

PROYECTO:

■ **IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO**

- **UBICACIÓN:** Tilio Manuel Cester, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana.
- **REFERENCIA:** 0205 / 22



(829) 732 - 1818



(849) 209 - 1489



info@ingeocaribe.com.do



www.ingeocaribe.com.do



Av. Coronel Rafael Tomás Fernández D.



#38 Brisas Oriental, Santo Domingo Este,
República Dominicana.

NOVEMBRE

2022

ESTUDIO GEOTÉCNICO

PROYECTO:

IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO (SAN CRISTOBAL)



Ubicado en la Tulio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000,
provincia San Cristóbal, República Dominicana

NOVIEMBRE/ 2022
REFERENCIA: 205 / 2022

Santo Domingo, D.N.

Noviembre, 2022



INGEOCARIBE SRL

Av. coronel Rafael Domínguez #38,
Brisa Oriental, Santo Domingo Este,
Santo Domingo, Rep. Dom.

A: Junta Municipal Del Distrito de Hatillo

Attn:

Re: Evaluación Geotécnica para PROYECTO IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO, ubicado en la Tulio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana.
Referencia de Proyecto No. IC-205/22

Distinguidos,

Luego de un cordial saludo, a continuación, le anexamos el informe final realizado por IngeoCaribe SRL correspondiente a la investigación geotécnica realizada con el propósito de evaluar las propiedades mecánicas y resistentes del subsuelo donde se emplaza la estructura del proyecto de estudio **IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO**. Los criterios contenidos en este informe se fundamentan en los datos obtenidos a través del reconocimiento del terreno mediante exploraciones de campo y ensayos de caracterización mecánica en laboratorio, actividades que se realizan con equipos certificados y metodologías establecidas en los reglamentos y normativas del MOPC y las ASTM, garantizando de esta manera tener una buena interpretación y/o predicción del comportamiento mecánico del terreno ante solicitudes de fuerzas externas y por lo tanto un adecuado diseño de sistema suelo - fundación.

Sin otro particular, atentamente,

Ing. José Aníbal Báez
Gerente General



INGEOCARIBE

Ingenieros Geotécnicos del Caribe

ÍNDICE

SIMBOLOGÍAS Y NOMENCLATURAS.....	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	10
III. GENERALIDADES Y ALCANCE	11
IV. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO	
13	
IV.2 GEOLOGÍA GENERAL Y SISMICIDAD DE LA ZONA.....	14
IV.2.1 GEOLOGÍA REPÚBLICA DOMINICANA	14
IV.2.2 HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA.....	20
IV.2.3 SISMICIDAD	22
IV.2.4 CAMPO DE FALLA	25
IV.2.5 EDIFICIOS COLINDANTES.....	26
IV.3 CONDICIONES DEL TERRENO (TOPOGRAFÍA GENERAL)	27
V. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	29
VI. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Y METODOLOGÍA	29
VI.1 SONDEOS A PERCUSIÓN (ASTM D-1586)	31
VII. LOCALIZACIÓN DE LOS SONDEOS.....	31
VII.1 ESTRATIGRAFÍA	33
VIII. MODELO GEOTÉCNICO	37
VIII.1 EXCAVABILIDAD Y ESTABILIDAD DEL SUELO.....	39
VIII.2 ESTABILIDAD DE LA EXCAVACIÓN DEL SUELO.....	41
IX. MAPAS ISOCRONOS. DENSIDAD - NSPT	42
X. CRITERIOS PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD SOPORTE ADMISIBLE, ASENTAMIENTOS Y DISTORSIÓN ANGULAR del SISTEMAS SUELO - CIMENTACIÓN	45
X.1 MODELO ESTRATIGRÁFICO QUE CONTROLA EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUBSUELO.....	45
X.2 PARÁMETROS Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO	46
X.2.1 FACTOR DE SEGURIDAD	47
X.2.2 CORRECCIÓN NSPT PARA SUELOS GRANULARES.....	48
X.2.3 PARÁMETROS DEL SUELO	51
X.2.4 ENVOLVENTE DE ROTURA DEL SUELO EN ESTUDIO.....	57

X.3 FENÓMENO DE LICUEFACCIÓN.....	58
X.4 DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS ÚLTIMOS.....	59
X.4.1 ECUACIÓN GENERAL DE CAPACIDAD DE CARGA.....	60
X.4.1 CAPACIDAD DE SOPORTE ADMISIBLE de sistemas - ZAPATAS AISLADAS Y suelo - ZAPATAS CONTINUAS Y SUELO	61
X.5 ANÁLISIS DE CAPACIDAD PORTANTE EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES POR EL MÉTODO DE ELEMENTO FINITO (MEF) EMPLEANDO SOFTWARE.....	62
X.5.1 DATOS DE ENTRADA	62
X.5 DISIPACIÓN DE ESFUERZO EN PROFUNDIDAD	68
XI. ASENTAMIENTOS (Se)	70
XI.1 DISIPACIÓN DEL ESFUERZO A PROFUNDIDADES DE ESTUDIO.....	72
XI.2 ESTIMACIÓN DE MODULO DE ELÁSTICIDAD Y MODULO DE PoISSON	
72	
XI.3 CALCULO DE ASENTAMIENTOS.....	75
XII. ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN	76
XIII. VERIFICACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS USANDO SOFTWARE DE CALCULO DE ASIENTOS	77
XIV. VARIACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE POR ASENTAMIENTOS MAXIMOS ESPERADOS.....	80
XV. ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES ($\Delta\rho$)	81
XVI. CLASIFICACIÓN DE SITIO (VELOCIDAD DE ONDA SÍSMICA)	86
XVII. MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO (K_s)	89
XVIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
XIX. BIBLIOGRAFÍA.....	100
ANEXO I	101
ANEXO III	103
ANEXO IV	104

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Proceso de exploración mecánica.....	12
Fig. 2 Localización del proyecto en cuestión.....	13
Fig. 3 Mapa geológico de la República Dominicana Escala 1:250,000.....	14
Fig. 4 Mapa geológico HOJA SAN CRISTOBAL – 6171-II.....	15
Fig. 5 Secciones Geológicas Hoja SAN CRISTOBAL – 6171-II	16
Fig. 6 Esquema de situación de la Hoja de San Cristóbal en relación con los principales dominios fisiográficos de la República Dominicana (De la Fuente, 1976, modificado) ..	17
Fig. 7 Mapa geológico de la parte occidental de la Cordillera Septentrional.....	18
Fig. 8 Geología de la zona donde se construirá el proyecto en cuestión.	19
Fig. 9 Clases climáticas de la República Dominicana	20
Fig. 10 Mapa Zonificación Sísmica de la República Dominicana, N°1, MOPC.	23
Fig. 11 Mapa N°7. – Mapa de isoaceleraciones espectrales S1 para un 2% de Probabilidad de ser excedida en 50 años.....	24
Fig. 12 Mapa N°6.- Mapa de isoaceleraciones espectrales Ss para un 2% de Probabilidad de ser excedida en 50 años.....	24
Fig. 13 Ubicación del proyecto en el mapa de Campo Cercano No. 11, R-001 MOPC	25
Fig. 14 Estructuras cercanas.....	26
Fig. 15 Hoja topográfica donde se sitúa el proyecto.	27
Fig. 16 Equipo de perforación utilizado	30
Fig. 17 Localización y ubicación geográfica de los sondeos en el plano del proyecto y su emplazamiento en el sistema WGS84	32
Fig. 19 Perfil Estratigráfico AA – Sondeos S02-S01-S04.....	34
Fig. 19 Esquema de cimentaciones	39
Fig. 20 Mapa de densidad a los 0.45 metros.....	42
Fig. 21 Configuración estratigráfica del área estudiada	45
Fig. 22 Estado de densidad en profundidad (Sondeos más desfavorables S01 y S04)	46
Fig. 23 Estratigrafía más desfavorable	47

Fig. 25 Variación Angulo de fricción intena en profundidad Sondeo #01	55
Fig. 25 Distintos casos de envolventes de rotura en suelos	57
Fig. 26 Representación esquemática del fenómeno de licuación	58
Fig. 27 Esquema de suelo a Analizar.....	59
Fig. 29 Geometría de la cimentación	65
Fig. 29 Distribución de esfuerzos en el subsuelo debido a la aplicación de una carga puntual	68
Fig. 30 Disipación de esfuerzo vs profundidad para zapatas cuadradas y corridas para el caso de estudio	69
Fig. 31 Formulaciones para el cálculo de asentamientos según Braja M. Das	70
Fig. 32 Factor de influencia por profundidad (If, Fox 1948).....	71
Fig. 33 Esquema cálculo de asentamientos elásticos.....	75
Fig. 34 Diagrama de asientos esperados bajo carga de zapata aislada.....	78
Fig. 35 Diagrama de asientos esperados bajo carga en losa de cimentación	79
Fig. 36 Variación Qadm – Se (asentamientos esperados) – B (ancho de zapata cuadrada) bajo las siguientes condiciones: Esfuerzo Calculado (azul) y, Esfuerzo Recomendado (naranja).....	80
Fig. 37 Variación Qadm – Se (asentamientos esperados) – B (ancho de zapata cuadrada) bajo las siguientes condiciones: Esfuerzo Calculado (azul) y, Esfuerzo Recomendado (naranja).....	81
Fig. 38 Asentamientos diferenciales y distorsión angular en una estructura	82
Fig. 39 Asentamientos producidos en un terreno	83
Fig. 40 Límites aceptables distorsión angular (δ)	83
Fig. 40 Variación de Velocidad de Onda de Corte en profundidad – Sondeos 01	88
Fig. 41 Perfil estratigráfico predominante más desfavorable	91
Fig. 43 Variación del esfuerzo en función de la base a utilizar, controlado por los asentamientos.	94
Fig. 44 Variación del esfuerzo en función de la base a utilizar, controlado por los asentamientos.	95

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas Geográficas de los sondeos de exploración.	32
Tabla 2 Descripción del subsuelo según los sondeos en el Sondeo 01	33
Tabla 3 Descripción del subsuelo según los sondeos en el Sondeo 02.....	35
Tabla 4 Descripción del subsuelo según los sondeos en el Sondeo 03.....	36
Tabla 5 Descripción del subsuelo según los sondeos en el Sondeo 04.....	37
Tabla 6 Modelo Geotécnico proyecto en cuestión.....	38
Tabla 6 clasificación de la dificultad de arranque de los distintos materiales según Kögler-Scheidig	40
Tabla 7 Clasificación tipo de suelo para excavabilidad según la OSHA	41
Tabla 9 Corrección de Nspt en Suelos Granulares – Sondeo 01	49
Tabla 10 Corrección de Nspt en Suelos Granulares – Sondeo 02.....	49
Tabla 11 Corrección de Nspt en Suelos Granulares – Sondeo 03	50
Tabla 12 Corrección de Nspt en Suelos Granulares – Sondeo 04	50
Tabla 13 Pesos Volumétricos, aproximados, secos máximos (Crespo Villaláz).....	51
Tabla 14 Rangos de Módulos de Possion para diferentes materiales.....	51
Tabla 15 Rango de valores del Módulo de Elasticidad (Es) para varios materiales (BOWLES).....	52
Tabla 16 Relación valores Ángulo de Fricción Interna ϕ (BOWLES).....	52
Tabla 17 Correlaciones Ángulo de Fricción – Nspt	53
Tabla 18 Estimación ángulo de fricción.....	54
Tabla 19 Parámetros para el cálculo de la capacidad portante	56
Tabla 20 Cálculo de la capacidad de soporte admisible en zapatas aisladas o cuadradas	61
Tabla 21 Cálculo de la capacidad de soporte admisible en zapatas continuas	61
Tabla 22 Parámetros de la ARENA LIMOSA utilizados en el análisis de capacidad portante	63

Tabla 23 Geometría excavación en el cálculo de la capacidad portante (Zapata Aislada-Zap. Corrida)	63
Tabla 24 Propiedades de los materiales de la cimentación utilizada.....	64
Tabla 25 Carga de servicio utilizada, (300kN para Zapata Aislada, 100.00 kN para Zap. Corrida.)	64
Tabla 19 Disipación de esfuerzos en profundidad esperados para cada tipo de cimentación.	72
Tabla 27 Correlaciones Nspt - Es por diferentes autores.....	73
Tabla 28 Estimación Valores de Es	74
Tabla 29 Cálculo de asentamiento para sistema suelo - cimentación cuadrada	76
Tabla 30 Cálculo de asentamiento para sistema suelo - cimentación corrida	76
Tabla 31 Parámetros de Entrada para análisis de asentamientos	77
Tabla 32 Asentamiento diferencial y distorsión angular en zapatas aisladas.....	84
Tabla 33 Asentamiento diferencial y distorsión angular entre zapatas combinadas.....	85
Tabla 27 CORRELACIÓN NSPT - VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE (Vs) - SONDEOS 01, 02 y 03	87



SIMBOLOGÍAS Y NOMENCLATURAS

A continuación, mostramos las simbologías y nomenclaturas que se utilizarán en el desarrollo de esta investigación geotécnica:

LEYENDA	
μ	Relación de Poisson
E	Módulo Elástico
Se	Asiento elástico
Vs	Velocidad de onda de corte
I, II	Zonificación Sísmica (según zonificación del reglamento sísmico)
N	Número de golpes en la prueba de penetración estándar
γ	Peso específico del material
\emptyset	Ángulo de fricción interno
C	Cohesión
LL	Límite líquido
LP	Límite plástico
IP	Índice de plasticidad
Df	Profundidad de desplante
q_{ult}	Carga última
q_{uc}	Resistencia a la compresión simple
q_{adm}	Esfuerzo admisible de trabajo
B_a	Lado menor de la zapata aislada
B_c	Lado menor de la zapata corrida
L	Longitud de la zapata
Zx	Profundidad de exploración
FS	Factor de Seguridad
S_{xx} -Stress	Tensiones principales en el plano X-X
S_{yy} -Stress	Tensiones principales en el plano Y-Y
X -Displacement	Desplazamiento en la dirección X
Y -Displacement	Desplazamiento en la dirección Y

INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA EN PROYECTO

IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO (SAN CRISTOBAL)

I. INTRODUCCIÓN

A petición de la parte interesada, IngeoCaribe SRL ha realizado la investigación geotécnica referente al proyecto **IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO**. En este informe se describen todas las actividades de campo, laboratorio y gabinete, realizadas con el objetivo de obtener las propiedades geotécnicas del subsuelo y recomendar un óptimo sistema suelo - cimentación. Para obtener una evaluación significativa y suficiente, y acorde con los criterios del MOPC, CUATRO (04) exploraciones mecánicas a percusión utilizando una máquina de perforación automática; estas fueron realizadas con recuperación continua de testigos y que han sido ensayados en el laboratorio posteriormente a la extracción en campo para la caracterización mecánica del terreno in situ explorado.

Un análisis del comportamiento del terreno ante las solicitudes de cargas de servicio para diferentes sistemas de fundación es realizado utilizando las propiedades físico - mecánicas obtenidas de las exploraciones mecánicas y caracterización en laboratorio, para así, determinar la capacidad soporte admisible del sistema suelo-cimentación del proyecto que garantice la estabilidad y seguridad de la estructura desde el punto de vista de la mecánica de suelos, mediante la caracterización del subsuelo obtenida por medio de ensayos de laboratorio y mediante correlaciones empíricas, que son ampliamente utilizadas para emitir las conclusiones y recomendaciones apropiadas resultantes de la evaluación geotécnica realizada.

II. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El objetivo de este estudio es evaluar las condiciones en que se encuentran los suelos donde se apoyarán los cimientos del proyecto en estudio, y determinar la

capacidad soporte admisible del sistema suelo - fundación. Para lo cual se establecen como objetivos específicos los siguientes:

- Realizar exploraciones mecánicas con recuperación continua de muestras de suelo que puedan ser ensayadas en laboratorio para la determinación de propiedades y parámetros.
- Realizar la caracterización geotécnica del terreno in situ.
- Determinar la posición del nivel freático si este se aproxima a las fundaciones.
- Determinar la capacidad soporte admisible del sistema suelo-estructura.

III. GENERALIDADES Y ALCANCE

La investigación geotécnica consiste en determinar mediante trabajo de campo y trabajo de investigación, los parámetros geotécnicos del subsuelo para el sistema estructura-cimentación a fin de garantizar la estabilidad de la estructura e identificar las condiciones que pudieran ser desfavorables para la misma.

En esta investigación además se describen: la geomorfología, geología, hidrogeología de la zona que influyen en el comportamiento mecánico. Información que es contrastadas con el subsuelo explorado y caracterizado en laboratorio mediante sus propiedades físico-mecánicas, información fundamental a ser considerada en el análisis y cálculo de la capacidad de soporte admisible, asentamientos y, el efecto que tiene el emplazamiento de este proyecto en las estructuras más cercanas.

Las actividades a desarrollar en este informe, se abordará a través de las siguientes 4 fases:

Fase 1: Investigación de campo

- Reconocimiento del terreno
- Exploración mecánica (perforaciones a percusión)

Fase 2: Caracterización mecánica en laboratorio

- Ensayos de clasificación, obtención de parámetros resistentes y propiedades del suelo.

Fase 3: Determinación y evaluación de capacidad de soporte admisible y asentamientos permitidos.

Fase 4: Elaboración de informe geotécnico, procesamiento y análisis de los parámetros resistentes del suelo, conclusiones y recomendaciones.



Fig. 1 Proceso de exploración mecánica

IV. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO Y METODOLOGÍA DE TRABAJO

Este proyecto está ubicado en la Tulio Manuel Cester, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana.

Coordenadas Geográficas: $18^{\circ}25'36.8''\text{N}$ $70^{\circ}04'29.8''\text{W}$

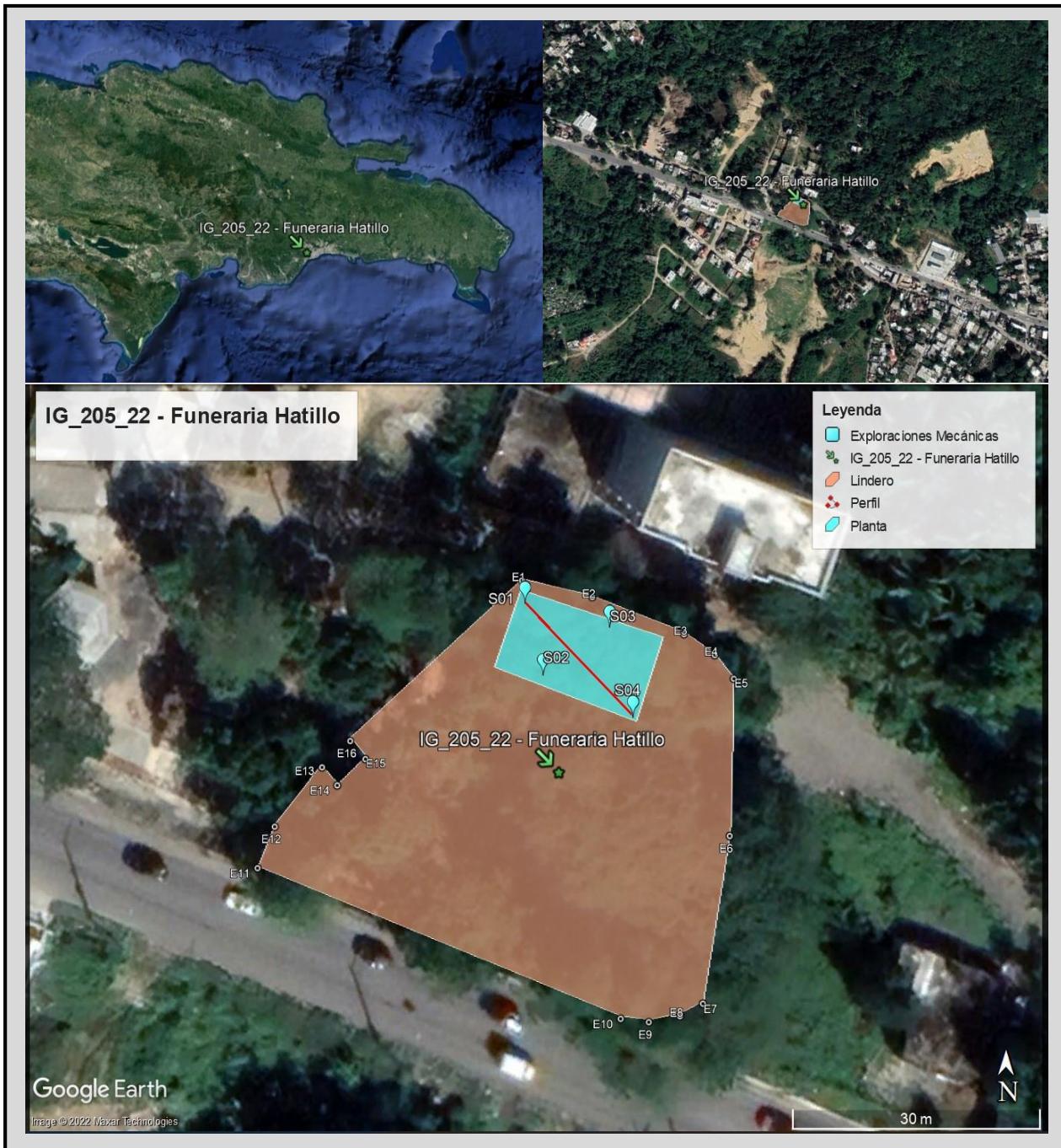


Fig. 2 Localización del proyecto en cuestión

IV.2 GEOLOGÍA GENERAL Y SISMICIDAD DE LA ZONA

IV.2.1 GEOLOGÍA REPÚBLICA DOMINICANA

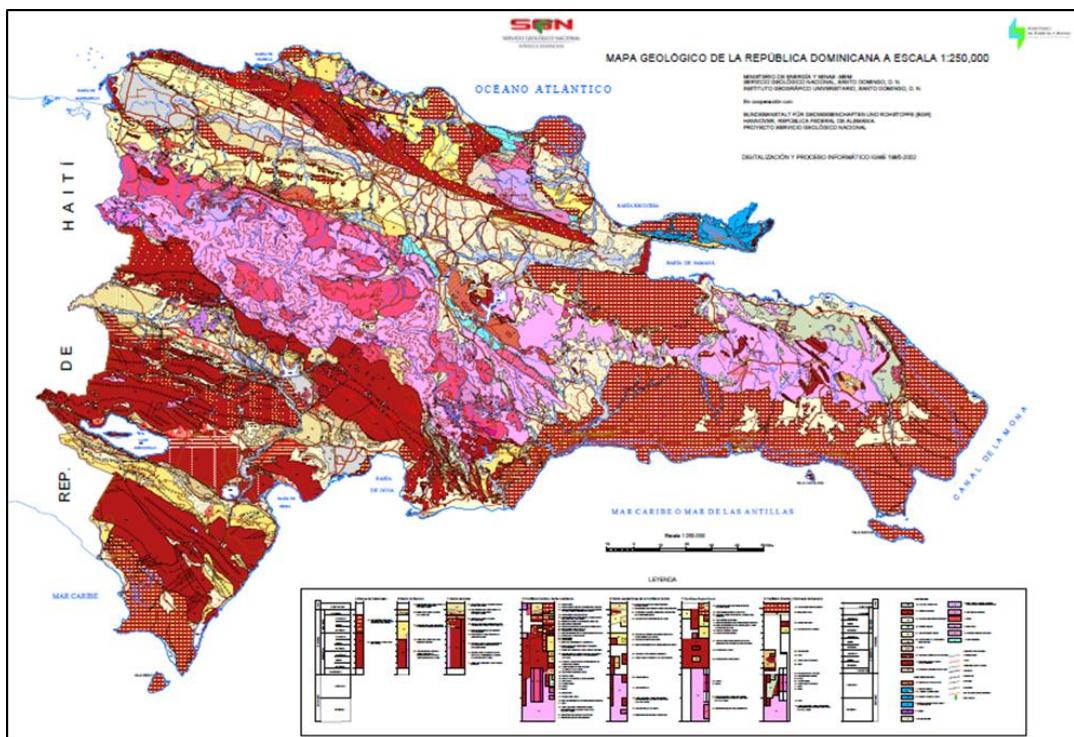


Fig. 3 Mapa geológico de la República Dominicana Escala 1:250,000

En términos generales la geología de la isla de La Española está controlada por tres factores principales:

En primer lugar, y al menos durante el Mesozoico, por el carácter oceánico de la isla. La Isla de la Española estuvo asentada desde el Jurásico hasta el Paleoceno sobre una zona muy activa de la corteza oceánica. En estas condiciones se producen distintos procesos de subducción, que provocan:

1. La presencia de un vulcanismo de arco de isla, con diversos episodios eruptivos y la consiguiente presencia de materiales vulcano-sedimentarios.
2. La abundancia de rocas ígneas intrusivas en las series volcánicas y vulcano sedimentarias. La propia naturaleza de las rocas extrusivas, unida a la escasa anchura de las plataformas marinas da lugar a frecuentes y rápidos cambios de facies.

IV.2.1.1 GEOLOGÍA SAN CRISTOBAL (SAN CRISTOBAL)

La Hoja de San Cristóbal (6171-II), se localiza en la confluencia entre la Cordillera Central y Llanura Costera del Caribe, dominios representados de forma muy parcial en ella. La Cordillera Central presenta una notable complejidad derivada de una complicada evolución, reconociéndose en ella materiales cretácicos inferior, de ambientes geodinámicos totalmente diferentes

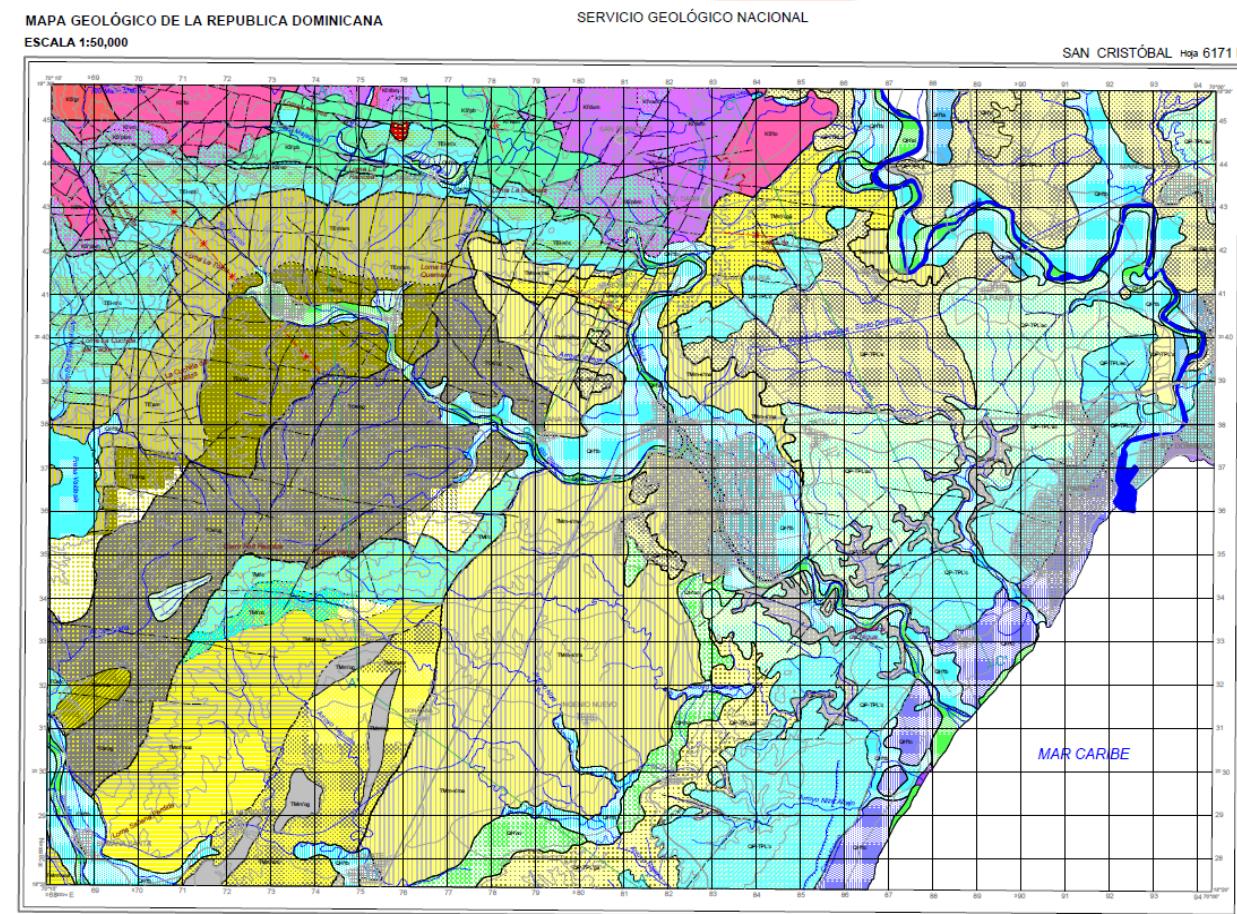
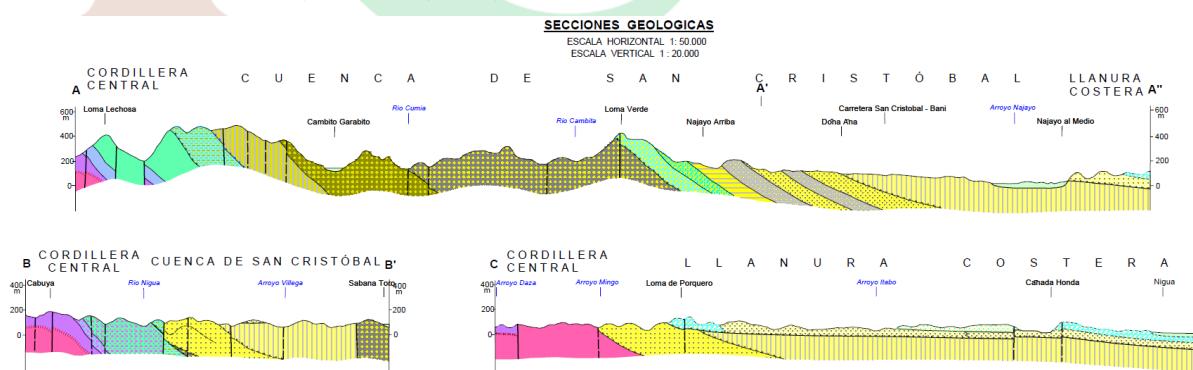
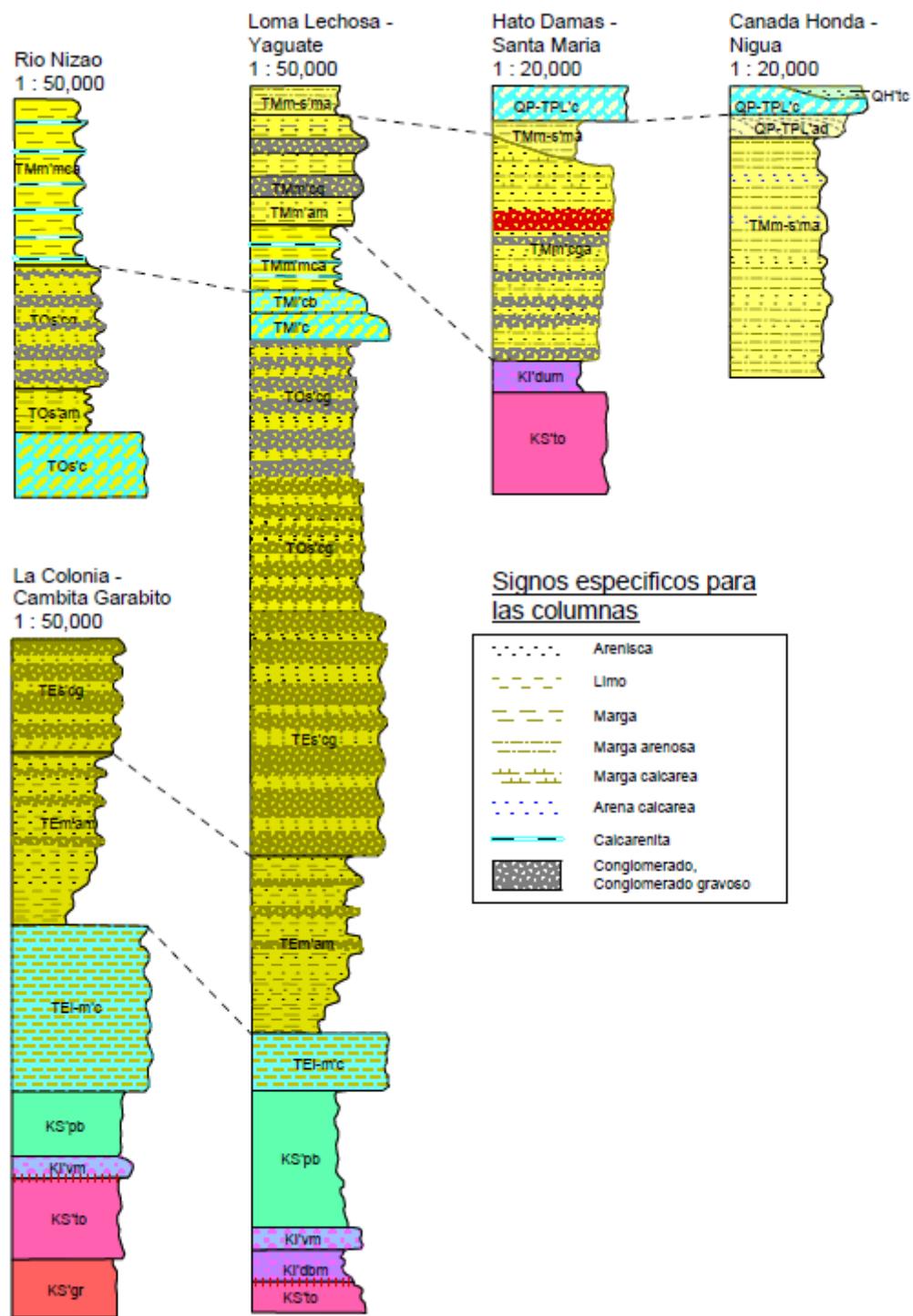


Fig. 4 Mapa geológico HOJA SAN CRISTOBAL - 6171-II




Fig. 5 Secciones Geológicas Hoja SAN CRISTOBAL - 6171-II

La presente Hoja Geológica San Cristóbal (6171-II), se agrupa en tres grandes dominios estructurales.

- ▽ La Llanura Costera, constituida por calizas arrecifales de la Fm. Llanura Costera de edad Pleistoceno y Plioceno.
- ▽ • Cuenca de San Cristóbal, constituida por alternancias de conglomerados y areniscas de las Fms.: San Cristóbal, Fort Resoule, Iguana y Valdesia, de edad Terciario.
- ▽ • Cordillera Central, constituida en su mayoría por calizas estratificadas de la Fm. Loma Rodríguez y rocas piroclásticas de la Fm. Tireo de edad Cretácico al Terciario.

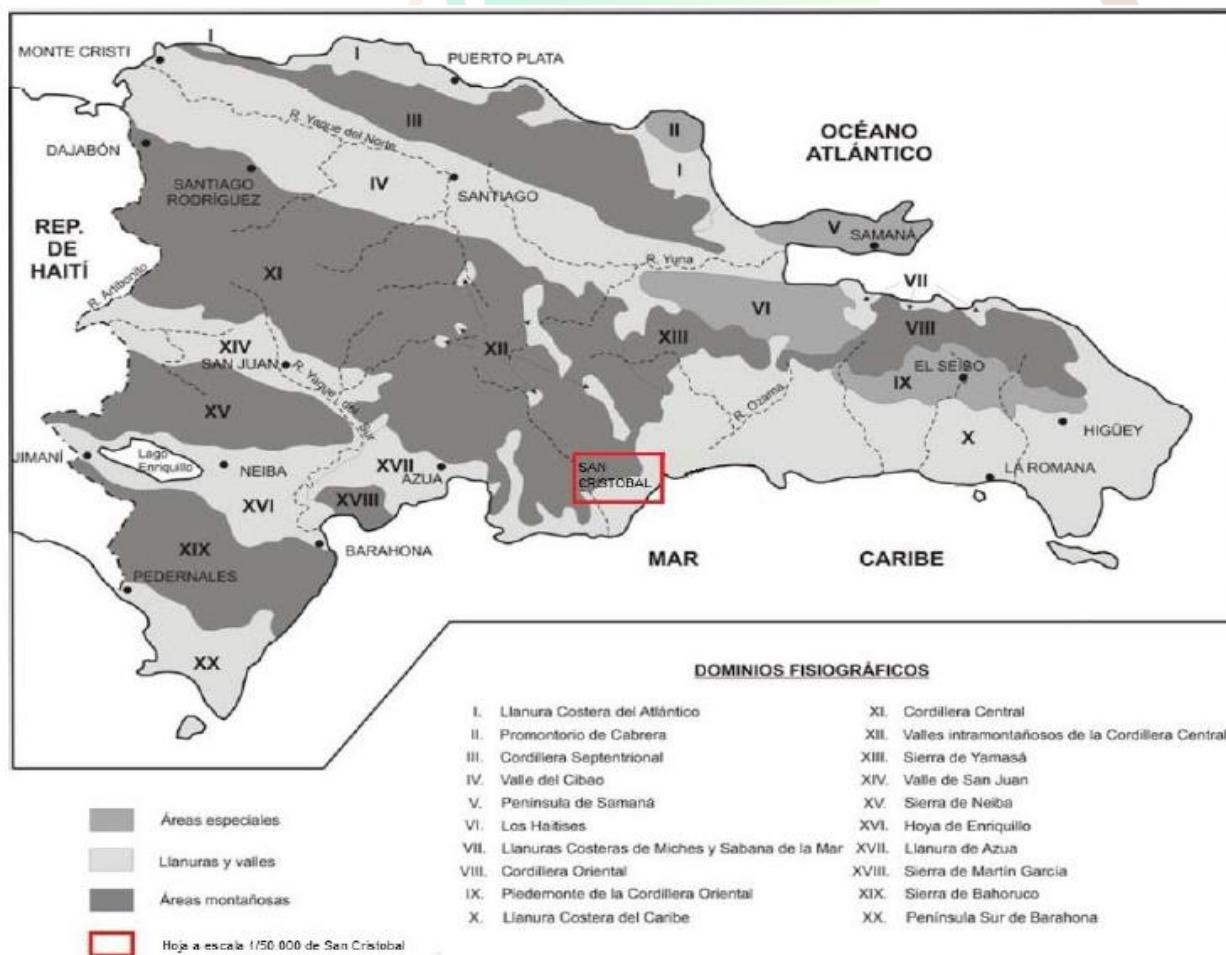


Fig. 6 Esquema de situación de la Hoja de San Cristóbal en relación con los principales dominios fisiográficos de la República Dominicana (De la Fuente, 1976, modificado)

Fm. Llanura costera (31). Escombros de caliza arrecifal en matriz arenosa. Pleistoceno. Se trata del conjunto calcáreo que constituye las zonas más elevadas de Santo Domingo (plaza de Las Banderas, avenidas 27 de febrero y Kennedy, Ensanche Ozama, carretera de San Isidro...), a modo de umbral entre las zonas deprimidas topográficamente situadas al norte (Villa Mella, La Victoria...) y la vertiente caribeña.

Terraza. Gravas y arenas rojizas (35). Pleistoceno. Afloran exclusivamente en el sector occidental, en el ámbito del arroyo Guajimia, si bien su depósito está relacionado con el río Haina, que discurre por la vecina Hoja a escala 1:50.000 de San Cristóbal (6171-II). No existe corte alguno que permita establecer las características detalladas de la unidad, sino tan sólo asomos puntuales donde observar su aspecto general. Se trata de gravas polimícticas en matriz arenosa, de tonos rojizos, con cantos redondeados de composición ígneo-metamórfica predominante cuyo diámetro está comprendido frecuentemente entre 5 y 10 cm. Su potencia alcanza 15 m.

Por lo que respecta a su edad, en función del grado de incisión de la red fluvial en ellas, se atribuyen tentativamente al Pleistoceno Superior

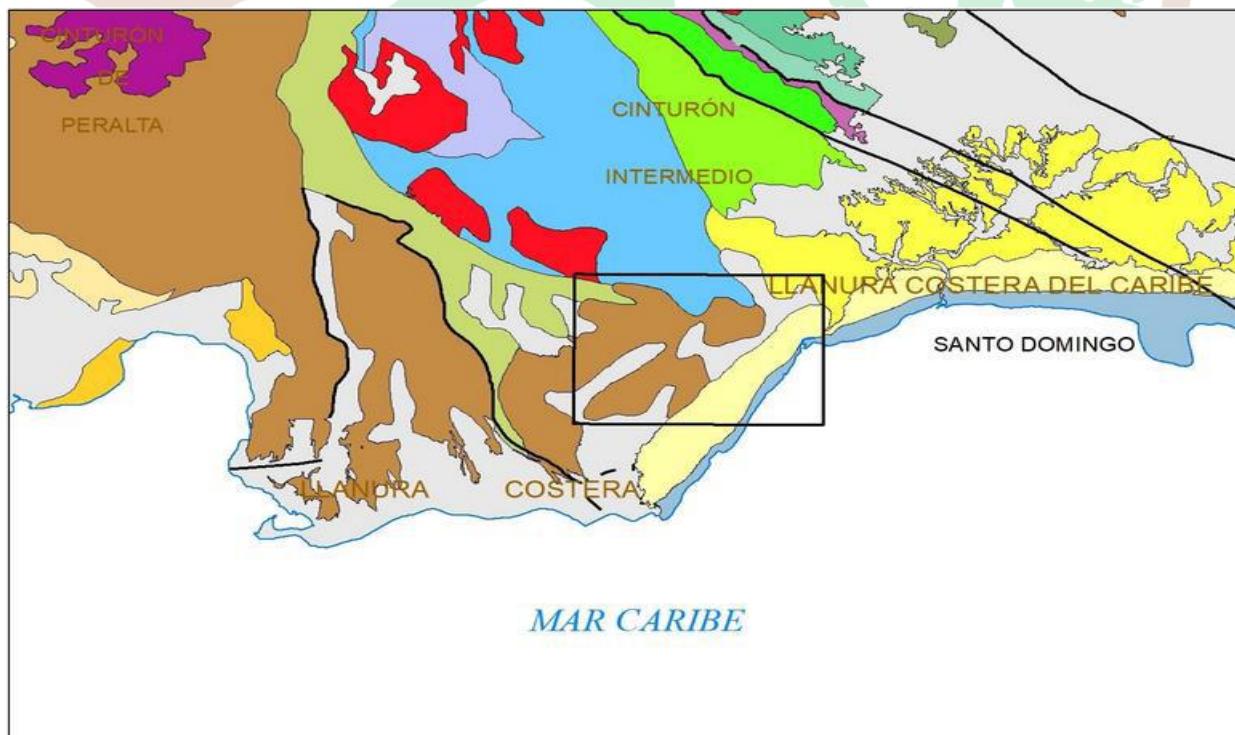


Fig. 7 Mapa geológico de la parte occidental de la Cordillera Septentrional

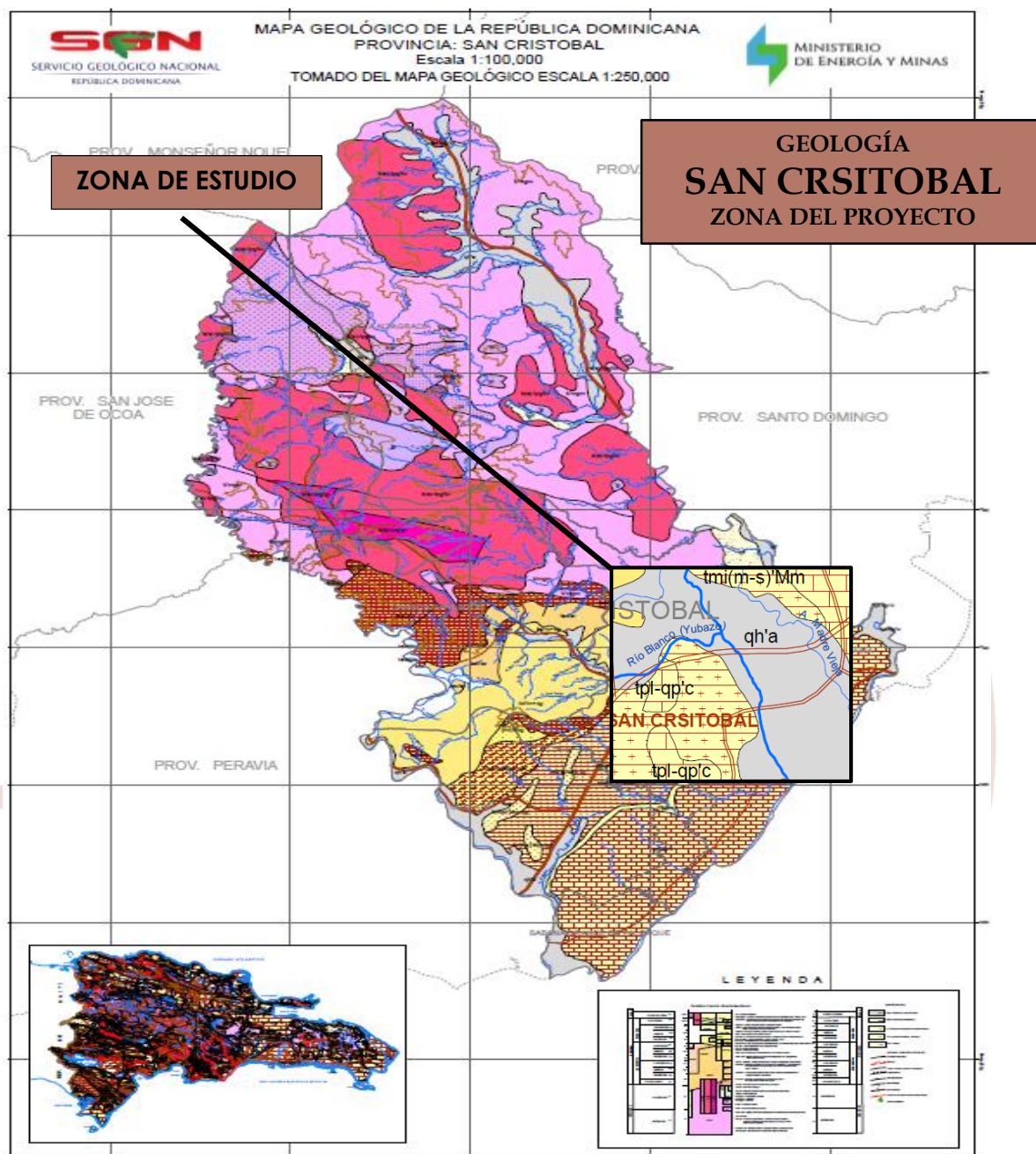


Fig. 8 Geología de la zona donde se construirá el proyecto en cuestión.

El Material predominante en la zona de estudio este compuesto por un cuaternario holoceno **qh'a.- ALUVIONES, TERRAZAS BAJAS. QP-TPL'ac ARENA CALCAREA CON ESTRATOS DE GRAVA (FM. LLANURA COSTERA).**

qh'a

IV.2.2 HIDROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA

IV.2.2.1 CLIMATOLOGÍA

El territorio ocupado por la Hoja de está afectado por un típico clima tropical, con temperaturas anuales medias que varían entre 25 y 27°C, medias máximas de 30-32°C y medias mínimas de 20-22°C, observándose en cualquier caso un efecto suavizador del océano ante los cambios de temperatura. En cuanto a las precipitaciones, sus valores anuales medios aumentan de sureste a noroeste desde 1.700 hasta 2.100 mm/año, con valores máximos de 2.400 mm y mínimos de 700 mm, si bien estas pluviometrías sufren variaciones notables en función de la frecuencia de llegada de tormentas tropicales y huracanes.

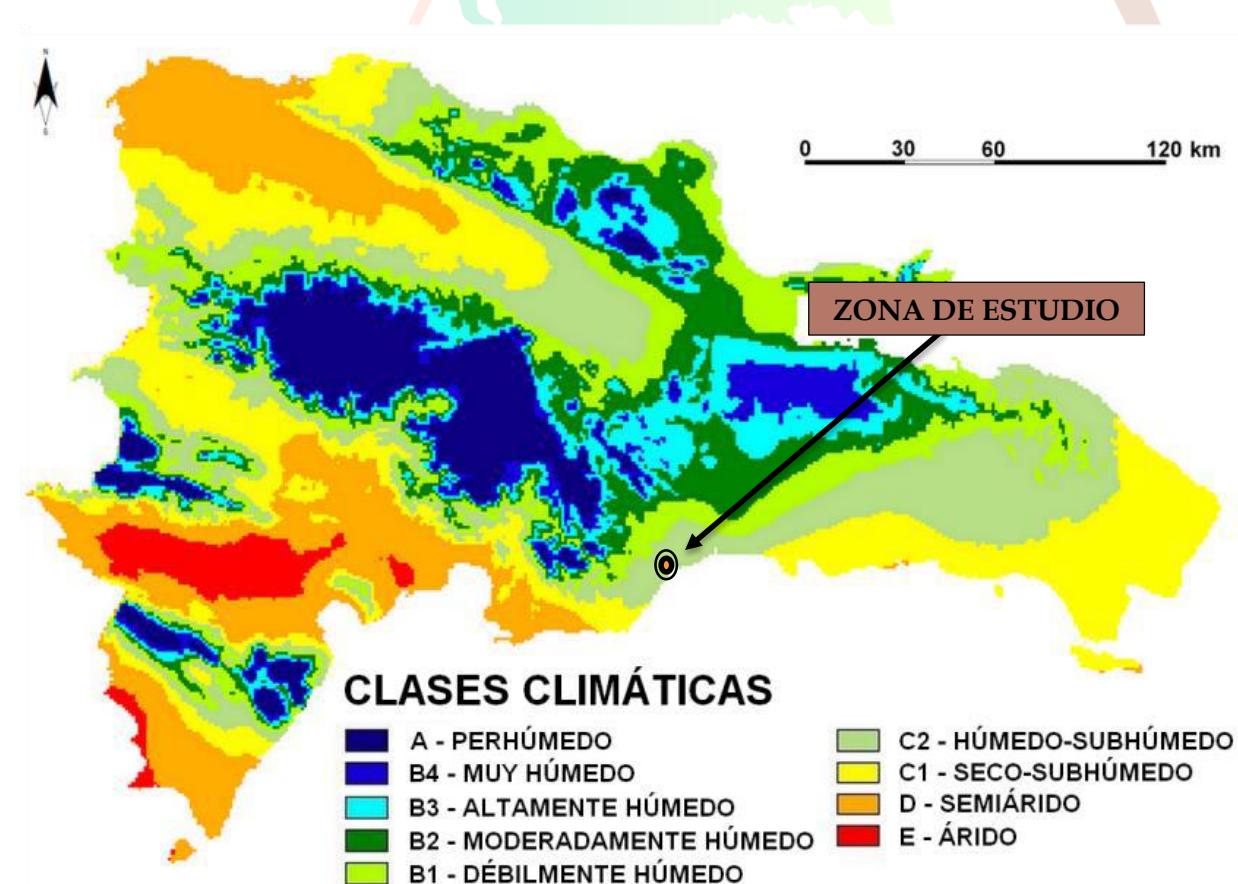
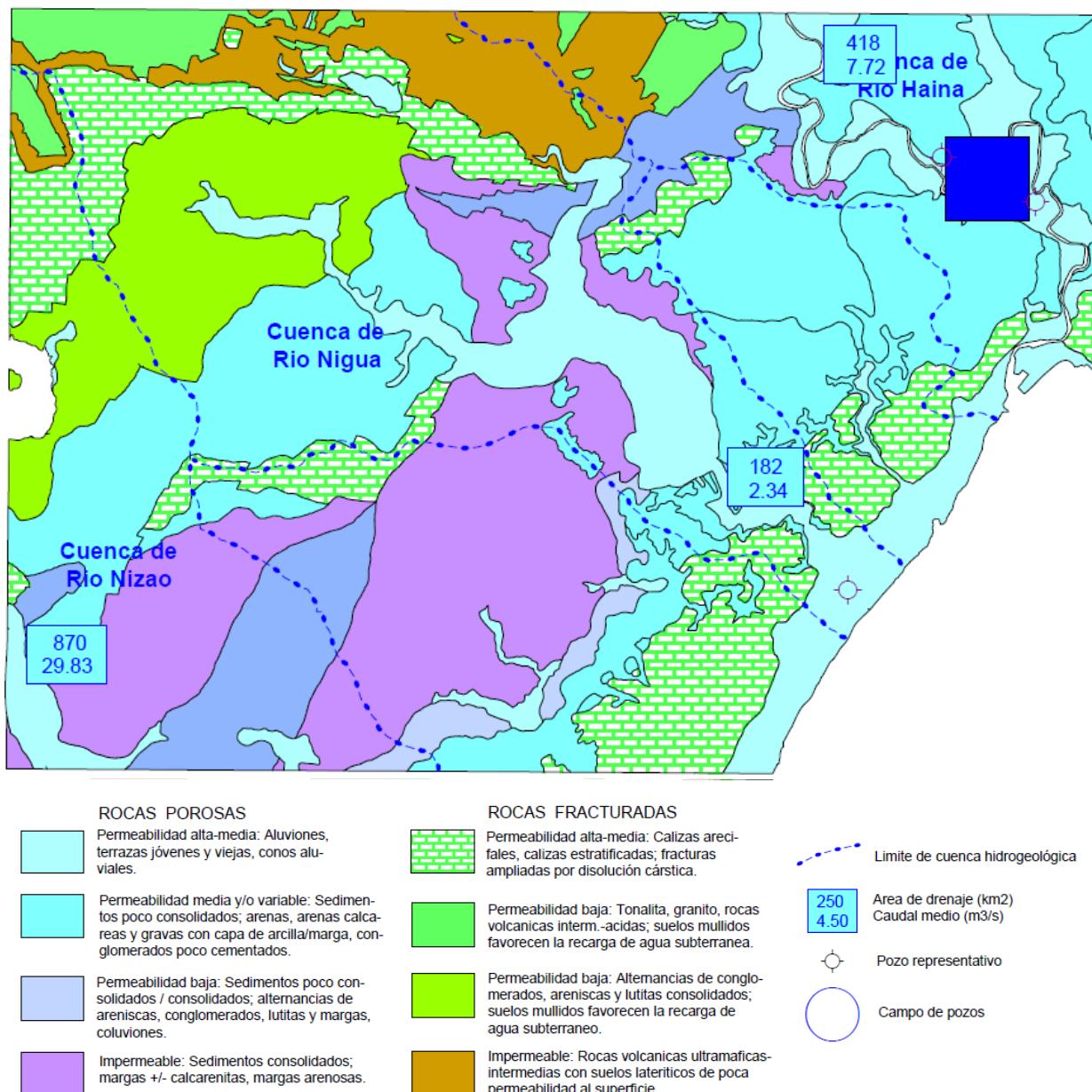


Fig. 9 Clases climáticas de la República Dominicana

IV.2.2.2 HIDROLOGÍA

Los ríos poseen un régimen torrencial sobre todo condicionado por la violencia de las precipitaciones. La cantidad de agua superficial que transita por el territorio de Luperón es bastante importante. Esta agua tiene una calidad variable, sensible a la contaminación por pesticidas y contaminantes derivados de la agricultura y ganaderías bovinas; sin embargo, proporcionan una gran parte del agua potable a la población local.

