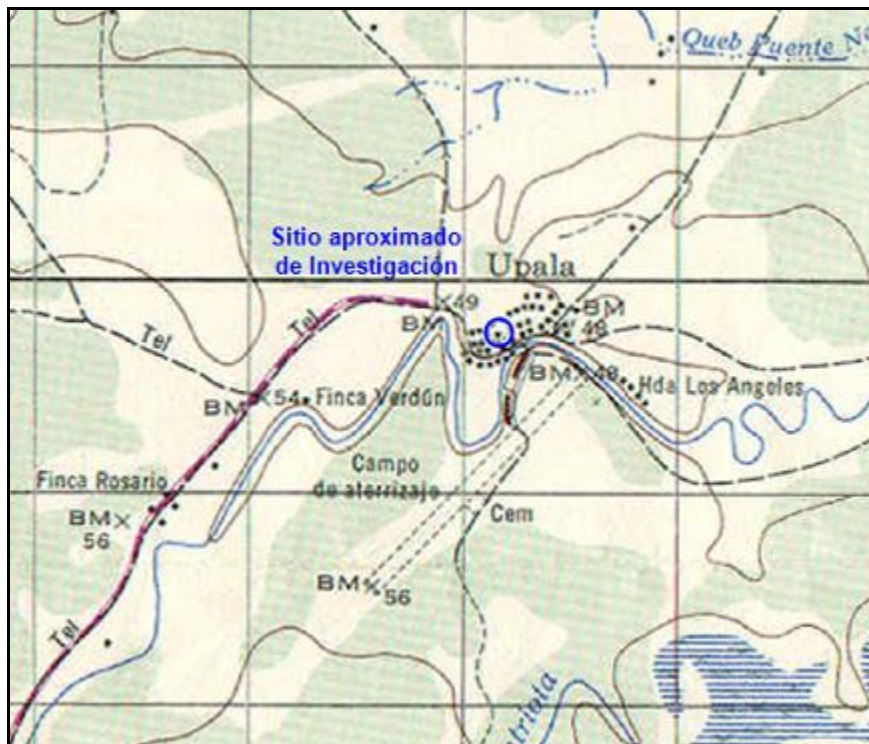


ESTUDIO GEOTECNICO Y DE MECÁNICA DE SUELOS



PROYECTO

OBRAS VARIAS EN EL PARQUE LOS MALINCHES, UBICADO EN UPALA, ALAJUELA.



Costa Rica, Enero del 2020



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A.
INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica
Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com
INFORME # F-005-01-2020

Naranjo, 29 de Enero del 2020

Ingeniero
Roy Ruiz
CONSULTOR

Reciba por este medio, el informe geotécnico y de mecánica de suelos, realizado para la construcción de obras varias en el Parque los Malinches, ubicado en Upala, Alajuela.

En el presente estudio se determinan algunas de las propiedades físico-mecánicas de los suelos explorados, con el fin de establecer los parámetros necesarios a ser considerados en el diseño estructural de las obras a construir en este sitio.

El presente estudio profesional se realiza conforme a las buenas prácticas de Ingeniería establecidas por las normas ASTM, sobre la ejecución de los ensayos in-situ y de laboratorio, tomando en consideración las normas implantadas por el Código de Cimentaciones de Costa Rica, el Código Sísmico de Costa Rica, además de otra normativa existente en la materia, y prácticas de la Ingeniería en base a criterios profesionales.

De igual forma, se contempla la presencia o inexistencia de niveles de aguas subterráneas en el sitio de estudio, y su respectiva relación con respecto a las propiedades físicas y mecánicas de los suelos encontrados, para un adecuado desarrollo del proyecto.

Quedando a sus órdenes para cualquier aclaración o consulta,

Atentamente.

ING. JOSÉ A. FERNÁNDEZ SIBAJA.
IC-16358
GERENTE GENERAL

Cc/Archivo

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 2/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica

Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com

INFORME # F-005-01-2020

INDICE

1. PORTADA.....	1
2. PRESENTACION Y RESPONSABILIDAD PROFESIONAL.....	2
3. INDICE	3
4. RESUMEN GENERAL.....	4
5. OBJETIVOS	4
6. METODOLOGÍA.....	4
7. GENERALIDADES DEL TERRENO	5
7.1. Ubicación geográfica del terreno.....	5
7.1.1. Mapa de ubicación (Figura #1: Hoja Cartográfica Upala)	5
7.2. Características topográficas del terreno	5
8. TRABAJO EFECTUADO.....	6
8.1. Exploración, muestreo y ensayos in-situ efectuados	6
8.2. Inspección in-situ y problemática detectada.....	6
8.3. Pruebas de laboratorio realizadas	6
8.4. Plano de ubicación de las perforaciones (Figura #2).....	7
9. RESULTADOS GEOTÉCNICOS.....	7
9.1. Estratigrafía del sitio.....	7
9.2. Nivel freático	8
9.3. Propiedades índices del subsuelo	8
9.3.1. Clasificación unificada de suelos	8
9.4. Capacidad soportante del subsuelo	9
9.4.1. Tabla de capacidad de soporte admisible de subsuelo.....	10
10. EVALUACION DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS.....	10
10.1. Estabilidad del terreno.....	10
10.1.1. Estabilidad de taludes en corte.....	10
10.2. Obras de contención de tierras.....	11
10.3. Cimentaciones de las obras	13
10.4. Análisis de asentamientos	14
10.5. Análisis de licuefacción.....	14
10.6. Coeficiente sísmico	15
10.7. Mapa de Zonas de Riesgo	16
11. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO	16
12. CONCLUSIONES	17
13. BIBLIOGRAFIA	17
14. ANEXOS.....	17
ANEXO A: REGISTROS FOTOGRÁFICOS.....	18
ANEXO B: REGISTROS DE PERFORACION	20
ANEXO C: PRUEBA DE INFILTRACIÓN	24
ANEXO D: MEMORIA DE CALCULO DE CAPACIDADES	27



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica
Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com
INFORME # F-005-01-2020

4. RESUMEN GENERAL

De acuerdo a los resultados obtenidos en el campo se observa que la topografía del terreno, presenta una terraza casi plana a nivel de la calle pública, por lo que no existen problemas por estabilidad.

Durante el proceso de perforación, se detectaron suelos cohesivos naturales de sitio, (estratos B, C y D), con capacidades de soporte admisible adecuadas para la construcción de las obras por desarrollar.

Los suelos de sitio presentan un bajo poder de absorción para el tratamiento de las aguas residuales, por medio de tanque séptico y zanjas de drenaje superficiales.

5. OBJETIVOS

Brindar la capacidad de soporte admisible de los suelos encontrados en el sitio, así como recomendaciones para las fundaciones de acuerdo al nivel de desplante por perforación, que sirvan de apoyo para el diseño estructural de las cimentaciones de las obras por desarrollar.

Determinar el perfil estratigráfico de sitio, algunos parámetros geotécnicos, así como algunas propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas, y la condición sísmica del subsuelo en estudio.

Identificar algunos de los problemas geotécnicos más comunes asociados a las características del subsuelo donde se pretende desarrollar el proyecto.

Analizar la problemática de los diferentes fenómenos naturales atribuidos a los suelos y su aplicación a la ingeniería geotécnica.

