



**CONSULTORIA EN PROYECTOS DE INGENIERIA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**

Estudio de Suelos y Recomendaciones de Cimentación

SENDERO PEATONAL UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

PEREIRA

Interesado: ARQUITECTO CESAR AUGUSTO BAUTISTA E.

Pereira, Agosto de 2018

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. LOCALIZACION	3
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	4
4. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	5
5. ENSAYOS DE LABORATORIO	7
6. MODELO GEOTÉCNICO	8
7. EFECTOS LOCALES	10
8. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO	10
8. 1 Asentamientos Estimados	13
9. POTENCIAL DE LICUACIÓN	13
10. PARAMETROS GEOTECNICOS PARA DISEÑO	14
10.1 Modulo de Reacción de la Sub-rasante (Ks)	14
10.2 Nivel Freático	14
10.3 Excavaciones y Cortes	14
10.4 Estructuras de Contención	14
10.5 Placas de Piso	15
ANEXO A	16
PERFILES ESTRATIGRÁFICOS	16
ANEXO B	17
REGISTROS DE LABORATORIO	17

1. INTRODUCCIÓN

Este documento contiene los resultados de la exploración del suelo, ensayos de laboratorio, conclusiones y recomendaciones para la identificación de las características de los materiales de excavación y cimentación, determinación de niveles de cimentación y establecimiento de medidas complementarias para la construcción de un sendero peatonal de aproximadamente 300 m., en un área aledaña al complejo de canchas de futbol y tenis en el extremo nor-occidental del campus de la Universidad Tecnológica de Pereira. Se nos ha solicitado la realización de la prospección que permita establecer los parámetros geotécnicos para definir la capacidad de carga de los suelos de apoyo del proyecto, así como aquellos parámetros adicionales para el desarrollo de los diseños estructurales necesarios.

El estudio contempla la exploración del suelo, teniendo como referencia la norma NSR-10 y el conocimiento de las propiedades que ofrece el terreno en cuanto a su capacidad de soporte, parámetros físicos y mecánicos, para el soporte adecuado de las cargas originadas por la estructura a construir. El procedimiento de elaboración de la investigación, comprendió los trabajos de campo y laboratorio, necesarios para realizar los análisis y cálculos de las fundaciones de la estructura.

2. LOCALIZACION

El sendero corresponde a un corredor de aproximadamente 300 m. de longitud y con una franja de afectación de aproximadamente 4.0 m. de ancho, localizada aledaña a las canchas de futbol y tenis de la Universidad en la porción mas extrema del lado nor-occidental del campus.



Figura 1 Ubicación General. Tomado de Google Maps

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Los materiales del subsuelo corresponden a cenizas volcánicas con espesores de 20 a 25 m, las cuales se asientan sobre materiales conglomeraticos de buena rigidez y cementación con profundidades estimadas entre 150 y 220 m. Esta secuencia descansa sobre rocas de basamento de alta densidad. El relieve está conformado por colinas suavemente redondeadas y semi-planas, con baja a intermedia disección de cauces.

Específicamente en el área de estudio, se identificaron espesores de materiales vertidos como producto del movimiento de tierras original para el desarrollo del campus de la Universidad; estos depósitos fluctúan entre 15 cm. y 7.30 m. de altura, con las mayores profundidades

correspondiendo a la porción sur del sendero. Por debajo de esta capa, se encuentran materiales derivados de cenizas volcánicas, con espesores superiores a los 5 m. en los sondeos realizados. No se evidenciaron por debajo de los espesores de ceniza, materiales producto de flujos y depósitos de escombros. No se evidenció presencia de nivel freático.

4. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

4.1 Sondeos Mecánicos: La investigación del subsuelo se realizó mediante la ejecución de ocho (8) sondeos exploratorios de 3" con barreno helicoidal, alcanzando profundidades máximas de penetración de 8.5 m.; igualmente se realizó toma de muestras alteradas para identificación de los diferentes estratos que componen el perfil de suelo; y muestras inalteradas en tubo Shelby, a las cuales se les realizaron análisis de laboratorio para la obtención de parámetros geomecánicos o de resistencia del suelo. La localización de los sondeos se presenta en la figura 2. Se aprovechó la presencia de materiales expuestos en áreas aledañas para contrastar los resultados de las perforaciones.

