

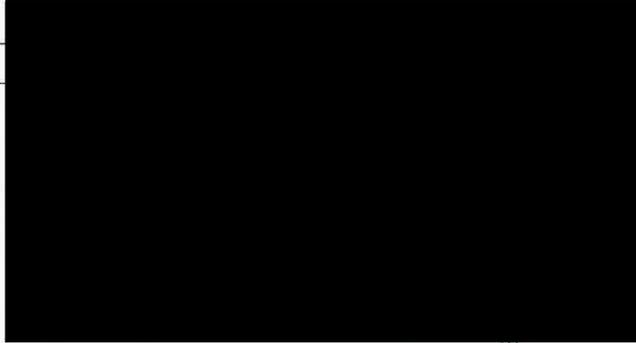
Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023

PROYECTO INTEGRAL DE LA "CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES- LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3" DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

 	
CONTROL DE DOCUMENTOS	
<input type="checkbox"/> Autorizado para construcción	Fecha _____
<input type="checkbox"/> Autorizado para implementación	Fecha _____
<input type="checkbox"/> Solo para información	Fecha _____
<input type="checkbox"/> Obsoleto	Fecha _____
<p>Copia Controlada para: Autoriza: _____</p>	

SUPERVISIÓN CABLEBUS L3



Elaboró	Autorizó.	Enterado.
		

Contenido

1.	ANTECEDENTES.....	3
2.	OBJETO	3
3.	ALCANCES	3
4.	CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 24	3
5.	CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO	5
5.1	INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE	5
5.2	EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA.....	5
5.3	ENSAYES DE LABORATORIO.....	6
5.4	INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA	6
5.5	MODELO GEOMECÁNICO	8
6.	DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN	9
6.1	CARGAS ACTUANTES.....	9
6.2	SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN	9
6.3	ESTADO LÍMITE DE FALLA	10
6.4	ESTADO LÍMITE DE SERVICIO	12
7.	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	13
7.1	PREPARACIÓN DE ÁREAS.....	14
7.2	PILAS	14
7.3	EXCAVACIÓN	16
7.4	MINAS.....	17
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
9.	ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA	21
10.	ANEXO 2. PERFIL DE SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y REGISTRO DE CAMPO	29
11.	ANEXO 3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO	36
12.	ANEXO 4. PRUEBAS DE FICÓMETRO.....	52
13.	ANEXO 5. CARGAS ACTUANTES EN TORRE 24	56
14.	ANEXO 6. ESTUDIO GEOFÍSICO (GEORADAR)	62
15.	ANEXO 7. MEMORIA DE CÁLCULO	81
16.	ANEXO 8. PLANOS DE PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.....	90

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús.....	4
---	---

Índice de Tablas

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3	4
Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño.....	8
Tabla 3 Valores de N_{max} y N_{min}	11
Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación	11
Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas.....	12
Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas.....	13
Tabla 7. Módulos estáticos de reacción horizontal para dado.....	13

Índice de Figuras

Figura 1. Croquis de localización y ubicación de sondeos, T-24	
Figura 2. Zonificación geotécnica de la Ciudad de México	
Figura 3. Corte estratigráfico y solución de cimentación, T-24	
Figura 4. Propuesta de cimentación, T-24	
Figura 5. Procedimiento de excavación, T-24	

1. Antecedentes

Con el propósito de cumplir con los términos de referencia del proyecto "CONSTRUCCIÓN CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES - LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3" DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO. El consorcio solicitó a la empresa INGENIEROS CUEVAS ASOCIADOS, realizar el presente estudio de mecánica de suelos para la Torre 24, del proyecto correspondiente al sistema de transporte urbano, Cablebús, línea 3, que se extenderá del Complejo Cultural Los Pinos (Calzada del Rey, S/N, Chapultepec Primera sección, Alcaldía Miguel Hidalgo) a la Av. Vasco de Quiroga, Alcaldía Álvaro Obregón.

2. Objeto

Realizar el estudio geotécnico para la esta Torre 24. Con base en los resultados de la exploración geotécnica y geofísica y de las pruebas de laboratorio, se determinaron las condiciones estratigráficas del sitio, así como la solución de cimentación y su nivel de desplante, la capacidad de carga reducida del suelo y los asentamientos que se presentarán en la masa de suelo correspondiente a la torre 24, denominada T-24, la cual tiene las coordenadas $X=477,949.562$; $Y= 2,145,276.796$ y se proyecta sobre la banqueta de la Av. Constituyentes, a las afueras del panteón Civil Dolores, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX (Fig. 1).

3. Alcances

En el presente informe se presenta la solución de cimentación y descripción del procedimiento constructivo de la misma, solución basada en: experiencia que se tiene de la zona, los resultados de la exploración geotécnica, en los resultados de geofísica, en las pruebas in situ, las pruebas de laboratorio y en las correlaciones con el sondeo de penetración estándar, todo esto en conjunto permitieron definir un modelo geotécnico de análisis y llegar a una solución de cimentación que cumpla con los estados límite de falla y de servicio, establecidos con la Reglamentación vigente (Ref. 1).

4. Características generales y ubicación de la Torre 24

La línea 3 de Cablebús está compuesta por 6 estaciones, cada una con su propia edificación. La longitud proyectada de la línea es de 5.42 km y brindará una capacidad de transporte máxima/final de 3000 pasajeros/hora en cada sentido.

El proyecto será realizado en la demarcación territorial de Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo, ubicada en la zona centro – poniente de la Ciudad de México limitado al sur con las alcaldías de Magdalena Contreras y Tlalpan, oriente con la alcaldía de Benito Juárez y Cuauhtémoc, al norte con la alcaldía Azcapotzalco y al este con los municipios mexiquenses de Tecamachalco y Naucalpan de Juárez.

La denominación y ubicación inicial de cada una de las 6 estaciones se d

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023

Número de estación	Estación	Tipo de estación	Latitud	Longitud	Distancia hacia su próxima estación (km)
E – 1	Vasco de Quiroga	Retorno	19°23'7.67"N	99°13'39.59"O	0.59
E – 2	Cineteca Nacional / Bodega Nacional de las Artes	De Paso	19°23'24.16"N	99°13'50.24"O	1.15
E – 3	Parque Cri – Cri	Doble Motriz	19°23'48.33"N	99°13'20.14"O	0.90
E – 4	Lienzo Charro / CECYT 4 "Lázaro Cárdenas"	De Paso	19°23'56.37"N	99°12'50.77"O	1.65
E – 5	Panteón Civil de Dolores	De Paso	19°24'26.00"N	99°12'3.90"O	1.13
E - 6	Metro Constituyentes – Los Pinos	De Retorno	19°24'46.93"N	99°11'29.40"O	1.13

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3

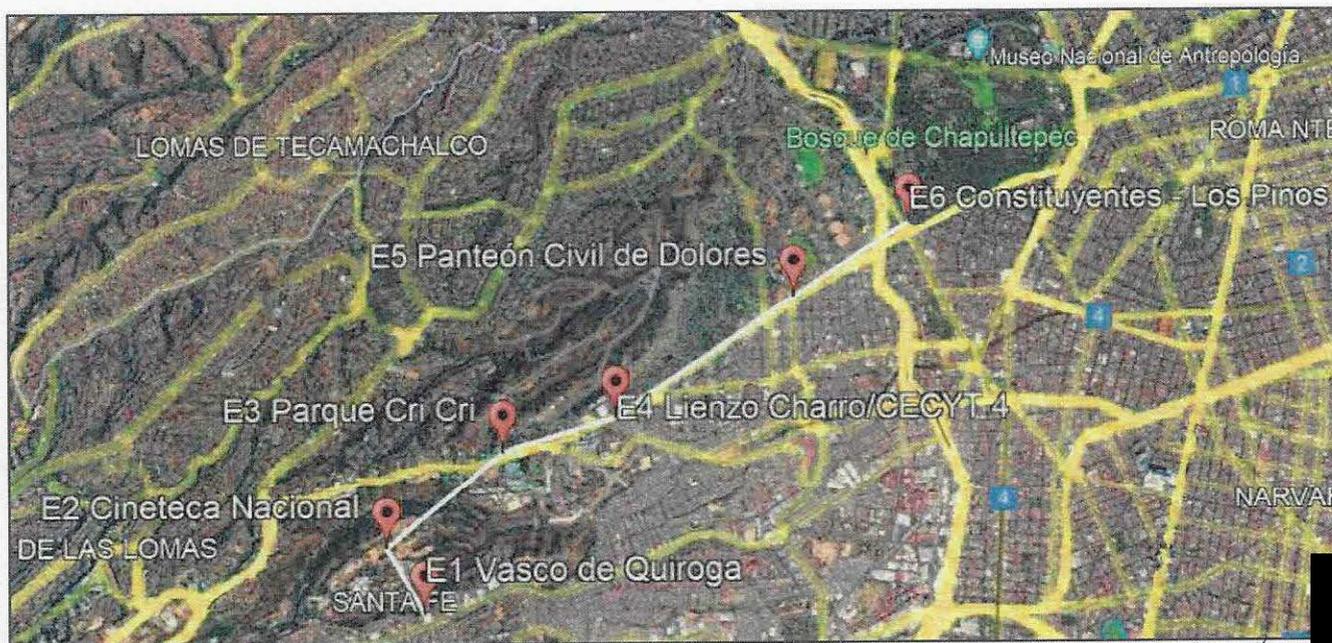


Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús

La Torre 24; con coordenadas X=477,949.562; Y= 2,145,276.796 se ubicará sobre... a las afueras del panteón Civil Dolores, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX (Fig. 1). La... donde se presentan luminarias, árboles y registros de la compañía Telmex.

5. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO

5.1 Información geotécnica disponible

Zonificación geotécnica. El sitio se localiza en la denominada “Zona de Lomas” (Ref. 1, Fig. 2), definida por la sierra de Monte Alto y la Sierra de las Cruces. Esta zona está constituida por abanicos volcánicos, caracterizándose por la acumulación de material piroclástico en la parte superficial, así mismo, se pueden encontrar materiales compactos a muy compactos, formados por depósitos de tobas amarillentas formadas por vidrio pumítico fino a grueso. **En esta zona también es frecuente la presencia de minas antiguas que ha dejado la explotación subterránea o superficial de materiales de construcción en el pasado, las cuales pueden ocasionar problemas geotécnicos a las cimentaciones que en esa zona se construyan.**

5.2 Exploración geotécnica

Para determinar las unidades estratigráficas del sitio se realizó un sondeo de penetración estándar a una profundidad (SPT-1, T-24), a una profundidad de 35.0 m. La técnica de penetración estándar consiste en el hincado a percusión de un muestreador de medidas estandarizadas (penetrómetro), dejando caer sobre este, un peso de 63.0 kg, desde una altura de 76 cm, contabilizando el número de golpes necesarios para hincar los 30 cm centrales del muestreador (Ref. 2).

Los resultados del sondeo de penetración estándar, permitieron programar las pruebas de ficómetro (SPH-1, T-24) en un barreno adicional, a las profundidades de 10.0, 23.4, y 30.0 m y así determinar las propiedades de resistencia en los estratos de mayor interés. El ficómetro consiste en una sonda cilíndrica de acero denticulada, de 970 mm de longitud y diámetro de 6.1 cm, con ranuras longitudinales que permiten su expansión y penetración en el terreno, al inflar una membrana ubicada en el interior de la sonda. Posteriormente a la indentación, se aplica una fuerza ascendente de extracción, provocando su desplazamiento y midiendo la fuerza que logra romper la adherencia- fricción entre la sonda y el terreno.

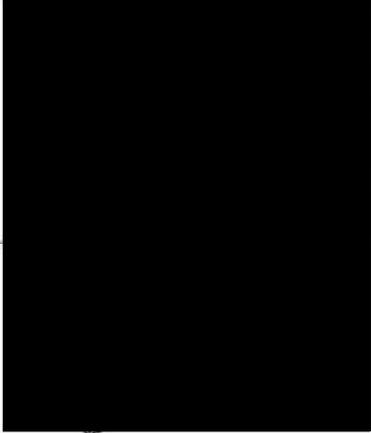
Antes de ejecutar los sondeos profundos, se realizó la excavación de una cala de verificación de instalaciones a 3.0 m de profundidad, debido a que el sondeo se realizó en la vía pública. Durante los trabajos de excavación de la cala, se detectó un material de relleno redepositado en los primeros 1.5 m de profundidad, correspondiente con un limo arenoso color café claro con raíces, por debajo de este material se encontró una toba en estado muy compacto. La cala fue de una sección aproximada de 1.0 x 1.2 m y durante su excavación se presentaron pequeños caídos debidos al desconfinamiento.

Con la finalidad de complementar la exploración geotécnica y explorar la posibilidad de detección de anomalías en el suelo; asociadas a cavernas, se realizó un estudio geofísico, mediante la técnica de georadar, a una profundidad de 25.0 m, con 76.5 m lineales de exploración.

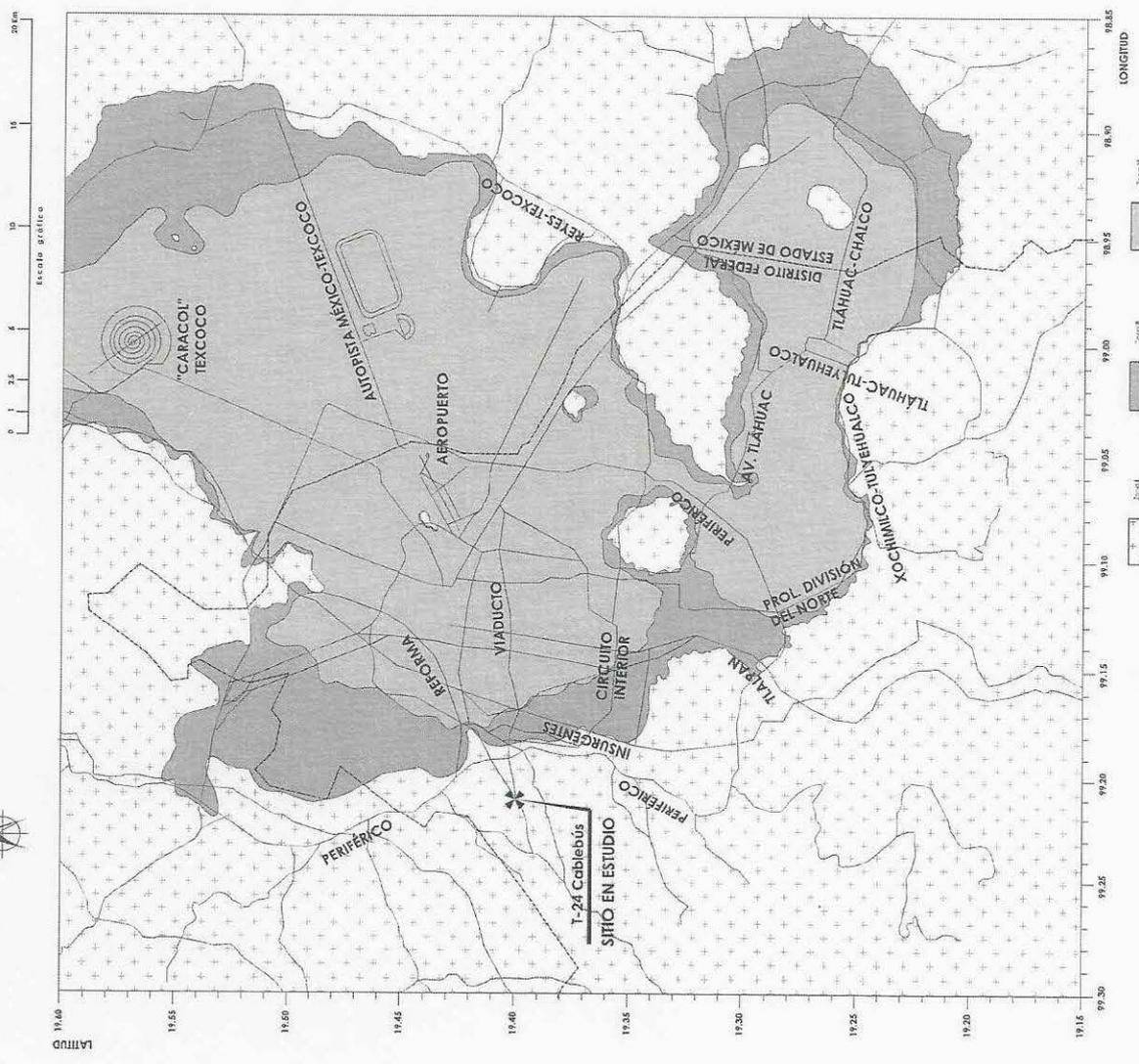


CIRCUITO DE ESTACIONAMIENTO

SEMILOGÍA



LOGO	FECHA	PROYECTO	OBJETIVO
	2017	PROYECTO DE CABLEBÚS LÍNEA 3, VADO DE CHORROA - LOS PINOS	CONSTRUIR Y OPERAR UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO ALTERNATIVO EN EL ESTADO DE MÉXICO
GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO SECRETARÍA DE TRANSPORTES Y VEHÍCULOS DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁNSITO Y VEHÍCULOS DIRECCIÓN DE PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN			
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALDERÓN DE FERRÁS INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALDERÓN DE FERRÁS INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CALDERÓN DE FERRÁS			



(N.T. Para diseño y construcción de cimentaciones, Diciembre 2017)

5.3 Ensayes de laboratorio

A las muestras obtenidas de los sondeos se les realizaron las siguientes pruebas:

- Clasificación visual y al tacto de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
- Contenido natural de agua
- Granulometría por mallas
- Límites de consistencia

En la Figura 1 se presenta la ubicación de los sondeos realizados, en el Anexo 1 se presenta una memoria fotográfica con aspectos relevantes de los trabajos de campo, en el Anexo 2 se exhiben los perfiles de los sondeos realizados, en el Anexo 3 se presentan los resultados de las pruebas de laboratorio. Por su parte, en el Anexo 4 se presentan los resultados de las pruebas de ficómetro, en el Anexo 5 se presentan las cargas actuantes en la Torre 24, en el Anexo 6 se presenta el estudio de georadar ejecutado en la envolvente de la Torre y en el Anexo 7 se presenta la memoria de cálculo de la cimentación.

5.4 Interpretación estratigráfica

Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio y los sondeos exploratorios, a continuación se presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio:

Corte estratigráfico A-A' y solución de cimentación, con profundidades referidas al SPT-1, (Fig. 3):

De 0.0 a 1.5 m. Relleno, compuesto por limo arenoso color café claro, con raíces.

De 1.5 a 6.8 m. Toba Areno arcillosa (SC), color café claro, en estado muy compacto, con un número de golpes en la prueba de penetración estándar N, mayor a 50. El contenido natural de agua, ω , es en promedio de 30%. El porcentaje de finos varía entre 15 y 30%, mientras que el porcentaje de arena varía entre 70 y 85%.

De 6.8 a 10.3 m. Toba Areno limosa (SM), color café oscuro, en estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua, ω , varía entre 20 y 39%. El porcentaje de finos es de 21%, 76% de arena y un

De 10.3 a 12.0 m. Toba Areno arcillosa (SC), color café oscuro, con algunas gravas y algunos grumos pumíticos, de consistencia muy dura, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua, ω , es en promedio de 15%.

De 12.0 a 16.8 m. Tona Areno limosa (SM), color gris oscuro, con gravas y algunos grumos pumíticos, en estado compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua, ω , es en promedio de 30%. El porcentaje de finos es de 17%, el porcentaje de arenas del 59% y el porcentaje de gravas es de 24%.