ESQUEMA HIDROGEOLOGICA 1 : 200.000



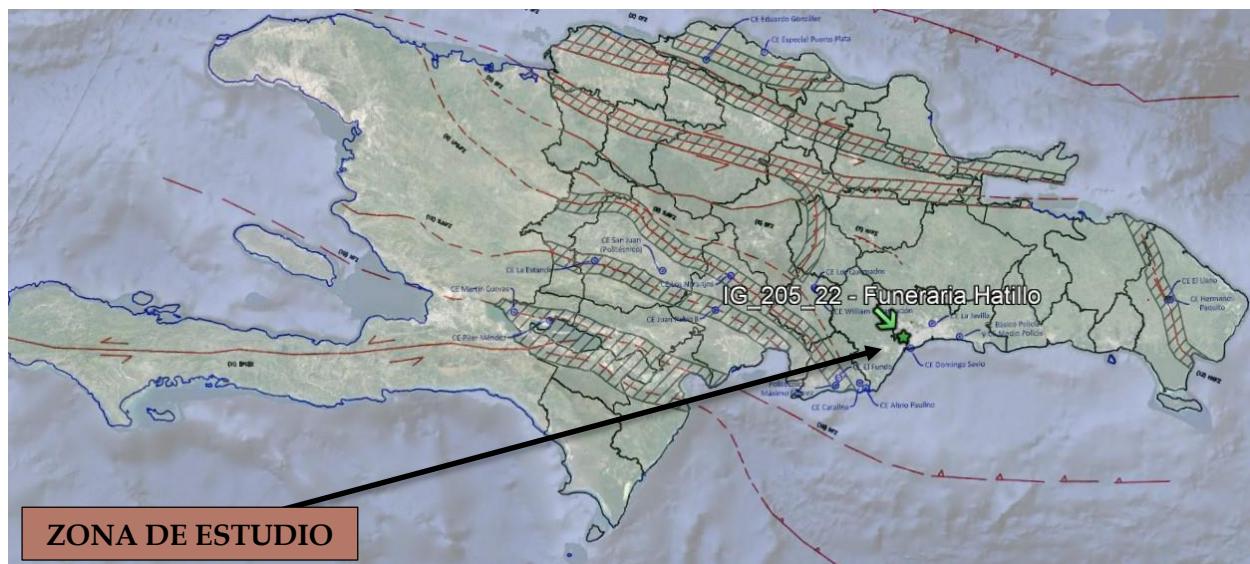
IV.2.3 SISMICIDAD

La isla de la española se sitúa en un contexto geodinámica de límite entre las placas litosféricas norteamericana y caribe, cuyo desplazamiento relativo este-oeste origina, en última instancia, la actividad sísmica; siendo este uno de los procesos activos más relevantes que afectan el país. Actualmente existe un consenso en reconocer las principales estructuras tectónicas de la isla y que éstas están relacionadas con el desplazamiento relativo entre las placas litosféricas citadas.

Si bien los rasgos generales son conocidos, el estudio de detalle de la actividad sísmica en la República Dominicana tropieza con una cierta escasez de datos. Los registros históricos e instrumentales son pocos y no pueden considerarse definitivos. El registro histórico se inicia con la llegada de los españoles el siglo XV, lo que limita su ámbito a los últimos 500 años, a diferencia de otras zonas del planeta donde el registro histórico abarca un milenio (Europa, Oriente Medio), o excepcionalmente varios milenios, como es el caso de China.

Para la elaboración del presente estudio se han seguido las indicaciones y recomendaciones del Reglamento de “Análisis y Diseño de Estructuras” R-001, Decreto No. 201-11 del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones (MOPC). Esta norma proporciona los criterios que han de seguirse dentro del territorio dominicano para la consideración de la acción sísmica en el proyecto, construcción, reforma y conservación de aquellas edificaciones y obras a las que sea aplicable. Recoge explícitamente que la finalidad última del Reglamento R-001 es evitar la pérdida de vidas humanas, y reducir el daño y las pérdidas económicas por terremotos en el futuro.

Siguiendo el criterio del reglamento y a la vista del mapa de peligrosidad sísmica como se muestra en la figura 7, el área de estudio donde se emplazará el proyecto se encuentra en la “Zona II” o zona de Mediana Sismicidad, expresada en relación al valor de la gravedad (un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 500 años).



Dada la situación geotectónica de la isla, La Hispaniola se encuentra en una zona de MEDIANA SISMICIDAD, por lo que se deben tomar las consideraciones de diseño sismo-resistente de lugar.

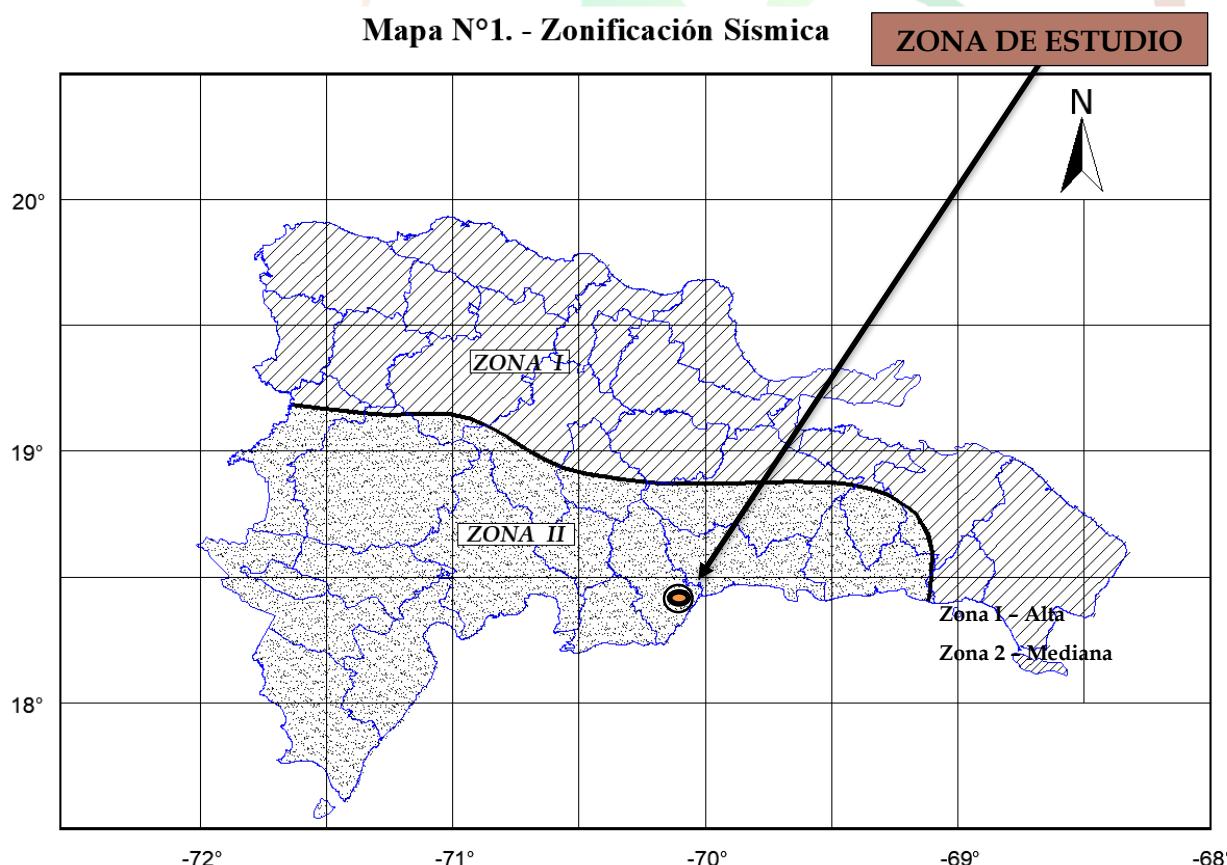
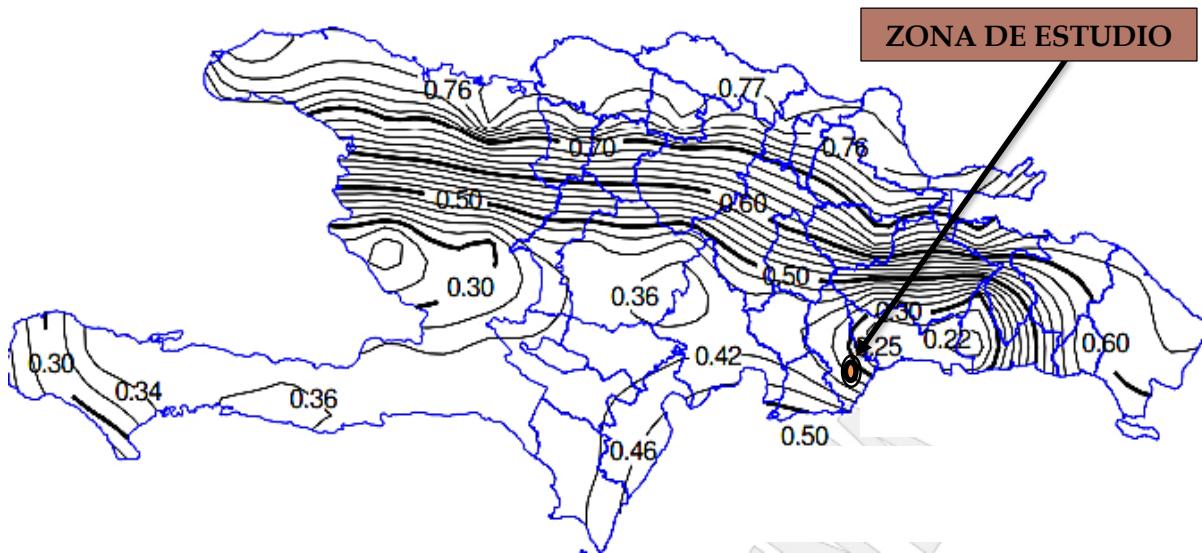


Fig. 10 Mapa Zonificación Sísmica de la República Dominicana, N°1, MOPC.

De acuerdo al Reglamento R-001 de la DNRS del MOPC, en el Mapa N°7 de isoaceleraciones espectrales de referencia S1 para un 2% en la provincia de San Cristóbal, obteniéndose un valor aproximado de $S1=0.32\text{ g}$.



IV.2.4 CAMPO DE FALLA

De acuerdo al Reglamento R-001 de la DNRS del MOPC, en el Mapa N°11 - Mapa del Campo Cercano de la isla de Santo Domingo el área donde serán ejecutados los trabajos para la **IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO**, no se encuentra sobre ninguna de las fallas sísmicas de la isla, ni dentro del área de influencia considerada campo cercano, a objeto de que la falla más próxima se encuentra a distancias lejanas mayores a 5 kilómetros de la zona de estudio, a objeto de esto se puede considerar que el proyecto se encuentra en un “CAMPO LEJANO”.

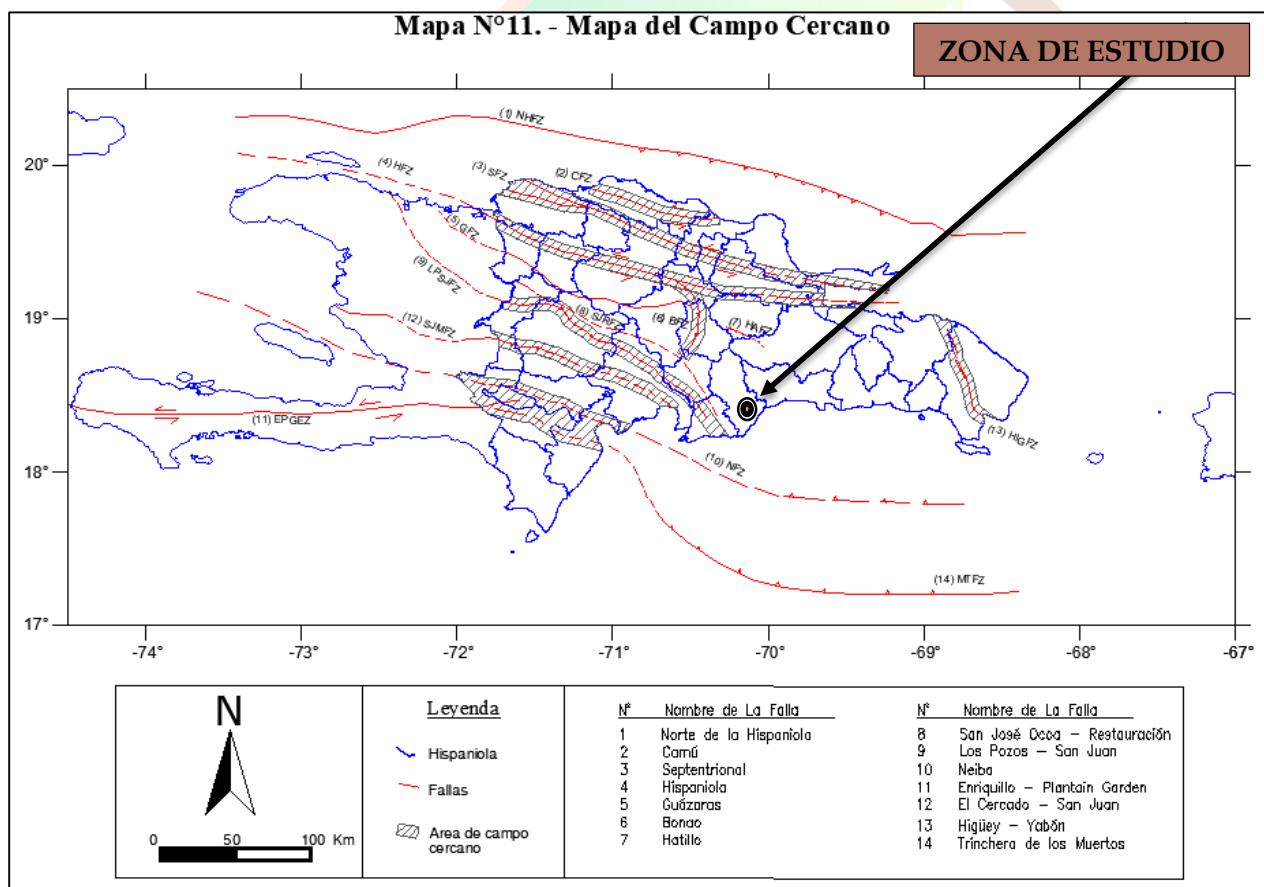


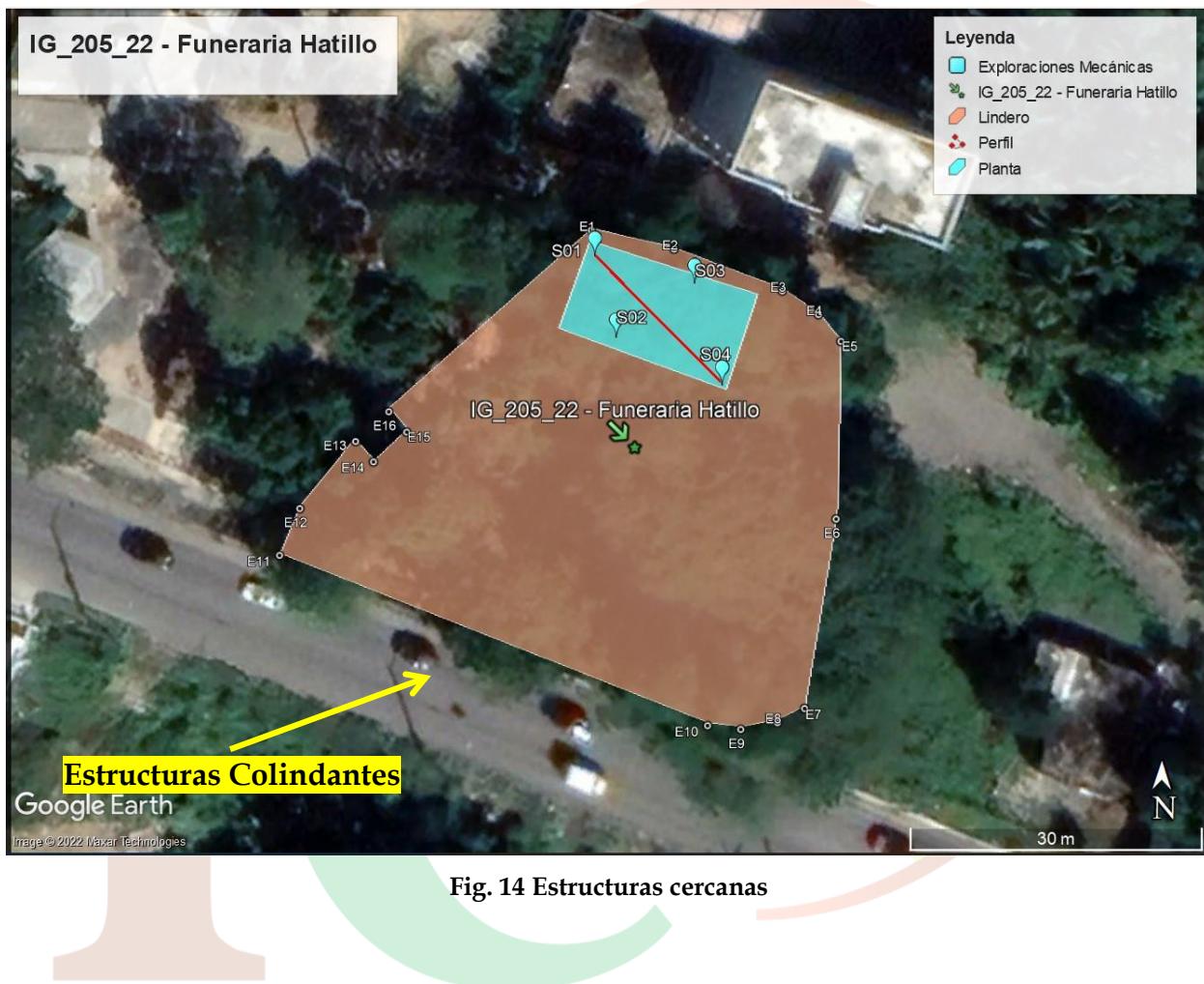
Fig. 13 Ubicación del proyecto en el mapa de Campo Cercano No. 11, R-001 MOPC

ZONA SÍSMICA II (Mediana sismicidad) y valores de aceleración espectral de referencia para periodos largos: $Ss \approx 0.76$ g y $S1 \approx 0.32$ g.

Campo de Falla	Zona Sísmica	Ss	S1
LEJANO	Zona II	0.76 g	0.32 g

IV.2.5 EDIFICIOS COLINDANTES

Durante la realización de las exploraciones de campo, en la fase del levantamiento de la zona de estudio que se encuentra ubicada en el centro de la ciudad de Santo Domingo, no se observaron daños externos en las construcciones cercanas (de hasta 6 niveles) al área de estudio, que indiquen falla por capacidad del suelo sobre el cual se encuentran construidas o de los suelos colindantes al área en que se emplazará el proyecto.



IV.3 CONDICIONES DEL TERRENO (TOPOGRAFÍA GENERAL)

Las coordenadas fueron tomadas en el sistema Geográficas de NAD27 Zona 19N y las hojas topográficas georreferenciadas utilizadas en este proyecto fueron elaboradas por el Instituto Cartográfico Militar (ICM) en el sistema NAD27 en la hoja topográfica No. 98, donde se observa terreno generalmente ondulado

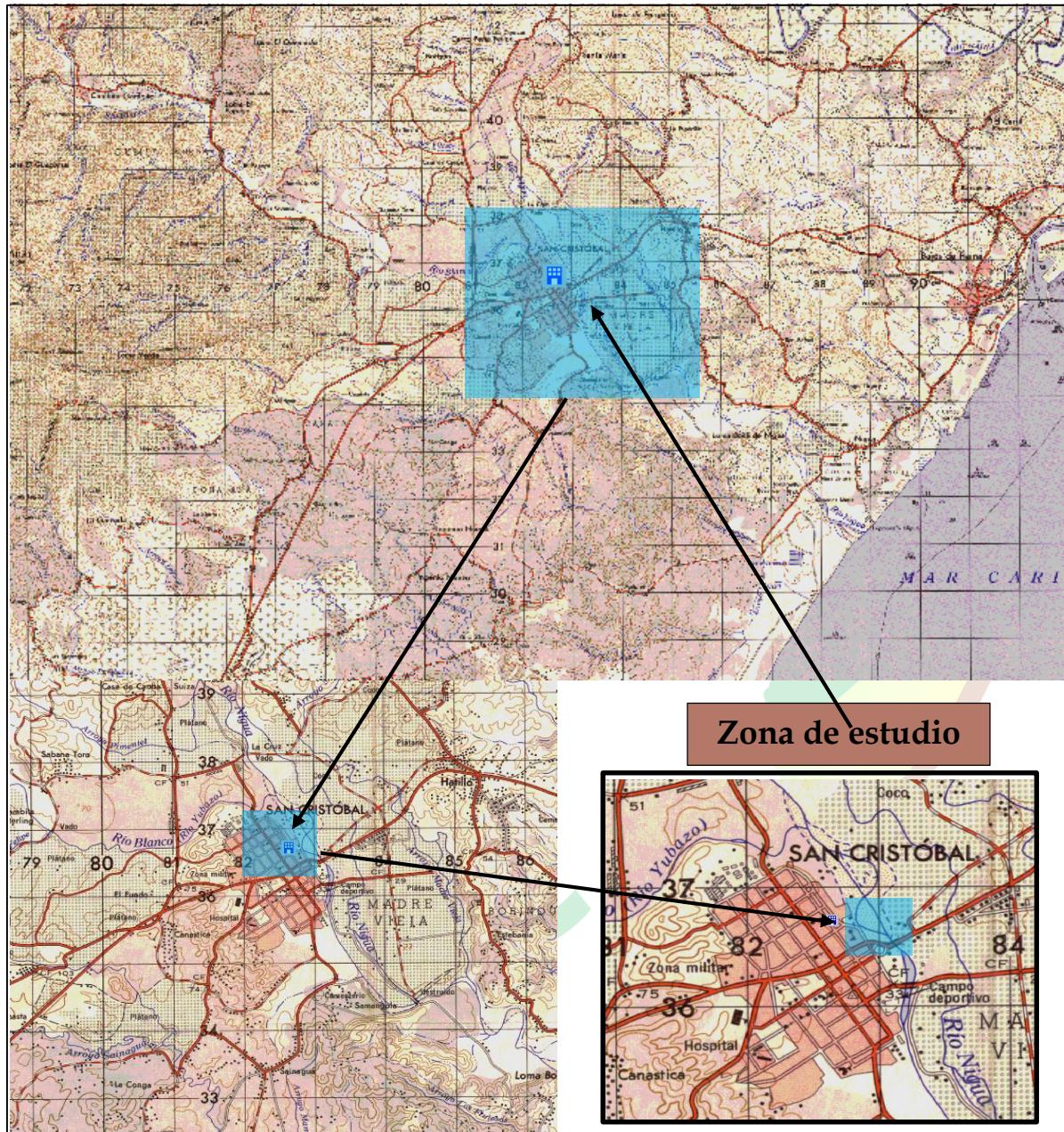


Fig. 15 Hoja topográfica donde se sitúa el proyecto.

IV.4 NIVEL FREÁTICO

Durante la realización de las exploraciones de campo, por medio de la extracción de las muestras de suelo, NO SE OBSERVÓ en las muestras de suelo recuperadas en los tramos de exploración de hasta 5.40 metros, el estado de saturación característico de suelos que se encuentran bajo la influencia del nivel freático o venas de agua. En consecuencia, la determinación de la respuesta mecánica del suelo NO se verá modificada por la presencia del nivel freático.

Sin embargo, se observó la presencia de cuerpos de agua superficiales, debido a la topografía local del área estudiada. Estos cuerpos de agua superficiales pueden llegar a tener incidencia en la respuesta mecánica de los suelos, y, por tanto, en la estabilidad de las estructuras a construir sobre estos, aumentando los riegos con el aumento de las precipitaciones, al tratarse de un punto de drenaje natural del área estudiada. Por la razón antes explicadas, se recomienda realizar las labores necesarias para lograr el drenaje de las aguas a un punto de cota inferior fuera del área del proyecto, de forma que la estabilidad y funcionamiento de las estructuras no se vean comprometidas.



V. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto habitacional “IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO”, Tilio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana, comprende la construcción de una edificación de dos niveles de construcción compuesta de elementos de hormigón armado y elementos de mampostería.

Este proyecto será cimentado por medio de Cimentaciones capaces de transmitir las cargas al suelo en forma de esfuerzos inferiores a la capacidad portante a ser determinada en este Informe Geotécnico, de forma que no se vea comprometida la estabilidad del sistema SUELO-CIMENTACIÓN-ESTRUCTURA.

VI. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Y METODOLOGÍA

Realizar un reconocimiento en profundidad requiere de una previa evaluación del tipo de proyecto, configuración estructural y requerimientos de carga de la estructura a proyectar, para determinar la profundidad de exploración adecuada, donde la disipación de esfuerzos es igual o inferior a un 10% de la generada por la estructura a nivel de la fundación. Para especificar la profundidad de los sondeos en el subsuelo donde estará fundada la estructura, la profundidad mínima de exploración (Z_x) bajo la cota de cimentación según el criterio establecido en el reglamento R-024 del MOPC es:

1. Dos veces el ancho de la zapata ($Z_x \geq 2B$) para zapatas con relaciones de largo a ancho menor o igual a dos ($L/B \leq 2$).
2. $Z_x > 4B$ para zapatas con $L/B > 5$
→ Para zapatas con relaciones L/B intermedias, la profundidad mínima de exploración se interpolará linealmente entre estos límites.

En este proyecto se ejecutó mediante un esquema de CUATRO (04) sondeos, con un mecanismo de perforación a percusión. Los sondeos fueron ubicados próximos al área de la estructura en la que se presentan los daños, dado que esta es el área del terreno que tiene influencia directa en la interacción con las cimentaciones en conflicto.



Fig. 16 Equipo de perforación utilizado

En la ejecución de los trabajos de campo utilizó una máquina de perforación a percusión manual. La brigada de exploración está conformada por 1 Técnico operador calificado, 2 ayudantes y un Ing. geotécnico supervisor.

VI.1 SONDEOS A PERCUSIÓN (ASTM D-1586)

Las exploraciones mecánicas dinámicas son ejecutadas bajo el Método Estándar de ensayo de penetración y muestreo de suelos con caña bipartida, determinado por ASTM D-1586. Este método describe el procedimiento, generalmente conocido como Ensayo de Penetración Estándar (SPT), de hincar un muestreador de caña partida para obtener una muestra representativa de suelo y medir la resistencia del suelo a la penetración del muestreador.

Este ensayo de penetración dinámica se realiza en el interior de los sondeos durante la perforación. Permite obtener un valor N de resistencia a la penetración que puede ser correlacionado con parámetros geotécnicos como la densidad relativa, el ángulo de rozamiento, el esfuerzo de soporte admisible del sistema suelo-cimentación y asentamientos en suelos granulares, en relación a suelos cohesivos puede determinar correlaciones con la resistencia al corte no drenado del suelo y consistencia.

En el ensayo también se obtienen muestras para realizar ensayos de identificación en laboratorio. En ocasiones, dada la alta resistencia del terreno, en algunos casos no se consigue el avance del toma-muestra, en estos casos, el ensayo se suspende cuando se exceden 50 golpes para avanzar un tramo de 15 cm, y se considera rechazo.

Esta norma puede involucrar materiales, operaciones y equipos peligrosos. Esta norma no pretende cubrir todos los problemas de seguridad asociados a su uso. Es la responsabilidad de quien use esta norma, el consultar y establecer prácticas apropiadas de seguridad y determinar la aplicabilidad de normas regulatorias en vigencia.

VII. LOCALIZACIÓN DE LOS SONDEOS

Los CUATRO (04) sondeos ejecutados para este proyecto a percusión fueron ubicados en los puntos más críticos a nivel de cargas según el diagrama estructural, con el fin de obtener información relevante sobre el subsuelo que está en contacto con la cimentación. En la figura 17 se presenta el esquema utilizado con la ubicación en la vista satelital. En la tabla 1 se presentan las coordenadas geográficas de los sondeos realizados sobre el terreno de estudio.

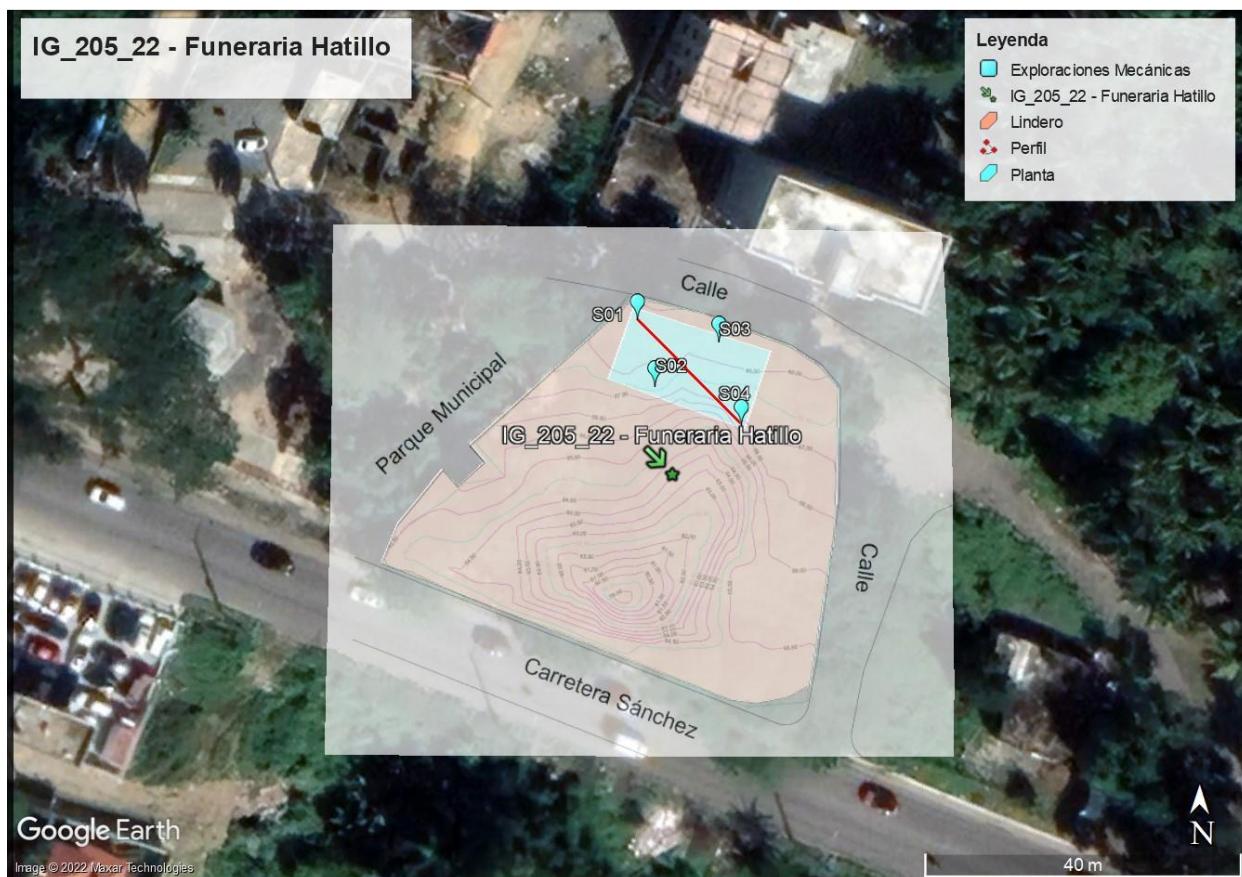


Fig. 17 Localización y ubicación geográfica de los sondeos en el plano del proyecto y su emplazamiento en el sistema WGS84

Se utilizó el sistema de coordenadas geográficas mundial WGS84 para obtener una ubicación precisa de los sondeos, como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 1 Coordenadas Geográficas de los sondeos de exploración.

Coordenadas Geográficas de los sondeos de exploración						
No. Sondeo	Coordenadas Geográficas		Coordenadas UTM			PROFUNDIDAD
	Norte (N)	Oeste (W)	Zona	Este (E.)	Norte (N)	
S01	18°25'36.35"N	70°04'29.72"W	19Q	386477	2037739	7,20 M
S02	18°25'36.07"N	70°04'29.64"W		386480	2037730	7,20 M
S03	18°25'36.26"N	70°04'29.36"W		386488	2037736	7,20 M
S04	18°25'35.91"N	70°04'29.26"W		386491	2037725	7,20 M

VII.1 ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía del suelo se describe utilizando como guía las fichas técnicas de las exploraciones geotécnicas de campo y los ensayos de laboratorio (Granulometría, Límites de Consistencia) para la caracterización geotécnica de cada estrato explorado. A continuación, se describe por bloque la estratigrafía *in situ* explorada en las tres exploraciones correspondientes a cada uno:

→ SONDEO NO. 01

La exploración No. 01 fue realizada en las coordenadas geográficas, 18°25'36.35"N 70°04'29.72"W, mediante el método de exploración a percusión mecánica, hasta los 5.40 metros de profundidad. En este se han identificado 2 estratos formados por CAPA VEGETAL Y SUELOS FINOS.

Los primeros 0.90 m recuperados están formados de muestras de capa vegetal. En el tramo 0.90 @ 3.15 metros, el estrato corresponde a ARENA LIMOSA (SM), de color marrón, en estado firme-muy denso. A continuación, el siguiente tramo explorado desde los 3.15 m a los 6.30 metros de exploración, utilizando el método con punta cónica, sin recuperación de muestras. Sin embargo, dada la geología local del área de estudio, se estiman características similares a los estratos superiores, tomando en cuenta el aumento de tensiones efectivas y por lo tanto de la rigidez a medida que aumenta la profundidad.

Tabla 2 Descripción del subsuelo según los sondeos en el Sondeo 01

Descripción del subsuelo en el Sondeo S01													
Profundidad (m)		Esp. Estrato	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO		Nspt	RQD	Nspt máx	Nspt mín	Recuperación	Contenido de Humedad	LL	IP	%Finos
0,00	0,45	0,45	CAPA VEGETAL Posterior al ensayado, el estrato ha sido clasificado como una ARENA LIMOSA (SM), de color marrón, con una densidad firme- muy denso.	5				88,9%	22,1% 40,2% 9,0% 90,1%				
0,45	0,90	0,45		12				48,9%					
0,90	1,35	0,45		28				100,0%					
1,35	1,80	0,45		32				66,7%					
1,80	2,25	0,45		71				100,0%					
2,25	2,70	0,45		41				75,6%					
2,70	3,15	0,45		43				88,9%					
3,15	3,60	0,45		84				88,9%					
3,60	4,05	0,45		90				80,0%	Tramo explorado con punta cónica, sin recuperación de muestras. Sin embargo, dada la geología local del área de estudio, se estiman características similares a los estratos superiores, tomando en cuenta el aumento de tensiones efectivas y por lo tanto de la rigidez a medida que aumenta la profundidad				
4,05	4,50	0,45		100				0,0%					
4,50	4,95	0,45		100				0,0%					
4,95	5,40	0,45		89				0,0%					

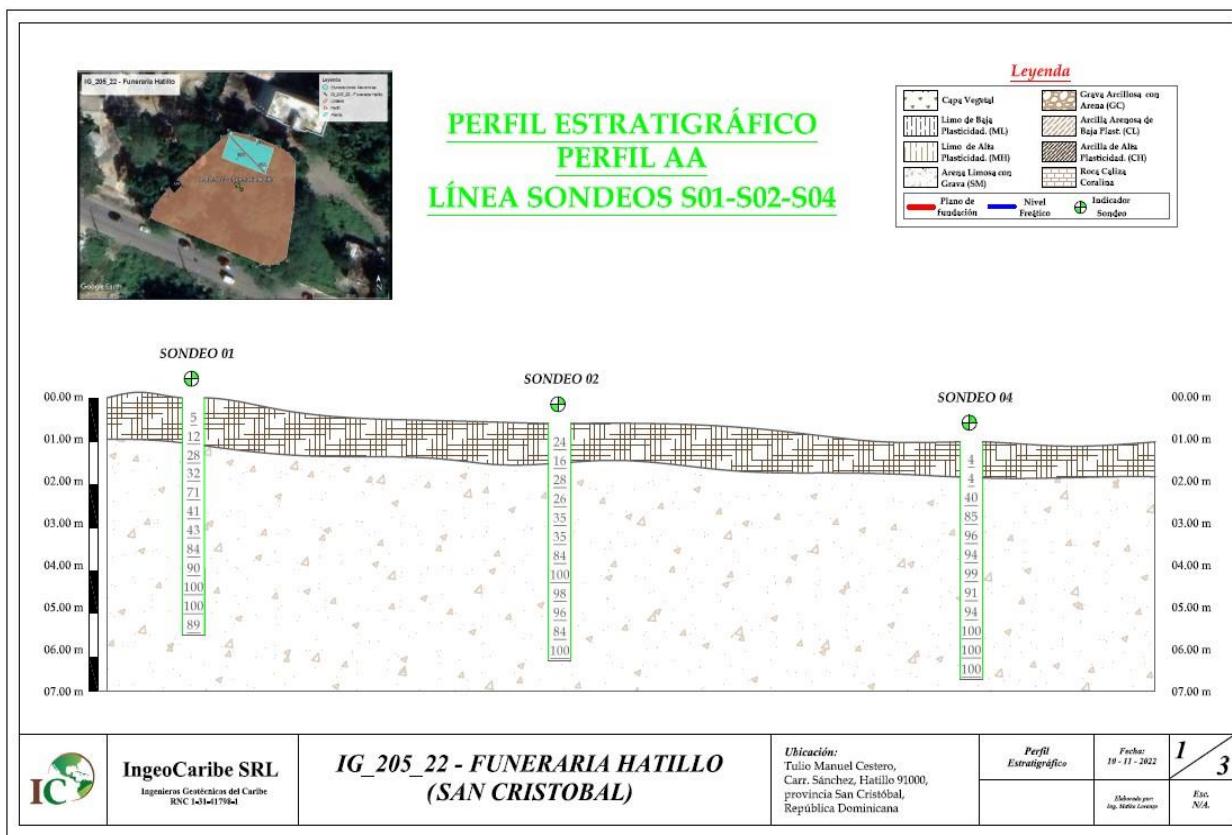


Fig. 18 Perfil Estratigráfico AA - Sondeos S02-S01-S04

→ SONDEO NO. 02

La exploración No. 02 fue realizada en las coordenadas geográficas, 18°25'36.07"N 70°04'29.64"W, mediante el método de exploración a percusión mecánica, hasta los 7.20 metros de profundidad. En este se han identificado 2 estratos formados por CAPA VEGETAL Y SUELOS FINOS.

Los primeros 0.90 m recuperados están formados de muestras de capa vegetal. En el tramo 0.90 @ 3.15 metros, el estrato corresponde a ARENA LIMOSA (SM), de color marrón, en estado firme-muy denso. A continuación, el siguiente tramo explorado desde los 3.15 m a los 6.30 metros de exploración, utilizando el método con punta cónica, sin recuperación de muestras. Sin embargo, dada la geología local del área de estudio, se estiman características similares a los estratos superiores, tomando en cuenta el aumento de tensiones efectivas y por lo tanto de la rigidez a medida que aumenta la profundidad.

Tabla 3 Descripción del subsuelo según los sondeos en el Sondeo 02

Descripción del subsuelo en el Sondeo S01												
Profundidad (m)	Esp. Estrato	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO		Nspt	RQD	Nspt máx	Nspt mín	Recupera ción	Contenido de Humedad	LL	IP	%Finos
0,00	0,45	CAPA VEGETAL		24				57,8%				
0,45	0,90			16				44,4%				
0,90	1,35			28				75,6%				
1,35	1,80	Posterior al ensayado, el estrato ha sido clasificado como una ARENA LIMOSA (SM), de color marrón, con una densidad firme- muy denso.		26				80,0%				
1,80	2,25			35				48,9%				
2,25	2,70			35				88,9%				
2,70	3,15			84				66,7%				
3,15	3,60			100				80,0%				
3,60	4,05	EXPLORACION REALIZADA CON EL METODO DEL CONO HOLANDES - PUNTA CÓNICA con la finalidad de determinar la resistencia a la penetración del tramo.		98				0,0%	Tramo explorado con punta cónica, sin recuperación de muestras. Sin embargo, dada la geología local del área de estudio, se estiman características similares a los estratos superiores, tomando en cuenta el aumento de tensiones efectivas y por lo tanto de la rigidez a medida que aumenta la profundidad			
4,05	4,50			96				0,0%				
4,50	4,95			84				0,0%				
4,95	5,40			100				0,0%				

→ SONDEO NO. 03

La exploración No. 03 fue realizada en las coordenadas geográficas, 18°25'36.26"N 70°04'29.36"W, mediante el método de exploración a percusión mecánica, hasta los 7.20 metros de profundidad. En este se han identificado 2 estratos formados por CAPA VEGETAL Y SUELOS FINOS.

Los primeros 0.90 m recuperados están formados de muestras de capa vegetal. En el tramo 0.90 @ 3.15 metros, el estrato corresponde a ARENA LIMOSA (SM), de color marrón, en estado firme-muy denso. A continuación, el siguiente tramo explorado desde los 3.15 m a los 6.30 metros de exploración, utilizando el método con punta cónica, sin recuperación de muestras. Sin embargo, dada la geología local del área de estudio, se estiman características similares a los estratos superiores, tomando en cuenta el aumento de tensiones efectivas y por lo tanto de la rigidez a medida que aumenta la profundidad.

Las muestras de suelo no presentaron estados de saturación característicos de suelos que se encuentran bajo la influencia del nivel freático. Los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras recuperadas, que cumplieron con los requisitos de las normas aplicables, se encuentran detallados en la siguiente tabla:

Tabla 4 Descripción del subsuelo según los sondeos en el Sondeo 03

Descripción del subsuelo en el Sondeo S01												
Profundidad (m)	Esp. Estrato	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO		Nspt	RQD	Nspt máx	Nspt mín	Recuperación	Contenido de Humedad	LL	IP	%Finos
0,00	0,45	0,45	CAPA VEGETAL	14				57,8%				
0,45	0,90	0,45		12				53,3%				
0,90	1,35	0,45		15				100,0%				
1,35	1,80	0,45		30				88,9%				
1,80	2,25	0,45		39				80,0%				
2,25	2,70	0,45		100				75,6%				
2,70	3,15	0,45		84				88,9%				
3,15	3,60	0,45		100				66,7%				
3,60	4,05	0,45		83				0,0%	Tramo explorado con punta cónica, sin recuperación de muestras. Sin embargo, dada la geología local del área de estudio, se estiman características similares a los estratos superiores, tomando en cuenta el aumento de tensiones efectivas y por lo tanto de la rigidez a medida que aumenta la profundidad			
4,05	4,50	0,45		91				0,0%				
4,50	4,95	0,45		73				0,0%				
4,95	5,40	0,45		84				0,0%				
			EXPLORACION REALIZADA CON EL METODO DEL CONO HOLANDES - PUNTA CÓNICA con la finalidad de determinar la resistencia a la penetración del tramo.									

→ SONDEO NO. 04

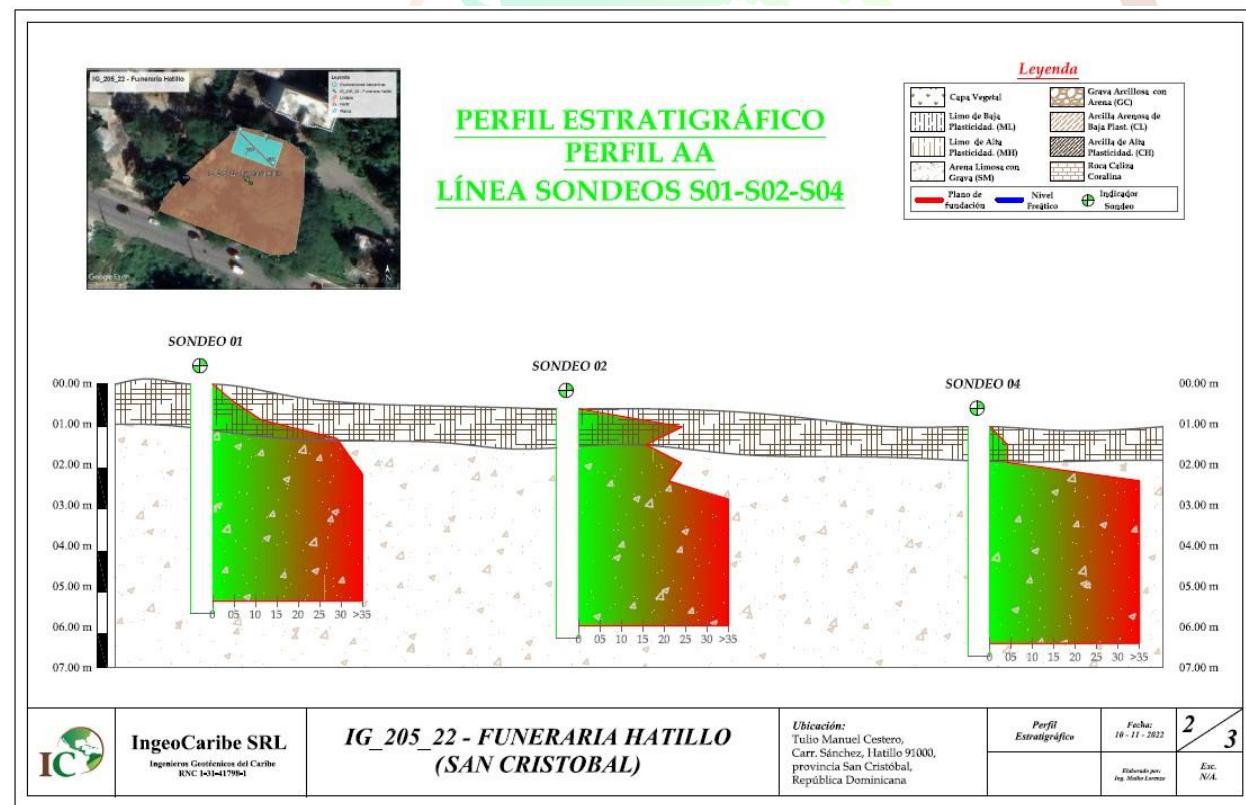
La exploración No. 04 fue realizada en las coordenadas geográficas, 18°25'35.91"N 70°04'29.26"W, mediante el método de exploración a percusión mecánica, hasta los 7.20 metros de profundidad. En este se han identificado 2 estratos formados por CAPA VEGETAL Y SUELOS FINOS.

Los primeros 0.90 m recuperados están formados de muestras de capa vegetal. En el tramo 0.90 @ 3.15 metros, el estrato corresponde a ARENA LIMOSA (SM), de color marrón, en estado firme-muy denso. A continuación, el siguiente tramo explorado desde los 3.15 m a los 6.30 metros de exploración, utilizando el método con punta cónica, sin recuperación de muestras. Sin embargo, dada la geología local del área de estudio, se estiman características similares a los estratos superiores, tomando en cuenta el aumento de tensiones efectivas y por lo tanto de la rigidez a medida que aumenta la profundidad.

Las muestras de suelo no presentaron estados de saturación característicos de suelos que se encuentran bajo la influencia del nivel freático. Los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras recuperadas, que cumplieron con los requisitos de las normas aplicables, se encuentran detallados en la siguiente tabla:

Tabla 5 Descripción del subsuelo según los sondeos en el Sondeo 04

Descripción del subsuelo en el Sondeo S04												
Profundidad (m)	Esp. Estrato	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO		Nspt	RQD	Nspt máx	Nspt mín	Recuperación	Contenido de Humedad	LL	IP	%Finos
0,00	0,45	0,45	CAPA VEGETAL	4	4	100	4	44,4%	22,1%	40,2%	9,0%	90,1%
0,45	0,90	0,45		4				0,0%				
0,90	1,35	0,45		40				57,8%				
1,35	1,80	0,45		85				80,0%				
1,80	2,25	0,45		96				75,6%				
2,25	2,70	0,45		94				66,7%				
2,70	3,15	0,45		99				57,8%				
3,15	3,60	0,45		91				0,0%				
3,60	4,05	0,45		94				0,0%				
4,05	4,50	0,45		100				0,0%				
4,50	4,95	0,45		100				0,0%				
4,95	5,40	0,45		100				0,0%				



VIII. MODELO GEOTÉCNICO

El modelo geotécnico es la representación de las propiedades mecánicas de los materiales existente en el área de estudio que permite visualizar y comprender mejor las

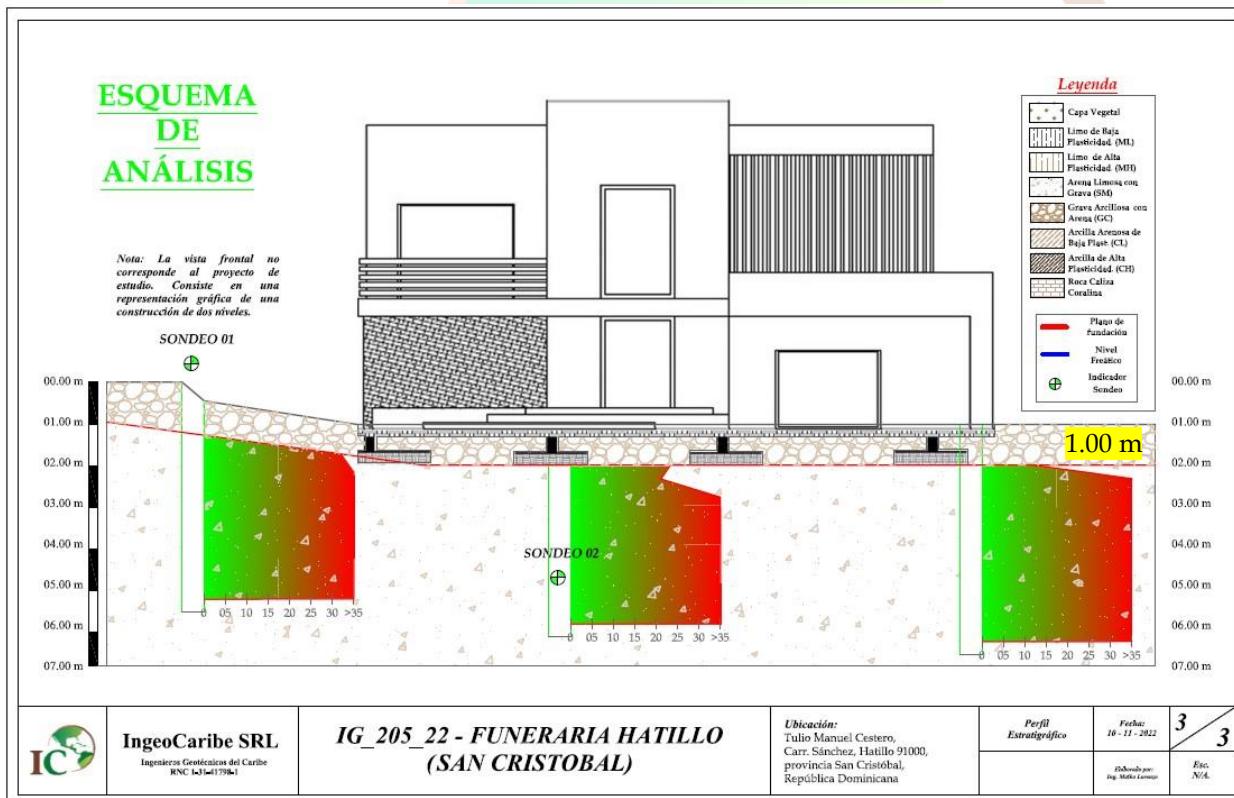
condiciones determinantes del comportamiento del terreno y tomar decisiones acerca del diseño de cimentaciones a realizar en el proyecto a construir. El modelo facilita la determinación del tipo de cimentación más conveniente (superficial o profunda), permite además establecer la distribución espacial de los problemas geotécnicos asociados a cada unidad para así llevar a cabo un diseño y una ordenación del territorio acorde con éstos.

Tabla 6 Modelo Geotécnico proyecto en cuestión

Prof.	MODELO GEOTÉCNICO			
	S1	S2	S3	S4
	PERFORACIONES			
0,45	2,00	2,00	2,00	3,00
0,90	5,00	3,00	4,00	3,00
1,35	9	16	12	9
1,80	11	17	12	9
2,25	10	28	22	13
2,70	17	64	70	20
3,15	35	56	74	100
3,60	40	70	53	71
4,05	34	55	40	73
4,50	28	95	38	40
4,95	30	74	39	75
5,40	70	85	46	72

LEYENDA	
ROCA CALIZA	
ARENA ARCILLOSA	
ARENA LIMOSA	
GRAVA ARCILLOSA	
ARCILLA DE ALTA PL.	
CAPA VEGETAL	

Analizando el modelo geotécnico elaborado para el proyecto “IG_207_22 - CASA REMI PORTRAIT - LAS TERRENAS”, dado los números de golpes Nspt obtenidos en los trabajos de campo, el tipo de estratigrafía y la ubicación en profundidad del Nivel Freático, de frente a garantizar la competencia del suelo y la estabilidad del sistema SUELO-CIMENTACION-ESTRUCTURA, es posible establecer la competencia del suelo a suportar cargas distribuidas a través de un sistema de **CIMENTACIONES SUPERFICIALES**, fundadas a una profundidad de desplante de $D_f = 1.00$ m, esto ante la presencia de estratos de suelos firmes desde los 0.45 metros de exploración en la mayoría de las exploraciones.



VIII.1 EXCAVABILIDAD Y ESTABILIDAD DEL SUELO

La excavabilidad se define como la facilidad que presenta un terreno para ser excavado. Los terrenos considerados en un movimiento de tierras presentan una amplia variabilidad, no sólo el cuerpo sólido, sino en su humedad, disposición, índice de poros, etc., de forma que, desde una roca sólida, hasta un suelo orgánico, se puede pasar por

arcillas, limos, gravas, arenas, o cualquier combinación entre estos materiales, con mayor o menor cantidad de agua.