4.3 Descripción de las Perforaciones: De acuerdo con la exploración realizada se determinó el perfil estratigráfico preliminar; con las variaciones del terreno. Se buscó identificar el nivel freático el cual NO se evidenció a la profundidad explorada. La descripción detallada de las capas encontradas así como sus parámetros geomecánicos se muestran en el Anexo A. (Perfiles Estratigráficos).

Cuadro 1. CARACTERISTICAS DE LOS SONDEOS EJECUTADOS

SONDEO	PROFUNDIDAD DE EXPLORACION (m.)	NIVEL FREÁTICO (m.)	PROFUNDIDAD DE LLENO (m.)
S - 1	2,5	NO SE DETECTÓ	0,55
S - 2	5,0	NO SE DETECTÓ	2,00
S - 3	3,5	NO SE DETECTÓ	2,00
S - 4	5,0	NO SE DETECTÓ	0,60
S - 5	7,0	NO SE DETECTÓ	4,80
S - 6	2,0	NO SE DETECTÓ	0,15
S - 7	8,5	NO SE DETECTÓ	7,30
S - 8	4,0	NO SE DETECTÓ	2,40

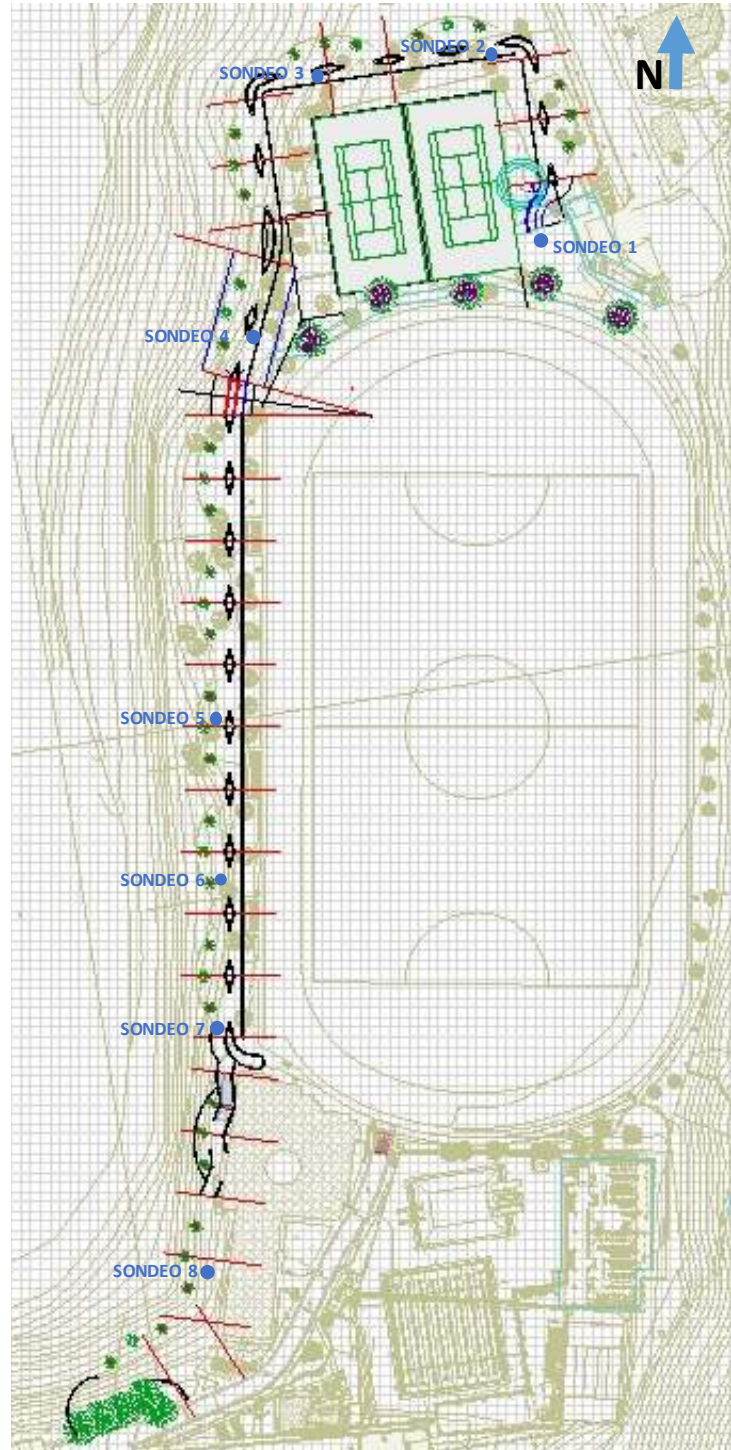


Figura 2 Localización de Sondeos

5. ENSAYOS DE LABORATORIO

A las muestras alteradas e inalteradas que se recuperaron en la exploración se les practicaron los siguientes ensayos:

- Determinación del contenido natural de humedad en porcentaje
- Determinación del peso unitario (total y seco) del suelo.
- Determinación de la resistencia a la compresión Inconfinada.
- Determinación de la composición granulométrica
- Determinación de límites de consistencia

Cuadro 2. CARACTERIZACION GEOTECNICA DE LAS MUESTRAS EVALUADAS (I)

MUESTRA	Prof m.	SPT	PESO UNITARIO HUMEDO	HUMEDAD	RELACION DE VACIOS	RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA
S1M1	2.0	8	14,6 KN/m ³	97,0%	2,57	57,0 KN/m ²
