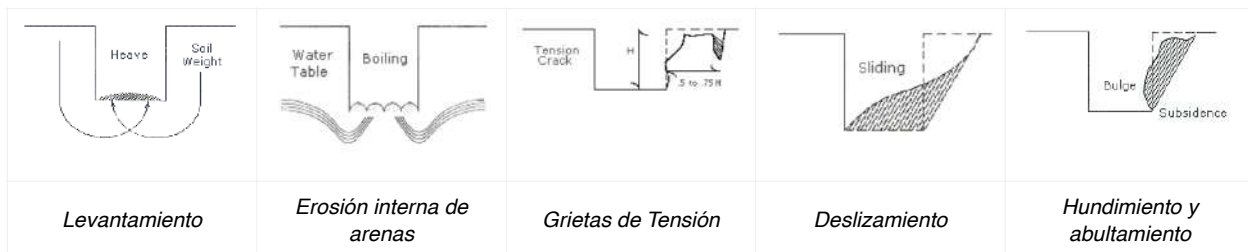
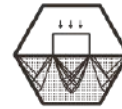


Figura #VII.XXX. Fallas típicas producto de excavaciones.

Un gran número de factores interrelacionados influye en la magnitud y la distribución de los movimientos que acompañan la excavación. Entre los más determinantes, podemos citar:

- Las dimensiones, especialmente de la profundidad de la excavación.
- Las condiciones del suelo
- La rigidez del sistema de soporte lateral y secuencias de instalación del mismo.
- El tiempo que la excavación permanece abierta
- Los detalles de construcción y pericia en la mano de obra
- El control de aguas subterráneas

Los métodos modernos de cálculo permiten determinar con excelente aproximación las deformaciones del conjunto, teniendo en cuenta las diferentes fases de excavación y la colocación de apoyos o anclajes.



## VI.VI.IV.I.

## Empuje Lateral

En el caso de un corte o terraplén donde no existe posibilidad de ocurrencia de un deslizamiento grande masivo se acostumbra construir muros de contención para resistir las presiones generadas por la existencia de un talud de gran pendiente o semi-vertical. La necesidad del muro se debe a que dentro del suelo se generan unas presiones horizontales que puede inducir a la ocurrencia del derrumbamiento o deslizamiento de una cuña de suelo relativamente sub-superficial.

La presión lateral que actúa sobre un muro en condiciones de talud estable son una función de los materiales y las sobrecargas que la estructura soportan, el nivel de agua freática, las condiciones de cimentación y el modo y magnitud del movimiento relativo del muro.

Los esfuerzos que actúan sobre un elemento de suelo dentro de una masa pueden ser representados gráficamente por el sistema de Mohr, en el cual el estado de esfuerzo es indicado por un círculo y las combinaciones críticas del diagrama de Mohr representan la envolvente de falla. En general la envolvente de falla es curvilínea pero para minimizar los esfuerzos de cálculo se supone aproximada a una línea recta.

Existen tres tipos de presión de acuerdo a las características de deformación supuestas en la interacción suelo-estructura: presión en Reposo, Presión Activa y Presión Pasiva.

La presión en reposo se supone que ocurre cuando el suelo no se ha movido detrás del muro y se le ha prevenido de expandirse o contraerse. Los términos presión activa y presión pasiva son utilizados para describir las condiciones límite de las presiones de tierra contra la estructura. La presión activa es la presión lateral ejercida por el suelo detrás de la estructura cuando la pared se mueve suficientemente hacia fuera para alcanzar un valor mínimo. La presión pasiva es la presión lateral ejercida sobre la pared cuando el muro se mueve suficientemente hacia el suelo hasta que la presión alcanza un valor máximo.

### Empuje Lateral:

Para los suelos encontrados se presentan los coeficientes de presión activa y pasiva para el diseño de las obras de retención. El método propuesto por Rankine, apoyado en su Teoría de Presión de Tierra sobre muros de contención y basado en el equilibrio de fuerzas indica que se pueden utilizar las siguientes ecuaciones:

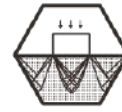
$$E_A = \frac{\gamma H^2}{2} - 2CH$$

*Ecuación #4*

$$E_P = \frac{\gamma H^2}{2} + 2CH$$

*Ecuación #5*

Ecuaciones #4 y #5, para obtener el empuje en materiales cohesivos, obtenidas del libro de Principios de Ingeniería de cimentaciones, Braja Das.



Estas ecuaciones podrán ser utilizadas en caso de que se coloquen muros en contacto directo con el suelo detectado para obtener el valor final del empuje será necesario conocer la profundidad H, los valores de cohesión recomendados se indicaron en el apartado V sección II del presente reporte.

En caso de colocar estructuras de contención se recomienda colocar un relleno de lastre compactado con un espesor que abarque cuando menos la cuña de Rankine, entre el muro y el terreno existente, esto con el objetivo de disminuir los esfuerzos sobre la estructura de contención. Para dicho lastre se presentan los coeficientes de presión activa y pasiva para los diseño de las obras de retención.

$$\phi = 30^\circ \quad k_a = 0.33 \quad k_p = 2.99$$

$$E_A = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$$

*Ecuación #6*

$$E_P = \frac{1}{2} K_p \gamma H^2$$

*Ecuación #7*

*Ecuaciones #6 y #7 para obtención de empujes en suelos cohesivos obtenidas del CCCR-94.*

## **VI.VII. Recomendaciones para arcillas expansivas**

El mecanismo de expansión o contracción de este tipo de arcillas está regido por los cambios de humedad, por lo cual se debe evitar la ganancia o pérdida de humedad del suelo. A continuación se presentan algunas recomendaciones para lidiar con la problemática de los suelos expansivos, a partir de este principio básico:

En zonas donde las arcillas expansivas queden descubiertas producto de cortes, se recomienda cubrirlas con una capa de arena fina o lastre que puede mantenerse ligeramente humedecida.

Para la construcción de las áreas de piso, se recomienda excavar y extraer un espesor de por lo menos 0,40m, y sustituirlo por un material granular compactado al 95% del Proctor Modificado.

Se recomienda construir zonas de protección contra cambios de humedad, estas ubicadas en la cercanía de las paredes exteriores y deberán constituirse por aceras perimetrales o una zona de suelo estabilizado con cemento, en los alrededores de los edificios.

No se debe localizar drenajes de aguas negras paralelamente a las paredes.

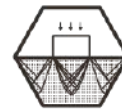
Los árboles absorben agua del medio produciendo cambios en su contenido de humedad, por lo cual no se recomienda sembrar árboles o algún otro tipo de vegetación muy cerca de las edificaciones.

Se recomienda además evitar la acumulación de aguas de lluvia en depresiones cercanas a las edificaciones. Si no existe drenaje libre por escorrentía del agua llovida, es recomendable proveer un sistema de drenajes que aleje el agua de la estructura.



CONSULTERÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS



## VII. CONCLUSIONES GEOTÉCNICAS

El presente informe atiende la solicitud realizada por el Departamento de Infraestructura Penitenciaria del Patronato de Construcciones, Instalaciones y Adquisición de Bienes, para la elaboración del estudio de suelos, donde se describe la investigación realizada en el campo, efectuado para el lote con plano de catastro número A- 151437- 1993, ubicado en el distrito 08° San Rafael, del cantón 01° Alajuela, de la provincia 02° Alajuela, todo de acuerdo con las especificaciones indicadas en el pliego de condiciones, dentro del proceso de compra directa número 2020CD-000009-0012600001 “Servicios profesionales para la elaboración de dos estudios ambientales para la obtención de viabilidad ambiental y un estudio de suelos”

Del presente informe se pueden concluir los siguientes aspectos:

Se realizó una visita al sitio, se ejecutaron dos pruebas de infiltraciones y trece perforaciones mediante el método de SPT. Se dispusieron 11 perforaciones en los espacios destinados al alojamiento para población privada de libertad por delitos por crimen organizado en el CAI Jorge Arturo Montero Castro y 2 perforaciones para la zona donde se construirá el nuevo edificio de la Policía Penitenciaria en el CAI Jorge Arturo Montero Castro, ambos proyectos dentro de la propiedad registral del Estado bajo el nombre Carcel La Reforma.

Se detectó el rebote del mazo en las perforaciones P-3, P-4, P-6, P-7, P-8, P-9, P-10, P-11, P-1-1 y P-1-2. Los sondeos alcanzaron una profundidad de investigación de entre los 3,0 m hasta los 6,0 m.

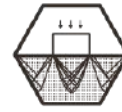
Se elaboró un croquis de referencia, para indicar la ubicación de las perforaciones realizadas en el sitio, las mismas fueron ubicadas a partir de las coordenadas suministradas por el personal del Patronato.

A partir de los resultados obtenidos de las muestras recuperadas, se obtienen condiciones homogéneas, de acuerdo con la zona donde se llevaron a cabo las perforaciones.

De la investigación realizada se logró obtener un perfil geotécnico que representa las características físico-mecánicas de los suelos encontrados. El depósito del suelo detectado está constituido básicamente por dos estratos con un sub-estrato inmerso en cada uno de ellos.

La estratigrafía de los suelos encontrados se encuentra compuesta por un estrato de Limo arcilloso de plasticidad alta color café, con vetas arcillosas color gris y negro, de consistencia medianamente compacta a dura (Nspt 5 - RM) y de clasificación SUCS: MH. Este material posee un espesor variable aproximado entre 1,0 m hasta 5,0 m (-5,0 m de profundidad).





Inmerso en este estrato, se identifica la presencia de un sub-estrato compuesto por una arcilla limosa de plasticidad alta color café oscuro con vetas limosas color café y presencia de partículas negras, de consistencia compacta a dura (Nspt 11 - RM) y de clasificación SUCS: CH. Este material posee un espesor variable aproximado entre 1,5 m hasta 4,5 m (-4,5 m de profundidad, detectado en las perforaciones P-2, P-3 y P-4).

Seguidamente, se detecta un estrato compuesto por un limo arenoso de plasticidad baja a media color café grisáceo con vetas gravosas color negro (roca meteorizada) y presencia de matriz limosa, de consistencia blanda a dura (Nspt 4 - RM) y de clasificación SUCS: ML. Este material posee un espesor variable aproximado entre 1,5 m hasta 6,0 m (-6,0 m de profundidad).

Inmerso en este estrato, se identifica un sub-estrato compuesto por una arcilla limosa de plasticidad baja color café grisácea con vetas limosas color café y presencia de partículas negras, de consistencia compacta a dura (Nspt 7 - RM) y de clasificación SUCS: CL. Este material posee un espesor variable aproximado entre 1,5 m hasta 4,5 m (-4,5 m de profundidad, detectado en las perforaciones P-9, P-10 y P-11).

No se detectó el nivel freático en ninguna de las perforaciones realizadas. En la zona se descarta el fenómeno de licuación, debido a la presencia de suelos cohesivos y ausencia de nivel freático.

Con base a los resultados obtenidos de las pruebas de infiltración, se obtiene una tasa de infiltración de mayor a los 30,0 min/cm, resultado inadecuado para sistemas de absorción. Los resultados y recomendaciones de acuerdo a las tasas de infiltración obtenidas de la pruebas de infiltración se detallan en el apartado V.IV.

De acuerdo con las características de los suelos encontrados, y con base en los resultados obtenidos, desde el punto de vista de capacidad soportante y asentamientos, se proponen los sistemas de cimentación y los niveles de desplante indicados en el apartado VI.III del presente informe.

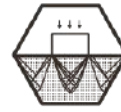
Deberá verificarse a criterio del diseñador de la obra, que la carga que imponga sobre esta estructura al subsuelo, no sea mayor a la capacidad de soporte admisible recomendada en este informe, para evitar así posibles asentamientos en la estructura.

Los sondeos SPT son pruebas puntuales, por lo que están sujetas a las condiciones existentes en campo. Se recomienda que durante el proceso de construcción se verifiquen las condiciones de capacidad de soporte recomendadas en este reporte.



CONSULTERÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

## ESTUDIO DE SUELOS



Se debe prestar especial atención a los sitios donde se detecte presencia de material orgánico en las áreas de cimentación para las capas superficiales, esto debido a su alta compresibilidad y baja resistencia al corte. En caso de detectarse este tipo de material a los niveles de desplante propuestos en este reporte, durante el proceso constructivo, deberá ser removido en su totalidad.

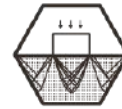
Si durante la ejecución de la etapa constructiva se encuentra alguna variación de las condiciones presentes en este informe, se nos deberá informar para realizar las revisiones y modificaciones que se consideren pertinentes.

Cualquier condición no indicada en este informe se nos deberá consultar al respecto.



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS



## **VIII. DISCUSIÓN SOBRE LOS GRADOS DE INCERTIDUMBRE Y ALCANCE DEL ESTUDIO**

En el caso de que las condiciones encontradas durante el proceso constructivo varíen se recomienda, que durante el proceso de construcción un técnico en mecánica de suelos verifique que se está cimentando sobre los estratos propuestos en este informe.

Los sondeos SPT son pruebas puntuales, por lo que están sujetas a las condiciones existentes en campo para el rebote del mazo. A partir de los resultados obtenidos de laboratorio se realiza un modelo geotécnico considerando materiales isotrópicos, por lo que durante el proceso de construcción debe verificarse las condiciones de capacidad de soporte recomendadas en este reporte

Cualquier situación no contemplada en este informe y que se presente en la etapa constructiva se nos deberá consultar al respecto.

## **IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ACG. Asociación Costarricense de Geotecnia, “Código de Cimentaciones de Costa Rica”. Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2009.

CFIA. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, “Código Sísmico de Costa Rica”. Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2010.

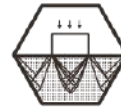
CFIA. Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos. 2017. “Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones”. Editorial Tecnológica de Costa Rica.

DAS, BRAJA. Principios de Ingeniería de Cimentaciones Editorial Limusa.



CONSULTORA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEO TÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS



**X.**

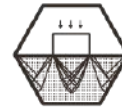
**ANEXOS**

**A.- PERFIL DE PERFORACIONES**



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

# ESTUDIO DE SUELOS



HOJA DE RESUMEN DE PERFORACIÓN				P-1		 CONSULTORÍA Y DESARROLLO DE PROYECTOS GEOTÉCNICOS EST. 2011				
Proyecto:				CAI Jorge Arturo Monge		Localización		San Rafael, Alajuela		
Profundidad (m)	Número de Golpes (NSPT)		Tipología	Perforación: P-1 Hoja: 1 De 1	LL	LP	IC	IL	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m <sup>3</sup> ) y Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )
	De:	Hasta:								
0,0	0,5	8	Limo arcilloso de plasticidad alta color café, con vetas arcillosas color gris y negro, de consistencia compacta a dura. Clasificación SUCS: MH.							
0,5	1,0	7								
1,0	1,5	12								
1,5	2,0	10								
2,0	2,5	11								
2,5	3,0	18								
3,0	3,5	27								
3,5	4,0	28								
4,0	4,5	27								
4,5	5,0	25								
5,0	5,5									
5,5	6,0									
6,0	6,5									
6,5	7,0									
7,0	7,5									
7,5	8,0									
8,0	8,5									
8,5	9,0									
9,0	9,5									
9,5	10,0									
10,0	10,5									
10,5	11,0									
11,0	11,5									
11,5	12,0									
12,0	12,5									
12,5	13,0									
13,0	13,5									
13,5	14,0									
14,0	14,5									
14,5	15,0									

N= No de golpes por pie  
% R= % de recuperación  
N o NF= Nivel Freático  
∇op = Inicio de Fugas de Agua  
IC = Índice de Contracción  
e= razón de vacíos  
SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

NIVEL FREÁTICO PROMEDIO  
No se detectó

∇cl = Cesación de Fugas de Agua  
MB= Muestreador estándar  
CP= Cola de pescado  
BQ, NQ o HQ (Tipo de broca)  
BTG o BTH = Broca de Tungsteno  
Cu= cohesión (Kg/cm<sup>2</sup>)  
SPT= Ensayo de Penetración Estándar

COORDENADAS: N 9°57'2.13"  
O 084°13'32.52"

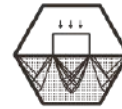
%W= % de Humedad insitu  
LL = Limite Líquido  
LP= Limite Plástico  
%S =% de Saturación  
IL = Índice de Liquidez  
g = Peso Unitario (Ton/m<sup>3</sup>) insitu  
E = Trepano

FECHA  
Noviembre, 2020



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

# ESTUDIO DE SUELOS



HOJA DE RESUMEN DE PERFORACIÓN				P-2		D'GEO		CONSULTORÍA Y DESARROLLO DE PROYECTOS GEOTÉCNICOS					
Proyecto:				CAI Jorge Arturo Monge		Localización				San Rafael, Alajuela			
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)		Tipología	Perforación: P-2 Hoja: 1 De 1		LL	LP	IC	IL	% de Humedad	Peso Unitario (g)	
De:	Hasta:				CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL							(Ton/m <sup>3</sup> ) y Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )	
0,0	0,5		10	Limo arcilloso de plasticidad alta color café, de consistencia medianamente compacta a compacta. Clasificación SUCS: MH.									
0,5	1,0		8										
1,0	1,5		11	Arcilla limosa de plasticidad alta color café oscuro con vetas limosas color café y presencia de partículas negras, de consistencia compacta a dura. Clasificación SUCS: CH.	54	26	1,93	-0,93					
1,5	2,0		25										
2,0	2,5		30	Limo arcilloso de plasticidad alta color café, con vetas arcillosas color gris y negro, de consistencia muy compacta a dura. Clasificación SUCS: MH.									
2,5	3,0		45										
3,0	3,5		38										
3,5	4,0		41										
4,0	4,5		29		57	31	2,19	-1,19					
4,5	5,0		29										
5,0	5,5												
5,5	6,0												
6,0	6,5												
6,5	7,0												
7,0	7,5												
7,5	8,0												
8,0	8,5												
8,5	9,0												
9,0	9,5												
9,5	10,0												
10,0	10,5												
10,5	11,0												
11,0	11,5												
11,5	12,0												
12,0	12,5												
12,5	13,0												
13,0	13,5												
13,5	14,0												
14,0	14,5												
14,5	15,0												

N= No de golpes por pie  
% R= % de recuperación  
N o NF= Nivel Freático  
∇ op = Inicio de Fugas de Agua  
IC = Índice de Contracción  
e= razón de vacíos  
SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

∇ cl = Cesación de Fugas de Agua  
MB= Muestreador estándar  
CP= Cola de pescado  
BQ, NQ o HQ (Tipo de broca)  
BTG o BTH = Broca de Tungsteno  
Cu= cohesión (Kg/cm<sup>2</sup>)  
SPT= Ensayo de Penetración Estándar

%W= % de Humedad insitu  
LL = Límite Líquido  
LP= Límite Plástico  
%S = % de Saturación  
IL = Índice de Liquidez  
g = Peso Unitario (Ton/m<sup>3</sup>) insitu  
E = Trepano

NIVEL FREÁTICO PROMEDIO  
No se detectó

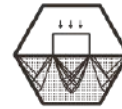
COORDENADAS: N 9°57'04.2"  
O 084°13'32.3"

FECHA  
Noviembre, 2020



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

## ESTUDIO DE SUELOS

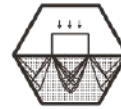


HOJA DE RESUMEN DE PERFORACIÓN				P-3		CONSULTORÍA Y DESARROLLO DE PROYECTOS GEOTÉCNICOS <small>EST. 2011</small>					
Proyecto:				CAI Jorge Arturo Monge		Localización		San Rafael, Alajuela			
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)		Tipología	Perforación: P-3 Hoja: 1 De 1	LL	LP	IC	IL	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m <sup>3</sup> ) y Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )
De:	Hasta:										
0.0	0.5		10	A	Arcilla limosa de plasticidad alta color café oscuro con vetas limosas color café y presencia de partículas negras, de consistencia compacta. Clasificación SUCS: CH.	53	28	2.12	-1.12		
0.5	1.0		14								
1.0	1.5		11	B	Limo arcilloso de plasticidad alta color café, con vetas arcillosas color gris y negro, de consistencia dura. Clasificación SUCS: MH.						
1.5	2.0		13								
2.0	2.5		54								
2.5	3.0		RM								
3.0	3.5										
3.5	4.0										
4.0	4.5										
4.5	5.0										
5.0	5.5										
5.5	6.0										
6.0	6.5										
6.5	7.0										
7.0	7.5										
7.5	8.0										
8.0	8.5										
8.5	9.0										
9.0	9.5										
9.5	10.0										
10.0	10.5										
10.5	11.0										
11.0	11.5										
11.5	12.0										
12.0	12.5										
12.5	13.0										
13.0	13.5										
13.5	14.0										
14.0	14.5										
14.5	15.0										
N= No de golpes por pie % R= % de recuperación N o NF= Nivel Freático ∇ op = Inicio de Fugas de Agua IC = Índice de Contracción e= razón de vacíos SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos					∇ cl = Cesación de Fugas de Agua MB= Muestreador estandar CP= Cola de pescado BQ, NQ o HQ (Tipo de broca) BTG o BTH = Broca de Tungsteno Cu= cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> ) SPT= Ensayo de Penetración Estándar			%W= % de Humedad in situ LL = Limite Líquido ● LP= Limite Plástico ◆ %S =% de Saturación IL = Índice de Liquidez g = Peso Unitario (Ton/m <sup>3</sup> ) in situ ○ E = Trepano			
NIVEL FREÁTICO PROMEDIO No se detectó					COORDENADAS: N 9°57'04.8" O 084°13'33.2"			FECHA Noviembre, 2020			



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

# ESTUDIO DE SUELOS



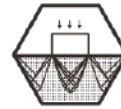
HOJA DE RESUMEN DE PERFORACIÓN				P-4		CONSULTORÍA Y DESARROLLO DE PROYECTOS GEOTÉCNICOS <small>EST. 2011</small>																																																																																																												
Proyecto:				CAI Jorge Arturo Monge		Localización		San Rafael, Alajuela																																																																																																										
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)		Tipología	Perforación: P-4 Hoja: 1 De 1		LL	LP	IC	IL	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m <sup>3</sup> ) y Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )																																																																																																						
De:	Hasta:				CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL																																																																																																													
0.0	0.5		10	Arcilla limosa de plasticidad alta color café oscuro con vetas limosas color café y presencia de partículas negras, de consistencia compacta a dura. Clasificación SUCS: CH.								<table border="1"> <tr><td>0</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td></tr> <tr><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	0	1	2	3	4	5	0						1						2						3						4						5						6						7						8						9						10						11						12						13						14						15					
0	1	2	3		4	5																																																																																																												
0																																																																																																																		
1																																																																																																																		
2																																																																																																																		
3																																																																																																																		
4																																																																																																																		
5																																																																																																																		
6																																																																																																																		
7																																																																																																																		
8																																																																																																																		
9																																																																																																																		
10																																																																																																																		
11																																																																																																																		
12																																																																																																																		
13																																																																																																																		
14																																																																																																																		
15																																																																																																																		
0.5	1.0		16																																																																																																															
1.0	1.5		20																																																																																																															
1.5	2.0		17																																																																																																															
2.0	2.5		24																																																																																																															
2.5	3.0		18																																																																																																															
3.0	3.5		RM																																																																																																															
3.5	4.0																																																																																																																	
4.0	4.5																																																																																																																	
4.5	5.0																																																																																																																	
5.0	5.5																																																																																																																	
5.5	6.0																																																																																																																	
6.0	6.5																																																																																																																	
6.5	7.0																																																																																																																	
7.0	7.5																																																																																																																	
7.5	8.0																																																																																																																	
8.0	8.5																																																																																																																	
8.5	9.0																																																																																																																	
9.0	9.5																																																																																																																	
9.5	10.0																																																																																																																	
10.0	10.5																																																																																																																	
10.5	11.0																																																																																																																	
11.0	11.5																																																																																																																	
11.5	12.0																																																																																																																	
12.0	12.5																																																																																																																	
12.5	13.0																																																																																																																	
13.0	13.5																																																																																																																	
13.5	14.0																																																																																																																	
14.0	14.5																																																																																																																	
14.5	15.0																																																																																																																	
N= No de golpes por pie % R= % de recuperación N o NF= Nivel Freático ∇ op = Inicio de Fugas de Agua IC = Índice de Contracción e= razón de vacíos SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos					∇ cl = Cesación de Fugas de Agua MB= Muestreador estandar CP= Cola de pescado BQ, NQ o HQ (Tipo de broca) BTG o BTH = Broca de Tungsteno Cu= cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> ) SPT= Ensayo de Penetración Estándar					%W= % de Humedad in situ LL = Limite Líquido ● LP= Limite Plástico ◆ %S =% de Saturación IL = Índice de Liquidez g = Peso Unitario (Ton/m <sup>3</sup> ) in situ ○ E = Trepano																																																																																																								
NIVEL FREÁTICO PROMEDIO No se detectó					COORDENADAS: N 9°57'04.64" O 084°13'36.01"					FECHA Noviembre, 2020																																																																																																								





CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

# ESTUDIO DE SUELOS

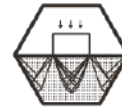


HOJA DE RESUMEN DE PERFORACIÓN				P-5		CONSULTORÍA Y DESARROLLO DE PROYECTOS GEOTÉCNICOS <small>EST. 2011</small>					
Proyecto:				CAI Jorge Arturo Monge		Localización		San Rafael, Alajuela			
Profundidad (m)	Número de Golpes (NSPT)		Tipología	Perforación: P-5 Hoja: 1 De 1	LL	LP	IC	IL	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m <sup>3</sup> ) y Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )	
	De:	Hasta:									CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
0,0	0,5		7	LIMO arenoso de plasticidad baja a media color café grisáceo con vetas gravosas color negro (roca meteorizada) y presencia de matriz limosa, de consistencia medianamente compacta a dura. Clasificación SUCS: ML-SM.  LIMO arcilloso de plasticidad alta color café, con vetas arcillosas color gris y negro, de consistencia compacta a dura. Clasificación SUCS: MH.							
0,5	1,0	20									
1,0	1,5	64			50	33	2,94	-1,94			
1,5	2,0	24									
2,0	2,5	40									
2,5	3,0	17									
3,0	3,5	13									
3,5	4,0	30									
4,0	4,5	37			53	31	2,41	-1,41			
4,5	5,0	16									
5,0	5,5										
5,5	6,0										
6,0	6,5										
6,5	7,0										
7,0	7,5										
7,5	8,0										
8,0	8,5										
8,5	9,0										
9,0	9,5										
9,5	10,0										
10,0	10,5										
10,5	11,0										
11,0	11,5										
11,5	12,0										
12,0	12,5										
12,5	13,0										
13,0	13,5										
13,5	14,0										
14,0	14,5										
14,5	15,0										
N= No de golpes por pie % R= % de recuperación N o NF= Nivel Freático ∇ op = Inicio de Fugas de Agua IC = Índice de Contracción e= razón de vacíos SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos				∇ cl = Cesación de Fugas de Agua MB= Muestreador estandar CP= Cola de pescado BQ, NQ o HQ (Tipo de broca) BTG o BTH = Broca de Tungsteno Cu= cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> ) SPT= Ensayo de Penetración Estándar				%W= % de Humedad in situ LL = Limite Líquido ● LP= Limite Plástico ◆ %S = % de Saturación IL = Índice de Liquidez g = Peso Unitario (Ton/m <sup>3</sup> ) in situ ○ E = Trepano			
NIVEL FREÁTICO PROMEDIO No se detectó				COORDENADAS: N 9°57'04.0" O 084°13'35.1"				FECHA Noviembre, 2020			



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

## ESTUDIO DE SUELOS



HOJA DE RESUMEN DE PERFORACIÓN				P-6		CONSULTORÍA Y DESARROLLO DE PROYECTOS GEOTÉCNICOS <small>EST. 2011</small>					
Proyecto:				CAI Jorge Arturo Monge		Localización		San Rafael, Alajuela			
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)	Tipología	Perforación: P-6 Hoja: 1 De 1		LL	LP	IC	IL	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m <sup>3</sup> ) y Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )
De:	Hasta:			CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL							
0.0	0.5	8		Limo arcilloso de plasticidad alta color café, con vetas arcillosas color gris y negro, de consistencia medianamente compacta a compacta. Clasificación SUCS: MH.		55	35	0.30	0.70		
0.5	1.0	14									
1.0	1.5	14									
1.5	2.0	7									
2.0	2.5	12									
2.5	3.0	9									
3.0	3.5	9									
3.5	4.0	21									
4.0	4.5	RM									
4.5	5.0										
5.0	5.5										
5.5	6.0										
6.0	6.5										
6.5	7.0										
7.0	7.5										
7.5	8.0										
8.0	8.5										
8.5	9.0										
9.0	9.5										
9.5	10.0										
10.0	10.5										
10.5	11.0										
11.0	11.5										
11.5	12.0										
12.0	12.5										
12.5	13.0										
13.0	13.5										
13.5	14.0										
14.0	14.5										
14.5	15.0										

N= No de golpes por pie  
% R= % de recuperación  
N o NF= Nivel Freático  
∇ op = Inicio de Fugas de Agua  
IC = Índice de Contracción  
e= razón de vacíos  
SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

∇ cl = Cesación de Fugas de Agua  
MB= Muestreador estandar  
CP= Cola de pescado  
BQ, NQ o HQ (Tipo de broca)  
BTG o BTH = Broca de Tungsteno  
Cu= cohesión (Kg/cm<sup>2</sup>)  
SPT= Ensayo de Penetración Estándar

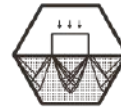
%W= % de Humedad insitu  
LL = Limite Líquido ●  
LP= Limite Plástico ◆  
%S = % de Saturación  
IL = Índice de Liquidez  
g = Peso Unitario (Ton/m<sup>3</sup>) insitu ○  
E = Trepano

NIVEL FREÁTICO PROMEDIO No se detectó	COORDENADAS:	N 9°57'03.3" O 084°13'36.4"	FECHA Noviembre, 2020
------------------------------------------	--------------	--------------------------------	--------------------------



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

# ESTUDIO DE SUELOS

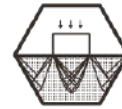


HOJA DE RESUMEN DE PERFORACIÓN				P-7		CONSULTORÍA Y DESARROLLO DE PROYECTOS GEOTÉCNICOS <small>EST. 2011</small>					
Proyecto:				CAI Jorge Arturo Monge		Localización		San Rafael, Alajuela			
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)	Tipología	Perforación: P-7 Hoja: 1 De 1		LL	LP	IC	IL	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m <sup>3</sup> ) y Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )
De:	Hasta:			CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL							
0,0	0,5	5	MH	Limo arcilloso de plasticidad alta color café, con vetas arcillosas color gris y negro, de consistencia medianamente compacta a compacta. Clasificación SUCS: MH.							
0,5	1,0	8									
1,0	1,5	11	ML-SM	Limo arenoso de plasticidad baja a media color café grisáceo con vetas gravosas color negro (roca meteorizada) y presencia de matriz limosa, de consistencia muy compacta a dura. Clasificación SUCS: ML-SM.							
1,5	2,0	52									
2,0	2,5	20									
2,5	3,0	RM									
3,0	3,5										
3,5	4,0										
4,0	4,5										
4,5	5,0										
5,0	5,5										
5,5	6,0										
6,0	6,5										
6,5	7,0										
7,0	7,5										
7,5	8,0										
8,0	8,5										
8,5	9,0										
9,0	9,5										
9,5	10,0										
10,0	10,5										
10,5	11,0										
11,0	11,5										
11,5	12,0										
12,0	12,5										
12,5	13,0										
13,0	13,5										
13,5	14,0										
14,0	14,5										
14,5	15,0										
N= No de golpes por pie % R= % de recuperación N o NF= Nivel Freático ∇ op = Inicio de Fugas de Agua IC = Índice de Contracción e= razón de vacíos SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos				∇ cl = Cesación de Fugas de Agua MB= Muestreador estandar CP= Cola de pescado BQ, NQ o HQ (Tipo de broca) BTG o BTH = Broca de Tungsteno Cu= cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> ) SPT= Ensayo de Penetración Estándar				%W= % de Humedad insitu LL = Limite Líquido ● LP= Limite Plástico ◆ %S = % de Saturación IL = Índice de Liquidez g = Peso Unitario (Ton/m <sup>3</sup> ) insitu ○ E = Trepano			
NIVEL FREÁTICO PROMEDIO No se detectó				COORDENADAS: N 9°57'05,17" O 084°13'37,64"				FECHA Noviembre, 2020			



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

## ESTUDIO DE SUELOS



HOJA DE RESUMEN DE PERFORACIÓN				P-8		CONSULTORÍA Y DESARROLLO DE PROYECTOS GEOTÉCNICOS <small>EST. 2011</small>					
Proyecto:				CAI Jorge Arturo Monge		Localización		San Rafael, Alajuela			
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)	Tipología	Perforación: P-8 Hoja: 1 De 1		LL	LP	IC	IL	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m <sup>3</sup> ) y Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )
De:	Hasta:			CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL							
0,0	0,5	4	[Red hatched pattern]	Limo arcilloso de plasticidad alta color café, con vetas arcillosas color gris y negro, de consistencia medianamente compacta a compacta. Clasificación SUCS: MH.						0,5	[Graph grid]
0,5	1,0										
1,0	1,5	6	[Red hatched pattern]	Limo arenoso de plasticidad baja a media color café grisáceo con vetas gravosas color negro (roca meteorizada) y presencia de matriz limosa, de consistencia compacta a dura. Clasificación SUCS: ML-SM.		41	26	2,73	-1,73	1,0	[Graph grid]
1,5	2,0	9									
2,0	2,5	10	[Red hatched pattern]							1,5	[Graph grid]
2,5	3,0	10									
3,0	3,5	11	[Red hatched pattern]							2,0	[Graph grid]
3,5	4,0	14									
4,0	4,5	19	[Red hatched pattern]							2,5	[Graph grid]
4,5	5,0	RM									
5,0	5,5		[Red hatched pattern]							3,0	[Graph grid]
5,5	6,0										
6,0	6,5		[Red hatched pattern]							3,5	[Graph grid]
6,5	7,0										
7,0	7,5		[Red hatched pattern]							4,0	[Graph grid]
7,5	8,0										
8,0	8,5		[Red hatched pattern]							4,5	[Graph grid]
8,5	9,0										
9,0	9,5		[Red hatched pattern]							5,0	[Graph grid]
9,5	10,0										
10,0	10,5		[Red hatched pattern]							5,5	[Graph grid]
10,5	11,0										
11,0	11,5		[Red hatched pattern]							6,0	[Graph grid]
11,5	12,0										
12,0	12,5		[Red hatched pattern]							6,5	[Graph grid]
12,5	13,0										
13,0	13,5		[Red hatched pattern]							7,0	[Graph grid]
13,5	14,0										
14,0	14,5		[Red hatched pattern]							7,5	[Graph grid]
14,5	15,0										