Según los ensayos de laboratorio realizados a las muestras extraídas a percusión durante la realización de las exploraciones de campo, el subsuelo de la zona donde será construido el proyecto “IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO” está formado por estratos de suelos finos (ARENA LIMOSA (SM)), presente en las CUATRO (04) exploraciones realizadas, esta caracterización figura en la escala 3 como “Suelos de arranque con Espátula con dificultad” de la “Tabla 1 clasificación de la dificultad de arranque de los distintos materiales según Kögler-Scheidig”.

Tabla 7 clasificación de la dificultad de arranque de los distintos materiales según Kögler-Scheidig

Nº Escala	Designación	Fuerza de Ligazón	Utensilios de Prueba	Clasificación Tradicional
1	Suelos Sueltos	Sin Ligazón	Cuchara	Tierra
2	Suelos de arranque con Espátula	Con pequeña Ligazón	Cuchara (con dificultad), Espatula	
3	Suelos de arranque con Espátula con dificultad	Suelos con Ligazón de fuerza media	Espatula (con dificultad), Piqueta con boca plana	
4	Suelos de arranque con Piqueta	Suelos con fuerte Ligazón	Piqueta con boca plana (con dificultad), Piqueta puntiaguda	Tránsitos
5	Suelos de arranque con Piqueta con dificultad	Suelos con muy fuerte Ligazón	Piqueta puntiaguda (con dificultad),	
6	Rocas que se quiebran fácilmente	Rocas meteorizadas	Maza de quiebramiento	
7	Rocas que se quiebran con dificultad	Rocas con fisuras	Mazas (con dificultad) Cuñas (Facilmente)	Rocas
8	Rocas que se quiebran difícilmente con cuñas	Rocas en formaciones compactas	Cuñas voladuras	

Sabiendo esto, para hacer excavaciones y zanjas con seguridad, hay que saber de la mecánica de suelos y cómo construir en declive y apuntalar. Fuerzas horizontales y verticales dentro de la tierra mantienen en su lugar suelo no tocado. Una excavación perturba o elimina estas fuerzas. El movimiento cinemáticamente admisible que tendrá el suelo será naturalmente hacia abajo y hacia adentro.

VIII.2 ESTABILIDAD DE LA EXCAVACIÓN DEL SUELO

La ejecución de excavaciones con seguridad conlleva como prerequisito los conocimientos de la mecánica de suelos y experiencia en la construcción de declives y apuntalados. Fuerzas horizontales y verticales dentro de la tierra mantienen en su lugar las masas de suelo inalterados. Una excavación perturba o elimina estas fuerzas alterando las condiciones de equilibrio del mismo. El suelo se mueve naturalmente hacia abajo y adentro. Un número de factores gobiernan que tan rápido esto ocurre, tales como el tipo de suelo, humedad, vibraciones, y el peso encima.

Según la OSHA (Occupational Safety and Health Administration) se requiere que la clasificación del suelo se haga por una persona competente y que se instale equipo protector adecuado antes de que los trabajadores entren en la excavación

Tabla 8 Clasificación tipo de suelo para excavabilidad según la OSHA

CLASIFICACION TIPO DE SUELO PARA EXCAVABILIDAD SEGÚN LA OSHA	
SUELO TIPO A	Este es el suelo más estable y está compuesto de arcilla, arcilla limosa, arcilla marga, arcilla arenosa y limo arenoso. Tiene una fuerza compresiva de 1.5 o más ton/pie ² . El suelo tipo A es muy cohesivo. Ningún suelo, no importa la composición o estabilidad aparente, puede clasificarse como Tipo A si es que tiene fisuras o está sujeto a vibraciones de tráfico, maquinaria, u otras actividades de excavación.
SUELO TIPO B	Este suelo cohesivo está compuesto de cieno, cieno-marga, marga arenosa, y sólidos granulares cohesivos incluyendo grava angular (piedra triturada). Tiene una fuerza ilimitada mayor de 0.50 ton/pie ² , pero menos de 1.50 ton/pie ²
SUELO TIPO C	Este es el suelo menos estable. Es un suelo no cohesivo compuesto de suelos granulares, incluyendo arena, grava, marga arenosa, suelo sumergido o suelo del cual está colando agua, piedra sumergida, o suelo en un sistema de capas en declive donde las capas se extienden hacia abajo en la excavación en un declive de cuatro pies horizontales a un pie vertical o más. Tiene una fuerza compresiva ilimitada de 0.50 o menos ton/pie ² .
ROCA ESTABLE	Este material mineral natural sólido puede excavarse con lados verticales y permanece intacto al exponerse.

IX. MAPAS ISOCRONOS. DENSIDAD - NSPT

Un mapa Isócrono es una herramienta que permite crear mapas que reflejan la distribución de estado del suelo a una misma profundidad correlacionando los valores de Nspt y las separaciones entre los sondeos. Estos mapas ayudan a visualizar las densidades de ciertas zonas en el terreno de estudio, reflejando así aquellas zonas que han de ser mejoradas.

En este proyecto en particular los mapas corresponden a cada 0.45 metros de profundidad hasta visualizar un mapa en el que las densidades sean superiores a Firme. Los resultados mostraron la presencia de suelo entre firme y muy denso conforme aumenta la profundidad. Estos mapas son de utilidad al momento de seleccionar la zona más vulnerable a los efectos de las cargas de la estructura.

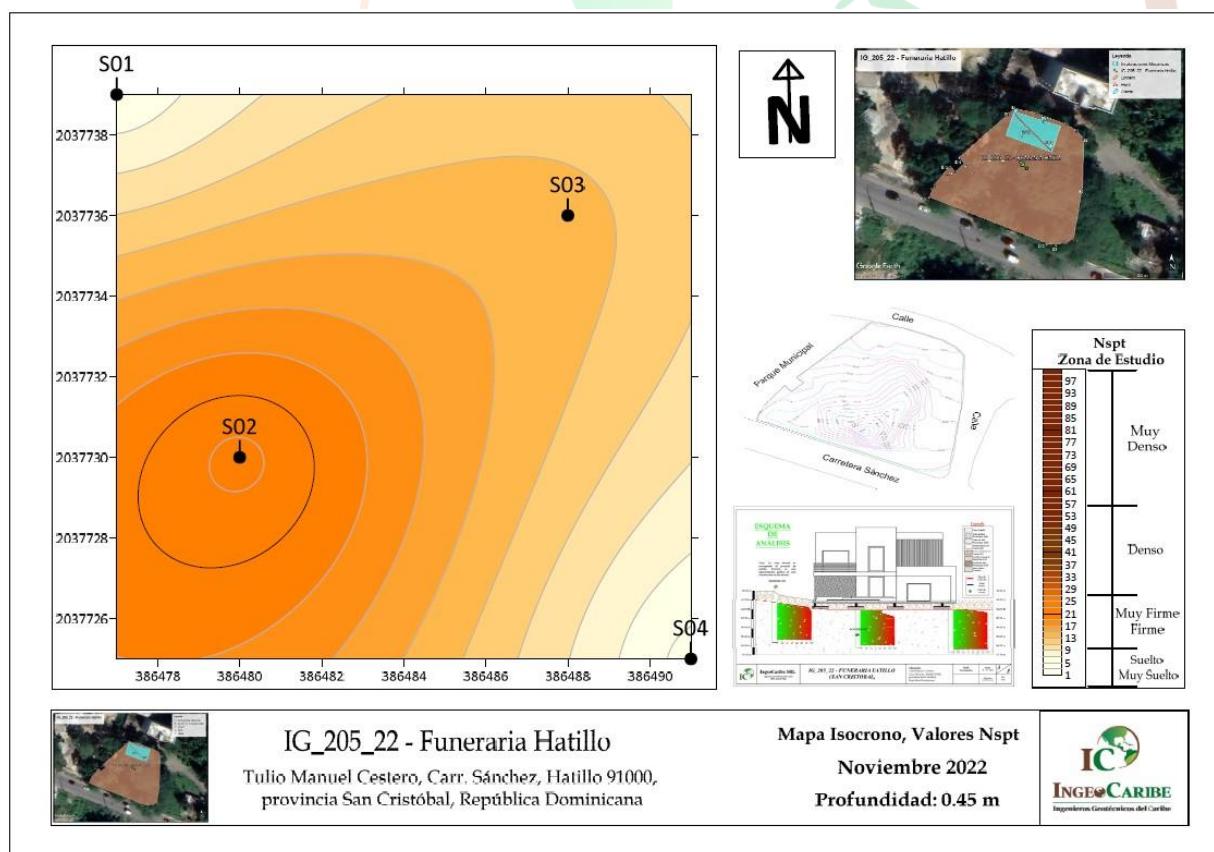
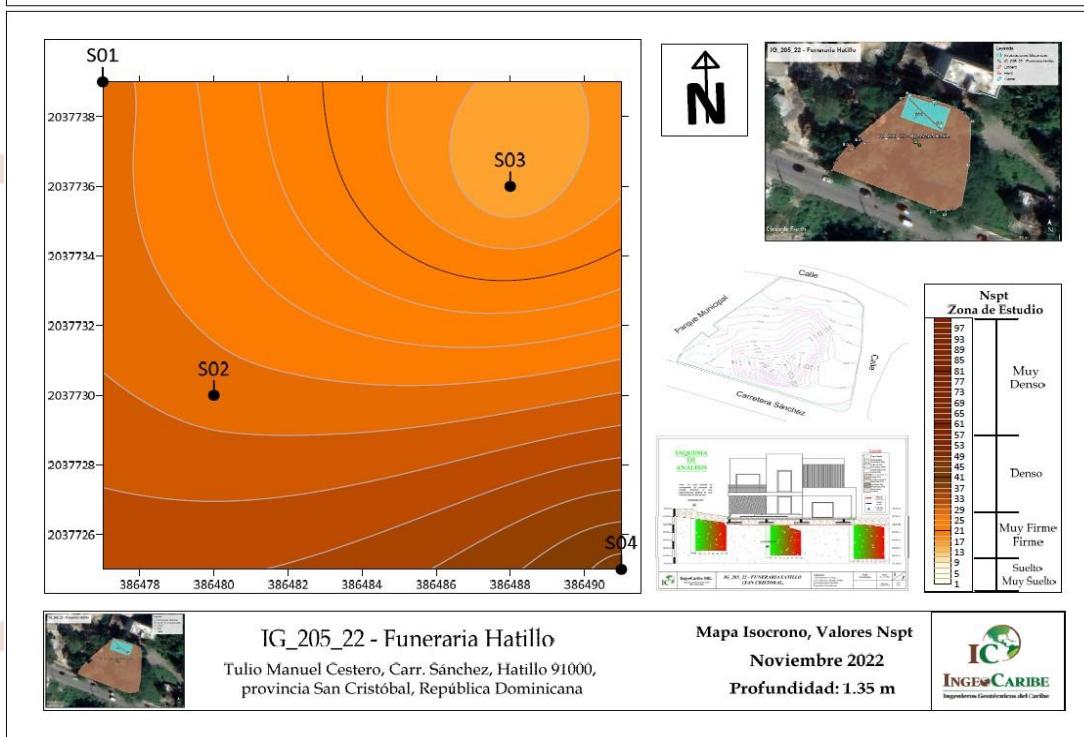
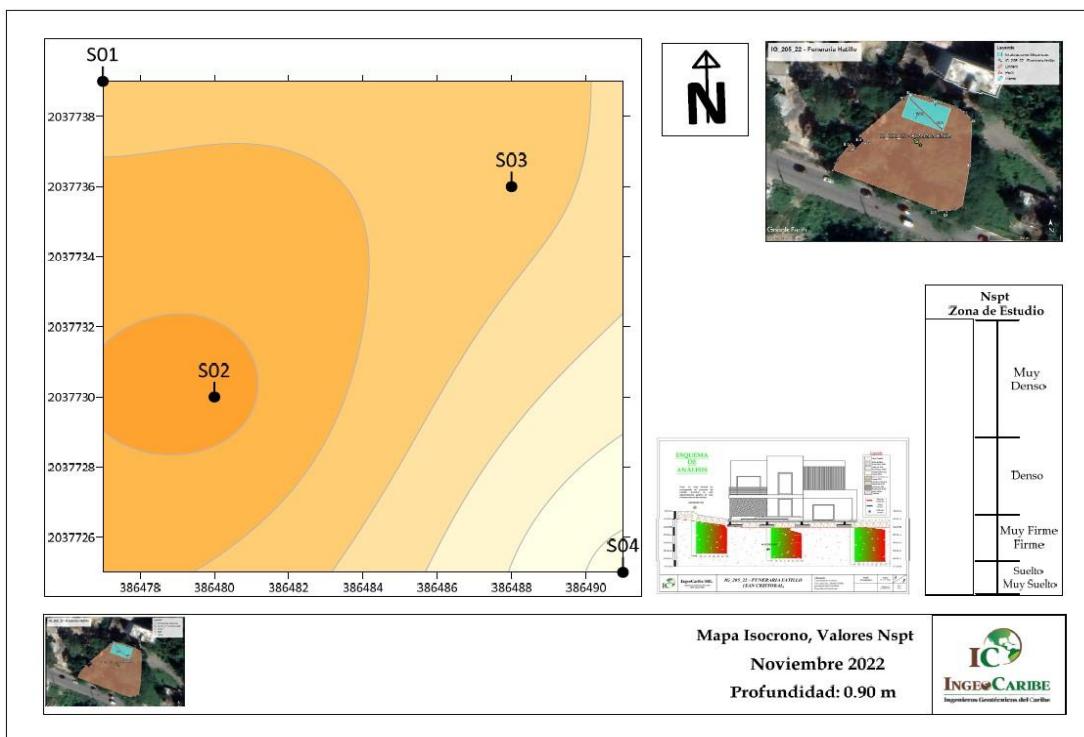
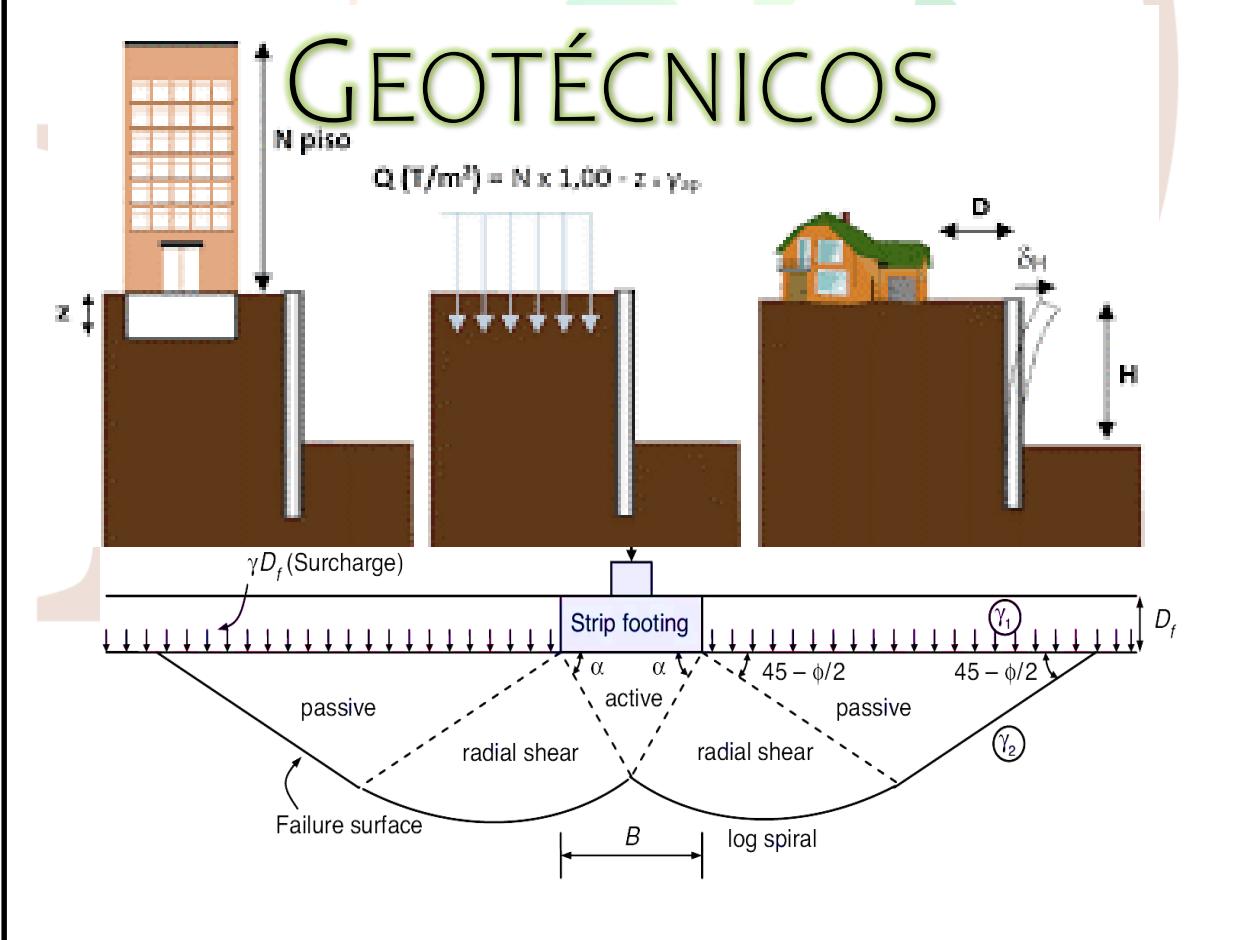
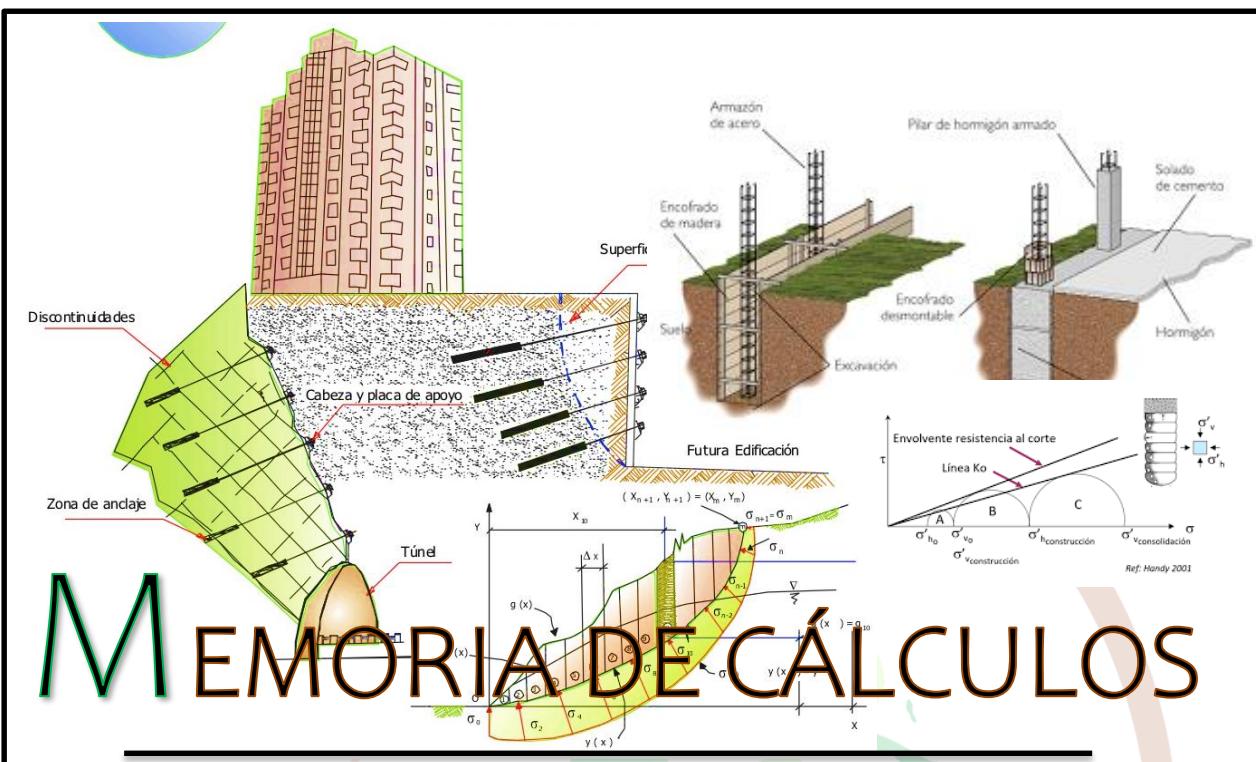


Fig. 20 Mapa de densidad a los 0.45 metros



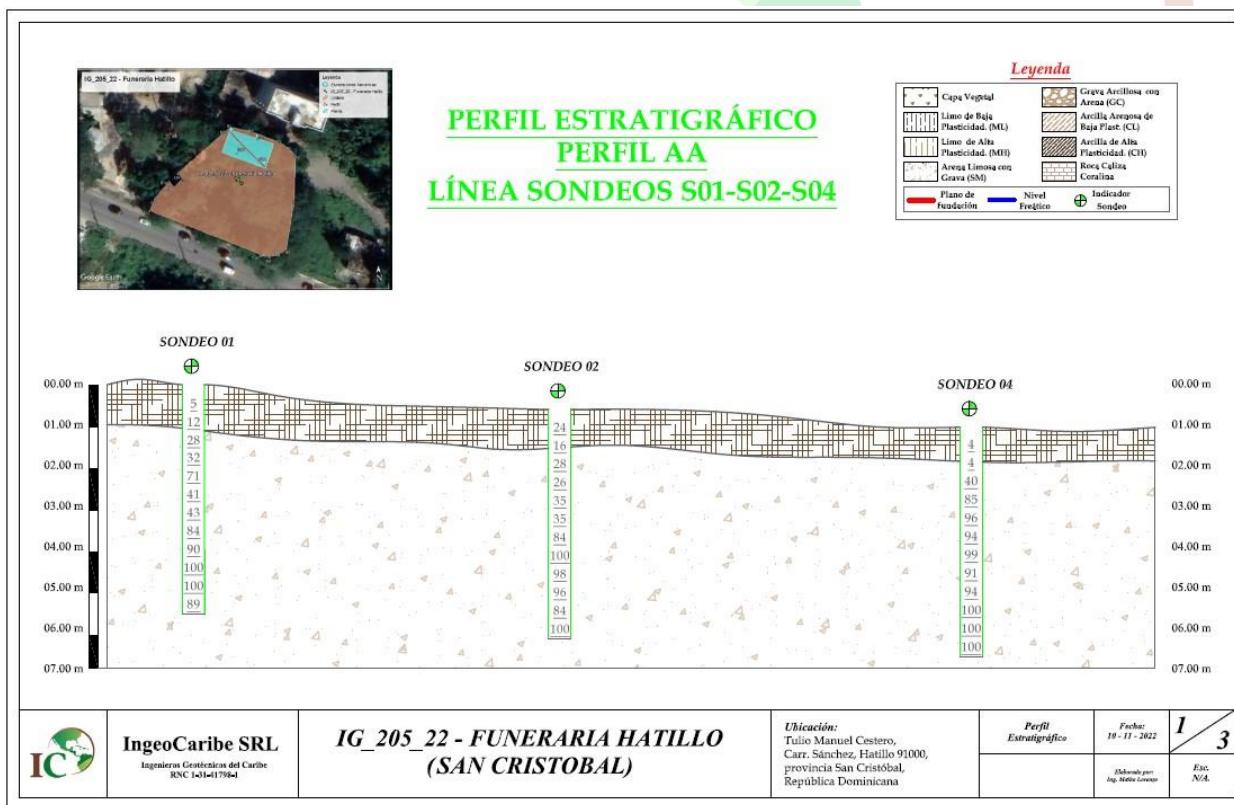
Observando los mapas que reflejan el estado natural de los estratos de suelo para cada profundidad de exploración, se puede observar que entre los 0.90 y 1.35 metros de profundidad se encuentran en el rango de densidades firme-densa, aumentando a densa a partir de los 1.80 metros.



X. CRITERIOS PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD SOPORTE ADMISIBLE, ASENTAMIENTOS Y DISTORSIÓN ANGULAR DEL SISTEMAS SUELO - CIMENTACIÓN

X.1 MODELO ESTRATIGRÁFICO QUE CONTROLA EL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL SUBSUELO.

Luego de la ejecución de los trabajos de campo (Exploraciones Mecánicas in situ, Levantamiento de la zona), realizados en el área a ser intervenida para la construcción del proyecto “IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO”, el posterior ensayado en laboratorio de las muestras recuperadas y procesamiento de los datos en gabinete, se logró caracterizar la estratigrafía del suelo estudiado. En este se identificaron estratigrafías compuestas principalmente por SUELOS GRANULARES. Según los resultados el subsuelo estudiado está conformado principalmente por estratos de ARENA LIMOSA (SM), presente en las CUATRO (04) exploraciones realizadas.



Los resultados de los trabajos en campo muestran un subsuelo con densidades generalmente en el rango firme-muy densa, hasta las profundidades exploradas (5.40 metros). A continuación, los siguientes graficas muestran las franjas de suelos y los rangos de densidad en que se encuentran en cada una de las estratigráficas (Nota: el sondeo 01 consiste en el sondeo más desfavorable entre los sondeos realizados).

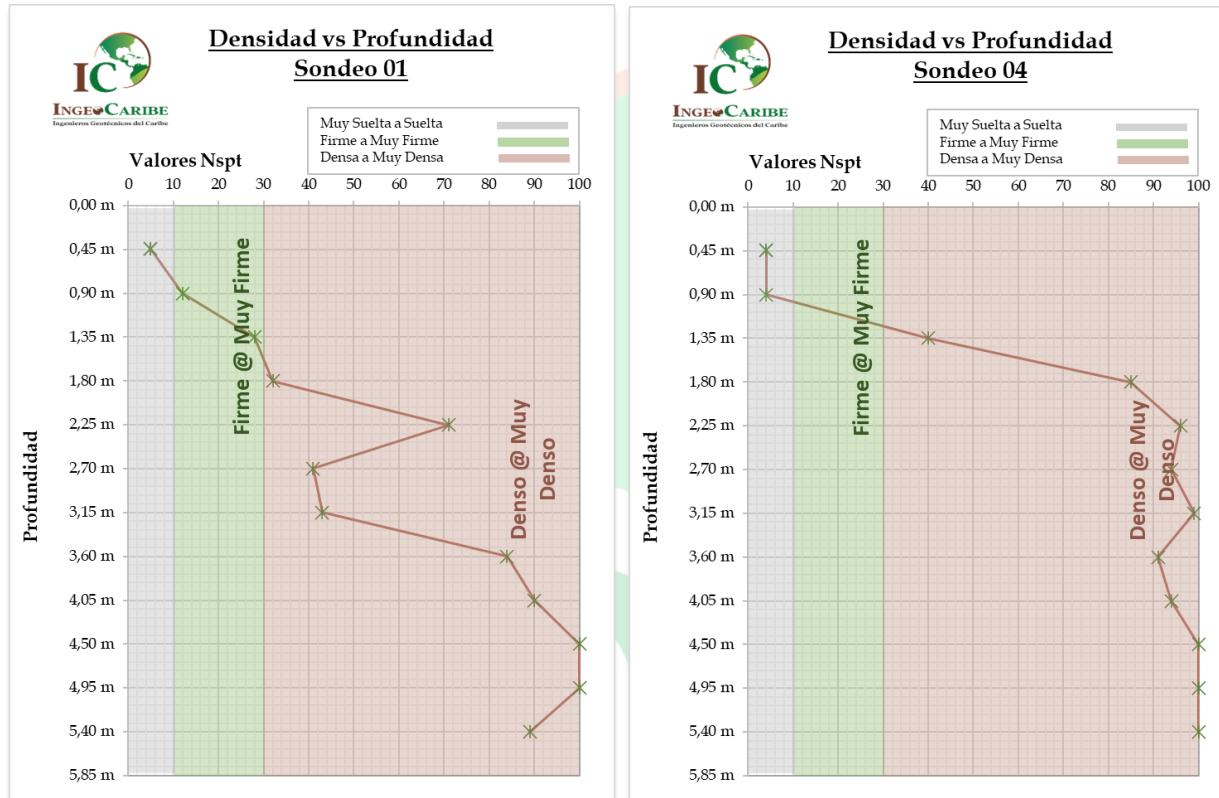


Fig. 22 Estado de densidad en profundidad (Sondeos más desfavorables S01 y S04)

X.2 PARÁMETROS Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO

Se han analizado los casos estratigráficos presentes en el área estudiada compuesta por estratos de **ARENA LIMOSA (SM)**. Para el cálculo de la capacidad de soporte admisible del sistema suelo-cimentación se consideraron los parámetros mecánicos correspondientes al estrato de **ARENA LIMOSA (SM)** presente en las exploraciones de campo realizadas. De igual forma se utilizarán estos parámetros para determinar los asentamientos a esperar ante cargas máximas iguales inferiores al esfuerzo admisible del suelo.

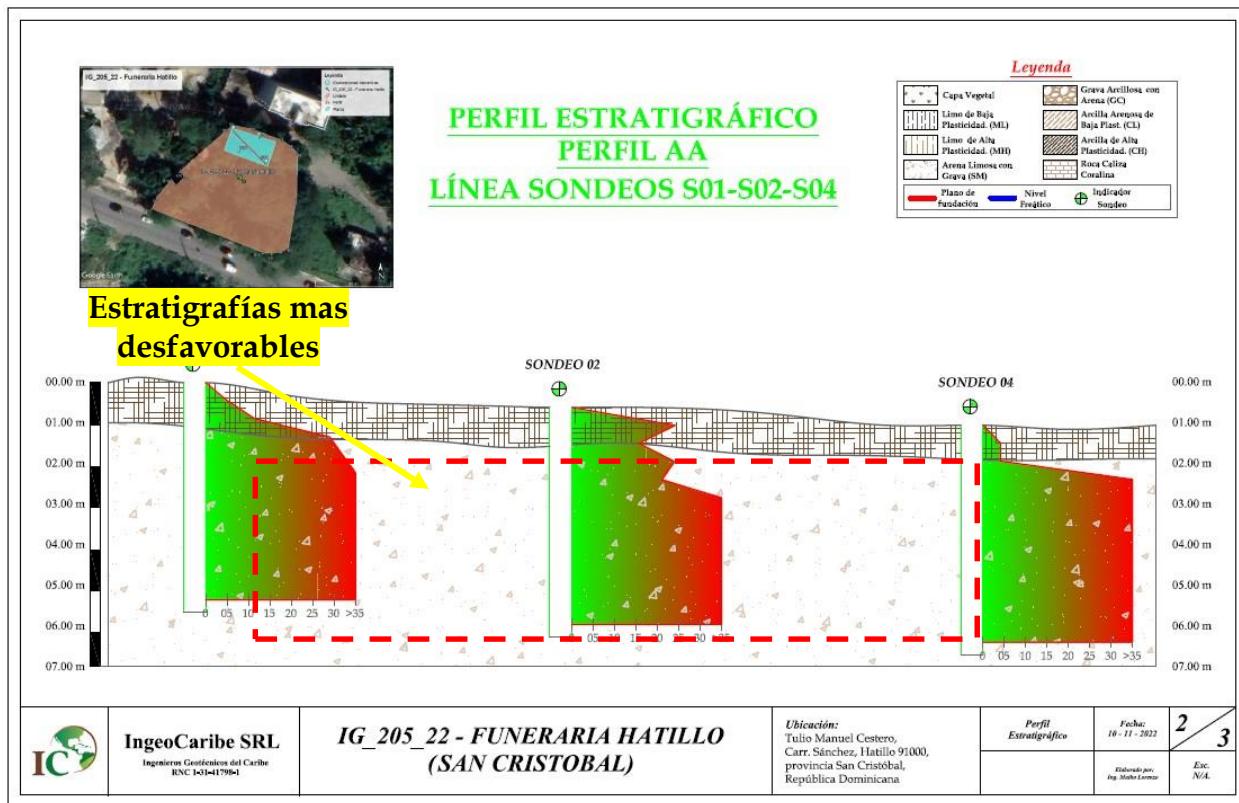


Fig. 23 Estratigrafía más desfavorable

X.2.1 FACTOR DE SEGURIDAD

Factor De Seguridad (FS), la determinación del factor de seguridad se realiza mediante la siguiente formulación:

$$FS = \frac{q_{ult}}{q_{adm}}$$

Lo primero en que pensamos a la hora de diseñar es en la determinación del factor de seguridad, en nuestro caso adoptamos la siguiente formulación:

$$\Delta q_{neta} = \frac{q_{ult}}{FS}$$

La capacidad de carga última neta se define como la presión última por unidad de área de la cimentación que puede ser soportada por el suelo en exceso de la presión causada por el suelo circundante al nivel de desplante de la cimentación. Si la diferencia entre el peso específico del concreto usado en la cimentación y el peso específico del suelo que la rodea se supone despreciable, entonces:

$$q_{neta} = q_u - q \quad q = \gamma D_f \quad q_{adm(neta)} = \frac{q_u - q}{FS}$$

El factor de seguridad para investigaciones geotécnicas será FS = 3.0 según lo establece el reglamento R-024 del MOPC en la sección 3.4.

X.2.2 CORRECCIÓN NSPT PARA SUELOS GRANULARES

Para los factores de corrección de Nspt se utilizará la relación del Reglamento para Estudios Geotécnicos en Edificaciones del MOPC (R-024), tabla 7.1.

$$(N_1)_{60} = C_N N_{60} C_E C_B C_R C_S$$

Donde:

$(N_1)_{60}$ = valor de N_{60} corregido a un valor estándar de σ'_0 [100 kN/m² (200lb/pie²)]

C_N = factor de corrección

N_{60} = valor de N obtenido de la exploración de campo

C_E = Factor de corrección de la energía del martillo

C_B = Factor de corrección del diámetro del barreno

C_R = Factor de corrección de la longitud de las barras.

C_S = Factor de corrección del tomamuestra

P_a = Presión atmosférica = 100 kN/m²

$$\frac{\sigma'_0}{P_a} z = (16.80 \text{ kN/m}^2) / (100 \text{ kN/m}^2) = 0.168$$

Para el factor de corrección (C_N) utilizaremos la relación del Reglamento para Estudios Geotécnicos en Edificaciones (R-024), tabla 7.1.

- Segundo el tipo de martillo utilizado en método de perforación de este estudio de suelo (tipo Donout y un mecanismo de descarga automático) y su liberación de energía de un $C_E = 0.80$).
- La variación de C_B según el diámetro de perforación utilizado en los sondeos de 60 mm, ofrece valor de 1, para diámetros entre 60 - 120 mm.
- La variación de C_S , para un muestreador estándar $C_S = 1$.
- La variación de C_R según la longitud de las astas utilizadas L = 3m, $C_R = 0.80$.

Los valores a ser presentados a continuación, corresponden al valor de los Nspt corregidos para los estratos de ARENA LIMOSA, permaneciendo los demás estratos con el valor de Nspt obtenido en campo.

Tabla 9 Corrección de Nspt en Suelos Granulares - Sondeo 01

CORRECCIÓN DE NSPT EN SUELOS GRANULARES - SONDEO 01													
NF	Y _w = 10,0 kN/m ³		Y _{s2} = 17,5 kN/m ³		EST 1 0,00 m		FACTORES DE CORRECCIÓN		NUMERO DE GOLPES				
	Y _{s1} = 16,0 kN/m ³		Pa = 100 kN/m ³		EST 2 0,90 m								
-	z (m)	espesor estrato (m)	σ_o kN/m ²	σ' kN/m ²	Pw kN/m ²	σ'_o/σ_a	CN	CE	CB	CR	CS	N60	N60 correg.
0,00 m	0,45	0,45	7,20	7,20	0,00	0,072	1,70	0,8	1	0,8	1	5	5
0,00 m	0,90	0,45	15,08	15,08	0,00	0,151	1,70	0,8	1	0,8	1	12	13
0,00 m	1,35	0,45	22,95	22,95	0,00	0,230	1,70	0,8	1	0,8	1	28	30
0,00 m	1,80	0,45	30,83	30,83	0,00	0,308	1,70	0,8	1	0,8	1	32	35
0,00 m	2,25	0,45	38,70	38,70	0,00	0,387	1,61	0,8	1	0,8	1	71	73
0,00 m	2,70	0,45	46,58	46,58	0,00	0,466	1,47	0,8	1	0,8	1	41	38
0,00 m	3,15	0,45	54,45	54,45	0,00	0,545	1,36	0,8	1	0,8	1	43	37
0,00 m	3,60	0,45	62,33	62,33	0,00	0,623	1,27	0,8	1	0,8	1	84	68
0,00 m	4,05	0,45	70,20	70,20	0,00	0,702	1,19	0,8	1	0,8	1	90	69
0,00 m	4,50	0,45	78,08	78,08	0,00	0,781	1,13	0,8	1	0,8	1	100	72
0,00 m	4,95	0,45	85,95	85,95	0,00	0,860	1,08	0,8	1	0,8	1	100	69
0,00 m	5,40	0,45	93,83	93,83	0,00	0,938	1,03	0,8	1	0,8	1	89	59
			Nspt promedio sin corregir			57,92	Nspt promedio corregido				47,47		

Luego de corregidos los valores de Nspt, para la exploración mecánica #01 los valores varían entre 5 y 100 golpes por debajo del nivel de fundación, promediando un valor de 47.47 golpes.

Tabla 10 Corrección de Nspt en Suelos Granulares - Sondeo 02

CORRECCIÓN DE NSPT EN SUELOS GRANULARES - SONDEO 02													
NF	Y _w = 10,0 kN/m ³		Y _{s2} = 17,5 kN/m ³		EST 1 0,00 m		FACTORES DE CORRECCIÓN		NUMERO DE GOLPES				
	Y _{s1} = 16,0 kN/m ³		Pa = 100 kN/m ³		EST 2 0,90 m								
-	z (m)	espesor estrato (m)	σ_o kN/m ²	σ' kN/m ²	Pw kN/m ²	σ'_o/σ_a	CN	CE	CB	CR	CS	N60	N60 correg.
0,00 m	0,45	0,45	7,20	7,20	0,00	0,072	1,70	0,8	1	0,8	1	24	26
0,00 m	0,90	0,45	15,08	15,08	0,00	0,151	1,70	0,8	1	0,8	1	16	17
0,00 m	1,35	0,45	22,95	22,95	0,00	0,230	1,70	0,8	1	0,8	1	28	30
0,00 m	1,80	0,45	30,83	30,83	0,00	0,308	1,70	0,8	1	0,8	1	26	28
0,00 m	2,25	0,45	38,70	38,70	0,00	0,387	1,61	0,8	1	0,8	1	35	36
0,00 m	2,70	0,45	46,58	46,58	0,00	0,466	1,47	0,8	1	0,8	1	35	33
0,00 m	3,15	0,45	54,45	54,45	0,00	0,545	1,36	0,8	1	0,8	1	84	73
0,00 m	3,60	0,45	62,33	62,33	0,00	0,623	1,27	0,8	1	0,8	1	100	81
0,00 m	4,05	0,45	70,20	70,20	0,00	0,702	1,19	0,8	1	0,8	1	98	75
0,00 m	4,50	0,45	78,08	78,08	0,00	0,781	1,13	0,8	1	0,8	1	96	70
0,00 m	4,95	0,45	85,95	85,95	0,00	0,860	1,08	0,8	1	0,8	1	84	58
0,00 m	5,40	0,45	93,83	93,83	0,00	0,938	1,03	0,8	1	0,8	1	100	66
			Nspt promedio sin corregir			60,50	Nspt promedio corregido				49,46		

Luego de corregidos los valores de Nspt, para la exploración mecánica #02 los valores varían entre 16 y 100 golpes por debajo del nivel de fundación, promediando un valor de 49.46 golpes.

Tabla 11 Corrección de Nspt en Suelos Granulares - Sondeo 03

CORRECCIÓN DE NSPT EN SUELOS GRANULARES - SONDEO 03													
NF	Y _w = 10,0 kN/m ³		Y _{s₂} = 17,5 kN/m ³		EST 1 0,00 m		FACTORES DE CORRECCIÓN	NUMERO DE GOLPES					
	Y _{s₁} = 16,0 kN/m ³		Pa = 100 kN/m ³		EST 2 0,90 m								
-	z (m)	espesor estrato (m)	σ_o kN/m ²	σ' kN/m ²	Pw kN/m ²	σ'_o/σ_a	CN	CE	CB	CR	CS	N60	N60 correg.
0,00 m	0,45	0,45	7,20	7,20	0,00	0,072	1,70	0,8	1	0,8	1	14	15
0,00 m	0,90	0,45	15,08	15,08	0,00	0,151	1,70	0,8	1	0,8	1	12	13
0,00 m	1,35	0,45	22,95	22,95	0,00	0,230	1,70	0,8	1	0,8	1	15	16
0,00 m	1,80	0,45	30,83	30,83	0,00	0,308	1,70	0,8	1	0,8	1	30	33
0,00 m	2,25	0,45	38,70	38,70	0,00	0,387	1,61	0,8	1	0,8	1	39	40
0,00 m	2,70	0,45	46,58	46,58	0,00	0,466	1,47	0,8	1	0,8	1	100	94
0,00 m	3,15	0,45	54,45	54,45	0,00	0,545	1,36	0,8	1	0,8	1	84	73
0,00 m	3,60	0,45	62,33	62,33	0,00	0,623	1,27	0,8	1	0,8	1	100	81
0,00 m	4,05	0,45	70,20	70,20	0,00	0,702	1,19	0,8	1	0,8	1	83	63
0,00 m	4,50	0,45	78,08	78,08	0,00	0,781	1,13	0,8	1	0,8	1	91	66
0,00 m	4,95	0,45	85,95	85,95	0,00	0,860	1,08	0,8	1	0,8	1	73	50
0,00 m	5,40	0,45	93,83	93,83	0,00	0,938	1,03	0,8	1	0,8	1	84	56
			Nspt promedio sin corregir			60,42	Nspt promedio corregido					50,02	

Luego de corregidos los valores de Nspt, para la exploración mecánica #03 los valores varían entre 12 y 100 golpes por debajo del nivel de fundación, promediando un valor de 50.02 golpes.

Tabla 12 Corrección de Nspt en Suelos Granulares - Sondeo 04

CORRECCIÓN DE NSPT EN SUELOS GRANULARES - SONDEO 04													
NF	Y _w = 10,0 kN/m ³		Y _{s₂} = 17,5 kN/m ³		EST 1 0,00 m		FACTORES DE CORRECCIÓN	NUMERO DE GOLPES					
	Y _{s₁} = 16,0 kN/m ³		Pa = 100 kN/m ³		EST 2 0,90 m								
-	z (m)	espesor estrato (m)	σ_o kN/m ²	σ' kN/m ²	Pw kN/m ²	σ'_o/σ_a	CN	CE	CB	CR	CS	N60	N60 correg.
0,00 m	0,45	0,45	7,20	7,20	0,00	0,072	1,70	0,8	1	0,8	1	4	4
0,00 m	0,90	0,45	15,08	15,08	0,00	0,151	1,70	0,8	1	0,8	1	4	4
0,00 m	1,35	0,45	22,95	22,95	0,00	0,230	1,70	0,8	1	0,8	1	40	44
0,00 m	1,80	0,45	30,83	30,83	0,00	0,308	1,70	0,8	1	0,8	1	85	92
0,00 m	2,25	0,45	38,70	38,70	0,00	0,387	1,61	0,8	1	0,8	1	96	99
0,00 m	2,70	0,45	46,58	46,58	0,00	0,466	1,47	0,8	1	0,8	1	94	88
0,00 m	3,15	0,45	54,45	54,45	0,00	0,545	1,36	0,8	1	0,8	1	99	86
0,00 m	3,60	0,45	62,33	62,33	0,00	0,623	1,27	0,8	1	0,8	1	91	74
0,00 m	4,05	0,45	70,20	70,20	0,00	0,702	1,19	0,8	1	0,8	1	94	72
0,00 m	4,50	0,45	78,08	78,08	0,00	0,781	1,13	0,8	1	0,8	1	100	72
0,00 m	4,95	0,45	85,95	85,95	0,00	0,860	1,08	0,8	1	0,8	1	100	69
0,00 m	5,40	0,45	93,83	93,83	0,00	0,938	1,03	0,8	1	0,8	1	100	66
			Nspt promedio sin corregir			75,58	Nspt promedio corregido					64,22	

Luego de corregidos los valores de Nspt, para la exploración mecánica #04 los valores varían entre 4 y 100 golpes por debajo del nivel de fundación, promediando un valor de 64.22 golpes.

X.2.3 PARÁMETROS DEL SUELO

→ **Peso volumétrico (γ)**, El peso específico según el libro de Mecánica de Suelos y Cimentaciones de Crespo Villaláz pág. 177, tabla 11.5, para Las arenas con arcillas los valores varían de **1,680 @ 1,920 Kg/m³**, se utilizará un valor de peso volumétrico de **1,750 Kg/m³** para la Arena Limosa (SM) para ser conservadores.

Tabla 13 Pesos Volumétricos, aproximados, secos máximos (Crespo Villaláz)

Tipos de Suelos	Bien Graduado	Mal Graduado
Arenas con Limos	1,920 kg/m ³	1,680 kg/m ³
Arena con Arcillas	1,920 kg/m ³	1,680 kg/m ³
Arenas	1,920 kg/m ³	1,760 kg/m ³
Gravas	2,080 kg/m ³	1,840 kg/m ³
Limos Inorgánicos		1,600 kg/m ³
Limos Orgánicos		1,350 kg/m ³

→ **Coeficiente de Poisson.** Según BOWLES, J. E. (1982). Foundation Design and Analysis, McGraw-Hill, New York. Tomo 1, 5ta edición pág. 123, en la tabla No. 2-7, la relación del módulo de Poisson para Gravas y Arenas varía en el rango 0.10 y 0.30, se seleccionó un valor de **$\mu = 0.30$ para la Arena Limosa (SM)**.

Tabla 14 Rangos de Módulos de Posision para diferentes materiales

Rangos para Módulo de Poisson μ	
Type of Soil	μ
Clay, Saturated	0.4 - 0.5
Clay, Unsaturated	0.1 - 0.3
Sandy Clay	0.2 - 0.3
Silt	0.3 - 0.35
Sand, Gravelly sand commonly Used	0.1 - 1.00
Rock	0.1-0.4 (depends somewhat on type)
Loess	0.1 - 0.3
Ice	0.36
Concrete	0.15
Steel	0.33

→ **Módulo de Elasticidad (Es)**, Según BOWLES, J. E. (1982). Foundation Design and Analysis, McGraw-Hill, New York. Tomo 1, 5ta edición pág. 125, en la tabla No. 2-8, el valor del Módulo de Elástico para Arenas medianas el valor varía entre 10 MPa < Es > 150 MPa.

Tabla 15 Rango de valores del Módulo de Elasticidad (Es) para varios materiales (BOWLES)

Soil	E (Mpa)
Clay	
very soft	2 - 5
soft	5 - 25
medium	15 - 50
hard	50 - 100
sandy	25 - 250
Sand	
silty	5 - 20
loose	10 - 25
dense	50 - 81
Sand and Gravel	
loose	50 - 150
dense	100 - 200
silty	2 - 200

→ **Ángulo de fricción (ϕ)**, Según BOWLES, J. E. (1982). Foundation Design and Analysis, McGraw-Hill, New York. Tomo 1, 5ta edición pág. 108, en la tabla No. 2-6, el valor del Ángulo de Fricción Interna según la prueba no consolidada no drenada para Arenas sueltas secas varía de $28^\circ < \phi < 34^\circ$, este intervalo se utilizará para control de los valores de ángulo de fricción interna calculados.

Tabla 16 Relación valores Ángulo de Fricción Interna ϕ (BOWLES)

Soil	Type of Test		
	Unconsolidated- Undrained U	Consolidated- Undrained CU	Consolidated- Drained
Gravel			
Medium Size	40 - 55°		40 - 55°
Sandy	35 - 50°		35 - 50°
Sand			
Loose dry	28 - 34°		
Loose saturated	28 - 34°		
Dense dry	35 - 46°		43 - 50°
Dense saturated	1 - 2° less than dense dry		43 - 50°
Silt or Silty Sand			
Loose	20 - 22°		27 - 30°
Dense	35 - 30°		30 - 35°
Clay	0° if saturated	2 - 20°	20 - 42°

→ Estimación del Ángulo de Fricción mediante correlaciones del Nspt.

El ángulo de fricción de cada estrato de suelo ha sido determinado a través diferentes formulaciones de autores tales como Terzaghi, Kishida, Montenegro, etc. Estos correlacionan los valores de Nspt con los valores de ángulo de fricción. Los estudios en los que se obtuvieron estas formulaciones se realizaron en diferentes épocas, desde Terzaghi & Peck en 1946 hasta Montenegro & González en 2014.

Tabla 17 Correlaciones Ángulo de Fricción - Nspt

Correlaciones para obtener el Ángulo de fricción efectivo a partir del Nspt		
Autor	Año	Formulación
Terzaghi & Peck	1948	$\phi = 28.5 + 0.25Nspt$
Peck et al.	1953	$\phi = 26.25 (2 - e^{-Nspt/62})$
Kishida	1969	$\phi = 15 + \sqrt{20Nspt}$
Schmermann	1970	$\phi = \tan^{-1} \left[\left(\frac{Nspt}{32.50} \right)^{0.34} \right]$
JNR (Japan National Railway)	1999	$\phi = 27 + 0.30Nspt$
JRB (Japan Road Bureau)	1986	$\phi = 15 + \sqrt{9.375Nspt}$
Hatanaka & Uchida	1996	$\phi = \sqrt{20Nspt} + 20$
Montenegro & Gonzalez	2014	$\phi = 12.79 + \sqrt{25.86Nspt}$

Para la selección del ángulo de cada estrato se compararon los valores obtenidos utilizando los Nspt correspondientes a cada sondeo, acción tomada para ser conservadores y obtener un resultado coherente ante los resultados de ambas exploraciones. A continuación, las tablas con los resultados obtenidos para cada exploración mecánica:

Tabla 18 Estimación ángulo de fricción.

Estimación Ángulo de Fricción - Sondeo 01									
Prof.	Nspt Corregido	Ángulo de Fricción - Ø							
		Terzaghi (1948)	Peck (1953)	Kishida (1969)	Schmertman (1970)	JNR (1999)	JRB (1986)	Hatanaka & Uchida (1996)	Montenegro (2014)
Nivel de Fundación									
0,45 m	5,44	30°	28°	25°	29°	29°	22°	30°	25°
0,90 m	13,06	32°	31°	31°	36°	31°	26°	36°	31°
1,35 m	30,46	36°	36°	40°	44°	36°	32°	45°	41°
1,80 m	34,82	37°	38°	41°	46°	37°	33°	46°	43°
2,25 m	73,04	47°	44°	53°	53°	49°	41°	58°	56°
2,70 m	38,45	38°	38°	43°	47°	39°	34°	48°	44°
3,15 m	37,29	38°	38°	42°	46°	38°	34°	47°	44°
3,60 m	68,10	46°	44°	52°	52°	47°	40°	57°	55°
4,05 m	68,75	46°	44°	52°	52°	48°	40°	57°	55°
4,50 m	72,43	47°	44°	53°	53°	49°	41°	58°	56°
4,95 m	69,03	46°	44°	52°	52°	48°	40°	57°	55°
5,40 m	58,80	43°	42°	49°	51°	45°	38°	54°	52°
-									
Estimación Ángulo de Fricción - Sondeo 04									
Prof.	Nspt Corregido	Ángulo de Fricción - Ø							
		Terzaghi (1948)	Peck (1953)	Kishida (1969)	Schmertman (1970)	JNR (1999)	JRB (1986)	Hatanaka & Uchida (1996)	Montenegro (2014)
Nivel de Fundación									
0,45 m	4,35	30°	28°	24°	27°	28°	21°	29°	23°
0,90 m	4,35	30°	28°	24°	27°	28°	21°	29°	23°
1,35 m	43,52	39°	39°	45°	48°	40°	35°	50°	46°
1,80 m	92,48	52°	47°	58°	55°	55°	44°	63°	62°
2,25 m	98,76	53°	47°	59°	56°	57°	45°	64°	63°
2,70 m	88,15	51°	46°	57°	55°	53°	44°	62°	61°
3,15 m	85,87	50°	46°	56°	54°	53°	43°	61°	60°
3,60 m	73,77	47°	45°	53°	53°	49°	41°	58°	56°
4,05 m	71,80	46°	44°	53°	53°	49°	41°	58°	56°
4,50 m	72,43	47°	44°	53°	53°	49°	41°	58°	56°
4,95 m	69,03	46°	44°	52°	52°	48°	40°	57°	55°
5,40 m	66,07	45°	43°	51°	52°	47°	40°	56°	54°
-									

Observando los valores que resultan de cada formulación, podemos observar cual es la situación más común entre todos los métodos y cuál es la más desfavorable. Se seleccionará un valor de 30° para los estratos de ARENA LIMOSA (SM).

