

FRANK DE GREIFF R.
Ingeniero Consultor
SUELOS ESTRUCTURAS ASESORÍAS
Matrícula N°. 2531

SOLUCIONES CIVILES S.A.

INFORME SOBRE EL ESTUDIO GEOTÉCNICO
PARA EL PROYECTO MULTIFAMILIAR MARSELLA
SECTOR ALTOS DE CALAZANZ

FRANK DE GREIFF R.
Ingeniero Consultor.

Medellín, Diciembre de 2017

TABLA DE CONTENIDO

	Pag. N°s.
INTRODUCCIÓN	2
DESCRIPCIÓN DEL TERRENO Y DEL PROYECTO	3
GEOLOGÍA GENERAL	4
EXPLORACIÓN Y ANÁLISIS DE LABORATORIO	5, 6
RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS	7, 8, 9, 10
EVALUACIÓN DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES	11, 12, 13, 14
RECOMENDACIONES GENERALES	15
LIMITACIONES	16

INTRODUCCIÓN

Atendiendo la orden de trabajo recibida del Ingeniero Nicolás Álvarez Vélez., Coordinador de Proyectos de la firma Soluciones Civiles S.A., nuestra firma realizó un estudio para establecer las condiciones geotécnicas del subsuelo en un lote en donde se construirá el proyecto de vivienda multifamiliar denominados Marsella, localizado en el sector Altos de Calazanz.

En este informe se presentan los resultados de las investigaciones de campo y de laboratorio que se llevaron a cabo en el subsuelo, los cuales permitieron establecer el perfil geológico de las formaciones superficiales; también se evalúan los resultados obtenidos en las investigaciones realizadas en conexión con el tipo y cargas de la estructura que se va a construir y después de una evaluación de esta información, se definen los parámetros geomecánicos para el diseño de las cimentaciones de las estructuras, de los taludes de excavaciones para los sótanos, de los muros de contención, y del tipo de perfil de suelo para los análisis sísmicos.

DESCRIPCIÓN DEL TERRENO Y DEL PROYECTO

El proyecto MARSELLA, que la firma Soluciones Civiles S.A., iniciará próximamente, se desarrollarán en un lote de terreno con una extensión de unos 15180 m², aproximadamente, localizado en el costado norte de Altos de Calazans, delimitado por la Calle 57 al norte, por la Carrera 87 al oriente y por la vía trazada y en construcción que conecta con la Carrera 86C al sur.

La topografía del terreno es relativamente horizontal en su parte superior e inclinada con pendiente 35% a 40%.

El proyecto Marsella comprenderá 2 torres, de 25 niveles cada una, de los cuales los 3 niveles inferiores de la torre 1 y los 4 niveles de la torre 2 serán para parqueaderos de vehículos, y los niveles restantes serán para apartamentos; en la separación entre torres se construirán los 3 y 4 niveles de parqueaderos, piscina, cancha deportiva y parqueaderos de visitantes.

Las torres de vivienda estarán estructuradas sobre muros vaciados en concreto reforzado los cuales soportan placas macizas de concreto, de 10 cms de espesor; los muros estarán espaciados en luces de 2.80, 1.20 y 2.40 m. en sentido longitudinal y de 3.10, 2.80 y 1.30 m. en sentido transversal.

De acuerdo con esta estructuración las cargas que los muros portante trasladarán a las cimentaciones variarán entre 21 y 33 Ton/metro de muro; el edificio entre torres se estructurará con pórticos de columnas, placas aligeradas y vigas entre columnas

Por otra parte, las excavaciones para los parqueaderos variarán de 3 a 5 m. de altura por lo cual no se presentaran inestabilidades en los taludes.

GEOLOGÍA GENERAL

En la zona del estudio afloran 3 unidades geológicas que caracterizan el perfil geológico.

La primera unidad consiste de un flujo de lodos que se depositó en los primeros 10.5 m a 18 m de profundidad. Esta unidad está constituida por un limo areno arcilloso de color café rojizo con zonas amarillas y con fragmentos de roca meteorizados. Estos suelos son residuales derivados de la meteorización de las rocas los cuales presentan textura de arena limosa y de color amarillo grisáceo.

La segunda unidad consiste de un suelo residual que se presenta desde profundidades de 10 a 20 metros hasta alcanzar el nivel superior de la " roca descompuesta " que resulta de la meteorización de la roca basal dando lugar a materiales que a medida que se profundizan pasan gradualmente de textura limo arenosa de baja plasticidad y compresibilidad, que denominamos como tipo saprolito de Neiss de la Iguaná, con textura areno limosa grisácea y que conservan todas las estructuras de la roca original.

La tercera unidad está constituida por los materiales clasificables como zona Ic de Dan Deere o " roca descompuesta " que resulta de la meteorización de la roca basal dando lugar a materiales que a medida que se profundizan pasan gradualmente de textura arenosa, de baja plasticidad y compresibilidad con abundantes núcleos de roca meteorizada denominada zona IIa de Dan Deere conocida como Neiss de la Iguaná el cual es un Neiss feldespático con cuarzo y de origen intrusivo.

El neiss de la Iguaná es un neiss feldespático con cuarzo, de origen intrusivo, roca metamórfica del Cretáceo, con clara orientación que puede confundirse con una roca ígnea ácida. Su meteorización da lugar a suelos limo arcillosos de color grisáceo claro y a un saprolito moteado entre blanco y amarillo claro.

EXPLORACIÓN Y ANÁLISIS DE LABORATORIO

Después de hacer un reconocimiento de superficie del terreno y teniendo en cuenta la experiencia y conocimiento adquirido mediante estudios anteriores para diferentes proyectos en la zona aledaña a este lote, se elaboró un programa exploratorio que comprendió la ejecución de 8 perforaciones con taladro rotatorio, de 25 a 30 metros de profundidad, las cuales se ejecutaron en las zonas que estarán ocupadas por las torres y áreas de parqueaderos, tal como se muestra en la figura N°. 1. Las perforaciones se suspendieron cuando se obtenía rechazo en las pruebas de penetración estandar (SPT), pero penetrando un mínimo de 7 metros en la formación de " roca descompuesta " y meteorizada.

Durante el avance de las perforaciones se ejecutaron pruebas de penetración estandar (SPT) cada metro de profundidad para determinar el número de golpes, N, como medida de la resistencia " in situ " de los materiales del subsuelo y se tomaron algunas muestras en las capas superiores en donde las condiciones del subsuelo lo hacían posible; además, en cada sondeo se determinó la posición del nivel freático durante el periodo de la exploración.