Determinar la existencia o inexistencia de aguas subterráneas en el sitio y a la vez algunas de sus características más importantes para el desarrollo del proyecto.

6. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la exploración del terreno, se fundamenta en la norma ASTM D-1586, la cual se consiste en realizar ensayos por medio del Sistema de Penetración Estándar (SPT), mediante el hincado barras de acero en el suelo, obteniendo muestras inalteradas para realizar los estudios correspondientes.

Luego, los mismos son llevados al laboratorio, para extraer las muestras de suelo y practicarles ensayos de humedad natural, límites de Atterberg, análisis granulométricos y otras pruebas según lo requiera el estudio, esto de acuerdo a las normas ASTM vigentes.

La utilización de estos sistemas de penetración o exploración, se realiza de acuerdo a las profundidades de investigación asociadas a las características del proyecto por desarrollar.

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 4/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

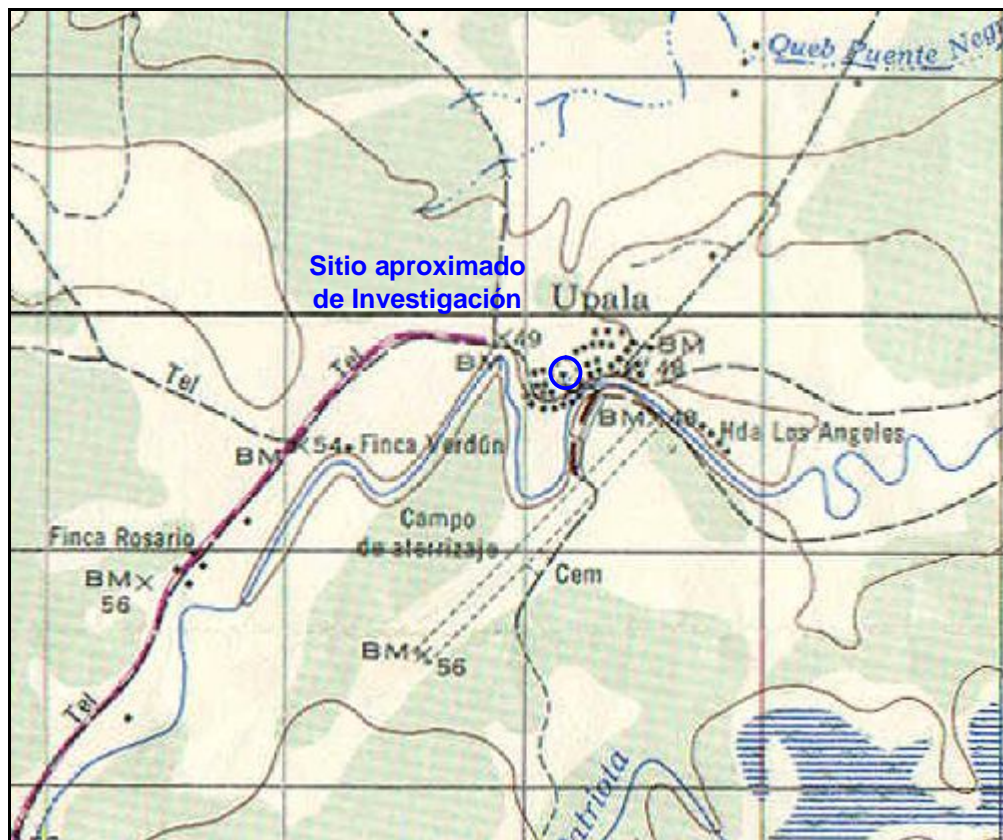
Naranjo, Alajuela, Costa Rica
Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com
INFORME # F-005-01-2020

7. GENERALIDADES DEL TERRENO

7.1. Ubicación geográfica del terreno

El terreno en estudio, es el Parque los Malinches, ubicado en Upala, Alajuela. No se aporta plano catastrado.

7.1.1. Mapa de ubicación (Figura #1: Hoja Cartográfica Upala)



7.2. Características topográficas del terreno

La topografía del terreno en estudio, presenta una terraza casi plana a nivel de la calle pública.

El terreno se encuentra enzacatado y existen arboles de baja a mediana altura. En el parque existe el quiosco y una cancha de basquetbol.

Una visualización fotográfica de las condiciones del terreno, se muestra en el anexo A del presente estudio.

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 5/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica

Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com

INFORME # F-005-01-2020

8. TRABAJO EFECTUADO

Con el fin de determinar las condiciones geotécnicas del sitio donde se desarrollará el proyecto, se llevaron a cabo trabajos de exploración, muestreo y ensayos in situ del subsuelo, el día 20 de Enero de 2020, de acuerdo a las normas ASTM vigentes, los cuales consistieron en:

8.1. Exploración, muestreo y ensayos in-situ efectuados

a) Cuatro perforaciones geotécnicas, realizadas con el sistema de penetración estándar de acuerdo a la metodología establecida en la norma (ASTM D-1586), de 6,0 metros de profundidad (denominadas P-1 a P-4).

No fue posible alcanzar la profundidad estimada en el sector de P-4, debido a la presencia de una piedra.

b) Dos pruebas de Infiltración tipo estándar, denominadas IN-1 e IN-2, de acuerdo a la metodología establecida por el Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados y el Ministerio de Salud (Ver Anexo C).

Estas pruebas fueron realizadas por los Técnicos Jose D. Araya Fernández, Kenneth Rodríguez C, Esteban Oses U.

8.2. Inspección in-situ y problemática detectada.

Las pruebas realizadas en el campo, fueron ubicadas en sitio por el Ing. Roy Ruiz, y avaladas por el Ing. Jose A. Fernández S., el cual fue el encargado de supervisar el trabajo realizado e inspeccionar el terreno y sus alrededores.

Se realizó una inspección detallada del terreno a estudiar, y se observó que el mismo se encuentra estable.

8.3. Pruebas de laboratorio realizadas

a) Ensayos de determinación del peso unitario a cada estrato de suelo detectado, de acuerdo a la metodología establecida en la norma ASTM D-2937.

b) Ensayos para determinar la humedad natural a cada estrato de suelo detectado, de acuerdo a la metodología establecida en la norma ASTM D-2216.

c) Ensayos de clasificación unificada para cada estrato de suelos detectado, de acuerdo a la metodología establecida en la norma ASTM D-2487, y descripción visual de los mismos.

d) Se realizó una estimación entre el número de golpes del N_{SPT} y la cohesión, de acuerdo a Terzaghi y Peck.

Estos ensayos fueron realizados por el Ing. José Antonio Fernández S.