S2M1	2.5	8	13,1 KN/m ³	106,0%	2,81	64,0 KN/m ²
S2M2	3.5	7	14,2 KN/m ³	69,0%	1,81	66,0 KN/m ²
S2M3	4.5	8	14,3 KN/m ³	71,0%	1,88	44,0 KN/m ²
S3M1	3.0	7	12,4 KN/m ³	114,0%	3,01	33,0 KN/m ²
S4M1	2.0	11	14,7 KN/m ³	74,0%	1,97	47,0 KN/m ²
S4M2	4.5	12	14,1 KN/m ³	61,0%	1,62	39,0 KN/m ²
S5M1	6.0	18	14,5 KN/m ³	84,0%	2,20	35,0 KN/m ²
S5M2	7.0	-	13,3 KN/m ³	103,0%	2,72	65,0 KN/m ²
S6M1	1.5	6	14,4 KN/m ³	72,0%	1,91	26,0 KN/m ²
S7M1	8.0	9	13,7 KN/m ³	96,0%	2,55	23,0 KN/m ²
S8M1	3.5	8	13,9 KN/m ³	69,0%	1,83	37,0 KN/m ²

Cuadro 3. CARACTERIZACION GEOTECNICA DE LAS MUESTRAS EVALUADAS (II)

MUESTRA	Prof m.	Pasante #4 (%)	Pasante #10 (%)	Pasante #200 (%)	Límite Líquido %	Límite Plástico %	Indice de Plasticidad	Clasificación SUCS
		ARENA	ARENA					
S5M1	6.0	100	100	73.4	104.0	75.4	28.6	MH
S6M1	1.5	100	100	71.8	88.9	65.6	23.3	MH
S7M1	8.0	100	100	73.7	109.0	80.2	28.8	MH

En el Anexo B. se presentan los registros de laboratorio.

6. MODELO GEOTÉCNICO

Contempla un horizonte de tres capas compuesto por un espesor de materiales de vertimiento libre relativamente heterogéneos y con un espesor que llegó a un espesor de hasta 7,30 m. para los sondeos ejecutados; estos materiales fueron depositados sobre un espesor de materiales derivados de ceniza volcánica, cuyo espesor se estima que puede alcanzar 20,0 m.; estos materiales se asientan sobre materiales residuales asociados a rocas de aceptable rigidez. El nivel freático **no se identificó** a las profundidades exploradas.