Los análisis de laboratorio comprendieron la ejecución de determinaciones de humedad natural sobre las muestras de las penetraciones estandar, y pruebas de compresión simple, densidad, humedad natural y resistencia al penetrómetro de laboratorio sobre muestras inalteradas. Además, las muestras mas representativas se clasificaron por medio de los limites de plasticidad y de las granulometrías.

Toda la información anterior, debidamente evaluada, se requiere para establecer un perfil de meteorización o de variación de los parámetros geomecánicos de la formación geológica predominante en el sitio a diferentes profundidades.

En la figura N°. 1 se presenta la localización de las perforaciones realizadas en el lote y las figuras 2 a 11 contienen los registros de los sondeos, con las columnas estratigráficas y con los resultados de las pruebas de campo y de laboratorio ya ejecutadas.



FRANK DE GREIFF INGENIERO CONSULTOR	PROYECTO: MARSELLA	FECHA: AGOSTO/2017	Fig N° 1 <i>ides</i>
	CONTIENE: LOCALIZACION DE PERFORACIONES	ESCALA IMP: 500 ARCHIVO: SUELOS/FORMATOS APROBO: FRANK DE GREIFF	

RESULTADOS DE LAS INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS

Teniendo en cuenta las condiciones geológicas que caracterizan el área del proyecto, las condiciones topográficas y con los resultados de las exploraciones y pruebas de laboratorio realizadas, se puede establecer que el perfil geológico del subsuelo está conformado por las siguientes capas:

1. CAPA VEGETAL

En la superficie del lote se encuentra una capa vegetal de suelo orgánico negro, de unos 50 cms de espesor, los cuales deberán retirarse totalmente.

2. SUELO RESIDUAL

A continuación se presenta un suelo residual constituido por un limo arenoso café rojizo con zonas amarillas, con motas blancas y negras y con fragmentos de roca meteorizados. Este limo se presenta hasta una profundidad que varía de 8.0 a 16.0 metros.

Su humedad media que varía de 24.7% a 30.1%, una densidad que varía de 1.13 a 1.34 gr/cm³ y una resistencia a la compresión simple que varía de 1.04 a 2.42 kg/m², lo cual pertenece al grupo ML de la Clasificación Unificada de suelos.

Los valores del número de golpes N de las pruebas de penetración estándar (SPT) variaron de 9 a 39 golpes por 30 cms de penetración.

3. SAPROLITO DE NEISS DE LA IGUNANA

A continuación, de 9.5 a 11 metros y de 16.0 m. a 24 m. de profundidad se presenta un saprolito con humedad baja a media 21.0% a 33.4% (perforación TID7) y de 21% a 38.9%, una densidad de 1.37 gr/cm³ y una compresión simple de 2.28 gr/cm³ y 3.16 kg/cm² del penetrómetro de laboratorio y que pertenecen a los grupos ML y MH de la Clasificación Unificada de suelos.

El número de golpes, N, de las pruebas de penetración estandar varió de 29 a 59 golpes por 30 cms de penetración.

El número de golpes a una profundidad de 15 m varia de 33 a 57, con un promedio de 45 golpes, lo cual se debe corregirse por energía (0.85%) y se obtiene $N_{60} = 38.2$ golpes y

la corrección por confinamiento es N_{70} por C_N y $C_N = \sqrt{\frac{P_o}{P_o'}}$

donde P_o = presión atmosférica 10 Ton/m²
 P_o' = presión efectiva así:

$$P_o' = \gamma H + \gamma' H_2 = 1.70 \times 8.5 + 0.70 \times 6.5 = 19$$

$$P_o = 10 \text{ Ton/m}^2, \text{ entonces:}$$

$$C_N = \frac{\sqrt{10}}{19} = 0.72 \text{ y } N_{70} = N_{60} \times C_N = 38.2 \times 0.72 = 27.5$$

y de acuerdo con la fórmula de Mayerhoff la capacidad de soporte será:

$$q_a = \frac{1.5}{12} \frac{N_{70}}{B} \times S_a \left(\frac{B+1}{B} \right)^2 \times K_z \quad \text{donde } K_z = 1.30$$

$$q_a = \frac{1.5 \times 27.5}{12} \times 1 \left(\frac{6+1}{6} \right)^2 \times 1.3 \text{ Ton/pie}^2$$

$$q_a = 6.08 \text{ Ton/pie}^2 = 59.5 \text{ Ton/m}^2$$

Sin embargo, para diseño adoptaremos una capacidad de soporte de 40 Ton/m².

4. ROCA DESCOMPUESTA

A profundidades de 8 metros (TD1) y 24 m (TD2, TD3 y TD7) se presenta el horizonte superior de una roca de Neiss de la iguaná, con humedad baja 17.5%, con textura de arena limosa café rojiza con motas blancas, muy dura y resistente.

El número de golpes N de la "roca descompuesta" de la perforación TD1 a una profundidad de 15 metros es igual o mayor de 90 golpes/pie y las perforaciones TD2 y TD3 a profundidades de 23 metros es de al menos 70 golpes.

Corrigiendo por energía (0.85) se tiene $N_{60} = N \times 0.85 = 59.5 \text{ lpes/pie}$

y la corrección por sobrecapa $N_{70} = N_{60} \times C_N$, donde $C_N = \sqrt{\frac{P_0}{P_0'}}$
 P_0 = presión atmosférica 10 Ton/m²
 P_0' = presión de confinamiento Ton/m²

Profundidad de Nivel freático 9 m.

Densidad del saprolito 1.9 Ton/m³

Densidad de "roca descompuesta" 2.3 Ton/m³

$$P_0' = \gamma H + \gamma' H_2 (2.3 - 1) \\ = 1.9 \times 10 \times 14.0 = 37.2$$

$$C_N = \sqrt{\frac{10}{37.2}} = 0.52 \quad \text{y} \quad N_{70} = N_{60} \times C_N = 59.5 \times 0.52 \\ = 59.5 \times 0.52 = 38.9 \text{ Ton/pie}^2$$

y de acuerdo con la fórmula de Mayerhoff se tiene:

$$Q_a = \frac{1.5}{12} N_{70} \times S_a \left(\frac{B+1}{B} \right)^2 \times K_z \quad \text{donde} \quad S_a = \text{asentamiento permisible en pulgadas}$$

B = ancho cimentación en pies

$$Q_a = \frac{1.5 \times 38.9}{12} \times 1 \left(\frac{6+1}{6} \right)^2 \times 1.3$$

Kz = coeficiente de profundidad
varía de 1.0 a 1.33

$$Q_a = 8.6 \text{ Ton/pie}^2 = 84.1 \text{ Ton/m}^2$$

Pero para objeto de diseño adoptaremos una capacidad de soporte de 75 Ton/m².