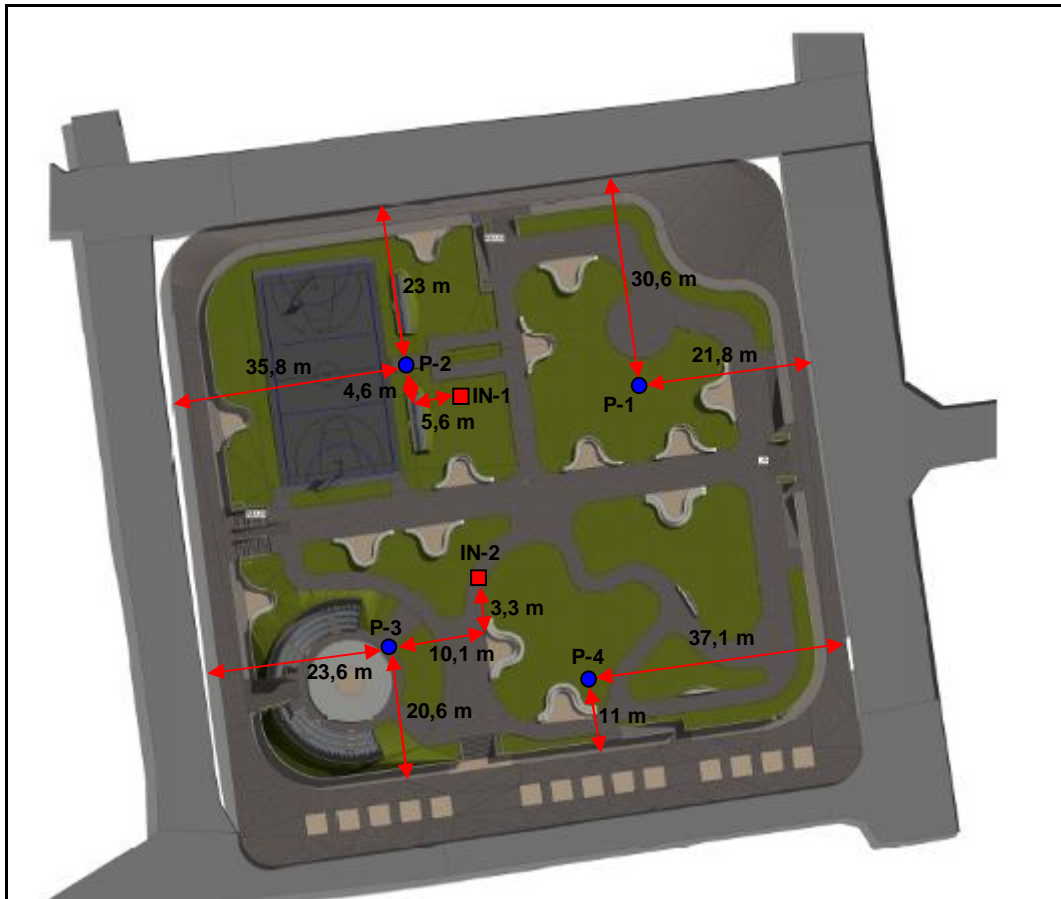
GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica

Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com

INFORME # F-005-01-2020

8.4. Plano de ubicación de las perforaciones (Figura #2)



9. RESULTADOS GEOTÉCNICOS

9.1. Estratigrafía del sitio

La estratigrafía de sitio en base a los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras extraídas, se presentan en los registros perforación en el Anexo B, del presente documento.

Dichos registros de perforación, presentan un perfil estratigráfico simplificado del subsuelo, interpretado con base en los resultados de los valores de N_{SPT} , la plasticidad, la fracción fina de los materiales, y la descripción detallada de los materiales encontrados en cada una de las perforaciones.

Capa vegetal: En los sitios investigados, se encuentra un estrato de suelo orgánico de color café con raíces, el cual constituye el estrato A. Su espesor es de 0,50 metros en los sitios de las perforaciones realizadas, como se indica en la Tabla N°1.

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 7/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica

Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com

INFORME # F-005-01-2020

Tabla Nº 1. Capa vegetal.

Perforación	P-1	P-2	P-3	P-4
Espesor (m)	0,50	0,50	0,50	0,50

A continuación, se describe brevemente el estrato:

Estrato B: (De 0,50 m a 1,35 m en P-1 y P-2) (De 0,50 m a 0,90 m en P-3)

Limo plástico (MH), de color café con pintas grises, de consistencia blanda y media, (N_{SPT} entre 4 y 8) y ligeramente plástico. Muy cercano a la mediana plasticidad IP 14.

Estrato C: (De 1,35 m a 5,85 m en P-1 y P-2) (De 0,90 m a 1,35 m en P-3) (De 0,50 m a 1,35 m en P-4)

Limo plástico (MH), de color café amarillento con vetas grises, de consistencia blanda, media y semidura, (N_{SPT} entre 4 y 13) y medianamente plástico.

Estrato D: (De 1,35 m a 5,85 m en P-3) (De 1,35 m a 4,05 m en P-4)

Limo plástico (MH), de color rojizo con vetas grises, de consistencia semidura, dura y rígida, (N_{SPT} entre 11 y 55) y medianamente plástico.

Las perforaciones efectuadas, indican la presencia de un perfil geotécnico integrado preponderantemente por suelos cohesivos naturales de sitio, de ligera y mediana plasticidad (MH), que se extiende desde el comienzo de las perforaciones hasta la profundidad de los 5,85 metros, con valores de consistencia blanda, media, semidura, dura y rígida, interpretada a través de los registros de resistencia a la penetración ($4 < N < 55$).

9.2. Nivel freático

Se encontraron indicios de aguas subterráneas (Nivel Freático), a 1,35 m, 2,25 m, 2,25 m y 1,80 metros de profundidad, los cuales se elevan a 0,55 m, 0,55 m, 0,65 m y 0,65 metros de profundidad en los sectores de P-1 a P-4 respectivamente.

9.3. Propiedades índices del subsuelo

9.3.1. Clasificación unificada de suelos

De acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio efectuados a las muestras de suelo recopiladas durante las pruebas de campo, se brinda la siguiente tabla con la clasificación de los suelos presentes en el sitio de estudio.

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 8/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica
Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com
INFORME # F-005-01-2020

Tabla 2. Clasificación Unificada de Suelos

Propiedad	Símbolo	Unidad	Estrato B	Estrato C	Estrato D
Límites de Atterberg: ASTM D-4318					
Límite Líquido	<i>LL</i>	%	66	66	62
Límite Plástico	<i>LP</i>	%	52	50	45
Índice de plasticidad	<i>IP</i>	%	14	16	17
Análisis Granulométrico: ASTM D-1140 B					
Tamiz					
# 4	---	% pasando	96	97	96
# 40	---	% pasando	92	94	93
#200	---	% pasando	87	89	90
Clasificación unificada: ASTM D-2487	S.U.C.S.	---	MH	MH	MH
Clasificación unificada: ASTM D-3282	AASHTO	---	A-7-5	A-7-5	A-7-5

9.4. Capacidad soportante del subsuelo

Para determinar la capacidad de soporte admisible por perforación, de los suelos cohesivos detectados en este estudio, se utilizó la Ecuación de Falla de Corte General de Meyerhof, de acuerdo a las normas establecidas en el Código de Cimentaciones de Costa Rica, utilizando un factor de seguridad de 3, según el método de esfuerzos totales, y para el diseño de las cimentaciones se pueden utilizar los métodos de esfuerzos de trabajo o de carga última.

Como no se realizan pruebas especiales para determinar el ángulo de fricción interno del suelo, la ecuación de falla de Meyerhof se reduce al término:

$$q_{adm} = \frac{C * N_c * 10}{3} \quad \text{Ecuación 1}$$

La memoria de cálculo de capacidad se puede observar en el anexo D del presente documento.