Valor Ángulo de Fricción vs Profundidad Sondeo 01

Ángulo de Fricción Interna

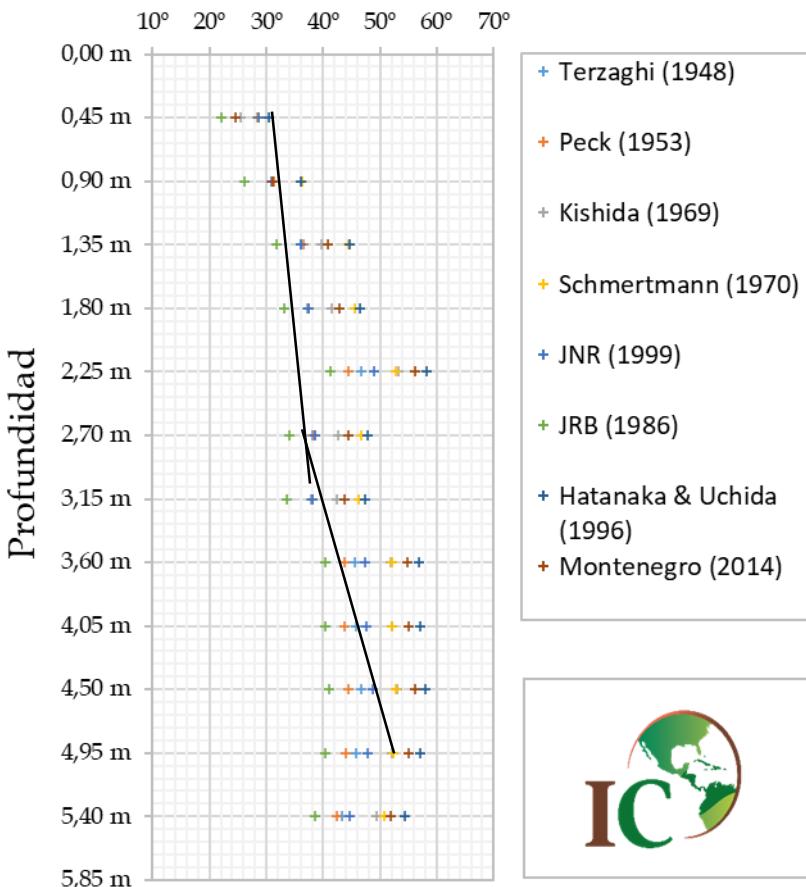


Fig. 24 Variación Angulo de fricción intena en profundidad Sondeo #01

→ Cohesión (C)

Para el valor de la cohesión de las Arena Limosa (SM) $C = 0.10 \text{ kg/cm}^2$, esto tomando en cuenta el nivel de plasticidad arrojado por ensayos de laboratorio realizados a las muestras y correlacionándolo con los valores de Nspt y las formulaciones de Terzaghi y Peck y Bowles.

$$C = K \times Nspt \text{ (Stroud, 1974)}$$

$$K = 1.4 \text{ para suelos cohesivos friccionantes}$$

$$C = (Nspt/8)/2 \text{ (Terzaghi y Peck)}$$

$$C = Nspt/15 \text{ (Bowles)}$$

Cohesión para suelos Cohesivos-Friccionantes

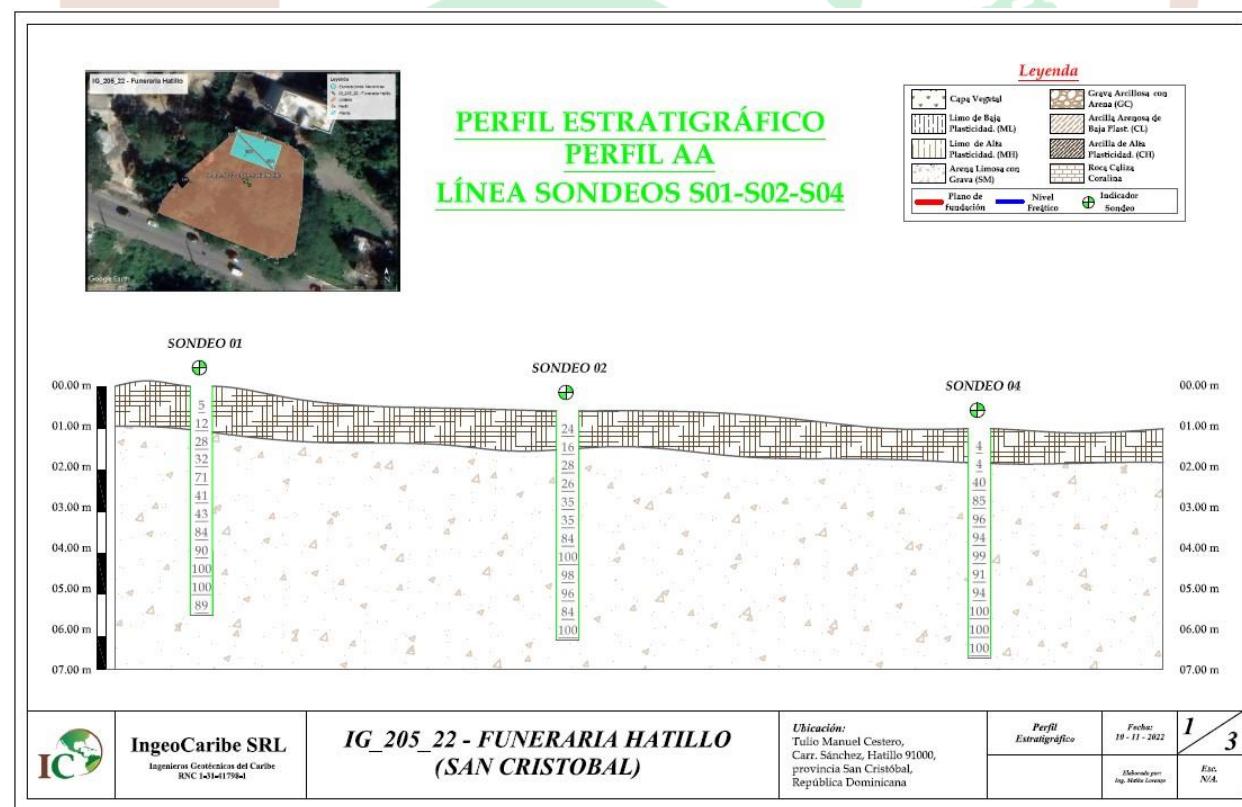
NSPT corr	Cohesión	Autor
30	42,00 kN/m ²	Stroud, 1974
	1,88 kg/cm ²	Terzaghi y Peck
	2,00 kg/cm ²	Bowles

→ **Nivel de Desplante.** Para lograr el correcto empotramiento de las cimentaciones en los estratos de suelos, para la configuración del sistema suelo-cimentación en cimentaciones superficiales, tanto para las Zapatas Aisladas como corridas, se utilizará una profundidad de fundación de $D_f = 1.00$ metros.

A continuación, se presentan los parámetros seleccionados para utilizar en los cálculos de la capacidad de soporte admisible del sistema suelo-cimentación, los cuales corresponden a los más desfavorables para ser más conservadores en cada caso:

Tabla 19 Parámetros para el cálculo de la capacidad portante

Parámetros	
ARENA LIMOSA (SM) - DENSA	
γ	1750,00 kg/m ³
C	0,05 kg/cm ²
ϕ	28 °
E _s	200-400 kg/cm ²
μ	0,30
F _S	0



X.2.4 ENVOLVENTE DE ROTURA DEL SUELO EN ESTUDIO.

Dependiendo el tipo de suelo que se observe según Coulomb (1776) tendremos distintas fórmulas para calcular la máxima resistencia al corte del suelo, con estas expresiones se construye lo que se conoce como envolvente de falla de los suelos. La envolvente de falla o envolvente de rotura en suelos, es la colección de los valores de corte máximos que producen falla en el sentido de que las partículas del suelo empiezan a deslizarse unas respecto de otras.

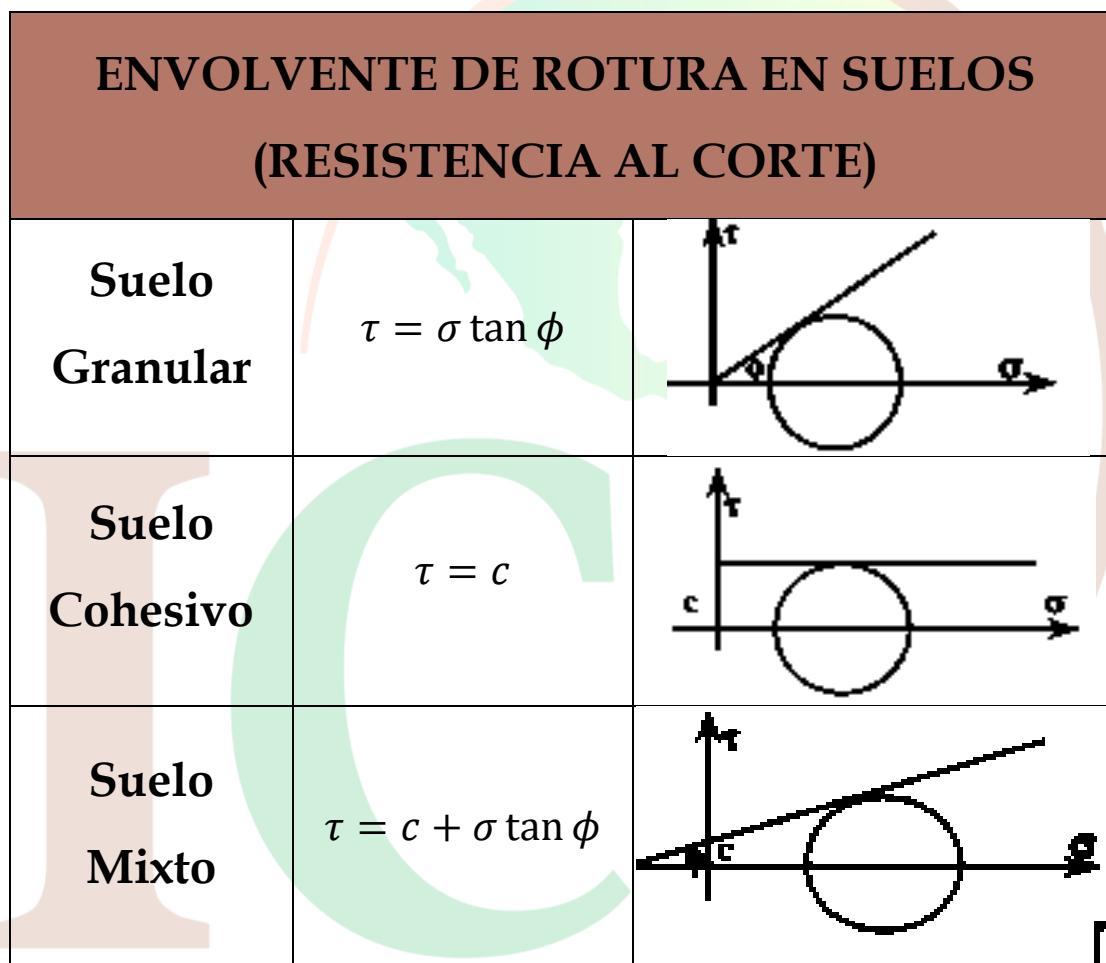


Fig. 25 Distintos casos de envolventes de rotura en suelos

Como se observa la Fig. 26 Distintos casos de envolventes de rotura en suelos, tomando en cuenta los valores de $\phi = 30^\circ$ y $C = 0.10 \text{ kg/cm}^2$ de **ARENA LIMOSA (SM)**, a esta la ubicamos en el tercer caso, Suelo mixto.

X.3 FENÓMENO DE LICUEFACCIÓN

El efecto de la licuefacción en suelos se refiere al proceso de contracción del mismo y de aumento de las presiones de poro debido a procesos de carga cíclicos (como pueden ser los terremotos), en suelos saturados y, predominantemente, granulares sin o con poca cohesión.

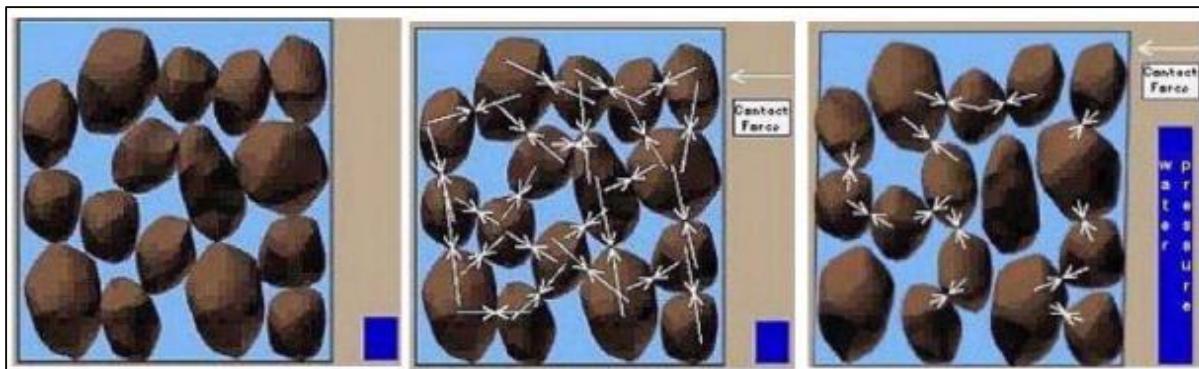


Fig. 26 Representación esquemática del fenómeno de licuación

Las arenas sueltas saturadas tienden a contraerse bajo los procesos de carga cíclicos impuestos por la excitación sísmica. Factores como la magnitud y la duración del sismo pueden afectar la capacidad de drenaje a corto plazo del suelo granular saturado, provocando la transferencia de las tensiones normales desde la matriz granular del terreno hacia el agua intersticial, resultando una notable reducción de las tensiones efectivas en el terreno (y con ello su resistencia y rigidez) y un aumento de las presiones de poro. Ante este fenómeno, es necesario mejorar el comportamiento del suelo a través de tratamientos que permiten optimizar el diseño de la cimentación garantizando su correcto funcionamiento frente a distintas combinaciones de acciones, las cuales permitan la estabilidad del subsuelo antes de eventos de licuefacción local y representen una solución óptima para la estructura a desarrollar en los terrenos del proyecto.

Al analizar los sondeos realizados, no se observa posibilidad de licuefacción por lo siguiente:

- No se evidenció la presencia de nivel freático en los estratos **ARENA LIMOSA (SM)** de valor de N_{60} superiores a los 30 golpes, además del alto contenido de finos en las muestras ensayadas.

X.4 DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS ÚLTIMOS

Geometría de las Cimentaciones superficiales utilizadas		
Zapata Cuadrada	Df (Cuadrada)	1,00 m
	B (Cuadrada)	1,50 m
	L (Cuadrada)	1,50 m
Zapata Corrida	Df (Corrida)	1,00 m
	B (Corrida)	0,60 m
	L (Corrida)	3,00 m

Para el cálculo de la capacidad de carga última del sistema suelo-cimentación utilizaremos la ecuación general del libro Fundamentos de Ingeniería de cimentaciones de Braja M. Das Séptima Edición, sección 3.6, pág. 143. Esta ecuación considera la resistencia cortante a lo largo de la superficie de falla en el suelo arriba del fondo de la cimentación.

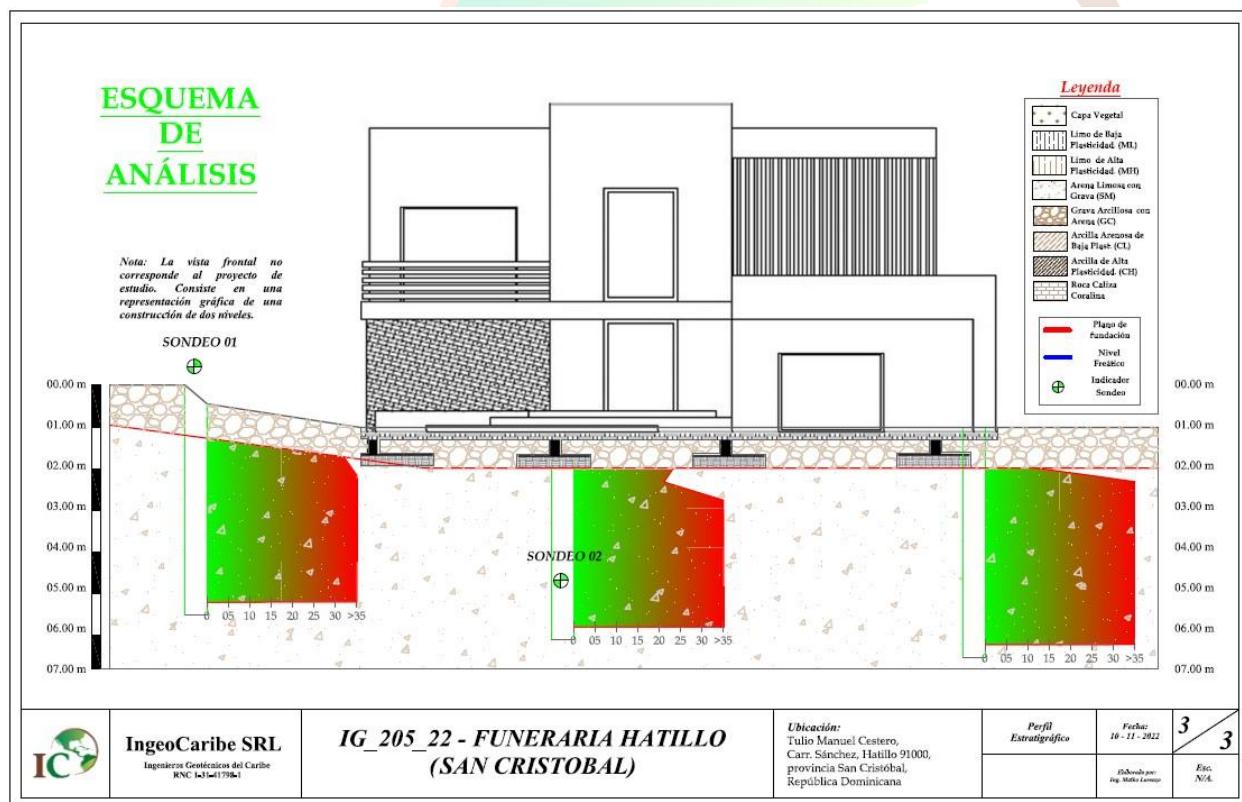


Fig. 27 Esquema de suelo a Analizar

Se utilizará un esquema de CIMENTACIONES SUPERFICIALES, (Zapatas Aisladas de 1.50 x 1.50 metros, Zapatas Corridas de 0.60 m x 3.00 m). Tanto para las Zapatas Aisladas como corridas, se utilizará una profundidad de fundación de $D_f = 1.00$ metros.

X.4.1 ECUACIÓN GENERAL DE CAPACIDAD DE CARGA

$$q_u = cN_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + 0.5\gamma B'N_\gamma F_{\gamma s}F_{\gamma d}F_{\gamma i}$$

Donde:

C = Cohesión

$N_c N_\gamma N_q$ = Factores de capacidad de carga

Df = Profundidad de desplante

$F_{cs} F_{qs} F_{\gamma s}$ = Factores de forma

q = Esfuerzo efectivo al nivel del fondo

$F_{cd} F_{qd} F_{\gamma d}$ = Factores de profundidad

γ = Peso específico del suelo

$F_{ci} F_{qi} F_{\gamma i}$ = Factores de inclinación de la carga

B = Ancho de la cimentación de losa

X.4.2 FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA, FORMA, PROFUNDIDAD E INCLINACIÓN

Factores De Capacidad De Carga

$$N_q = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})e^{\pi \tan \phi}; \quad N_c = (N_q - 1) \cot \phi; \quad N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \phi$$

Factores De Forma (Debeer 1970)

$$F_{cs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right)\left(\frac{B}{N_c}\right); \quad F_{qs} = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) \tan \phi; \quad F_{\gamma s} = 1 + 0.4\left(\frac{B}{L}\right)$$

Factores De Profundidad (Hansen 1970)

$$\text{Si } \left(\frac{Df}{B}\right) \leq 1 \text{ y para } \phi > 0$$

$$\text{Si } \left(\frac{Df}{B}\right) > 1 \text{ y para } \phi > 0$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \left(\frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi}\right);$$

$$F_{cd} = F_{qd} - \left(\frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \phi}\right);$$

$$F_{qd} = 1 + 2\tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \left(\frac{Df}{B}\right)$$

$$F_{qd} = 1 + 2\tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} \left(\frac{Df}{B}\right);$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Radians

$$F_{\gamma d} = 1$$

Factores De Inclinación (Meyerhof (1963); Hanna Y Meyerhof (1981))

$$F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta}{90^\circ}\right)^2;$$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi}\right)$$

β = inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical

X.4.1 CAPACIDAD DE SOPORTE ADMISIBLE DE SISTEMAS - ZAPATAS AISLADAS Y SUELO - ZAPATAS CONTINUAS Y SUELO

IX.4.1.1 Capacidad portante zapatas cuadradas - 1.50 m x 1.50 m

Tabla 20 Cálculo de la capacidad de soporte admisible en zapatas aisladas o cuadradas

CIMENTACION SUPERFICIAL						CUADRADA	
PARA DF/B ≤ 1						qu 8,5 Kg/cm ²	qadm 2,84 Kg/cm ²
F. C. Carga		F. Forma		F. Profundidad		F. Incline	
Nc	25,80	Fcs	1,57	Fcd	1,21	Fci	1,00
Nq	14,72	Fqs	1,53	Fqd	1,20	Fqi	1,00
Ny	16,72	Fys	0,60	Fyd	1,00	Fyi	1,00

INPUT		
Df	1,00	m
phi	28	deg
c	0,5	ton/m ²
Es	300	kg/cm ²
μs	0,30	-
gamma	1,75	t/m ³
H estrato	6,00	m
FS	3	-
q	1,92	ton/m ²

Los resultados del cálculo de la capacidad portante del suelo con una zapata aislada de 1.50 m x 1.50 m arrojaron un valor de $Q_{adm} = 2.84 \text{ Kg/cm}^2$.

IX.4.1.2 Capacidad portante zapatas corridas - 0.60 m x 3.00 m

Tabla 21 Cálculo de la capacidad de soporte admisible en zapatas continuas

CIMENTACION SUPERFICIAL						CONTINUA	
PARA DF/B > 1						qu 6,4 Kg/cm ²	qadm 2,15 Kg/cm ²
F. C. Carga		F. Forma		F. Profundidad		F. Incline	
Nc	25,80	Fcs	1,11	Fcd	1,33	Fci	1,00
Nq	14,72	Fqs	1,11	Fqd	1,31	Fqi	1,00
Ny	16,72	Fys	0,92	Fyd	1,00	Fyi	1,00

INPUT		
Df	1,00	m
phi	28	deg
c	0,5	ton/m ²
Es	300	kg/cm ²
μs	0,30	-
gamma	1,75	t/m ³
H estrato	6,00	m
FS	3	-
q	1,92	ton/m ²

Los resultados del cálculo de la capacidad portante del suelo con una zapata corrida de 0.60 m x 3.00 m arrojaron un valor de $Q_{adm} = 2.15 \text{ Kg/cm}^2$.

X.5 ANÁLISIS DE CAPACIDAD PORTANTE EN CIMENTACIONES SUPERFICIALES POR EL MÉTODO DE ELEMENTO FINITO (MEF) EMPLEANDO SOFTWARE.

El análisis de la capacidad portante en cimentaciones superficiales por el método de elementos finitos se ha realizado aplicando el Módulo de Cimentaciones Superficiales del paquete GEO5, software que permite realizar el análisis de la capacidad portante de cimentaciones cargadas a compresión y el cálculo del asentamiento del suelo. La verificación del análisis se puede realizar empleando el enfoque clásico (estados límite, factor de seguridad).

X.5.1 DATOS DE ENTRADA

Para la realización del análisis, se introdujeron los parámetros de los estratos de suelos ensayados y que conforman la estratigrafía más desfavorable a la capacidad portante en cimentaciones superficiales.

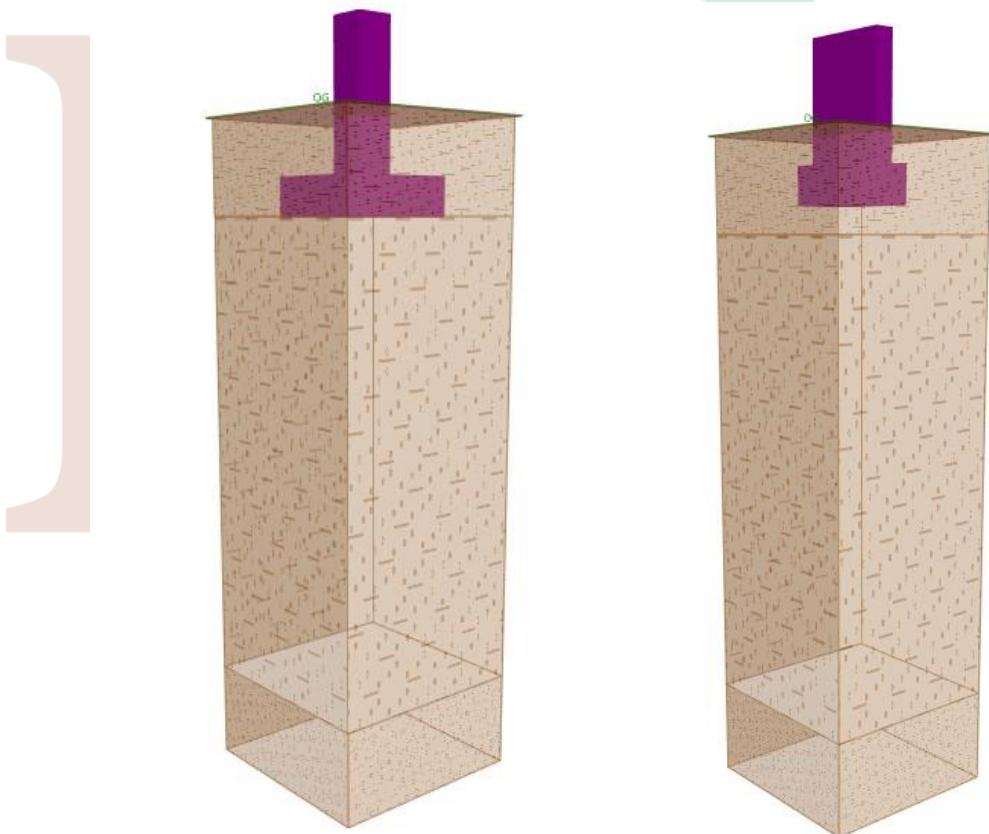


Tabla 22 Parámetros de la ARENA LIMOSA utilizados en el análisis de capacidad portante

Edit soil parameters

— Identification

Name : **Clayey sand (SC)**

Clayey sand (SC)

— Basic data

Unit weight : $\gamma =$ **17,50** [kN/m³] 18,5

Angle of internal friction : $\phi_{ef} =$ **32,00** [°] 26 - 28

Cohesion of soil : $c_{ef} =$ **0,50** [kPa] 4 - 12

— Settlement - oedometric modulus

Poisson's ratio : $\nu =$ **0,30** [-] 0,35

Type E_{oed} : **constant**

Settlement analysis : **insert Eoed**

Oedometric modulus : $E_{oed} =$ **20,00** [MPa] 6 - 19

— Uplift pressure

Calc. mode of uplift : **standard**

Saturated unit weight : $\gamma_{sat} =$ **18,50** [kN/m³]

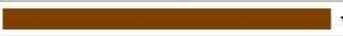
— Draw

Pattern category : **GEO**

Search :

Subcategory : **Soils (1 - 16)**

Pattern : 
11 Clayey sand

Color : 

Background : **automatic**

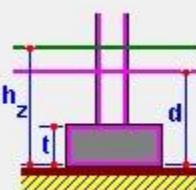
Saturation <10 - 90> : **50** [%]

Classify
Clear
OK + 
 OK
 Cancel

Tabla 23 Geometría excavación en el cálculo de la capacidad portante (Zapata Aislada-Zap. Corrida)

— Type of foundation

centric spread footing



— Dimensions

Depth from orig. ground surf. : $h_z =$ **0,70** [m]

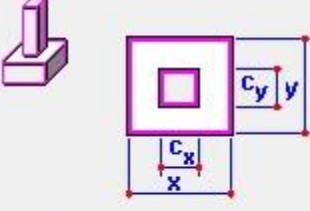
Depth of footing bottom : $d =$ **0,70** [m]

Foundation thickness : $t =$ **0,40** [m]

Incl. of finished grade : $s_1 =$ **0,00** [°]

Incl. of footing bottom : $s_2 =$ **0,00** [°]

— Type of foundation



Dimensions design

— Basic dimensions

Overall dimension : $x = 1,20$ [m]

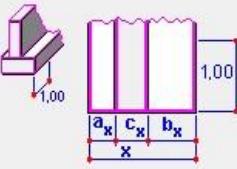
Overall dimension : $y = 1,20$ [m]

Column dimension : $c_x = 0,40$ [m]

Column dimension : $c_y = 0,40$ [m]

Spr. footing rotation : $\alpha = 0,00$ [°]

— Type of foundation



Dimensions design

— Basic dimensions

Overall dimension : $x = 0,60$ [m]

Overall dimension : $y = 1,00$ [m]

Column dimension : $c_x = 0,20$ [m]

Column dimension : $c_y = 1,00$ [m]

— Dimensions

$a_x = 0,200$ [m]

$b_x = 0,200$ [m]

Spread footing length = $10,25$ [m]

Tabla 24 Propiedades de los materiales de la cimentación utilizada

<p>Unit weight of str. : $\gamma = 23,00$ [kN/m³]</p> <p>— Concrete</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;"><input type="button" value="Catalog"/></td> <td style="width: 50%; padding: 2px;"><input type="button" value="User def."/></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px; text-align: center;">C 20/25</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"> $f_{ck} = 20,00$ MPa $f_{ctm} = 2,20$ MPa $E_{cm} = 30000,00$ MPa </td> </tr> </table>	<input type="button" value="Catalog"/>	<input type="button" value="User def."/>	C 20/25		$f_{ck} = 20,00$ MPa $f_{ctm} = 2,20$ MPa $E_{cm} = 30000,00$ MPa		<p>— Longitudinal reinforcement</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;"><input type="button" value="Catalog"/></td> <td style="width: 50%; padding: 2px;"><input type="button" value="User def."/></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px; text-align: center;">B500</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"> $f_{yk} = 500,00$ MPa </td> </tr> </table>	<input type="button" value="Catalog"/>	<input type="button" value="User def."/>	B500		$f_{yk} = 500,00$ MPa		<p>— Transverse reinforcement</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 2px;"><input type="button" value="Catalog"/></td> <td style="width: 50%; padding: 2px;"><input type="button" value="User def."/></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px; text-align: center;">B500</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="padding: 2px;"> $f_{yk} = 500,00$ MPa </td> </tr> </table>	<input type="button" value="Catalog"/>	<input type="button" value="User def."/>	B500		$f_{yk} = 500,00$ MPa	
<input type="button" value="Catalog"/>	<input type="button" value="User def."/>																			
C 20/25																				
$f_{ck} = 20,00$ MPa $f_{ctm} = 2,20$ MPa $E_{cm} = 30000,00$ MPa																				
<input type="button" value="Catalog"/>	<input type="button" value="User def."/>																			
B500																				
$f_{yk} = 500,00$ MPa																				
<input type="button" value="Catalog"/>	<input type="button" value="User def."/>																			
B500																				
$f_{yk} = 500,00$ MPa																				

Tabla 25 Carga de servicio utilizada, (300kN para Zapata Aislada, 100.00 kN para Zap. Corrida.)

Edit load

Name: Qadm - Cuadrada

Vertical force : $N = 300,00$ [kN]

Bending moment : $M_x = 0,00$ [kNm]

$M_y = 0,00$ [kNm]

Horizontal force : $H_x = 0,00$ [kN]

$H_y = 0,00$ [kN]

design service

Edit load

Name: Qadm - Corrida

Vertical force : $N = 100,00$ [kN/m]

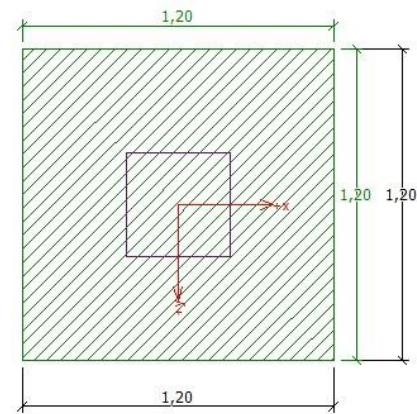
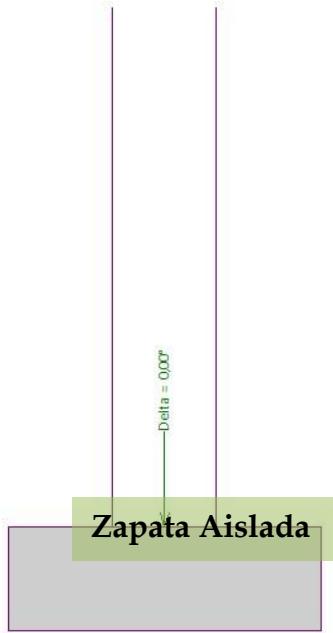
Bending moment : $M_x = 0,00$ [kNm/m]

$M_y = 0,00$ [kNm/m]

Horizontal force : $H_x = 0,00$ [kN/m]

$H_y = 0,00$ [kN/m]

design service



Zapata Corrida

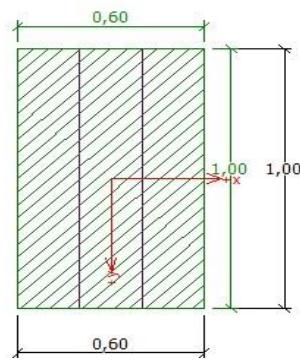
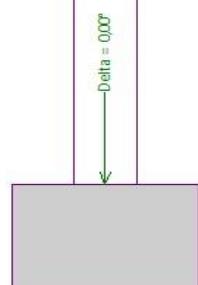
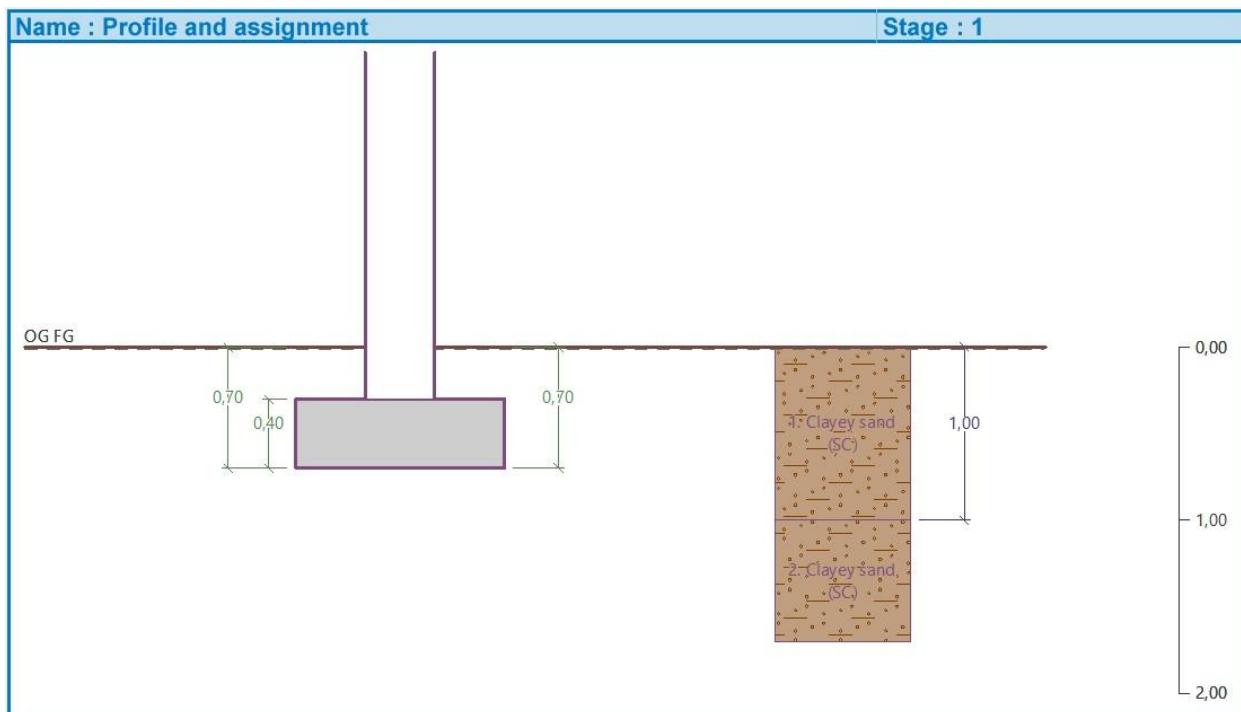


Fig. 28 Geometría de la cimentación



Verification of spread footing bearing capacity

Vertical bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle

Most unfavorable load case No. 1. (Qadm - Cuadrada)

Design bearing capacity of found.soil $R_d = 790,13 \text{ kPa}$
 Extreme contact stress $\sigma = 222,87 \text{ kPa}$

Factor of safety = $3,55 > 3,00$

Bearing capacity in the vertical direction is **SATISFACTORY**

Verification of load eccentricity

Max. eccentricity in direction of base length $e_x = 0,000 < 0,333$

Max. eccentricity in direction of base width $e_y = 0,000 < 0,333$

Max. overall eccentricity $e_t = 0,000 < 0,333$

Eccentricity of load is **SATISFACTORY**

Horizontal bearing capacity check

Most unfavorable load case No. 1. (Qadm - Cuadrada)

Horizontal bearing capacity $R_{dh} = 203,23 \text{ kN}$

Extreme horizontal force $H = 0,00 \text{ kN}$

Los cálculos a través del método de elemento finito dan como resultado para una cimentación de $1.20 \times 1.20 \text{ m}$, una capacidad portante de 790.13 kPa equivalentes a **7.90 kg/cm}^2**.

Verification of spread footing bearing capacity

Vertical bearing capacity check

Shape of contact stress : rectangle

Most unfavorable load case No. 1. (Qadm - Corrida)

Design bearing capacity of found. soil $R_d = 597,54 \text{ kPa}$

Extreme contact stress $\sigma = 179,87 \text{ kPa}$

Factor of safety = $3,32 > 3,00$

Bearing capacity in the vertical direction is **SATISFACTORY**

Verification of load eccentricity

Max. eccentricity in direction of base length $e_x = 0,000 < 0,333$

Max. eccentricity in direction of base width $e_y = 0,000 < 0,333$

Max. overall eccentricity $e_t = 0,000 < 0,333$

Eccentricity of load is **SATISFACTORY**

Horizontal bearing capacity check

Most unfavorable load case No. 1. (Qadm - Corrida)

Horizontal bearing capacity $R_{dh} = 69,62 \text{ kN}$

Extreme horizontal force $H = 0,00 \text{ kN}$

Los cálculos a través del método de elemento finito dan como resultado para una cimentación de $0.60 \times 1.00 \text{ m}$, una capacidad portante de 597.54 kPa equivalentes a **5.97 kg/cm}^2**.



X.5 DISIPACIÓN DE ESFUERZO EN PROFUNDIDAD

Un sistema de cimentación debe de ser capaz de transferir las cargas de la estructura al suelo, de modo que la presión o esfuerzo en las fundaciones sean entregadas y disipadas en el medio considerado, según el modelo propuesto por Boussinesq (1885), cuando se aplica una carga puntual sobre un medio elástico semi-infinito, es posible encontrar el valor del incremento del esfuerzo vertical en cualquier punto utilizando coordenadas cartesianas de localización. La expresión general se presenta a continuación:

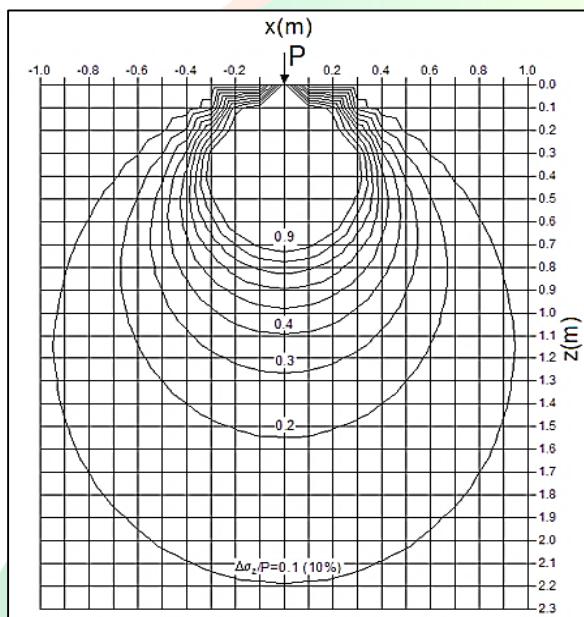


Fig. 29 Distribución de esfuerzos en el subsuelo debido a la aplicación de una carga puntual

Si realizamos un análisis a la teoría de Boussinesq sobre la distribución de esfuerzos y elaboramos un diagrama de incremento de esfuerzo vertical en el plano utilizando una carga P unitaria, obtenemos un esquema basado en los principios fundamentales de la elástica, el cual puede ser utilizado para cualquier valor de la carga P .

El esquema presentado anteriormente muestra el concepto de bulbo de presiones el cual consiste en una representación de la zona del terreno donde se producen los incrementos de cargas verticales más considerables bajo el efecto de una carga P aplicada, estas zonas están conformadas por isoboras o curvas que muestran valores desde un 90%

a un 10% de la carga aplicada en función a la profundidad, es decir que para los puntos más cercanos a la carga aplicada los esfuerzos toman valores muy altos.

A continuación, una representación gráfica de incremento de esfuerzo en función de la profundidad para zapatas cuadradas y continuas.

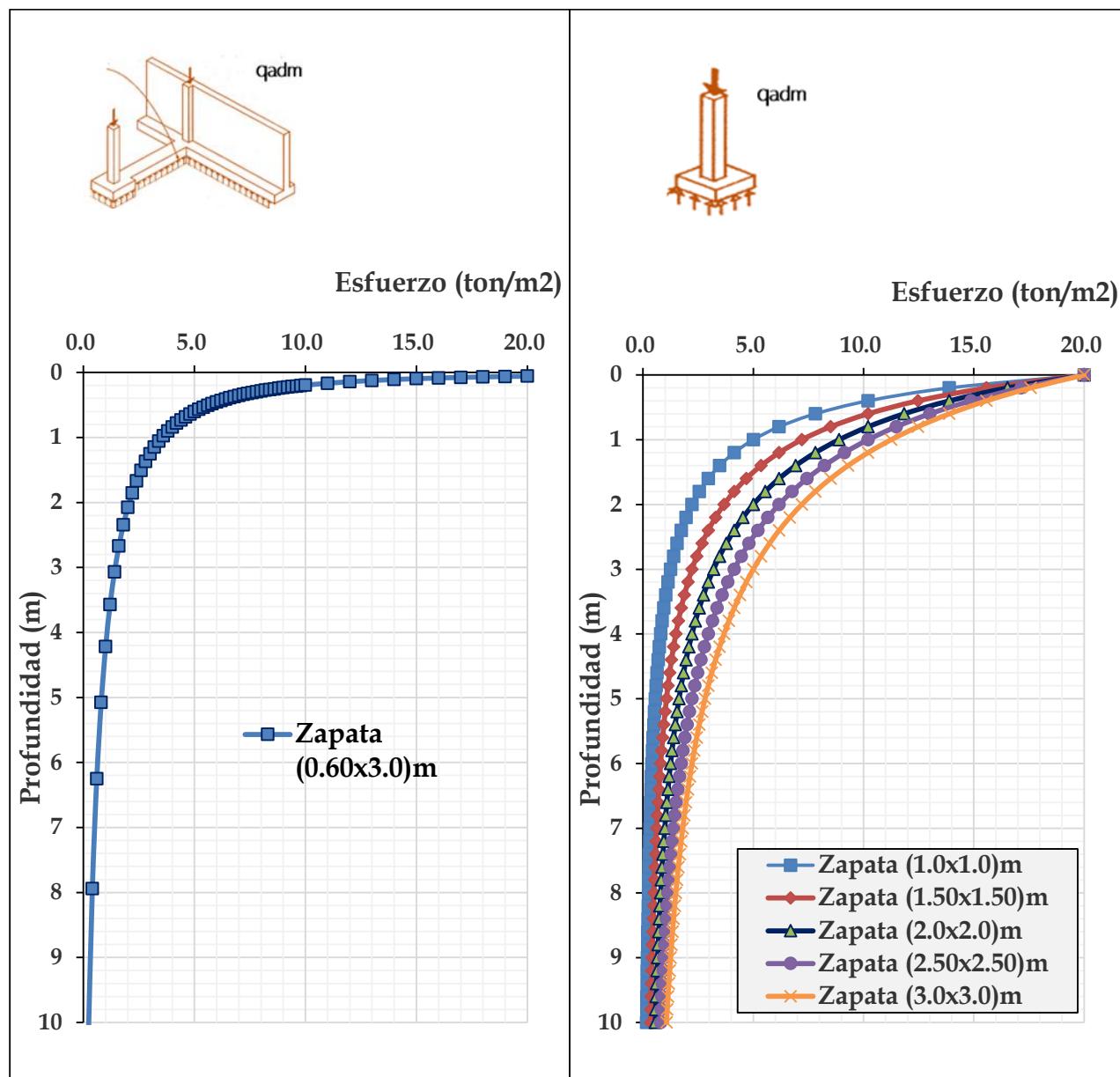


Fig. 30 Disipación de esfuerzo vs profundidad para zapatas cuadradas y corridas para el caso de estudio

En la Fig. 30 se observa que, bajo los esfuerzos recomendados, se produciría una disipación de más del 90% de esfuerzo a una profundidad de 4 metros por debajo del nivel de fundación.

XI. ASENTAMIENTOS (Se)¹

El cálculo de asentamiento elástico está fundamentado en la ecuación de libro de Fundamentos de Ingeniería y Cimentaciones de Braja M. Das, Séptima Edición, pág. 246, ec. 5.33.

$$Se = \frac{q_o(\alpha B')(1 - \mu_s^2)I_s I_f}{E_s}$$

Donde:

q_o = Presión neta aplicada sobre la cimentación

μ_s = Relación de Poisson del suelo

E_s = Módulo de elasticidad promedio del suelo debajo de la cimentación, medido desde $Z=0$ a aproximadamente $Z= 5B$

H = Espesor del estrato compresible

B' = $B/2$ para el centro de la cimentación

I_s = Factor de forma (Steinbrenner, 1934)

I_f = Factor de profundidad (Fox 1948)

$\alpha = 4$ en el centro de la cimentación

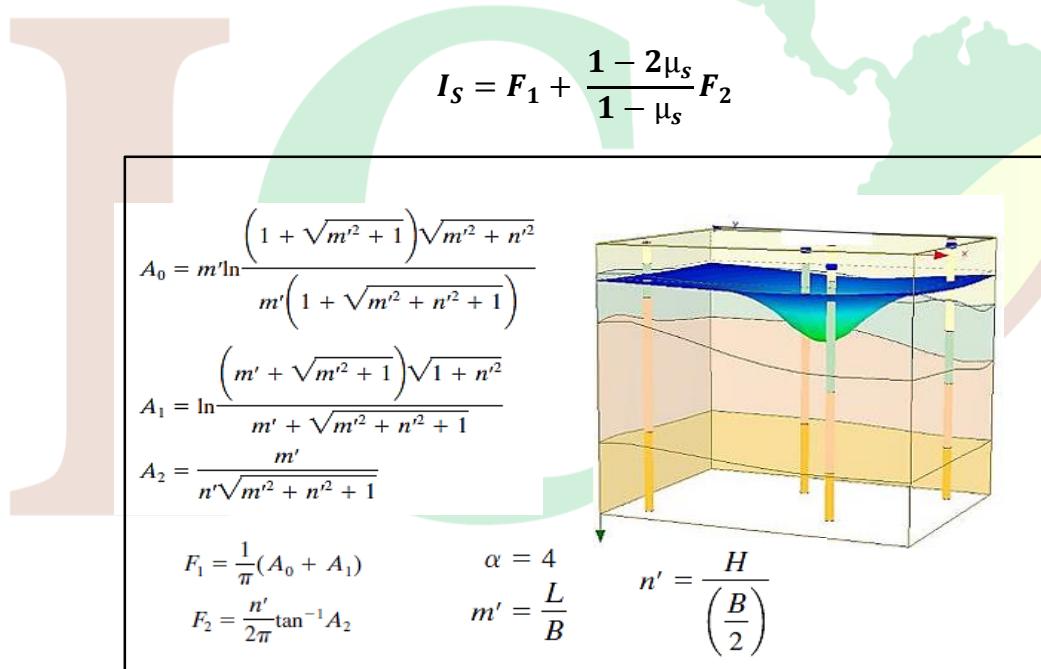


Fig. 31 Formulaciones para el cálculo de asentamientos según Braja M. Das

¹ Fundamentos de Ingeniería y Cimentaciones, Braja Das, 7ma Edición, pág. 246

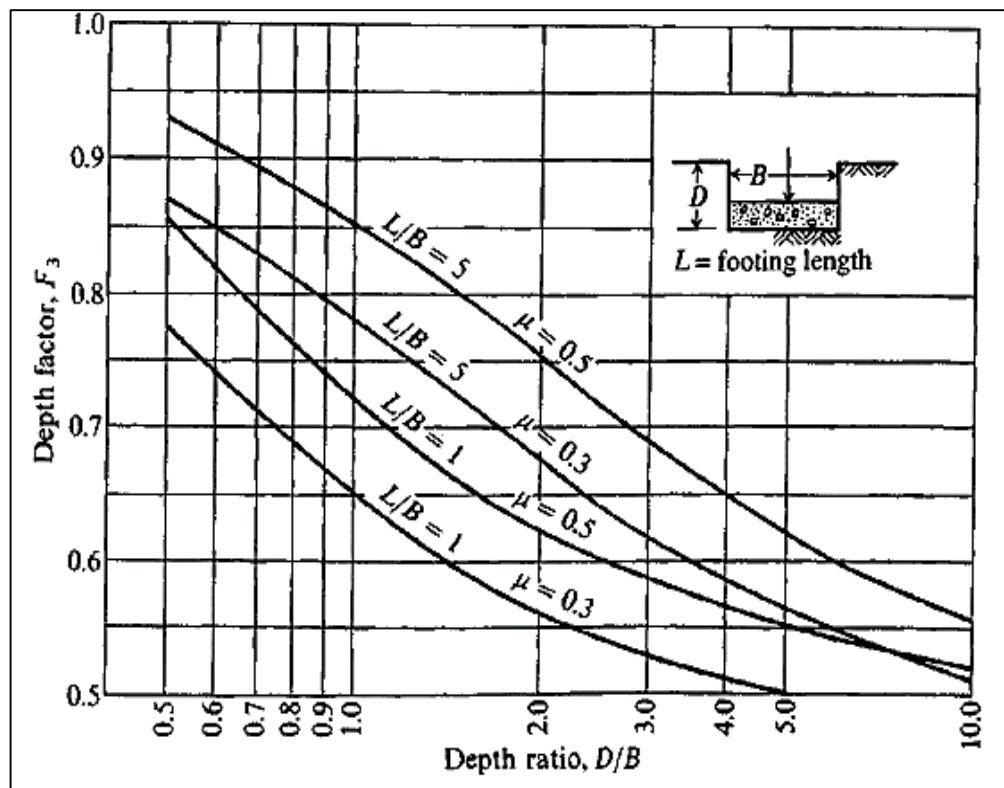


Fig. 32 Factor de influencia por profundidad (If, Fox 1948)

NOTA: el asentamiento elástico total para cada una de las cimentaciones, se realizará utilizando la suma de todos los asentamientos a ser experimentados por cada 0.45 metros de exploración, tomando en cuenta la disipación de los esfuerzos en profundidad, y la variación del módulo de elasticidad, calculado este último a través de la correlación del valor de N_{spt} correspondiente para cada 0.45 metros de suelo explorado con formulaciones plantadas en diversas bibliografías

Para los estratos de suelo que superan la profundidad de exploración, se asumirá un valor de modulo elástico correspondiente a un suelo de densidad mayor a la obtenida en los estratos en la profundidad máxima explorada.

El asentamiento del espesor compresible del suelo bajo la cimentación para la profundidad de fundación 1.00 m. Como espesor compresible se seleccionará un superior a los 4.00 metros de influencia de la carga por debajo del nivel de fundación, de forma que se estudie toda la profundidad a la que los esfuerzos aún son apreciables.

XI.1 DISIPACIÓN DEL ESFUERZO A PROFUNDIDADES DE ESTUDIO.

Los asentamientos elásticos serán calculados hasta una profundidad donde se observe una disipación de por lo menos el 90% del esfuerzo admisible del suelo. Disipación de los esfuerzos en tramos de 0.45 metros para obtener el valor del esfuerzo a dichas profundidades. Estos resultados también están relacionados con el tipo de cimentación y las dimensiones de las mismas. Utilizamos los valores correspondientes para Zapatas cuadradas de 1.50 x 1.50 metros y los correspondientes a Zapatas corridas de 0.60 x 3.00 metros.

Tabla 26 Disipación de esfuerzos en profundidad esperados para cada tipo de cimentación.

Prof.	H	Zapatas Continuas		Zapatas Cuadradas							
		Incremento Esfuerzo Vs Profundidad		Incremento Esfuerzo Vs Profundidad							
		0,60 m	0,40 m	1,00 m	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m			
		Ton/m ²									
0,70 m	0,00 m	18,00	18,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00		
1,35 m	0,65 m	7,10	6,44	7,35	9,73	11,39	12,60	13,51			
1,80 m	1,10 m	4,65	4,32	4,54	6,66	8,32	9,65	10,71			
2,25 m	1,55 m	3,31	3,20	3,08	4,84	6,35	7,62	8,69			
2,70 m	2,00 m	2,49	2,50	2,22	3,67	5,00	6,17	7,20			
3,15 m	2,45 m	1,95	2,03	1,68	2,88	4,04	5,10	6,06			
3,60 m	2,90 m	1,57	1,69	1,31	2,32	3,33	4,29	5,17			
4,05 m	3,35 m	1,29	1,44	1,06	1,91	2,80	3,65	4,46			
4,50 m	3,80 m	1,08	1,24	0,87	1,60	2,38	3,15	3,89			
4,95 m	4,25 m	0,92	1,09	0,73	1,36	2,05	2,74	3,42			
5,40 m	4,70 m	0,79	0,96	0,62	1,17	1,78	2,41	3,04			

XI.2 ESTIMACIÓN DE MODULO DE ELÁSTICIDAD Y MODULO DE POISSON

Dada la variación de densidad en profundidad observada en los ensayos de campo, donde se observan valores diversos, desde estratos de suelos sueltos a estratos de suelos muy densos, para estratigrafías compuestas de un mismo tipo de suelo, pero con densidades distintas, se hace necesario descomponer estos estratos y asignarles valores de Modulo de elasticidad acordes con su densidad, para no incurrir en un cálculo de respuesta mecánica sobre conservador.

Existen diversos trabajos de investigación que correlacionan el valor de N_{spt} obtenido en campo con el valor del módulo de elasticidad dependiendo del tipo de suelo explorado. Utilizando las formulaciones correspondientes al tipo de suelo que constituye la estratigrafía de este proyecto, se han calculado los valores de módulo de elasticidad para cada 0.45 metros de exploración.