NIVEL FREÁTICO

Los niveles freáticos se detectaron a profundidades de 8.40 y 14.55 metros, en los días en que se realizaron las perforaciones, meses de agosto, septiembre, noviembre y diciembre de 2017.

EVALUACIÓN DE RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con las condiciones geológicas, topográficas y morfológicas del área que ocuparán los terrenos de Marsella y con los resultados de las exploraciones geotécnicas que se llevaron a cabo, se pueden derivar las siguientes conclusiones:

La topografía actual de este lote es relativamente plana variando entre las cotas 1666 y 1660, aproximadamente.

Como se mencionó antes la topografía ocupada por las torres es de pendiente suave desde la superficie hasta 8 metros de nivel más bajo.

En consecuencia tanto las dos torres como la plataforma de parqueaderos se podrán diseñar y ejecutar con pilas enlazadas por un sistema de vigas de amarre.

En efecto, todas las muros portantes estarán soportados por pilas que penetren hasta el nivel de la roca descompuesta

Por otra parte, las perforaciones indican que la " roca descompuesta " muy dura se encuentra a profundidades entre 15 y 24 metros con respecto a la superficie actual.

En consecuencia, se considera que el proyecto puede diseñarse y construirse de acuerdo con las siguientes recomendaciones:

1. Excavaciones

Los taludes para el edificio de parqueaderos en sus extremos occidental y nor occidental deberán excavarse con una inclinación 1H : 1V entre cotas 1661.3 y 1666, de la torre I, y 0.5H : 1V entre cotas 1658.45 y 1661.3 ya que los suelos residuales son de muy buenas características geotécnicas excepto la presencia de diaclasas heredadas.

La superficie de los taludes excavados deberá quedar protegida contra la interperie con mortero de cemento para evitar desecación y agrietamiento posterior.

2. Cimentaciones de las Torres

Las cimentaciones de las torres consistirán de un sistema de pilas excavadas manualmente hasta penetrar 3 metros en la " roca descompuesta " a unas profundidades entre 12 y 25 m. de acuerdo con el sitio en el que se esté perforando, con respecto al nivel del terreno original. Las excavaciones se ejecutarán con anillos de concreto de 10 cms de espesor para garantizar la estabilidad de las paredes de excavaciones.

Las pilas se dimensionarán de acuerdo con los siguientes parámetros:

Diámetros de pila, sin incluir anillos de entibado	$\varnothing = 1.20 \text{ m.}$
Espesor de anillo de entibado	$= 10 \text{ cms}$
Longitud pilas, mínimo	$L = 12 \text{ a } 25 \text{ m}$
Capacidad admisible de soporte en el contacto de, la campana	$q_a = 75 \text{ Ton/m}^2$
Resistencia friccional en el fuste	$S = 2.3 \text{ Ton/m}^2$
Módulo de balasto, para cargas laterales	$K = 6000 \text{ Ton/m}^2/\text{m}$
Rigidez de resorte para análisis sísmico	$K_r = 4000 \text{ Ton/m}^2/\text{m}$

Para el caso de cargas transitorias se permitirá un sobreesfuerzo de un 30%.

Al computar la resistencia friccional en el fuste se deberá reducir su longitud en 2.5 veces el diámetro de la campana.

A manera de ejemplo se presenta a continuación una tabla con la capacidad de carga de pilas para diferentes longitudes, diámetros de fustes y campanas:

Longitud m.	Diámetro fuste-m	Diámetro campana-m	Q fuste Ton	Q campana Ton	Q total Ton
12	1.20	1.20	104	84	188
12	1.20	1.50	71	132	203
12	1.20	2.00	61	235	296
12	1.20	2.20	57	285	342
12	1.20	2.50	50	368	418
12	1.20	2.80	43	462	505

3. Cimentaciones de las Columnas de Parquaderos

Las cimentaciones de las columnas consistirán de pilas diseñadas para una capacidad de soporte de $q_a 30 \text{ Ton/m}^2$ a profundidades de 10 m. por debajo del nivel original, para cargas de servicio y permitiendo un sobreesfuerzo de un 25% para los casos sísmicos.

4. Vigas de Amarre

Todos las pilas y columnas deberán quedar enlazadas en ambas direcciones por una retícula de vigas de amarre diseñadas para atender esfuerzos de tracción o compresión en concordancia con la norma NSR-10.

5. Diseño Antisísmico

Se considerará un perfil tipo C para los análisis estructurales, según la norma NSR-10.

6. Muros de Contención

Los muros de contención deberán diseñarse del tipo cortina apoyados lateralmente en su extremo superior, en las losas de entrepiso, y en el terreno de fundación, con las vigas de amarre llevándolas hasta los muros, en la siguiente forma

Densidad de líquido equivalente	$\gamma E = 0.9 \text{ Ton/m}$
Densidad del suelo	$\gamma = 1.9 \text{ Ton/m}^3$
Sobrecarga de vehículos, cuando sea el caso	$\gamma = 0.6 \text{ m}$
Capacidad de soporte para la losa de fundación	$q_a = 20 \text{ Ton/m}^2$
Profundidad de la losa de fundación por debajo del piso acabado del sótano	$Z = 0.60$

RECOMENDACIONES GENERALES

- a. La interpretación del perfil geológico se basó en los resultados de los 10 sondeos realizados en el lote pero pueden presentarse variaciones con respecto a la secuencia descrita.

Es importante que a medida que se avancen los trabajos de excavación se mantenga informada a esta oficina con el objeto de revisar y ajustar las recomendaciones que juzguen de interés.

- b. Así mismo en la obra deberá existir un plano con la distribución de las columnas y sus correspondientes cargas de servicio que permita tomar decisiones oportunas durante la construcción de pilas.
- c. Antes de iniciar el vaciado de las pilas se deberá extraer el lodo y material suelto que se haya depositado en el fondo de la excavación.
- d. El concreto deberá ser suficientemente fluido con asentamiento de 4 a 6 pulgadas y se deberá colocar por medio de un tubo de tal manera que la caída libre no pase de 3 metros. Además, podrá adicionarse un 10 a 20% de cantos de roca fresca a la masa de concreto.
- e. El refuerzo de las pilas deberá descender hasta una profundidad según la norma NSR-10.