N= No de golpes por pie % R= % de recuperación N o NF= Nivel Freático ∇ op = Inicio de Fugas de Agua IC = Índice de Contracción e= razón de vacíos SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	∇ cl = Cesación de Fugas de Agua MB= Muestreador estandar CP= Cola de pescado BQ, NQ o HQ (Tipo de broca) BTG o BTH = Broca de Tungsteno Cu= cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> ) SPT= Ensayo de Penetración Estándar	%W= % de Humedad insitu LL = Limite Líquido ● LP= Limite Plástico ◆ %S =% de Saturación IL = Índice de Liquidez g = Peso Unitario (Ton/m <sup>3</sup> ) insitu ○ E = Trepano
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

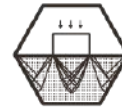
  

NIVEL FREÁTICO PROMEDIO No se detectó	COORDENADAS:      N 9°57'06.24" O 084°13'37.73"	FECHA Noviembre, 2020
------------------------------------------	----------------------------------------------------	--------------------------



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

# ESTUDIO DE SUELOS

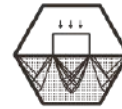


HOJA DE RESUMEN DE PERFORACIÓN				P-9		CONSULTORÍA Y DESARROLLO DE PROYECTOS GEOTÉCNICOS <small>EST. 2011</small>				
Proyecto:				CAI Jorge Arturo Monge		Localización		San Rafael, Alajuela		
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)	Tipología	Perforación: P-9 Hoja: 1 De 1	LL	LP	IC	IL	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m <sup>3</sup> ) y Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )
De:	Hasta:									
<b>CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL</b>										
0.0	0.5	9		Limo arcilloso de plasticidad alta color café, con vetas arcillosas color gris y negro, de consistencia medianamente compacta a compacta. Clasificación SUCS: ML.	46	30	2.88	-1.88		
0.5	1.0	20								
1.0	1.5	15		Limo arenoso de plasticidad baja a media color café grisáceo con vetas gravosas color negro (roca meteorizada) y presencia de matriz limosa, de consistencia compacta a dura. Clasificación SUCS: ML-SM.						
1.5	2.0	14								
2.0	2.5	22								
2.5	3.0	26								
3.0	3.5	15								
3.5	4.0	23								
4.0	4.5	35								
4.5	5.0	RM								
5.0	5.5									
5.5	6.0									
6.0	6.5									
6.5	7.0									
7.0	7.5									
7.5	8.0									
8.0	8.5									
8.5	9.0									
9.0	9.5									
9.5	10.0									
10.0	10.5									
10.5	11.0									
11.0	11.5									
11.5	12.0									
12.0	12.5									
12.5	13.0									
13.0	13.5									
13.5	14.0									
14.0	14.5									
14.5	15.0									
N= No de golpes por pie % R= % de recuperación N o NF= Nivel Freático ∇ op = Inicio de Fugas de Agua IC = Índice de Contracción e= razón de vacíos SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos				∇ cl = Cesación de Fugas de Agua MB= Muestreador estándar CP= Cola de pescado BQ, NQ o HQ (Tipo de broca) BTG o BTH = Broca de Tungsteno Cu= cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> ) SPT= Ensayo de Penetración Estándar				%W= % de Humedad insitu LL = Limite Líquido ● LP= Limite Plástico ◆ %S = % de Saturación IL = Índice de Liquidez g = Peso Unitario (Ton/m <sup>3</sup> ) insitu ○ E = Trepano		
NIVEL FREÁTICO PROMEDIO No se detectó				COORDENADAS: N 9°57'07.23" O 084°13'36.33"				FECHA Noviembre, 2020		



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

## ESTUDIO DE SUELOS



HOJA DE RESUMEN DE PERFORACIÓN				P-10		CONSULTORÍA Y DESARROLLO DE PROYECTOS GEOTÉCNICOS <small>EST. 2011</small>					
Proyecto:				CAI Jorge Arturo Monge		Localización		San Rafael, Alajuela			
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)	Tipología	Perforación: P-10 Hoja: 1 De 1		LL	LP	IC	IL	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m <sup>3</sup> ) y Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )
De:	Hasta:			CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL							
0.0	0.5			Limo arenoso de plasticidad baja a media color café grisáceo con vetas gravosas color negro (roca meteorizada) y presencia de matriz limosa, de consistencia compacta a dura. Clasificación SUCS: ML-SM.		50	31	2.63	-1.63		
0.5	1.0					8					
1.0	1.5		7		Arcilla limosa de plasticidad baja color café con vetas limosas color café y presencia de partículas negras, de consistencia muy compacta a dura. Clasificación SUCS: CL.						
1.5	2.0		16								
2.0	2.5		18								
2.5	3.0		18								
3.0	3.5		29								
3.5	4.0		37								
4.0	4.5		49								
4.5	5.0		RM								
5.0	5.5										
5.5	6.0										
6.0	6.5										
6.5	7.0										
7.0	7.5										
7.5	8.0										
8.0	8.5										
8.5	9.0										
9.0	9.5										
9.5	10.0										
10.0	10.5										
10.5	11.0										
11.0	11.5										
11.5	12.0										
12.0	12.5										
12.5	13.0										
13.0	13.5										
13.5	14.0										
14.0	14.5										
14.5	15.0										

N= No de golpes por pie  
% R= % de recuperación  
N o NF= Nivel Freático  
∇ op = Inicio de Fugas de Agua  
IC = Índice de Contracción  
e= razón de vacíos  
SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

∇ cl = Cesación de Fugas de Agua  
MB= Muestreador estandar  
CP= Cola de pescado  
BQ, NQ o HQ (Tipo de broca)  
BTG o BTH = Broca de Tungsteno  
Cu= cohesión (Kg/cm<sup>2</sup>)  
SPT= Ensayo de Penetración Estándar

%W= % de Humedad in situ  
LL = Limite Líquido ●  
LP= Limite Plástico ◆  
%S =% de Saturación  
IL = Índice de Liquidez  
g = Peso Unitario (Ton/m<sup>3</sup>) in situ ○  
E = Trepano

NIVEL FREÁTICO PROMEDIO  
No se detectó

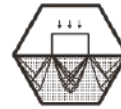
COORDENADAS: N 9°57'03.38"  
O 084°13'33.41"

FECHA  
Noviembre, 2020



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

## ESTUDIO DE SUELOS



HOJA DE RESUMEN DE PERFORACIÓN				P-11		CONSULTORÍA Y DESARROLLO DE PROYECTOS GEOTÉCNICOS <small>EST. 2011</small>							
Proyecto:				CAI Jorge Arturo Monge		Localización		San Rafael, Alajuela					
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)		Tipología	Perforación: P-11 Hoja: 1 De 1		LL	LP	IC	IL	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m <sup>3</sup> ) y Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )	
De:	Hasta:				CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL								
0,0	0,5		8	Arcilla limosa de plasticidad baja color café con vetas limosas color café y presencia de partículas negras, de consistencia medianamente compacta a dura. Clasificación SUCS: CL.									
0,5	1,0		7										
1,0	1,5		17										
1,5	2,0		20										
2,0	2,5		22			48	20	1,71	-0,71				
2,5	3,0		22										
3,0	3,5		24										
3,5	4,0		38										
4,0	4,5		RM										
4,5	5,0												
5,0	5,5												
5,5	6,0												
6,0	6,5												
6,5	7,0												
7,0	7,5												
7,5	8,0												
8,0	8,5												
8,5	9,0												
9,0	9,5												
9,5	10,0												
10,0	10,5												
10,5	11,0												
11,0	11,5												
11,5	12,0												
12,0	12,5												
12,5	13,0												
13,0	13,5												
13,5	14,0												
14,0	14,5												
14,5	15,0												

N= No de golpes por pie  
% R= % de recuperación  
N o NF= Nivel Freático  
∇ op = Inicio de Fugas de Agua  
IC = Índice de Contracción  
e= razón de vacíos  
SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

∇ cl = Cesación de Fugas de Agua  
MB= Muestreador estandar  
CP= Cola de pescado  
BQ, NQ o HQ (Tipo de broca)  
BTG o BTH = Broca de Tungsteno  
Cu= cohesión (Kg/cm<sup>2</sup>)  
SPT= Ensayo de Penetración Estándar

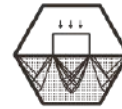
%W= % de Humedad in situ  
LL = Limite Líquido ●  
LP= Limite Plástico ◆  
%S = % de Saturación  
IL = Índice de Liquidez  
g = Peso Unitario (Ton/m<sup>3</sup>) in situ ○  
E = Trepano

NIVEL FREÁTICO PROMEDIO No se detectó	COORDENADAS: N 9°57'06.56" O 084°13'33.41"	FECHA Noviembre, 2020
------------------------------------------	-----------------------------------------------	--------------------------



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

## ESTUDIO DE SUELOS



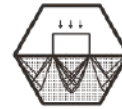
HOJA DE RESUMEN DE PERFORACIÓN				P-1-1		CONSULTORÍA Y DESARROLLO DE PROYECTOS GEOTÉCNICOS <small>EST. 2011</small>					
Proyecto:				CAI Jorge Arturo Monge		Localización		San Rafael, Alajuela			
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)	Tipología	Perforación: P-1-1 Hoja: 1 De 1		LL	LP	IC	IL	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m <sup>3</sup> ) y Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )
De:	Hasta:			CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL							
0,0	0,5	4	RM	Limo arenoso de plasticidad baja a media color café grisáceo con vetas gravosas color negro (roca meteorizada) y presencia de matriz limosa, de consistencia blanda a dura. Clasificación SUCS: ML-SM.	45	27	250	-150			
0,5	1,0	10									
1,0	1,5	8									
1,5	2,0	16									
2,0	2,5	16									
2,5	3,0	21									
3,0	3,5	29									
3,5	4,0	32									
4,0	4,5	41									
4,5	5,0	RM									
5,0	5,5										
5,5	6,0										
6,0	6,5										
6,5	7,0										
7,0	7,5										
7,5	8,0										
8,0	8,5										
8,5	9,0										
9,0	9,5										
9,5	10,0										
10,0	10,5										
10,5	11,0										
11,0	11,5										
11,5	12,0										
12,0	12,5										
12,5	13,0										
13,0	13,5										
13,5	14,0										
14,0	14,5										
14,5	15,0										
N= No de golpes por pie % R= % de recuperación N o NF= Nivel Freático ∇ op = Inicio de Fugas de Agua IC = Índice de Contracción e= razón de vacíos SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos				∇ cl = Cesación de Fugas de Agua MB= Muestreador estandar CP= Cola de pescado BQ, NQ o HQ (Tipo de broca) BTG o BTH = Broca de Tungsteno Cu= cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> ) SPT= Ensayo de Penetración Estándar				%W= % de Humedad insitu LL = Limite Líquido ● LP= Limite Plástico ◆ %S = % de Saturación IL = Índice de Liquidez g = Peso Unitario (Ton/m <sup>3</sup> ) insitu ○ E = Trepano			
NIVEL FREÁTICO PROMEDIO No se detectó				COORDENADAS: N 9°57'04,9" O 084°13'44,20"				FECHA Noviembre, 2020			





CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS



HOJA DE RESUMEN DE PERFORACIÓN				P-1-2		D'GEO		CONSULTORÍA Y DESARROLLO DE PROYECTOS GEOTÉCNICOS					
Proyecto:				CAI Jorge Arturo Monge		Localización				San Rafael, Alajuela			
Profundidad (m)		Número de Golpes (NSPT)		Tipología	Perforación: P-1-2 Hoja: 1 De 1	LL	LP	IC	IL	% de Humedad	Peso Unitario (g) (Ton/m <sup>3</sup> ) y Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )		
De:	Hasta:												
<b>CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL</b> Limo arenoso de plasticidad baja a media color café grisáceo con vetas gravosas color negro (roca meteorizada) y presencia de matriz limosa, de consistencia blanda a dura. Clasificación SUCS: ML-SM.													
0.0	0.5		4	[Hatched pattern]									
0.5	1.0		8										
1.0	1.5		14			44	26	2.44	-1.44				
1.5	2.0		13										
2.0	2.5		18										
2.5	3.0		27										
3.0	3.5		34										
3.5	4.0		33										
4.0	4.5		28										
4.5	5.0		30										
5.0	5.5		47			43	26	2.53	-1.53				
5.5	6.0		RM										
6.0	6.5												
6.5	7.0												
7.0	7.5												
7.5	8.0												
8.0	8.5												
8.5	9.0												
9.0	9.5												
9.5	10.0												
10.0	10.5												
10.5	11.0												
11.0	11.5												
11.5	12.0												
12.0	12.5												
12.5	13.0												
13.0	13.5												
13.5	14.0												
14.0	14.5												
14.5	15.0												