Tabla 27 Correlaciones N_{spt} - E_s por diferentes autores

Correlaciones de N_{spt} con el Modulo de Elasticidad			
	Correlación	Autor	Tipo de Suelo
E_s (Mpa)	$7\sqrt{N_{spt}}$	Denver (1982)	Todos los Suelos
E_s (Mpa)	$S1*N_{spt} + S2$		Todos los Suelos
E_s (Kg/cm ²)	$10 * [7.5 * (0.5+N_{spt})]$	Bowles (1988)	Arenas
E_s (Mpa)	$2.22*N_{spt}^{0.888}$	Wrench y Nowatzki (1986)	Gravas
E_s (Kg/cm ²)	$NSPT > 15: E_s = 40 + [12 (NSPT - 6)]$	Beguemann (1974)	Gravas y Arenas
	$NSPT < 15: E_s = 12 (NSPT + 6)$		
E_s (Kg/cm ²)	$5*N_{spt}$	Meigh y Nixon (1961)	Limos y Suelos Arcillosos
E_s (Kg/cm ²)	$8*N_{spt}$		Arenas finas por encima del NF
E_s (Kg/cm ²)	$215 * (10.60 * N_{spt})$	D'Appolonia et al. 1970	Arenas y Gravas Normalmente consolidadas
E_s (Kg/cm ²)	$540 * (13.50 * N_{spt})$		Arenas Sobreconsolidadas
E_s (Kg/cm ²)	$5 * (N_{spt} + 15)$	Webb (1974)	Arenas finas por encima del NF
E_s (Kg/cm ²)	$3.3 * (N_{spt} + 15)$		Arenas Arcillosas
E_s (Kg/cm ²)	$4 * (N_{spt} + 12)$		Casos Intermedios

Considerando el tipo de suelo de la estratigrafía como ARENA LIMOSA (SM), las siguientes formulaciones son aplicables para la estimación del módulo de elasticidad:

Denver (1982)

- $E_s = 7\sqrt{N_{spt}}$ (Mpa)

Bowles (1988)

- $10 * [7.5 * (0.5+N_{spt})]$ (Kg/cm²)

Beguemann (1974)

- $NSPT > 15: E_s = 40 + [12 (NSPT - 6)]$
- $NSPT < 15: E_s = 12 (NSPT + 6)$

Meigh y Nixon (1961)

- $E_s = 8*N_{spt}$ (Kg/cm²)

Webb (1974)

- $5 * (N_{spt} + 15)$ (Kg/cm²)

Los valores obtenidos de las correlaciones serán comparados y corregidos con los valores plateados para el ensayo de la ASTM INTERNATIONAL. Estándar Test Method for Estándar Penetration Test (SPT) and Splid-Barrel Sampling of Soils: ASTM D 1586, New York: ASTM, 1996, y por valores orientativos planteados en otras bibliografías.

Relación de Valores para los Parámetros de Resistencia						
CONSISTENCIA (Suelos Cohesivos)	Nspt		qu (kg/cm ²)		E (Kg/cm ²)	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Muy Blanda	0	2	0	0,25		3
Blanda	2	4	0,25	0,50		30
Mediana	4	8	0,50	1,00	45	90
Compacta	8	15	1,00	2,00	90	200
Muy Compacta	15	30	2,00	4,00		200
Dura	> 30		> 4,00		200	

ASTM INTERNATIONAL. Estándar Test Method for Estándar Penetration Test (SPT) and Splid-Barrel Sampling of Soils: ASTM D 1586, New York: ASTM, 1996, pag. 4

Tabla 28 Estimación Valores de Es

ESTIMACION DE MODULO DE ELASTICIDAD							
Prof.	Material	Nspt		E _s Denver (1982)	E _s Bowles (1988)	E _s Beguemann (1974)	E _s Webb (1974)
0,00 m	ARENA LIMOSA CON GRAVA (SM)	Nspt	Corr				
0,70 m		12	13,06	253 Kg/cm ²	102 Kg/cm ²	229 Kg/cm ²	140 Kg/cm ²
1,35 m		28	30,46	386 Kg/cm ²	232 Kg/cm ²	334 Kg/cm ²	227 Kg/cm ²
1,80 m		32	34,82	413 Kg/cm ²	265 Kg/cm ²	386 Kg/cm ²	249 Kg/cm ²
2,25 m		71	73,04	598 Kg/cm ²	552 Kg/cm ²	845 Kg/cm ²	440 Kg/cm ²
2,70 m		41	38,45	434 Kg/cm ²	292 Kg/cm ²	429 Kg/cm ²	267 Kg/cm ²
3,15 m		43	37,29	427 Kg/cm ²	283 Kg/cm ²	416 Kg/cm ²	261 Kg/cm ²
3,60 m		84	68,10	578 Kg/cm ²	514 Kg/cm ²	785 Kg/cm ²	415 Kg/cm ²
4,05 m		90	68,75	580 Kg/cm ²	519 Kg/cm ²	793 Kg/cm ²	419 Kg/cm ²
4,50 m		100	72,43	596 Kg/cm ²	547 Kg/cm ²	837 Kg/cm ²	437 Kg/cm ²
4,95 m		100	69,03	582 Kg/cm ²	521 Kg/cm ²	796 Kg/cm ²	420 Kg/cm ²
5,40 m		89	58,80	537 Kg/cm ²	445 Kg/cm ²	674 Kg/cm ²	369 Kg/cm ²

NOTA: LOS VALORES DE NSPT UTILIZADO EN LA ESTIMACION DEL MODULO DE ELASTICIDAD CORRESPONDEN AL SONDEO 01, EN VISTA DE QUE LA ESTRATIGRAFIA DEL MISMO CONSTITUYE LA CONDICION MAS DESFAVORABLE.

XI.3 CALCULO DE ASENTAMIENTOS

Para cada 45 cm de espesor se calculará el asentamiento con los valores de esfuerzos correspondientes a su profundidad y un Módulo de Elasticidad que depende de los valores de Nspt arrojados por dicha tirada y del material determinado en la granulometría.

$$Se = qo(\alpha B') \frac{1 - \mu_s^2}{E_s} I_s If$$

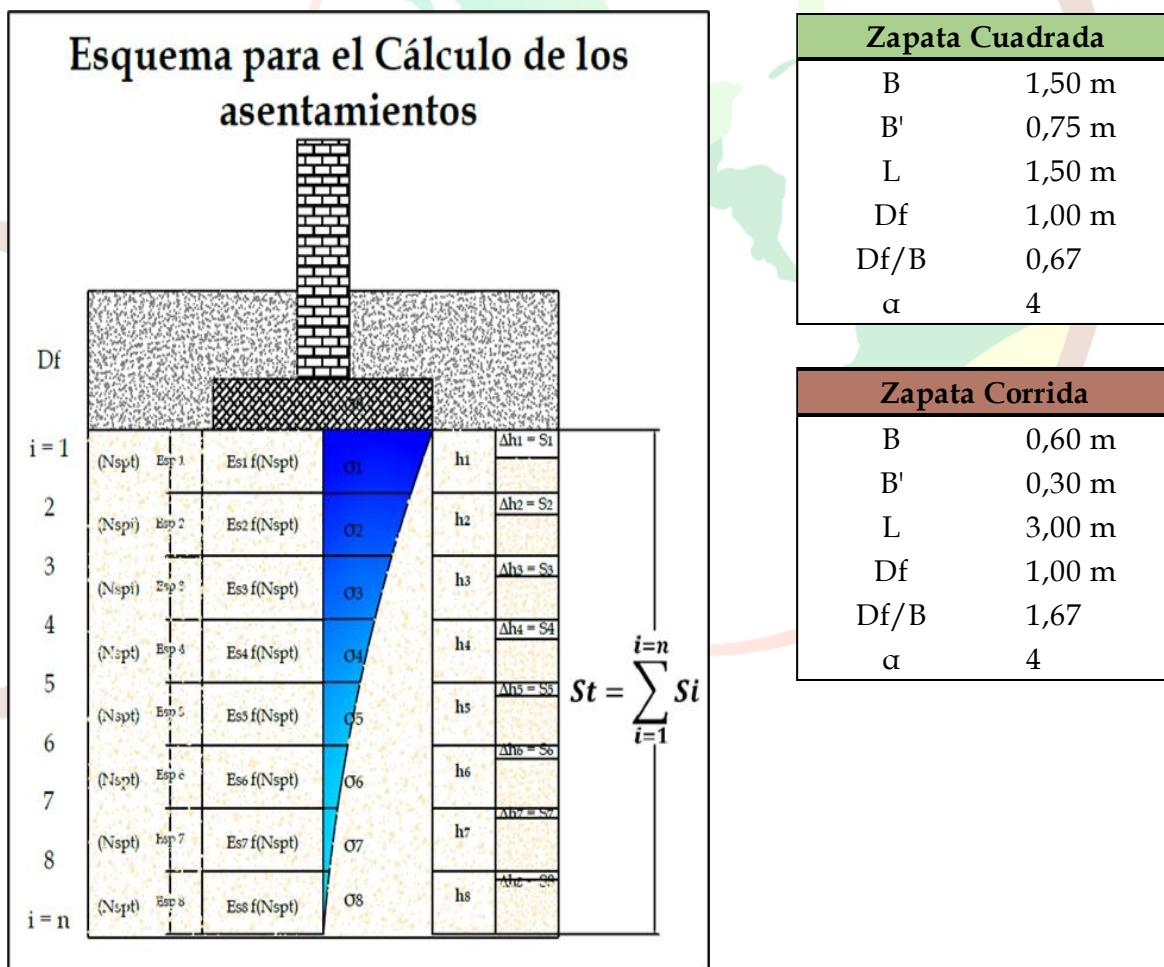


Fig. 33 Esquema cálculo de asentamientos elásticos

Tabla 29 Cálculo de asentamiento para sistema suelo - cimentación cuadrada

Asentamiento Elástico - Zapata Aislada - 1,50 m x 1,50 m - IG_187_22 - IG_205_22 - Funeraria Hatillo									
Prof.	Esp.	Material	Nspt	q0	μ_s	IS	If	Es	Se (m)
ARENA LIMOSA CON GRAVA (SM)	0,70 m		0,3	0,74	Df	Df	Df	Df	
								180,89 Kg/cm ²	0,0040 m
								294,87 Kg/cm ²	0,0011 m
								328,19 Kg/cm ²	0,0005 m
								608,65 Kg/cm ²	0,0002 m
								355,70 Kg/cm ²	0,0002 m
								346,99 Kg/cm ²	0,0002 m
								573,19 Kg/cm ²	0,0001 m
								577,86 Kg/cm ²	0,0001 m
								604,26 Kg/cm ²	0,0001 m
								579,92 Kg/cm ²	0,0001 m
								506,06 Kg/cm ²	0,0001 m
								Σ	0,645 cm
								< 5,00 cm, Cumple!	

Tabla 30 Cálculo de asentamiento para sistema suelo - cimentación corrida

Asentamiento Elástico - Zapata Corrida- 0,60 m x 3,00 m - IG_205_22 - Funeraria Hatillo									
Prof.	Esp.	Material	Nspt	q0	μ_s	IS	If	Es	Se (m)
ARENA LIMOSA CON GRAVA (SM)	0,70 m		0,3	0,72	Df	Df	Df	Df	
								180,89 Kg/cm ²	0,0021 m
								294,87 Kg/cm ²	0,0005 m
								328,19 Kg/cm ²	0,0003 m
								608,65 Kg/cm ²	0,0001 m
								355,70 Kg/cm ²	0,0001 m
								346,99 Kg/cm ²	0,0001 m
								573,19 Kg/cm ²	0,0000 m
								577,86 Kg/cm ²	0,0000 m
								604,26 Kg/cm ²	0,0000 m
								579,92 Kg/cm ²	0,0000 m
								506,06 Kg/cm ²	0,0000 m
								Σ	0,339 cm
								< 2,54 cm, Cumple!	

XII. ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACIÓN

Los asentamientos por consolidación se producen a lo largo tiempo cuando la permeabilidad del subsuelo es muy baja y se encuentran en un estado no drenado en suelos cohesivos. En vista de la ausencia tanto de suelos cohesivos saturados en los sondeos realizados hasta profundidades de 4.50 metros, el fenómeno de consolidación no

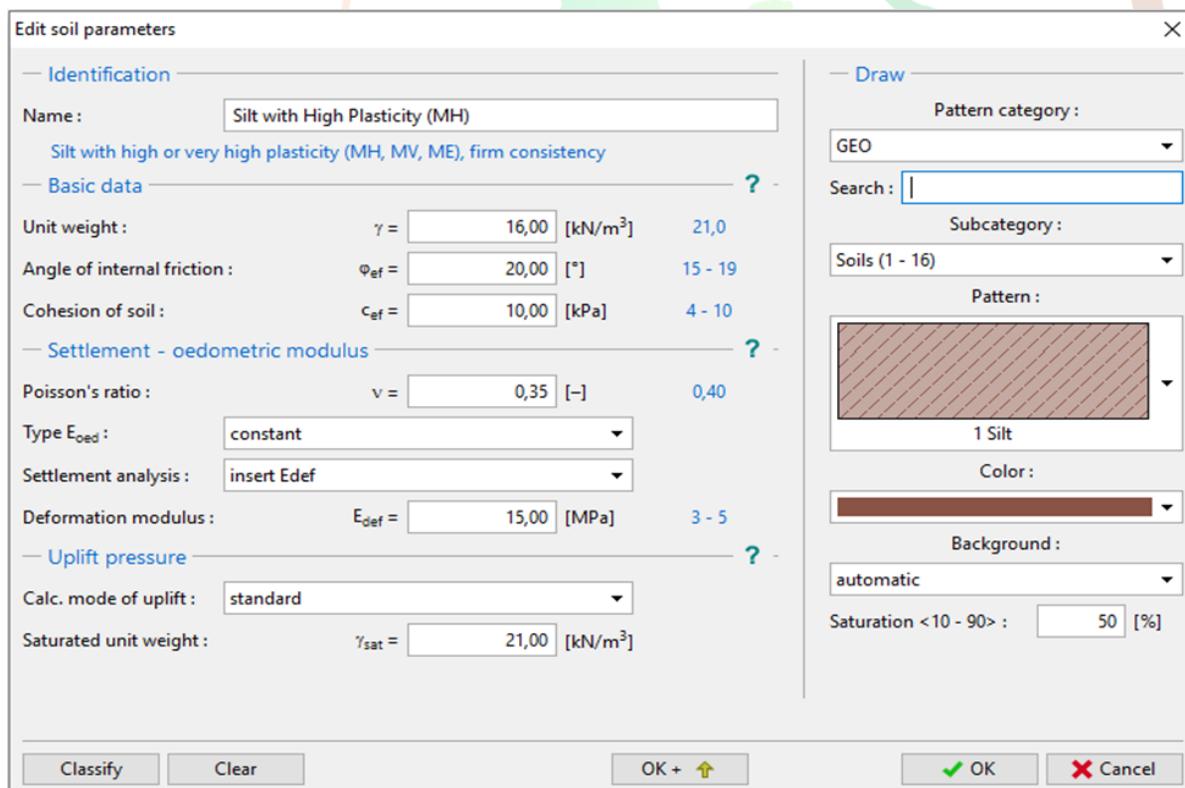
se estaría presentando en el suelo del terreno estudiado, por lo que los asentamientos que se producen son instantáneos o inmediato, transcurriendo durante la etapa de construcción del proyecto

XIII. VERIFICACIÓN DE LOS ASENTAMIENTOS USANDO SOFTWARE DE CALCULO DE ASIENTOS

El software empleado para la determinación del asentamiento vertical y consolidación en función del tiempo de suelos bajo terraplenes, cimentaciones, presas de tierra y cargas superficiales (sobrecargas) considera diferentes teorías de diseño de asientos como Janbu, Buismann, terreno blando, usando los índices y coeficientes de compresión, asentamientos secundarios según Ladd.

Los resultados del análisis son los siguientes:

Tabla 31 Parámetros de Entrada para análisis de asentamientos



The screenshot shows a software window titled 'Edit soil parameters'. The left panel contains input fields for soil properties:

- Identification:** Name: Silt with High Plasticity (MH)
- Basic data:** Unit weight: $\gamma = 16,00$ [kN/m³], Angle of internal friction: $\phi_{ef} = 20,00$ [°], Cohesion of soil: $c_{ef} = 10,00$ [kPa]
- Settlement - oedometric modulus:** Poisson's ratio: $\nu = 0,35$ [-], Deformation modulus: $E_{def} = 15,00$ [MPa]
- Uplift pressure:** Calc. mode of uplift: standard, Saturated unit weight: $\gamma_{sat} = 21,00$ [kN/m³]

The right panel, titled 'Draw', includes:

- Pattern category:** GEO
- Search:** [Search bar]
- Subcategory:** Soils (1 - 16)
- Pattern:** A red square with diagonal hatching labeled '1 Silt'.
- Color:** A color swatch.
- Background:** automatic
- Saturation <10 - 90>:** 50 [%]

At the bottom are buttons: Classify, Clear, OK + ,  OK, and  Cancel.

A. ZAPATA AISLADA

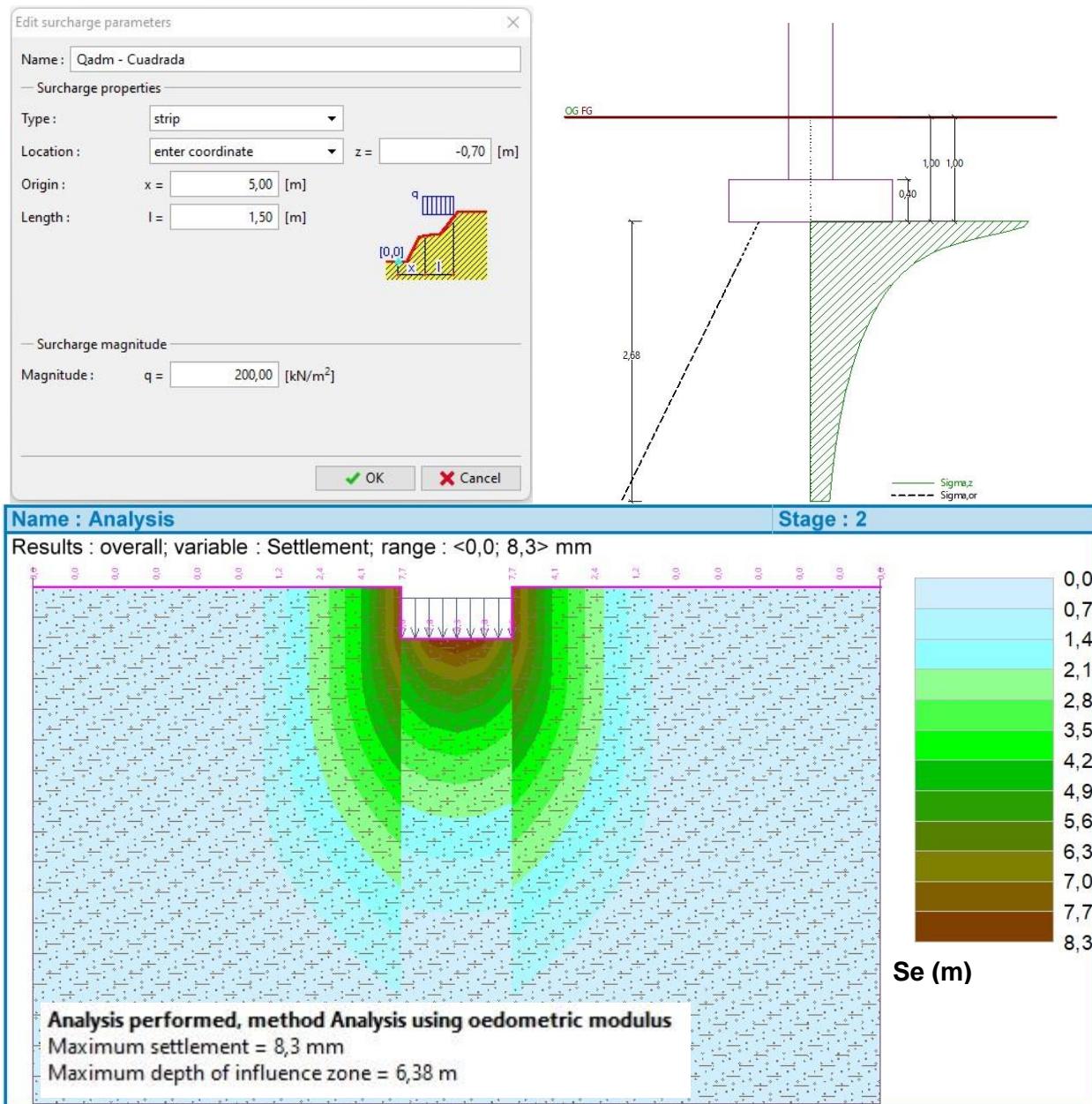


Fig. 34 Diagrama de asientos esperados bajo carga de zapata aislada

Los resultados arrojados por el software de asientos estiman un asentamiento elástico de 0.830 cm en el suelo cuando se encuentra sometido a la influencia de un esfuerzo de 2.00 kg/cm² a través de una zapata de 1.20mx1.20m, asientos calculados hasta una profundidad de 6.38 metros.

B. ZAPATA CORRIDA

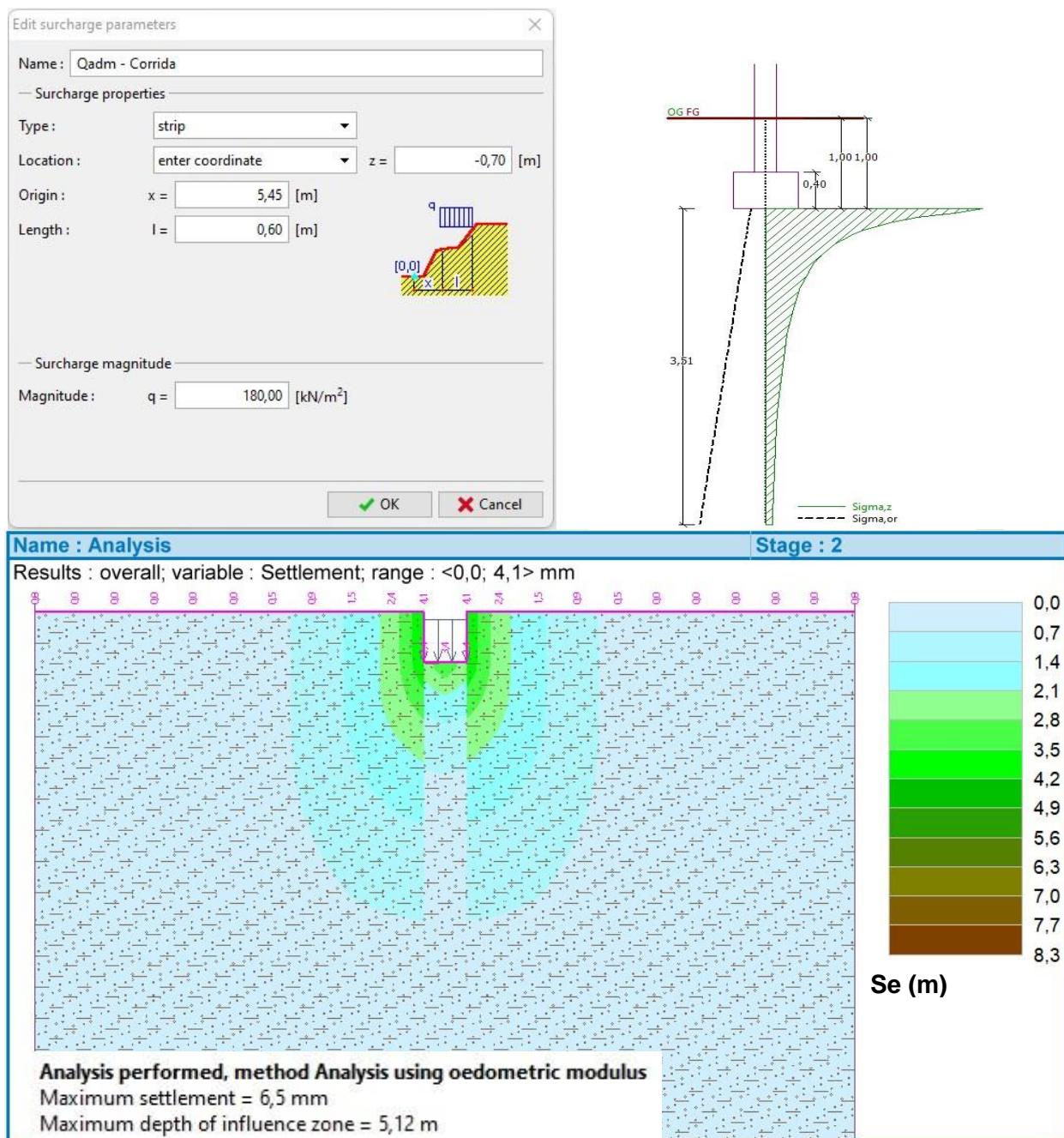


Fig. 35 Diagrama de asientos esperados bajo carga en losa de cimentación

Los resultados arrojados por el software de asientos estiman un asentamiento elástico de 0.650 cm en el suelo cuando se encuentra sometido a la influencia de un esfuerzo de 1.80 kg/cm² a través de una zapata de 0.60mx3.00m, asientos calculados hasta una profundidad de 5.12 metros.

XIV. VARIACIÓN DE CAPACIDAD PORTANTE POR ASENTAMIENTOS MÁXIMOS ESPERADOS

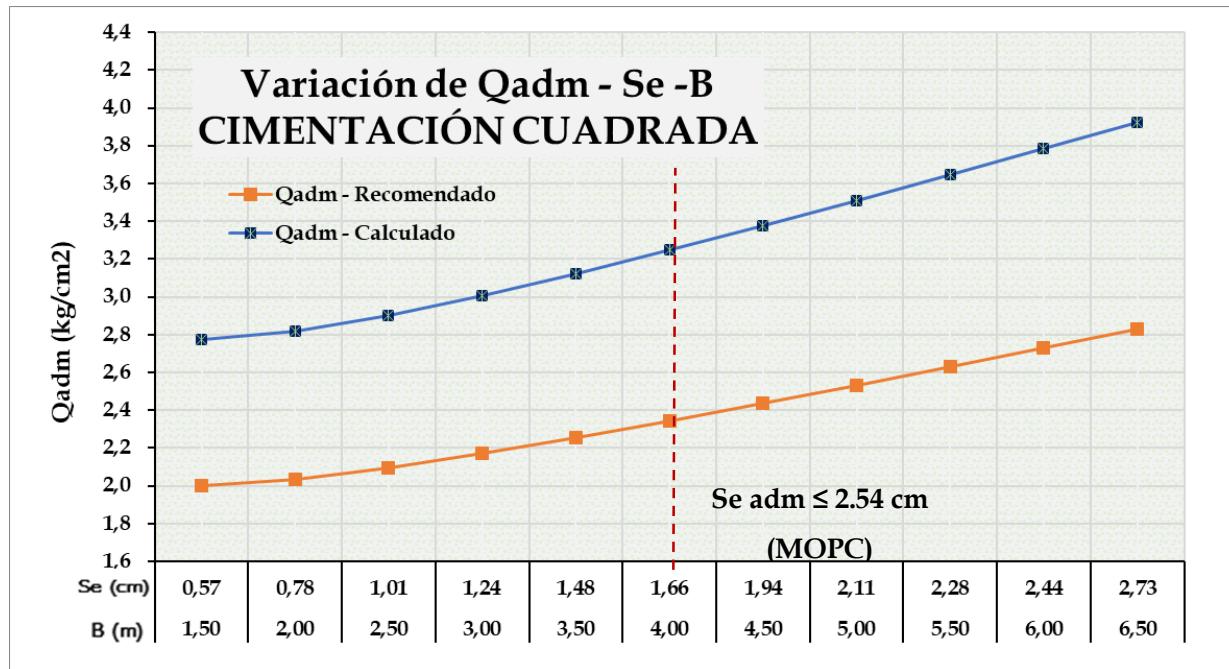


Fig. 36 Variación Qadm - Se (asentamientos esperados) - B (ancho de zapata cuadrada) bajo las siguientes condiciones: Esfuerzo Calculado (azul) y, Esfuerzo Recomendado (naranja)

En la mayoría de los casos es necesario ajustar los valores obtenidos para el tipo de suelo que se correlaciona en el análisis de la capacidad de soporte del terreno, con los valores de asentamientos esperados, con las patologías encontradas en el suelo existente, bajo esta consideración, los estratos de ARENA LIMOSA (SM) presentes en la estratigrafía, añade al análisis un factor de reducción que es considerado además para la evaluación de los diferentes sistemas suelo - cimentación, y que recomiendan para una zapata cuadrada de dimensiones 1.50 m x 1.50 m utilizar un Qadm = 2.00 Kg/cm².

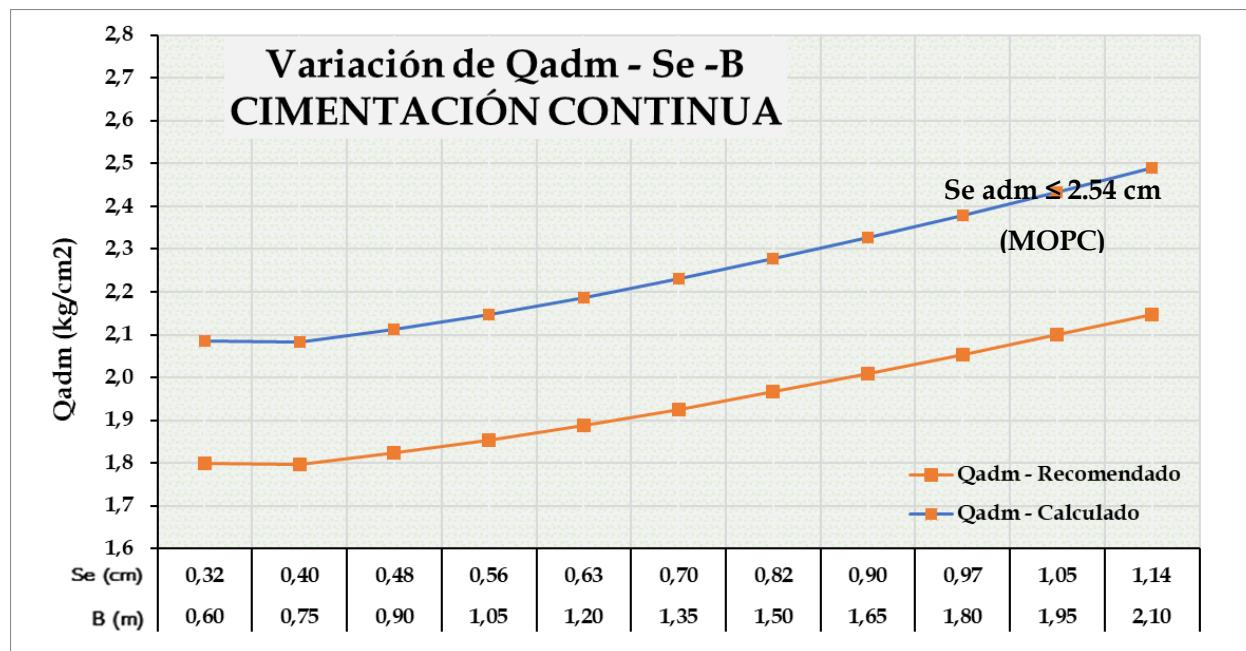


Fig. 37 Variación Qadm - Se (asentamientos esperados) - B (ancho de zapata cuadrada) bajo las siguientes condiciones: Esfuerzo Calculado (azul) y, Esfuerzo Recomendado (naranja)

Al igual que en el caso de zapatas cuadradas, los valores de capacidad de soporte obtenidos se ajustan y recomiendan para una zapata corridas de dimensiones 0.60 m x 3.00 m se recomienda utilizar un Qadm = 1.80 Kg/cm².

XV. ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES (Δp)

Los asentamientos diferenciales como presenta la Fig. 38 es el caso en que la estructura tiene asentamientos distintos de un punto a otro y cambia la magnitud y la distribución de los esfuerzos con el que fue diseñado la estructura inicialmente. El asentamiento diferencial (Δp) entre zapatas se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta p = S_{e_{máx}} - S_{e_{mín}}$$

Donde:

Δp = asentamiento diferencial

$S_{e_{máx}}$ = asentamiento máximo

$S_{e_{mín}}$ =asentamiento mínimo

Los asentamientos diferenciales entre apoyos se limitarán a $\Delta\rho = 6$ milímetros según el Reglamento para Estudios Geotécnicos en Edificaciones R-024 de la Dirección General de Reglamentos y Sistemas del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones.

Para el cálculo de los asentamientos diferenciales ($\Delta\rho$) del proyecto se determinará la diferencia de cargas máximas y mínimas admisible entre zapatas que permitan a la estructura mantenerse dentro del rango establecido por el MOPC, por lo tanto, una carga máxima se determinará en función de la capacidad de soporte admisible y se evaluarán los asentamientos producidos bajo estas cargas. La determinación de esfuerzos para P_{\min} y P_{\max} fue realizada en zapatas cuadradas de $(1.00 \times 1.00) \text{ m}^2$.

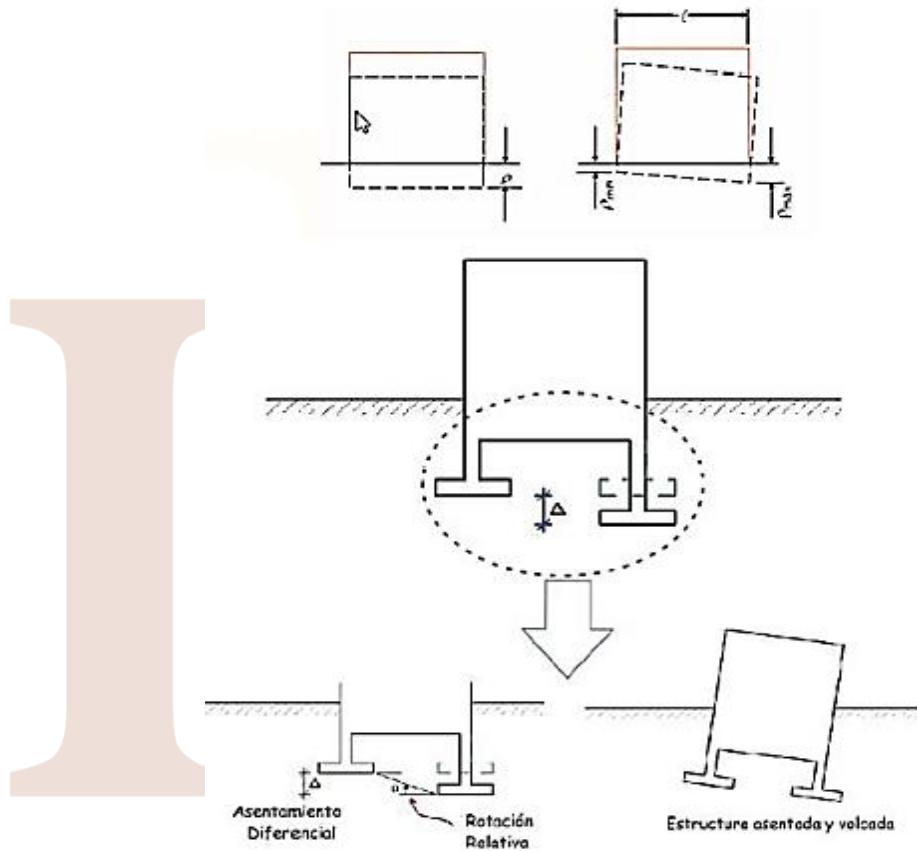


Fig. 38 Asentamientos diferenciales y distorsión angular en una estructura

Determinación de la Distorsión Angular

Se determinará la distorsión angular (δ) entre dos zapatas aisladas vecinas con la relación del asentamiento diferencial y la distancia de los ejes de estas que se presenta a continuación:

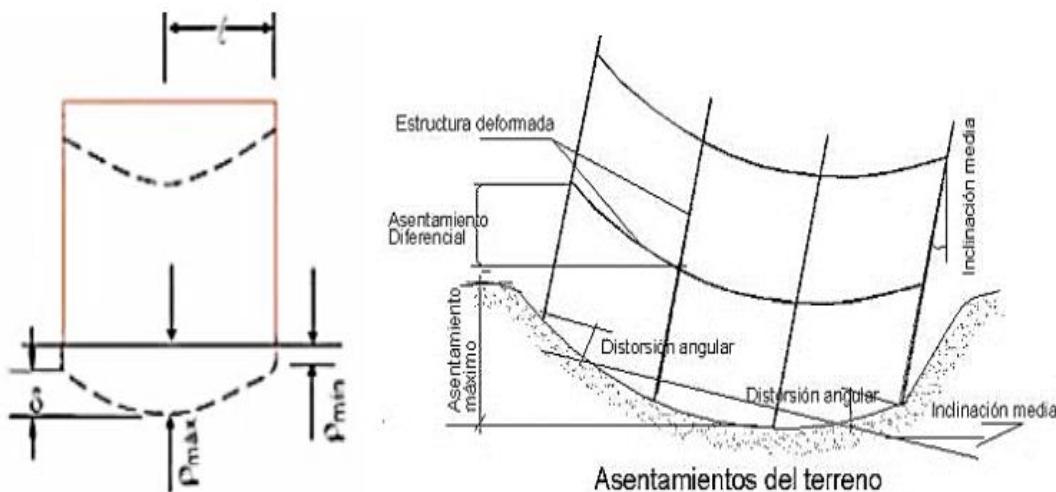


Fig. 39 Asentamientos producidos en un terreno

La distorsión angular máxima aceptable tendrá un valor de $\delta=1/500 = 0.002$ que es el límite de seguridad para edificios en los que no son admisibles grietas como muestra la Fig. 40:

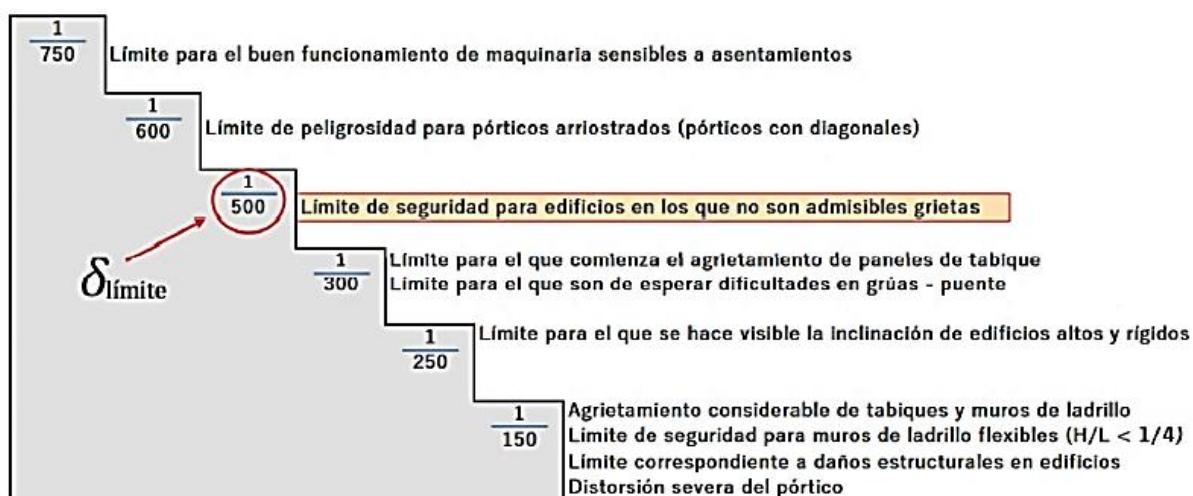


Fig. 40 Límites aceptables distorsión angular (δ)

Tabla 32 Asentamiento diferencial y distorsión angular en zapatas aisladas

ASENTAMIENTO DIFERENCIAL - CUADRADA			DISTORSIÓN ANGULAR		
q_{max}	2,00 Kg/cm ²	$\Delta q = q_{max} - \left[\frac{\Delta \rho E_s}{\alpha B'(1 - \mu_s^2) I_s I_f} \right]$	$\delta = \frac{\Delta \rho}{l}$		
B	150,00 cm				
B'	75,00 cm				
L	150,0 cm				
E_s	300,0 Kg/cm ²				
μ_s	0,3				
F1	0,46701				
F2	0,02335				
A0	0,73357				
A1	0,73357				
A2	0,02201				
m'	1				
n'	6,6667				
α	4				
α	1				
H	500,00 cm				
I_s	0,48				
If	0,74				
Se Máx	0,830 cm				
Se Mín	0,230 cm				
Δr	< 6 mm				
Pmax 45,00 ton			d (mm) < 0,002		
ΔP 43,40 ton			L min 3,00 m		
Pmin 1,60 ton			d project 0,002 R-024		
Δr < 6 mm			L project 3000,0 mm		
La diferencia entre cargas para zapatas cuadradas no deberá ser superior a ΔP, ni superior a P_{max} para cumplir con el asentamiento diferencial máximo permitido por el R-024 del MOPC.			Para que no se produzcan distorsiones angulares mayor a lo permitido por el MOPC, considerando el asentamiento máximo permitido, la longitud mínima de separación entre zapatas aisladas no deberá ser menor a L min = 3,00 m		

Mediante el cálculo de los asentamientos diferenciales entre zapatas aisladas, tomando un $Q_{max} = Q_{adm} = 2.00 \text{ Kg/cm}^2$, para zapatas cuadradas de geometría (1.50m x 1.50m), se tiene que para una carga máxima sobre una de las zapatas de $P_{max} = 45.00 \text{ Ton}$ se requiere una carga mínima en la otra zapata de $P_{min} = 1.60 \text{ Ton}$ y una Longitud mínima entre las cimentaciones de $L_{min} = 3.00 \text{ m}$ para evitar que los valores de distorsión angular superen los establecidos por la norma ($\delta = 0.002$).

Tabla 33 Asentamiento diferencial y distorsión angular entre zapatas combinadas

ASENTAMIENTO DIFERENCIAL - COMBINADA		DISTORSIÓN ANGULAR	
q_{max}	1,80 Kg/cm ²	$\Delta q = q_{max} - \left[\frac{\Delta \rho E_s}{\alpha B' (1 - \mu_s^2) I_s I_f} \right]$	$\delta = \frac{\Delta \rho}{l}$
B	60,00 cm	P_{max}	32,40 ton
B'	30,00 cm		
L	300,0 cm		
E _s	300,0 Kg/cm ²		
μ_s	0,3 Kg/cm ²		
F ₁	0,86693		
F ₂	0,04565		
A ₀	0,70626		
A ₁	2,01728		
A ₂	0,01721		
m'	5		
n'	16,6667	P_{min}	0,38 ton
α	4		
α	1		
H	500,00 cm		
I _s	0,89		
I _f	0,72		
Se Máx	0,650 cm	La diferencia entre cargas para zapatas cuadradas no deberá ser superior a ΔP , ni superior a P_{max} para cumplir con el asentamiento diferencial máximo permitido por el R-024 del MOPC.	
Se Mín	0,050 cm		
Δr	< 6 mm		
			Para que no se produzcan distorsiones angulares mayor a lo permitido por el MOPC, considerando el asentamiento máximo permitido, la longitud mínima de separación entre zapatas aisladas no deberá ser menor a
			$L_{min} = 3,00 \text{ m}$

Mediante el cálculo de los asentamientos diferenciales entre zapatas combinadas, tomando un $Q_{max} = Q_{adm} = 1.80 \text{ Kg/cm}^2$, para zapatas combinadas de geometría (0.60m x 3.00m), se tiene que para una carga máxima sobre una de las zapatas de $P_{max} = 32.40 \text{ Ton}$ se requiere una carga mínima la otra zapata de $P_{min} = 0.38 \text{ Ton}$ y una Longitud mínima entre las cimentaciones de $L_{min} = 3.00 \text{ m}$ para evitar que los valores de distorsión angular superen los establecidos por la norma ($\delta = 0.002$).

XVI. CLASIFICACIÓN DE SITIO (VELOCIDAD DE ONDA SÍSMICA)

La Velocidad de onda (Vs) fue determinada a través de la clasificación del tipo de suelo, en el caso que nos ocupa el suelo granulares utilizado para fundación presenta un “Nspt” entre 09 y 100 golpes hasta profundidades de 5.40 metros.

Utilizando formulaciones de ensayos experimentales detallados en la bibliografía consultada, en las que se correlaciona el valor de la velocidad de onda de corte y el valor de Nspt obtenido en campo, y utilizando los valores de los sondeos (Sondeos S01, S02 y 04), se han generado tablas y graficas que muestran las condiciones del terreno ante las ondas.

CORRELACIONES VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE Y Nspt		
	TIPO DE SUELO	CORRELACIÓN DE VS (M/S)
OHTA & GOTO (1978)	Todos	$Vs = 85.34 * N^{0.348}$
FUJIWARA (1972)	Todos	$Vs = 92.1 * N^{0.337}$
IMAI (1777)	Todos	$Vs = 91 * N^{0.337}$
	Arenas	$Vs = 80.6 * N^{0.331}$
	Arcillas	$Vs = 102 * N^{0.292}$
IMAI & TONOUCHI (1982)	Todos	$Vs = 96.9 * N^{0.314}$
YOKOTA ET AL (1991)	Todos	$Vs = 121 * N^{0.27}$
ATHANASOPOULOS (1995)	Todos	$Vs = 107.6 * N^{0.36}$
LYISAN (1996)	Todos	$Vs = 51.5 * N^{0.516}$
KIKU ET. AL. (2001)	Todos	$Vs = 68.3 * N^{0.2292}$
HASANCEBI & ULUSAY (2006)	Todos	$Vs = 90 * N^{0.309}$
	Arenas	$Vs = 90.82 * N^{0.319}$
	Arcillas	$Vs = 97.89 * N^{0.269}$
DIKMEN (2009)	Todos	$Vs = 58 * N^{0.39}$
	Arenas	$Vs = 73 * N^{0.33}$
	Limo	$Vs = 60 * N^{0.36}$
	Arcillas	$Vs = 44 * N^{0.48}$

Tabla 34 CORRELACIÓN NSPT - VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE (Vs) - SONDEOS 01, 02 y 03

CORRELACIÓN NSPT - VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE (Vs) - SONDEO 01												
Prof.	Nspt	Tipo Suelo	Velocidad de Onda de Corte (Vs) (m/sec)									
			Ohta & Goto (1978)	Fujiwara (1972)	Imai (1777)	Imai & Tonouchi (1982)	Yokota et al (1991)	Athanasopoulos (1995)	Lyisan (1996)	kiku et. al. (2001)	Hasancebi & Ulusay (2006)	Dikmen (2009)
0,45 m	5	CV	149,42	158,42	156,53	160,62	186,86	192,06	118,16	109,27	147,99	108,65
0,90 m	12	CV	202,63	212,79	210,24	211,44	236,68	263,22	185,64	141,10	193,96	152,87
1,35 m	28	Sand	272,12	283,11	242,85	275,89	297,52	357,10	287,44	180,71	262,92	219,22
1,80 m	32	Sand	285,07	296,14	253,83	287,70	308,44	374,68	307,94	187,90	274,36	229,10
2,25 m	71	Sand	376,18	387,38	330,45	369,50	382,49	499,19	464,58	237,13	353,78	298,01
2,70 m	41	Sand	310,74	321,93	275,53	310,98	329,79	409,65	349,95	202,00	296,93	248,62
3,15 m	43	Sand	315,94	327,14	279,91	315,67	334,06	416,74	358,66	204,83	301,48	252,56
3,60 m	84	Sand	398,84	409,96	349,36	389,54	400,26	530,34	506,68	249,06	373,27	315,02
4,05 m	90	Sand	408,53	419,60	357,43	398,07	407,78	543,68	525,04	254,13	381,58	322,27
4,50 m	100	Sand	423,79	434,77	370,11	411,46	419,55	564,69	554,38	262,07	394,62	333,67
4,95 m	100	Sand	423,79	434,77	370,11	411,46	419,55	564,69	554,38	262,07	394,62	333,67
5,40 m	89	Sand	406,95	418,03	356,11	396,67	406,56	541,49	522,03	253,30	380,22	321,09

CORRELACIÓN NSPT - VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE (Vs) - SONDEO 02												
Prof.	Nspt	Tipo Suelo	Velocidad de Onda de Corte (Vs) (m/sec)									
			Ohta & Goto (1978)	Fujiwara (1972)	Imai (1777)	Imai & Tonouchi (1982)	Yokota et al (1991)	Athanasopoulos (1995)	Lyisan (1996)	kiku et. al. (2001)	Hasancebi & Ulusay (2006)	Dikmen (2009)
0,45 m	24	CV	257,91	268,78	265,57	262,85	285,39	337,82	265,46	172,76	240,29	200,31
0,90 m	16	CV	223,97	234,45	231,65	231,43	255,80	291,94	215,34	153,47	211,99	171,02
1,35 m	28	Sand	272,12	283,11	242,85	275,89	297,52	357,10	287,44	180,71	262,92	219,22
1,80 m	26	Sand	265,19	276,12	236,97	269,54	291,63	347,70	276,65	176,85	256,78	213,93
2,25 m	35	Sand	294,10	305,22	261,47	295,91	316,00	386,97	322,51	192,88	282,32	235,97
2,70 m	35	Sand	294,10	305,22	261,47	295,91	316,00	386,97	322,51	192,88	282,32	235,97
3,15 m	84	Sand	398,84	409,96	349,36	389,54	400,26	530,34	506,68	249,06	373,27	315,02
3,60 m	100	Sand	423,79	434,77	370,11	411,46	419,55	564,69	554,38	262,07	394,62	333,67
4,05 m	98	Sand	420,82	431,82	367,65	408,85	417,27	560,60	548,63	260,53	392,09	331,46
4,50 m	96	Sand	417,81	428,83	365,15	406,22	414,95	556,45	542,82	258,97	389,52	329,21
4,95 m	84	Sand	398,84	409,96	349,36	389,54	400,26	530,34	506,68	249,06	373,27	315,02
5,40 m	100	Sand	423,79	434,77	370,11	411,46	419,55	564,69	554,38	262,07	394,62	333,67

CORRELACIÓN NSPT - VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE (Vs) - SONDEO 04												
Prof.	Nspt	Tipo Suelo	Velocidad de Onda de Corte (Vs) (m/sec)									
			Ohta & Goto (1978)	Fujiwara (1972)	Imai (1777)	Imai & Tonouchi (1982)	Yokota et al (1991)	Athanasopoulos (1995)	Lyisan (1996)	kiku et. al. (2001)	Hasancebi & Ulusay (2006)	Dikmen (2009)
0,45 m	4	CV	138,25	146,94	145,19	149,75	175,93	177,24	105,31	102,38	138,13	99,59
0,90 m	4	CV	138,25	146,94	145,19	149,75	175,93	177,24	105,31	102,38	138,13	99,59
1,35 m	40	Sand	308,08	319,27	273,29	308,58	327,60	406,03	345,52	200,55	294,60	246,61
1,80 m	85	Sand	400,49	411,60	350,73	390,99	401,54	532,60	509,79	249,93	374,68	316,25
2,25 m	96	Sand	417,81	428,83	365,15	406,22	414,95	556,45	542,82	258,97	389,52	329,21
2,70 m	94	Sand	414,76	425,80	362,61	403,54	412,60	552,25	536,96	257,38	386,91	326,93
3,15 m	99	Sand	422,31	433,30	368,88	410,16	418,41	562,65	551,51	261,30	393,36	332,57
3,60 m	91	Sand	410,11	421,17	358,74	399,45	409,00	545,84	528,05	254,95	382,93	323,45
4,05 m	94	Sand	414,76	425,80	362,61	403,54	412,60	552,25	536,96	257,38	386,91	326,93
4,50 m	100	Sand	423,79	434,77	370,11	411,46	419,55	564,69	554,38	262,07	394,62	333,67
4,95 m	100	Sand	423,79	434,77	370,11	411,46	419,55	564,69	554,38	262,07	394,62	333,67
5,40 m	100	Sand	423,79	434,77	370,11	411,46	419,55	564,69	554,38	262,07	394,62	333,67

Analizando las gráficas, y los valores de las tablas de cálculo, se puede ver que los valores de Velocidad de onda de corte, a partir de los 1.00 metros, se encuentran en su mayoría en un rango de entre 190 y 320 m/s, colocando el suelo en una CLASIFICACION DE SITIO TIPO D, sobre SUELOS FIERMOS.

Velocidad de Onda de Corte vs Profundidad - Sondeo 01

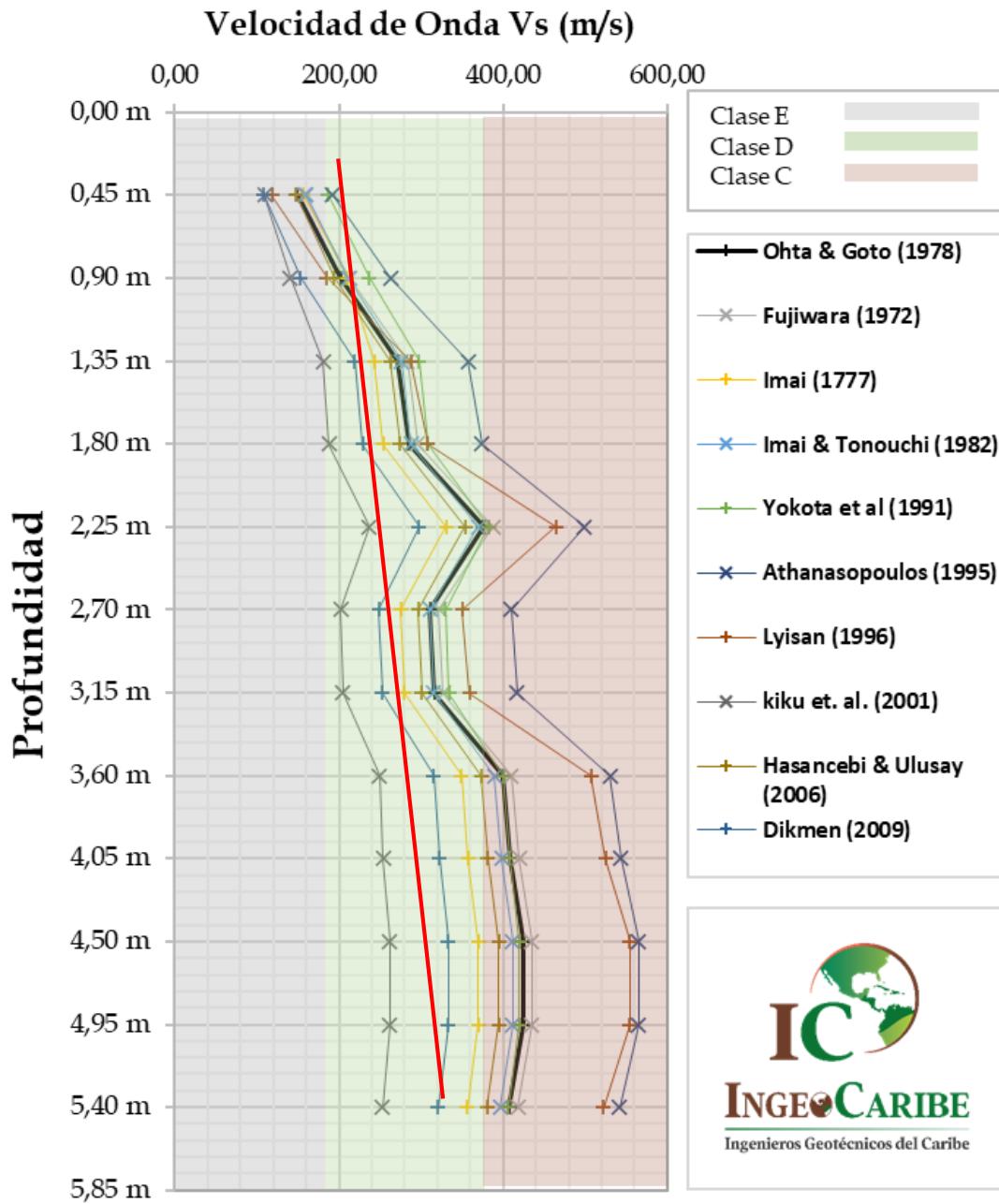


Fig. 41 Variación de Velocidad de Onda de Corte en profundidad - Sondeos 01

XVII. MÓDULO DE REACCIÓN DEL SUELO (KS)

El módulo de reacción del suelo o coeficiente de balasto es una magnitud asociada a la rigidez del terreno, este nos permite conocer el asentamiento de una edificación en un terreno determinado, así como la distribución de los esfuerzos en ciertos elementos de la cimentación. Existen distintos métodos para determinar este parámetro, en este apartado se utilizará el método de Bowles (Ec. 9-9, pág. 503).