LIMITACIONES

Las recomendaciones contenidas en este informe se basan en la interpretación de la información recolectada por medio de las exploraciones y de los ensayos realizados, la cual se ha considerado como representativa de las formaciones geológicas predominantes del sitio.

Si se presentan condiciones reales en algunos sitios diferentes a los aquí descritos, se deberá dar aviso a esta oficina para proceder con los cambios en las recomendaciones a que haya lugar.



FRANK DE GREIFF R.
Ingeniero Consultor.

FECHA Septiembre 2017 PROYECTO MARSELLA

Profundidad mt. (cotas)	Muestra N°	Símbolo	Nivel freático	Descripción del material	Muestreador o corona	Golpes/15cm. Para Muestreador	Golpes/30cm. Para Revestimiento	Humedad Natural %	Densidad Seca Gms/cm ³	Compresión Simple Kg/cm ²	Límite Líquido %	Índice Plástico %	Granulometría <#200	Consolidación	Clasificación
1.0	1			CAPA VEGETAL Suelo organico negro.	ST	3									
						4									
						5									
						(9)									
2.0	2				ST	7									
						7									
						(14)									
3.0	3				ST	5									
						7									
						(13)									
4.0	4			SUELO RESIDUAL Limo arenoso café rojizo, con motas blancas y negras con fragmentos de roca meteorizados.	SH	6		27.2	1.251	1.74	44	10	86		ML
						7									
						(21)									
5.0	5				ST	7									
						6									
						(11)									
6.0	6				ST	13									
						12									
						(27)									
7.0	7				SH	8		26.2	1.340	2.29	43	10	72		ML
						9									
						(23)									
8.0	8				ST	7									
						10									
						(25)									
9.0	9				ST	17		17.7			30	6	55		ML
						29									
						(69)									
10.0	10				ST	60R									
						ROT									
11.0	11					24									
						39		13.3			NL	NP	42		SM
						(99)									
12.0	12			ROCA DESCOMPUESTA Textura de arena limosa café verdosa.	ST	31									
						60R									
						ROT									
13.0	13														
14.0	14														
15.0	15				ST	31		5.4			NL	NP	1		GW
						60R									
						ROT									
	16														

FECHA Septiembre 2017 PROYECTO MARSELLA

Profundidad mt. (cotas)	Muestra N°	Simbolo	Nivel freatico	Descripción del material	Muestreador o corona	Golpes/15cm. Para Muestreador	Golpes/30cm. Para Revestimiento	Humedad Natural %	Densidad Seca Gms/cm ³	Compresion Simple Kg/cm ²	Limite Liquido %	Indice Plastico %	Granulometria <#200	Consolidacion	Clasificacion
16.0	16			ROCA DESCOMPUESTA Textura de arena limosa café verdosa.	ROTACION	31 60R		14.6			27	4	34		SM
17.0	17														
18.0	18														
19.0	19														
20.0	20														
21.0	21			ROCA METEORIZADA Y FRACTURADA.	ROTACION	70R		32.9			NL	NP	48		SM
22.0	22														
23.0	23														
24.0	24														
25.0	25														
26.0	26														
27.0	27														
28.0	28														
29.0	29														
30.0	30														
31.0	31														
32.0	32														
28.0	28				ROTACION	65R		28.6					20		SM
29.0	29														
30.0	30														
29.0	29				ROTACION	37 60R		24.6			33	6	39		SM
30.0	30														
30.0	31				ROTACION	70R		4.7					1		GW

FECHA Septiembre 2017 PROYECTO MARSELLA

Profundidad mt. (cotas)	Muestra N°	Símbolo	Nivel freático	Descripción del material	Muestreador o corona	Golpes/15cm. Para Muestreador	Golpes/30cm. Para Revestimiento	Humedad Natural %	Densidad Seca Gms/cm ³	Compresión Simple Kg/cm ²	Límite Líquido %	Índice Plástico %	Granulometría <#200	Consolidación	Clasificación
1.0	1			CAPA VEGETAL											
2.0	2				ST	8									
3.0	3				ST	10	(19)								
4.0	4				ST	13	(30)								
5.0	5				ST	15	(26)	30.6							
6.0	6			SUELO RESIDUAL											
7.0	7			Limo areno arcilloso café, amarillo, tipo saprolito, consistencia firme a dura.	SH	12	(24)								
8.0	8				ST	13	(33)	27.1	1.328	1.52	42	8	73		ML
9.0	9				ST	15	(30)								
10.0	10				ST	17	(28)								
11.0	11				SH	14	(30)	30.1	1.327	1.04	52	13	89		MH
12.0	12				ST	15	(36)								
13.0	13			SAPROLITO DE NEISS DE LA IGUANA											
14.0	14			Arena limosa gris verdosa y blanca	ST	16	(44)								
15.0	15				ST	17	(55)								
16.0	16			ROCA DESCOMPUESTA											
17.0	17			Textura de limo arcillo arenoso café y vetas beige, consistencia dura.	ST	20	(57)								
18.0	18				ST	21	(65)	14			26	3	74		ML
19.0	19				ST	23	(67)								

FIG. N°3

FECHA Septiembre 2017 PROYECTO MARSELLA

Profundidad mt. (cotas)	Muestra N°	Simbolo	Nivel freatico	Descripción del material	Muestreador o corona	Golpes/15cm. Para Muestreador	Golpes/30cm. Para Revestimiento	Humedad Natural %	Densidad Seca Gms/cm ³	Compresion Simple Kg/cm ²	Limite Liquido %	Indice Plastico %	Granulometria <#200	Consolidacion	Clasificacion
16.0	17			ROCA DESCOMPUESTA Textura de limo arcillo arenoso café y vetas beige, consistencia dura.	ST	27 33 39 (72)		18.3			29	8	69		CL
17.0	18				ROT										
18.0	19				ST	20 21 24 (45)									
19.0	20			SUELO RESIDUAL Tipo Saprolito del Neiss de la Iguana, textura arenosa	ST	20 22 24 (46)		34.4			47	12	92		ML
20.0	21				ST	24 24 22 (46)									
21.0	22				ST	23 24 25 (49)		29.9			48	13	96		ML
22.0	23				ST	75 R									
23.0	24				ROTACION										
24.0	25														
25.0	26			ROCA DESCOMPUESTA Matriz limo arcillo arenoso beige, consistencia dura.	ST	24 29 33 (62)		18.8			25	2	67		ML
26.0	27				ST	27 32 35 (67)									
27.0	28				ROTACION										
28.0	29					77R									
	30				ST	70R									