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica
Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com
INFORME # F-005-01-2020

9.4.1. Tabla de capacidad de soporte admisible de subsuelo

Tabla 3: Capacidad de soporte admisible del subsuelo: ($F_s=3,0$)

Perforación #	Profundidad del estrato (m)	Capacidad de soporte admisible (kN/m^2)	Capacidad de soporte admisible (t/m^2)
P-1	0,50 a 2,25	39	4
	2,25 a 2,70	58	6
	2,70 a 4,05	117	12
	4,05 a 5,85	98	10
P-2	0,50 a 0,90	39	4
	0,90 a 3,60	58	6
	3,60 a 5,85	78	8
P-3	0,50 a 1,35	68	7
	1,35 a 4,05	196	20
	4,05 a 4,50	176	18
P-3	4,50 a 5,85	117	12
	0,50 a 0,90	49	5
	0,90 a 1,35	68	7
	1,35 a 4,05	196	20

En esta tabla se asume un ángulo de fricción interno del suelo de 0.

Debido a que debajo de estos estratos, los suelos son más suaves, será necesario realizar un análisis de distribución de bulbos de presión para determinar el valor de capacidad de soporte admisible a utilizar en el diseño estructural de las obras por construir.

Estos suelos están constituidos por suelos cohesivos de mediana plasticidad y muy cercanos a la misma, por lo tanto, no se recomienda apoyar las fundaciones de las obras, directamente sobre los mismos, ya que se podrían presentar movimientos volumétricos de expansión y contracción, o bien, deformación del suelo, y ocasionar serios daños a la estructura de las obras.

10. EVALUACION DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS

10.1. Estabilidad del terreno

Como el terreno presenta una terraza casi plana a nivel de la calle pública, se puede considerar que el terreno se encuentra estable.

Se debe brindar un excelente manejo de las aguas pluviales, para evitar que las mismas corran libremente por el terreno.

10.1.1. Estabilidad de taludes en corte

Para la conformación de taludes en corte de baja altura (3 metros), se recomienda conformar los estratos, como mínimo a una pendiente 2,0: 1,0 (H: V); evitando por completo la infiltración y escorrentía superficial de aguas pluviales y servidas del proyecto, ya que esto podría ocasionar erosión e inestabilidad de los taludes, propiciando un eventual deslizamiento de los suelos.

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 10/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica
Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com
INFORME # F-005-01-2020

De no poder conformar los taludes con la pendiente recomendadas, se deberán confinar los mismos por medios de muros de retención.

10.2. Obras de contención de tierras

Para la construcción de obras de contención, se recomienda colocar un material granular permeable, a lo largo y alto del parámetro vertical interno de las mismas, colocando drenes horizontales en la base del talón y paralelas al mismo, así como orificios en las paredes para impedir el desarrollo de presiones hidrostáticas. Por lo tanto, para el análisis de empujes horizontales de los suelos contra las obras de contención con geometría regular detrás del paramento, se pueden utilizar los siguientes parámetros, según la teoría de Rankine.

Para muros de contención con geometría irregular detrás del paramento del muro, y suelos de mediana a alta plasticidad (condición no drenada), se tendría que utilizar la teoría de Coulomb, con todos los parámetros que esta teoría contempla. Se debe mencionar que cada caso con esta teoría es particular, tanto por la geometría, tipo de suelo y sobrecargas, por lo que debe ser calculado individualmente.

En este caso específico, los suelos son de mediana plasticidad o muy cercanos a la misma, por lo que estaríamos en una condición no drenada, por lo que se debe tomar en consideración esta condición en caso de construir muros de retención.

Tabla 4. Parámetros de los suelos

Parámetro	Símbolo	Material Granular	Estrato B	Estrato C	Estrato D
Peso Unitario Húmedo (t/m^3)	γ_m	2,00	1,65	1,66	1,69
Angulo de fricción interno estimado	ϕ	30°	15°	15°	15°
Coefficiente de presión activa	K_A	0,33	0,59	0,59	0,59
Coefficiente de presión pasiva	K_P	3,00	1,69	1,69	1,69
Coefficiente de tierras en reposo	K_0	0,50	0,74	0,74	0,74
Coefficiente de fricción suelo-placa	μ	0,40	0,35	0,35	0,35

Se debe mencionar que a los suelos de mediana a alta compresibilidad usualmente y según el Código de Cimentaciones de Costa Rica, se les debe asignar un ángulo de fricción interno de 0 para efectos de cálculo. Sin embargo, y de acuerdo a pruebas triaxiales realizadas a suelos similares, los mismos han presentado ángulos de fricción interno que oscilan entre 10° y 15°. Por lo tanto, queda a criterio del ingeniero estructural, el valor de ángulo de fricción interno a utilizar para el diseño estructural, en este tipo de suelos.

Para la construcción de muros de retención en el pie de los taludes, se deberá verificar que las placas del mismo no queden apoyadas directamente sobre los suelos de mediana plasticidad, ya que se podrían presentar problemas de contracción y expansión. En este caso se deberán utilizar rellenos de sustitución parcial de lastre bajo las placas.

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 11/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica
Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com
INFORME # F-005-01-2020

Para ayudar a evitar el empuje activo que pudieran generar los suelos de mediana plasticidad sobre un muro de retención, se recomienda generar una inclinación de 30 grados en el talud, para luego rellenar con lastre, y dejar una pequeña separación entre el pie del talud y la base de la placa del muro.

Los cimientos de las obras de contención, deberán estar apoyados en los estratos naturales y competentes de sitio de la base de los taludes.

Para muros de retención en voladizo, se tiene lo siguiente:

“Los muros de retención de edificaciones deben ser diseñados para resistir, además de las fuerzas estáticas, la siguiente fuerza horizontal de sismo:

$$P = \frac{1}{2} \gamma_s H^2 \left(\frac{3}{4} a_{ef} \lambda \right) \quad \text{Ecuación 5}$$

$$k_h = a_{ef} \lambda \quad \text{Ecuación 6}$$

donde:

P = fuerza de sismo que actúa a $0.6 H$ sobre la base.

γ_s = peso unitario del suelo.

H = altura del muro.

a_{ef} = aceleración pico efectiva de diseño, definida en el sitio del edificio

λ = factor de empuje lateral.

k_h = coeficiente dinámico horizontal que depende del tipo de sitio y zona sísmica de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 5. Valores del coeficiente dinámico horizontal k_h para evaluar las presiones de sismo en muros de retención.

Tipos 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	0.25
S₄	0.20	0.20	0.25

Fuente: CSCR 2010

De ser necesario, esta fuerza se puede sustituir por una fuerza distribuida, con una variación trapezoidal en la altura del muro, cuya resultante tenga la misma magnitud y punto de aplicación que la fuerza P .”

Los rellenos de los paramentos internos de las obras de contención deberán seguir la normativa existente para estos casos, según el Código de Cimentaciones de Costa Rica.

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 12/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica

Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com

INFORME # F-005-01-2020

10.3. Cimentaciones de las obras

Debido a que se construirían varias obras en el parque, y para evitar que las mismas se vean afectadas por problemas de inundaciones, se pretende construir un muro perimetral de 1 metro de altura, y luego elevar el nivel de terreno mediante un relleno de lastre.