De 16.8 a 18.0 y entre 19.2 y 21.15 m. Arena pumítica color gris claro, en estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua, ω , varía entre 30 y 40% en el primer estrato y entre 30 y 40% en el segundo estrato.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023

De 18.0 a 19.2 m. Toba Arena limosa (SM), color café oscuro, en estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua, ω , es en promedio de 25%. El porcentaje de finos es del 46% y el porcentaje de arena es de 54%.

De 21.15 a 23.4 m. Toba Arcillosa, poco arenosa (CL), color café oscuro, de consistencia muy dura, con un número de golpes N, de 35 a 59. El contenido natural de agua, ω , varía entre 21 y 28%.

De 23.4 a 25.8 m. Toba Arena Arcillosa (SC), color café oscuro, en estado semicompacto a compacto, con un número de golpes N, de 19 a 35. El contenido natural de agua, ω , varía entre 32 y 36%. El porcentaje de finos es de 36% y el porcentaje de arena es de 64%.

De 25.8 a 35.03 m (máxima profundidad explorada). Toba Arena limosa (SM), color café oscuro, con algunas gravas aisladas, en estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua, ω , varía entre 16 y 35%. El porcentaje de finos es de 26%, 68% de arena y 6% de gravas.

Condiciones piezométricas. Durante los trabajos de exploración no se detectó nivel freático. En esta zona se presenta a gran profundidad.

Minas. Durante los trabajos de exploración no se detectaron indicios de la presencia de minas antiguas o fracturas en la masa de suelo. *Así mismo, en el estudio geofísico realizado en la envolvente de la torre se menciona que: "Tomando en cuenta estos resultados de la exploración del subsuelo realizada con georadar específicamente en la base de la Torre 24 de la Línea 3 del Cable Bus, avenida Constituyentes S/N, Col. Américas, Alc. Miguel Hidalgo, de esta Ciudad de México SE PUEDE CONCLUIR QUE NO EXISTEN ANOMALÍAS QUE SE ASOCIEN A LA PRESENCIA DE CAVIDADES."*

Aunque no se detectaron minas subterráneas en este punto, no se debe descartar su presencia en los puntos cercanos al área de trabajo y estar alertas durante la perforación de las pilas; en caso de ser necesario tomar las medidas correctivas en el procedimiento de construcción y en el diseño geotécnico final.

Coeficiente sísmico. Tomando en cuenta la posición de la Torre y el software SASID (Ref. 3), el coeficiente sísmico elástico es de 0.326, con una aceleración espectral, $a_0= 0.119$. Queda a juicio del Ingeniero estructurista los factores de hiperestaticidad, importancia, irregularidad y de sobre-resistencia para la obtención del espectro de diseño final.

Coordenadas

Latitud	Longitud
19.401573	-99.210029

Factores sísmicos

Importancia	Irregularidad	Comportamiento sísmico	Hiperestaticidad
A1	1.0	1.0	1.0

Parámetros sísmicos

Ts	a0	c	Ta	Tb	k
[s]			[s]	[s]	
0.490	0.119	0.326	0.350	1.383	1.500

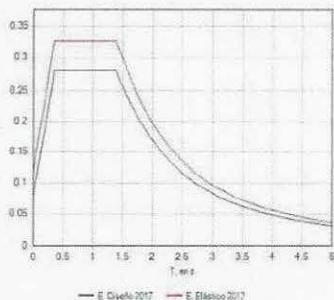


Figura 1. Espectro de diseño

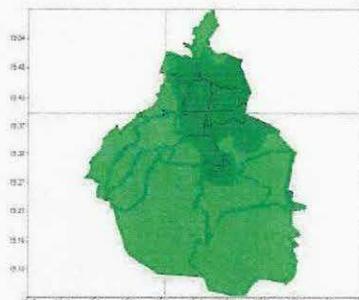


Figura 2. Mapa de localización

5.5 Modelo geomecánico

Los parámetros mecánicos de los estratos que conforman la estructura del subsuelo; necesarios para la determinación de la capacidad de carga y deformaciones, se presenta en la Tabla 2 y son resultados de los resultados de la exploración geotécnica, laboratorio y pruebas de ficómetro realizados en la Torre:

Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño

Unidad	Profundidad(m)	Descripción	γ (t/m ³)	c (t/m ²)	ϕ°	E (kg/cm ²)
1	0.0 a 1.5	Relleno	1.65	1.5	15	150
2	1.5 a 6.8	Toba Areno arcillosa (SC)	1.7 0	1.0	38	850
3	6.8 a 10.3	Toba Areno limosa (SM)	1.70	1.0	38	970
4	10.3 a 12.0	Toba Areno arcillosa (SC)	1.70	0.0	38	1,000
5	12.0 a 16.8	Toba Areno limosa (SM)	1.70	0.0	38	1,000
6	16.8 a 18.0	Arena pumítica	1.30	0.0	35	450
7	18.0 a 19.2	Toba Areno limosa (SM)	1.70	0.0	38	670
8	19.2 a 21.15	Arena pumítica	1.30	0.0	35	450
9	21.15 a 23.4	Toba Arcillosa (CL), poco arenosa	1.65	2.0	36	380
10	23.4 a 25.8	Toba Areno arcillosa (SC)	1.65	2.0	36	350
11	25.8 a 35.03	Toba Areno limosa (SM)	1.70	2.5	45	1,200

γ : peso volumétrico; c: cohesión; ϕ : ángulo de fricción interna

Cabe mencionar que, las propiedades de resistencia y deformabilidad en los materiales en los cuales no se realizaron pruebas de ficómetro o presiómetro, se determinaron mediante correlaciones con el número de golpes N (Ref. 4), de la prueba de penetración estándar, presentes en la memoria de cálculo, gráficas 1 y 2.

6. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

Datos del proyecto. La Torre 24; con coordenadas $X=477,949.562$; $Y= 2,145,276.796$ se ubicará sobre la banqueta de la Av. Constituyentes, a las afueras del panteón Civil Dolores, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX (Fig. 1). La banqueta tiene un ancho de 1.6 m, donde se presentan luminarias, árboles y registros de la compañía Telmex. De acuerdo con la información recibida, esta estructura tendrá una altura aproximada de 43.4 m sobre el nivel de banqueta.

6.1 Cargas actuantes

Las cargas actuantes a nivel de cimentación; que incluye el peso del dado; que se determinaron en el análisis estructural de la Torre 24 se presenta en el Anexo 5 y corresponde con una torre tipo excéntrica. En este anexo, se presenta la revisión de incremento de esfuerzos por la gran excentricidad que existe entre el centro de cimentación y el centro de cargas. Así mismo, se presentan las 8 combinaciones correspondientes al sismo, con el 100% actuando en un sentido y el 30% en el otro sentido, para finalmente obtener las cargas máximas y mínimas actuantes cada una de las pilas.

Es muy importante mencionar que esta revisión deberá ser avalada por el área de estructuras del proyecto y verificar la correcta interpretación de carga, momentos, etc.

6.2 Solución de cimentación

Tomando en cuenta la importancia de la estructura, que es considerada TIPO A1, la posible presencia de minas subterráneas y los posibles rellenos utilizados para la rehabilitación de estas, la solución de cimentación consiste en pilas de sección circular de 1.0 m de diámetro como mínimo, que trabajen por fricción y por punta.

Aunque la capacidad de carga puede ser mayor a las cargas actuantes, es obligado y recomendable que el diámetro mínimo sea de 1.0 m, con la intención de que una vez que se haya terminado los trabajos de perforación, se realice una inspección visual en toda su longitud y en el piso del nivel del desplante. **En caso de que se detecten minas u oquedades que no pudieron ser identificadas durante la exploración geotécnica o geofísica, la profundidad de las pilas aquí recomendada deberá ser ajustada, así como los valores de capacidad de carga.**

La solución de cimentación será con pilas desplantadas a 15.0 m de profundidad desde el nivel de brocal; es decir, desde el nivel de piso existente. Hasta el momento se proyecta una cimentación de 4.5 x 5.0 m de sección y 2.0 m de peralte, por lo que las pilas tendrán una

6.3 Estado límite de falla

De acuerdo a las NTC cimentaciones del 2017 (Ref. 1), en todo momento, la sumatoria de cargas afectada por su respectivo factor de carga, deberá ser menor que la capacidad de carga reducida de cada pila o grupo de pilas, con el cumplimiento de la desigualdad:

$$\sum QF.C < R \quad (1)$$

Donde:

$\sum QF.C$ sumatoria de cargas afectada por su respectivo factor o factores de carga
R capacidad de carga reducida de las pilas, t

Capacidad de carga reducida. La capacidad de carga de las pilas fue determinada mediante la expresión siguiente (Ref. 1):

$$R = C_p + C_f - W_p \quad (2)$$

Donde:

R capacidad de carga reducida, t
C_p capacidad de carga reducida por punta, t
C_f capacidad de carga reducida por fricción, t
W_p peso del elemento, t; t/m

Con:

$$C_p = (p'_v N_q^* F_R + P_v) A_p \quad (3)$$

Donde:

p'_v esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 25.0 t/m²
N_q^{*} factor de capacidad de carga
F_R factor de resistencia, igual a 0.35
P_v esfuerzos totales al nivel de desplante, igual a 25.0 t/m²

Con:

$$N_q^* = N_{\min} + L_e \frac{N_{\max} - N_{\min}}{4B \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)} \quad (4)$$

Cuando

$$\frac{L_e}{B} \leq 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \quad (5)$$

O bien

$$N_q^* = N_{\max} \quad (6)$$

Cuando

$$\frac{L_e}{B} > 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

Donde:

L_e longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 13.0 m
B diámetro de la pila, m.
φ ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 35°

Los valores de N_{\max} y N_{\min} , se presentan en la Tabla 3, función del valor del ángulo de fricción interna del material de desplante:

Tabla 3 Valores de N_{\max} y N_{\min}

ϕ	20°	25°	30°	35°	40°	45°
N_{\max}	12.5	26	55	132	350	1000
N_{\min}	7	11.5	20	39	78	130

Por su parte, la capacidad de carga por fricción se determinó mediante las siguientes expresiones (Ref. 2):

$$C_f = P_p F_R \sum_{i=1}^m \beta_i \bar{p}_{vi} L_i \quad \text{suelos friccionantes} \quad (8)$$

Donde:

- P_p perímetro de la pila, m
- F_R factor de resistencia, igual a 0.65
- L_i longitud de la pila en el estrato de interés, m
- β_i coeficiente de fricción
- \bar{p}_{vi} esfuerzos efectivos a la profundidad media del estrato de interés, t/m^2

Con

$$\beta_i = 1.5 - 0.24\sqrt{Z} \quad \text{para } 0.25 < \beta_i < 1.2 \quad \text{para suelos friccionantes} \quad (9)$$

Capacidad a la tensión. Los efectos de tensión en la torre; que se presenten a nivel de cimentación, tendrán que ser tomados por las pilas; su capacidad a la tensión estará es función de la fricción más una porción el peso propio del elemento:

$$C_{te} = C_f + 0.65 W_p \quad (10)$$

Donde:

- C_{te} capacidad reducida a la tensión, t.
- las demás literales ya fueron definidas.

Sustituyendo los valores correspondientes, se presentan las siguientes capacidades de carga reducida para pilas de distintos diámetros:

Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación

D (m)	W_p (t)	C_p (t)	C_f (t)	R (t)	C_{te} (t)
1.0	24.5	706.9	286.9	969.2	302.8
1.2	35.3	1,017.9	344.3	1,326.8	367.2
1.4	48.0	1,385.4	401.6	1,739.0	432.8

Las capacidades de carga reducida, R, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a compresión y las capacidades a la tensión, C_{te} , deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a tensión. Esta comparación se presenta en el Anexo 5, de acuerdo con la revisión de las cargas actuantes.

Cabe mencionar que las capacidades de carga por punta de las pilas, están limitadas a un esfuerzo de 900 t/m², para evitar asentamientos inadmisibles por la reglamentación vigente.

6.4 Estado límite de servicio

La deformación total que sufrirá cada pila, estará compuesta por la deformación propia del elemento; primer término de la expresión, más la correspondiente a la del suelo de sustento; su magnitud se determinó con la expresión siguiente (Ref. 4), realizando la compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actuantes:

$$\delta = \frac{(C_p + 0.66C_f)L}{10 A_p E_c} + \frac{0.36 C_p D}{10 A_p E_s} \quad (11)$$

Donde:

- δ deformación total de la pila, cm
- L longitud de la pila, igual a 1,300 cm
- D diámetro de la pila, cm
- E_s módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 1,000 kg/cm²
- E_c módulo de elasticidad del concreto, igual a 261,916 kg/cm², para f'c= 350 kg/cm²

con

$$E_c = 14,000 \sqrt{f'c} \quad (12)$$

Módulo de reacción vertical. La constante de resorte para pilas; que será utilizado para el diseño estructural de la cimentación considerando la interacción suelo-estructura, se determinó como sigue (Ref.5), realizando la compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actuantes:

$$k_v = \frac{q}{\delta} \quad (13)$$

Donde:

- k_v módulo de reacción vertical, t/cm.
- las demás literales ya fueron definidas.

Al sustituir los valores correspondientes en las expresiones (11) y (13), se obtienen los valores siguientes de asentamientos y módulos de reacción vertical:

Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas

D (m)	δ (cm)	k _v (t/cm)	k _v (kg/cm ³)
1.0	2.76	260.15	33.12
1.2	3.21	306.20	27.07
1.4	3.67	351.60	22.84

Módulos de reacción horizontal. Para la revisión estructural de las pilas sometidas a cargas laterales, a continuación, se presenta el módulo de reacción horizontal (Ref. 6):

Para suelos friccionantes

$$k_h = 0.2768 k_2 \frac{z}{B} \quad (14)$$

Donde

- k_h módulo de reacción horizontal, (kg/cm³)
- k_2 coeficiente de Terzaghi para suelos friccionantes, lb/pulg³
- B diámetro del cemento, m
- z profundidad media del estrato en revisión, m.

De acuerdo con las expresiones anteriores, en las Tablas 6 y 7 se muestran los módulos de reacción horizontal para las pilas de cimentación y dado; respectivamente.

Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm ³)		
				B (m)		
				1.0	1.2	1.4
2.0 a 15.0	100	6.5	116.00	20.87	17.39	14.91

Tabla 7. Módulos estáticos de reacción horizontal para dado

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm ³)
				B (m)
				4.50
0.0 a 1.5	5	0.75	6.10	0.03
1.5 a 2.0	100	1.75	116.00	1.25

Propuesta de cimentación. En la Fig. 4 se presenta la propuesta del número, diámetro y arreglo de las pilas de cimentación. Cabe mencionar que, aunque las capacidades de carga están por arriba de la mayoría de las cargas de referencia, el diámetro mínimo de pilas será de 1.0 m, para que estas puedan ser inspeccionadas visualmente una vez que se termine su perforación y se confirme la ausencia de cavidades.

Esta propuesta deberá ser revisada por el área de estructuras para verificar su viabilidad.

7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Es importante comentar que el modelo geotécnico de análisis se determinó con base en los resultados de la exploración geotécnica, de la exploración geofísica de puntos cercanos y de la experiencia que se tiene en esta zona, misma que es muy susceptible a cambios por la presencia de antiguas minas y rellenos que requieren de rehabilitación. Cualquier cambio en las condiciones del suelo de las que se analizan en este estudio, debe de ser reportado de manera inmediata a los diseñadores, para realizar los ajustes necesarios en los análisis y se

garantice el buen comportamiento a corto, mediano y largo plazo. Por lo anterior, durante la construcción de las pilas se deberá contar con personal capacitado y calificado, para supervisar y asesorar durante los trabajos de construcción de la cimentación y que de manera oportuna se detecte cualquier cambio en las condiciones analizadas en este estudio.

7.1 Preparación de áreas

- a) Una vez que tenga el área liberada, se realizará la demolición de la banquetta y carpeta asfáltica, para poder realizar las obras de desvío del colector o protección del mismo, así como de los ductos que atraviesan la zona del dado de cimentación, para evitar las afectaciones a estas instalaciones. Así como luminarias y árboles.
- b) Concluidos los trabajos anteriores, se procederá con los trabajos de perforación de pilas de cimentación.

7.2 Pilas

Con las áreas liberadas se procederá con los trabajos de perforación y colado de las pilas de cimentación, tomando en cuenta los puntos siguientes:

- a) Trazo y ubicación topográfica de la posición de cada una de las pilas, para garantizar la posición de cada uno de los elementos de cimentación y su no interferencia con la línea de drenaje o instalaciones.
- b) Enseguida se realizará la perforación en seco, hasta la profundidad de desplante de proyecto. Es importante mencionar que cada una de las pilas deberá ser inspeccionada en toda su longitud, por un supervisor geotécnico y verificar el estado de las paredes y fondo, en busca de indicios de cavernas, Esto se logrará adoptando alguna de las medidas siguientes:
 - 1) Haciendo descender a un supervisor por medio de la misma perforadora, asegurándose al barretón, con un arnés. **Cada una de las pilas deberá ser verificada y liberada por un supervisor de mecánica de suelos.**
 - 2) **Se podrá recurrir a algún otro tipo de inspección, siempre y cuando estos métodos ya se hayan empleado con anterioridad y la supervisión cuente con la experiencia en el uso de estos.**

En cualquier caso, es responsabilidad del área de construcción realizar esta verificación del estado de fondo y paredes de las pilas y poder liberarlas certificando la no existencia de cavidades, etc.

- c) El concreto para la construcción de las pilas será de una $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$; el espesor máximo será de 1 1/2 pulg. El acero de refuerzo tendrá un f_y de $4,200 \text{ kg/cm}^2$.
- d) Para garantizar el recubrimiento mínimo de 7.5 cm, es indispensable el empleo de silletas y "poyo" de concreto o plástico; sus dimensiones serán de 7.5x7.5x10.0 cm y se colocarán longitudinalmente cada 2.0 m.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023

- e) Después de terminada la perforación, en un lapso menor a 18 hrs deberá concluirse totalmente el colado; que por otra parte será continuo para evitar la formación de juntas frías.
- f) El armado se rigidizará para evitar excesivas deformaciones que pudiesen complicar su colocación dentro de la perforación. Para la liga estructural se recomienda que el armado tenga una longitud adicional de por lo menos 0.5 m, o la que el diseño estructural recomiende.
- g) Las pilas se colarán con el procedimiento tradicional de tubo Tremie; al inicio del colado la tubería se colocará 20.0 cm por encima del nivel de desplante y se utilizará un tapón deslizante “diablo” para evitar la segregación y contaminación del concreto; durante el colado se deberá garantizar que la tubería se encuentre embebida por lo menos 1.0 m dentro del concreto, subiendo la tubería conforme asciende el nivel del concreto. El revenimiento del concreto será como mínimo de 23.0 cm. El colado se llevará por lo menos 0.50 m por arriba del lecho bajo del dado de cimentación o la longitud que determine el área de estructuras.
- h) El descabece para la liga estructural se realizará mediante la demolición del concreto contaminado con martillo eléctrico, empezando en la periferia hasta llegar al núcleo, en forma descendente; en los últimos 20 cm se hará con maceta y cincel.
- i) El criterio de aceptación o tolerancias para la construcción de las pilas es el siguiente:
- 1) *Localización.* En el posicionamiento de la cabeza del apoyo, la desviación aceptada debe ser menor del 4% del diámetro del apoyo o de 8 cm en cualquier dirección, cualquiera que sea el valor más bajo. El diseño estructural deberá de tomar en cuenta esta excentricidad.
 - 2) *Verticalidad.* La tolerancia permisible está comprendida entre el 1 y 2 % de la longitud final del apoyo, pero sin exceder el 12.5% del diámetro del apoyo o 38 cm en el fondo, cualquiera que sea el valor más bajo.
 - 3) *Limpieza.* Se deberá remover todo el material suelto y de azolve del fuste antes de colocar el concreto. En ningún caso el volumen de tales materiales excederá el equivalente al que fuera necesario para cubrir 5% del área en un espesor de 5 cm.
 - 4) *Acero de refuerzo.* La separación mínima entre varillas no debe ser menor de 1.5 veces el diámetro de la varilla ni menor de 1.5 veces el tamaño del agregado máximo.
- j) Es indispensable llevar un registro en donde se anote: 1) la ubicación del apoyo; 2) la fecha y hora en que se terminó la perforación y la profundidad alcanzada; 4) fecha y hora en que se inicia y cesa el colado. Cada pila deberá ser liberada por un supervisor, una vez que se revisaron las condiciones de las paredes y piso.