Para la estratigrafía in situ clasificada como **ARENA LIMOSA (SM)**, la siguiente formulación resulta aplicable, tomando en consideración el valor del esfuerzo admisible del terreno calculado, propuesto por Bowles. El método de Bowles para determinar el módulo de reacción en función de la tensión admisible:

(Según Bowles con un FS de 3)

$$K_s = 40 \times FS \times Q_{adm} (kN/m^3)$$

Donde:

40 = Factor razonable más conservador

FS = Factor de seguridad igual a 3

$Q_{adm} = Q_{ult}/Fs$ en (kN/m^2)

$$K_s = 1.2 * Q_{adm}$$

$$K_s = (1.2) * (2.00 \text{ Kg/cm}^2) \Rightarrow 2.40 \text{ kg/cm}^3$$

PARA ZAPATAS CUADRADAS

$$K_s = (1.2) * (1.80 \text{ Kg/cm}^2) \Rightarrow 2.16 \text{ kg/cm}^3$$

PARA ZAPATAS CONTINUAS

XVIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de realizar las exploraciones de campo, la campaña de caracterización mecánica mediante ensayos de laboratorio y el trabajo de gabinete al subsuelo donde se emplazará el proyecto **“IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO”**, IngeoCaribe SRL emite las siguientes conclusiones:

1. La campaña de reconocimiento de campo se realizó utilizando una máquina de sondeos conforme a las normas ASTM D-1586 capaz de realizar sondeos a percusión.
2. La campaña de reconocimiento en laboratorio fue realizada por el laboratorio de suelos IngeoCaribe SRL, llevada a cabo mediante la ejecución de los siguientes ensayos:

Clasificación visual	: ASTM - D2488
Ensayo granulométrico	: ASTM - D6913
Límites de Atterberg	: ASTM - D4318 y D4319
Contenido de humedad	: ASTM - D4959-16

3. Luego de la ejecución de los trabajos de campo (Exploraciones Mecánicas in situ, Levantamiento de la zona), realizados en el área a ser intervenida para la construcción del proyecto **“IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO”**, el posterior ensayado en laboratorio de las muestras recuperadas y procesamiento de los datos en gabinete, se logró caracterizar la estratigrafía del suelo estudiado. En este se identificaron estratigrafías compuestas principalmente por SUELOS GRANULARES. Según los resultados el subsuelo estudiado está conformado principalmente por estratos de ARENA LIMOSA (SM), presente en las CUATRO (04) exploraciones realizadas.
4. Las propiedades mecánicas del **ARENA LIMOSA (SM)**, presente en la estratigrafía de la zona son las siguientes:

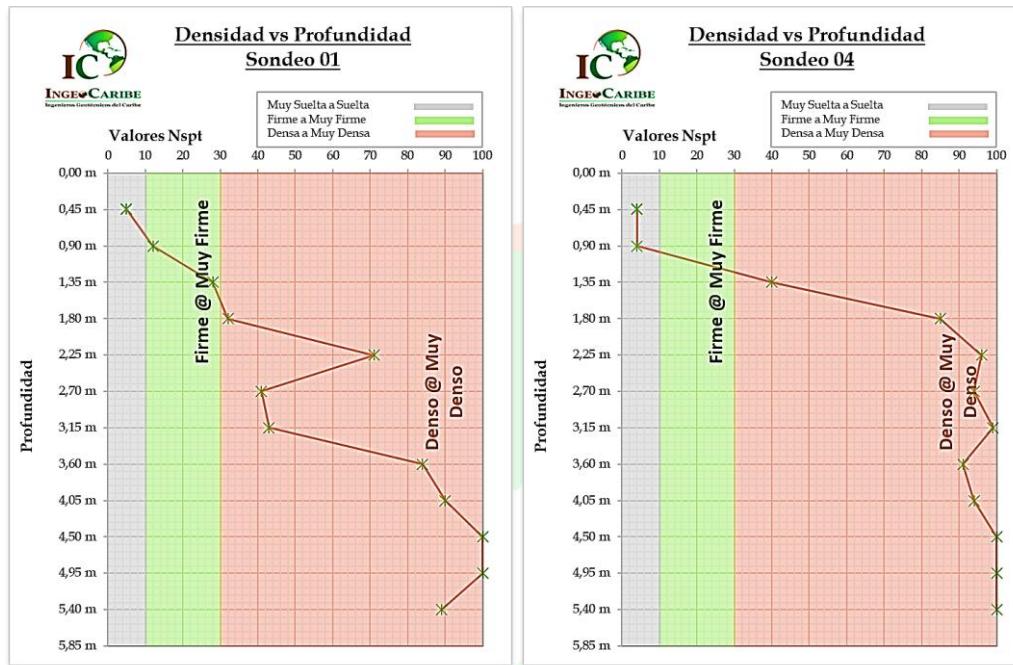
Parámetros	
ARENA LIMOSA (SM) - DENSA	
γ	1750,00 kg/m ³
C	0,05 kg/cm ²
ϕ	28 °
Es	200-400 kg/cm ²
μ	0,30
FS	0



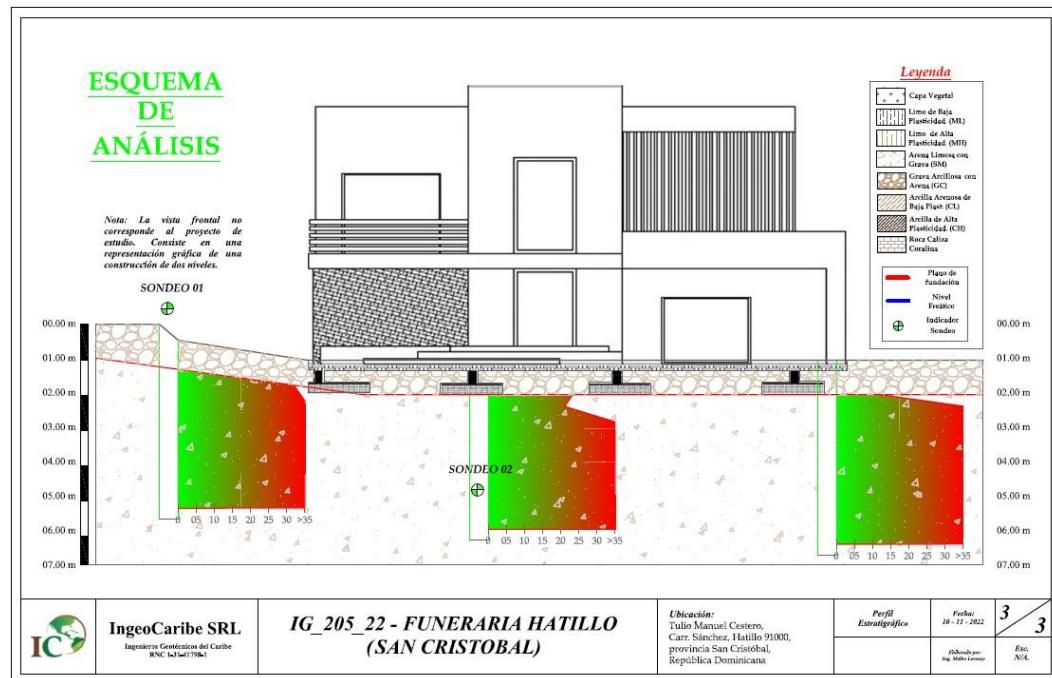
Fig. 42 Perfil estratigráfico predominante más desfavorable

5. Durante la realización de las exploraciones de campo, por medio de la extracción de las muestras de suelo, no se observó en las muestras de suelo recuperadas, el estado de saturación característico de suelos que se encuentran bajo la influencia del nivel freático.
6. Los resultados de los trabajos en campo muestran un subsuelo con densidades generalmente en el rango firme-muy densa, hasta las profundidades exploradas (5.40 metros). A continuación, los siguientes graficas muestran las franjas de suelos y los rangos de densidad en que se

encuentran en cada una de las estratigráficas (Nota: el **sondeo 01** consiste en el sondeo más desfavorable entre los sondeos realizados).



7. Considerando la estratigrafía existente caracterizada **ARENA LIMOSA (SM)** el proyecto soporta la fundación, por la competencia del suelo existente mediante un modelo de CIMENTACIONES SUPERFICIALES por medio de **zapatas cuadradas o aisladas y zapatas corridas**.
8. Para lograr el correcto empotramiento de las cimentaciones en los estratos de suelos, para la configuración del sistema suelo-cimentación en cimentaciones superficiales, tanto para las Zapatas Aisladas como corridas, se utilizará una profundidad de fundación de **Df = 1.00** metros.
9. Para el cálculo de la capacidad portante del suelo, se utilizó un esquema de CIMENTACIONES SUPERFICIALES, (Zapatas Aisladas de 1.50 x 1.50 metros, Zapatas Corrida de 0.60 m x 3.00 m). Tanto para las Zapatas Aisladas como corridas, se utilizó una profundidad de fundación de **Df = 1.00 metro**.



10. La capacidad soporte admisible del sistema suelo-estructura para el diseño de las cimentaciones se estima de $Q_{adm} = 2.00 \text{ kg/cm}^2$ para ZAPATAS AISLADAS y $Q_{adm} = 1.80 \text{ kg/cm}^2$ para ZAPATAS CONTINUAS (zapatas cuadradas $B=L=1.50\text{m}$ y zapatas continuas $B=0.60\text{m}$ y $L=3.00\text{m}$); valores limitados por el asentamiento total permisible para cada tipo de cimentación superficial.
11. Para el asentamiento elástico total para la cimentación de análisis se realizó utilizando la suma de todos los asentamientos a ser experimentados por cada 0.45 metros de exploración, tomando en cuenta la disipación de los esfuerzos en profundidad, y la variación del módulo de elasticidad, calculado este último a través de la correlación del valor de N_{spt} con formulaciones plantadas en diversas bibliografías.
12. No se prevén asentamientos por consolidación debido a la ausencia de suelos cohesivos saturados, según la estratigrafía los asentamientos esperados que se producen son instantáneos.
13. Los asentamientos totales (S_e), diferenciales ($\Delta\phi$) y distorsión angular (δ) que intervienen en la estabilidad de la estructura se mantienen dentro del

rango permitido por las normativas, lo que garantiza un correcto funcionamiento de la estructura para cargas de servicio inferiores a las admisibles recomendadas.

	Geometría	Qadm	Asentamiento Elástico Analítico	Asentamiento con modelo numérico
Zapata Aislada	1.50 x 1.50 m	2.00 kg/cm ²	0.645 cm	0.830 cm
Zapata Corrida	0.60 x 3.00 m	1.80 kg/cm ²	0.339 cm	0.650 cm

14. El módulo de reacción determinado es de $K_s = 2.40$ y 2.16 Kg/cm^3 para zapatas aisladas y continuas respectivamente, determinado al tomar en cuenta un factor de seguridad de 3.00.
15. En caso de requerir de la variación de las dimensiones de las cimentaciones, se deberá relacionar las dimensiones requeridas con el siguiente gráfico creado en función de las variantes Base, Capacidad portante y Asentamiento Elástico, utilizando los valores de capacidad portante admisible (representada en color naranja), teniendo en cuenta que los asentamientos a producir por dichas dimensiones de cimentaciones, no sea superior al 2.54 cm establecido por el reglamento.



Fig. 43 Variación del esfuerzo en función de la base a utilizar, controlado por los asentamientos.

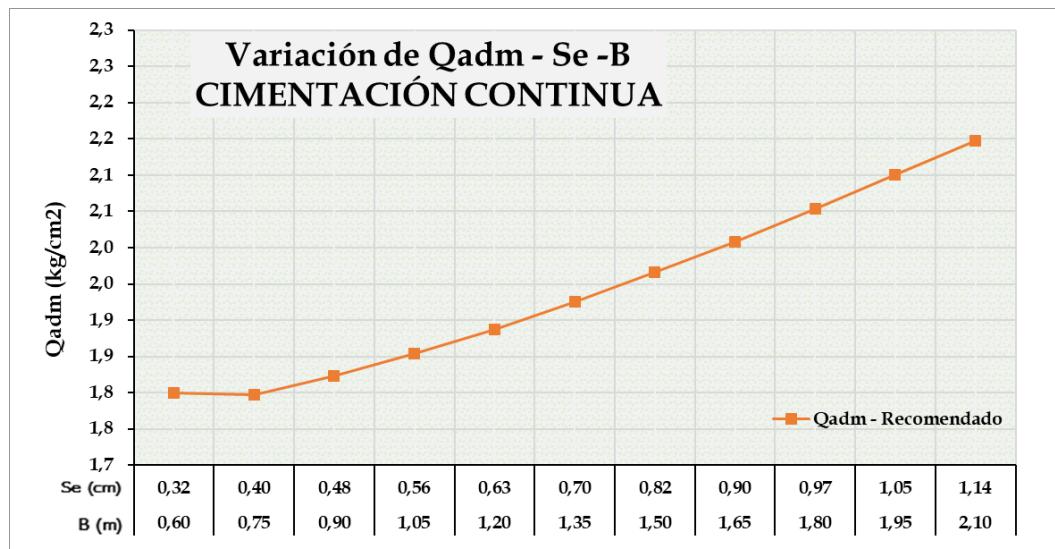


Fig. 44 Variación del esfuerzo en función de la base a utilizar, controlado por los asentamientos.

16. Mediante el cálculo de los asentamientos diferenciales entre zapatas aisladas (1.50m x 1.50m), con capacidad de soporte 2.00 Kg/cm², se tiene que, para que la estructura no experimente asentamientos diferenciales la diferencia de carga entre cimentaciones a menos de 3.00 m. no debe ser mayor que $\Delta P \leq 43.40$ ton, para evitar que los valores de distorsión angular no superen los establecidos por la norma ($\delta = 0.002$).

RECOMENDACIONES TÉCNICAS

- ☒ Las dimensiones de las cimentaciones superficiales consideradas en el análisis, con capacidad de soporte de servicio admisible para el sistema de suelo - cimentaciones superficiales (cuadradas y corridas) reducido por un factor de seguridad FS = 3.0, asentamiento total < 2.54 cm admisible, asentamientos diferenciales < 6 mm, y distorsión angular < 1/500 según establece la normativa es:

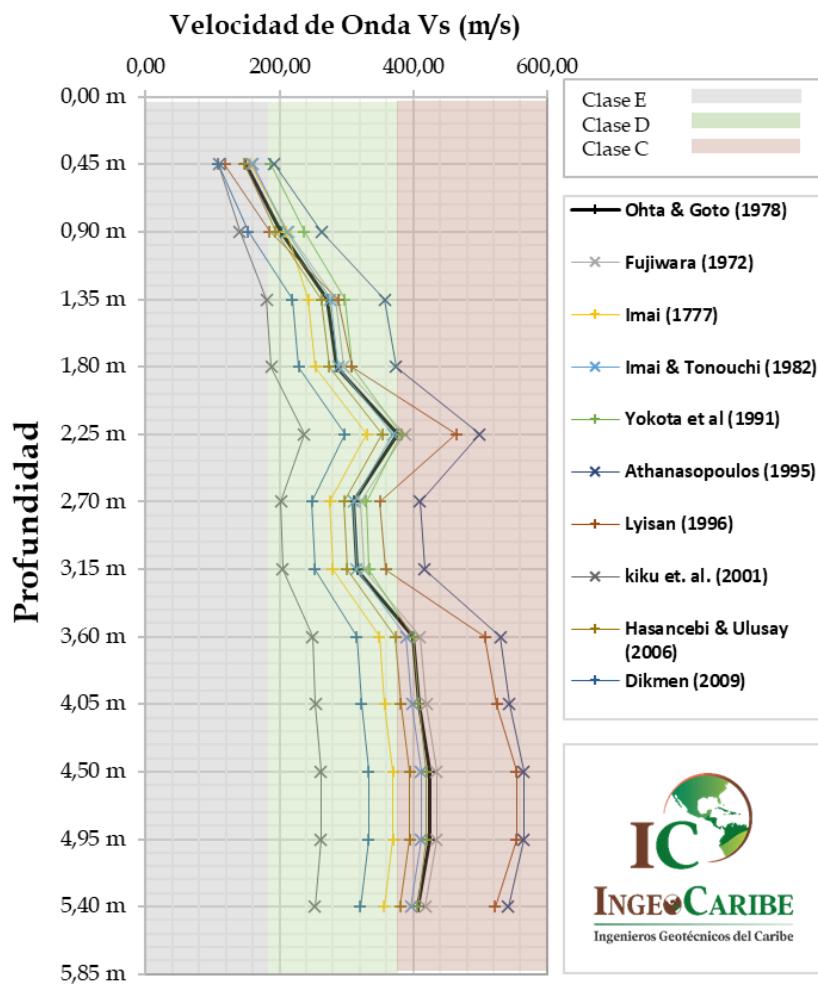
TIPO CIMENTACIÓN SUPERFICIAL	DIMENSIÓN	Q _{adm}	Se
Zapata cuadrada	(1.50x1.50) m ²	2.00 kg/cm ²	≤ 2.54 cm
Zapata continua	(0.60x3.00) m ²	1.80 kg/cm ²	

- Se Recomienda como material de relleno un material granular, este deberá cumplir con las siguientes especificaciones: Material granular con un LL < 25%, una matriz de suelo de baja plasticidad (IP<12%) compactado a más del 95% de la densidad máxima seca obtenida por medio del ensayo Proctor Modificado en el laboratorio, o 98% del Proctor estándar, ambos en torno a la humedad óptima, y en capas no mayores de 25 cm de espesor.

Especificaciones para el material de relleno según la AASHTO	
Clasificación General	Material Granular
Clasificación de grupo	A-2, A-2-4
Porcentaje que pasa por el tamiz No.200 (0.075 mm)	35 max.
Límite Líquido	40 max.
Indice de plasticidad	10 max.
Tipo de materiales caracteristicos	Grava y Arena limoarcillosas
Calificación	Excelente a bueno

17. Los valores de Velocidad de onda de corte del suelo a partir de los 0.70 metros de profundidad se encuentran en su mayoría en un rango de entre 190 y 320 m/s, colocando el suelo en una **CLASIFICACION DE SITIO TIPO D**, sobre **SUELOS FIERMES**, según el Reglamento para Estudios de Suelos en Edificaciones (R-024).

Velocidad de Onda de Corte vs Profundidad - Sondeo 01



- De acuerdo al Reglamento R-001 de la DNRS del MOPC, en el Mapa N°11 - Mapa del Campo Cercano de la isla de Santo Domingo el área donde serán ejecutados los trabajos para la **IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO**, no se encuentra sobre ninguna de las fallas sísmicas de la isla, ni dentro del área de influencia considerada campo cercano, a objeto de que la falla más próxima se encuentra a distancias lejanas mayores a 5 kilómetros de la zona de estudio, a objeto de esto se puede considerar que el proyecto se encuentra en un “CAMPO LEJANO”.

- Para posibles cambios en el diseño sísmico del proyecto considerar las siguientes clasificaciones (R-001 DGRS/MOPC); **ZONA SÍSMICA II** (Mediana sismicidad) y valores de aceleración espectral de referencia para periodos largos: $Ss \approx 0.76$ g y $S1 \approx 0.32$ g.

Campo de Falla	Zona Sísmica	Ss	$S1$
LEJANO	Zona I	0.76 g	0.32 g

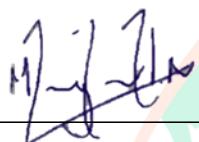
RECOMENDACIONES GENERALES

- Evitar la siembra de árboles de grandes raíces en las proximidades de la construcción, localizándola a más de cinco metros de las fundaciones.
- Realizar un buen manejo de las aguas potables, residuales y pluviales en el proyecto, evitando la acumulación o estancamiento cerca del nivel de fundación, para evitar cambios en las características mecánicas del estrato resistente.
- Cualquier diferencia con el informe geotécnico o en caso de presentarse condiciones particulares imprevistas en el terreno por su heterogeneidad, debe ser notificada y consultada con el Ingeniero Geotécnico responsable de este informe.
- Considerar que cualquier cambio en el proyecto puede generar cambio en el análisis del comportamiento geotécnico previsto, por lo que se deberá notificar al Ingeniero Geotécnico responsable de este informe para que evalúe si las premisas utilizadas bajo las anteriores asunciones continúan siendo válidas o requieren de análisis adicionales.
- Si se hicieren cambios importantes en el proyecto arquitectónico presentado inicialmente, como localización del proyecto, cargas de servicio, N° de pisos, uso, u otros aspectos que incidan en las recomendaciones y parámetros de diseño aquí consignados, deberán consultarse de manera oportuna a IngeoCaribe SRL, ya que dichas variaciones podrían salirse de los alcances planteados inicialmente en

esta investigación, haciendo que este pierda validez y dando cabida a la posibilidad de que se requieran nuevos sondeos, ensayos o análisis geotécnicos adicionales.

- Este estudio de suelos es exclusivo del terreno estudiado, ubicado en la Tulio Manuel Cester, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana.

Realizado por:



Ing. Maiko Y. Lorenzo
Ingeniero Civil

Revisado Autorizado por:



Ing. José Aníbal Báez, MSc.
Gerente General IngeoCaribe SRL
Codia: 34 301



Santo Domingo, D. N.
Noviembre, 2022.



A large, stylized, light green and orange graphic of the letters "IC" is positioned on the left side of the page, partially overlapping the circular stamp area.

XIX. BIBLIOGRAFÍA

- ~~ BOWLES, J. E. (1982). Foundation Design and Analysis, McGraw-Hill, New York.
- ~~ BRAJA M. DAS, (2001). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Copyright por International Thomson Learning, California State University, Sacramento.
- ~~ CARLOS CRESPO VILLALAZ (2004). Mecánica de suelos y fundaciones 4ta y 5ta edición, 650 Pág. ISBN: 968-18-6489-1. Limusa Noriega editores, México.
- ~~ REGLAMENTO R-024 decreto No. 577-06 (2006) (Reglamentos Para Estudios Geotécnicos) MOPC, Santo Domingo, República Dominicana.
- ~~ GEO-CÓDIGO ISO de Santo Domingo: 3166-2: DO-01ACUATER (2000). Mapa Hidrogeológico Nacional. Planicie Costera Oriental, mapa Nº 9/1/3.
- ~~ BOWIN, C. (1960). Geology of central Dominican Republic. Tesis Doctoral. Universidad de Princeton, Nueva Jersey, 211 pp.
- ~~ BROUWER, S.B., BROUWER, P.A. (1982): Geología de la región ambarífera oriental de la República Dominicana. 9^a Conferencia Geológica del Caribe, Santo Domingo, República Dominicana. Memorias, 1: 303-322.
- ~~ BRAJA, M. DAS (1983): Fundamentos de ingeniería y cimentaciones, Séptima edición, Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- ~~ BOWLES, J. E. (1981): Manual de Laboratorios De Suelos De Ingeniería Civil McGraw-Hill de México. S.A. de C.V.
- ~~ Villalaz, C. (2004): Mecánica de suelos de cimentaciones, quinta edición, México, Limusa Noriega Editores, 650 p.: il: 15 cm, ISBN 968-18-6489-1.
- ~~ Ramírez Oyanguren, P., Alejano Monge L. (2004); Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes.
- ~~ JIMENEZ SALAS J. A., JUSTO ALPAÑES J. L. (1975); Geotecnia y Cimientos I, Propiedades de los suelos y de las rocas, 2da edición; Madrid Editorial Rueda, I.S.B.N.: 84-7207-008-5.

ANEXO I

REGISTROS DE EXPLORACIÓN

SÍMBOLOGÍA LITOLOGÍCA											
Suelo		Junto a Acuífero		Acuífero Profundo		Agua		Sobre Acuífero			
Cristal		Cristal Acuífero		Cristal Profundo		Techo		Cristal Profundo			
Cristal		Cristal Acuífero		Cristal Profundo		Techo		Cristal Profundo			
Bifurcación	Muestra	Espesor Estimado	Nº	Categoría Litológica	DESCRIPCIÓN DEL TERRENO					Variación de la Profundidad de Perforación	Variación de la Recuperación de Profundidad
					Nsg	RQD	T mtr	Recuperación			
0.0	1	0.00									
0.05	2	0.05									
0.10	3	0.10									
0.15	4	0.15									
0.20	5	0.20									
0.25	6	0.25									
0.30	7	0.30									
0.35	8	0.35									
0.40	9	0.40									
0.45	10	0.45									
0.50	11	0.50									
0.55	12	0.55									
0.60	13	0.60									
0.65	14	0.65									
0.70	15	0.70									
0.75	16	0.75									
0.80	17	0.80									
0.85	18	0.85									
0.90	19	0.90									
0.95	20	0.95									
1.00	21	1.00									
1.05	22	1.05									
1.10	23	1.10									
1.15	24	1.15									
1.20	25	1.20									
1.25	26	1.25									
1.30	27	1.30									
1.35	28	1.35									
1.40	29	1.40									
1.45	30	1.45									
1.50	31	1.50									
1.55	32	1.55									
1.60	33	1.60									
1.65	34	1.65									
1.70	35	1.70									
1.75	36	1.75									
1.80	37	1.80									
1.85	38	1.85									
1.90	39	1.90									
1.95	40	1.95									
2.00	41	2.00									
2.05	42	2.05									
2.10	43	2.10									
2.15	44	2.15									
2.20	45	2.20									
2.25	46	2.25									
2.30	47	2.30									
2.35	48	2.35									
2.40	49	2.40									
2.45	50	2.45									
2.50	51	2.50									
2.55	52	2.55									
2.60	53	2.60									
2.65	54	2.65									
2.70	55	2.70									
2.75	56	2.75									
2.80	57	2.80									
2.85	58	2.85									
2.90	59	2.90									
2.95	60	2.95									
3.00	61	3.00									
3.05	62	3.05									
3.10	63	3.10									
3.15	64	3.15									
3.20	65	3.20									
3.25	66	3.25									
3.30	67	3.30									
3.35	68	3.35									
3.40	69	3.40									
3.45	70	3.45									
3.50	71	3.50									
3.55	72	3.55									
3.60	73	3.60									
3.65	74	3.65									
3.70	75	3.70									
3.75	76	3.75									
3.80	77	3.80									
3.85	78	3.85									
3.90	79	3.90									
3.95	80	3.95									
4.00	81	4.00									
4.05	82	4.05									
4.10	83	4.10									
4.15	84	4.15									
4.20	85	4.20									
4.25	86	4.25									
4.30	87	4.30									
4.35	88	4.35									
4.40	89	4.40									
4.45	90	4.45									
4.50	91	4.50									
4.55	92	4.55									
4.60	93	4.60									
4.65	94	4.65									
4.70	95	4.70									
4.75	96	4.75									
4.80	97	4.80									
4.85	98	4.85									
4.90	99	4.90									
4.95	100	4.95									
5.00	101	5.00									
5.05	102	5.05									
5.10	103	5.10									
5.15	104	5.15									
5.20	105	5.20									
5.25	106	5.25									
5.30	107	5.30									
5.35	108	5.35									
5.40	109	5.40									
5.45	110	5.45									
5.50	111	5.50									
5.55	112	5.55									
5.60	113	5.60									
5.65	114	5.65									
5.70	115	5.70									
5.75	116	5.75									
5.80	117	5.80									
5.85	118	5.85									
5.90	119	5.90									
5.95	120	5.95									
6.00	121	6.00									
6.05	122	6.05									
6.10	123	6.10									
6.15	124	6.15									
6.20	125	6.20									
6.25	126	6.25									
6.30	127	6.30									
6.35	128	6.35									
6.40	129	6.40									
6.45	130	6.45									
6.50	131	6.50									
6.55	132	6.55									
6.60	133	6.60									
6.65	134	6.65									
6.70	135	6.70									
6.75	136	6.75									
6.80	137	6.80									
6.85	138	6.85									
6.90	139	6.90									
6.95	140	6.95									
7.00	141	7.00									
7.05	142	7.05									
7.10	143	7.10									
7.15	144	7.15									
7.20	145	7.20									
7.25	146	7.25									
7.30	147	7.30									
7.35	148	7.35									
7.40	149	7.40									
7.45	150	7.45									
7.50	151	7.50									
7.55	152	7.55									
7.60	153	7.60									
7.65	154	7.65									
7.70	155	7.70									
7.75	156	7.75									
7.80	157	7.80									
7.85	158	7.85									
7.90	159	7.90									
7.95	160	7.95									
8.00	161	8.00									
8.05	162	8.05									
8.10	163	8.10									
8.15	164	8.15									
8.20	165	8.20									
8.25	166	8.25									
8.30	167	8.30									
8.35	168	8.35									
8.40	169	8.40									
8.45	170	8.45									
8.50	171	8.50									
8.55	172	8.55									
8.60	173	8.60									
8.65	174	8.65									
8.70	175	8.70									
8.75	176	8.75									
8.80	177	8.80									
8.85	178	8.85									
8.90	179	8.90									
8.95	180	8.95									
9.00	181	9.00									
9.05	182	9.05									
9.10	183	9.10									
9.15	184	9.15									
9.20	185	9.20									
9.25	186	9.25									
9.30	187	9.30									
9.35	188	9.35									
9.40	189	9.40									
9.45	190	9.45									
9.50	191	9.50									
9.55	192	9.55									

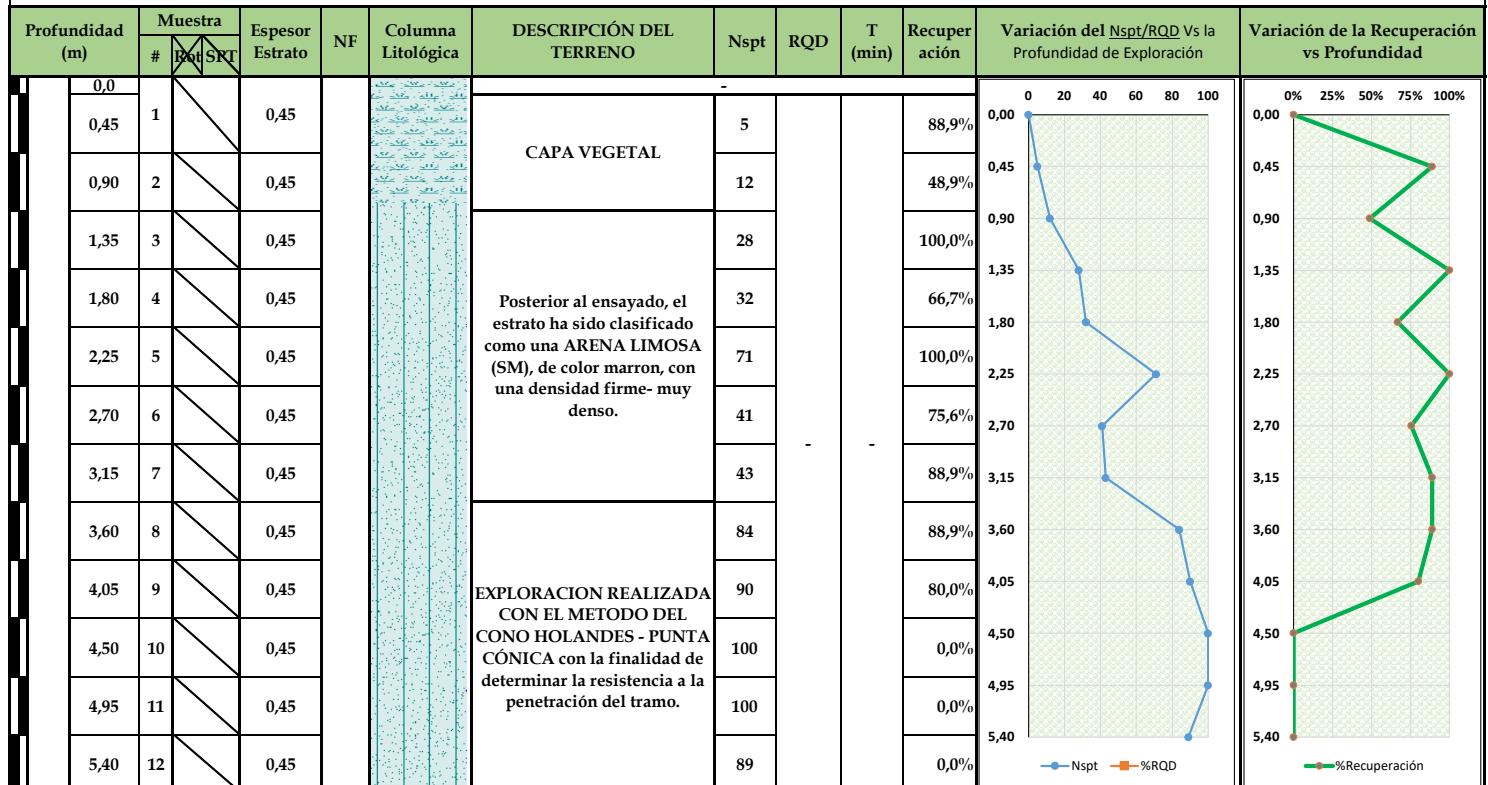
FICHA TÉCNICA DE SONDEO

IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO

Ubicación: Túlio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana

Sondeo No. 01
Fecha: 27 / Oct. / 2022
NF: -
Clima: Soleado
Profundidad: 5,40 metros
Inclinación: 90°

SIMBOLOGÍA LITOLÓGICA



CONDICIONES DE LOS SUELOS				CONDICIONES DE LAS ROCAS				LEYENDA	
Nspt	DENSIDAD	N	CONSISTENCIA	DUREZA		RQD	CALIDAD	Reb	Extracción a Rotación
0-4	Muy Suelta	0-1	Muy Blanda	Muy Blanda: Se raya fácilmente con las uñas		>90	Excelente	Reb	Extracción a Rotación
5-10.	Suelta	2-4.	Blanda	Blanda: Se raya con las uñas		75-90	Buena	Reb	Extracción a Percusión
11-20.	Firme	5-8.	Firme	Med. Dura: Se raya fácilmente con cuchillo		50-75	Media	Reb	Variación RQD/Prof.
21-30.	Muy Firme	9-15.	Consistente	Dura: Dificultad a rayarla con cuchillo		25-50	Pobre	Reb	Variación N/Prof.
31-50.	Densa	16-30	Muy Consistente	Muy dura: No se raya con cuchillo		<25	Muy Pobre	Reb	Recuperación
>50	Muy Densa	>30	Dura					NF	Nivel Freático
NORMATIVAS				CARACTERISTICAS DE UTILIDADES DE PERFORACIÓN				RESPONSABLES	
ASTM D-1586				Longitud de barra	3	m		Director del Laboratorio	Responsable del Sondeo
				Diámetro de corona	76	mm			
				Peso del martillo (SPT)	63,5	Kg			
				Altura de caída	75	cm			
				Equipo	Automático				
Observaciones:									

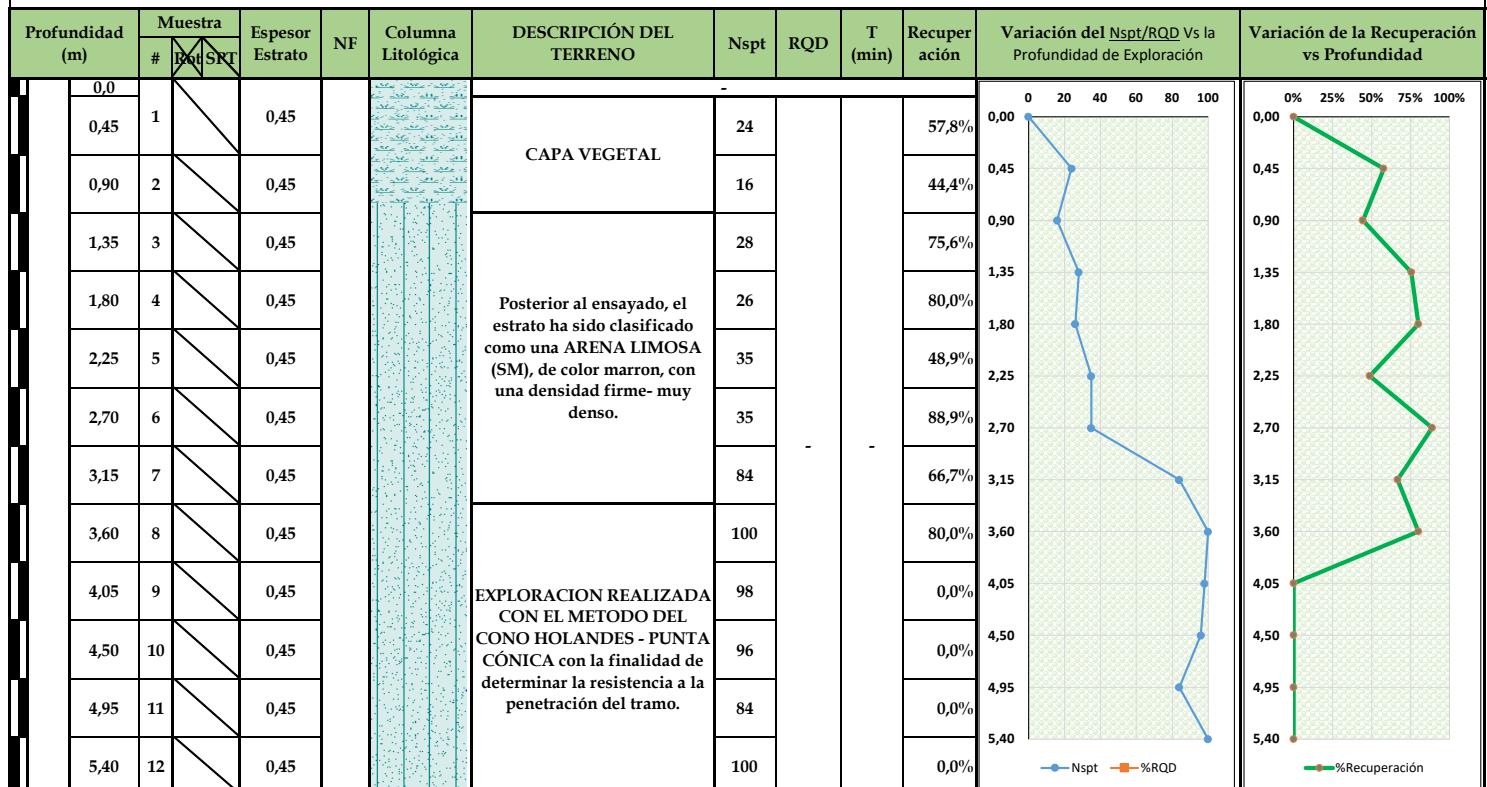
FICHA TÉCNICA DE SONDEO

IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO

Ubicación: Túlio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana

Sondeo No. 02
Fecha: 27 / Oct. / 2022
NF: -
Clima: Soleado
Profundidad: 540 metros
Inclinación: 90°

SIMBOLOGÍA LITOLÓGICA



CONDICIONES DE LOS SUELOS				CONDICIONES DE LAS ROCAS				LEYENDA	
Nspt	DENSIDAD	N	CONSISTENCIA	DUREZA		RQD	CALIDAD	Reb	Extracción a Rotación
0-4	Muy Suelta	0-1	Muy Blanda	Muy Blanda: Se raya facilmente con las uñas		>90	Excelente	SPT	Extracción a Percusión
5-10.	Suelta	2-4.	Blanda	Blanda: Se raya con las uñas		75-90	Buena	■	Variación RQD/Prof.
11-20.	Firme	5-8.	Firme	Med. Dura: Se raya facilmente con cuchillo		50-75	Media	●	Variación N/Prof.
21-30.	Muy Firme	9-15.	Consistente	Dura: Dificultad a rayarla con cuchillo		25-50	Pobre	●	Recuperación
31-50.	Densa	16-30	Muy Consistente	Muy dura: No se raya con cuchillo		<25	Muy Pobre	NF	Nivel Freático
>50	Muy Densa	>30	Dura						
NORMATIVAS				CARACTERISTICAS DE UTILIDADES DE PERFORACIÓN				RESPONSABLES	
ASTM D-1586				Longitud de barra	3	m		Director del Laboratorio	Responsable del Sondeo
				Diámetro de corona	76	mm			
				Peso del martillo (SPT)	63,5	Kg			
				Altura de caída	75	cm			
				Equipo	Automático				
Observaciones:									


In. José Baez, MSc
IngeoCaribe SRL

Ramón de Aza
IngeoCaribe SRL

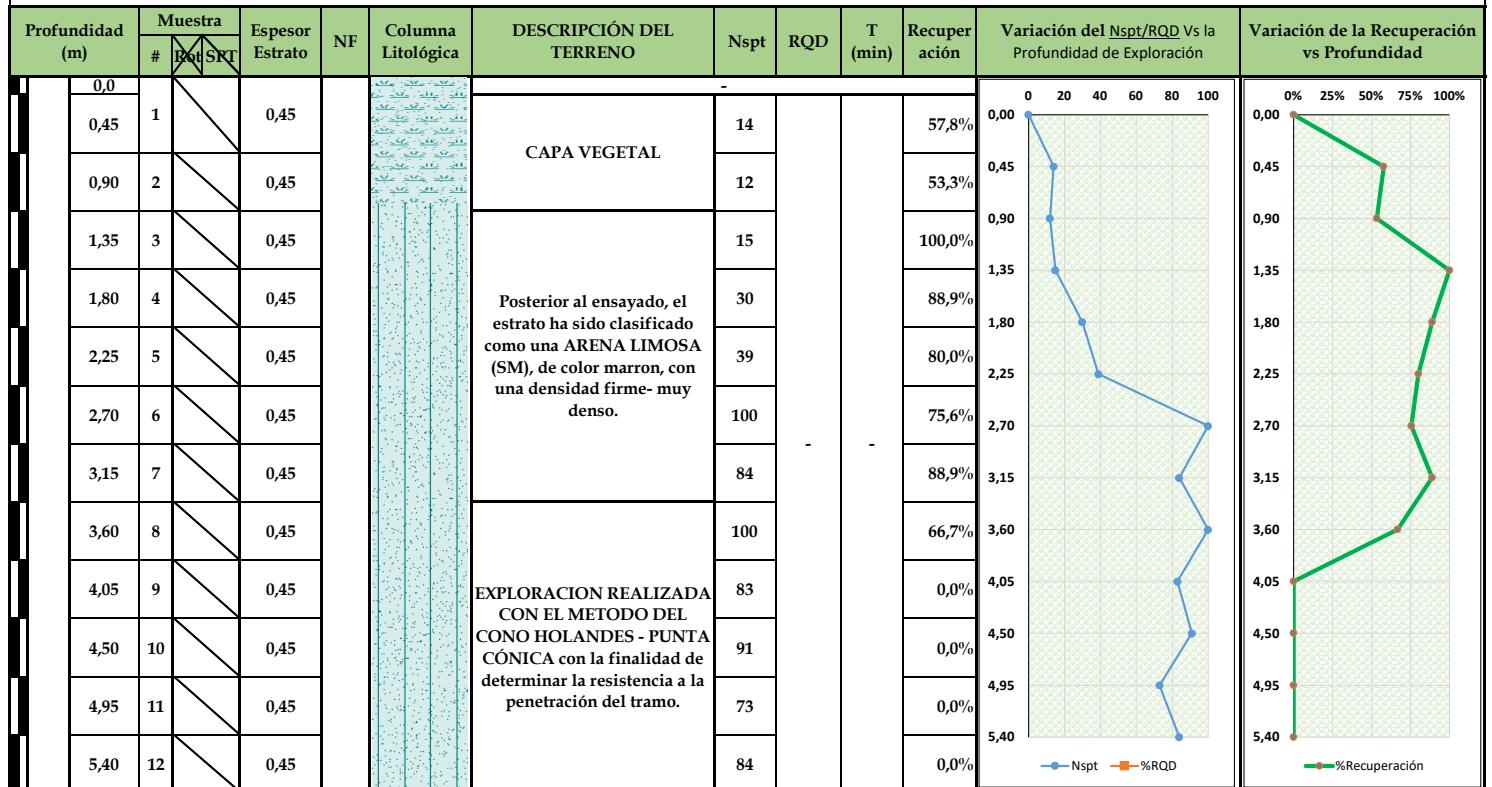
FICHA TÉCNICA DE SONDEO

IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO

Ubicación: Túlio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana

Sondeo No. 03
Fecha: 27 / Oct. / 2022
NF: -
Clima: Soleado
Profundidad: 5,40 metros
Inclinación: 90°

SIMBOLOGÍA LITOLÓGICA



CONDICIONES DE LOS SUELOS				CONDICIONES DE LAS ROCAS				LEYENDA	
Nspt	DENSIDAD	N	CONSISTENCIA	DUREZA		RQD	CALIDAD	Reb	Extracción a Rotación
0-4	Muy Suelta	0-1	Muy Blanda	Muy Blanda: Se raya facilmente con las uñas		>90	Excelente	Reb	Extracción a Rotación
5-10.	Suelta	2-4.	Blanda	Blanda: Se raya con las uñas		75-90	Buena	Reb/SPT	Extracción a Percusión
11-20.	Firme	5-8.	Firme	Med. Dura: Se raya facilmente con cuchillo		50-75	Media	Reb/SPT	Variación RQD/Prof.
21-30.	Muy Firme	9-15.	Consistente	Dura: Dificultad a rayarla con cuchillo		25-50	Pobre	Reb	Variación N/Prof.
31-50.	Densa	16-30	Muy Consistente	Muy dura: No se raya con cuchillo		<25	Muy Pobre	NF	Recuperación
>50	Muy Densa	>30	Dura						Nivel Freático
NORMATIVAS				CARACTERISTICAS DE UTILIDADES DE PERFORACIÓN				RESPONSABLES	
ASTM D-1586				Longitud de barra	3	m		Director del Laboratorio	Responsable del Sondeo
				Diámetro de corona	76	mm			
				Peso del martillo (SPT)	63,5	Kg			
				Altura de caída	75	cm			
				Equipo	Automático				
Observaciones:									

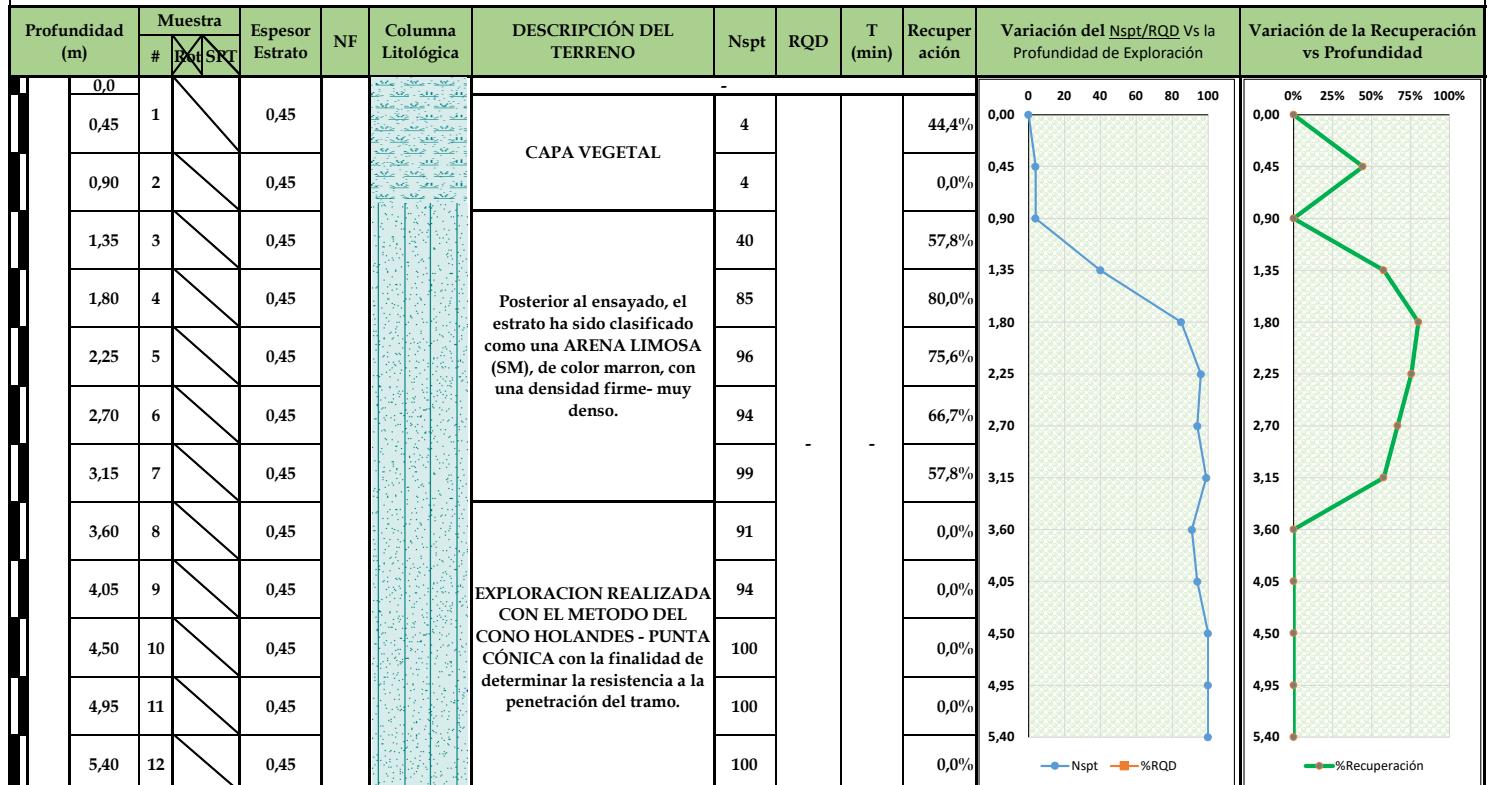
FICHA TÉCNICA DE SONDEO

IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO

Ubicación: Túlio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana

Sondeo No. 04
Fecha: 27 / Oct. / 2022
NF: -
Clima: Soleado
Profundidad: 5,40 metros
Inclinación: 90°

SIMBOLOGÍA LITOLÓGICA



CONDICIONES DE LOS SUELOS				CONDICIONES DE LAS ROCAS				LEYENDA	
Nspt	DENSIDAD	N	CONSISTENCIA	DUREZA		RQD	CALIDAD		Extracción a Rotación
0-4	Muy Suelta	0-1	Muy Blanda	Muy Blanda: Se raya facilmente con las uñas		>90	Excelente		Extracción a Percusión
5-10.	Suelta	2-4.	Blanda	Blanda: Se raya con las uñas		75-90	Buena		Variación RQD/Prof.
11-20.	Firme	5-8.	Firme	Med. Dura: Se raya facilmente con cuchillo		50-75	Media		Variación N/Prof.
21-30.	Muy Firme	9-15.	Consistente	Dura: Dificultad a rayarla con cuchillo		25-50	Pobre		Recuperación
31-50.	Densa	16-30	Muy Consistente	Muy dura: No se raya con cuchillo		<25	Muy Pobre		Nivel Freático
>50	Muy Densa	>30	Dura						
NORMATIVAS				CARACTERISTICAS DE UTILIDADES DE PERFORACIÓN				RESPONSABLES	
ASTM D-1586				Longitud de barra	3	m		Director del Laboratorio	Responsable del Sondeo
				Diámetro de corona	76	mm			
				Peso del martillo (SPT)	63,5	Kg			
				Altura de caída	75	cm			
				Equipo	Automático				
Observaciones:									


IngeCaribe SRL
Sociedad de Proyectos

Ing. José A. Beez, MSc

Ramón de Aza
IngeoCaribe SRL

ANEXO II



LABORATORIOS

GRANULOMETRICA (ASTM D-6913)

LIMITES DE PLASTICIDAD (ASTM D-4318, D-4319)

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA ASTM D-6913

IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO

Ubicación: Tilio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana

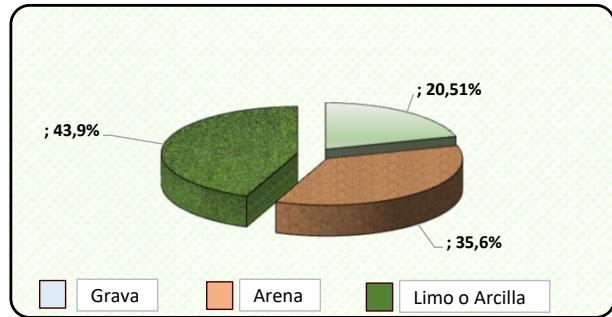
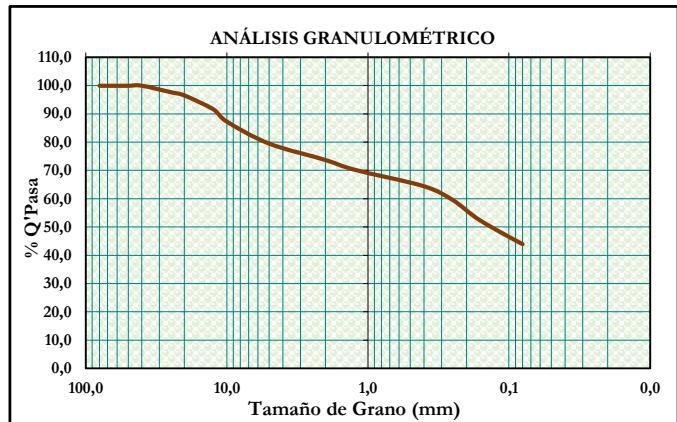
Fecha:
20 / Agosto / 2022
Humedad Amb.:
63%
Temperatura:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

SONDEO No.01		Muestra M1	Profundidad: 0,90 m - 4,05 m	
Peso Tara		0,00 gr	Arena Limosa con Grava (SM)	
Peso de la Muestra Sin lavar		958,90 gr	Grupo A-4 "Materiales Limoso Arcilloso" >35% de material fino	
Peso de la Muestra Seca lavada		544,00 gr		
C _u ≥ 4		suelos uniformes (Gravas)	D60 0,26	
C _u ≥ 6		suelos uniformes (Arenas)	D30 =	
3 > C _c > 1		suelos bien graduados	D10 =	
			Clasificación SUCS	
			Clasificación AASHTO	