N= No de golpes por pie % R= % de recuperación N o NF= Nivel Freático ∇ op = Inicio de Fugas de Agua IC = Índice de Contracción e= razón de vacíos SUCS= Sistema Unificado de Clasificación de Suelos	∇ cl = Cesación de Fugas de Agua MB= Muestreador estandar CP= Cola de pescado BQ, NQ o HQ (Tipo de broca) BTG o BTH = Broca de Tungsteno Cu= cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> ) SPT= Ensayo de Penetración Estándar	%W= % de Humedad insitu LL = Limite Líquido ● LP= Limite Plástico ◆ %S = % de Saturación IL = Índice de Liquidez g = Peso Unitario (Ton/m <sup>3</sup> ) insitu ○ E = Trepano
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

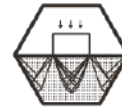
  

NIVEL FREÁTICO PROMEDIO No se detectó	COORDENADAS: N 9°57'04.16" O 084°13'44.03"	FECHA Noviembre, 2020
------------------------------------------	--------------------------------------------------	--------------------------

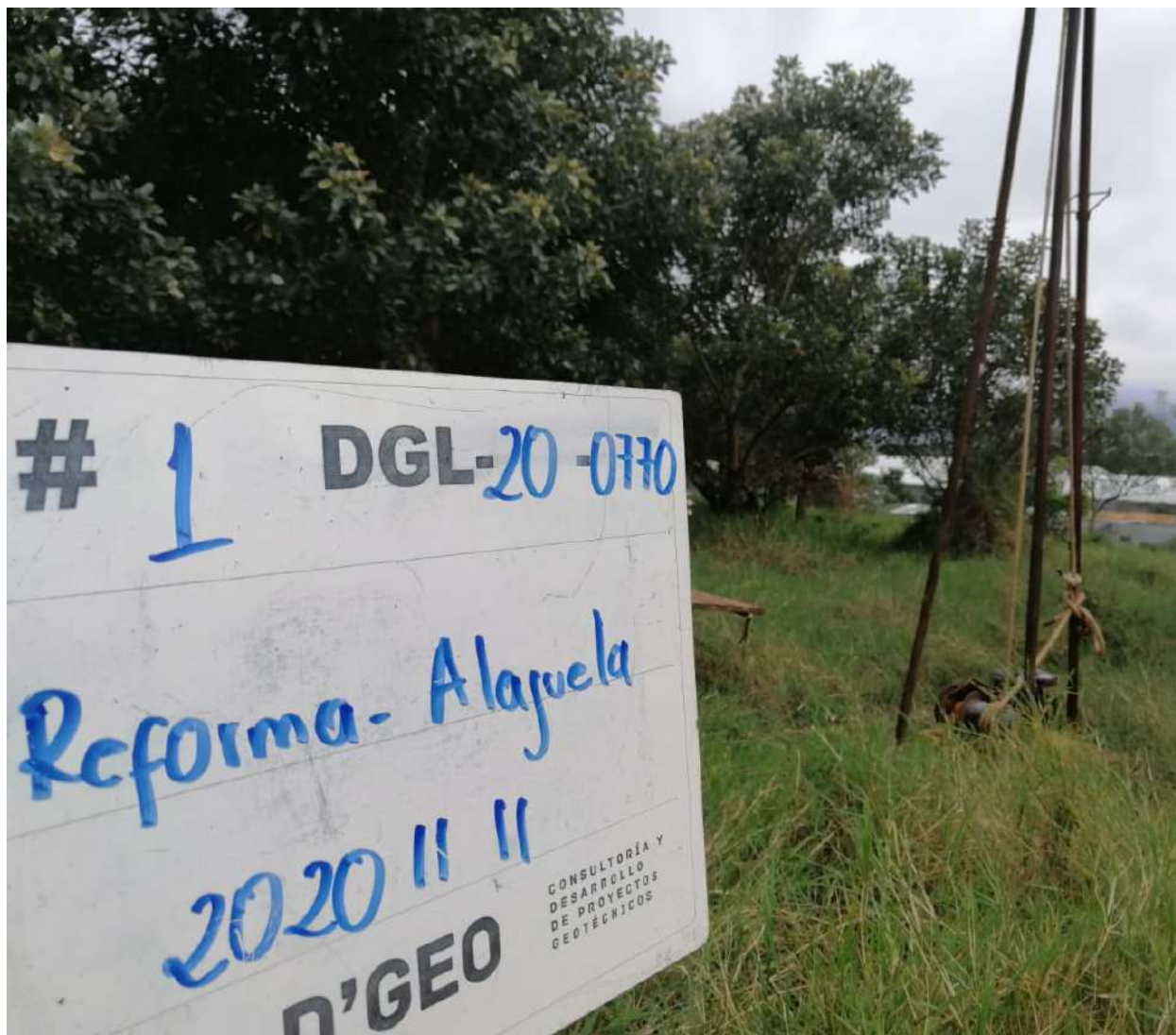
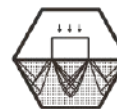


CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

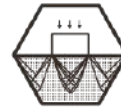
ESTUDIO DE SUELOS



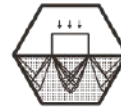
## **B.- FOTOGRAFÍAS DE LOS SONDEOS SPT E INFILTRACIÓN REALIZADOS**



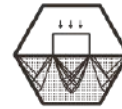
*Fotografía #B.1 Fotografías de los sondeos SPT realizados. P-1.*



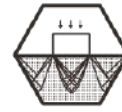
*Fotografía #B.2 Fotografías de los sondeos SPT realizados. P-2.*



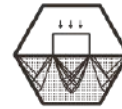
*Fotografía #B.3 Fotografías de los sondeos SPT realizados. P-3.*



*Fotografía #B.4 Fotografías de los sondeos SPT realizados. P-4.*

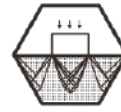


*Fotografía #B.5 Fotografías de los sondeos SPT realizados. P-5.*

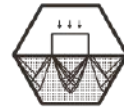


*Fotografía #B.6 Fotografías de los sondeos SPT realizados. P-6.*

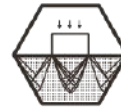




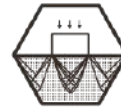
Fotografía #B.7 Fotografías de los sondeos SPT realizados. P-7.



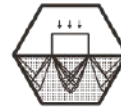
*Fotografía #B.8 Fotografías de los sondeos SPT realizados. P-8.*



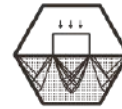
Fotografía #B.9 Fotografías de los sondeos SPT realizados. P-9.



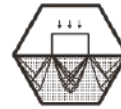
*Fotografía #B.10 Fotografías de los sondeos SPT realizados. P-10.*



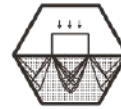
Fotografía #B.11 Fotografías de los sondeos SPT realizados. P-11.



*Fotografía #B.12 Fotografías de los sondeos SPT realizados. P-1-1.*

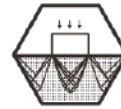


*Fotografía #B.13 Fotografías de los sondeos SPT realizados. P-1-2.*



*Fotografía #B.14 Fotografías de la infiltración realizada. INF-1.*



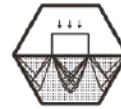


*Fotografía #B.15 Fotografías de la infiltración realizada. INF-2.*

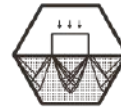


CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

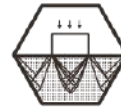
ESTUDIO DE SUELOS



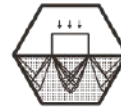
## C.- MUESTRAS RECUPERADAS MEDIANTE SPT



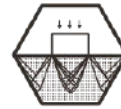
*Fotografía #C.1 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-1.*



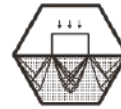
*Fotografía #C.2 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-1.*



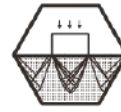
*Fotografía #C.3 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-2.*



*Fotografía #C.4 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-2.*

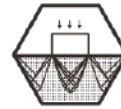


*Fotografía #C.5 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-3.*

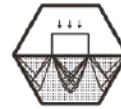


Fotografía #C.6 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-4.

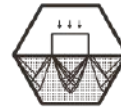




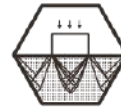
*Fotografía #C.7 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-5.*



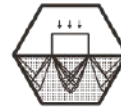
*Fotografía #C.8 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-5.*



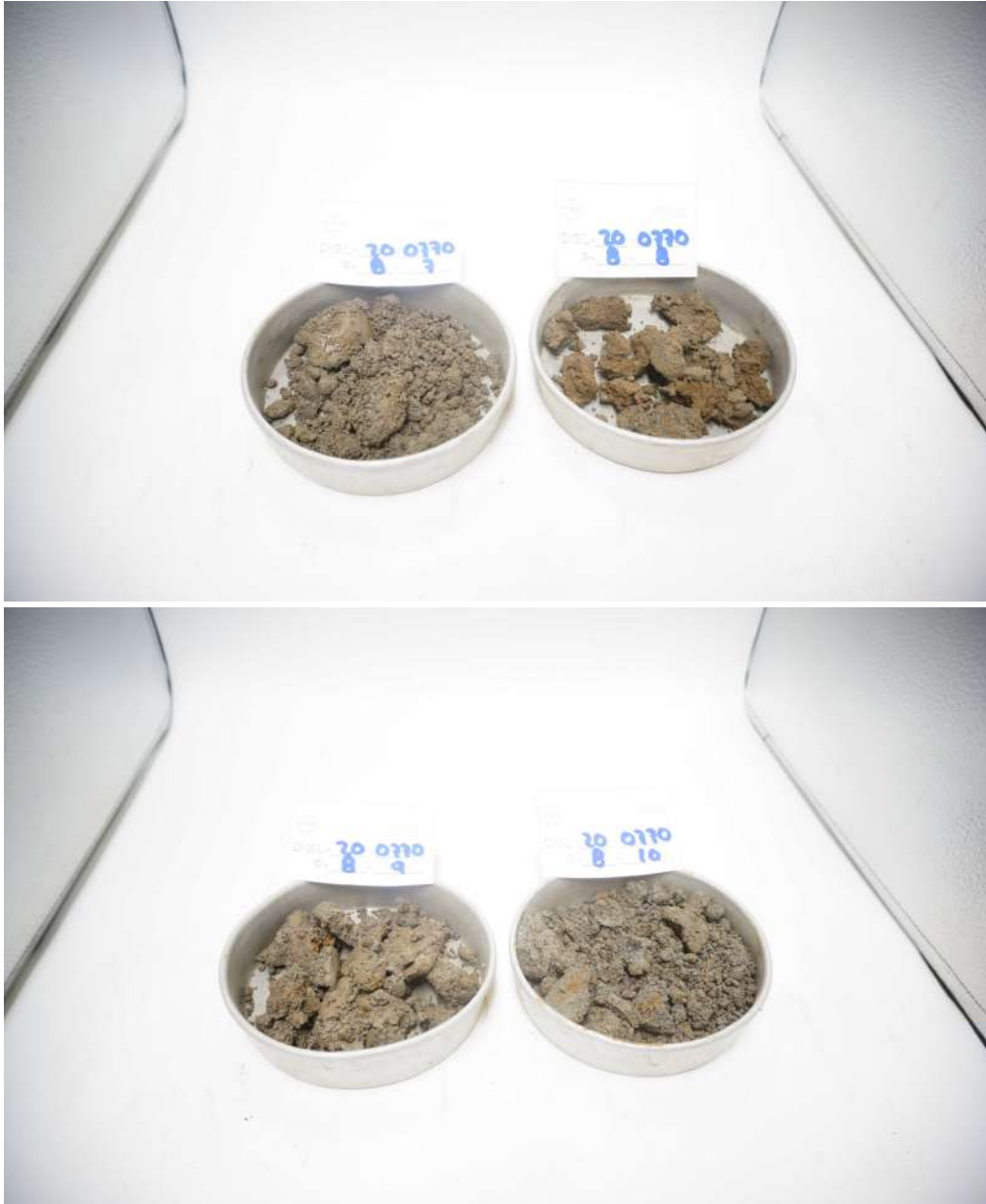
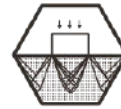
*Fotografía #C.9 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-6.*