FIG. N°3

FECHA Septiembre 2017 PROYECTO MARSELLA

Profundidad mt. (cotas)	Muestra N°	Símbolo	Nivel freático	Descripción del material	Muestreador a corono	Golpes/15cm. Para Muestreador	Golpes/30cm. Para Revestimiento	Humedad Natural %	Densidad Seca Gms/cm ³	Compresion Simple Kg/cm ²	Limite Liquido %	Indice Plastico %	Granulometria <#200	Consolidacion	Clasificacion
1.0	1			CAPA VEGETAL											
1.0	2			Limo arcilloso café.	ST	6									
2.0	3				ST	5									
3.0	4				ST	9									
4.0	5			SUELO RESIDUAL	ST	11									
5.0	6			Limo areno arcilloso café	SH	15									
6.0	7			amarillo con zonas rojizas,		14									
7.0	8			motas negras y blancas.		19									
8.0	9				ST	12									
9.0	10				ST	13									
10.0	11				ST	16									
11.0	12				ST	18									
12.0	13				ST	20									
13.0	14			SUELO RESIDUAL	ST	17									
14.0	15			Tipo Saprolito del Neiss	ST	15									
15.0	16			de la Iguana, textura arenosa	ST	17									

FIG. N°4

FECHA Septiembre 2017 PROYECTO MARSELLA

Profundidad mt. (cotas)	Muestra N°	Símbolo	Nivel freático	Descripción del material	Muestreador o corona	Golpes/15cm. Para Muestreador	Golpes/30cm. Para Revestimiento	Humedad Natural %	Densidad Seca Gms/cm 3	Compresion Simple Kg/cm 2	Limite Liquido %	Indice Plastico %	Granulometria <#200	Consolidacion	Clasificación
16.0	17			SUELO RESIDUAL Tipo Saprolito del Neiss de la Iguana, textura arenosa	ST	16 18 20 (38)									
17.0	18				ST	16 20 22 (42)									
18.0	19				ST	22 23 26 (49)		28.8			39	9	67		ML
19.0	20			SAPROLITO DE NEISS DE LA IGUANA Arena limosa café rojiza y amarilla con nucleos de roca meteorizados.	ST	23 28 30 (58)									
20.0	21				ST	19 23 27 (50)		31.7			45	11	85		ML
21.0	22				ST	26 30 31 (61)									
22.0	23				ST	23 33 38 (71)									
23.0	24			ROCA DESCOMPUESTA	ST	29 36 35 (71)		26.7			44	9	88		ML
24.0	25				ST	26 33 45 (78)									
25.0	26				ST	28 35 50 (85)									
26.0	27			ROCA METEORIZADA Y FRACTURADA	ST	48 55 56 (111)		18.7			27	6	63		CL- ML
27.0	28				ST	58 80 R									

FIG. N°4

FECHA Septiembre 2017 PROYECTO MARSELLA

Profundidad mt. (cotas)	Muestra N°	Símbolo	Nivel freático	Descripción del material	Muestreador o corana	Golpes/15cm. Para Muestreador	Golpes/30cm. Para Revestimiento	Humedad Natural %	Densidad Seca Gms/cm ³	Compresión Simple Kg/cm ²	Límite Líquido %	Índice Plástico %	Granulometría <#200	Consolidación	Clasificación
1.0	2				ST	22 30 37 (67)									
2.0	3				ST	19 20 22 (42)									
3.0	4				ST	19 23 23 (46)		26.2							
4.0	5				ST	20 19 23 (42)									
5.0	6				ST	15 15 20 (35)									
6.0	7				ST	19 18 21 (39)		32.5							
7.0	8				ST	20 30 24 (54)									
8.0	9			SUELO RESIDUAL Tipo Saprolito del Neiss de la Iguana, textura arenosa	ST	22 22 25 (47)									
9.0	10				ST	18 23 23 (46)		38.6			41	20	88		MH
10.0	11				ST	24 25 25 (50)									
11.0	12				ST	26 28 28 (56)									
12.0	13				ST	8 14 17 (31)									
13.0	14				ST	14 18 24 (42)		34.7			47	11	47		SM
14.0	15				ST	30 28 28 (56)									
15.0	16				ST	28 26 27 (53)		25.8			44	13	82		ML

FIG. N°5

FECHA Septiembre 2017 PROYECTO MARSELLA

Profundidad mt. (cotas)	Muestra N°	Símbolo	Nivel freático	Descripción del material	Muestreador o corona	Golpes/15cm. Para Muestreador	Golpes/30cm. Para Revestimiento	Humedad Natural %	Densidad Seca Gms/cm ³	Compresión Simple Kg/cm ²	Límite Líquido %	Índice Plástico %	Granulometría <#200	Consolidación	Clasificación
16.0	17			IDEM	ST	29									
	18				R	49									
17.0	19			SAPROLITO DE NEISS DE LA IGUANA	ST	26		35.4			56	20	78		MH
	20				ST	26									
						27	(53)								
18.0	21				ST	28									
	22			ROCA DESCOMPUESTA Y METEORIZADA	ST	29									
						30	(59)								
19.0	23				ST	28									
	24					30									
						31	(61)								
20.0	25				ST	25		38.2			62	25	86		MH
	26				ST	26									
						27	(53)								
21.0	27				ST	37									
	28			ROCA METEORIZADA Y FRACTURADA	R	50									
	29				ST	28		21.5					66		
	30				R	49									
22.0	31				ST	30		25.6							
					R	47									
23.0					ST	35									
					R	41									
24.0					ST	45									
					R	54									
25.0					ST										

FIG. N°5

FECHA Septiembre 2017 PROYECTO MARSELLA

Profundidad mt. (cotas)	Muestra N°	Símbolo	Nivel freático	Descripción del material	Muestreador o corona	Golpes/15cm. Para Muestreador	Golpes/30cm. Para Revestimiento	Humedad Natural %	Densidad Seca Gms/cm ³	Compresión Simple Kg/cm ²	Límite Líquido %	Índice Plástico %	Granulometría <#200	Consolidación	Clasificación
1.0	1			CAPA VEGETAL											
2.0	2			Limo arcilloso café.	ST	12									
3.0	3				ST	11									
4.0	4				ST	10									
5.0	5			SUELO RESIDUAL	SH	13		27.7	1.532	0.75	47	6	99		ML
6.0	6			Limo areno arcilloso café	ST	12									
7.0	7			amarillo con zonas rojizas,	ST	13									
8.0	8			motas negras y blancas.	ST	13									
9.0	9				ST	12									
10.0	10				SH	16		45.9	1.380	0.62	51	9	92		MH
11.0	11				ST	20									
12.0	12				ST	22									
13.0	13			SUELO RESIDUAL	ST	23		37.7			48	9	76		ML
14.0	14			Tipo Saprolito del Neiss	ST	24									
15.0	15			de la Iguana, textura arenosa	ST	29									
	16				ST	30		44.5			55	11	94		MH