Tipo Suelo	Tamiz (ASTM)	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido		Acumulado o que pasa (%)	%
			(gr.)	Parcial	Acumulado		
GRAVAS	3"	80,0	0,00	0,00	0,00	100,00	20,51%
	2 1/2"	63,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	2"	50,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	1 1/2"	40,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	1"	25,0	22,00	2,29	2,29	97,71	
	3/4"	20,0	11,00	1,15	3,44	96,56	
	1/2"	12,5	47,10	4,91	8,35	91,65	
	3/8"	10,0	41,80	4,36	12,71	87,29	
	No. 4	5	74,80	7,80	20,51	79,49	
LIMOS Y ARENAS	No. 10	2,0	54,90	5,73	26,24	73,76	35,6%
	No. 16	1,25	33,50	3,49	29,73	70,27	
	No. 40	0,40	56,20	5,86	35,59	64,41	
	No. 50	0,25	46,60	4,86	40,45	59,55	
	No. 100	0,16	69,00	7,20	47,65	52,35	
	No. 200	0,08	81,00	8,45	56,10	43,90	
	Ciego		6,10	0,64	56,73	43,27	
TOTAL RETENIDO			544,00	gr			

% de fino pasante por el tamiz No. 200 en el proceso de lavado	43,27	LL	37,64%		IG
		IP	6,70%		



LEYENDA				RESPONSABLES	
Suelos Granulares	GW= Gravas Bien Graduada	Materiales Granulares	Rasantes y Sub-rasante	Muestreado Por:	Revisado Por:
G (Gravas)	SW= Arena Bien Graduada	A-1 (A-1a, A-1b)	Grupos A-1 (A-1a, A-1b), A-2 (A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-3)		
S (Arenas)	GP= Gravas Mal Graduada	A-2 (A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-1b), A-3	y A-3		
Suelos Finos	SP= Arenas Mal Graduada	Materiales Finos	Bases y Sub-bases		
GM= Grava Limosa	GC= Grava Arcillosa	A-4	Grupos A-2(A-2-2, A-2-7), A-4, A-5, A-6, y A-7	Técnico Fidel del Rosario	IngeoCaribe SRL
C (Arcilla)	SM= Arena Limosa	A-5			
M (Limos)	SC= Arena Arcillosa	A-6			Ing. José Báez Gerente de Proyectos

RESULTADOS:		MUESTRA	AASHTO
SUCS ASTM D-2487			Este material pertenece:grupo A-4 "Materiales Limoso Arcilloso"

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA ASTM D-6913

IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO

Ubicación: Tilio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana

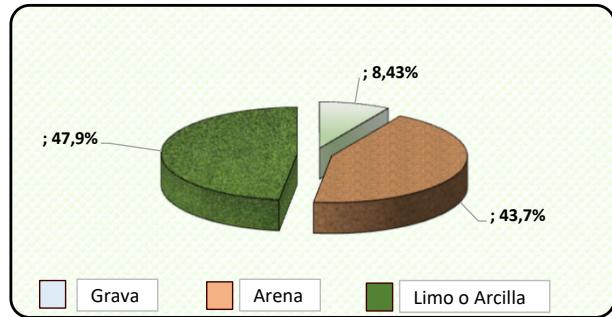
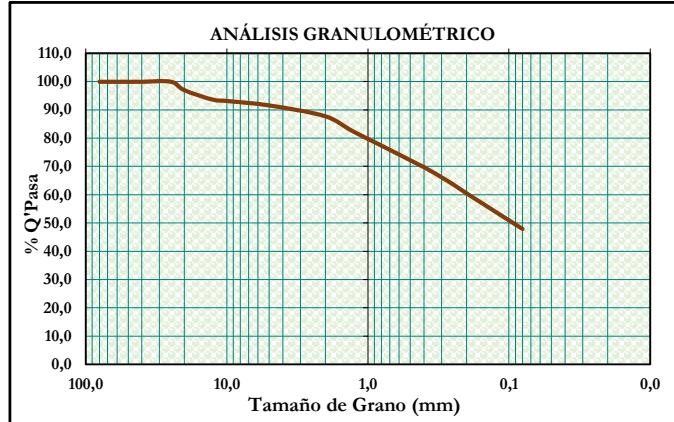
Fecha:
20 / Agosto / 2022
Humedad Amb.:
63%
Temperatura:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

SONDEO No.02		Muestra M1	Profundidad: 0,90 m - 1,80 m			
Peso Tara		0,00 gr	<u>Arena Limosa (SM)</u> <u>Grupo A-4 "Materiales Limoso Arcilloso" >35% de material fino</u>			
Peso de la Muestra Sin lavar		541,00 gr				
Peso de la Muestra Seca lavada		286,10 gr				
C _u ≥ 4	suelos uniformes (Gravas)					
C _u ≥ 6	suelos uniformes (Arenas)					
3 > C _c > 1	suelos bien graduados		<u>Clasificación SUCS</u>	<u>Clasificación AASHTO</u>		

Tipo Suelo	Tamiz (ASTM)	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido		Acumulado o que pasa (%)	%
			(gr.)	Parcial	Acumulado		
GRAVAS	3"	80,0	0,00	0,00	0,00	100,00	8,43%
	2 1/2"	63,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	2"	50,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	1 1/2"	40,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	1"	25,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	3/4"	20,0	16,20	2,99	2,99	97,01	
	1/2"	12,5	18,50	3,42	6,41	93,59	
	3/8"	10,0	2,50	0,46	6,88	93,12	
	No. 4	5	8,40	1,55	8,43	91,57	
LIMOS Y ARENAS	No. 10	2,0	20,50	3,79	12,22	87,78	43,7%
	No. 16	1,25	30,00	5,55	17,76	82,24	
	No. 40	0,40	67,60	12,50	30,26	69,74	
	No. 50	0,25	32,60	6,03	36,28	63,72	
	No. 100	0,16	34,20	6,32	42,61	57,39	
	No. 200	0,08	51,30	9,48	52,09	47,91	
Ciego		4,00	0,74	52,83	47,17	47,9%	
TOTAL RETENIDO		285,80	gr				

% de fino pasante por el tamiz No. 200 en el proceso de lavado	47,12	LL	37,59%		IG
IP		7,16%			



LEYENDA			RESPONSABLES		
Suelos Granulares	GW= Gravas Bien Graduada	Materiales Granulares	Rasantes y Sub-rasante	Muestreado Por:	Revisado Por:
G (Gravas)	SW= Arena Bien Graduada	A-1 (A-1a, A-1b)	Grupos A-1(A-1a, A-1b), A-2(A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-3)		
S (Arenas)	GP= Gravas Mal Graduada	Materiales Finos	y A-3	Técnico Fidel del Rosario	IngeoCaribe SRL
Suelos Finos	SP= Arenas Mal Graduada	A-4	Bases y Sub-bases		
C (Arcilla)	GM= Grava Limosa	A-5	Grupos A-2(A-2-2, A-2-7), A-4, A-5, A-6, y A-7		
M (Limos)	GC= Grava Arcillosa	A-6			
	SM= Arena Limosa				
	SC= Arena Arcillosa				

RESULTADOS:		MUESTRA	AASHTO
SUCS ASTM D-2487			<p>Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), la clasificación para este material es: Arena Limosa (SM)</p> <p>Este material pertenece:grupo A-4 "Materiales Limoso Arcilloso"</p>



INGEOCARIBE
Ingenieros Geotécnicos del Caribe

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA ASTM D-6913

IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO

Ubicación: Tilio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana

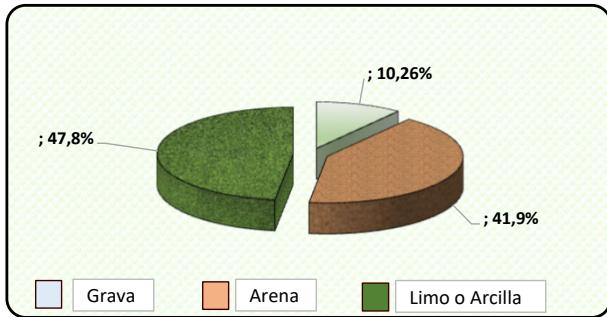
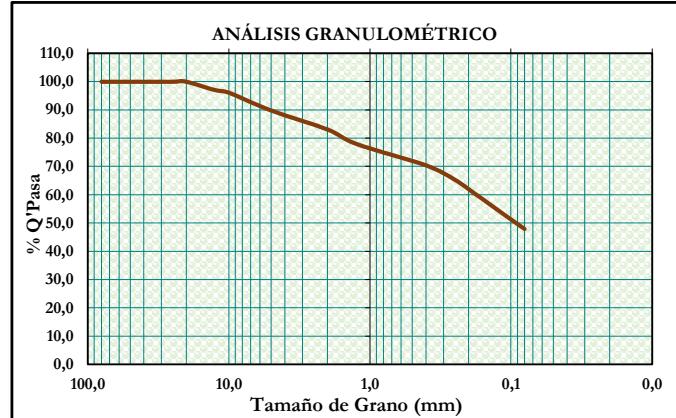
Fecha:
20 / Agosto / 2022
Humedad Amb.:
63%
Temperatura:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

SONDEO No.02		Muestra M2	Profundidad: 1,80 m - 5,40 m			
Peso Tara		0,00 gr	<u>Arena Limosa (SM)</u> <u>Grupo A-4 "Materiales Limoso Arcilloso" >35% de material fino</u>			
Peso de la Muestra Sin lavar		883,40 gr				
Peso de la Muestra Seca lavada		467,70 gr				
C _u ≥ 4	suelos uniformes (Gravas)					
C _u ≥ 6	suelos uniformes (Arenas)					
3 > C _c > 1	suelos bien graduados		<u>Clasificación SUCS</u>	<u>Clasificación AASHTO</u>		

Tipo Suelo	Tamiz (ASTM)	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido		Acumulado o que pasa (%)	%
			(gr.)	Parcial	Acumulado		
GRAVAS	3"	80,0	0,00	0,00	0,00	100,00	10,26%
	2 1/2"	63,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	2"	50,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	1 1/2"	40,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	1"	25,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	3/4"	20,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	1/2"	12,5	26,80	3,03	3,03	96,97	
	3/8"	10,0	7,80	0,88	3,92	96,08	
	No. 4	5	56,00	6,34	10,26	89,74	
LIMOS Y ARENAS	No. 10	2,0	58,90	6,67	16,92	83,08	41,9%
	No. 16	1,25	44,80	5,07	21,99	78,01	
	No. 40	0,40	67,40	7,63	29,62	70,38	
	No. 50	0,25	44,10	4,99	34,62	65,38	
	No. 100	0,16	60,70	6,87	41,49	58,51	
	No. 200	0,08	94,00	10,64	52,13	47,87	
	Ciego		7,00	0,79	52,92	47,08	
TOTAL RETENIDO			467,50	gr			

% de fino pasante por el tamiz No. 200 en el proceso de lavado	47,06	LL	37,49%		IG
--	-------	----	--------	--	----



LEYENDA				RESPONSABLES	
Suelos Granulares	GW= Gravas Bien Graduada	Materiales Granulares	Rasantes y Sub-rasante	Muestreado Por:	Revisado Por:
G (Gravas)	SW= Arena Bien Graduada	A-1 (A-1a, A-1b)	Grupos A-1(A-1a, A-		
S (Arenas)	GP= Gravas Mal Graduada	A-2 (A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-1b), A-3	A-2(A-2-4, A-2-5), y A-3		
Suelos Finos	SP= Arenas Mal Graduada	Materiales Finos	Bases y Sub-bases	Técnico Fidel del Rosario IngeoCaribe SRL	Ingeniero José Báez Gerente de Proyectos IngeoCaribe SRL
C (Arcilla)	GM= Grava Limosa	A-4	Grupos A-2(A-2-2, A-2-7), A-4, A-5, A-6, y A-7		
M (Limos)	GC= Grava Arcilloso	A-5			
	SM= Arena Limosa	A-6			
	SC= Arena Arcillosa				

RESULTADOS:		MUESTRA	AASHTO
SUCS ASTM D-2487			Este material pertenece:grupo A-4 "Materiales Limoso Arcilloso"



INGEOCARIBE
Ingenieros Geotécnicos del Caribe

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA ASTM D-6913

IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO

Ubicación: Tilio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana

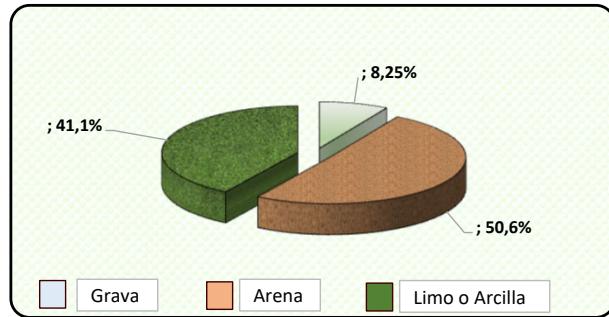
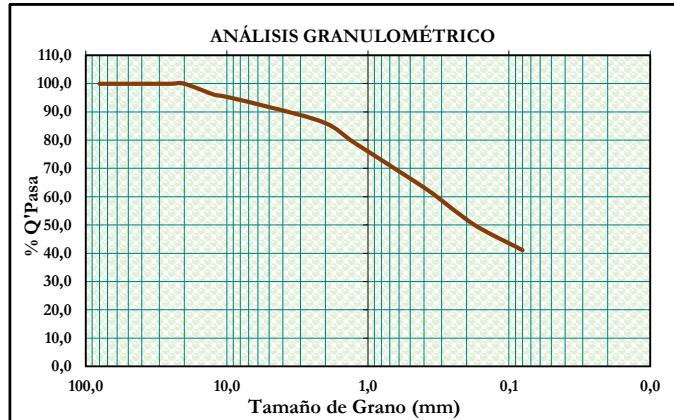
Fecha:
20 / Agosto / 2022
Humedad Amb.:
63%
Temperatura:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

SONDEO No.03		Muestra M1	Profundidad: 0,90 m - 3,60 m			
Peso Tara		0,00 gr	<u>Arena Limosa (SM)</u> <u>Grupo A-4 "Materiales Limoso Arcilloso" >35% de material fino</u>			
Peso de la Muestra Sin lavar		948,00 gr				
Peso de la Muestra Seca lavada		561,20 gr				
C _u ≥ 4	suelos uniformes (Gravas)					
C _u ≥ 6	suelos uniformes (Arenas)					
3 > C _c > 1	suelos bien graduados		<u>Clasificación SUCS</u>	<u>Clasificación AASHTO</u>		

Tipo Suelo	Tamiz (ASTM)	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido		Acumulado o que pasa (%)	%
			(gr.)	Parcial	Acumulado		
GRAVAS	3"	80,0	0,00	0,00	0,00	100,00	8,25%
	2 1/2"	63,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	2"	50,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	1 1/2"	40,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	1"	25,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	3/4"	20,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	1/2"	12,5	35,30	3,72	3,72	96,28	
	3/8"	10,0	9,20	0,97	4,69	95,31	
	No. 4	5	33,70	3,55	8,25	91,75	
LIMOS Y ARENAS	No. 10	2,0	53,70	5,66	13,91	86,09	50,6%
	No. 16	1,25	65,60	6,92	20,83	79,17	
	No. 40	0,40	150,80	15,91	36,74	63,26	
	No. 50	0,25	72,30	7,63	44,37	55,63	
	No. 100	0,16	64,50	6,80	51,17	48,83	
	No. 200	0,08	72,80	7,68	58,85	41,15	
	Ciego		2,90	0,31	59,16	40,84	
TOTAL RETENIDO			560,80	gr			

% de fino pasante por el tamiz No. 200 en el proceso de lavado	40,80	LL	36,91%		IP	5,79%		IG
--	-------	----	--------	--	----	-------	--	----



LEYENDA				RESPONSABLES				
Suelos Granulares	GW= Gravas Bien Graduada	Materiales Granulares	Rasantes y Sub-rasante	Muestreado Por:				
G (Gravas)	SW= Arena Bien Graduada	A-1 (A-1a, A-1b)	Grupos A-1 (A-1a, A-1b), A-2 (A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-3)					
S (Arenas)	GP= Gravas Mal Graduada	A-2 (A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-3)	A-2 (A-2-4, A-2-5), y A-3	Técnico Fidel del Rosario				
Suelos Finos	SP= Arenas Mal Graduada	Maateriales Finos	Bases y Sub-bases	IngeoCaribe SRL				
C (Arcilla)	GM= Grava Limosa	A-4	Grupos A-2(A-2-2, A-2-7), A-4, A-5, A-6, y A-7					
M (Limos)	GC= Grava Arcilloso	A-5		IngeoCaribe SRL				
	SM= Arena Limosa	A-6						
	SC= Arena Arcilloso			IngeoCaribe SRL				

RESULTADOS:		MUESTRA	AASHTO
SUCS ASTM D-2487			Este material pertenece:grupo A-4 "Materiales Limoso Arcilloso"

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA ASTM D-6913

IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO

Ubicación: Tilio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana

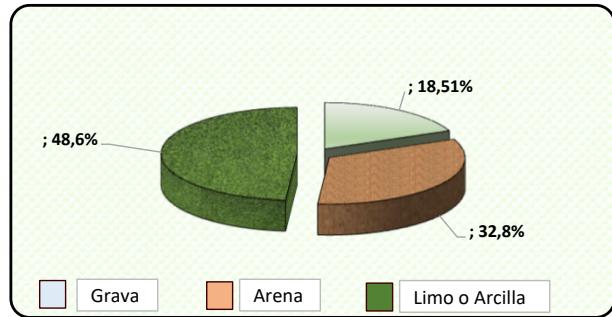
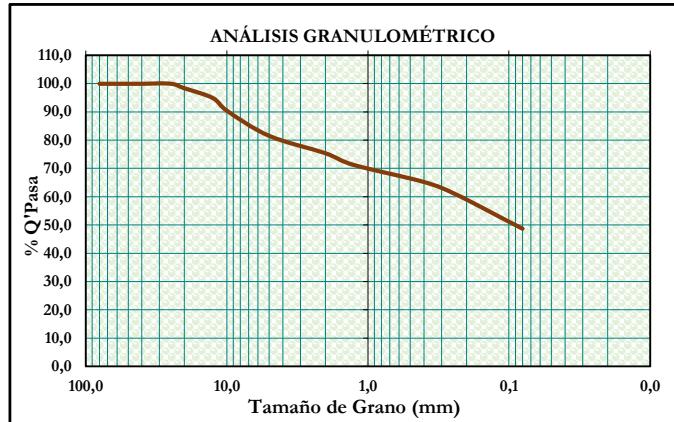
Fecha:
20 / Agosto / 2022
Humedad Amb.:
63%
Temperatura:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

SONDEO No.04		Muestra M1	Profundidad: 0,90 m - 3,60 m	
Peso Tara		0,00 gr	Arena Limosa con Grava (SM) Grupo A-4 "Materiales Limoso Arcilloso" >35% de material fino	
Peso de la Muestra Sin lavar		645,00 gr		
Peso de la Muestra Seca lavada		332,40 gr		
C _u ≥ 4		suelos uniformes (Gravas)		
C _u ≥ 6		suelos uniformes (Arenas)		
3 > C _c > 1		suelos bien graduados	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO

Tipo Suelo	Tamiz (ASTM)	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido		Acumulado o que pasa (%)	%
			(gr.)	Parcial	Acumulado		
GRAVAS	3"	80,0	0,00	0,00	0,00	100,00	18,51%
	2 1/2"	63,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	2"	50,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	1 1/2"	40,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	1"	25,0	0,00	0,00	0,00	100,00	
	3/4"	20,0	10,30	1,60	1,60	98,40	
	1/2"	12,5	22,50	3,49	5,09	94,91	
	3/8"	10,0	28,70	4,45	9,53	90,47	
	No. 4	5	57,90	8,98	18,51	81,49	
LIMOS Y ARENAS	No. 10	2,0	39,20	6,08	24,59	75,41	32,8%
	No. 16	1,25	27,20	4,22	28,81	71,19	
	No. 40	0,40	38,40	5,95	34,76	65,24	
	No. 50	0,25	24,80	3,84	38,60	61,40	
	No. 100	0,16	31,50	4,88	43,49	56,51	
	No. 200	0,08	50,60	7,84	51,33	48,67	
	Ciego		1,00	0,16	51,49	48,51	
TOTAL RETENIDO			332,10	gr			

% de fino pasante por el tamiz No. 200 en el proceso de lavado	48,47	LL	37,90%		IP	7,06%		IG
--	-------	----	--------	--	----	-------	--	----



LEYENDA				RESPONSABLES	
Suelos Granulares	GW= Gravas Bien Graduada	Materiales Granulares	Rasantes y Sub-rasante	Muestreado Por:	Revisado Por:
G (Gravas)	SW= Arena Bien Graduada	A-1 (A-1a, A-1b)	Grupos A-1(A-1a, A-	 Técnico Fidel del Rosario IngeoCaribe SRL	 Inge. José Báez Gerente de Proyectos IngeoCaribe SRL Rep. Dominicana
S (Arenas)	GP= Gravas Mal Graduada	A-2 (A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-1b), A-3	A-2(A-2-4, A-2-5), y A-3		
Suelos Finos	SP= Arenas Mal Graduada	Maateriales Finos	Bases y Sub-bases		
C (Arcilla)	GM= Grava Limosa	A-4	Grupos A-2(A-2-2, A-2-		
M (Limos)	GC= Grava Arcilloso	A-5	A-7 (A-7-5, A-7-6)		
	SM= Arena Limosa	A-6	A-4, A-5, A-6, y A-7		
	SC= Arena Arcilloso				

RESULTADOS:		MUESTRA	AASHTO
SUCS ASTM D-2487			<p>Según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), la clasificación para este material es: Arena Limosa con Grava (SM)</p> <p>Este material pertenece:grupo A-4 "Materiales Limoso Arcilloso"</p>



**ENSAJO DE LIMITES DE CONSISTENCIA
SEGÚN LAS NORMAS ASTM D-4318 Y D-4319**

IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO

Ubicación: Tilio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana

Fecha:
30 / Octubre / 2022
Humedad Amb.:
63%
Temperatura:
24 grados

LÍMITES DE ATTERBERG

SONDEO No.01

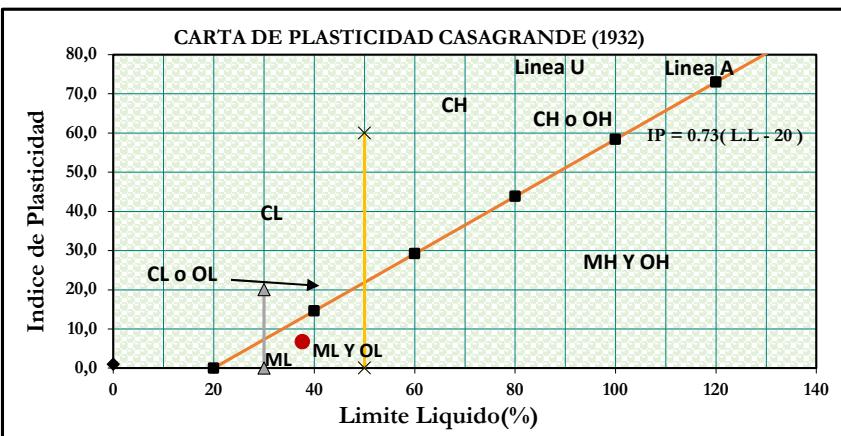
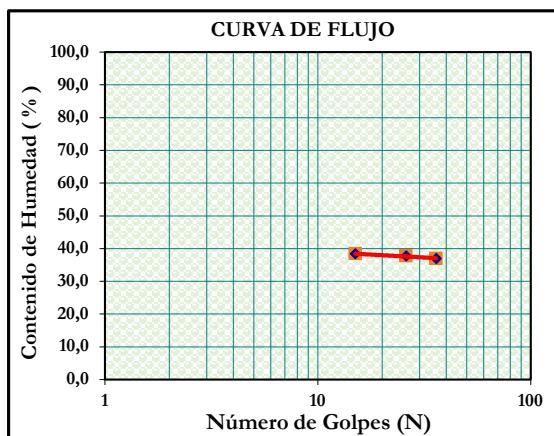
Profundidad: 0,90 m - 4,05 m

DESCRIPCION	UD	LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		LIMITES DE CONSISTENCIA	
Tara	#	20	G-2	2-D	A-5	C-1		
Peso de la Tara	gr	23,47	23,78	24,61	23,38	23,07		
Peso Tara + Muestra Húmeda	gr	46,98	44,91	42,80	27,61	27,43		
Peso Tara + Muestra Seca	gr	40,46	39,12	37,89	26,61	26,40		
Peso de la Muestra Seca	gr	16,99	15,34	13,28	3,23	3,33		
Peso del Agua	gr	6,52	5,79	4,91	1,00	1,03		
Humedad	%	38,38	37,74	36,97	30,96	30,93		
Número de Golpes		15	26	36	Promedio :		30,95	Grado de Consistencia : Media Dura , Sólida

Contenido Humedad (W %) vs Número de Golpes(N)	
N	W (%)
15	38,38
26	37,74
36	36,97
25	37,642

No. Tara	No. Golpes Log N	Humedad W (%)		Número Golpes Log N	Humedad W (%)		
						(X)	(Y)
1,0	1,176	38,38		Sx ²	5,807	4264,319	
2,0	1,415	37,74		S(xy)	156,082		
3,0	1,556	36,97		A	42,65		
Total	4,147	113,09		B	-3,58		

Características de la muestra



LEYENDA			RESPONSABLES	
TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICA	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	Muestreado Por:	Revisado Por:
C (Arcilla)	L (Baja Plasticidad)	CL = Arcillas de Baja Plasticidad		
M (Limo)	H (Alta Plasticidad)	CH = Arcillas de Alta Plasticidad		
O (Organico)		ML = Limos de Baja Plasticidad		
		MH = Limos de Alta Plasticidad		
		OL-OH = Orgánicos de H/L Plasticidad		
				 Técnico Fidel Del Rosario IngeoCaribe SRL

Resultado:

Según la carta de plasticidad de CASAGRANDE (1932), la matriz de este material fino, posee un límite líquido menor al 50% (inorgánico), un IP < 20, clasificándose este material como un LIMO DE BAJA PLASTICIDAD "ML"



**ENSAJO DE LIMITES DE CONSISTENCIA
SEGÚN LAS NORMAS ASTM D-4318 Y D-4319**

IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO

Ubicación: Tulio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana

Fecha:
30 / Octubre / 2022
Humedad Amb.:
63%
Temperatura:
24 grados

LÍMITES DE ATTERBERG

SONDEO No.02

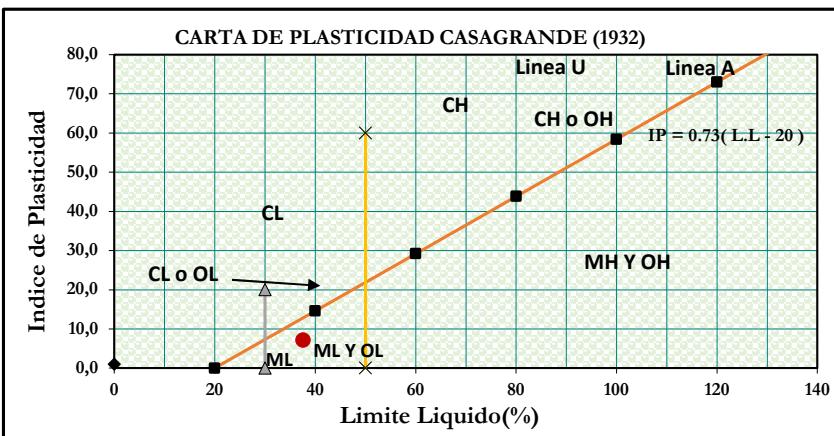
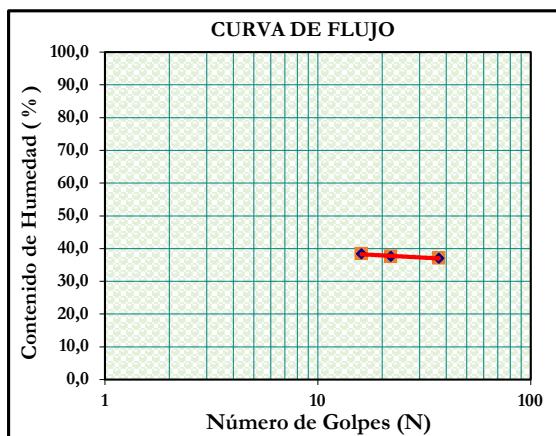
Profundidad: 0,90 m - 1,80 m

DESCRIPCION	UD	LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		LIMITES DE CONSISTENCIA	
Tara	#	6	H-A	Y-10	501	502		
Peso de la Tara	gr	30,58	22,92	23,09	23,92	22,79		
Peso Tara + Muestra Húmeda	gr	50,42	46,47	42,29	27,01	26,00		
Peso Tara + Muestra Seca	gr	44,92	40,03	37,10	26,30	25,24		
Peso de la Muestra Seca	gr	14,34	17,11	14,01	2,38	2,45		
Peso del Agua	gr	5,50	6,44	5,19	0,71	0,76		
Humedad	%	38,35	37,64	37,04	29,83	31,02		
Número de Golpes		16	22	37	Promedio :		30,43	Grado de Consistencia : Media Dura , Sólida

Contenido Humedad (W %) vs Número de Golpes(N)	
N	W (%)
16	38,35
22	37,64
37	37,04
25	37,587

No. Tara	No. Golpes Log N	Humedad W (%)		Número	Humedad W (%)	
				(X)		(Y)
1,0	1,204	38,35	Sx ²	5,711	4260,058	
2,0	1,342	37,64	S(xy)	154,804		
3,0	1,568	37,04	A	42,48		
Total	4,115	113,04	B	-3,50		

Características de la muestra



LEYENDA		RESPONSABLES		
TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICA	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	Muestreado Por: Revisado Por:	
C (Arcilla) M (Limo) O (Organico)	L (Baja Plasticidad) H (Alta Plasticidad)	CL = Arcillas de Baja Plasticidad CH = Arcillas de Alta Plasticidad ML = Limos de Baja Plasticidad MH = Limos de Alta Plasticidad OL-OH = Orgánicos de H/L Plasticidad	 Técnico Fidel Del Rosario IngeoCaribe SRL	 José Bautista Gerente de Proyectos

Resultado:

Según la carta de plasticidad de CASAGRANDE (1932), la matriz de este material fino, posee un límite líquido menor al 50% (inorgánico), un IP < 20, clasificándose este material como un LIMO DE BAJA PLASTICIDAD "ML"



**ENSAJO DE LIMITES DE CONSISTENCIA
SEGÚN LAS NORMAS ASTM D-4318 Y D-4319**

IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO

Ubicación: Tilio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana

Fecha:
30 / Octubre / 2022
Humedad Amb.:
63%
Temperatura:
24 grados

LÍMITES DE ATTERBERG

SONDEO No.02

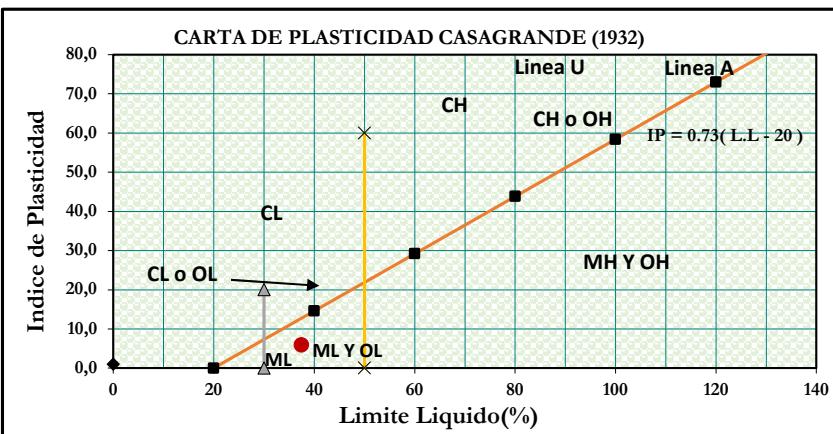
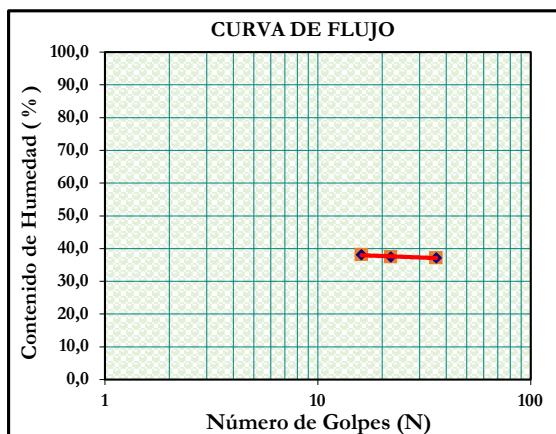
Profundidad: 1,80 m - 5,40 m

DESCRIPCION	UD	LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		LIMITES DE CONSISTENCIA	
Tara	#	100	12	A-A	E-E	CC		
Peso de la Tara	gr	23,66	28,03	22,58	28,69	30,59		
Peso Tara + Muestra Húmeda	gr	47,58	46,94	43,65	32,94	34,10		
Peso Tara + Muestra Seca	gr	40,98	41,79	37,94	31,93	33,25		
Peso de la Muestra Seca	gr	17,32	13,76	15,36	3,24	2,66		
Peso del Agua	gr	6,60	5,15	5,71	1,01	0,85		
Humedad	%	38,11	37,43	37,17	31,17	31,95		
Número de Golpes		16	22	36	Promedio :		31,56	Grado de Consistencia : Media Dura , Sólida

Contenido Humedad (W %) vs Número de Golpes(N)	
N	W (%)
16	38,11
22	37,43
36	37,17
25	37,493

No. Tara	No. Golpes Log N	Humedad W (%)		Número	Humedad W (%)
				(X)	
1,0	1,204	38,11	Sx ²	5,674	4234,832
2,0	1,342	37,43	S(xy)	153,983	
3,0	1,556	37,17	A	41,02	
Total	4,103	112,71	B	-2,52	

Características de la muestra



LEYENDA		RESPONSABLES	
TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICA	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	Muestreado Por:
C (Arcilla)	L (Baja Plasticidad)	CL = Arcillas de Baja Plasticidad	
M (Limo)	H (Alta Plasticidad)	CH = Arcillas de Alta Plasticidad	
O (Organico)		ML = Limos de Baja Plasticidad	
		MH = Limos de Alta Plasticidad	
		OL-OH = Orgánicos de H/L Plasticidad	
			Revisado Por:
			Técnico Fidel Del Rosario IngeoCaribe SRL
			 Ingeniero José Bautista Gerente de Proyectos

Resultado:

Según la carta de plasticidad de CASAGRANDE (1932), la matriz de este material fino, posee un límite líquido menor al 50% (inorgánico), un IP < 20, clasificándose este material como un LIMO DE BAJA PLASTICIDAD "ML"



**ENSAJO DE LIMITES DE CONSISTENCIA
SEGÚN LAS NORMAS ASTM D-4318 Y D-4319**

IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO

Ubicación: Tulio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal,
República Dominicana

Fecha:
30 / Octubre / 2022
Humedad Amb.:
63%
Temperatura:
24 grados

LÍMITES DE ATTERBERG

SONDEO No.03

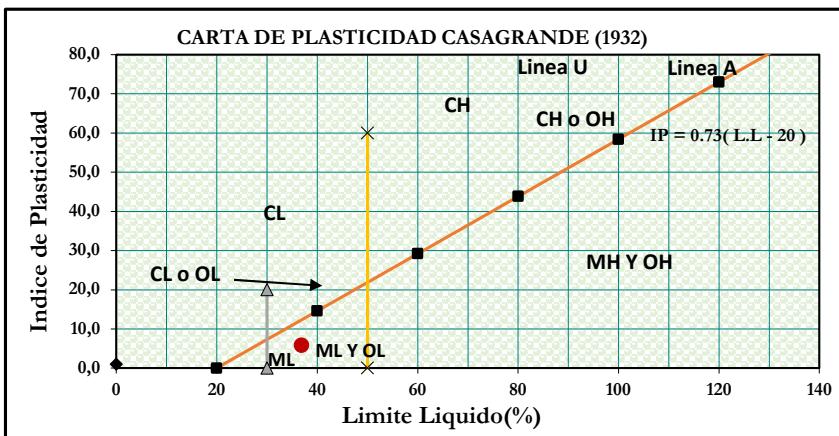
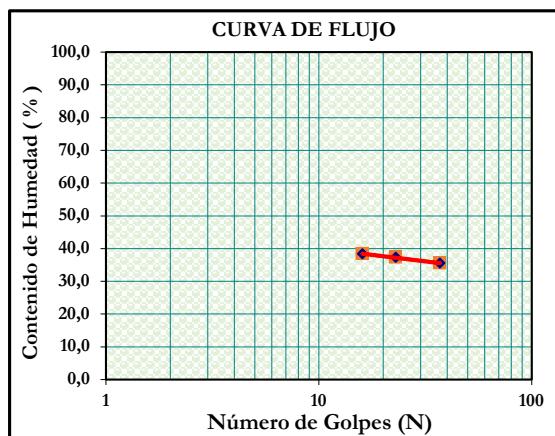
Profundidad: 0,90 m - 3,60 m

DESCRIPCION	UD	LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		LIMITES DE CONSISTENCIA	
Tara	#	D-G	B-2	2	F-I	101		
Peso de la Tara	gr	24,20	28,47	28,19	23,63	23,72		
Peso Tara + Muestra Húmeda	gr	45,83	45,59	45,32	27,36	27,28		
Peso Tara + Muestra Seca	gr	39,83	40,94	40,83	26,48	26,43		
Peso de la Muestra Seca	gr	15,63	12,47	12,64	2,85	2,71		
Peso del Agua	gr	6,00	4,65	4,49	0,88	0,85		
Humedad	%	38,39	37,29	35,52	30,88	31,37		
Número de Golpes		16	23	37	Promedio :		31,12	Grado de Consistencia : Media Dura , Sólida

Contenido Humedad (W %) vs Número de Golpes(N)	
N	W (%)
16	38,39
23	37,29
37	35,52
25	36,909

No. Tara	No. Golpes Log N	Humedad W (%)		Número Golpes Log N	Humedad W (%)		
						(X)	(Y)
1,0	1,204	38,39		Sx ²	5,763	4125,946	
2,0	1,362	37,29		S(xy)	152,707		
3,0	1,568	35,52		A	47,96		
Total	4,134	111,20		B	-7,91		

Características de la muestra



LEYENDA			RESPONSABLES	
TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICA	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	Muestreado Por:	Revisado Por:
C (Arcilla)	L (Baja Plasticidad)	CL = Arcillas de Baja Plasticidad		
M (Limo)	H (Alta Plasticidad)	CH = Arcillas de Alta Plasticidad		
O (Organico)		ML = Limos de Baja Plasticidad		
		MH = Limos de Alta Plasticidad		
		OL-OH = Orgánicos de H/L Plasticidad		
				 IngeoCaribe SRL

Resultado:

Según la carta de plasticidad de CASAGRANDE (1932), la matriz de este material fino, posee un límite líquido menor al 50% (inorgánico), un IP < 20, clasificándose este material como un LIMO DE BAJA PLASTICIDAD "ML"



**ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA
SEGÚN LAS NORMAS ASTM D-4318 Y D-4319**

IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO

Ubicación: Tului Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana

Fecha:
30 / Octubre / 2022
Humedad Amb.:
63%
Temperatura:
24 grados

LÍMITES DE ATTERBERG

SONDEO No.04

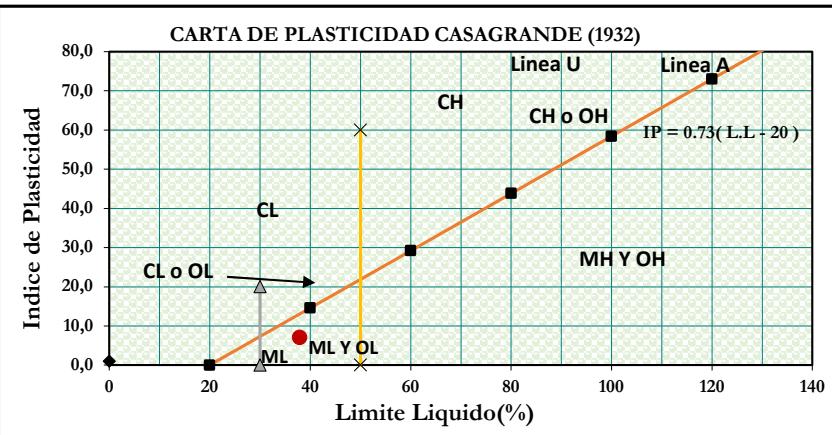
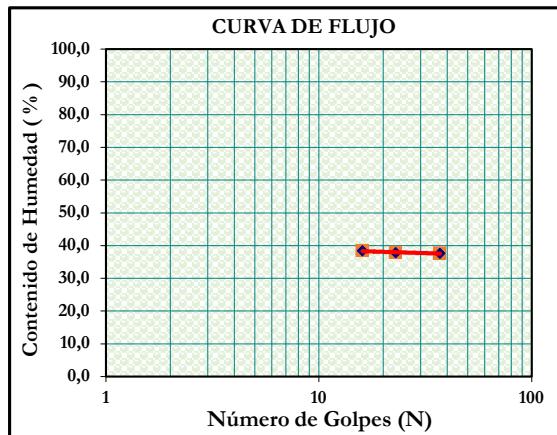
Profundidad: 0,90 m - 3,60 m

DESCRIPCION	UD	LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		LIMITES DE CONSISTENCIA	
Tara	#	BB	M	A-0I	15	O-I		
Peso de la Tara	gr	26,92	29,29	23,43	20,78	24,37		
Peso Tara + Muestra Húmeda	gr	47,94	47,44	46,25	24,42	28,50		
Peso Tara + Muestra Seca	gr	42,11	42,46	40,01	23,55	27,54		
Peso de la Muestra Seca	gr	15,19	13,17	16,58	2,77	3,17		
Peso del Agua	gr	5,83	4,98	6,24	0,87	0,96		
Humedad	%	38,38	37,81	37,64	31,41	30,28		
Número de Golpes		16	23	37	Promedio :		30,85	Grado de Consistencia : Media Dura , Sólida

Contenido Humedad (W %) vs Número de Golpes(N)	
N	W (%)
16	38,38
23	37,81
37	37,64
25	37,904

No. Tara	No. Golpes Log N	Humedad W (%)		Número Golpes Log N	Humedad W (%)		
						(X)	(Y)
1,0	1,204	38,38	Sx^2	5,763	4319,349		
2,0	1,362	37,81	$S(xy)$	156,726			
3,0	1,568	37,64	A	40,68			
Total	4,134	113,83	B	-1,99			

Características de la muestra



LEYENDA			RESPONSABLES	
TIPO DE SUELO	CARACTERÍSTICA	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	Muestreado Por:	Revisado Por:
C (Arcilla)	L (Baja Plasticidad)	CL = Arcillas de Baja Plasticidad		
M (Limo)	H (Alta Plasticidad)	CH = Arcillas de Alta Plasticidad		
O (Organico)		ML = Limos de Baja Plasticidad		
		MH = Limos de Alta Plasticidad		
		OL-OH = Orgánicos de H/L Plasticidad		
			Técnico Fidel Del Rosario IngeoCaribe SRL	IngeoCaribe SRL Mng. Jose Blas Gerente de Proyectos

Resultado:

Según la carta de plasticidad de CASAGRANDE (1932), la matriz de este material fino, posee un límite líquido menor al 50% (inorgánico), un IP < 20, clasificándose este material como un LIMO DE BAJA PLASTICIDAD "ML"

ENSAYO DE HUMEDADES Y PESOS ESPECÍFICOS
SEGUN NORMAS ASTM D 2216

IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO

Ubicación: Túlio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal,
República Dominicana

Fecha:
29 / Octubre / 2022
Humedad Amb.:
63%
Temperatura:
24 grados

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO			TEMPERATURA : 110°C			
DESCRIPCIÓN	UD	SONDEO No.01	SONDEO No.02	SONDEO No.02	SONDEO No.03	SONDEO No.04
Profundidad		0,90 m - 4,05 m	0,90 m - 1,80 m	1,80 m - 5,40 m	0,90 m - 3,60 m	0,90 m - 3,60 m
Identificación de la Tara	#	A-12	A-13	A-14	A-15	A-16
Peso Tara	gr	151	207	145	153	148
Peso Tara +Muestra Húmeda	gr	1831,50	837,40	1376,30	1617,60	1124,70
Peso Tara + Muestra Seca	gr	1629,00	759,00	1251,00	1430,00	986,00
Peso de la Muestra Seca	gr	1478,00	552,00	1106,00	1277,00	838,00
Peso del Agua	gr	202,50	78,40	125,30	187,60	138,70
Contenido de Humedad	%	13,70	14,20	11,33	14,69	16,55
Humedad Promedio	%	13,70	14,20	11,33	14,69	16,55
DESCRIPCIÓN	UD					
Profundidad						
Identificación de la Tara	#					
Peso Tara	gr					
Peso Tara +Muestra Húmeda	gr					
Peso Tara + Muestra Seca	gr					
Peso de la Muestra Seca	gr					
Peso del Agua	gr					
Contenido de Humedad	%					
Humedad Promedio	%					
DESCRIPCIÓN	UD					
Profundidad						
Identificación de la Tara	#					
Peso Tara	gr					
Peso Tara +Muestra Húmeda	gr					
Peso Tara + Muestra Seca	gr					
Peso de la Muestra Seca	gr					
Peso del Agua	gr					
Contenido de Humedad	%					
Humedad Promedio	%					
OBSERVACIONES:						
El suelo analizado presenta una humedad que varía entre el intervalo mostrado según la exploración donde se recuperó la muestra analizada.						
11,33%	entre	16,55%				
MUESTRA						
RESPONSABLES						
Muestreado Por:	Revisado Por:					
FDR	 Técnico Fidel del Rosario	 Ingenieros Geotécnicos del Caribe				

ANEXO III

MEMORIA FOTOGRÁFICA

IC



SONDEO NO.01 (S01)



<table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td><td colspan="2">FUNERARIA HATILLO. pdF</td></tr> <tr> <td>Ubicación</td><td colspan="2">C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL</td></tr> <tr> <td>Fecha</td><td colspan="2">Sondeo / Profundidad</td></tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF		Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL		Fecha	Sondeo / Profundidad		<table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td><td colspan="2">FUNERARIA HATILLO. pdF</td></tr> <tr> <td>Ubicación</td><td colspan="2">C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL</td></tr> <tr> <td>Fecha</td><td colspan="2">Sondeo / Profundidad</td></tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF		Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL		Fecha	Sondeo / Profundidad	
Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF																		
Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL																		
Fecha	Sondeo / Profundidad																		
Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF																		
Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL																		
Fecha	Sondeo / Profundidad																		
<table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td><td colspan="2">FUNERARIA HATILLO. pdF</td></tr> <tr> <td>Ubicación</td><td colspan="2">C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL</td></tr> <tr> <td>Fecha</td><td colspan="2">Sondeo / Profundidad</td></tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF		Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL		Fecha	Sondeo / Profundidad		<table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td><td colspan="2">FUNERARIA HATILLO. pdF</td></tr> <tr> <td>Ubicación</td><td colspan="2">C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL</td></tr> <tr> <td>Fecha</td><td colspan="2">Sondeo / Profundidad</td></tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF		Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL		Fecha	Sondeo / Profundidad	
Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF																		
Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL																		
Fecha	Sondeo / Profundidad																		
Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF																		
Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL																		
Fecha	Sondeo / Profundidad																		
<table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td><td colspan="2">FUNERARIA HATILLO. pdF</td></tr> <tr> <td>Ubicación</td><td colspan="2">C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL</td></tr> <tr> <td>Fecha</td><td colspan="2">Sondeo / Profundidad</td></tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF		Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL		Fecha	Sondeo / Profundidad		<table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td><td colspan="2">FUNERARIA HATILLO. pdF</td></tr> <tr> <td>Ubicación</td><td colspan="2">C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL</td></tr> <tr> <td>Fecha</td><td colspan="2">Sondeo / Profundidad</td></tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF		Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL		Fecha	Sondeo / Profundidad	
Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF																		
Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL																		
Fecha	Sondeo / Profundidad																		
Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF																		
Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL																		
Fecha	Sondeo / Profundidad																		
<table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td><td colspan="2">FUNERARIA HATILLO. pdF</td></tr> <tr> <td>Ubicación</td><td colspan="2">C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL</td></tr> <tr> <td>Fecha</td><td colspan="2">Sondeo / Profundidad</td></tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF		Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL		Fecha	Sondeo / Profundidad		<table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td><td colspan="2">FUNERARIA HATILLO. pdF</td></tr> <tr> <td>Ubicación</td><td colspan="2">C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL</td></tr> <tr> <td>Fecha</td><td colspan="2">Sondeo / Profundidad</td></tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF		Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL		Fecha	Sondeo / Profundidad	
Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF																		
Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL																		
Fecha	Sondeo / Profundidad																		
Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF																		
Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL																		
Fecha	Sondeo / Profundidad																		
<table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td><td colspan="2">FUNERARIA HATILLO. pdF</td></tr> <tr> <td>Ubicación</td><td colspan="2">C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL</td></tr> <tr> <td>Fecha</td><td colspan="2">Sondeo / Profundidad</td></tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF		Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL		Fecha	Sondeo / Profundidad		<table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td><td colspan="2">FUNERARIA HATILLO. pdF</td></tr> <tr> <td>Ubicación</td><td colspan="2">C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL</td></tr> <tr> <td>Fecha</td><td colspan="2">Sondeo / Profundidad</td></tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF		Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL		Fecha	Sondeo / Profundidad	
Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF																		
Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL																		
Fecha	Sondeo / Profundidad																		
Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF																		
Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL																		
Fecha	Sondeo / Profundidad																		
<table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td><td colspan="2">FUNERARIA HATILLO. pdF</td></tr> <tr> <td>Ubicación</td><td colspan="2">C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL</td></tr> <tr> <td>Fecha</td><td colspan="2">Sondeo / Profundidad</td></tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF		Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL		Fecha	Sondeo / Profundidad											
Proyecto	FUNERARIA HATILLO. pdF																		
Ubicación	C.II. Túnel manuel SAN CRISTOBAL																		
Fecha	Sondeo / Profundidad																		

Memoria fotográfica 01 Sondeo No.01

SONDEO NO.02 (S02)



Memoria fotográfica 02 Sondeo No.02

SONDEO NO.03 (S03)

 <table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td> <td>FUNERARIA HATILLO- p.d.F</td> </tr> <tr> <td>Ubicación</td> <td>C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 0,45</td> </tr> <tr> <td>IG</td> <td>IngeoCaribe</td> </tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO- p.d.F	Ubicación	C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL	Fecha	Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 0,45	IG	IngeoCaribe	 <table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td> <td>FUNERARIA HATILLO- p.d.F</td> </tr> <tr> <td>Ubicación</td> <td>C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 045-0.90</td> </tr> <tr> <td>IG</td> <td>IngeoCaribe</td> </tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO- p.d.F	Ubicación	C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL	Fecha	Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 045-0.90	IG	IngeoCaribe
Proyecto	FUNERARIA HATILLO- p.d.F																
Ubicación	C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL																
Fecha	Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 0,45																
IG	IngeoCaribe																
Proyecto	FUNERARIA HATILLO- p.d.F																
Ubicación	C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL																
Fecha	Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 045-0.90																
IG	IngeoCaribe																
 <table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td> <td>FUNERARIA HATILLO- p.d.F</td> </tr> <tr> <td>Ubicación</td> <td>C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 0.90-1.35</td> </tr> <tr> <td>IG</td> <td>IngeoCaribe</td> </tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO- p.d.F	Ubicación	C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL	Fecha	Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 0.90-1.35	IG	IngeoCaribe	 <table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td> <td>FUNERARIA HATILLO- p.d.F</td> </tr> <tr> <td>Ubicación</td> <td>C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 135-1.80</td> </tr> <tr> <td>IG</td> <td>IngeoCaribe</td> </tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO- p.d.F	Ubicación	C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL	Fecha	Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 135-1.80	IG	IngeoCaribe
Proyecto	FUNERARIA HATILLO- p.d.F																
Ubicación	C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL																
Fecha	Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 0.90-1.35																
IG	IngeoCaribe																
Proyecto	FUNERARIA HATILLO- p.d.F																
Ubicación	C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL																
Fecha	Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 135-1.80																
IG	IngeoCaribe																
 <table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td> <td>FUNERARIA HATILLO- p.d.F</td> </tr> <tr> <td>Ubicación</td> <td>C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 180-225</td> </tr> <tr> <td>IG</td> <td>IngeoCaribe</td> </tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO- p.d.F	Ubicación	C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL	Fecha	Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 180-225	IG	IngeoCaribe	 <table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td> <td>FUNERARIA HATILLO- p.d.F</td> </tr> <tr> <td>Ubicación</td> <td>C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 225-270</td> </tr> <tr> <td>IG</td> <td>IngeoCaribe</td> </tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO- p.d.F	Ubicación	C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL	Fecha	Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 225-270	IG	IngeoCaribe
Proyecto	FUNERARIA HATILLO- p.d.F																
Ubicación	C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL																
Fecha	Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 180-225																
IG	IngeoCaribe																
Proyecto	FUNERARIA HATILLO- p.d.F																
Ubicación	C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL																
Fecha	Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 225-270																
IG	IngeoCaribe																
 <table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td> <td>FUNERARIA HATILLO- p.d.F</td> </tr> <tr> <td>Ubicación</td> <td>C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 270-315</td> </tr> <tr> <td>IG</td> <td>IngeoCaribe</td> </tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO- p.d.F	Ubicación	C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL	Fecha	Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 270-315	IG	IngeoCaribe	 <table border="1"> <tr> <td>Proyecto</td> <td>FUNERARIA HATILLO- p.d.F</td> </tr> <tr> <td>Ubicación</td> <td>C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL</td> </tr> <tr> <td>Fecha</td> <td>Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 315-3.60</td> </tr> <tr> <td>IG</td> <td>IngeoCaribe</td> </tr> </table>	Proyecto	FUNERARIA HATILLO- p.d.F	Ubicación	C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL	Fecha	Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 315-3.60	IG	IngeoCaribe
Proyecto	FUNERARIA HATILLO- p.d.F																
Ubicación	C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL																
Fecha	Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 270-315																
IG	IngeoCaribe																
Proyecto	FUNERARIA HATILLO- p.d.F																
Ubicación	C.II-Túnelmanuel SAN CRISTOBAL																
Fecha	Sondeo / Profundidad 27/10/2022 # 3 315-3.60																
IG	IngeoCaribe																

Memoria fotográfica 03 Sondeo No.03

SONDEO NO.04 (S04)