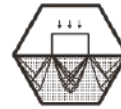
*Fotografía #C.10 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-7.*



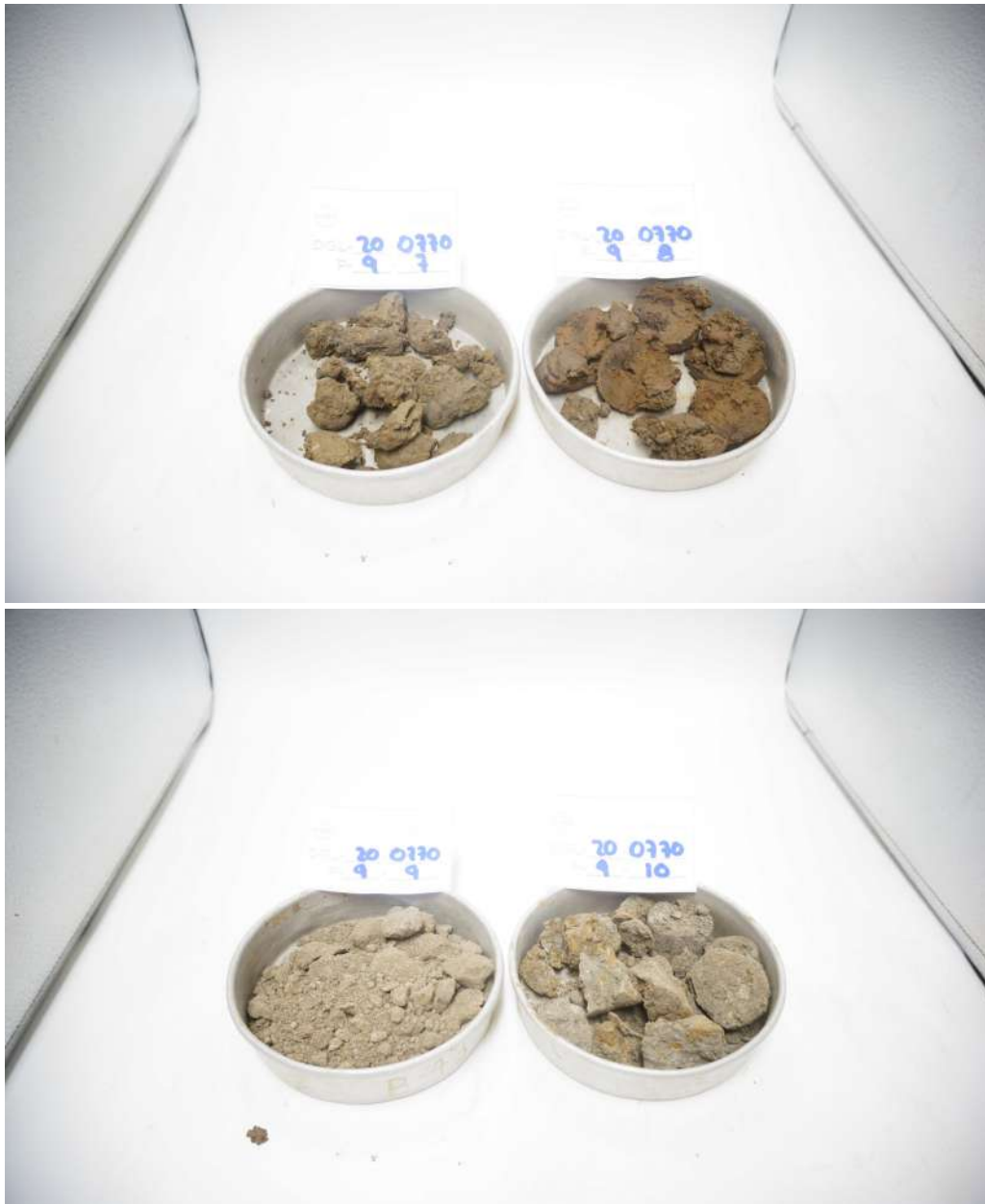
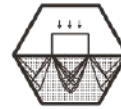
*Fotografía #C.11 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-8.*



*Fotografía #C.12 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-9.*

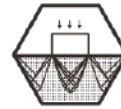


*Fotografía #C.13 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-9.*

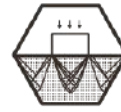


*Fotografía #C.14 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-9.*

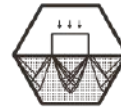




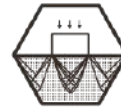
Fotografía #C.15 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-10



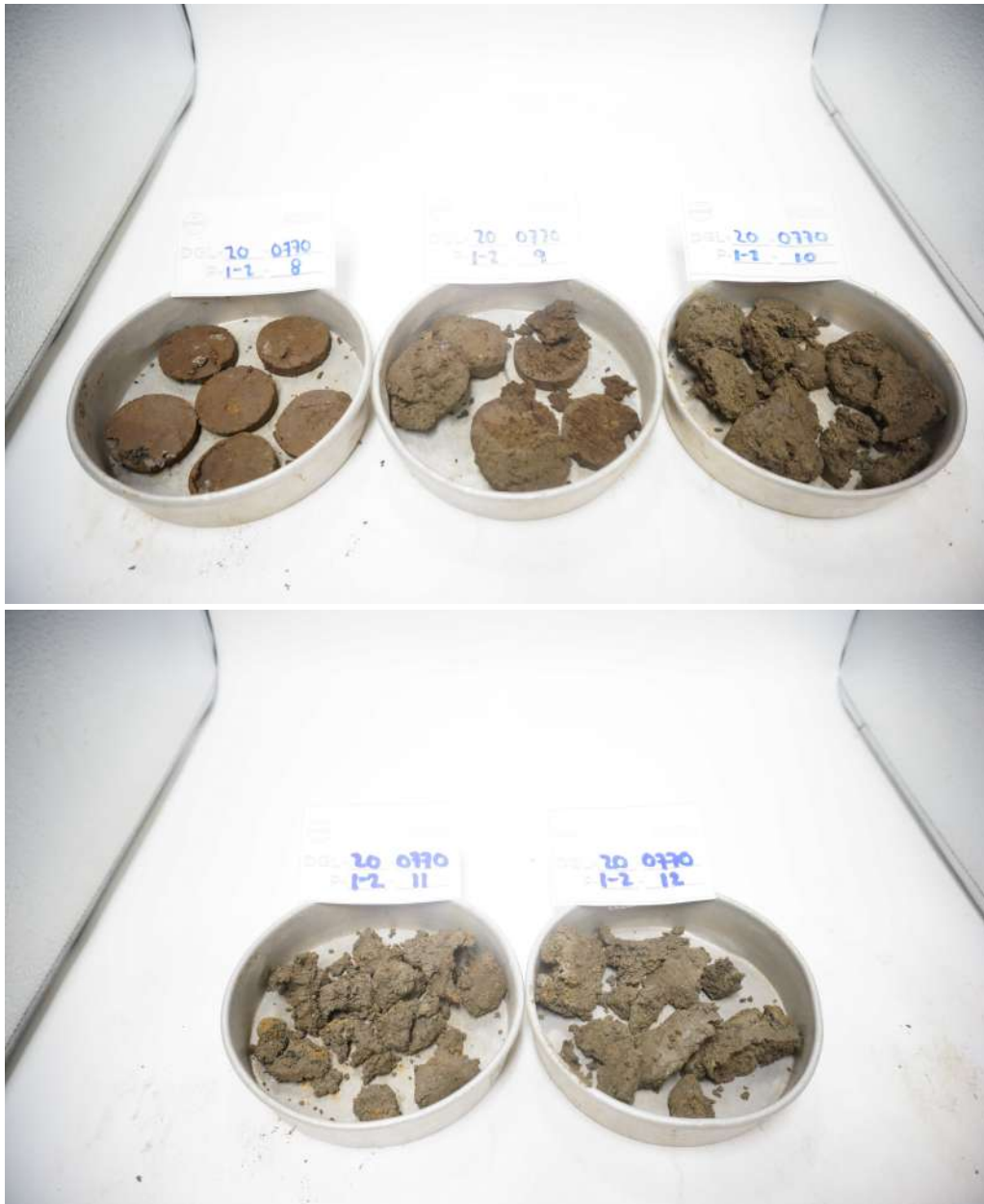
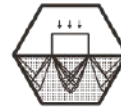
*Fotografía #C.16 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-11*



Fotografía #C.17 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-1-1



*Fotografía #C.18 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-1-2.*

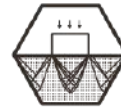


*Fotografía #C.19 Muestras recuperadas sondeos SPT realizados. P-1-2.*



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

ESTUDIO DE SUELOS

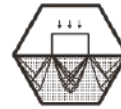


## D.- RESULTADOS OBTENIDOS DEL LABORATORIO



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

San José, 21 de noviembre del 2020.

Proyecto: CAI Jorge Arturo Monge

Cliente: Dgeo Soluciones

Ingeniero(a): Luis Diego Gamboa

Cargo: Ingeniero

Estimado Ingeniero(a):

Me permito presentar de acuerdo a lo solicitado los resultados de los ensayos realizados a materiales de suelos.

Número de muestra	07-069-20
Lugar de muestreo:	No indica
Condiciones ambientales del muestreo:	No indica
El laboratorio realizó el muestreo:	Aportada
Descripción:	Perforaciones
Lugar de realización del ensayo:	Laboratorio 01
Condición de la muestra:	Buena
Fecha de muestreo:	No indica
Fecha de recepción de la muestra:	2020-11-13
Fecha de realización del ensayo:	2020-11-18
Desviaciones aplicadas:	Ninguna
Observaciones:	Ninguna

Aprobado por:

Ing. José Andrés Gamboa G.  
Gerente Técnico IGSA



San Vicente de Moravia  
[ingenieria@ingenieriaGamboa.com](mailto:ingenieria@ingenieriaGamboa.com)

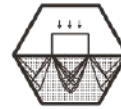
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 1 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE  
PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



#### Resultados obtenidos

Informe Número: I18-1448-20

#### Perforación N°1, Muestra 1

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	235.1	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	167.9	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	40.0	N/A	

#### Perforación N°1, Muestra 5

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	248	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	181.9	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	36.3	N/A	

#### Perforación N°1, Muestra 10

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	384.8	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	279.6	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	37.6	N/A	

#### Perforación N°1, Muestra 4

Ensayo de Inconfinada				
Muestra	Peso de muestra	Diametro Promedio	Altura Promedio	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
P1-M4	166.4	38.8	78.1	5.56

San Vicente de Moravia  
[ingenieria@ingenieriagamboa.com](mailto:ingenieria@ingenieriagamboa.com)

Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

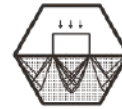
Página 2 de 23





CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

#### Perforación N°2, Muestra 2

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	236.7	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	173.2	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	36.7		

#### Perforación N°2, Muestra 6

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	232.1	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	159.7	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	45.3		

#### Perforación N°2, Muestra 10

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	246	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	181.5	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	35.5		