7.3 Excavación

De acuerdo con el preliminar del diseño estructural, el dado de cimentación tiene una sección rectangular de 5.0 x 4.5 m, con un peralte de 2.0 m. Para poder alojar este elemento, se deberá realizar la excavación con dimensiones mínimas de 5.4 x 4.9 m en planta para poder alojar la cimbra.

- a) Derivado del análisis de estabilidad del corte vertical en la colindancia con el Panteón, se tiene un factor de seguridad estático de 1.34, sin embargo, con la finalidad de evitar cualquier afectación al muro del Panteón Civil Dolores, se podrá proceder como sigue:
- 1) Antes de iniciar con la excavación, se colocarán perfiles metálicos en el frente de la excavación con el muro del Panteón Civil Dolores, en este caso se proponen perfiles IR 8 x 21, con una pata de 2.0 m de longitud, colocados una separación de 1.35 m. Se realizará la perforación de 25 cm de diámetro y 4.0 m de longitud. Enseguida se colocarán los perfiles metálicos y el espacio entre estos y las paredes de la perforación se rellenarán con arena, para evitar el desplazamiento de los perfiles (Fig. 5).
 - 2) Cortes verticales, colocando una línea de anclas de varilla del No. 6, de 1.5 m de longitud e inclinación de 5° respecto a la horizontal, hincadas con marro en el espesor de relleno, por debajo del desplante del muro, enseguida se colocará malla de gallinero y se aplicará un zampeado de mortero, para proteger el corte del intemperismo (Fig. 5). Las anclas tendrán un espaciamiento de 1.55 y 1.6 m.
- b) Para el caso de la estabilidad de los cortes verticales del lado de la vialidad, se tiene un factor de seguridad estático de 1.17, valor que resulta muy bajo. Por esta razón, el corte hacia la vialidad tendrá que guardar la inclinación de 70°, o bien, colocar igualmente los perfiles IR.
- c) **Es importante mencionar que el área de estructuras deberá realizar la revisión de esta propuesta de perfiles, de acuerdo con el diagrama de presiones horizontales activas, para verificar que los perfiles son estables para su trabajo en cantiléver, de acuerdo con la sección, empotre y separación**
- d) Colocados los perfiles, se realizará la excavación, los frentes de la excavación sur, oriente y poniente se podrá realizar con taludes con una inclinación de 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de mortero (Fig. 5). Los análisis consideran una sobrecarga de 1.5 t/m² en la corona, por lo que se deberá evitar la concentración de esfuerzos en esta zona.
- e) En el caso de la cara norte de la excavación (panteón civil Dolores), conforme se vaya profundizando la excavación se colocarán polines entre los perfiles, que servirán como contención y como futura cimbra (Fig. 5).
- f) Al llegar a la profundidad máxima para el dado; 2.0 m, se realizará el descabece de las pilas de cimentación y en el fondo de la excavación se colocará una plantilla de concreto pobre con una $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$, para proceder con el habilitado del acero de refuerzo para el dado de cimentación.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023

- g) Posteriormente se realizará el colado del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la superestructura.
- h) El espacio entre el perímetro del dado y los taludes de la excavación será rellenado con relleno fluido o bien, con material de banco compactado al 95% de su P.V.S.M.

El plano detallado del procedimiento constructivo se presenta en el Anexo 8.

7.4 Minas

A pesar de que con la exploración geotécnica y geofísica realizados no se detectaron indicios de la presencia de cavernas o fracturas en la masa de suelo, es posible que este tipo de afectaciones se detecten durante los trabajos de excavación y perforación de pilas. Por esta razón, se procederá como se enuncia a continuación.

a) Durante los trabajos de perforación de pilas, el operador deberá prestar especial atención a los avances, cambios de presión y velocidad, así como a la caída repentina de la herramienta.

b) Ya que las pilas se proyectan con un diámetro de 1.0 m, una vez que se haya terminado la perforación de cada una de estas, se tendrá que hacer una inspección visual en toda la longitud. Esto se logrará adoptando alguna de las medidas siguientes:

- 1) Haciendo descender a un supervisor por medio de la misma perforadora, asegurándose al barretón, con un arnés. **Cada una de las pilas deberá ser verificada y liberada por un supervisor de mecánica de suelos.**
- 2) **Se podrá recurrir a algún otro tipo de inspección, siempre y cuando estos métodos ya se hayan empleado con anterioridad y la supervisión cuente con la experiencia en el uso de estos.**

En cualquier caso, es responsabilidad del área de construcción realizar esta verificación del estado del fondo y paredes de las pilas y poder liberarlas certificando la no existencia de cavidades, fisuras, fracturas, etc.

d) En caso de que se presenten minas subterráneas y/u oquedades importantes, se deberá tener en campo lámina para crear un encamisado en caso de que efectivamente se presenten antiguas minas en esta zona. Esta camisa se colocará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Fotos 1 y 2). Esto servirá como ademe perdible, para poder realizar el colado de los elementos de cimentación. La lámina se sueldará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubrimiento.



Fotos 1 y 2. Encamisado de lámina para formar ademe perdible.

d) En cualquiera de las posibilidades, se deberá revisar nuevamente la capacidad de carga de las pilas, para garantizar su estabilidad ante las cargas actuantes.

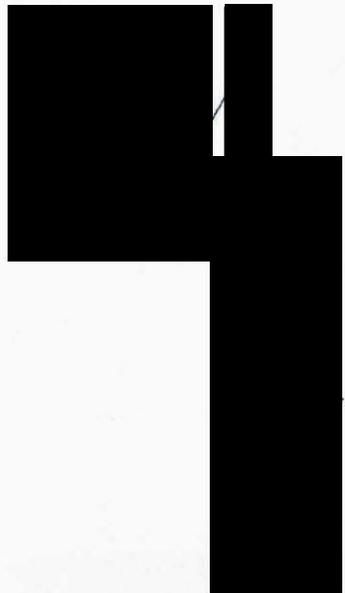
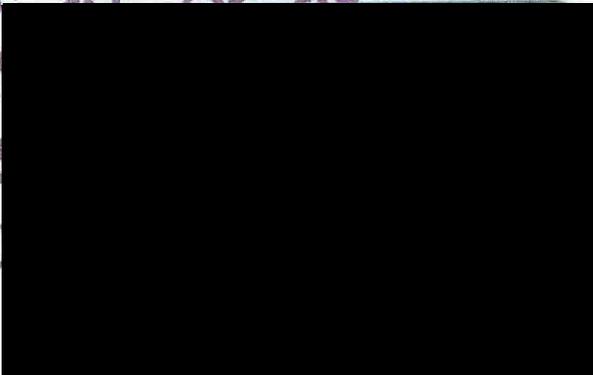
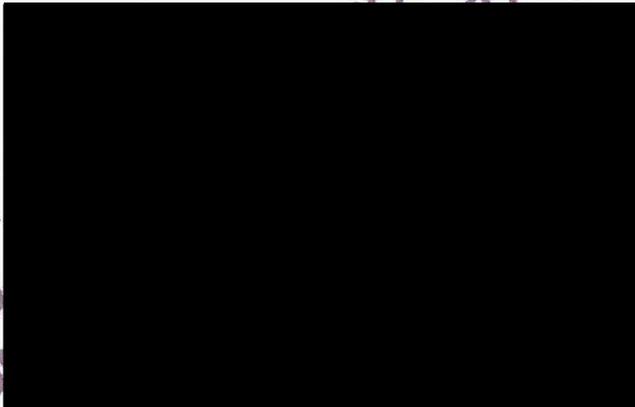
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Cimentaciones**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
2. Tamez, E. **Manual de diseño geotécnico Vol. 1**. Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, México, agosto 1987.
3. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
4. Tamez, E. **Ingeniería de Cimentaciones**, Ed. tgc geotecnia 2001.
5. Zeevaert L. **Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions**. Van Nostrand Reinhold 2ª.
6. Rico. Del Castillo, **La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Vol. II**, Ed. Limusa, México 20

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

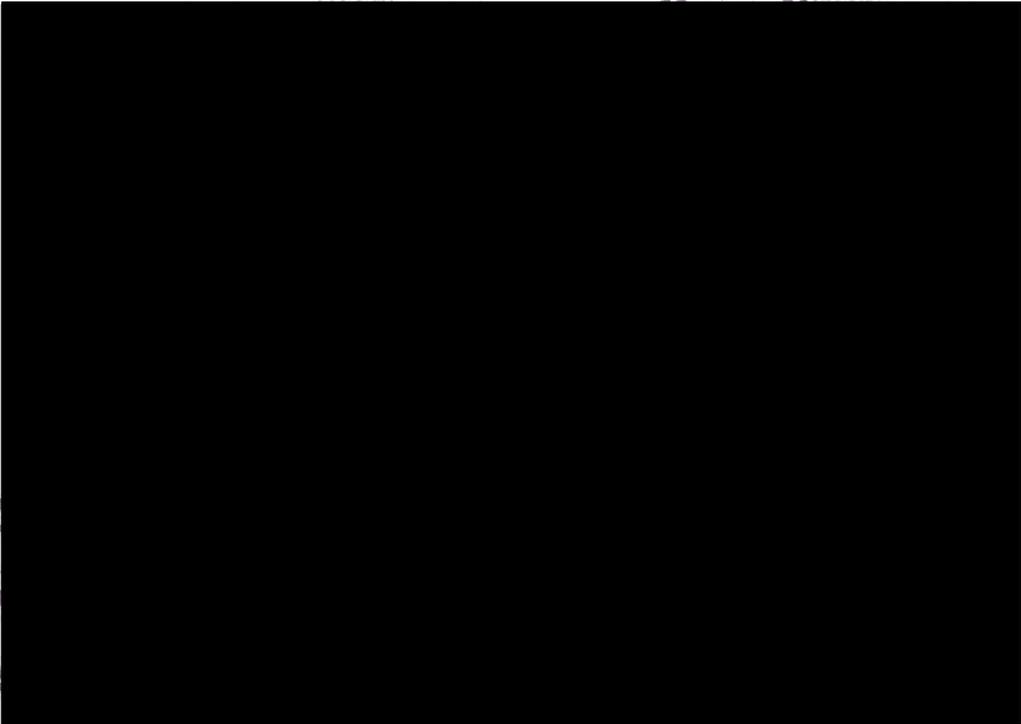
Revisión 2 – Abril 2023

PROYECTO
DE
"CO"
PARA USO EXCLUSIVO
INTEGRAL DE LA "CO"
TRANSPORTE SUSPENSIÓN SISTEMA
QUIROGA A METRO
CABLEBÚS LÍNEA
PÚBLICO C



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023

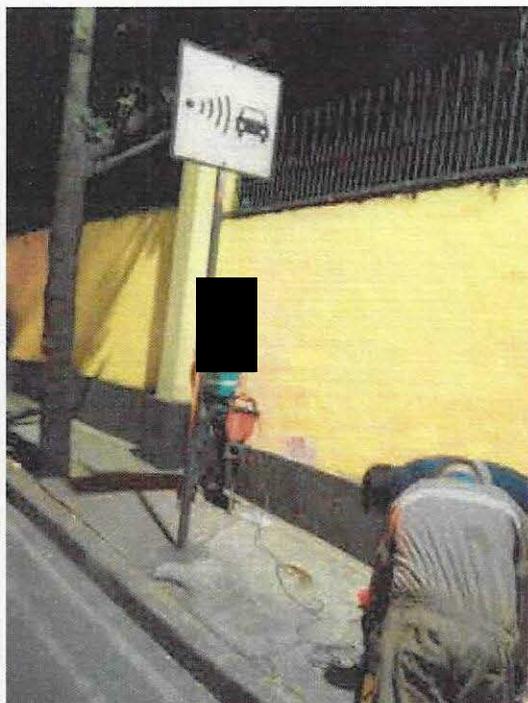


PARA USO
INTEGRA
TRAN
QUIRO
CABLEBÚS
PÚBLICO CAB

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023

9. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA



Fotografía 1. Demolición de banqueta con rompedora.



Fotografía 2. Trabajos de excavación de la cala.



Fotografía 3. Ademe de PVC como guía para no dañar instalaciones.



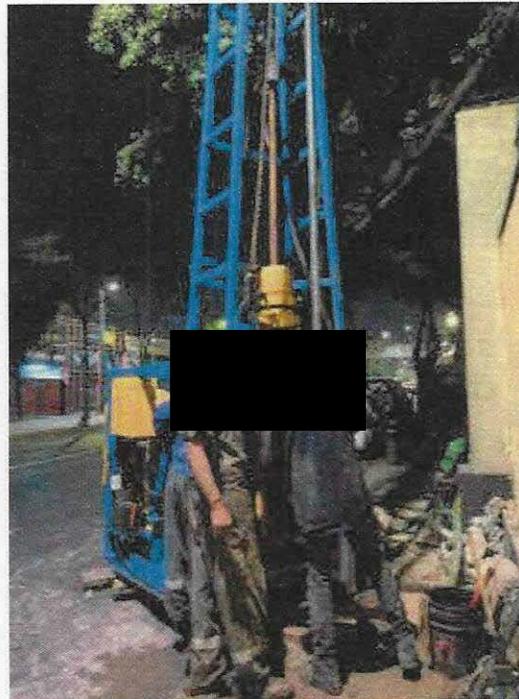
Fotografía 4. Panorámica de trabajos de cala de inspección.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023



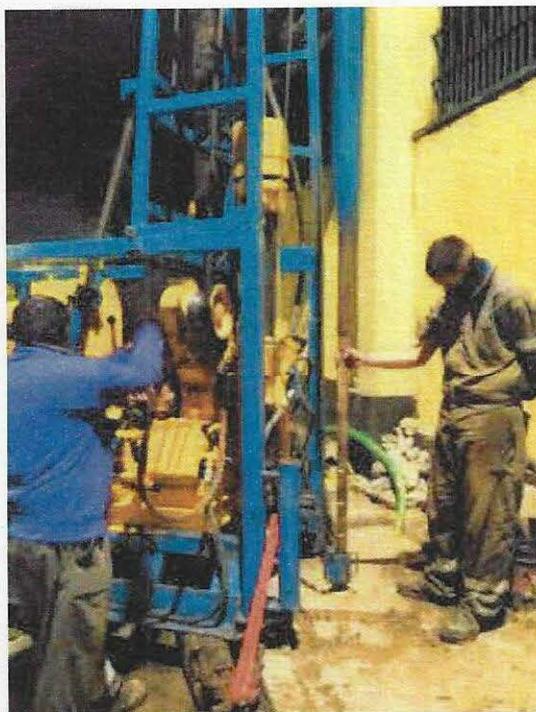
Fotografía 5. Ingreso del equipo de exploración.



Fotografía 6. Posicionamiento de maquinaria para ejecución de sondeo.



Fotografía 7. Penetrómetro estándar empleado en la prueba de SPT



Fotografía 8. Ejecución del sondeo de penetración estándar (SPT-1). Golpes con martinete en tramos de 15 cm.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

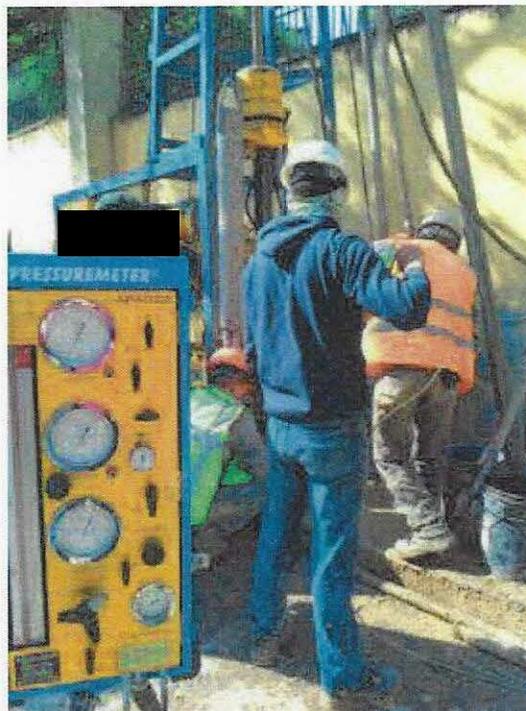
Revisión 2 – Abril 2023



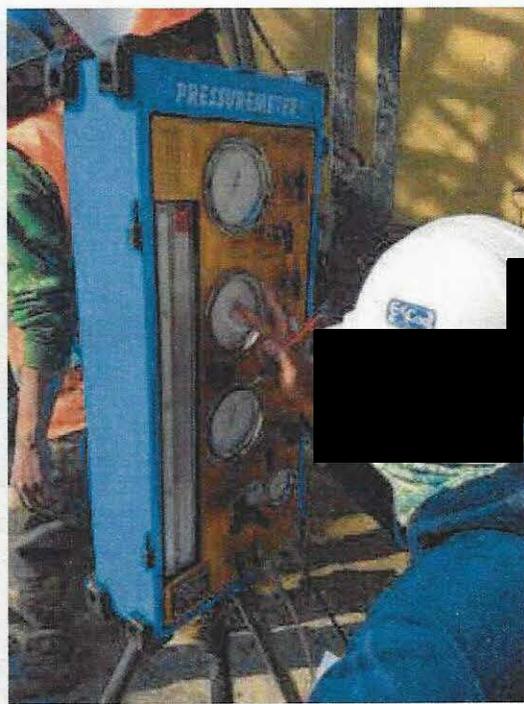
Fotografías 9 y 10. Muestras alteradas recuperadas con el penetrómetro estándar.



Fotografía 11. Vista panorámica de los trabajos de exploración.



Fotografía 12. Unidad de control del ficómetro.



Fotografías 13 y 14. Lecturas de presión volumen.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023



Fotografía 15. Sonda después de realización de prueba.