Por lo tanto, y debido a la presencia de suelos de mediana plasticidad y muy cercanos a la misma, se recomienda implementar un relleno de sustitución parcial de los suelos bajo las placas de las obras, por lo tanto, se podría usar una capacidad de soporte admisible igual a 6 t/m^2 (18 t/m^2 a la falla), para cimientos corridos y placas aisladas, apoyando las mismas a partir de 0,65 metros de profundidad en los sectores de P-1 y P-2, a partir del nivel actual del terreno. Por lo tanto para la construcción del relleno de sustitución parcial se recomienda colocar bajo las placas como mínimo 0,70 metros de espesor de un lastre compactado, para lo cual sería necesario excavar hasta 1,35 metros de profundidad, luego banquear el fondo de las excavaciones para evitar planos inclinados de falla, después rellenar con un buen material granular (lastres o gravas), con un CBR mínimo de 30 compactado en capas de 25 cm de espesor, al 95% del Proctor Modificado, hasta el nivel de desplante indicado, y finalmente proceder con la construcción de las placas.

Los rellenos de material granular compactado deberían ser de mayor área que las placas para evitar la falla por cortante de dicho relleno y distribuir carga. En este caso, el relleno de sustitución es para alejar las placas del suelo plástico, elevar nivel de desplante y homogenizar la rigidez del medio de apoyo, por lo que el ancho del relleno puede ser del mismo tamaño que las placas.

Para los sectores de P-3 y P-4, se puede utilizar la misma recomendación anterior, pero utilizando una capacidad de soporte admisible igual a 20 t/m^2 (60 t/m^2 a la falla).

En este caso particular, se puede observar que la recomendación es utilizar lastre compactado bajo las placas para controlar la plasticidad del suelo, y el espesor recomendado para esta función, es de 0,70 metros, sin embargo, al elevar el nivel del parque, se estaría utilizando un relleno de 1 metro de espesor, por lo tanto:

Para la cancha multiusos, la misma quedaría con 1 metro de relleno, lo cual es adecuado. En este caso el problema sería si generan algún tipo de camerino o baño, o bien, un techo, ya que al cimentar placas a 0,65 metros de espesor, el relleno bajo placas sería de 0,35 metros, lo cual no es adecuado para contener la plasticidad del suelo.

Para el anfiteatro, si las placas son corridas o aisladas presentarían el mismo problema de un relleno de poco espesor. De igual manera algún tipo de baño o servicio sanitario.

De forma general, todo tipo de obra que utilice placas corridas o aisladas, presentarían un problema de poco espesor de lastre, inducida por el nivel de desplante de las obras, por lo tanto, para controlar el problema de plasticidad de los suelos detectados, teniendo un adecuado espesor de lastre bajo las placas, se recomienda eliminar la capa orgánica existente en el parque, la cual es de 0,5 metros de espesor, y con ello incrementar el relleno a 1,5 metros de espesor, y utilizar niveles de desplante de las obras entre 0,65 y 0,8 metros de profundidad.

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 13/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica

Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com

INFORME # F-005-01-2020

Por otro lado se debe mencionar que el nivel freático se detecta a profundidad, por lo tanto, al cortar los 0,50 metros de espesor, el nivel freático se debería mantener muy por debajo de este nivel, sin afectar el proceso de relleno.

Otro detalle importante, es considerar el clima de la zona, el cual es lluvioso durante gran parte del año, esto podría afectar un relleno de lastre, ya que al humedecerse el lastre, la compactación se perdería, generando una pérdida de resistencia del mismo para soportar las obras. Para evitar este problema se podrían sellar las capas de lastre con cemento una vez terminada cada capa, y con ello evitar problemas de saturación.

Como se construiría un muro perimetral, se recomienda dejar drenajes suficientes para evacuar las aguas pluviales que podrían caer en toda el área del parque, y que no se acumulen, generando presión hidrostática al muro perimetral.

De forma general, las capas de lastre para el relleno, deben tener un CBR mínimo de 30, debe ser compactado en capas de 20 cm de espesor, al 95% del Proctor Modificado, hasta el nivel de requerido.

Por último, se puede mencionar que si se realiza el relleno de lastre en toda el área del parque siguiendo las recomendaciones anteriores, el relleno de lastre generaría una distribución de carga, por lo que se podría utilizar una capacidad de soporte admisible mínima de 10 t/m^2 (30 t/m^2 a la falla).

En los sectores donde se coloquen árboles, se podrían utilizar rellenos de suelos cohesivos que no sean plásticos.

10.4. Análisis de asentamientos

De apoyar las fundaciones de las obras por construir, sobre los rellenos de sustitución de material granular compactado, utilizando 6 t/m^2 de capacidad de soporte admisible, no será de esperar asentamientos mayores a 2,0 cm. Si se utilizara 20 t/m^2 de capacidad de soporte admisible, no será de esperar asentamientos mayores a 1,0 cm, y si se utilizaran 10 t/m^2 de capacidad de soporte admisible, no será de esperar asentamientos mayores a 1,5 cm.

10.5. Análisis de licuefacción

De acuerdo con la teoría de Seed e Idriss, para que se presente un riesgo de licuefacción, se deben cumplir o presentar las siguientes condiciones:

- Que los suelos sean arenas finas con contenido de fino arcilloso menor de 20%.
- Exista la presencia de un nivel freático.
- El valor de N_{spt}' (corregido-normalizado) sea menor a 25 golpes/pie.
- Espesor mayor a 1 metro.
- Aceleración mayor a 0,15 g.

En este caso, los estratos de suelos detectados, son suelos cohesivos plásticos, con un contenido de finos arcillosos que varía entre 87 % y 90%, y sin la presencia de un nivel freático, por lo que se puede considerar que no existe el riesgo de licuefacción bajo fuertes sismos.

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 14/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica

Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com

INFORME # F-005-01-2020

10.6. Coeficiente sísmico

De acuerdo a la normalización establecida en el Código Sísmico de Costa Rica 2010, el terreno se ubica en la Zona Sísmica II, y los suelos clasifican como Tipo S_3 , por lo que se debe utilizar el Factor Espectral Dinámico (FED), de la Figura 5.3, para determinar el coeficiente sísmico a utilizar para realizar el diseño estructural de las obras por construir en este sitio.

Existe gran variedad de correlaciones entre el número de golpes N del SPT y la velocidad de onda cortante, V_s . La siguiente ecuación, publicada por el Departamento de Geotecnia de la Facultad de Ingeniería Civil de Maslak, Instambul en 1996 (ITU Faculty of Civil Engineering Dept of Geotechnics), presenta un coeficiente de correlación de 81% (el más alto de dicha publicación), y es aplicable para cualquier tipo de suelo. La velocidad de onda cortante V_s se encuentra en metros por segundo (m/s).

Para las perforaciones, tenemos un promedio de $N_{SPT} = 17$, por lo tanto, tenemos: $V_s = 51.5 N^{0.516} = 51,5 (17)^{0.516} = 222$ m/s y según Código Sísmico de Costa Rica, los suelos Tipo S_3 presentan una velocidad de onda cortante que varía entre 180 m/s y 360 m/s.