#### Perforación N°2, Muestra 4

Ensayo de Inconfinada				
Muestra	Peso de muestra	Diametro Promedio	Altura Promedio	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
P2-M4	156.9	38.9	78.2	6.3

San Vicente de Moravia  
[ingenieria@ingenieriagamboa.com](mailto:ingenieria@ingenieriagamboa.com)

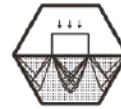
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 3 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

#### Perforación N°2, Muestra 3

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	54	N/A	N/A
	Límite plástico (LP)	26	N/A	
	Índice de plasticidad (IP)	28	N/A	

#### Perforación N°2, Muestra 7

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	57	N/A	N/A
	Límite plástico (LP)	31	N/A	
	Índice de plasticidad (IP)	26	N/A	

San Vicente de Moravia  
[ingenieria@ingenieriagamboa.com](mailto:ingenieria@ingenieriagamboa.com)

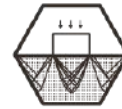
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 4 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

#### Perforación N°3, Muestra 3

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1	317.4	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	214.3	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	48.1		

#### Perforación N°3, Muestra 6

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	380.7	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	279.4	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	36.3		

#### Perforación N°3, Muestra 4

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	53	N/A	N/A
	Límite plástico (LP)	28	N/A	
	Índice de plasticidad (IP)	25	N/A	

#### Perforación N°3, Muestra 2

Ensayo de Inconfinada				
Muestra	Peso de muestra	Diametro Promedio	Altura Promedio	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
P3-M2	116.7	39.1	53.3	5.8
P3-M1	140.4	37.6	71.1	N/A

San Vicente de Moravia  
[ingenieria@ingenieriaqambo.com](mailto:ingenieria@ingenieriaqambo.com)

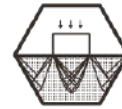
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 5 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

#### Perforación N°4, Muestra 2

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	282.3	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	209.7	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	34.6		

#### Perforación N°4, Muestra 4

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	317.5	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	229.4	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	38.4		

#### Perforación N°4, Muestra 7

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	479.2	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	342.9	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	39.7		

#### Perforación N°4, Muestra 6

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	53	N/A	N/A
	Límite plástico (LP)	28	N/A	
	Índice de plasticidad (IP)	25	N/A	

San Vicente de Moravia

[ingenieria@ingenieriagamboa.com](mailto:ingenieria@ingenieriagamboa.com)

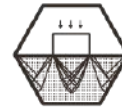
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 6 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

#### Perforación N°5, Muestra 2

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	424.4	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	274	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	54.9		

#### Perforación N°5, Muestra 6

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	264.4	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	178.1	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	48.5		

#### Perforación N°5, Muestra 10

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	401.7	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	270.3	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	48.6		

#### Perforación N°5, Muestra 3

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	50	N/A	N/A
	Límite plástico (LP)	33	N/A	
	Índice de plasticidad (IP)	16	N/A	

San Vicente de Moravia

[ingenieria@ingenieriagamboa.com](mailto:ingenieria@ingenieriagamboa.com)

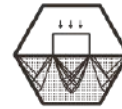
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 7 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



Laboratorio de Ensayo  
Alcance de Acreditación N°: LE-135  
Acreditado a partir de: 23.03.2018  
Alcance disponible en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

Informe Número: I18-1448-20

#### Perforación N°5, Muestra 9

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	53	N/A	N/A
	Límite plástico (LP)	31	N/A	
	Índice de plasticidad (IP)	21	N/A	

#### Resultados obtenidos para análisis granulométrico

Tamiz	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasando (%)	Especificación	
				Límite inferior	Límite Superior
38,1 mm (1 1/2")	0	0	100	-	-
25,4 mm (1")	0	0	100	-	-
19,1 mm (3/4")	0	0	100	-	-
4,75 mm (N°4)	2	2	98	-	-
2,36 mm (N°8)	0	2	98	-	-
425 µm (N°40)	6	13	87	-	-
75 µm (N°200)	20	33	67.1	-	-

San Vicente de Moravia  
[ingenieria@ingenieriaqambo.com](mailto:ingenieria@ingenieriaqambo.com)

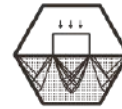
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 8 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



Laboratorio de Ensayo  
Alcance de Acreditación N°: LE-135  
Acreditado a partir de: 23.03.2018  
Alcance disponible en [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

Informe Número: I18-1448-20

#### Perforación N°6, Muestra 2

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	267.2	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	179.3	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	49.0		

#### Perforación N°6, Muestra 4

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	204.9	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	131.1	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	56.3		

#### Perforación N°6, Muestra 9

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	340.1	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	236	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	44.1		

#### Perforación N°6, Muestra 5

Ensayo de Inconfinada				
Muestra	Peso de muestra	Diametro Promedio	Altura Promedio	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
P6-M5	161.5	38.1	78.9	5.78

San Vicente de Moravia  
[ingenieria@ingenieriagamboa.com](mailto:ingenieria@ingenieriagamboa.com)

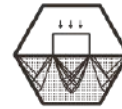
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 9 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



Informe de resultados de ensayos de laboratorio  
Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

Perforación N°6, Muestra 2

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	55	N/A	N/A
	Límite plástico (LP)	35	N/A	
	Índice de plasticidad (IP)	20	N/A	

Perforación N°6, Muestra 7

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	40	N/A	N/A
	Límite plástico (LP)	25	N/A	
	Índice de plasticidad (IP)	15	N/A	

San Vicente de Moravia  
[ingenieria@ingenieriaqambo.com](mailto:ingenieria@ingenieriaqambo.com)

Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

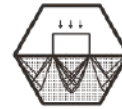
Página 10 de 23





CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

#### Perforación N°7, Muestra 1

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	262	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	182.8	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	43.3		

#### Perforación N°7, Muestra 3

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	622.4	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	431.5	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	44.2		

#### Perforación N°7, Muestra 6

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	508.7	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	382.4	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	33.0		

San Vicente de Moravia  
[ingenieria@ingenieriaqambo.com](mailto:ingenieria@ingenieriaqambo.com)

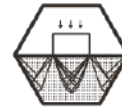
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 11 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



Informe de resultados de ensayos de laboratorio  
Caracterización de Suelos



Perforación N°7, Muestra 4

Informe Número: I18-1448-20

Resultados obtenidos para analisis granulometrico

Tamiz	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasando (%)	Especificación	
				Límite inferior	Límite Superior
38,1 mm (1 1/2")	0	0	100	-	-
25,4 mm (1")	0	0	100	-	-
19,1 mm (3/4")	0	0	100	-	-
4,75 mm (N°4)	9	9	91	-	-
2,36 mm (N°8)	0	9	91	-	-
425 µm (N°40)	23	42	58	-	-
75 µm (N°200)	23	65	35.2	-	-

San Vicente de Moravia

[ingenieria@ingenieriaqambo.com](mailto:ingenieria@ingenieriaqambo.com)

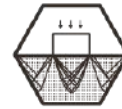
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 12 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

#### Perforación N°8, Muestra 1

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	160.4	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	117	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	37.1		

#### Perforación N°8, Muestra 6

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	449.9	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	323.9	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	38.9		

#### Perforación N°8, Muestra 10

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	436.7	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	300.3	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	45.4		

#### Perforación N°8, Muestra 8

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	41	N/A	N/A
	Límite plástico (LP)	26	N/A	
	Índice de plasticidad (IP)	16	N/A	

San Vicente de Moravia

[ingenieria@ingenieriaqambo.com](mailto:ingenieria@ingenieriaqambo.com)

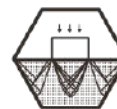
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 13 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



Informe de resultados de ensayos de laboratorio  
Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

Perforación N°9, Muestra 1

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	279.9	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	187.9	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	49.0		

Perforación N°9, Muestra 5

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	265.7	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	206.3	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	28.8		

Perforación N°9, Muestra 10

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	456.5	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	345.7	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	32.1		

Perforación N°9, Muestra 6

Ensayo de Inconfinada				
Muestra	Peso de	Diametro	Altura	Resistencia
P9-M6	162.3	38.6	76.9	8.71

San Vicente de Moravia  
[ingenieria@ingenieriagamboa.com](mailto:ingenieria@ingenieriagamboa.com)

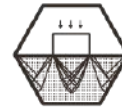
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 14 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

#### Perforación N°9, Muestra 3

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	46	N/A	N/A
	Límite plástico (LP)	30	N/A	
	Índice de plasticidad (IP)	16	N/A	

#### Perforación N°9, Muestra 9

##### Resultados obtenidos para análisis granulométrico

Tamiz	Retenido (%)	Retenido acumulado (%)	Pasando (%)	Especificación	
				Límite inferior	Límite Superior
38,1 mm (1 1/2")	0	0	100	-	-
25,4 mm (1")	0	0	100	-	-
19,1 mm (3/4")	0	0	100	-	-
4,75 mm (N°4)	2	2	98	-	-
2,36 mm (N°8)	0	2	98	-	-
425 µm (N°40)	6	10	90	-	-
75 µm (N°200)	7	17	83.2	-	-

San Vicente de Moravia  
[ingenieria@ingenieriaqambo.com](mailto:ingenieria@ingenieriaqambo.com)

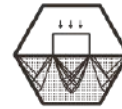
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 15 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

#### Perforación N°10, Muestra 2

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	259.7	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	185	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	40.4		

#### Perforación N°10, Muestra 8

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	183.5	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	130.6	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	40.5		

#### Perforación N°10, Muestra 3

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	50	N/A	N/A
	Límite plástico (LP)	31	N/A	
	Índice de plasticidad (IP)	19	N/A	

#### Perforación N°10, Muestra 7

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	47	N/A	N/A
	Límite plástico (LP)	23	N/A	
	Índice de plasticidad (IP)	24	N/A	

San Vicente de Moravia

[ingenieria@ingenieriagamboa.com](mailto:ingenieria@ingenieriagamboa.com)

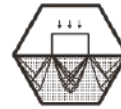
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 16 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

#### Perforación N°11, Muestra 2

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	142.7	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	102.4	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	39.4		

#### Perforación N°11, Muestra 6

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	181	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	127.5	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	42.0		

#### Perforación N°11, Muestra 9

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	202.3	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	149.9	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	35.0		

#### Perforación N°11, Muestra 4

Ensayo de Inconfinada				
Muestra	Peso de muestra	Diametro Promedio	Altura Promedio	Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
P11-4	166.3	39.1	80.4	N/A

San Vicente de Moravia  
[ingenieria@ingenieriaqambo.com](mailto:ingenieria@ingenieriaqambo.com)

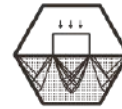
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 17 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

#### Perforación N°11, Muestra 4

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	48	N/A	N/A
	Límite plástico (LP)	20	N/A	
	Índice de plasticidad (IP)	28	N/A	

San Vicente de Moravia  
[ingenieria@ingenieriagamboa.com](mailto:ingenieria@ingenieriagamboa.com)

Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

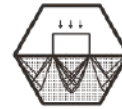
Página 18 de 23





CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

#### Perforación N°1-1, Muestra 6

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	264.4	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	157.1	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	68.3		

#### Perforación N°1-1, Muestra 8

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	348.4	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	252.8	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	37.8		

#### Perforación N°1-1, Muestra 10

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	254.1	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	196	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	29.6		

#### Perforación N°1-1, Muestra 3

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	45	N/A	N/A
	Límite plástico (LP)	27	N/A	
	Índice de plasticidad (IP)	18	N/A	

San Vicente de Moravia

[ingenieria@ingenieriaqambo.com](mailto:ingenieria@ingenieriaqambo.com)

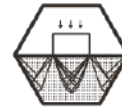
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 19 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

#### Perforación N°1-2, Muestra 2

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	130.7	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	93.7	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	39.5		

#### Perforación N°1-2, Muestra 6

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	259.5	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	184.2	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	40.9		