10. ANEXO 2. PERFIL DE SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y REGISTRO DE CAMPO

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

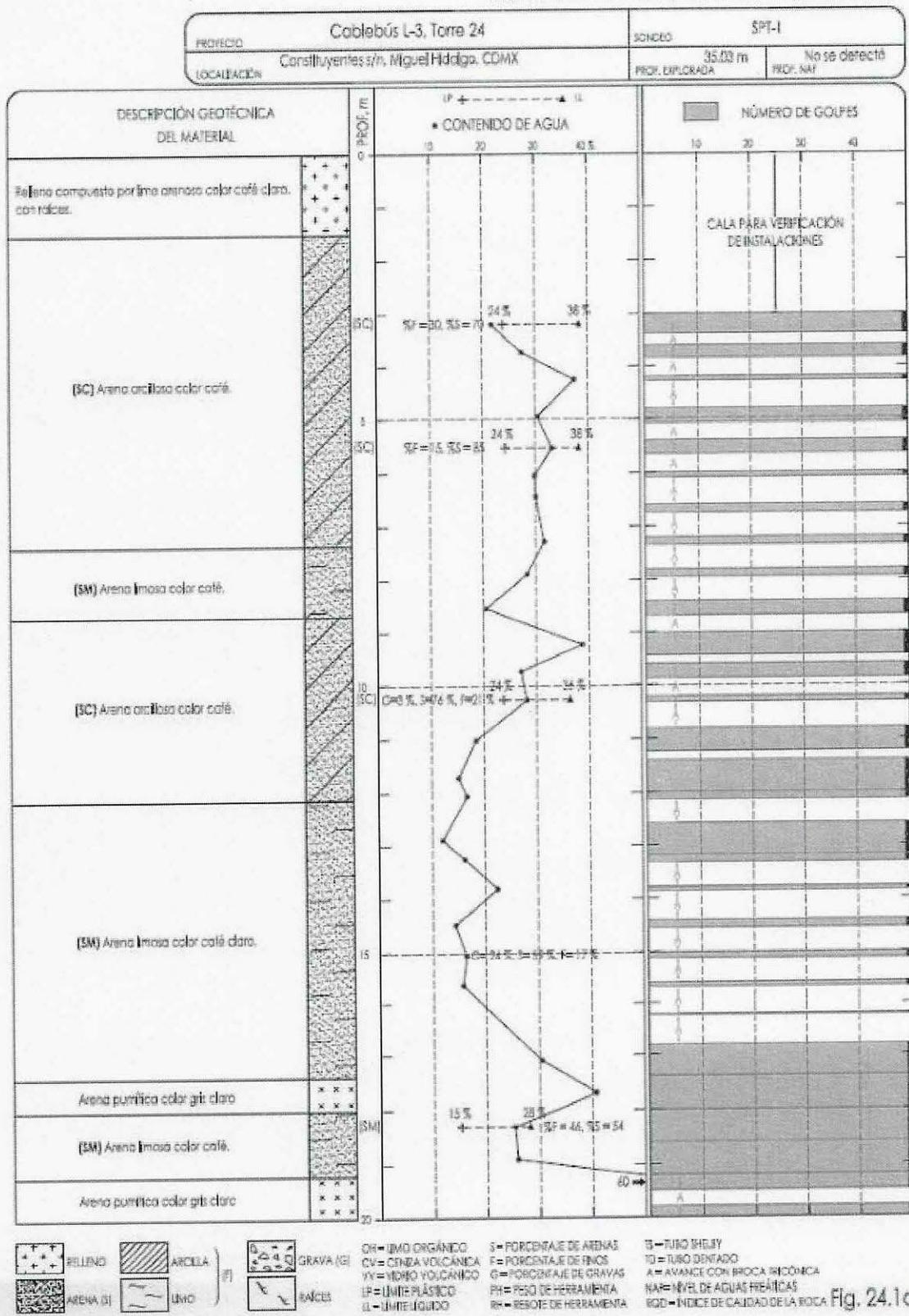
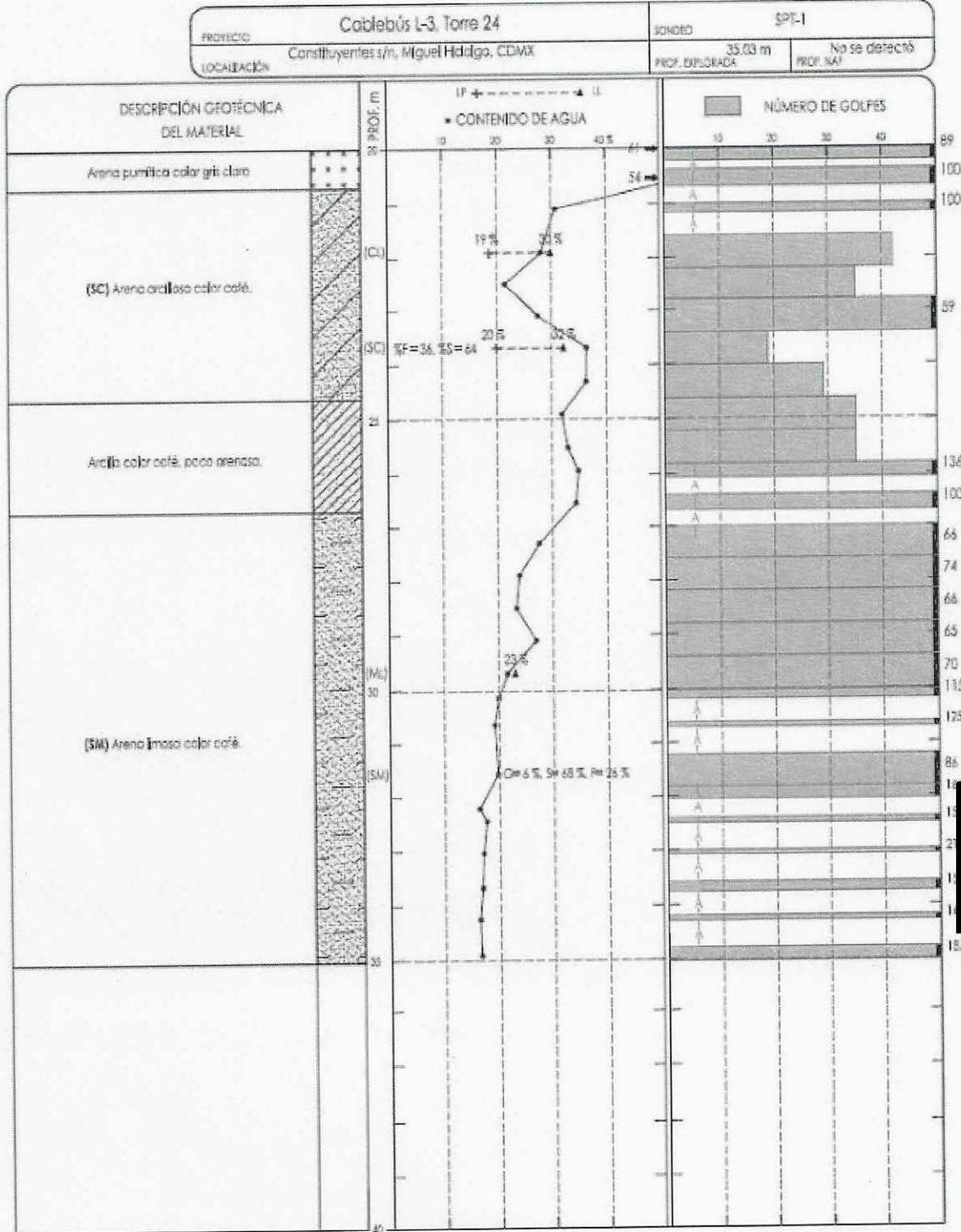


Fig. 24.1a

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR



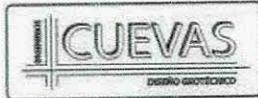
+ + + + RELLENO	// ARCILLA	O O O O GRAVA (G)	OH = LMO ORGÁNICO OV = CENIZA VOLCÁNICA VV = HEDIO VOLCÁNICO LP = LÍMIE PLÁSTICO LL = LÍMIE LIGUDO	1 = PORCENTAJE DE ARENIAS F = PORCENTAJE DE FINOS G = PORCENTAJE DE GRAYAS PH = PESO DE HERRAMIENTA RH = RESBOTE DE HERRAMIENTA	TS = TUBO SHELLY TD = TUBO DENTADO A = AVANCE CON BROCA TRICÓNICA NA = NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS RQD = ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA
--------------------	---------------	----------------------	--	---	--

Fig. 24.1b

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023

Nota: Este sondeo en un inicio se nombró como Torre 25, ya que se realizó antes del cambio en la nomenclatura de las Torres del proyecto.



X=477,948, 2994
Y=2,145,273, 9457

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR
REGISTRO DE CAMPO

PROYECTO Cable Bus Línea 3 Arroyo T25	SONDEO SPT-1	OPERA/S [Redacted]	HOJA 1
ING. DE PROYECTO [Redacted]	FECHA INICIO 14-34	PROF. NAT. No detectado	PROF. EXPUSION 9.07
		FECHA INICIO 30/Nov/2022	FECHA TERMINACIÓN 06-diciembre-2022

Prof. (m)	Muestra H	No de golpes	Σ	Recuper.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	Perfil 30cm	Número de golpes			
							10	20	30	40
3.00-3.39	1	18-39-50/9	117	39	Limo con arena café claro de consistencia muy dura.					
3.39-3.60	~	ABT	~	~	Avance /brazo triconica					
3.60-3.85	2	36-50/10	150	27	Limo con arena café claro y oscuro de consistencia muy dura					
3.85-4.20	~	ABT	~	~	Avance /brazo triconica					
4.20-4.29	3	50/9	166	9	Limo compacto arena de color café y consistencia muy dura					
4.29-4.80	~	ABT	~	~	Avance con brazo triconica					
4.80-5.08	(9)	41-50/13	115	20	Limo con arena media café clara y oscura, de consistencia muy dura					
5.08-5.40	~	ABT	~	~	Avance con brazo triconica					
5.40-5.65	(5)	44-50/10	150	31	Limo arenoso café claro de consistencia muy dura					
5.65-6.00	~	ABT	~	~	Avance con brazo triconica					
6.00-6.08	6	50/8	157	6	Limo café con arena fina y media muy dura. Contiene arcilla					
6.08-6.60	~	ABT	~	~	Avance con brazo triconica					
6.60-6.75	7	50/13	100	11	Limo arenoso café claro y oscuro de consistencia muy dura					
6.75-7.20	~	ABT	~	~	Avance con brazo triconica					
7.20-7.35	8	50/15	100	12	Limo arenoso café oscuro con poca arcilla, de consistencia muy dura					
7.35-7.80	~	ABT	~	~	Avance con brazo triconica					
7.80-7.95	9	50/15	100	12	IDEM					
7.95-8.40	~	ABT	~	~	Avance con brazo triconica					
8.40-8.68	10	27-50/13	115	28	PT (15cm) Limo café oscuro de consistencia firme. PSL(13cm) Limo arenoso café oscuro con poca arcilla, de consistencia dura					
8.68-9.00	~	ABT	~	~	Avance con brazo triconica					
9.00-9.45	11	20-30-50/15	100	60	Limo café oscuro de consistencia muy dura					
9.45-9.60	~	ABT	~	~	Avance con brazo triconica					
9.60-9.87	12	96-50/12	128	44	IDEM					
9.87-10.20	~	ABT	~	~	Avance con brazo triconica					
10.20-10.31	(13)	38-50/12	130	26	Limo con arena, café oscuro de consistencia muy dura					
10.31-10.80	~	ABT	~	~	Avance con brazo triconica					

LIMO (L)
 ARCILLA (C)
 ARENA (S)
 GRAVA (G)
 RAÍCES
 RELLENDO

Σ SUMA DE GOLPES EN 30cm CENTRALES

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023

Nota: Este sondeo en un inicio se nombró como Torre 25, ya que se realizó antes del cambio en la nomenclatura de las Torres del proyecto.



SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR
REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Col. San Lucas Tepetitlacolco Tlalnepantla Edo. de México

Tel.: 5365-0323 5365-2917 5365-1505

E-MAIL: ingscuevas@prodigy.net.mx

ING. DE PROYECTO: **Antonio Lopez** NACIÓN: **LT-38** FECHA INICIO: **30/Nov/2022** FECHA TERMINACIÓN: **06-Diciembre-2022**

Prof. (m)	Muestra	No de golpes	Σ	Recuper.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	Perfil
10.80-11.23	M	32-41-39	101	41	Limo café oscuro con gravas aisladas de consistencia muy dura	
11.23-11.40	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	
11.40-12.00	M	40-41-38	119	28	Limo café oscuro con grumos de arena punitica gris oscuro con micras, de consistencia muy dura	
12.00-12.12	M	59/12	125	8	Arena fina limosa café, de compacidad muy densa. Contiene algunos grumos puniticos.	
12.12-12.60	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica.	
12.60-13.18	M	34-39-44	117	30	Arena limosa con grumos puniticos de compacidad muy densa.	
13.18-13.2	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	
13.20-13.32	M	39/12	123	9	IDEM	
13.32-13.80	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	
13.80-13.86	M	50/6	250	5	IDEM.	
13.86-14.40	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	
14.40-14.52	M	59/15	100	8	Arena media gris oscuro de compacidad muy densa	
14.52-15.00	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica.	
15.00-15.12	M	59/12	125	12	Arena media gris oscuro de compacidad muy densa. Contiene grumos puniticos y micras.	
15.12-15.6	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	
15.60-15.70	M	59/10	150	10	Arena media a gruesa, gris oscuro, de compacidad muy densa, contiene algunos gravas aisladas del mismo material	
15.70-16.20	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica	
16.20-16.24	M	59/4	87	7	Sin recuperación de muestra.	
16.24-16.80	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica.	
16.8-17.40	M	28-21-25-28	51	44	P2(36cm) Limo café oscuro con grumos puniticos de consistencia firme. P1(8cm) Arena punitica gris claro.	
17.40-18.00	M	23-27-23-42	50	34	P5(27cm) Arena punitica gris claro. P1(7cm) Limo café oscuro duro.	

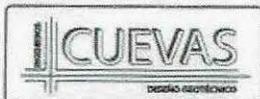
LIMO (M)
 ARCILLA (C)
 ARENA (S)
 GRAVA (G)
 RAICES
 RELLENO

Σ SUMA DE GOLPES EN 30cm CENTRALES

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023

Nota: Este sondeo en un inicio se nombró como Torre 25, ya que se realizó antes del cambio en la nomenclatura de las Torres del proyecto.



SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR
REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Col. San Lucas Tepetlacoalco Tlaxtepanita Edo. de México

Tel.: 5345-0323 5345-2917 5345-1505

E-MAIL: incsuevas@prodigy.net.mx

NO DE PROYECTO: Antonio López
MÁQUINA: 14-38
FECHA: 30/Nov/2022
FECHA DE REGISTRO: 06 diciembre 2022

Prof. (m)	Muestra	No de golpes	Σ	Recuper.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	Número de golpes				
						0	10	20	30	40
18.00-18.60	25	38-39-30-35	169	39	Limo café oscuro con poca arena fina de consistencia muy dura					
18.60-19.20	26	20-37-36-36	130	35	Limo café oscuro con poca arena media, contiene grumos pumíticos					
19.20-19.98	27	35-39/13	115	23	Arena pumítica, media y gruesa, gris claro, muy densa					
19.98-19.98	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica					
19.98-20.23	28	22-32-39/13	89	25	IDEM					
20.23-20.40	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica					
20.40-20.70	29	29-39/15	100	21	IDEM					
20.70-21.00	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica					
21.00-21.15	30	50/15	100	15	Limo café oscuro de consistencia muy dura					
21.15-21.60	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica					
21.60-21.70	31	51-18-24-29	122	18	Limo café oscuro de consistencia dura					
21.70-22.10	32	10-11-24-30	35	24	Limo café oscuro con poca arena					
22.10-22.30	32	10-11-24-30	35	24	Limo café oscuro con poca arena fina de consistencia muy firme					
22.30-23.40	33	22-35-24-17	59	18	Limo café oscuro con arena gruesa de consistencia muy dura, en la parte inferior arena media gris con poca limo.					
23.40-24.00	34	30-16-3-7	19	21	PS (12cm) Arena media gris con poca limo					
23.40-24.00	34	30-16-3-7	19	21	PS (12cm) Arena media gris con poca limo (1cm) limo café de consistencia media. Con firme poca arena.					
24.00-24.60	35	14-16-15-15	60	30	Limo café de consistencia media. Con poca arena.					
24.60-25.20	36	15-17-18-25	75	32	Limo café oscuro con poca arena fina de consistencia firme.					
25.20-25.80	37	12-17-18-14	55	43	IDEM					
25.80-26.06	38	15-30/11	136	27	Limo con arena muy dura					
26.06-26.4	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica					
26.4-26.7	39	18-50/11	100	36	IDEM					
26.7-27.0	-	ABT	-	-	Avance con broca triconica					
27.0-27.60	40	34-41-25-19	119	52	Limo café oscuro de consistencia muy dura.					

LIMO (M)
 ARCILLA (C)
 ARENA (S)
 GRAVA (G)
 BAICES
 RELLENO

Σ SUMA DE GOLPES EN 30cm CENTRALES

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001-R02

Revisión 2 - Abril 2023

Nota: Este sondeo en un inicio se nombró como Torre 25, ya que se realizó antes del cambio en la nomenclatura de las Torres del proyecto.



SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR
REGISTRO DE CAMPO

PROYECTO	Cablebus Línea 3 Apoyo T25	SONDEO	SPT-1	OPERO/SUP	[Redacted]	HOJA	1
PROF. NAT	No definida	m	[Redacted]	FECHA INICIO	10- Noviembre-2022	FECHA TERMINACIÓN	06- Diciembre-2022
MAQUINA	14-38						

Prof. (m)	Muestra	No de golpes	Σ	Recuper.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	Número de golpes				
						0	10	20	30	40
27.60-28.20	41	26-38-50-36	74	44	Limo café café oscuro, de consistencia muy dura.					
28.20-28.80	42	28-30-36-31	66	41	IDEM					
28.80-29.40	43	30-34-31-25	65	42	Limo café oscuro de consistencia muy dura.					
29.40-30.00	44	35-3-31-28	70	50	Limo café oscuro con poca arena muy fina, de consistencia muy dura.					
30.00-30.60	45	33-25	115	15	IDEM					
30.60-30.6	~	ABT	~	~	Avance 1/2 hora tridónica					
30.60-30.72	46	50/12	125	12	Limo café oscuro con poca arena de consistencia muy dura.					
30.72-31.2	~	ABT	~	~	Avance 1/2 hora tridónica					
31.20-31.8	47	48-42-44-36	96	18	Limo arenoso café oscuro, con poca arena gruesa, de consistencia muy dura, contiene algunos gravos aislados.					
31.8-32.04	48	29-50/6	166	5	Limo arenoso, café oscuro, de consistencia muy dura.					
32.04-32.4	~	ABT	~	~	Avance con buena tridónica					
32.40-32.5	49	50/10	150	9	Limo arenoso café oscuro y claro de consistencia muy dura.					
32.5-33.0	~	ABT	~	~	Avance 1/2 hora tridónica					
33.0-33.07	50	50/7	114	7	Limo café oscuro con poca arena y algunos gravos aislados.					
33.07-33.6	~	ABT	~	~	Avance 1/2 hora tridónica					
33.6-33.76	51	40-50/1	150	13	Arena pumítica media y gruesa, color gris claro, muy densa.					
33.76-34.2	~	ABT	~	~	Avance 1/2 hora tridónica					
34.2-34.29	52	50/6	166	6	Arena gris media, con poco limo de cohesividad muy dura.					
34.29-34.8	~	ABT	~	~	Avance 1/2 hora tridónica					
34.8-35.08	53	37-50/8	127	6	Arena gris media con limo, cohesividad muy dura.					

Σ SUMA DE GOLPES EN 30cm CENTRALES

11. ANEXO 3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023



entidad mexicana de acreditación a.c.

ACREDITA
A *

INSPECTEC, SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS, S.A. DE C.V.