Cuadro 4. ESPESORES. MODELO GEOTECNICO

MATERIAL	ESPESOR
VERTIMIENTO LIBRE O LLENO	Entre 0.15 m. y 7.3 m.
CENIZA VOLCÁNICA	De hasta 20.0 m.
MATERIALES RESIDUALES	No determinado por sondeos

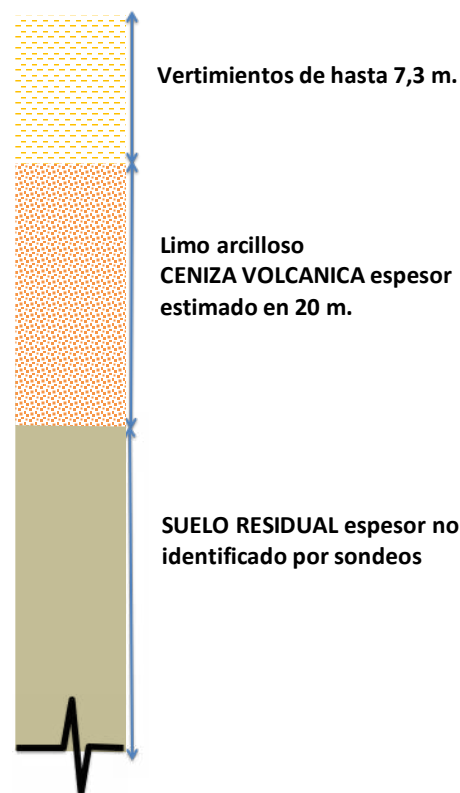


Figura 3 Perfil Característico Estimado. Sendero Peatonal UTP

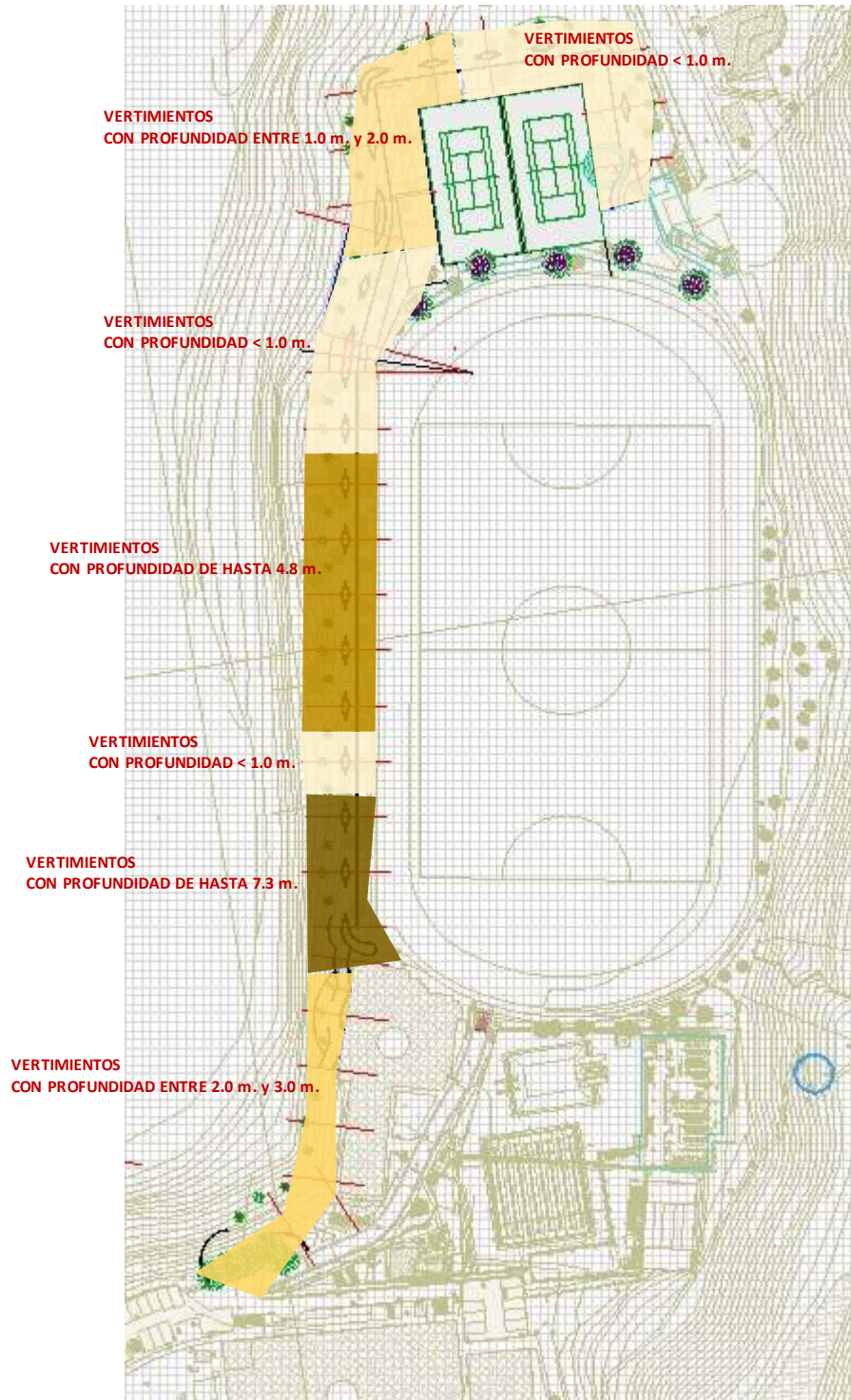


Figura 4 Zonificación Indicativa de Espesores de Vertidos a lo Largo del Corredor del Sendero

Los sondeos ejecutados permitieron realizar una zonificación indicativa (se presenta con el propósito de definir las zonas de espesores similares de vertidos, pero los límites y transiciones pueden variar en campo) que puede ser utilizada para estimar las características de las cimentaciones a usar en cada tramo del proyecto, de tal forma que se asegure el apoyo de la estructura sobre materiales de depositación natural.

7. EFECTOS LOCALES

Por tratarse de una estructura alargada y prácticamente de un solo nivel, además de que a esta altura se desconoce como se dispondrán sus dilataciones, se recomienda de forma preliminar, adoptar los parámetros correspondientes a la ZONA 6 dentro de la microzonificación del Municipio de Pereira (una vez se tenga certeza sobre la disposición estructural puede revisarse la pertinencia de dicha recomendación). Por lo tanto, los efectos locales se evaluarían con base en los siguientes valores:

Cuadro 5. PARAMETROS PARA EFECTOS LOCALES

To	Tc	TL	Fa	Fv	COEFICIENTE DE IMPORTANCIA
0,1	0,80	4,0	1,60	2,67	1,0

Y el espectro elástico correspondiente se presenta en la página siguiente.

8. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO

El espesor de materiales que son el resultado de vertimientos debe ser rechazado como material de apoyo de las cimentaciones de las estructuras del sendero peatonal, dada su relativa heterogeneidad y potencial inestabilidad. Por lo tanto, se recomienda que las cimentaciones se apoyen sobre los materiales derivados de cenizas volcánicas que subyacen los vertimientos y que presentan aceptables parámetros de resistencia, además su estabilidad como depósito es considerablemente mayor que los vertimientos. Se estima que dependiendo de la forma como sea dilatada la estructura, una porción de ella podría apoyarse en elementos superficiales desplantadas a profundidades estimadas en menos de 2 m., esto resulta aplicable a la porción norte del sendero; de esta forma, si los niveles de cargas son consecuentes con las estimaciones que se presentan a continuación, pueden usarse

cimentaciones superficiales.