Es necesario recalcar que la ecuación anterior no fue desarrollada específicamente para las condiciones propias de los suelos costarricenses ni las características de nuestros equipos. Por lo tanto, los parámetros calculados a partir de esta correlación, deben utilizarse solamente como información preliminar.



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica
Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com
INFORME # F-005-01-2020

10.7. Mapa de Zonas de Riesgo

Según la Comisión Nacional de Emergencias, tenemos:



Figura 3: Mapa de Riesgos de la Comisión Nacional de Emergencias

Según el mapa de la Comisión Nacional de Emergencias, se puede observar que cerca del sitio de investigación no pasan trazas de fallas geológicas locales, y también se observa que no existen problemas por avalanchas ni deslizamientos, pero si se encuentra en un sector de inundaciones.

11. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Las recomendaciones del presente estudio, se brindan de acuerdo a las condiciones geotécnicas del terreno investigado.

La metodología utilizada en la investigación geotécnica se realiza mediante el Sistema de Penetración Estándar SPT, el cual limita el campo de acción a la teoría de esfuerzos totales y a su vez en la utilización de factores de seguridad $FS = 3$, según el Código de Cimentaciones de Costa Rica. Aunado a esto, el diseño geotécnico de cimentaciones se puede realizar mediante los métodos de esfuerzos de trabajo y carga última.

Si durante la etapa constructiva, detectan variaciones en los resultados brindados en el presente estudio, o si realizan cambios al diseño del proyecto, sería necesario que nos brinden la información, para revisarla y si es necesario realizar los respectivos cambios.

Se recomienda que durante el proceso constructivo se realice una inspección de un profesional en geotecnia, de los fondos de placa, para verificar las condiciones a cielo abierto.

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 16/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica
Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com
INFORME # F-005-01-2020

12. CONCLUSIONES

Los suelos detectados en el presente estudio clasifican como suelos cohesivos de sitio, con capacidades de soporte admisible adecuadas para la construcción de las obras por desarrollar.

El terreno se encuentra estable.

Los suelos de sitio presentan un bajo poder de absorción para el tratamiento de las aguas residuales, por medio de tanque séptico y zanjas de drenaje superficiales.

13. BIBLIOGRAFIA

1. Braja M. Das. **Fundamentos de Ingeniería Geotécnica**. Internacional Thomson Editores, S.A. Primera Edición. México D.F., (2001).
2. Asociación Costarricense de Geotecnia. **Código de Cimentaciones de Costa Rica**. Segunda Edición. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica, 2009.
3. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. **Código Sísmico de Costa Rica**. Cuarta Edición, Primera Reimpresión. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica, 2010.
4. Ing. Elías Rosales Escalante. **Tanques Sépticos, Conceptos Teóricos Base y Aplicaciones**. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Primera Edición. Costa Rica. Febrero, 2003.
5. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica. **Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones 2017**. Segunda Edición. Costa Rica. 2017.

14. ANEXOS

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 17/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica
Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com
INFORME # F-005-01-2020

ANEXO A: REGISTROS FOTOGRÁFICOS



Vista general del terreno



Vista general del terreno



Vista general del terreno



Vista general del terreno



Vista general del terreno



Vista general del terreno

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A.
INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica

Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com

INFORME # F-005-01-2020



Perforación P-1



Perforación P-2



Perforación P-3



Perforación P-4



Infiltración IN-1



Infiltración IN-2

**ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN**

**PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO**

**DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 19/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION**



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica
Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com
INFORME # F-005-01-2020

ANEXO B: REGISTROS DE PERFORACION

REGISTRO DE PERFORACION					Nº INF:	F-005-01-20	Pág. #	1/4
PERFORACIÓN Nº:		P-1		CLIENTE:		ING. ROY RUIZ		
LOCALIZACIÓN GPS		Latitud: --- Longitud: --- Elevación: ---		PROYECTO:		OBRAS VARIAS EN PARQUE LOS MALINCHES		
HOJA CARTOGRÁFICA:		UPALA		LOCALIZACIÓN:		UPALA, ALAJUELA		
NIVEL FREÁTICO		Inicial: 1,35 m Final: 0,55 m		INSPECTOR:		ING. JOSÉ A. FERNÁNDEZ SIBAJA		
				PERFORADOR:		J. DANIEL ARAYA FERNANDEZ		
				FECHA INICIAL:		20/1/2020		
				FECHA FINAL:		20/1/2020		

PROFUNDIDAD (m)	SISTEMA DE PERFORACION	MUESTRA Nº	N _{SPT}	% RECUPERACION	LITOLÓGIA	ESTRATIGRAFÍA DETECTADA Y DESCRIPCIÓN DEL SUELO S.U.C.S.	w HUMEDAD NATURAL (%)	P _r PESO UNITARIO SECO (gr/cm ³)	C _u COHESION (kg/cm ²)
0,00			0			ESTRATO A De 0,00 m a 0,50 m Suelo orgánico de color café con raíces.			
0,45		1	4			ESTRATO B De 0,50 m a 1,35 m Limo plástico de color café con pintas grises, de consistencia blanda y media, y ligeramente plástico.	54	1,07	0,24
0,90		2	4			ESTRATO C De 1,35 m a 5,85 m Limo plástico de color café amarillento con vetas grises, de consistencia media y semidura, y medianamente plástico.	54	1,07	0,26
1,35		3	6				51	1,10	0,37
1,80		4	11				43	1,17	0,75
2,25		5	10				45	1,15	0,62
2,70		6	11				43	1,17	0,60
3,15									
3,60									
4,05									
4,50									
4,95									
5,40									

SISTEMA DE PERFORACION							
	SPT	MANUAL	MECANICA	CONO DINÁMICO	ROTACIÓN	TRICONO	SPT LAVADO

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 20/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica

Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com

INFORME # F-005-01-2020

REGISTRO DE PERFORACION		Nº INF:	F-005-01-20	Pág. # 2/4
PERFORACIÓN Nº:	P-2	CLIENTE:	ING. ROY RUIZ	
LOCALIZACIÓN GPS	Latitud: ---	PROYECTO:	OBRAS VARIAS EN PARQUE LOS MALINCHES	
	Longitud: ---	LOCALIZACIÓN:	UPALA, ALAJUELA	
	Elevación: ---	INSPECTOR:	ING. JOSÉ A. FERNÁNDEZ SIBAJA	
HOJA CARTOGRÁFICA:	UPALA	PERFORADOR:	J. DANIEL ARAYA FERNANDEZ	
NIVEL FREÁTICO	Inicial: 2,25 m	FECHA INICIAL:	20/1/2020	
	Final: 0,55 m	FECHA FINAL:	20/1/2020	