FECHA Septiembre 2017 PROYECTO MARSELLA

Profundidad mt. (cotas)	Muestra N°	Símbolo	Nivel freático	Descripción del material	Muestreador o corona	Golpes/15cm. Para Muestreador	Golpes/30cm. Para Revestimiento	Humedad Natural %	Densidad Seca Gms/cm ³	Compresión Simple Kg/cm ²	Límite Líquido %	Índice Plástico %	Granulometría <#200	Consolidación	Clasificación
16.0	17			SUELO RESIDUAL Tipo Saprolito del Neiss de la Iguana, textura arenosa	ST	29 33 30 (63)									
17.0	18				ST	30 30 34 (64)									
18.0	19				ST	30 33 32 (65)		32.6			49	10	82		ML
19.0	20			ROCA DESCOMPUESTA	ST	33 35 38 (71)									
20.0	21				ST	35 36 38 (74)		43.7			75	25	94		MH
21.0	22				ST	38 39 41 (80)									
22.0	23			ROCA METEORIZADA Y FRACTURADA	ST	39 39 41 (80)									
23.0	24				ST	40 44 50 (94)									
24.0	25				ST	55 60 R									

FIG. N°6

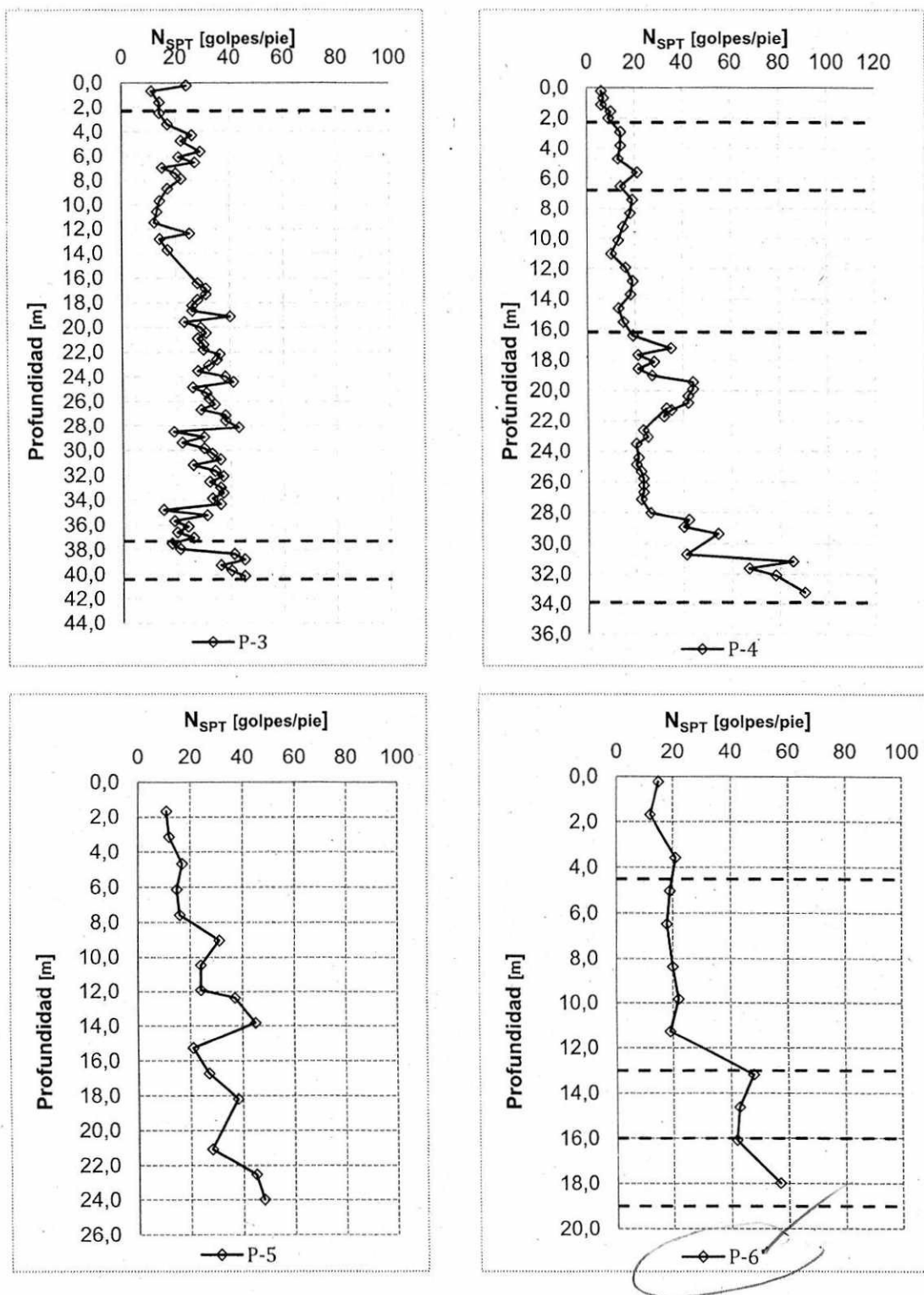


Figura 54. Variación de la resistencia a la penetración estándar (N_{SPT}), P-3 a P-6