**GALICIA NO. 233, COL. ALAMOS, C.P. 03400,
CIUDAD DE MÉXICO, MÉXICO.**

Como Laboratorio de Ensayo

De acuerdo a los requisitos establecidos en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 ISO/IEC 17025:2017, para las actividades de evaluación de la conformidad en la rama:

Construcción*

**Acreditación No: C-056-022/11
Vigente a partir del: 2011-08-01**

El cumplimiento de los requisitos de la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 ISO/IEC 17025:2017 por parte de un laboratorio significa que el laboratorio cumple tanto los requisitos de competencia técnica como los requisitos del sistema de gestión necesarios para que pueda entregar de forma consistente resultados técnicamente válidos. Los requisitos del sistema de gestión de la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 ISO/IEC 17025:2017 están escritos en un lenguaje que corresponde con las operaciones de un laboratorio y satisfacen los principios de la Norma ISO 9001:2015 "Sistemas de Gestión de la Calidad- Requisitos" y además son afines a sus requisitos pertinentes."



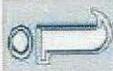
*19LP1726 Actualización de la norma de acreditación vigente a partir del 2019/08/22.

Siempre que se presente este documento como evidencia de acreditación, deberá estar acompañado del sello original. Para verificar el estatus de la vigencia de este certificado, consultar la página electrónica.

acreditación

Clave: DGOT-PRYCL3-GH-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023



INSPECTEC
INGENIERÍA Y LABORATORIOS
S.A. DE C.V.

CONTENIDO DE AGUA

RMX-C-475-ONNCE-2020

CLIENTE: [REDACTED]	OBRA: Construyables	FECHA DE MUESTREO: 19 de diciembre de 2022
LOCALIZACIÓN: [REDACTED]	BONHEO: SGT-1	FECHA DE ENSAYO: 27 de diciembre de 2022

Muestra	Profundidad	Capas	Tara	Masa suelo húmedo + tara	Masa arena seco + tara	Masa del agua	Masa del suelo	Contenido de agua (%)	Descripción macroscópica
No.	m	No.	g	g	g	g	g	(%)	
1	3.00	2,3,3	19,30	174,75	145,91	27,84	127,82	21,8	Arena arcillosa color café
2	3,60	3,4,5	18,62	166,02	134,22	31,80	115,80	27,6	Arena color café claro
3	4,20	4,2,3	19,44	171,95	130,05	41,90	111,61	37,5	Arena arcillosa color café
4	4,80	5,3,8	18,00	176,12	139,22	36,90	121,13	30,6	Arena arcillosa color café
5	5,40	5,5,5	18,45	145,11	114,26	31,80	95,92	33,2	Arena arcillosa color café
6	6,00	6,3,8	18,17	105,08	85,08	20,00	55,91	29,9	Arena arcillosa color café
7	5,10	6,7,5	18,15	139,25	111,24	28,01	93,09	30,1	Arena arcillosa color café
8	7,20	7,2,3	18,30	147,80	115,70	31,20	95,40	31,7	Arena arcillosa color café
9	7,80	7,5,5	18,30	109,21	150,66	37,53	132,30	26,4	Arena limosa color café
10	8,40	8,4,8	18,00	155,51	132,18	23,43	114,15	20,6	Arena limosa color café
11	9,00	9,4,5	18,69	165,06	124,11	40,95	105,43	36,8	Arena arcillosa color café
12	9,60	9,6,7	18,24	167,71	135,67	31,84	117,65	27,1	Arena arcillosa color café
13	10,20	10,3,1	19,54	143,62	116,10	27,52	97,56	26,2	Arena arcillosa color café
14	10,80	11,2,3	18,10	175,63	151,10	24,53	133,00	18,4	Arena arcillosa color café
15	11,40	12,0,0	19,71	309,30	167,16	22,20	149,47	15,0	Arena arcillosa color café

Forma	Diámetro	Pacote	Numero de ensayos	Página:
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	1 de 4
Fecha de informe:				
27 de diciembre de 2022				
JCM12.038 Rev.01.01				

datos referentes al servicio de la consultoría, S.C. (en miles):

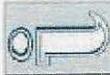
*Laboratorio de ensayo acreditado por una con acreditación No. C019-022

Informe en conformidad con la Norma NCM-108-507. Vigente, en versión republicana promulgada y con actual. A no depende la consulta. (3) Consulto.

609A

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023



INSPECTEC
LABORATORIOS
S.A. DE C.V.

CONTENIDO DE AGUA

NMXC-475-ONNICE-2020

CLIENTE: [REDACTED]	FECHA DE MUESTREO: 19 de diciembre de 2022
OBRA: Constituyentes	FECHA DE ENSAYO: 27 de diciembre de 2022
LOCALIZACIÓN:	
SONDOS: 3FT-1	

Muestra	Profundidad	Capítulo	Tara	Masa suelo húmedo + tara	Masa suelo seco + tara	Masa del agua	Masa del suelo	Contenido de agua (%)	Descripción macroscópica
No.	m.	No.	g.	g	g	g	g	(%)	
16	12.00	12	18.94	144.64	126.71	17.93	108.17	16.6	Arena arcillosa color café
17	12.60	13	18.28	140.80	127.81	12.99	109.53	11.9	Arena color café claro
18	13.20	13	18.42	132.66	116.62	16.04	88.40	16.1	Arena color café claro
19	13.80	13	18.27	91.80	78.60	13.20	60.23	22.3	Arena color café claro
20	14.40	14	18.16	86.20	60.28	25.92	42.13	14.2	Arena color café claro
21	15.00	15	18.26	153.40	134.46	18.94	116.19	16.3	Arena color café claro
22	15.60	15	18.44	138.15	122.66	15.49	104.44	16.6	Arena color café claro
23	16.20	17	18.14	167.00	132.18	34.82	114.04	30.5	Arena arcillosa color café
24	17.40	18	18.36	156.08	116.14	39.94	87.78	40.8	Arena punítica color gris claro
25	18.00	18	18.53	174.74	143.16	31.58	124.60	25.3	Arena limosa color café
26	18.60	19	18.15	102.69	148.97	33.72	130.02	26.6	Arena limosa color café
27	19.20	19	17.85	129.55	87.10	42.46	70.05	60.6	Arena punítica color gris claro
28	19.80	20	18.31	134.32	95.13	44.19	71.02	61.5	Arena punítica color gris claro
29	20.40	20	18.60	134.36	95.36	41.00	74.68	54.9	Arena punítica color gris claro
30	21.00	21	18.74	179.31	141.49	37.82	123.75	30.6	Arena arcillosa color café

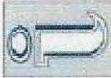
Formulario	[REDACTED]	Revisión	[REDACTED]	Numero de informes	19E-00018-PRC/2022	#Páginas	2 de 4
	[REDACTED]		[REDACTED]	Fecha de informe:	27 de diciembre de 2022		

laboratorio de ensayo autorizado por esta corporación No. 0-05-02711. Servicio de asesoría técnica de laboratorio independiente al servicio de la consultoría, A.C. (ver línea 1)
 como se conforma con la Norma NMXC-475-ONNICE-2020, no deberá reportarse humedad y sus datos al final del informe (ver línea 1) a menos que se indique lo contrario.

COPY

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023



INSPECTEC
INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS
S. DE C.V.

CONTENIDO DE AGUA

NMX-C-475-UNN/CIE-2018

CLIENTE: Ingenieros Civiles Asociados B. C.	
OBRA: Corredor/Antenas	
LOCALIZACIÓN: -----	FECHA DE MUESTREO: 19 de diciembre de 2022
SONDEO: SPT-1	FECHA DE ENSAYO: 27 de diciembre de 2022

Muestra	Profundidad	Capas	Tara	Masa suelo húmedo + tara	Masa suelo seco + tara	Masa del agua	Masa del suelo	Contenido de agua	Descripción macroscópica
No	m	Mts.	g	g	g	g	g	(%)	
31	21.60	22.20	18.54	154.66	132.63	32.05	114.07	28.1	Arena arcillosa color café
32	22.20	22.80	18.68	167.00	140.77	26.23	122.09	21.5	Arena limosa color café
33	22.80	23.40	18.35	181.17	145.96	35.21	127.81	27.5	Arena pumilosa color gris claro con arena limosa color café
34	23.40	24.00	18.29	123.69	95.44	28.10	77.16	36.5	Arena arcillosa color café
35	24.00	24.60	18.861	157.12	120.16	36.99	101.55	36.4	Arena arcillosa color café
36	24.60	25.20	18.39	158.74	124.77	33.97	136.39	31.9	Arcilla color café
37	25.20	25.80	18.75	183.00	142.28	40.77	123.48	33.0	Arcilla color café
38	25.80	26.40	18.39	167.76	129.13	38.62	110.74	34.9	Arcilla color café
39	26.40	27.00	18.62	183.54	145.09	43.45	128.47	34.4	Arcilla color café
40	27.00	27.60	18.44	184.41	148.54	35.80	130.07	27.8	Arena limosa color café
41	27.60	28.20	18.09	189.25	156.16	33.07	139.09	23.9	Arena limosa color café
42	28.20	28.80	18.46	186.59	154.89	31.77	136.38	22.8	Arena limosa color café
43	28.80	29.40	18.37	195.07	159.58	37.79	140.41	26.9	Arcilla color café
44	29.40	30.00	18.15	195.71	154.17	31.64	145.02	21.5	Arena limosa color café
45	30.00	30.20	18.20	181.07	162.31	20.76	144.01	20.0	Arena limosa color café

Formas:	Proceso:	Fecha:	Numero de informe:	Página:
			ISLE0107960022	3 de 4
			Fecha de informe:	
			27 de diciembre de 2022	
			IMP-088 Revisión 01	

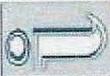
*Laboratorio de ensayo autorizado por SEMAR con autorización No. C-

Sociedad Independiente de Servicios de Ingeniería, S.C. (Inyensa)

CGIMA

Clave: DGOT-PRYCL3-GH-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023



INSPECTEC
SERVICIOS DE INGENIERÍA Y
LABORATORIO

CONTENIDO DE AGUA

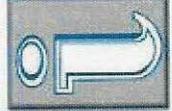
NMX-C-415-ONRCE-2019

CLIENTE: Ingenieros Cuevas Asociados S. C.
OBRA: Contribuyentes
LOCALIZACIÓN:
SONDEO: SPT-1
FECHA DE MUESTREO: 19 de diciembre de 2022
FECHA DE ENSAYO: 27 de diciembre de 2022

Muestra	Profundidad m	Capítulo No.	Tara g	Masa suelo humido + tara g	Masa suelo seco + tara g	Masa del agua g	Masa del suelo g	Contenido de agua (%)	Descripción macroscópica
46	30.60	30.72	18.33	74.75	65.65	9.10	47.36	19.2	Arena limosa color café
47	31.30	31.90	18.00	150.07	134.80	15.27	116.80	19.8	Arena limosa color café
48	31.90	32.64	18.24	128.52	111.20	17.32	92.96	16.3	limo color café
49	32.40	32.95	18.54	44.71	40.79	3.92	22.25	17.6	Arena color café claro
50	33.00	33.07	18.10	50.13	45.48	4.65	27.38	17.0	Arena color café claro
51	33.60	33.76	18.71	122.69	118.48	4.21	97.75	16.8	Arena color café claro
52	34.20	34.29	18.54	95.32	75.65	19.67	67.41	16.3	Arena color café claro
53	34.80	35.03	18.28	196.64	182.80	13.84	144.57	16.6	Arena color café claro

Firma:	Revisó:	Solicitó:	Número de informe BIL-004-10/96/097	Página 4 de 4
			Fecha de informe: 27 de diciembre de 2022	
			J01418-038 Rev-03/2021	

Laboratorio de ensayos autorizado por el INEGI con el Registro No. C-658-028/21. Dirección de servicios e inspección de suelos e infraestructuras de México, S de CV (Instituto Mexicano de Ingeniería y Laboratorio de Suelos)

 <p>INSPECTEC SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS S.A. DE C.V.</p>		No. Cliente: 1947 No. Obra: 01		No. Cliente: [Redacted] No. Obra: [Redacted]		No. Cliente: [Redacted] No. Obra: [Redacted]	
		No. Cliente: 1947 No. Obra: 01		No. Cliente: [Redacted] No. Obra: [Redacted]		No. Cliente: [Redacted] No. Obra: [Redacted]	
Tipo de material: Arena Artificial Procedencia: Smedco SPT-1		Lugar de muestreo: Profundidad 3.04 - 3.38 m.		Fecha de muestreo: viernes, 21 de diciembre de 2022		Número de muestra: 1	
Título: INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA (TERRAPLEN)		Compositores:		Resultados obtenidos:		Valores Especificados:	
Malla: 3" 100 2" 100 1 1/2" 100 1" 100 100 100 100 94 81 70 59 48 38		Composición granulométrica 		Concepto:		Resultados obtenidos:	
		Tipo de suelo: (SUSS)		Valor soporte de carbón (cc) (%)		Valores Especificados:	
		Compaction (%)		Expansión (%)		Valores Especificados:	
		Método de compactación		Masa volumétrica seca suelta (kg/m³)		Valores Especificados:	
		Humedad óptima (%)		Masa volumétrica seca máxima (kg/m³)		Valores Especificados:	
		Humedad natural (%)		Límite de Plasticidad (%)		Valores Especificados:	
		Límite de Plasticidad (%)		Índice plástico (%)		Valores Especificados:	
		Contracción Líquida (%)		Contracción Líquida (%)		Valores Especificados:	

Revisión:	Revisión:
Fecha:	Fecha de informe:
Nombre:	Revisión:
Cargo:	Fecha de informe:
Fecha:	Revisión:

N-CTM-1.01/21
 M-MMP-1.01, M-MMP-1.02
 M-MMP-1.04, M-MMP-1.07
 M-MMP-1.09, M-MMP-1.10
 M-MMP-1.11

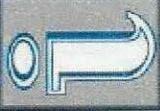
debe ser reproducida para el uso de la construcción. A.C. (analista) e-mail: pnujap@inspectec.com.mx
 Tel: 5538 66 28 y 5538 4107. pnujap@inspectec.com.mx
 C.P. 03000.

No. 273, Col. Alamos, Alcaldía Benito Juárez, Ciudad de México, C.F. 03000.

en conformidad con la Norma Nacional de Inspección y Control de Materiales de Construcción (NOM-045-SENER-2001) y la Norma Nacional de Inspección y Control de Materiales de Construcción (NOM-045-SENER-2001).

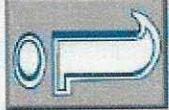
Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023

 <p>INSPECTEC SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS S.A. DE C.V.</p>		No. Cliente: 1047 No. Sitio: 01		No. Cliente: [Redacted] No. Sitio: [Redacted]		No. Cliente: [Redacted] No. Sitio: [Redacted]	
Proveedor: Arena Ardiñola		Lugar de muestreo: Profundidad 5.48 - 5.65 m		Fecha de muestreo: viernes, 23 de diciembre de 2022		Número de muestra: 5	
Tipo de material:		Proceso:		Concepto:		Resultados obtenidos:	
Valoración:		Composición granulométrica		Tipo de suelo:		Valores Especificados:	
Malla:		Dimensiones en milímetros (mm)		Valor superior de catión (cm):		---	
3"		100		Compacción (%):		---	
2"		75		Expansión (%):		---	
1 1/2"		60		Método de compactación:		---	
1"		45		Masa volumétrica seca suelta (kg/m³):		---	
3/4"		30		Masa volumétrica seca máxima (kg/m³):		---	
3/8"		15		Humedad óptima (%):		---	
No. 4		10		Humedad natural (%):		---	
No. 10		5		Líquido (%):		33.2	
No. 20		2		Plástico (%):		38.1	
No. 40		1		Índices plasticos:		24.3	
No. 60		0.75		Contracción Límite (%):		14.9	
No. 100		0.425		Observaciones:		---	
No. 200		0.25		Referencias:		---	
Despejaco referido en 3"		---		N-CTM-1-021 M-MMP-1-01, M-MMP-1-02 M-MMP-1-04, M-MMP-1-07 M-MMP-1-09, M-MMP-1-10 M-MMP-1-11		Número de ensayo: 162010102022 Fecha de ensayo: 27 de diciembre de 2022 20122017 Revisión 02	

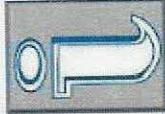
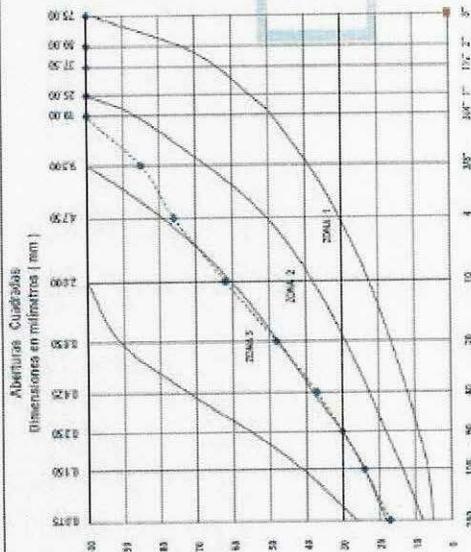
Clave: DGOT-PRYCL3-GH-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001-R02

Revisión 2 – Abril 2023

 <p>INSPECTEC SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS S.A. DE C.V.</p>		No. Cliente: 1047 No. Sitio: 01		No. Cliente: [Redacted] No. Sitio: [Redacted]		Informe de Material para Terracería (Terraplen)			
		Procedimiento: Sonda SPT-1		Lugar de muestreo: Profundidad 10.20 - 10.31 m.		Fecha de muestreo: viernes, 23 de diciembre de 2022		Número de muestras: 13	
Tipo de material: Arena Arcillosa		Composición granulométrica		Concepto		Resultados obtenidos		Valores Especificados	
% Que pasa		Dimensiones en milímetros (mm)		Tipo de suelo (SUSC)		Valor teórico de retención (%)		---	
3"		100		Zona 1		100		---	
2"		98		Zona 2		98		---	
1.5"		90		Zona 3		90		---	
1"		70		Zona 4		70		---	
3/4"		60		Zona 5		60		---	
3/8"		40		Zona 6		40		---	
No. 4		30		Zona 7		30		---	
No. 10		20		Zona 8		20		---	
No. 20		10		Zona 9		10		---	
No. 40		5		Zona 10		5		---	
No. 60		3		Zona 11		3		---	
No. 100		2		Zona 12		2		---	
No. 200		1		Zona 13		1		---	
Despejado retenido en 3"		0		Zona 14		0		---	
Humedad óptima Humedad natural		Límites de plasticidad		Límites de plasticidad		Humedad óptima Humedad natural		--- ---	
38.2 36.4		38.2 36.4		38.2 36.4		38.2 36.4		--- ---	
23.7 12.7		23.7 12.7		23.7 12.7		23.7 12.7		--- ---	
Contracción Línea (%)		Contracción Línea (%)		Contracción Línea (%)		Contracción Línea (%)		---	
Observaciones:		Determinación de los límites		Referencias:		Fecha:		Número de informe:	
Formado: [Redacted]		[Redacted]		N. CTM-1-01/21 M-MMP-1-01, M-MMP-1-02 M-MMP-1-04, M-MMP-1-07 M-MMP-1-09, M-MMP-1-10 M-MMP-1-11		Final:		BLC0197802022	
Revisado: [Redacted]		[Redacted]		Nombre:		Fecha de informe:		1 de 66	
[Redacted]		[Redacted]		Cargo:		martes, 27 de diciembre de 2022		2019-2017 Revisión 02	