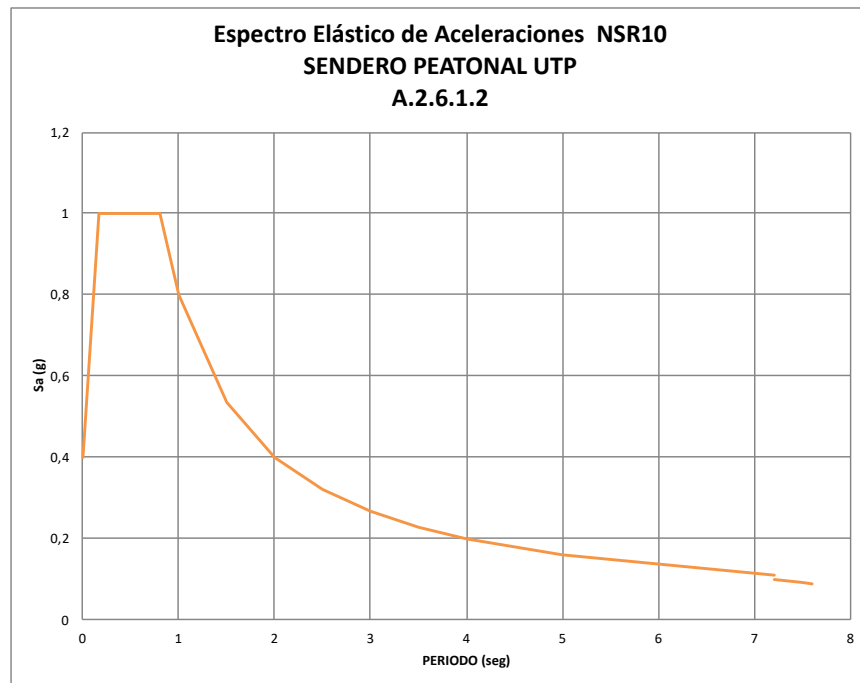


Figura 5 Espectro Elástico a Utilizar

Cuadro 6. PARAMETROS CARACTERISTICOS PARA CALCULOS DE CAPACIDAD PORTANTE

Resistencia al Corte NO DRENADA	SPT Corregido	Angulo de fricción (ϕ)	PUH promedio para esfuerzo geo-estático KN/m ³	CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE
53,4 KN/m ²	4,7	29,7	13,8	
CIMENTACIONES CORRIDAS				15,8 Tn/m²
ZAPATAS AISLADAS				14,6 Tn/m²

Las anteriores estimaciones se realizaron considerando que en ambos casos se debe ejecutar desplante a profundidades no menores de 1,50 m. (ASEGURÁNDOSE DE RETIRAR LA TOTALIDAD DE LOS MATERIALES CORRESPONDIENTES A LLENO O VERTIDOS) . En ambos casos la cimentación quedará apoyada en la capa superior de materiales de origen

volcánico con relativa homogeneidad, esto permitirá la adecuada transmisión e interacción de cargas. Para el cálculo de capacidad portante se utiliza la ecuación modificada de Terzaghi.

En lo que respecta a la porción occidental y sur del sendero, por la presencia de vertidos de profundidad significativa que no conforman un depósito estable, se recomienda adoptar como única opción, una cimentación profunda (tipo pilote perforado) que asegure, primero el apoyo de la estructura sobre un depósito estable, el cual en este caso correspondería al depósito de materiales derivados de cenizas volcánicas que subyace las capas superiores; estos elementos por los niveles de carga que se estima transmitirá la estructura, no exigirían una gran sección. Como segunda medida los pilotes, utilizando parcialmente un efecto de arco, realizarán un trabajo de mejora en las condiciones de estabilidad de los depósitos superiores que no se retirarán, aportando además su capacidad de carga lateral. Estos elementos deberán embeberse en el estrato de cenizas una longitud equivalente al 50% del espesor del vertido que atraviesan, pero en todo caso ese embebimiento no deberá ser de menos de 3.0 m.; dentro de una misma unidad estructural los pilotes deberán ir amarrados mediante una viga cabezal.

Cuadro 7. PARAMETROS ADOPTADOS PERFIL CARACTERISTICO.

MATERIAL	Espesor MAX m.	ϕ	PESO UNITARIO HUMEDO	MÓDULO ELASTICO MPA	MÓDULO DE CORTANTE MPA	RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA
LLENOS O VERTIDOS	7.3	18.0°	13,5 KN/m ³	5.5	1,4	21,4 KN/m ²
CENIZA VOLCANICA	20.0	29.7°	14,0 KN/m ³	13,6	3,4	53,4 KN/m ²

Parámetros de módulos y resistencia al corte de vertidos, estimados como 40% del valor para las cenizas

Se ha considerado que los pilotes trabajarán principalmente por fricción. Las capacidades de carga de estos elementos se presentan en el cuadro a continuación:

Cuadro 8. CAPACIDAD DE CARGA. PILOTES

LONGITUD TOTAL DEL PILOTE (m.)	PROFUNDIDAD DEL LLENO (m.)	CAPACIDAD DE CARGA VERTICAL (ton)	CAPACIDAD DE CARGA HORIZONTAL (ton)
DIAMETRO DEL PILOTE 0,25 m.			
5.0	2.0	7.1	1.5
6.0	3.0	7.6	2.7
7.0	4.0	8.1	2.7
8.0	5.0	8.7	2.7
9.0	6.0	9.2	2.7
10.0	7.0	9.7	2.7
11.0	8.0	10.2	2.7