FECHA Septiembre 2017 PROYECTO MARSELLA

Profundidad mt. (cotas)	Muestra N°	Símbolo	Nivel freático	Descripción del material	Muestreador o corona	Golpes/15cm. Para Muestreador	Golpes/30cm. Para Revestimiento	Humedad Natural %	Densidad Seca Gms/cm ³	Compresión Simple Kg/cm ²	Límite Líquido %	Índice Plástico %	Granulometría <#200	Consolidación	Clasificación
1.0	1			CAPA VEGETAL Suelo organico negro.	ST	4 6 12 (18)									
2.0	2				ST	4 5 6 (11)									
3.0	3				ST	4 4 5 (9)		29.6							
4.0	4				ST	8 8 10 (18)									
5.0	5				SH	8 10 12 (22)		24.7	1.270	2.42 (3.83)	42	7	69		ML
6.0	6			SUELO RESIDUAL Limo areno arcilloso café rojizo, zonas amarillas, con motas blancas y negras.	ST	7 10 12 (22)									
7.0	7				ST	10 13 16 (29)									
8.0	8				SH	13 15 17 (32)		30.1	1.126	1.13 (3.16)	46	10	72		ML
9.0	9				ST	11 12 14 (26)									
10.0	10				ST	16 17 18 (35)		28.7			42	8	72		ML
11.0	11				ST	14 15 14 (29)									
12.0	12				ST	16 18 19 (37)									
13.0	13				SH	17 18 22 (40)		28.6	1.372	2.28 (3.16)	43	9	73		ML
14.0	14			SAPROLITO Tipo Neiss de la Iguana Limo areno arcilloso café con zonas rojizas, motas negras y blancas y fragmen- tos de roca meteorizados.	ST	11 12 17 (29)									
15.0	15				ST	20 23 21 (44)		32.4			39	9	81		ML
	16				ST	18 16 17 (33)									

FIG. N°8

FECHA Septiembre 2017 PROYECTO MARSELLA

Profundidad mt. (cotas)	Muestra N°	Símbolo	Nivel freático	Descripción del material	Muestreador o corona	Golpes/15cm. Para Muestreador	Golpes/30cm. Para Revestimiento	Humedad Natural %	Densidad Seca Gms/cm ³	Compresión Simple Kg/cm ²	Límite Líquido %	Índice Plástico %	Granulometría <#200	Consolidación	Clasificación
16.0	17			SAPROLITO Tipo Neiss de la Iguana Limo areno arcilloso café con zonas rojizas, motas negras y blancas y fragmen- tos de roca meteorizados.	ST	19 22 20 (42)		31.9			42	7	83		ML
17.0	18				ST	17 21 26 (47)									
18.0	19				ST	27 25 26 (51)									
19.0	20				ST	23 24 23 (47)		22.4			38	8	62		ML
20.0	21				ST	32 28 27 (57)									
21.0	22				ST	32 33 35 (68)		21			29	6	37		SM
22.0	23				ST	25 26 24 (50)									
23.0	24				ST	28 27 30 (57)		33.4			43	6	50		ML
24.0	25				ST	34 37 42 (79)		17.5							
25.0	26			ROCA DESCOMPUESTA Textura de arena limosa café clara y gris.	ROTAC	70R									
26.0	27														
27.0	28				ST	42 60R		26.1					19		SM
28.0	29			ROCA METEORIZADA Y FRACTURADA	ROT										
29.0	30				ST	34 70R		32.1							
29.0	31				R										
29.0	32				ST	37 65R		25.1			28	3	65		ML
30.0	33				R										
30.0	34				ST	35 70R									

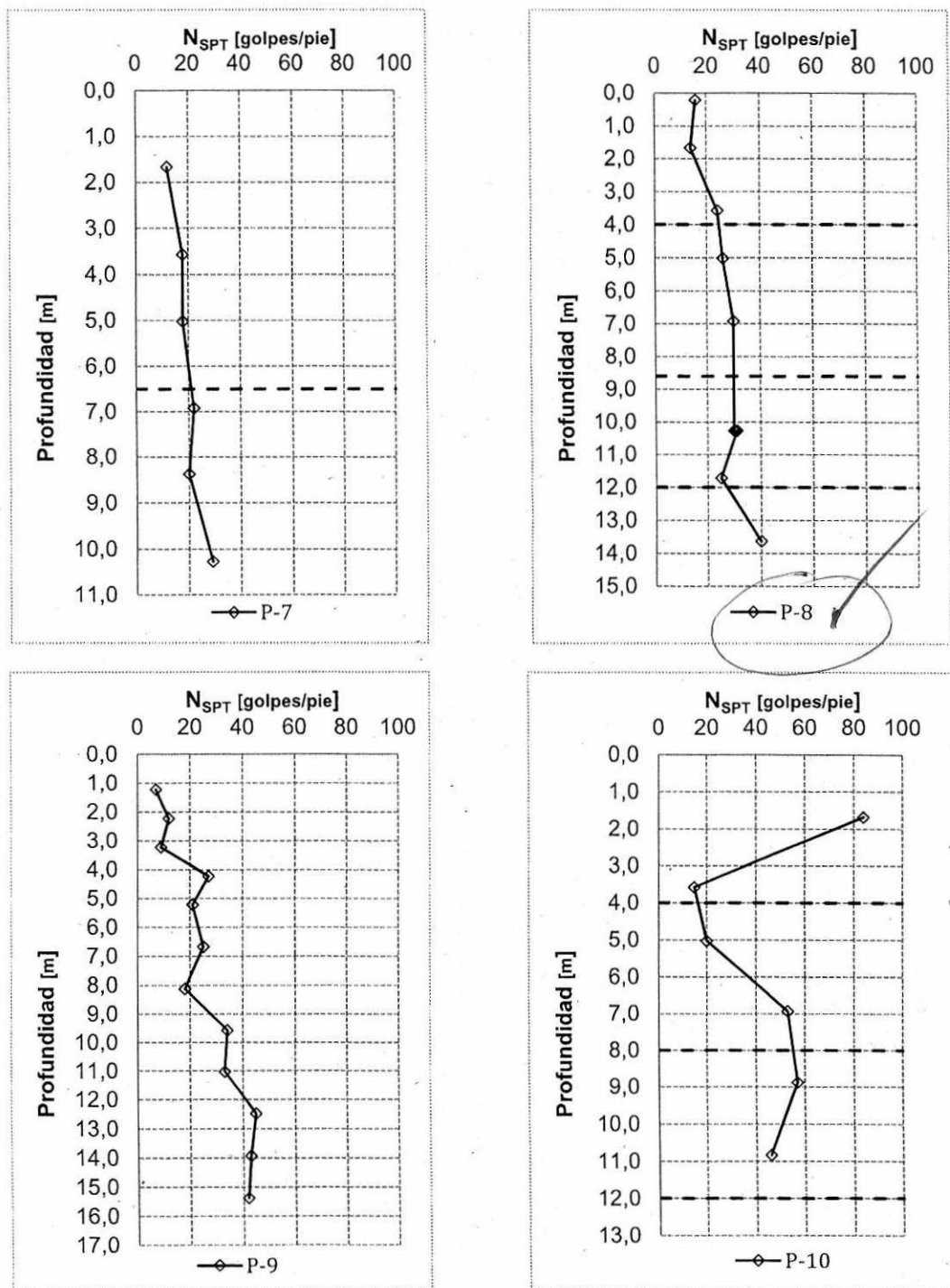


Figura 55. Variación de la resistencia a la penetración estándar (N_{SPT}), P-7 a P-10