PROFUNDIDAD (m)	SISTEMA DE PERFORACIÓN	MUESTRA Nº	N ₆₀ PT	% RECUPERACION	CONTEO DEL NÚMERO DE GOLPES	LITOLOGÍA	ESTRATIGRAFÍA DETECTADA Y DESCRIPCIÓN DEL SUELO S.U.C.S.	w HUMEDAD NATURAL (%)	γ _s PESO UNITARIO SECO (gr/cm ³)	C _u COHESION (kg/cm ²)	
0,00	0,45		0		0 20 40 60 80 100		ESTRATO A De 0,00 m a 0,50 m Suelo orgánico de color café con raíces.				
0,45	0,90	1	4				ESTRATO B De 0,50 m a 1,35 m Limo plástico de color café con pintas grises, de consistencia blanda y media, y ligeramento plástico.	55	1,06	0,25	
0,90	1,35		8				ESTRATO C De 1,35 m a 5,00 m Limo plástico de color café amarillento con vetas grises, de consistencia blanda, media y semidura, y medianamente plástico.	51	1,10	0,38	
1,35	1,80	2	6					51	1,10	0,40	
1,80	2,25		8						52	1,10	0,36
2,25	2,70	3	6						46	1,14	0,52
2,70	3,15		11						48	1,13	0,50
3,15	3,60	4	6								
3,60	4,05		12								
4,05	4,50	5	9								
4,50	4,95		7								
4,95	5,40	6	8								
5,40	5,85		9								

SISTEMA DE PERFORACIÓN	SPT	MANUAL	MECÁNICA	CONO DINÁMICO	ROTACIÓN	TRICONO	SPT LAVADO
------------------------	-----	--------	----------	---------------	----------	---------	------------

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 21/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica

Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com

INFORME # F-005-01-2020

PROFUNDIDAD (m)		SISTEMA DE PERFORACIÓN	MUESTRA Nº	N _{SPT}	% RECUPERACION	CONTEO DEL NÚMERO DE GOLPES	LITOLOGÍA	ESTRATIGRAFÍA DETECTADA Y DESCRIPCIÓN DEL SUELO S.U.C.S.	w HUMEDAD NATURAL (%)	γ _s PESO UNITARIO SECO (gr/cm ³)	C _u COHESION (kg/cm ²)
0,00	0,45			0		0 20 40 60 80 100		ESTRATO A De 0,00 m a 0,50 m Suelo orgánico de color café con raíces.			
0,45	0,90	⊙	1	7				ESTRATO B De 0,50 m a 0,90 m Limo plástico de color café con pintas grises, de consistencia media, y ligeramente plástico.	50	1,11	0,45
0,90	1,35	⊙	2	22				ESTRATO C De 0,90 m a 1,35 m Limo plástico de color café amarillento con vetas grises, de consistencia semidura, y medianamente plástico.	44	1,17	1,24
1,35	1,80	⊙	3	40				ESTRATO D De 1,35 m a 5,85 m Limo plástico de color café rojizo con vetas grises, de consistencia semidura, dura y rígida, y medianamente plástico.	42	1,20	1,33
1,80	2,25	⊙	4	20					43	1,18	1,25
2,25	2,70	⊙	5	18					43	1,18	1,07
2,70	3,15	⊙	6	11					43	1,17	0,74
3,15	3,60	⊙									
3,60	4,05	⊙									
4,05	4,50	⊙									
4,50	4,95	⊙									
4,95	5,40	⊙									
5,40	5,85	⊙									

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 22/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica
Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com
INFORME # F-005-01-2020

ANEXO C: PRUEBA DE INFILTRACIÓN

**Ingeniero
Roy Ruiz
CONSULTOR**

Reciba por este medio, el informe de las pruebas de percolación de campo estándar, que fueron realizadas en un terreno que se localiza en Upala, Alajuela.

A las aguas residuales de las obras, se les pretende dar tratamiento por medio de tanque séptico y zanjas de drenajes superficiales.

Para realizar las pruebas en el campo, y los respectivos cálculos, se siguieron las metodologías recomendadas por Manual, Tanques Sépticos Conceptos Teóricos Base y Aplicaciones, del Instituto Tecnológico de Costa Rica y el Ministerio de Salud (con un tiempo de saturación de 24 horas).

Tabla 5. Resultados de las pruebas.

Prueba	Profundidad (m)	T (min/cm)	V_i (m/s)	Descripción de los suelos encontrados
IN-1	0,50 a 0,80	18	$3,35 \times 10^{-7}$	Limo plástico café con pintas grises.
IN-2	0,50 a 0,80	18	$3,35 \times 10^{-7}$	Limo plástico café con pintas grises.

T: Tasa de infiltración.

V_i : Velocidad de Infiltración.

Memoria de cálculo de las pruebas realizadas

Tasa de infiltración o conductividad hidráulica

$$T = 18,0 \text{ min/cm}$$

Velocidad de Infiltración de las aguas residuales

$$V_p = 3,35 \times 10^{-7} \text{ m/s}$$

Número de personas servidas

$$N = 1,0$$

Gasto de aguas residuales (Estadios, gimnasios y similares)

$$G = 4 \text{ lt/per/día} = 4,63 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{s}$$

Área infiltración

$$A_i = \frac{N * G}{V_p} = \frac{Q}{V_p} = 0,14 \text{ m}^2.$$

Factor de precipitación

$$(F_p \geq 2,5)$$

Superficie o Área Verde

$$A'_c = F_p * A_i$$

$$A'_c = 2,5 * 0,14 = 0,35 \text{ m}^2$$

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 24/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica

Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com

INFORME # F-005-01-2020

Geometría del Campo de Infiltración

Ancho de zanja	$W = 50 \text{ cm}$
Material Granular o grava bajo el tubo infiltrante	$D = 30 \text{ cm}$
Profundidad del tubo Infiltrante	$H = 50 \text{ cm}$
Perímetro efectivo según el Ministerio de Salud	$P_e = \frac{(W + 56 + 2D)}{(W + 116)} = 0,77$
Longitud de zanja de drenaje	$L_z = \frac{A_i}{P_e} = 0,18 \text{ m.l.}$
Separación entre zanjas de drenaje	$L_s = \frac{A_c}{L_z} = 1,93 \text{ m.l.}$

Recomendaciones Técnicas

Para uso de estadios, gimnasios y similares, se recomienda usar por persona, 0,18 m.l. de longitud de zanja de drenaje superficial, con una separación mínima entre las zanjas de 2 m.l., y con una geometría como se indica en la memoria de cálculo anterior.

Al ser los suelos heterogéneos, el poder de absorción de los mismos, podría variar de acuerdo a la ubicación de las zanjas de drenaje en el campo de infiltración, por esta razón, se deberá verificar que, en todo el campo de infiltración, los suelos de las zanjas, sean similares a los encontrados en la prueba realizada.

Se debe mencionar que los suelos donde se realizan las pruebas, son suelos de mediana plasticidad, por lo tanto, se recomienda utilizar fosas biológicas de Eco Tanque, Tanque Diez, o bien, Bionest, con el fin de utilizar un efluente final, esto ya que estos suelos se podrían saturar y no absorber más aguas, pudiendo presentar problemas de aguas residuales a nivel superficial. También se podrían utilizar pozos filtrantes profundos, para darle mayor vida al sistema de tratamiento de aguas residuales, sabiendo que habría que realizarle limpiezas cada cierto tiempo.

Características para un drenaje superficial:

Se deberá evitar que, por fricción, se reduzca la porosidad del fondo de las zanjas, por lo que al colocar una tabla provisional en el fondo de las mismas mientras se excava, se reducirá el daño o compactación que pudiera ocasionarse en los suelos del campo de infiltración. También debe evitarse la entrada de materiales poco permeables o más finos, como limos o cualquier otro desecho.