8.1 Asentamientos Estimados

Para el caso de cimentaciones superficiales, los asentamientos estimados para las capacidades de carga que se recomiendan, en ambos casos, son menores a 2,5 cm., lo cual se considera aceptable. En cuanto a los pilotes, a continuación se relacionan los asentamientos calculados:

Cuadro 9. ASENTAMIENTOS MAXIMOS ESTIMADOS. PILOTES

LONGITUD TOTAL DEL PILOTE (m.)	ASENTAMIENTO (mm.)
5.0	8.0
6.0	4.0
7.0	4.0
8.0	4.0
9.0	7.0
10.0	8.0
11.0	8.0

9. POTENCIAL DE LICUACIÓN

Por su composición granulométrica, así como por sus características de cohesión y

consistencia, los suelos que servirán de apoyo a la cimentación NO SON LICUABLES.

10. PARAMETROS GEOTECNICOS PARA DISEÑO

10.1 Modulo de Reacción de la Sub-rasante (Ks)

Fueron estimados con la metodología de Vesic.

Cuadro 10. PARAMETROS ADOPTADOS PERFIL CARACTERISTICO

MATERIAL	MÓDULO DE REACCION Kh
	MN/m ³
LLENOS O VERTIDOS	7,8
CENIZA VOLCANICA	19,4

10.2 Nivel Freático

El nivel freático **no se detectó a las profundidades exploradas**, por el nivel de desplante propuesto, se estima que las excavaciones se podrán ejecutar sin presencia de agua que exija su evacuación o limite las operaciones de excavación.

10.3 Excavaciones y Cortes

De acuerdo a las recomendaciones para la cimentación y la topografía del predio se estima que no se requerirá la conformación de taludes y cortes con alturas que superen los 5,0 m, estos taludes podrán realizarse con pendiente 1H:5V, mientras sean hechas con cortes del material correspondiente a cenizas volcánicas.

10.4 Estructuras de Contención

En caso de requerirse estructuras de contención (POR LA DISPOSICIÓN QUE SE PROPONE DE LA CIMENTACION PODRIAN NO REQUERIRSE EN NINGUN CASO), se recomienda el uso de los siguientes parámetros, los cuales se proponen como representativos de los suelos excavados. En caso de existir estructuras aledañas, vías o condiciones especiales de cargas

externas se deben incluir como sobrecargas adicionales a las supuestas en los cálculos que se presentan a continuación.

La componente sísmica se determina como:

$$KST = 0,25, y$$

$$K_{a-dinámico} = K_a + 0,75 * KST$$

Donde,

$K_{a-dinámico}$: Coeficiente dinámico de presión activa

K_a : Coeficiente estático de presión activa **igual a 0,270**

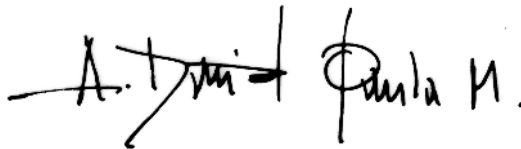
K_o : Coeficiente de Presión en reposo **igual a 0,505**

KST : Coeficiente sísmico de diseño de acuerdo a NSR10.

10.5 Placas de Piso

En los casos en que se vayan a disponer estas placas, se debe retirar la totalidad de la capa de llenos o vertidos y realizarse sustitución según el caso, la placa deberá quedar apoyada en el espesor de cenizas volcánicas, y para su apoyo se recomienda utilizar un material de transición y distribución conformado por una capa de afirmado sin plasticidad o material tipo sub-base de 15 cm. de espesor, asegurando una compactación mínima del 95% del Próctor Modificado, sobre este material se debe disponer una losa de concreto con módulo de rotura de 4,1 Mpa. y modulada con placas no mayores a 2,0 x 2,0.

De encontrarse situaciones o materiales que difieran de los caracterizados en este estudio debe darse aviso oportuno a nuestra empresa para proceder a realizar las evaluaciones correspondientes.



ALVARO DANIEL GARCIA M
Ingeniero Civil UN
Especialista en Geotecnia UN
MSC University of Maryland

ANEXO A

PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

ANEXO B

REGISTROS DE LABORATORIO