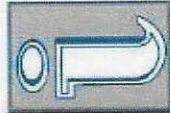
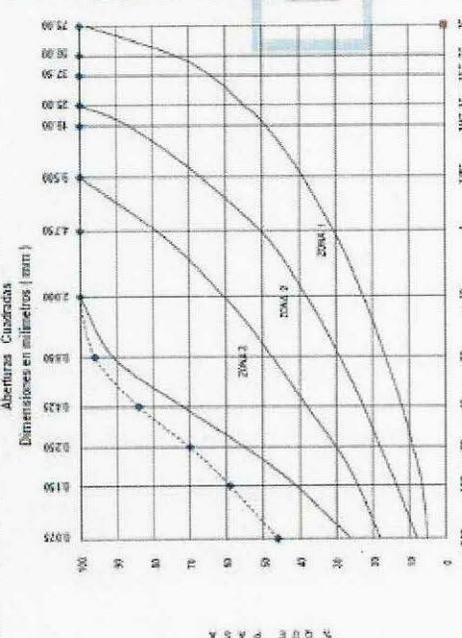
Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023

 <p>INSPECTEC SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS S.A. DE C.V.</p>		No. Cliente: 1047 No. Obra: 01		No. Cliente: [Redacted] No. Obra: [Redacted]		Concepto:	
		Tipo de material: Arena		Procedimiento: Sondaje SPT 1		Fecha de ensayo: viernes, 23 de diciembre de 2022	
Lugar de muestreo: Profundidad 15.00 - 15.12 m.		Tipo de suelo:		Resultados obtenidos:		Valores Especificados:	
Composición granulométrica		Denominación de los tamices:		Tipo de curvo (EUSIS)		Valor teórico de cohesión (c _u) (%)	
Malla No. 3" 100 No. 2" 100 No. 1.5" 100 No. 1" 100 No. 3/4" 100 No. 3/8" 85 No. 4 75 No. 10 52 No. 20 40 No. 40 37 No. 60 30 No. 100 24 No. 200 17		Aberturas Cuadradas Dimensiones en milímetros (mm.) 		Humedad específica (kg/m ³)		Expansión (%)	
% que pasa		Humedad natural (%)		Método de compactación		Índice plástico (%)	
Desplazamiento restringido en 3"		Coeficiente de compaction		Masa volumétrica seca suelta (kg/m ³)		Coeficiente de compaction	
Formas: [Redacted]		Observaciones:		Humedad óptima (%)		Coeficiente de compaction	
Firmas: [Redacted]		Referencias:		Humedad natural (%)		Coeficiente de compaction	
[Redacted]		N. CTM: 6.0121 M-MMP-1-01, M-MMP-1-02 M-MMP-1-04, M-MMP-1-07 M-MMP-1-09, M-MMP-1-10 M-MMP-1-11		Número de hojas: 1 de 1		Fecha de elaboración: marzo, 27 de diciembre de 2022	
[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]	

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

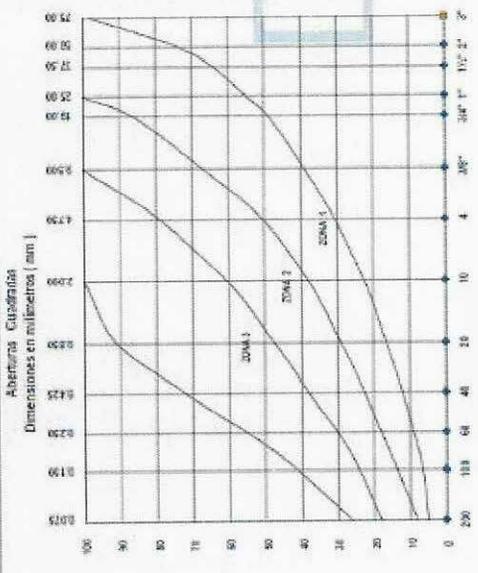
Revisión 2 – Abril 2023

 <p>INSPECTEC SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS S.A. DE C.V.</p>		No. Cliente: 1047 No. Cliente: 01		No. Cliente: [Redacted]		No. Cliente: [Redacted]			
		Proyección: Arena con litro		Lugar de muestreo: Profundidad 18.00 - 18.66 m.		Fecha de muestreo: viernes, 23 de diciembre de 2022		Consultoría: Número de muestra: 25	
Tipo de material: Arena con litro		Proyección: Suelo SPI-1		Lugar de muestreo: Profundidad 18.00 - 18.66 m.		Fecha de muestreo: viernes, 23 de diciembre de 2022		Consultoría: Número de muestra: 25	
Composición granulométrica		Composición granulométrica		Concepto		Resultados obtenidos		Valorza Especificados	
Malla	% Que pasa			Tipo de suelo	(SUOS)				
3"	100			Valor soporte de columna (obr)	(%)				
2"	100			Compactación	(%)				
1 1/2"	100			Expansión	(%)				
1"	100			Método de compactación					
3/4"	100			Masa volumétrica seca suelta	(kg/m³)				
3/8"	100			Masa volumétrica seca máxima	(kg/m³)				
No. 4	100			Humedad natural	(%)				
No. 10	100			Humedad natural	(%)		25.3		
No. 20	96			Líquido	(%)		28.2		
No. 40	84			Plástico	(%)		15.1		
No. 60	70			Límite de plasticidad	(%)		13.1		
No. 100	59			Compresión Lineal	(%)				
No. 200	46								
aproximado en 3"									

Proyecto: [Redacted]		Número de ítem: ISL-01179-1022		Folio: 1 de 1	
Referencia:		Fecha de entrega:		mstrno, 27 de diciembre de 2022	
N.º OTM-1-0121 M-MWP-1-01, M-MWP-1-02 M-MWP-1-04, M-MWP-1-07 M-MWP-1-09, M-MWP-1-10 M-MWP-1-11		Proyecto:		Fecha:	
Año: [Redacted]		Proyecto:		Fecha:	

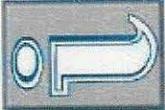
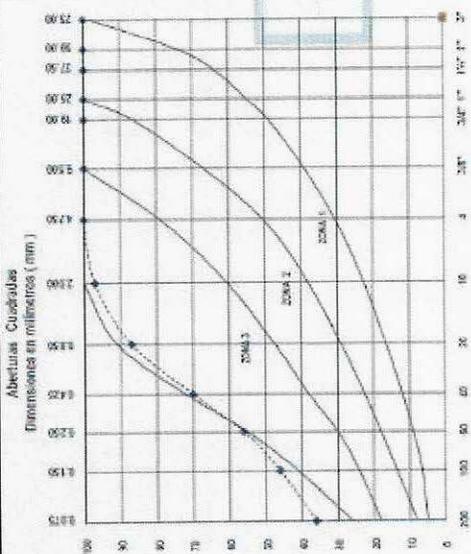
Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023

 <p>INSPECTEC SUPERVISION Y LABORATORIOS S.A. DE C.V.</p>		<p>No. Cliente: 1047</p> <p>No. Orden: 01</p>		<p>No. Cliente: [Redacted]</p> <p>No. Orden: [Redacted]</p>		<p>Contratante: Centrobahías</p>					
<p>Tipo de material: [Redacted]</p>		<p>Procesado: [Redacted]</p>		<p>Lugar de muestreo: Profundidad 21.60 - 22.20 m.</p>		<p>Fecha de muestreo: viernes, 23 de diciembre de 2022</p>		<p>Número de muestras: 31</p>		<p>Número de ensaye: [Redacted]</p>	
<p>Composición granulométrica</p>				<p>Concepto</p>		<p>Resultados obtenidos</p>		<p>Valores Especificables</p>		<p>[Redacted]</p>	
Malla	% Que pasa			Tipo de suelo (SUIC)		Resultados obtenidos		Valores Especificables		[Redacted]	
3"	100			[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]	
2"	100			[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]	
1.5"	100			[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]	
1"	100			[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]	
3/4"	100			[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]	
3/8"	100			[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]	
No. 4	100			[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]	
No. 10	100			[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]	
No. 20	100			[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]	
No. 40	100			[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]	
No. 60	100			[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]	
No. 100	100			[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]	
No. 200	100			[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]	
Expendido resaca en 3"	0			[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]		[Redacted]	
<p>Dispersiones:</p>		<p>Referencias:</p>		<p>Hecho</p>		<p>Fecha</p>		<p>Número de informe:</p>		<p>Página:</p>	
<p>[Redacted]</p>		<p>M-CTM-1-01/21 M-MMP-1-01, M-MMP-1-02 M-MMP-1-03, M-MMP-1-07 M-MMP-1-09, M-MMP-1-10 M-MMP-1-11</p>		<p>[Redacted]</p>		<p>[Redacted]</p>		<p>ISL/01/01/2022</p>		<p>1 de 1</p>	
<p>[Redacted]</p>		<p>[Redacted]</p>		<p>[Redacted]</p>		<p>[Redacted]</p>		<p>Fecha de informe:</p>		<p>Fecha:</p>	
<p>[Redacted]</p>		<p>[Redacted]</p>		<p>[Redacted]</p>		<p>[Redacted]</p>		<p>viernes, 27 de diciembre de 2022</p>		<p>353.12.017.000.00.02</p>	

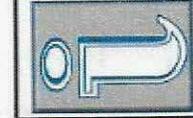
Clave: DGOT-PRYCL3-GI-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 - Abril 2023

INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA (TERRAPLEN)					
 <p>INSPECTEC SUPERVISION Y LABORATORIOS S.A. DE C.V.</p>		No. Cliente: 1047 No. Obs: 01		No. Cliente: [Redacted] No. Obs: [Redacted]	
Tipo de material: Arena arcillosa		Procedencia: Sorden SPI-1		Fecha de muestreo: viernes, 23 de diciembre de 2022	
Lugar de muestreo: Profundidad 23.40 - 24.00 m.		Concepto:		Número de muestra: 34	
Composición granulométrica		Tipo de suelo: SC		Resultados obtenidos:	
 <p>Aberturas Cuadradas Transmisión en milímetros (mm)</p> <p>Denominación de los Tamices</p>		Valor superior de catenitas (cat) (%) Compresión (%) Expansión (%) Módulo de compresión Masa volumétrica seca suelta (kg/m³) Masa volumétrica seca máxima (kg/m³) Humedad óptima (%) Humedad natural (%) Límites de Plasticidad Índice de Plasticidad Distribución Leada (%)		Valores Especificados	
Malla % que pasa		No. 4 No. 10 No. 20 No. 40 No. 60 No. 100 No. 200		50 35 25 15 10 5 3	
Distribución retenido en T*		No. 4 No. 10 No. 20 No. 40 No. 60 No. 100 No. 200		50 35 25 15 10 5 3	
Observaciones:		Referencias:		Número de informe: INLU/0175/2022	
Avance: [Redacted]		NCTM-1.011 M-MMP-1.01, M-MMP-1.02 M-MMP-1.04, M-MMP-1.07 M-MMP-1.08, M-MMP-1.10 M-MMP-1.11		Fecha de informe: marzo, 27 de diciembre de 2022	
Firma: [Redacted]		Fecha:		31-12-2017 Revisión 02	

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023



INSPECTEC
SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS
S.A. DE C.V.

No. Cliente: 1647
No. Obra: 01

No. Cliente: [Redacted]
No. Obra: [Redacted]

INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA (TERRAPLEN)

Constituyente

Tipo de material: [Redacted]

Procesado: [Redacted]

Sondeo SPE-1

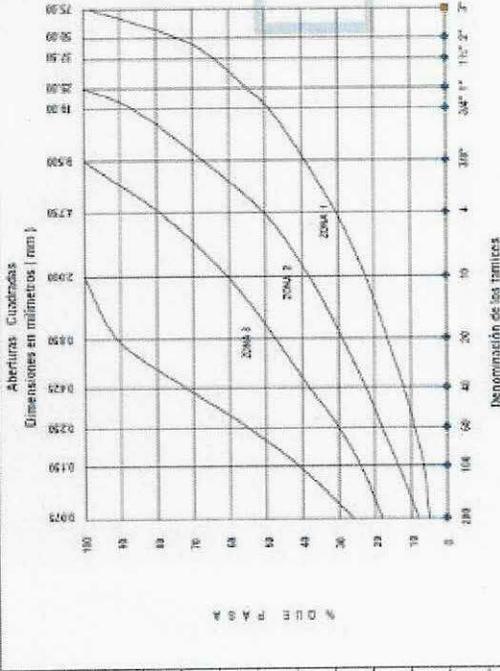
Lugar de muestreo:
Profundidad 29.40 - 30.00 m.

Fecha de muestreo:
viernes, 23 de diciembre de 2022

Número de muestra:
4A

Número de ensaye:
[Redacted]

Composición granulométrica



Concepto	Resultados obtenidos	Valores Especificados
Tipo de suelo (SUCS)		
Valor promedio de caídas (cm)		
Compactación (%)		
Expansión (%)		
Módulo de compresión		
Masa volumétrica seca suelta (kg/m ³)		
Masa volumétrica seca máxima (kg/m ³)		
Humedad óptima (%)		
Humedad natural (%)	21.6	
Líquido (%)	23.0	
Plástico (%)	INAP	
Índice plástico (%)	INAP	
Contracción Líquida (%)		

Observaciones:

Aprobó:

Referencia:

N-CTE-1-071
M-MMP-1-01, M-MMP-1-02
M-MMP-1-03, M-MMP-1-07
M-MMP-1-09, M-MMP-1-10
M-MMP-1-11

Número de informe:

ISL0001152022

Fecha:

04/12/2022

Forma:

1 de 1

Revisó:

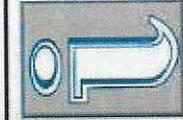
marzo, 27 de diciembre de 2022

Cargó:

JOSÉ LUIS BARRERA

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

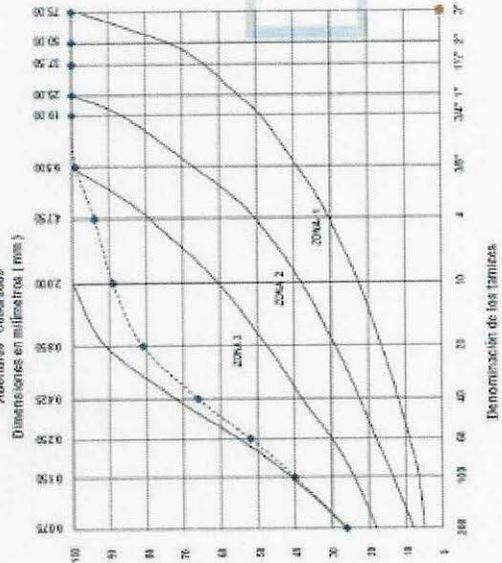
Revisión 2 – Abril 2023



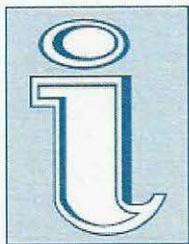
INSPECTEC
 SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS
 S.A. DE C.V.

INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA (TERRAPLEN)

No. Cliente: 1047 No. Diagon: [Redacted]		No. Otro: 01 No. Otro: [Redacted]		Constituyente: [Redacted]		Número de ensayo: 47		Número de envase: ----	
Proceso: Suelo SPT-1		Lugar de muestreo: Profundidad 31.30 - 31.89 m.		Fecha de muestreo: viernes, 23 de diciembre de 2022		Concepto:		Resultados obtenidos:	
Tipo de material: Arena		Composición granulométrica		Concepto:		Resultados obtenidos:		Valores Especificados:	
% Que pasa:		Aberturas Cuadradas Dimensiones en milímetros (mm)		Concepto:		Resultados obtenidos:		Valores Especificados:	
No. 3		100		Concepto:		Resultados obtenidos:		Valores Especificados:	
No. 4		94		Concepto:		Resultados obtenidos:		Valores Especificados:	
No. 10		89		Concepto:		Resultados obtenidos:		Valores Especificados:	
No. 20		81		Concepto:		Resultados obtenidos:		Valores Especificados:	
No. 40		66		Concepto:		Resultados obtenidos:		Valores Especificados:	
No. 60		52		Concepto:		Resultados obtenidos:		Valores Especificados:	
No. 100		40		Concepto:		Resultados obtenidos:		Valores Especificados:	
No. 200		25		Concepto:		Resultados obtenidos:		Valores Especificados:	
De apertura retenido en 3"		[Redacted]		Concepto:		Resultados obtenidos:		Valores Especificados:	



No. de Hojas: 1 de 1 Fecha de impresión: martes, 27 de diciembre de 2022 Usuario: JDE12 017 Revistas 02	Referencias: N-CTM-1.0121 M-MMP-1.01, M-MMP-1.02 M-MMP-1.04, M-MMP-1.07 M-MMP-1.08, M-MMP-1.19 M-MMP-1.11
---	--



INSPECTEC
SUPERVISION Y LABORATORIOS
S.A. DE C.V.

Ciudad de México a 04 de abril de 2023

Ingenieros Cuevas Asociados, S. C.

A/r: Ing. Antonio López

En relación con los ensayos realizados para la obra denominada Constituyentes, envío los valores de las determinaciones de límite líquido de las muestras analizadas:

Muestra	Ensayo 1			Ensayo 2			Límite líquido promedio (%)
	No. golpes	Contenido de agua (%)	Límite líquido (%)	No. golpes	Contenido de agua (%)	Límite líquido (%)	
1	25	38.6	38.6	24	38.3	38.1	38.4
5	26	38.5	38.7	25	37.9	37.9	38.3
13	25	36.2	36.2	23	36.9	36.5	36.4
25	24	29.0	28.9	24	27.6	27.5	28.2
31	27	30.0	30.3	26	29.4	29.5	29.9
34	26	33.1	33.3	24	31.2	31.0	32.2
44	27	23.2	23.4	27	22.4	22.6	23.0

Sin otro particular quedo a sus órdenes para cualquier comentario al respecto.