FECHA Septiembre 2017 PROYECTO MARSELLA

Profundidad mt. (cotas)	Muestra N°	Símbolo	Nivel freático	Descripción del material	Muestreador o corona	Golpes/15cm. Para Muestreador	Golpes/30cm. Para Revestimiento	Humedad Natural %	Densidad Seca Gms/cm ³	Compresión Simple Kg/cm ²	Límite Líquido %	Índice Plástico %	Granulometría <#200	Consolidación	Clasificación
1.0	1														
1.0	2				ST	8	(16)								
2.0	3				ST	8	(23)								
3.0	4				ST	15	(39)								
4.0	5			SUELO RESIDUAL Limo arena arcilloso café amarillo con zonas rojizas, motas negras y blancas.	SH	17	(37)	22.9	1.456	1.48					
5.0	6				ST	17	(35)								
6.0	7				ST	18	(33)								
7.0	8				SH	18	(37)	27.9	1.402	1.41	63	21	87		MH
8.0	9				ST	19	(39)								
9.0	10				ST	19	(35)								
10.0	11				ST	19	(37)	30.6							
11.0	12				ST	20	(42)								
12.0	13			SUELO RESIDUAL Saprolito tipo Neiss de la Iguana.	ST	16	(34)								
13.0	14			Limo arenoso café rojizo con zonas amarillas, motas negras y blancas y fragmen- tos de roca meteorizados.	ST	17	(38)	33.6			51	17	94		MH
14.0	15				ST	19	(42)								
15.0	16				ST	20	(48)								

FECHA Septiembre 2017 PROYECTO MARSELLA

Profundidad mt. (cotas)	Muestra N°	Símbolo	Nivel freático	Descripción del material	Muestreador a corona	Golpes/15cm. Para Muestreador	Golpes/30cm. Para Revestimiento	Humedad Natural %	Densidad Seca Gms/cm ³	Compresión Simple Kg/cm ²	Límite Líquido %	Índice Plástico %	Granulometría <#200	Consolidación	Clasificación
16.0	17			IDEM	ST	28 29 29		37.1			58	19	88		MH
17.0	18				ST	29 30 30	(58)								
18.0	19				ST	30 32 32	(60)								
19.0	20				ST	33 34 33	(64)								
20.0	21				ST	32 34 34	(67)	27.9			52	19	86		MH
21.0	22			ROCA DESCOMPUESTA Textura de arena limosa café clara y gris.	ST	30 29 30	(68)								
22.0	23				ST	30 31 33	(59)	17.6			36	11	51		ML
23.0	24				ST	34 36 38	(64)								
24.0	25				ST	37 39 42	(74)								
25.0	26				ST	49 58 R	(81)	21.6							
26.0	27				R										
27.0	28				ST	50 57 R									
28.0	29			ROCA METEORIZADA Y FRACTURADA	R										
	30				ST	58 59 R									
	31				R										
	32				ST	60 63 R									

FECHA Septiembre 2017 PROYECTO MARSELLA

Profundidad mt. (cotas)	Muestra N°	Símbolo	Nivel freático	Descripción del material	Muestreador o corana	Golpes/15cm. Para Muestreador	Golpes/30cm. Para Revestimiento	Humedad Natural %	Densidad Seca Gms/cm ³	Compresión Simple Kg/cm ²	Límite Líquido %	Índice Plástico %	Granulometría <#200	Consolidación	Clasificación
1.0	1			CAPA VEGETAL Suelo organico negro.	ST	5	10								
	2				ST	6	11								
2.0	3				ST	8	17								
3.0	4				SH	8	17	25.3	1.256	1.39 (4.0)	42	9	92		ML
4.0	5				ST	9	11								
5.0	6				ST	11	15								
6.0	7			SUELO RESIDUAL Limo areno arcilloso café amarillo con zonas rojizas, motas negras y blancas.	SH	12	17	27.7	1.331	1.04 (2.33)	42	7	67		ML
7.0	8				ST	11	14								
8.0	9				ST	16	20								
9.0	10				ST	15	14	35.4			46	8	63		ML
10.0	11				ST	17	16								
11.0	12				ST	14	13	39.9			52	9	73		MH
12.0	13				ST	17	15								
13.0	14			SAPROLITO Tipo Neiss de la Iguana Limo arenoso café rojizo con zonas amarillas, motas negras y blancas y fragmen- tos de roca meteorizados.	ST	15	17	38.9			50	9	83		ML
14.0	15				ST	19	22								
15.0	16				ST	12	18								

FIG. N°11

FECHA Septiembre 2017 PROYECTO MARSELLA

Profundidad mt. (cotas)	Muestra N°	Simbolo	Nivel freatico	Descripción del material	Muestreador o corona	Golpes/15cm. Para Muestreador	Golpes/30cm. Para Revestimiento	Humedad Natural %	Densidad Seca Gms/cm 3	Compresion Simple Kg/cm 2	Limite Liquido %	Indice Plastico %	Granulometria <#200	Consolidacion	Clasificacion
16.0	17			SAPROLITO Tipo Neiss de la Iguana Limo arenoso café rojizo con zonas amarillas, motas negras y blancas y fragmen- tos de roca meteorizados.	ST	22 25 27	(52)								
17.0	18				ST	20 20 21	(41)	32.1			41	7	75		ML
18.0	19				ST	23 27 32	(59)								
19.0	20				ST	29 34 35	(69)	24.7			37	7	66		ML
20.0	21				ST	43 65R									
21.0	22			ROCA DESCOMPUESTA Textura de arena limosa café rojiza y motas negras y blancas.	ROT										
22.0	23				ST	16 19 20	(39)	22.1			35	7	60		ML
23.0	24				ST	22 27 30	(57)								
24.0	25				ST	37 70R		22.1					74		ML
25.0	26				ROT										
26.0	27			ROCA METEORIZADA Y FRACTURADA	ST	29 33 37	(70)	24.8			32	5	66		ML
27.0	28				ST	39 65R		18.8					61		ML
28.0	29				ROT										
29.0	30				ST	40 60R									
30.0	31				ROT										
	32					70R									

FIG. N°11