Memoria fotográfica 04 Sondeo No.04

ANEXO IV

PERFÍLES ESTRATIGRÁFICOS



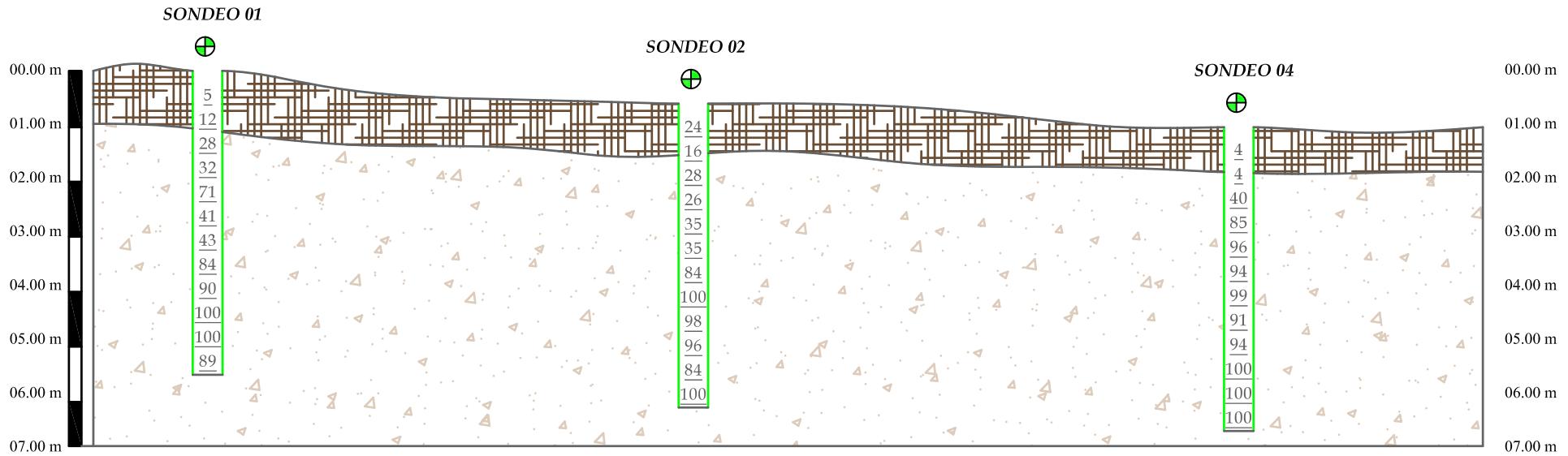
10



PERFIL ESTRATIGRÁFICO PERFIL AA LÍNEA SONDEOS S01-S02-S04

Leyenda

Capa Vegetal	Grava Arcillosa con Arena (GC)
Limo de Baja Plasticidad. (ML)	Arcilla Arenosa de Baja Plast. (CL)
Limo de Alta Plasticidad. (MH)	Arcilla de Alta Plasticidad. (CH)
Arena Limosa con Grava (SM)	Roca Caliza Coralina
Plano de fundación	Nivel Freático
	Indicador Sondeo



IngeoCaribe SRL
Ingenieros Geotécnicos del Caribe
RNC 1-31-41798-1

**IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO
(SAN CRISTOBAL)**

Ubicación:
Tulio Manuel Cestero,
Carr. Sánchez, Hatillo 91000,
provincia San Cristóbal,
República Dominicana

**Perfil
Estratigráfico**

Fecha:
10 - 11 - 2022

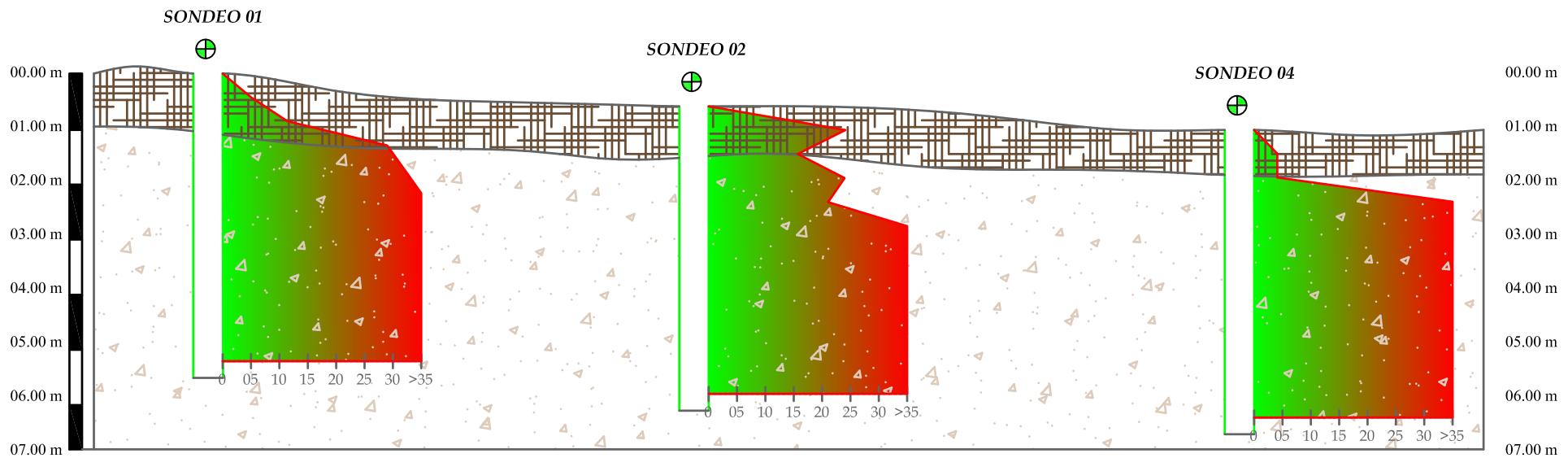
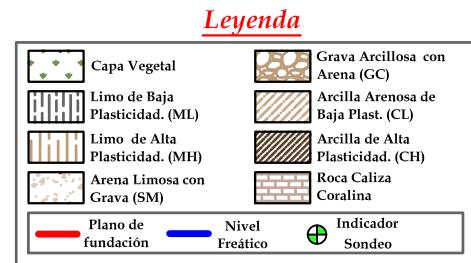
Elaborado por:
Ing. Maiko Lorenzo

1
3

**Esc.
N/A.**



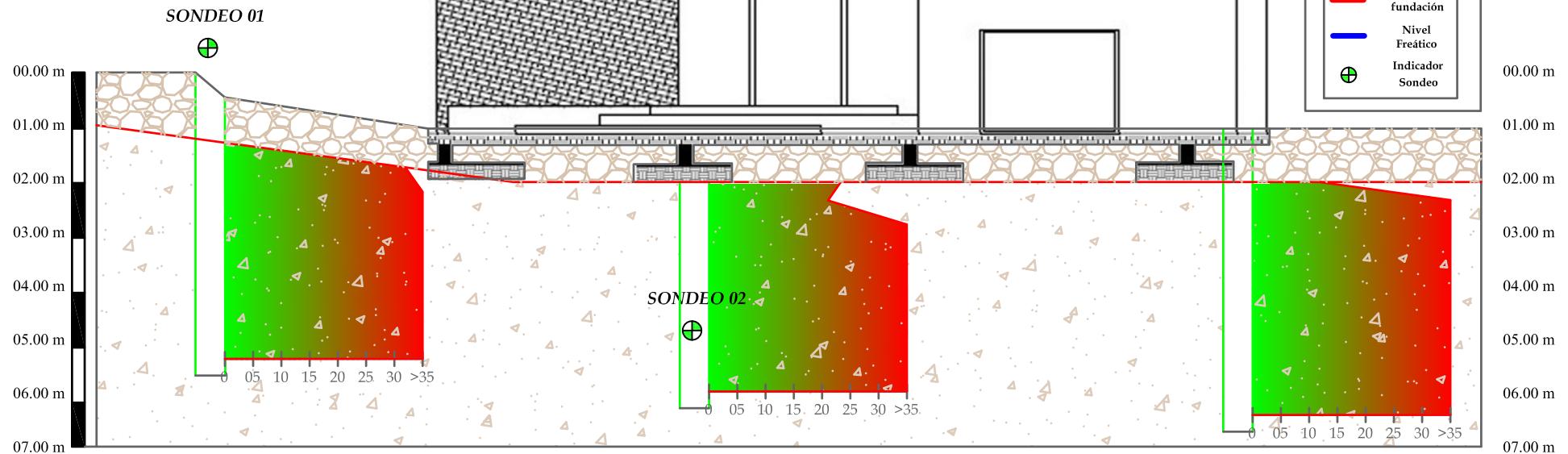
PERFIL ESTRATIGRÁFICO PERFIL AA LÍNEA SONDEOS S01-S02-S04



 IngeoCaribe SRL <small>Ingenieros Geotécnicos del Caribe RNC 1-31-41798-1</small>	IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO (SAN CRISTOBAL)	Ubicación: Tulio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000, provincia San Cristóbal, República Dominicana	Perfil Estratigráfico Fecha: 10 - 11 - 2022	2 3
			<small>Elaborado por: Ing. Maiko Lorenzo</small>	<small>Esc. N/A</small>

ESQUEMA DE ANÁLISIS

Nota: La vista frontal no corresponde al proyecto de estudio. Consiste en una representación gráfica de una construcción de dos niveles.



IngeoCaribe SRL
Ingenieros Geotécnicos del Caribe
RNC 1-31-41798-1

**IG_205_22 - FUNERARIA HATILLO
(SAN CRISTOBAL)**

Ubicación:
Tulio Manuel Cestero,
Carr. Sánchez, Hatillo 91000,
provincia San Cristóbal,
República Dominicana

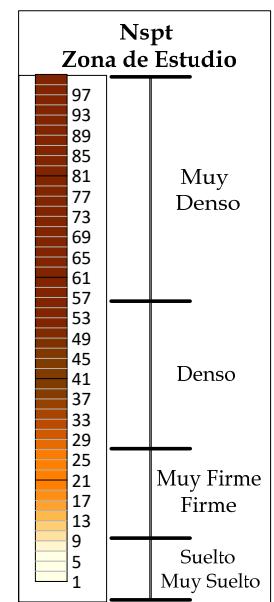
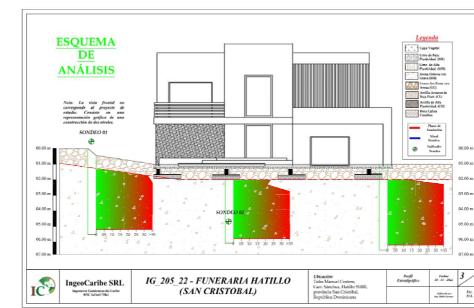
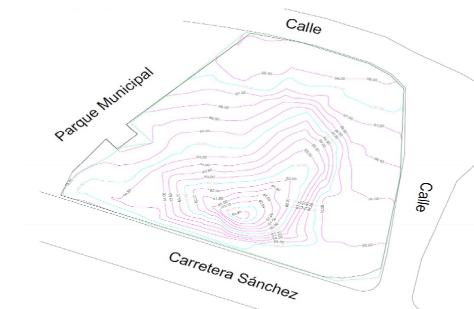
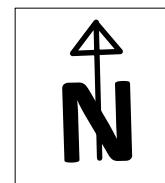
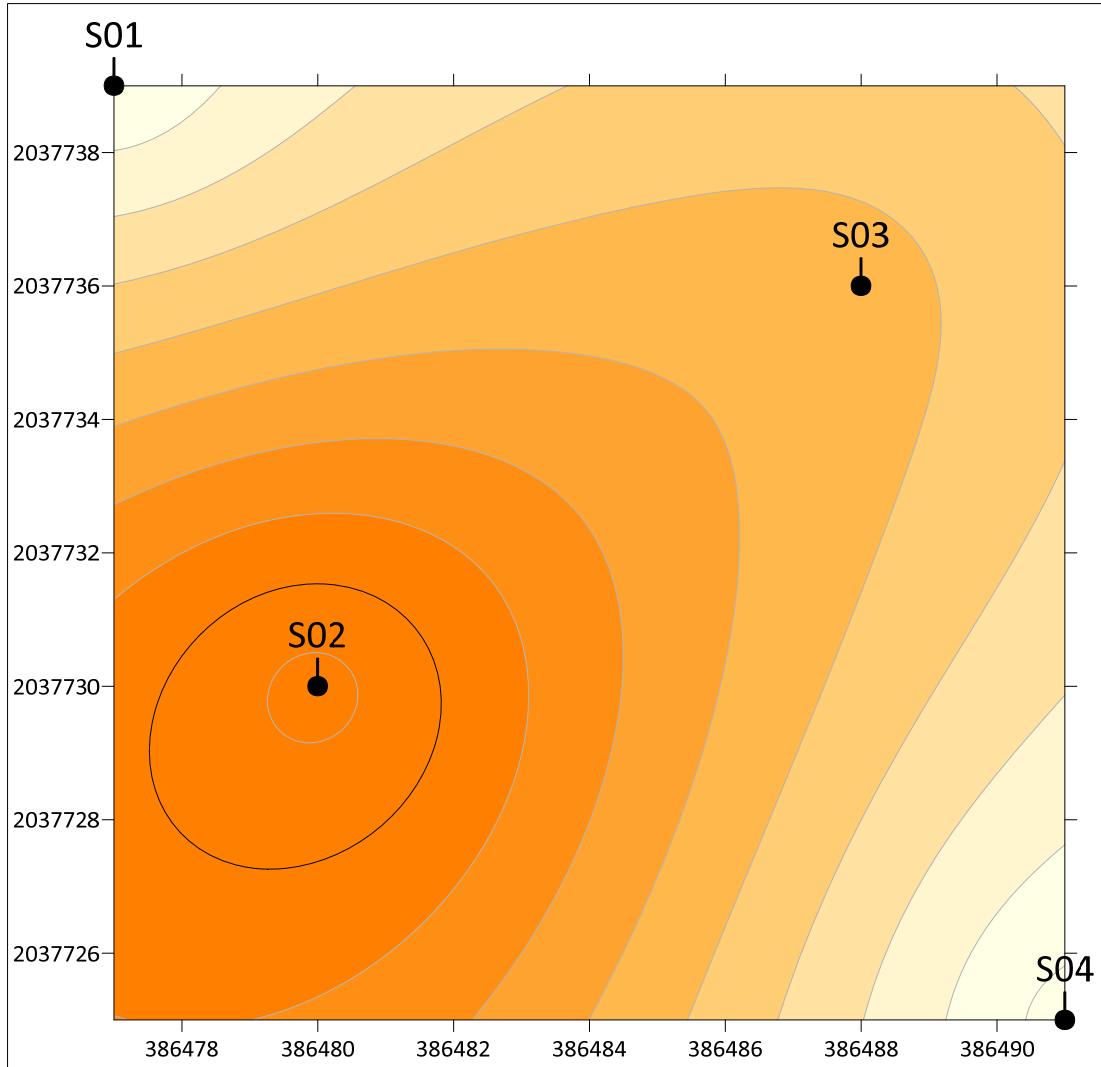
Perfil Estratigráfico

Fecha:
10 - 11 - 2022

3
3

Elaborado por:
Ing. Maiko Lorenzo

Esc.
N/A.



IG_205_22 - Funeraria Hatillo

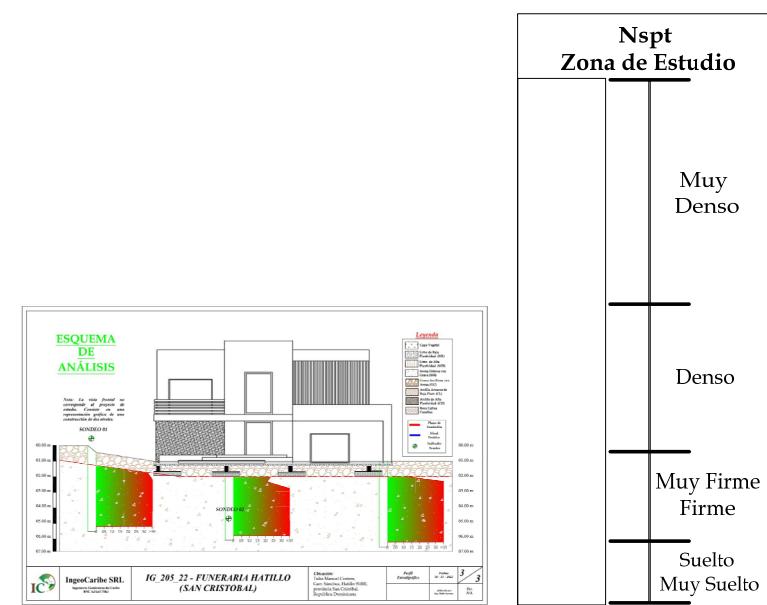
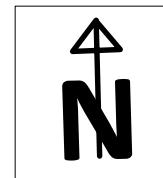
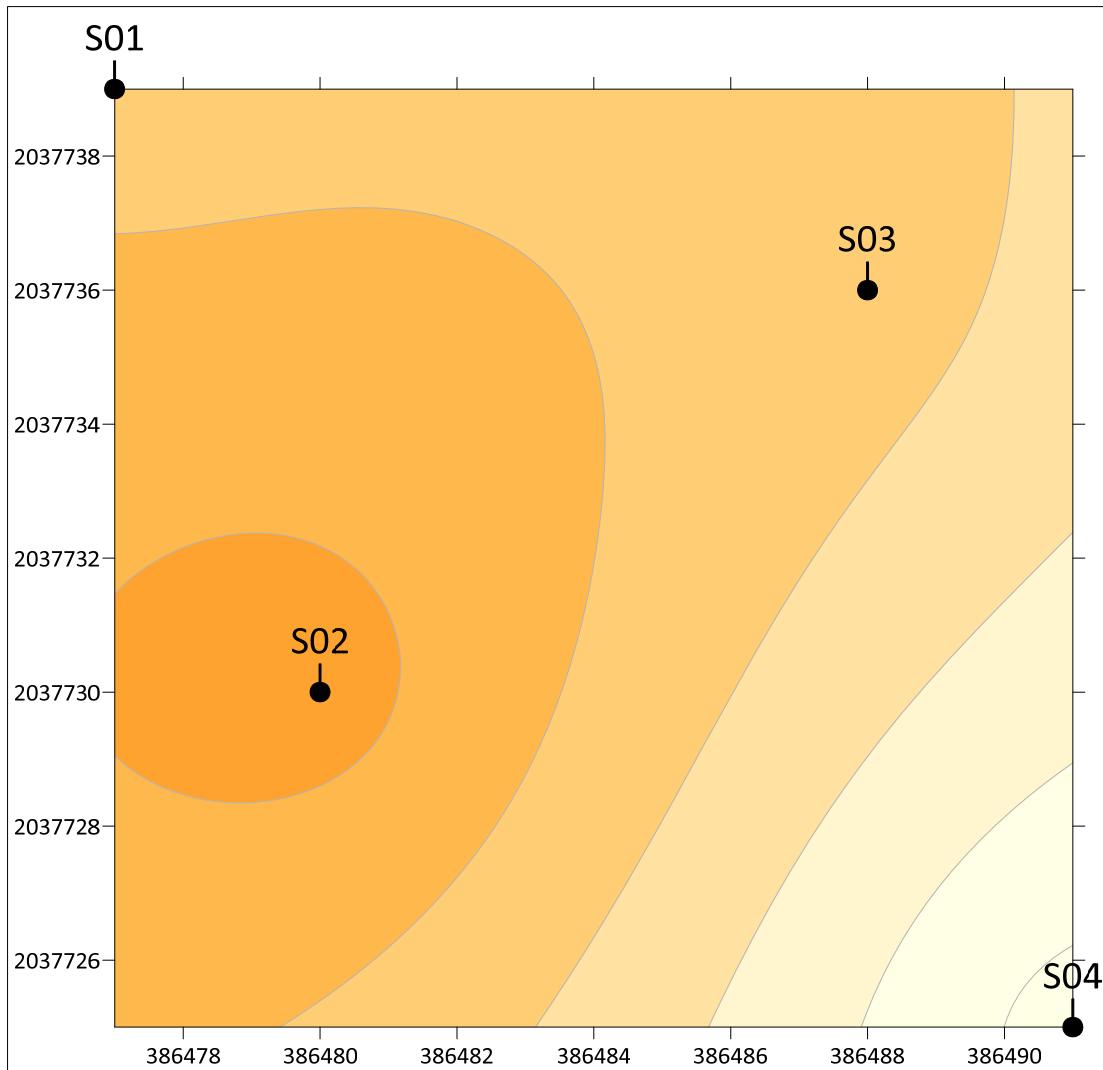
Tulio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000,
provincia San Cristóbal, República Dominicana

Mapa Isocrono, Valores Nspt

Noviembre 2022

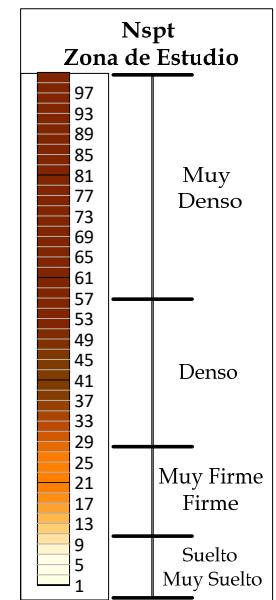
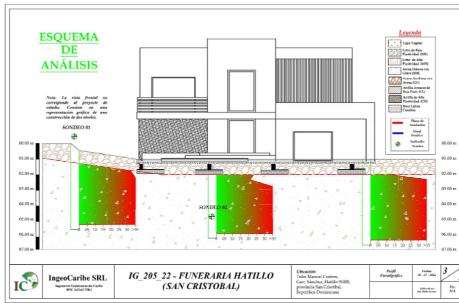
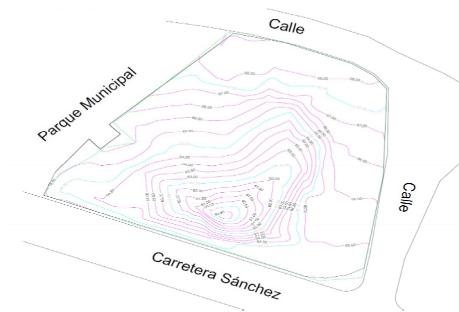
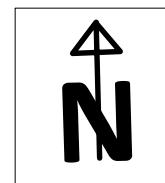
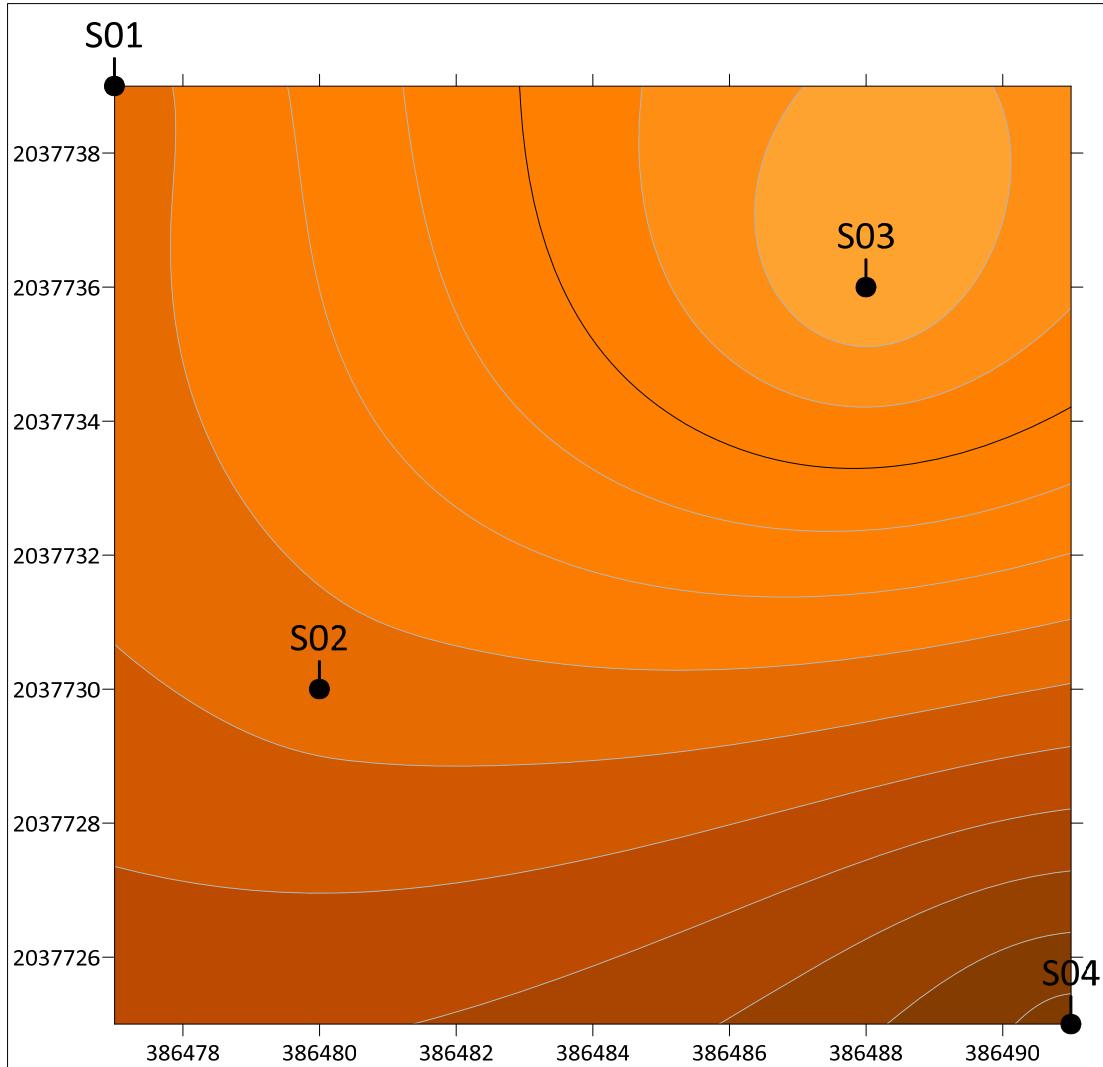
Profundidad: 0.45 m





Mapa Isocrono, Valores Nspt Noviembre 2022 Profundidad: 0.90 m





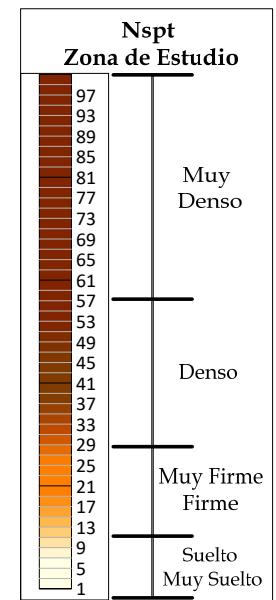
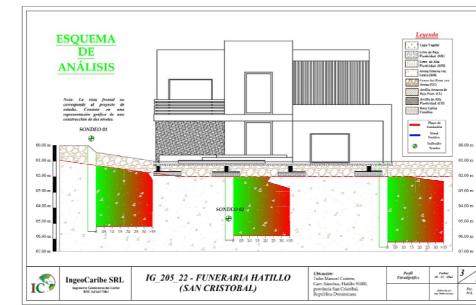
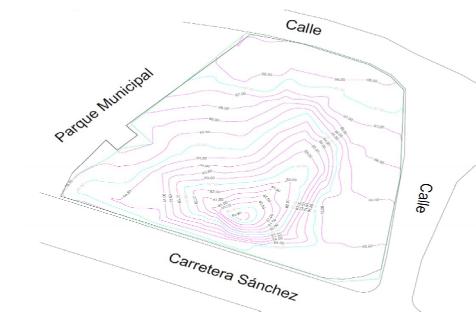
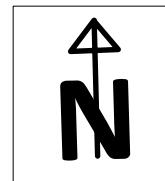
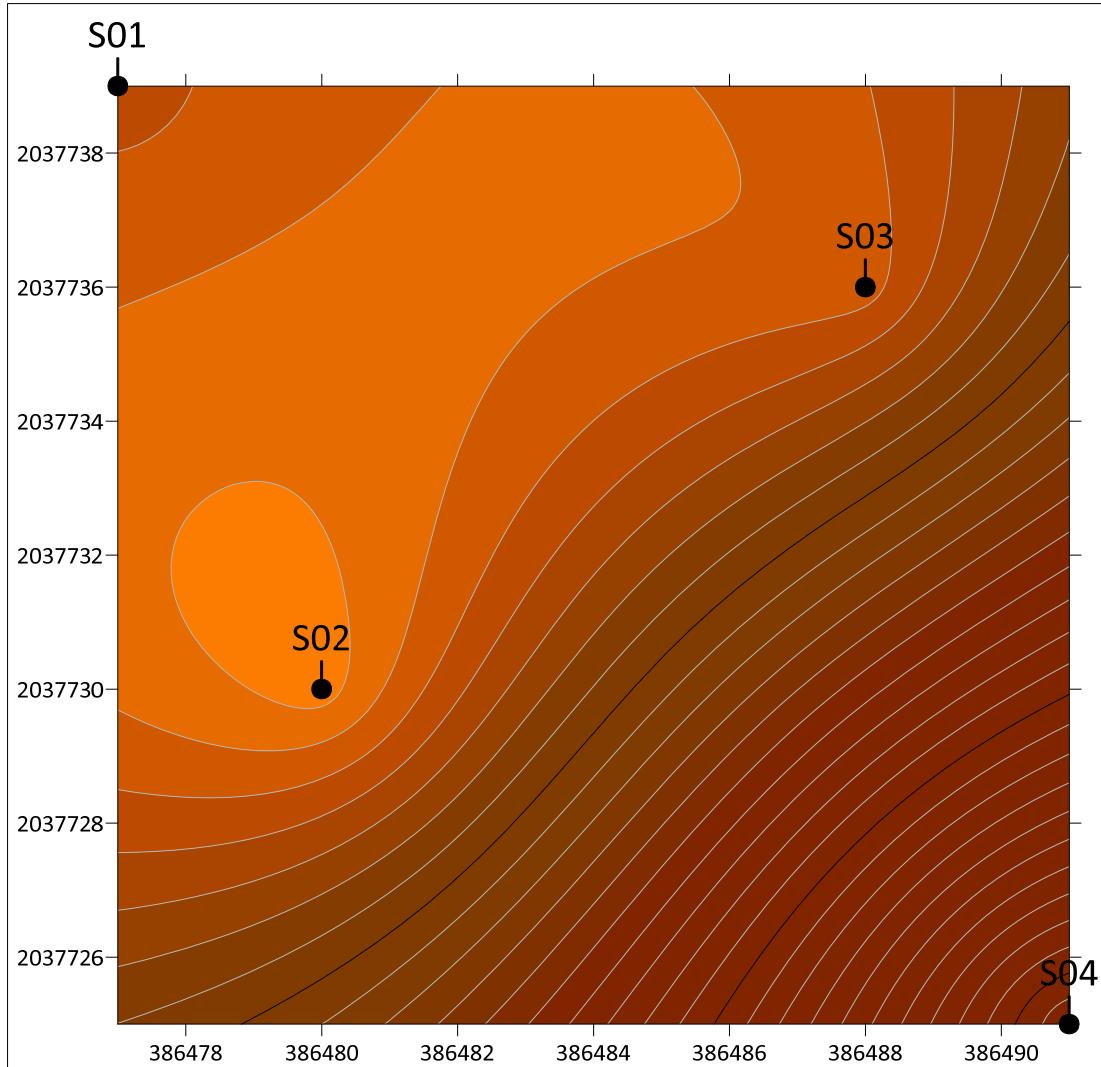
IG_205_22 - Funeraria Hatillo

Mapa Isocrono, Valores Nspt

Noviembre 2022

Profundidad: 1.35 m





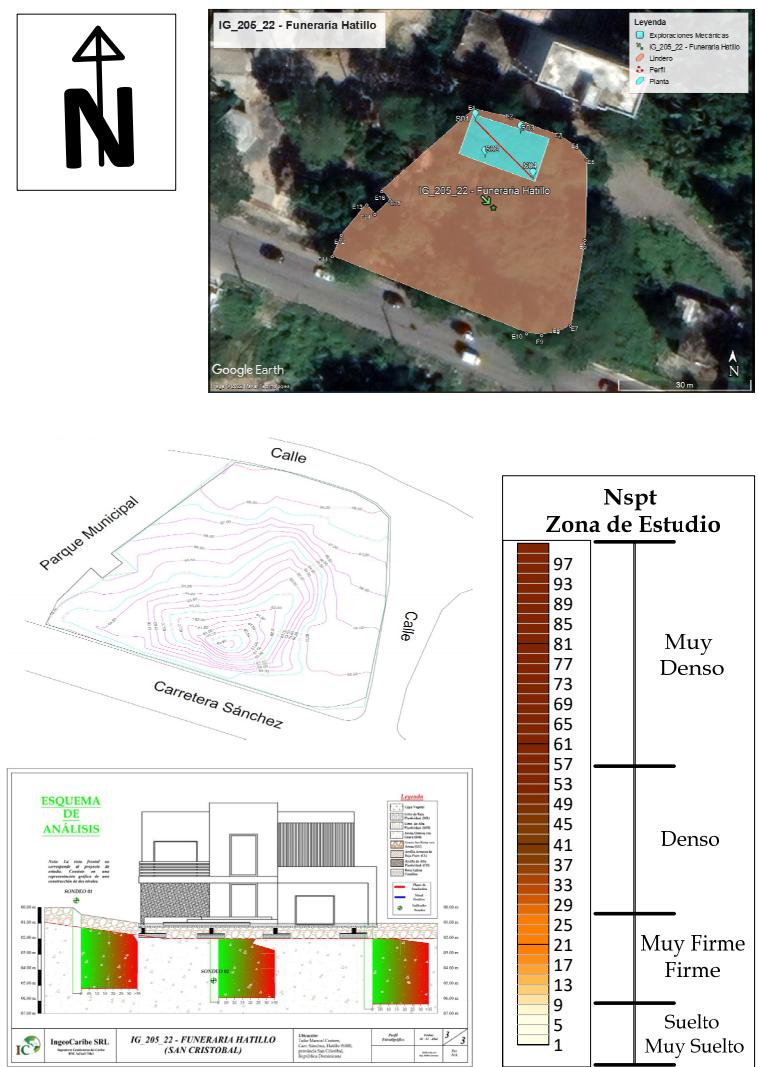
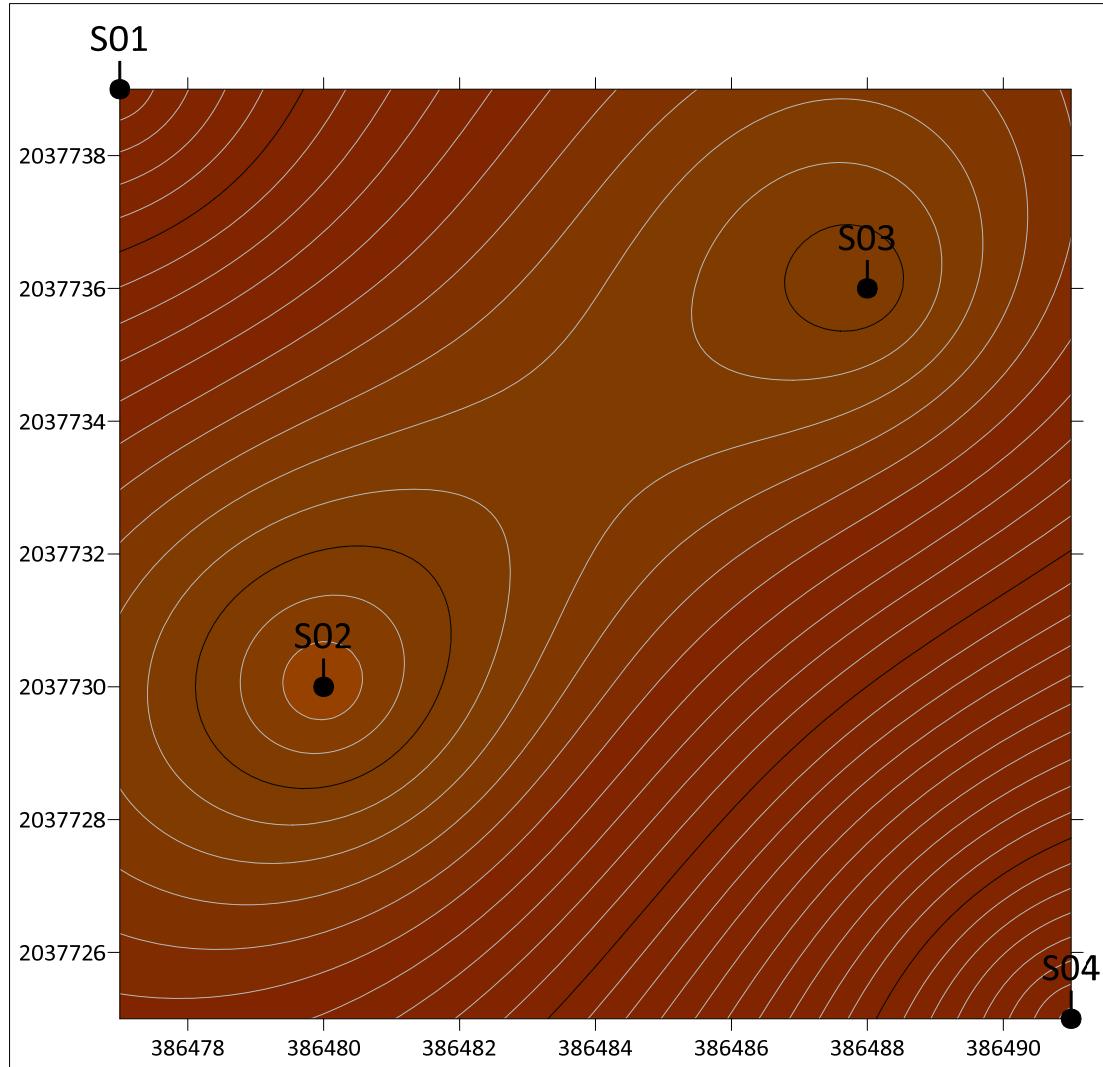
IG_205_22 - Funeraria Hatillo

Mapa Isocrono, Valores Nspt

Noviembre 2022

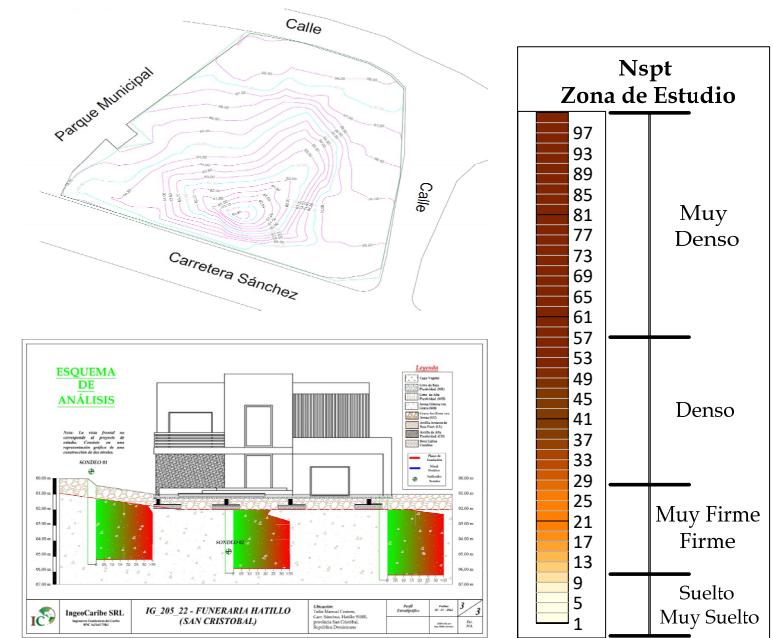
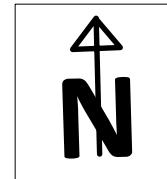
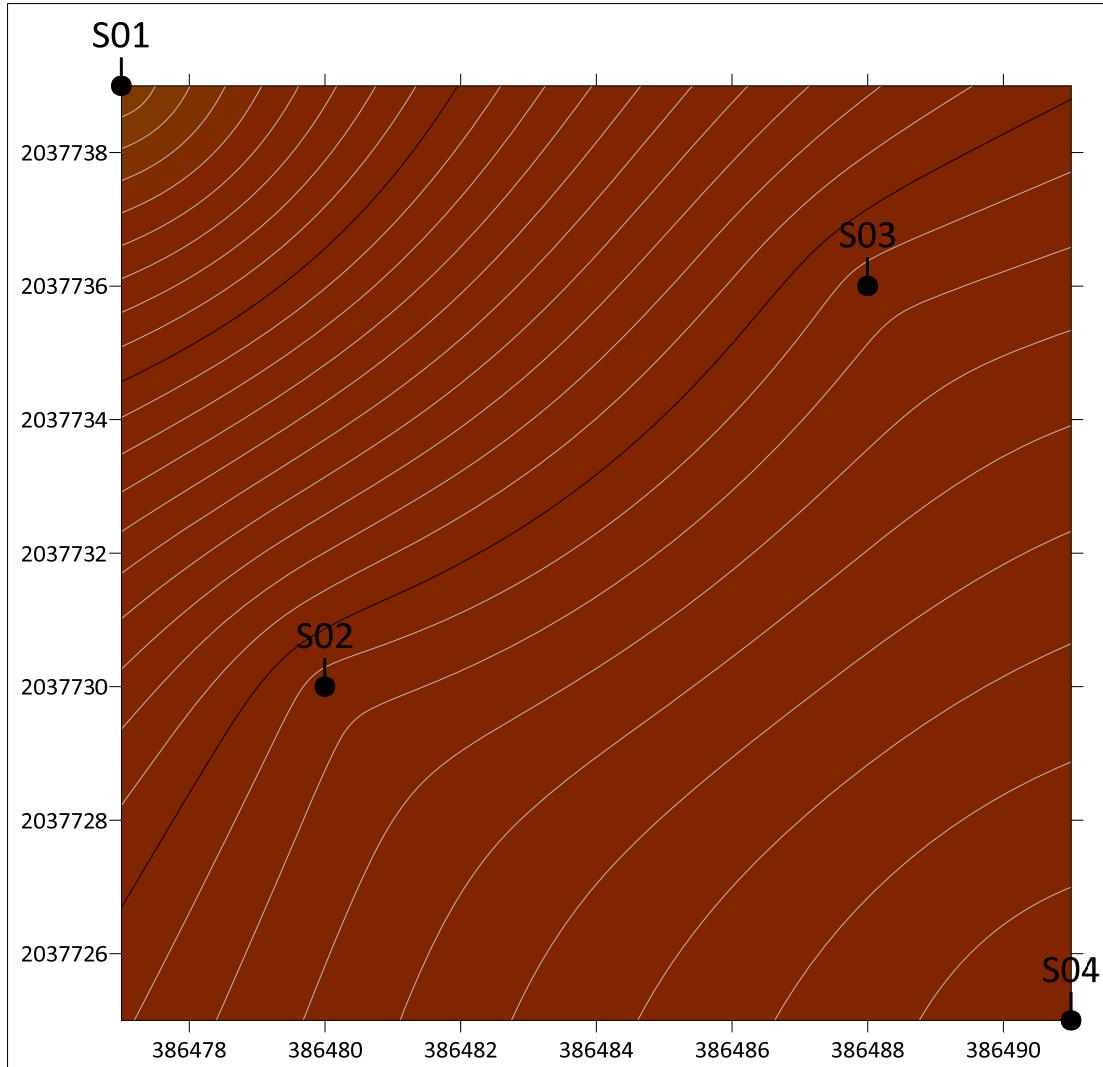
Profundidad: 1.80 m





IG_205_22 - Funeraria Hatillo
Tulio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000,
provincia San Cristóbal, República Dominicana

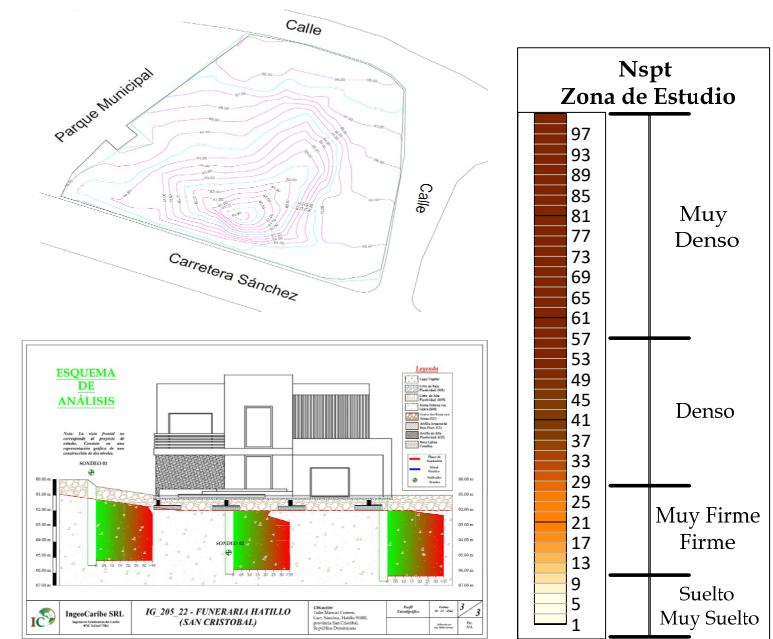
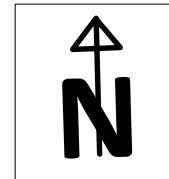
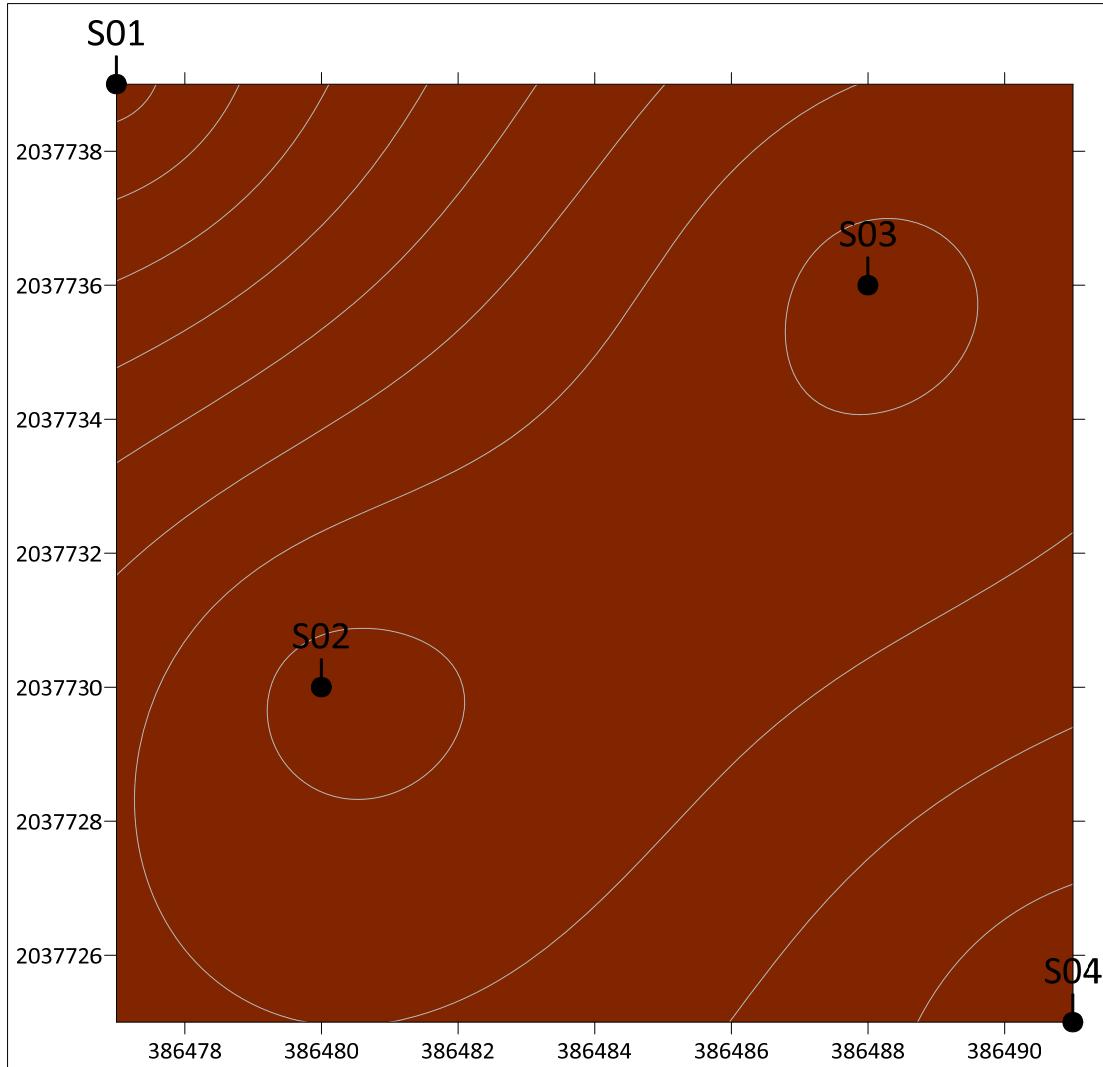
Mapa Isocrono, Valores Nspt
Noviembre 2022
Profundidad: 2.70 m



IG_205_22 - Funeraria Hatillo

Tulio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000,
provincia San Cristóbal, República Dominicana

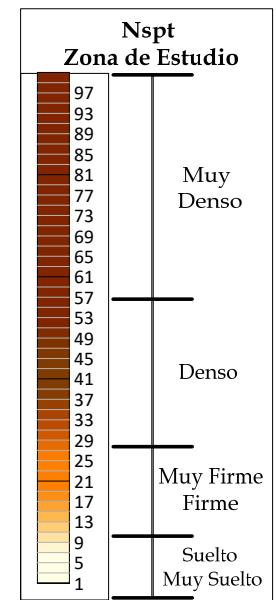
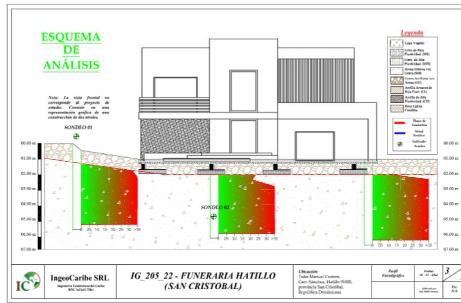
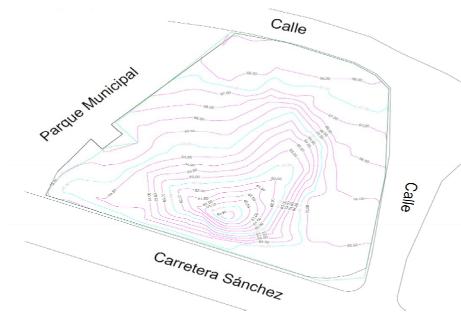
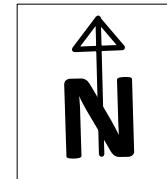
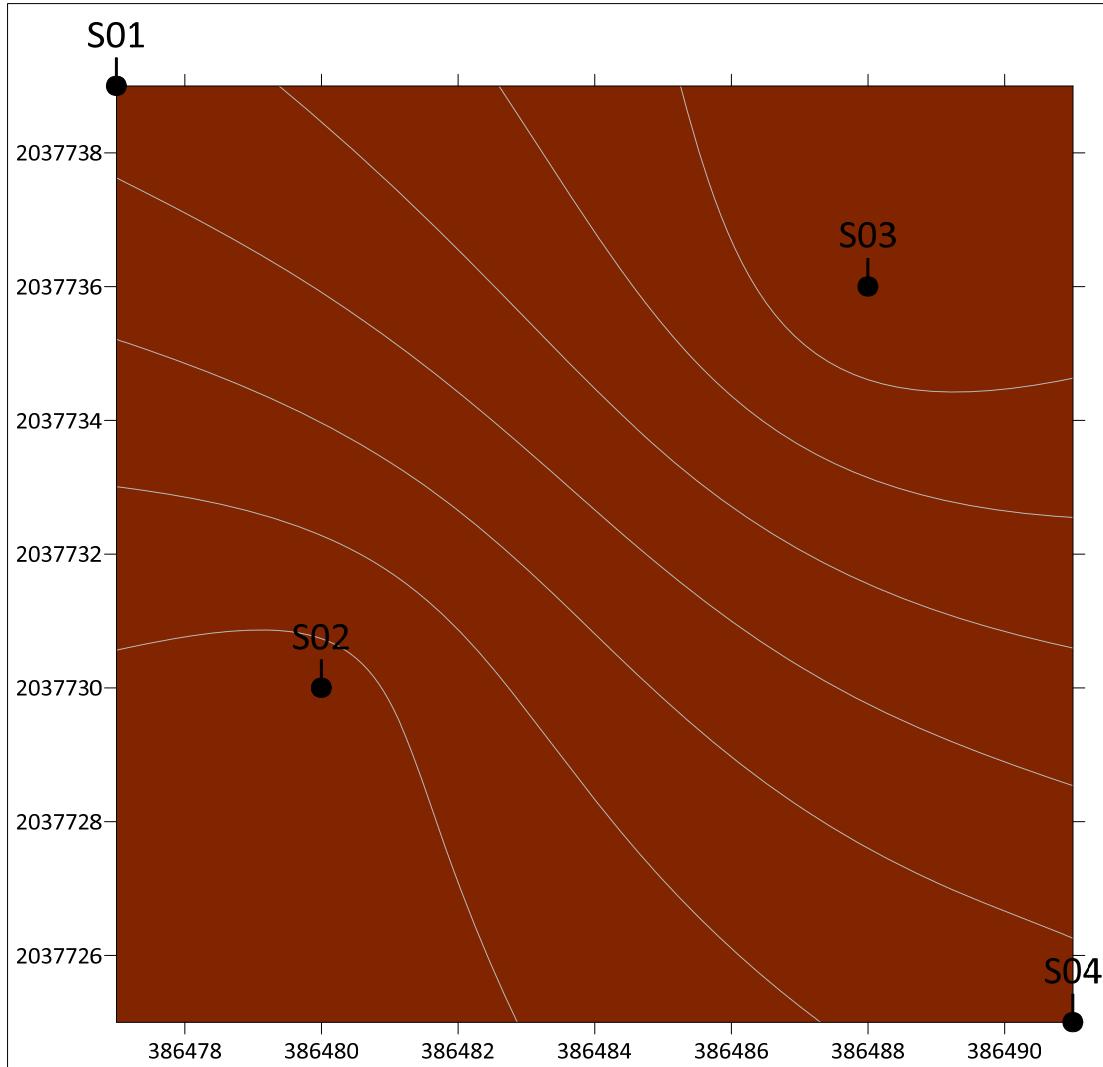
Mapa Isocrono, Valores Nspt
Noviembre 2022
Profundidad: 3.15 m



IG_205_22 - Funeraria Hatillo

**Mapa Isocrono, Valores Nspt
Noviembre 2022
Profundidad: 3.60 m**





IG_205_22 - Funeraria Hatillo
Tulio Manuel Cestero, Carr. Sánchez, Hatillo 91000,
provincia San Cristóbal, República Dominicana

Mapa Isocrono, Valores Nspt
Noviembre 2022
Profundidad: 1.35 m