12. ANEXO 4. PRUEBAS DE FICÓMETRO

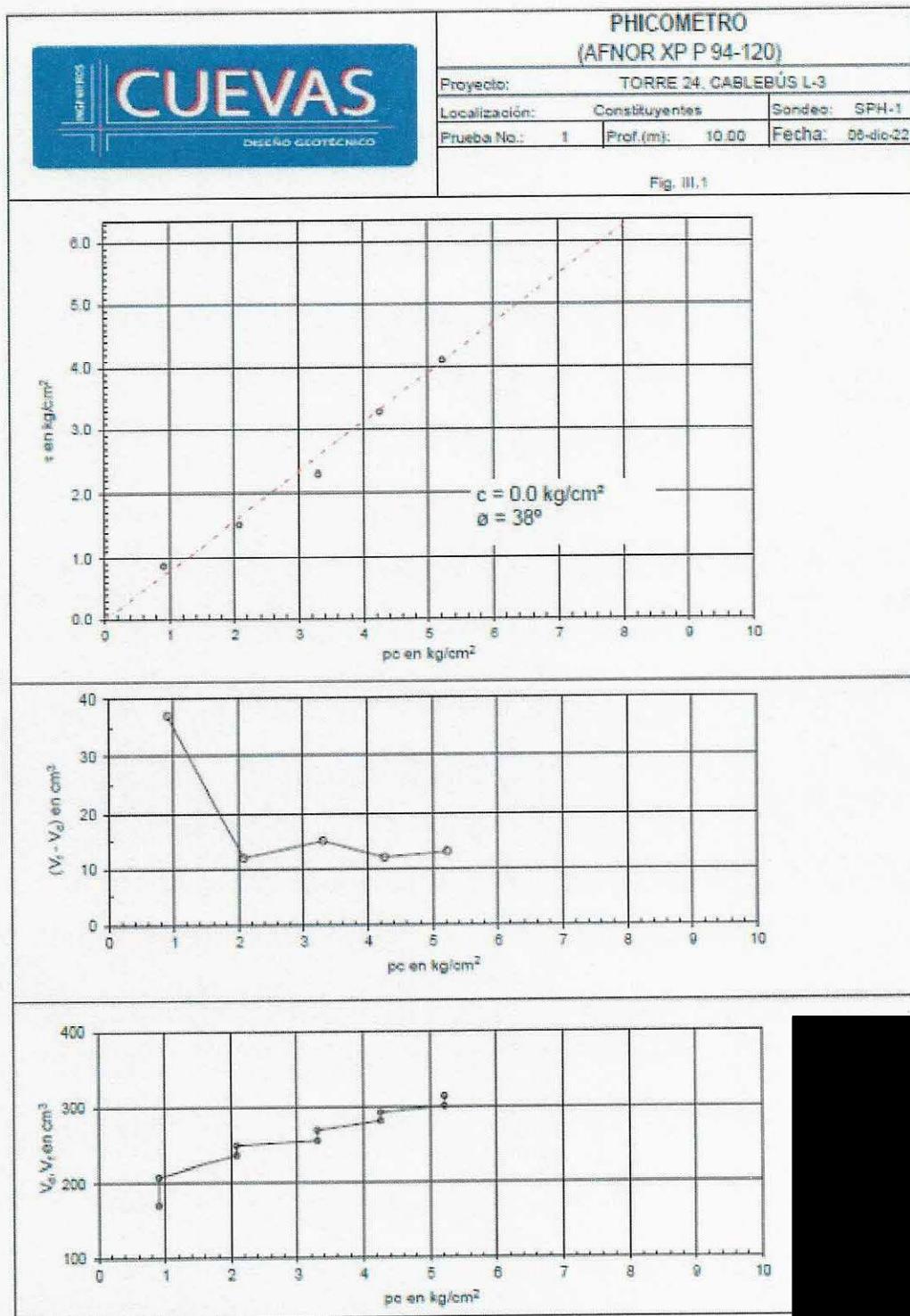


Fig. IV.1 Resultados del sondeo de phicómetro SPH-1

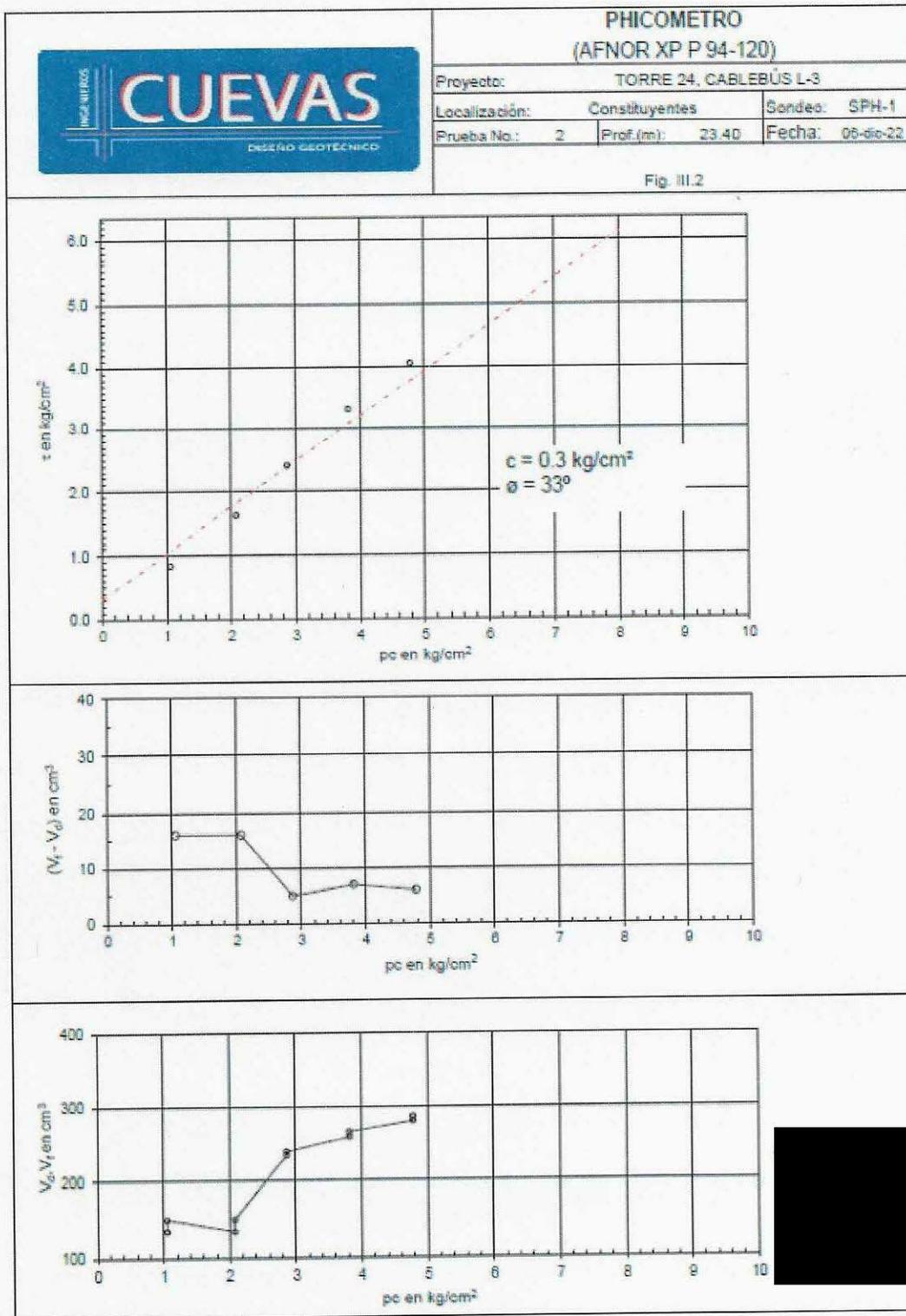


Fig. IV.2 Resultados del sondeo de picómetro SPH-1

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023

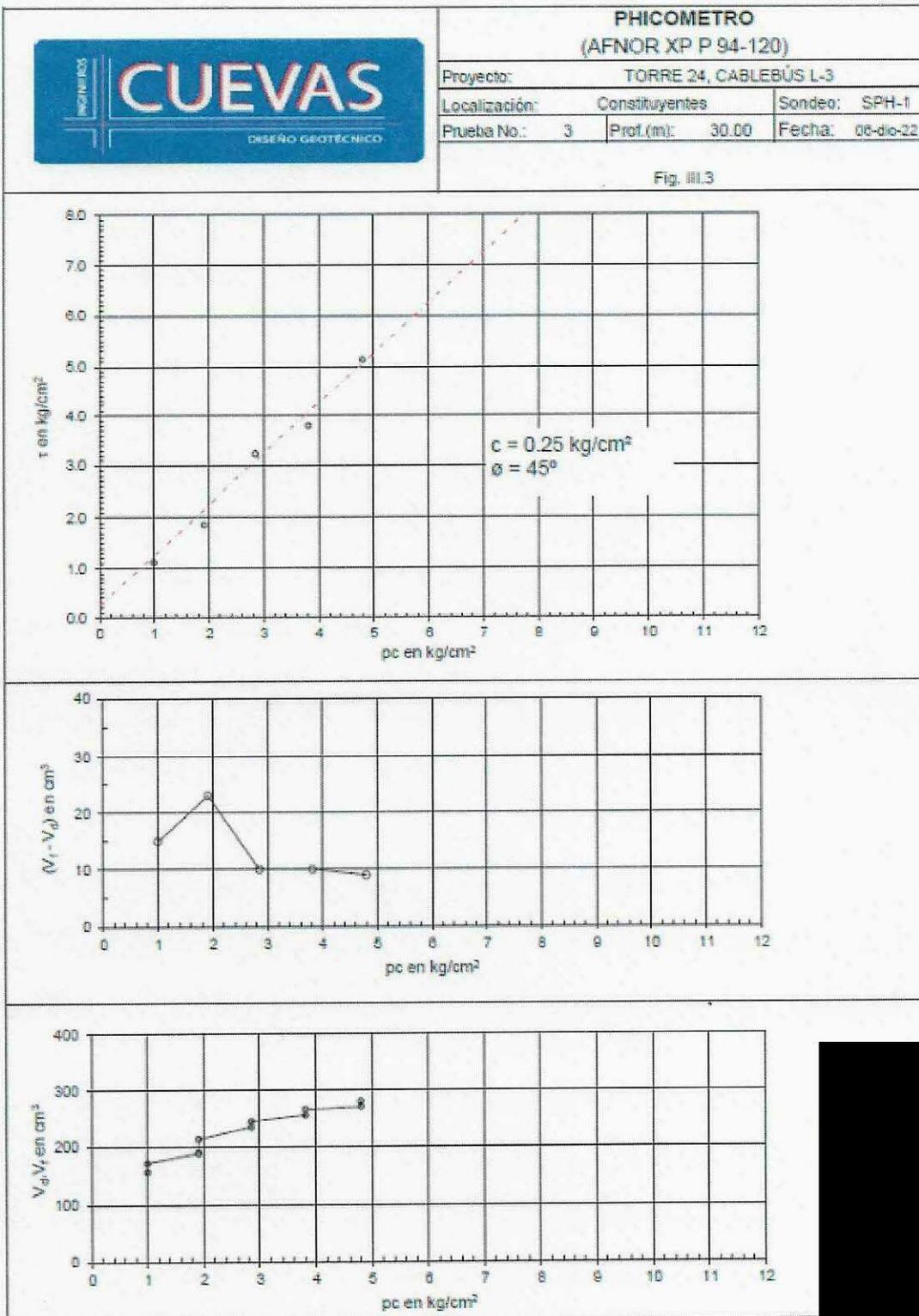
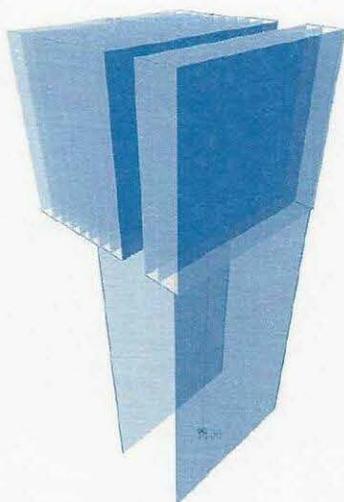


Fig. IV.3 Resultados del sondeo de picómetro SPH-1

13. ANEXO 5. CARGAS ACTUANTES EN TORRE 24

De acuerdo con el análisis estructural de la Torre 24, se presentan las cargas siguientes a nivel de cimentación, mismas que ya consideran el peso del dado de cimentación:

TORRE 24



Combinación Gravitacional con factores

Story	Label	Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Base	156	1	2.31		0.357.3392	171.4843	100.8557	-12.1747

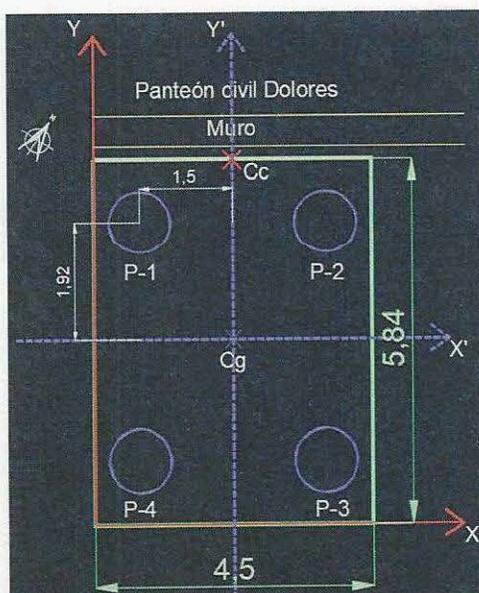
Combinación Sismo con factores

Story	Label	Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
Base	156	73	16.6479	19.2943	289.6002	1222.468	358.6149	-24.7621

Combinación Gravitacional sin factores

Story	Label	Output Case	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Base	156	0DespZ	0	0	217.821	106.589	67.295	-8.116

A continuación, se presenta la revisión de incremento de esfuerzos por la gran excentricidad que existe entre el centro de cimentación y el centro de cargas. Así mismo, se presentan las 8 combinaciones correspondientes al sismo, con el 100% actuando en un sentido y el 30% en el otro sentido, para finalmente obtener las cargas máximas y mínimas actuantes cada una de las pilas.



Esquema 5.1. Planta de pilas y referencia de ejes generales y centroidales. Cc: centro de cargas; Cg: centro de pilas

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023

De acuerdo con la posición de las pilas y el punto de aplicación de la carga, se tiene:

Tabla 5.1

Centro geométrico de pilas					
Pila	A (m ²)	X (m)	Y (m)	AX (m ³)	AY (m ³)
1	0.785	0.75	4.84	0.58905	3.80132711
2	0.785	3.75	4.84	2.94524	3.80132711
3	0.785	3.75	1	2.94524	0.78539816
4	0.785	0.75	1	0.58905	0.78539816
3.142				7.1	9.2
		X=	2.25	m	
		Y=	2.92	m	

Tabla 5.2

Centro de cargas		
X=	2.25	m
Y=	5.84	m
eX=	0.0	m
eY=	2.9	m

Tabla 5.3

Momentos de inercia, pilas				
Pila	Xi (m)	Yi (m)	(Xi) ²	(Yi) ²
1	1.5	1.92	2.25	3.6864
2	1.5	1.92	2.25	3.6864
3	1.5	1.92	2.25	3.6864
4	1.5	1.92	2.25	3.6864
Σ=			9.00	14.7456
			Ix=	14.75
			Iy=	9.00

Para el incremento y decremento de cargas por excentricidad estática:

$$\Delta\sigma_{est} = M_{v\ est\ x} \frac{\pm y_i}{I_x} \pm M_{v\ est\ y} \frac{\pm x_i}{I_y} \quad (5.1)$$

Donde:

- $\Delta\sigma_{est}$ incremento y decremento de carga estática, t
- $M_{v\ est\ x}$ momento de volteo estático por excentricidad, respecto al eje x, t-m
- $M_{v\ est\ y}$ momento de volteo estático por excentricidad, respecto al eje y, t-m
- x_i distancia entre el centro de pilas y la pila en revisión, en sentido X
- y_i distancia entre el centro de pilas y la pila en revisión, en sentido Y

Tabla 5.4

Incremento de cargas fact por excentricidad estática										
<table border="1"> <tr> <td>Mve X=</td> <td>1043.43</td> <td>t-m</td> </tr> <tr> <td>Mve Y=</td> <td>0.00</td> <td>t-m</td> </tr> </table>					Mve X=	1043.43	t-m	Mve Y=	0.00	t-m
Mve X=	1043.43	t-m								
Mve Y=	0.00	t-m								
Pila	Xi (m)	Yi (m)	$\Delta\sigma_{est}$ (t)	P max,min (t)						
1	1.5	1.92	135.86	225.20						
2	1.5	1.92	135.86	225.20						
3	1.5	1.92	-135.86	-46.53						
4	1.5	1.92	-135.86	-46.53						

Donde:

$$P_{max,min} = \frac{P_{est\ fact}}{No.pilas} \pm \Delta\sigma_{est} \quad (5.2)$$

Donde:

$P_{est\ fact}$ carga máxima factorizada en condición estática, igual a 357.3392 t

$P_{max,min}$ carga máxima y mínima factorizada estática, t

$\Delta\sigma_{est}$ incremento de carga por excentricidad estática, t

Por su parte, los incrementos y decrementos de cargas en condición sísmica en cada una de las pilas se determinó mediante la expresión siguiente:

$$\Delta\sigma_s = M_{vx} \frac{y_i}{I_x} \pm 0.3M_{vy} \frac{x_i}{I_y} \quad (5.3)$$

Donde:

$\Delta\sigma_s$ incremento y decremento de carga por condición sísmica, t

M_{vx} momento de volteo sísmico respecto al eje x, igual a 1,222.0 t-m

M_{vy} momento de volteo sísmico respecto al eje y, igual a 358.61 t-m

x_i distancia entre el centro de pilas y la pila en revisión, en sentido X

y_i distancia entre el centro de pilas y la pila en revisión, en sentido Y

Se realizaron las 8 combinaciones con las variaciones del 100% del momento de volteo en un sentido y el 30% de momento en el otro sentido:

Tabla 5.5

Combinaciones sísmicas para determinación de incrementos y decrementos de cargas en pilas															
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.920	-107.52	1	1.5	1.92	12.02	1	1.5	1.92	-177.11	1	1.500	1.92	141.24
2	1.500	1.920	12.02	2	1.5	1.92	-107.52	2	1.5	1.92	-141.24	2	1.500	1.92	177.11
3	1.500	1.920	107.52	3	1.5	1.92	-12.02	3	1.5	1.92	177.11	3	1.500	1.92	-141.24
4	1.500	1.920	-12.02	4	1.5	1.92	107.52	4	1.5	1.92	141.24	4	1.500	1.92	-177.11
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.920	-12.02	1	1.500	1.920	107.52	1	1.5	1.92	-141.24	1	1.5	1.92	177.1
2	1.500	1.920	107.52	2	1.500	1.920	-12.02	2	1.5	1.92	-177.11	2	1.5	1.92	141.2
3	1.500	1.920	12.02	3	1.500	1.920	-107.52	3	1.5	1.92	141.24	3	1.5	1.92	-177.1
4	1.500	1.920	-107.52	4	1.500	1.920	12.02	4	1.5	1.92	177.11	4	1.5	1.92	-141.2
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.920	-12.02	1	1.500	1.920	107.52	1	1.5	1.92	-141.24	1	1.5	1.92	177.1
2	1.500	1.920	107.52	2	1.500	1.920	-12.02	2	1.5	1.92	-177.11	2	1.5	1.92	141.2
3	1.500	1.920	12.02	3	1.500	1.920	-107.52	3	1.5	1.92	141.24	3	1.5	1.92	-177.1
4	1.500	1.920	-107.52	4	1.500	1.920	12.02	4	1.5	1.92	177.11	4	1.5	1.92	-141.2
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)	Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.920	-12.02	1	1.500	1.920	107.52	1	1.5	1.92	-141.24	1	1.5	1.92	177.1
2	1.500	1.920	107.52	2	1.500	1.920	-12.02	2	1.5	1.92	-177.11	2	1.5	1.92	141.2
3	1.500	1.920	12.02	3	1.500	1.920	-107.52	3	1.5	1.92	141.24	3	1.5	1.92	-177.1
4	1.500	1.920	-107.52	4	1.500	1.920	12.02	4	1.5	1.92	177.11	4	1.5	1.92	-141.2

De acuerdo con la revisión de las 8 combinaciones anteriores:

Tabla 5.6

Incrementos max y min sísmicos		
Pila	Δσs max (t)	Δσs min (t)
1	177.11	-177.11
2	177.11	-177.11
3	177.11	-177.11
4	177.11	-177.11

Para la obtención de las cargas máximas y mínimas en cada pila, se tiene:

$$P_{Tot_{fact}} = P_{max} \pm \Delta\sigma_s$$

Sustituyendo los valores correspondientes, se tienen las siguientes condiciones de carga en cada una de las pilas analizadas:

Tabla 5.7

Cargas Tot máx y mín factorizadas		
Pila	Ptot max (t)	Ptot min (t)
1	402.30	48.09
2	402.30	48.09
3	130.58	-223.63
4	130.58	-223.63

Es muy importante mencionar que esta revisión deberá ser avalada por el área de estructuras del proyecto y verificar la correcta interpretación de carga, momentos, etc.

Tomando en cuenta las cargas máximas y mínimas factorizadas totales de la Tabla 5.7 y las capacidades de carga reducidas a compresión y tensión, se tiene:

Tabla 5.8 Comparativa $\Sigma QF.C < R$

D (m)	R (t)	Ptot max (t)	C _{te} (t)	Ptot min (t)
1.0	969.2	402.30	302.8	223.63

Como se puede observar, se cumple con la desigualdad para las cargas actuantes a compresión y tensión.