#### Perforación N°1-2, Muestra 10

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Contenido de humedad	Masa de la muestra húmeda 1 (g)	273.7	N/A	N/A
	Masa de la muestra seca 1 (g)	199.1	N/A	
	Masa de la muestra húmeda 2 (g)	-	N/A	
	Masa de la muestra seca 2 (g)	-	N/A	
	Humedad promedio (%)	37.5		

#### Perforación N°1-2, Muestra 3

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	44	N/A	N/A
	Límite plástico (LP)	26	N/A	
	Índice de plasticidad (IP)	18	N/A	

San Vicente de Moravia

[ingenieria@ingenieriagamboa.com](mailto:ingenieria@ingenieriagamboa.com)

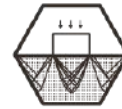
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 20 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

## ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



### Informe de resultados de ensayos de laboratorio Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

#### Perforación N°1-2, Muestra 11

Ensayo realizado	Parámetros evaluados	Resultado	Especificación	Observación sobre el procedimiento
Límites de Atterberg	Límite líquido (LL)	43	N/A	N/A
	Límite plástico (LP)	26	N/A	
	Índice de plasticidad (IP)	17	N/A	

San Vicente de Moravia

[ingenieria@ingenieriaqambo.com](mailto:ingenieria@ingenieriaqambo.com)

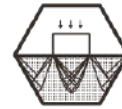
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 21 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
INGENIERÍA

ESTUDIO DE SUELOS



PT-06-R-01 V1



Informe de resultados de ensayos de lab  
Caracterización de Suelos



Informe Número: I18-1448-20

Ensayos realizados:

Acreditación

Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad AASHTO T90 y T89

\*

Granulometría y lavado de agregados ASTM C117 y C136

\*

Notas

Nota 1: El informe presente NO puede ser reproducido en forma parcial, únicamente en forma total y con la aprobación del Gerente General de IGSA.

Nota 2: Los resultados reportados corresponden únicamente a los ítems ensayados.

Nota 3: La incertidumbre de los resultados se expresa a un 95 % de confianza.

Nota 4: La incertidumbre se calcula según lo establecido en el instructivo "Estimación de la Incertidumbre" (I-51) y se reporta en el formulario "Incertidumbre" (I-51-R-01).

Nota 5: Los ensayos identificados en este documento con un asterisco (\*) al lado del nombre del ensayo, son todos aquellos que estén "Acreditados", y con dos asteriscos (\*\*) al lado del nombre del ensayo son todos aquellos que no estén acreditados. El símbolo de acreditación se utilizará en este registro únicamente si se incluyen resultados de ensayos dentro del alcance de la acreditación de nuestro laboratorio. Si desea conocer el alcance del laboratorio puede visitar el sitio web del ECA [www.eca.or.cr](http://www.eca.or.cr)

Nota 6: El símbolo de acreditación se utilizará en este registro únicamente si se incluyen resultados de ensayos dentro del alcance de la acreditación de nuestro laboratorio.

Nota 7: Las incertidumbres al 95 % de confianza de los resultados emitidos son custodiadas por el Laboratorio IGSA, en caso de ser necesarias se le podrán solicitar en cualquier momento al Gerente Técnico.

San Vicente de Moravia  
[ingenieria@ingenieriaqambo.com](mailto:ingenieria@ingenieriaqambo.com)

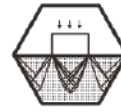
Teléfono de Oficina: (506) 4034 3846

Página 22 de 23



CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

ESTUDIO DE SUELOS

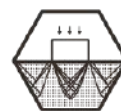


## E.- PLANO DE CATASTRO SUMINISTRADO POR EL CLIENTE

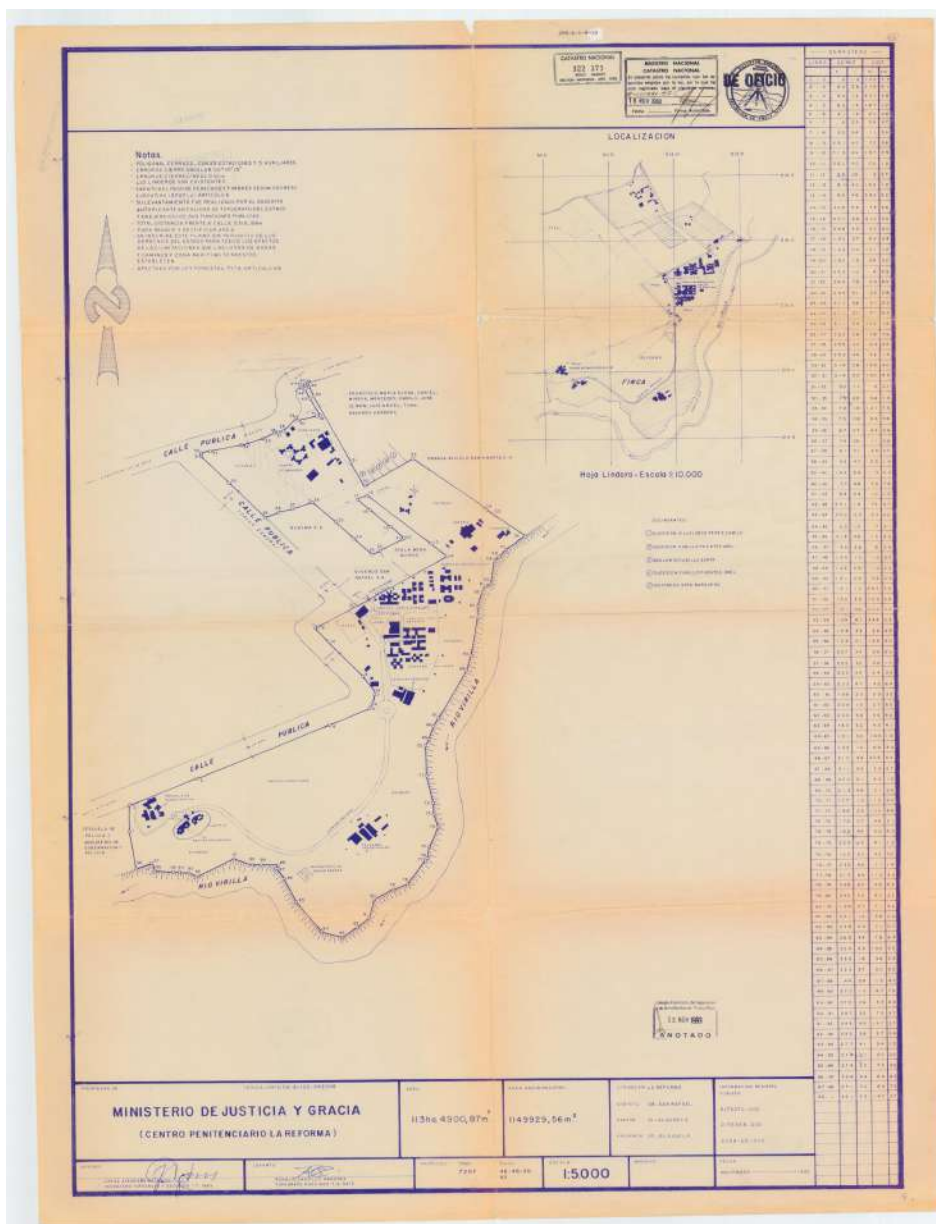


CONSULTORÍA Y  
DESARROLLO  
DE PROYECTOS  
GEOMÉTICOS

## ESTUDIO DE SUELOS



REPUBLICA DE COSTA RICA  
REGISTRO NACIONAL  
CERTIFICACION DE PLANOS CATASTRADOS  
NUMERO DE CERTIFICACION: RNPDIGITAL-1797983-2020  
2-151437-1993  
TOTAL DE PAGINAS: 3



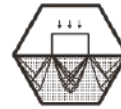
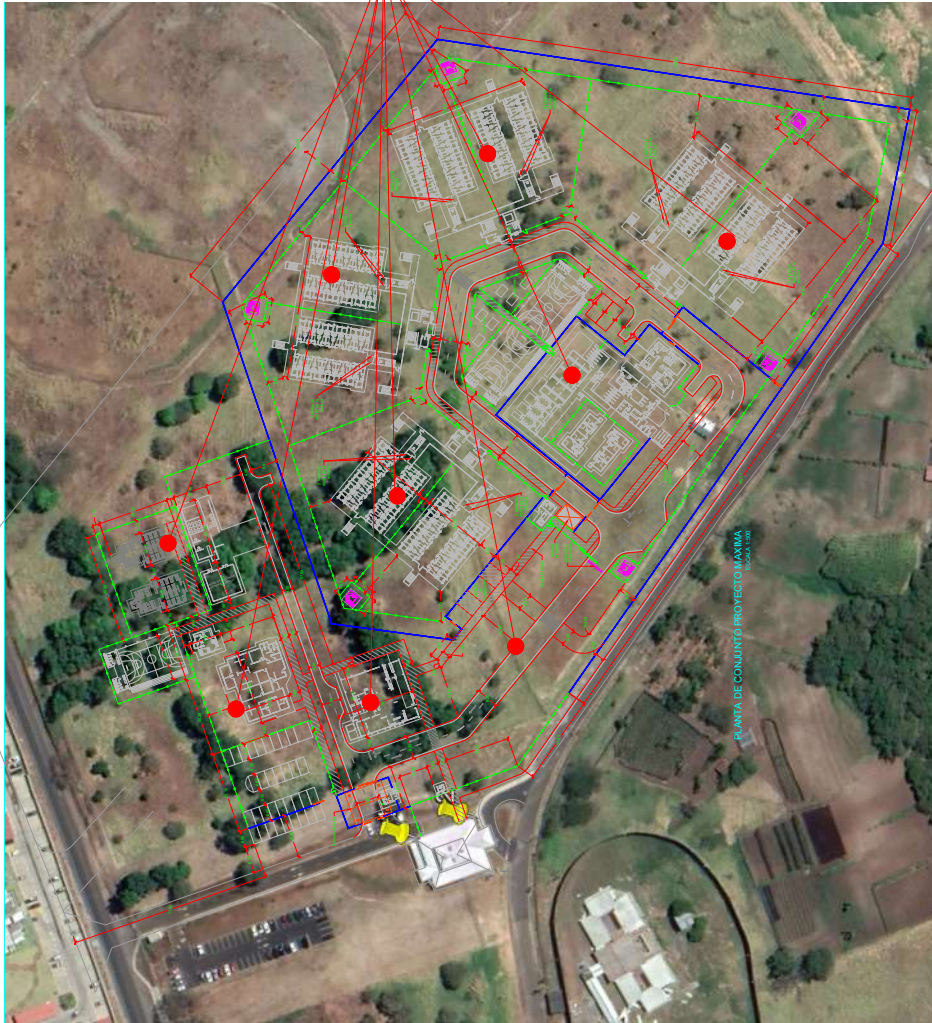



TABLA DE ÁREAS			
Zona	Cantidad	Área x Zona (m)	Área total (m)
Dormitorios policia	2	237.48	474.96
Gimnasio	3	407.91	1223.73
Ingreso	1	554.82	554.82
Recepción	1	110.9	110.9
Ingreso visita	1	1140.75	1140.75
Colegio	1	164.32	164.32
Caseta Ingreso	1	29.93	29.93
Ingreso PL	1	655.96	655.96
Fuente Ingreso	1	17.2	17.2
Fuente Módulos	6	26.24	157.44
Módulos alojamiento	4	2120.44	8481.76
Área técnica	1	2091.08	2091.08
Pasillo techado	1	1707.38	1707.38
Calle internas	1	3421.87	3421.87
<b>SUMA</b>			<b>20826.59</b>

## PUNTOS DE PERFORACIÓN




  
 CONJUNTO  
 PROYECTO MAXIMA



CONSULTORÍA Y  
INGENIERÍA  
DE PROYECTOS  
GEOTÉCNICOS

# ESTUDIO DE SUELOS