Antes de colocar la grava a utilizar en el drenaje, todas las superficies de las zanjas deben rastrillarse a una profundidad de 2,5 cm, y el material suelto deberá retirarse.

La piedra bajo la tubería que distribuye efluentes, debe tener tamaños entre 7 y 10 cm.

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 25/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica

Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com

INFORME # F-005-01-2020

Es conveniente colocar sobre el material de drenaje, otros materiales de menores tamaños, antes de hacer el cierre final de las zanjas con tierra, así como se muestra en la Figura 4.

El fondo de la zanja de drenaje debe estar 2,0 m sobre el nivel subterráneo del agua.

En un sistema de infiltración compuesto por zanjas o drenajes superficiales, también suceden fenómenos de evapotranspiración por efecto de la radiación del sol y de las plantas que pudieran crecer en las inmediaciones.

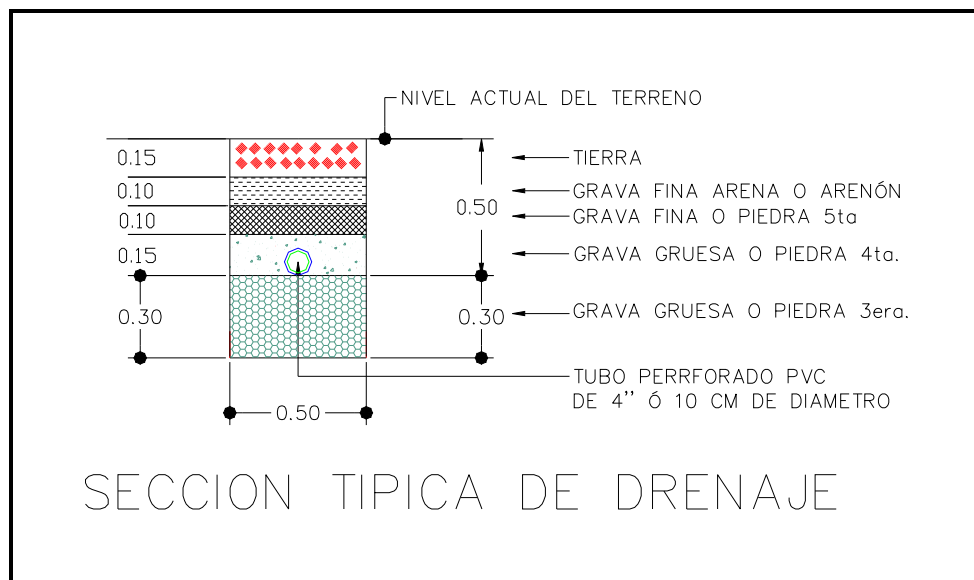


Figura # 4: Detalle de sección típica de drenaje en vista lateral

En cuanto al buen funcionamiento de los tanques sépticos, se sigue los principios básicos de la sedimentación, debiéndose entonces guardar entre otras razones, una relación 1:3 entre el ancho y la longitud de la unidad que se construya, así como una profundidad mínima de 1,0 metro en los líquidos almacenados.

Quedando a sus órdenes para cualquier aclaración o consulta,

Atentamente.

ING. JOSÉ A. FERNÁNDEZ SIBAJA.
IC-16358
GERENTE GENERAL

ESTUDIOS DE SUELOS
ASESORIAS GEOTÉCNICAS
PRUEBAS DE INFILTRACIÓN

PRUEBAS DE PERMEABILIDAD
ESTABILIDAD DE TALUDES
SONDEOS DE CAMPO

DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS 26/28
RIGIDOS, FLEXIBLES Y ADOQUINADOS
PERFORACION A ROTACION



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica
Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com
INFORME # F-005-01-2020

ANEXO D: MEMORIA DE CALCULO DE CAPACIDADES

Perforación P-1

$$q_{adm} = \frac{C * N_c * 10}{3} = \frac{0,25 * 5,14 * 10}{3} = 4,23 t/m^2 \quad \text{De 0,50 m a 2,25 m}$$

$$q_{adm} = \frac{C * N_c * 10}{3} = \frac{0,37 * 5,14 * 10}{3} = 6,33 t/m^2 \quad \text{De 2,25 m a 2,70 m}$$

$$q_{adm} = \frac{C * N_c * 10}{3} = \frac{0,75 * 5,14 * 10}{3} = 12,84 t/m^2 \quad \text{De 2,70 m a 4,05 m}$$

$$q_{adm} = \frac{C * N_c * 10}{3} = \frac{0,61 * 5,14 * 10}{3} = 10,45 t/m^2 \quad \text{De 4,05 m a 5,85 m}$$

Perforación P-2

$$q_{adm} = \frac{C * N_c * 10}{3} = \frac{0,25 * 5,14 * 10}{3} = 4,28 t/m^2 \quad \text{De 0,50 m a 0,90 m}$$

$$q_{adm} = \frac{C * N_c * 10}{3} = \frac{0,38 * 5,14 * 10}{3} = 6,51 t/m^2 \quad \text{De 0,90 m a 3,60 m}$$

$$q_{adm} = \frac{C * N_c * 10}{3} = \frac{0,51 * 5,14 * 10}{3} = 8,73 t/m^2 \quad \text{De 3,60 m a 5,85 m}$$



GEOTÉCNICAS FERNÁNDEZ, S.A. INGENIEROS CONSULTORES

Naranjo, Alajuela, Costa Rica
Tel: 24-50-53-23/24-50-53-04 / 88-18-48-53 Email: jafersi@gmail.com
INFORME # F-005-01-2020

Perforación P-3

$$q_{adm} = \frac{C * N_c * 10}{3} = \frac{0,45 * 5,14 * 10}{3} = 7,70 t/m^2 \quad \text{De 0,50 m a 1,35 m}$$

$$q_{adm} = \frac{C * N_c * 10}{3} = \frac{1,27 * 5,14 * 10}{3} = 21,75 t/m^2 \quad \text{De 1,35 m a 4,05 m}$$

$$q_{adm} = \frac{C * N_c * 10}{3} = \frac{1,07 * 5,14 * 10}{3} = 18,33 t/m^2 \quad \text{De 4,05 m a 4,50 m}$$

$$q_{adm} = \frac{C * N_c * 10}{3} = \frac{0,74 * 5,14 * 10}{3} = 12,67 t/m^2 \quad \text{De 4,50 m a 5,85 m}$$

Perforación P-4

$$q_{adm} = \frac{C * N_c * 10}{3} = \frac{0,31 * 5,14 * 10}{3} = 5,31 t/m^2 \quad \text{De 0,50 m a 0,90 m}$$

$$q_{adm} = 7 t/m^2 \quad \text{(SPT) De 0,90 m a 1,35 m}$$

$$q_{adm} = \frac{C * N_c * 10}{3} = \frac{1,29 * 5,14 * 10}{3} = 22,10 t/m^2 \quad \text{De 1,35 m a 4,05 m}$$

Los valores de cohesión mostrados son valores promedio en algunos casos.

El valor de 10 es para convertir kg/cm^2 a t/m^2 .