Para el caso de las cargas de servicio “Combinación Gravitacional sin factores”, empleando las expresiones (5.1) y (5.2) y sustituyendo los valores correspondientes:

Tabla 5.9

Incremento de cargas serv por excent. estática				
		Mve X=	636.04	t-m
		Mve Y=	0.00	t-m
Pila	Xi (m)	Yi (m)	$\Delta\sigma_{est}$ (t)	P max (t)
1	1.5	1.9	82.82	137.27
2	1.5	1.9	82.82	137.27
3	1.5	1.9	-82.82	-28.36
4	1.5	1.9	-82.82	-28.36

Los valores de la tabla anterior, indican que para el estado de servicio, las pilas 1 y 2 estarán tratadas a compresión y las pilas 3 y 4, a tensión.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023

14. ANEXO 6. ESTUDIO GEOFÍSICO (GEORADAR)



SERGBEN
Ingeniería del Subsuelo, S. A. de C. V.

**ESTUDIO GEOFÍSICO DE GEORADAR PARA LA BASE DE LA TORRE 24
DEL CABLE BUS LINEA 3, AVE. CONSTITUYENTES S/N,
COL. LAS AMÉRICAS, ALC. MIGUEL HIDALGO,
CIUDAD DE MÉXICO.**



ELABORADO POR:



SERGBEN
Ingeniería del Subsuelo, S. A. de C. V.

PARA:

**GAMI INGENIERÍA E
INSTALACIONES S.A. DE C.V.** **GI**
GRUPO INDI

ENERO 18 DEL 2023.

INDICE GENERAL

1. GENERALIDADES

1.1 OBJETIVOS

1.2 ACTIVIDADES REALIZADAS.

2. RESULTADOS

3. CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO A MÉTODO DE GEORADAR

ANEXO B FOTOGRÁFICO

INFIN GEORADAR CABLEBUSL3 T24.DOC RED SISSA /M01 INFO 2021 /GPO INDI / CALBLE BUS L3 / INFINF

1. GENERALIDADES

En la actualidad se lleva a cabo la exploración para el proyecto de la Línea 3 del Cable Bus en su tramo de la Ave. Constituyentes al poniente de la ciudad.

En esta parte poniente de la Ciudad de México, en el área que antiguamente se caracterizó por la presencia de bancos de materiales para la extracción de arenas pumíticas de forma subterránea y a cielo abierto, esto se llevó a cabo hasta mediados de la década de los sesenta del siglo pasado, además que en el Atlas de Riesgo de la Ciudad de México la consideran como de alto riesgo por la probable presencia de cavidades.

Es por ello que la empresa GAMI INGENIERA E INSTALACIONES S.A. de C.V, quien es la responsable del proyecto, ingeniería y construcción nos solicitó la realización de un Estudio Geofísico en la base de la Torre 24 del Cable Bus que permitiera definir las condiciones litológicas y la potencial presencia de cavidades en el subsuelo del predio en donde se desplantara en el nuevo proyecto habitacional.

El informe describe los trabajos realizados, así como sus resultados y conclusiones.

1.1 OBJETIVOS

El objetivo del presente estudio es el definir la distribución de los materiales del subsuelo, así como definir la potencial presencia de cavidades bajo el área de la Torre 24.

1.2 ACTIVIDADES REALIZADAS

Exploración Geofísica

El método de exploración que se uso fue el de georadar, ya que nos permite tener una buena profundidad de exploración (25m reales), así como un perfil continuo de información sin dejar zonas sin explorar.

El método se basa en que con un equipo que cuenta con dos antenas, una transmite un pulso electromagnético al subsuelo, y este viaja al subsuelo, y regresa y es captado por otra antena receptora. La información se va observando en una computadora a manera de una grafica llamada "Radagrama". Que es una especie de grafica de ultrasonido como el que se le hace al ser humano en la medicina. En este radagrama se puede observar directamente en campo como se va obteniendo esta grafica, e identificarse desde ahí posibles puntos críticos.

Esta información es almacenada en una computadora, para posteriormente en gabinete hacer un procesado mayor y una interpretación final de los resultados obtenidos. Asociando las observaciones de campo y de la mecánica de suelos.

Este método tiene la ventaja que no requiere de una gran extensión para lograr penetrar más de 25m reales. Se realizaron 9 (NUEVE) líneas. (Fotografías 1 a 10, Plano 1).

15
11-5-21

A continuación se presenta la tabla con el volumen de exploración realizado:

No. DE LÍNEA	DISTANCIA (m)
1	10.50
2	10.50
3	10.50
4	10.50
5	10.50
6	10.50
7	4.5
8	4.5
9	4.5
TOTAL	76.50

Es decir en total se realizaron 76.50 metros lineales de exploración con georadar.

- Procesamiento e interpretación de la información

En el presente texto se describen los resultados obtenidos en el Plano 1, se ilustra cada una de las líneas realizadas, se muestra su correspondiente radagrama, procesado e interpretado, asociando los resultados a los materiales del subsuelo, en un recuadro se observa su ubicación. La información recolectada en cada una de las líneas, pasó por una serie de procesos y análisis, para llegar a determinar la distribución de los diferentes materiales del subsuelo y de las anomalías asociadas a las diferentes condiciones del concreto analizado.

Se usó el siguiente software para el procesado de la información: Ground Vision V1.4.3. (Sweden 2004 y 2013), Reflex V 3.5 (Germany 2005), MALA VISION (Sweden 2022).

En el Anexo A, se presenta una breve descripción del método empleado, el cual incluye los principios físicos en los cuales se fundamenta, el equipo empleado y un apartado que describe el procesamiento de la información.

En el Anexo B se presenta las fotografías aéreas y del trabajo realizado.

2. RESULTADOS

Se realizaron un total de 9 (NUEVE) líneas, se ubicaron las líneas adecuándose a los espacios disponibles en el momento de la realización de la exploración geofísica. (Fotografías 8 a 19 y Planos 1 y 2).

Después del procesamiento de la información obtenida en campo y para su interpretación se basó en los resultados de la mecánica de suelos elaborada por Ingenieros Cuevas, S.C. (Diciembre 2022), en donde se identifica una estratigrafía constituida por 8 (ocho) diferentes estratos hasta los 25m de la exploración con el georadar.

Ya que el objetivo del estudio es definir la potencial presencia de cavidades en el subsuelo de la base de la torre se sabe que se realizó una la mecánica de suelos (Sondeo SPT-1 T24) en donde se identifican dos estratos de Toba Pumítica, el primero entre 16.8 a 18.0m y el segundo entre 19.2 y 21.15m, por lo que es importante en estas dos zonas identificar en los radagramas anomalías que se pudieran asociar a la presencia de cavidades a esa profundidad y/o rasgos que indiquen fracturamiento y/o zonas de colapsos en proceso asociadas a la presencia de cavidades a esa profundidad en estos materiales.

Se decidió agrupar en un paquete el **M 1-5** a los estratos entre 0 y 16m de profundidad asociados a un relleno superficial y después a una alternancia de Tobas Arenosas, Limosas, Arcillosas y sus combinaciones, se puede ver en los radagramas que el comportamiento de la señal es muy homogéneo, no se observan deformaciones en la señal de georadar que nos indiquen la presencia de grietas, curvaturas o deformaciones que nos indiquen la presencia de cavidades en el subsuelo.

En campo se observa la presencia de un drenaje que corre paralelo entre las líneas 4 y 5, más hacia la Línea 4, y lo cruzan transversalmente las líneas 7, 8 y 9. Es importante mencionar que casi no se observa en los radagramas de las líneas 7, 8 y 9, ya que al hacer el filtrado matemático de la señal para acentuar la parte profunda del radagrama e identificar los estratos correspondientes a la Toba Pumítica más abajo de los 15m, en este caso en particular el efecto del drenaje se disminuye sustancialmente.

El material **M-6** es el que se asocia a la presencia de las Tobas Pumíticas que fue el que se usó para la explotación de la minas subterráneas y que generaron las cavidades que hay evidencia que existen en la zona. Se observa en la registro de la perforación que estos estratos están profundos más de 15m y además son delgados de 1.2 a 1.95m lo cual les resta potencial de explotación.

En los radagramas de la 9 líneas realizadas se observa con una respuesta muy homogénea en ambos sentidos tanto longitudinalmente (Líneas 1 a 6) como transversalmente



SIMBOLOGÍA

	Perfil topográfico.		Tipo de Material.
	Contacto Litológico.		Sondeo.
	Cruce con Línea.		Registro.

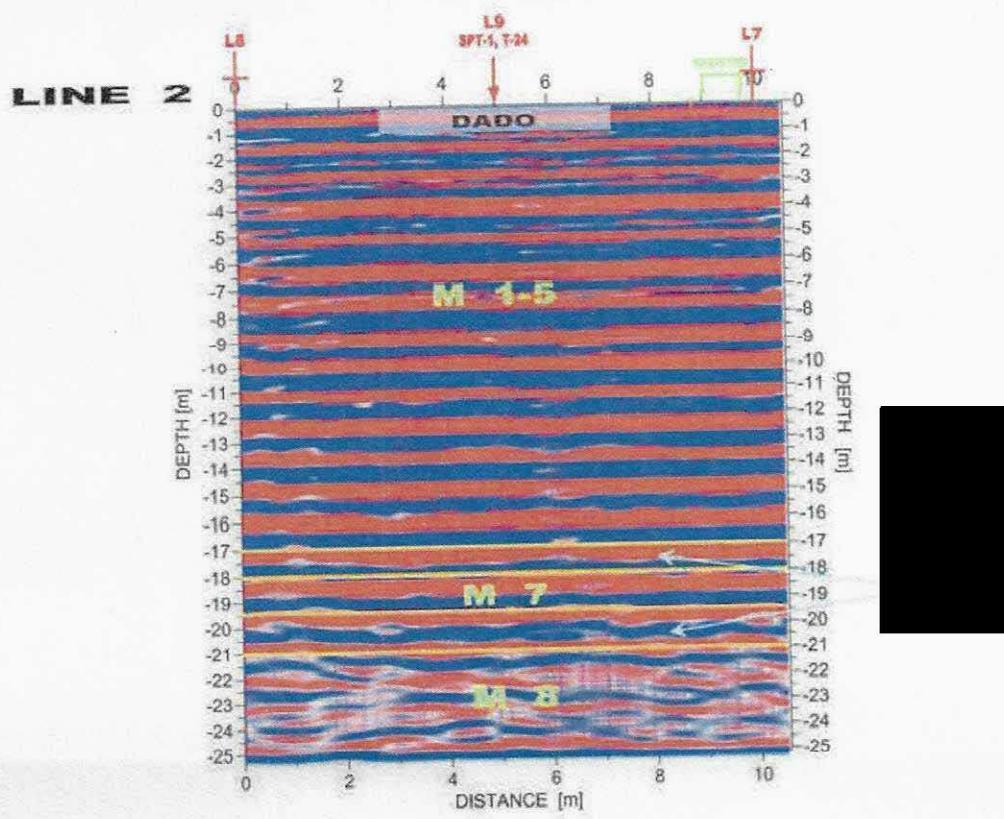
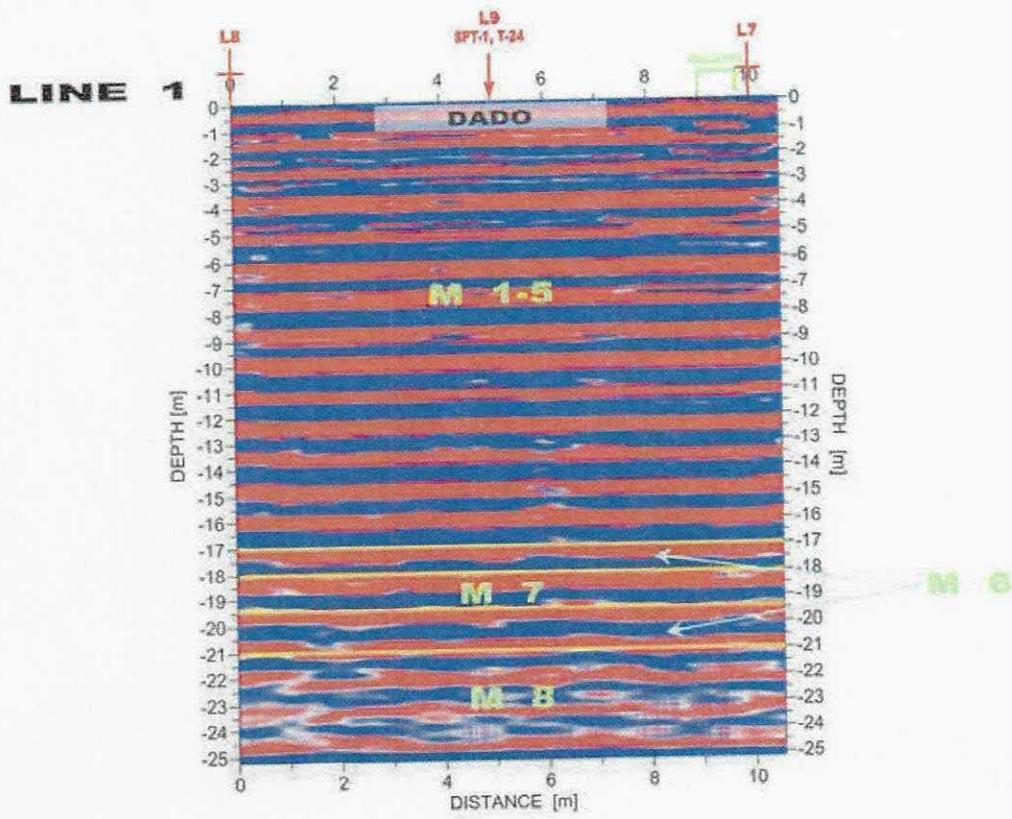
LEYENDA

M 1-5	Relleno y paquete de Tobas Arenosas, Limosas, Arcillosas y sus combinaciones.
M 6	Tobas Pumíticas.
M 7	Toba Armeo Limosa.
M 8	Toba Arcillosa.

ESCALA HORIZONTAL 1: 100
VERTICAL 1: 200

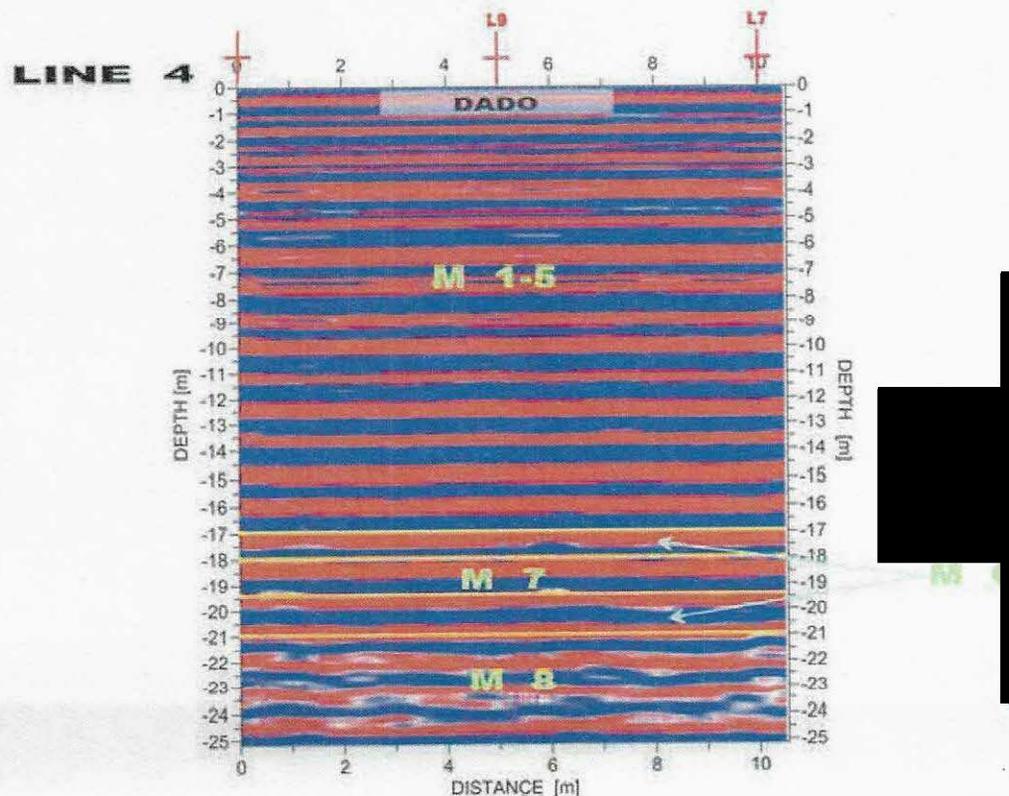
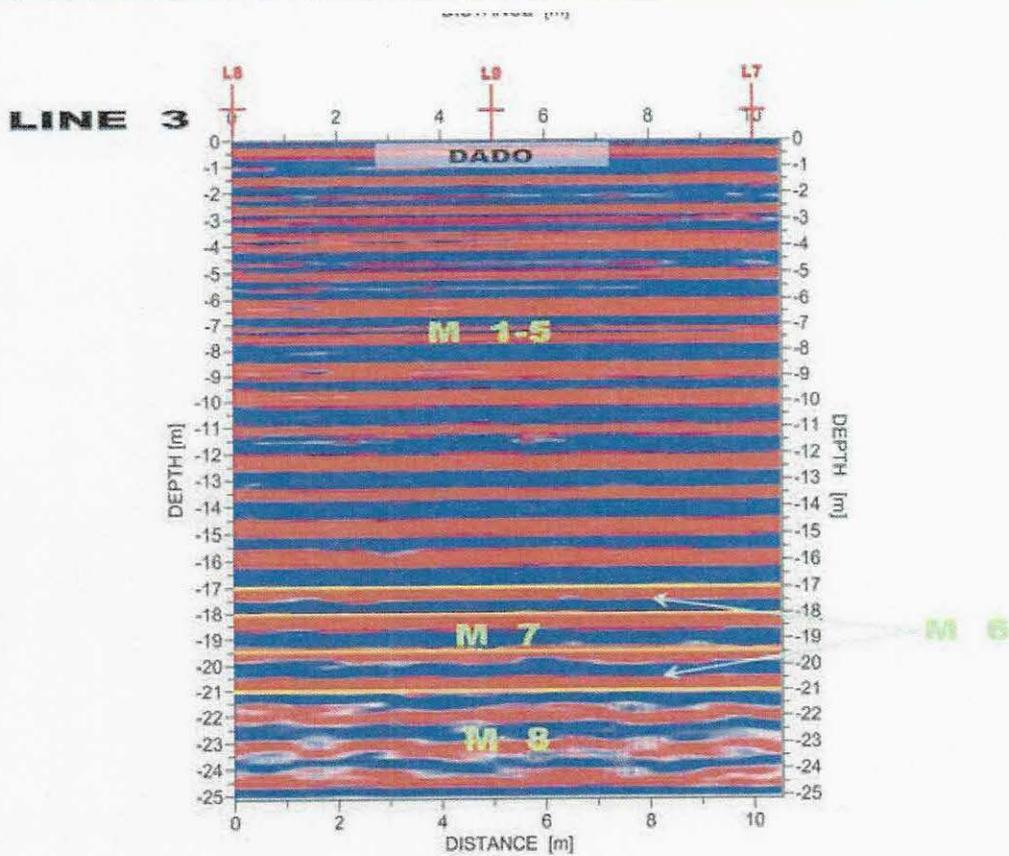
PLANO 1: ESTUDIO DE GEORADAR PARA LA BASE DE LA TORRE

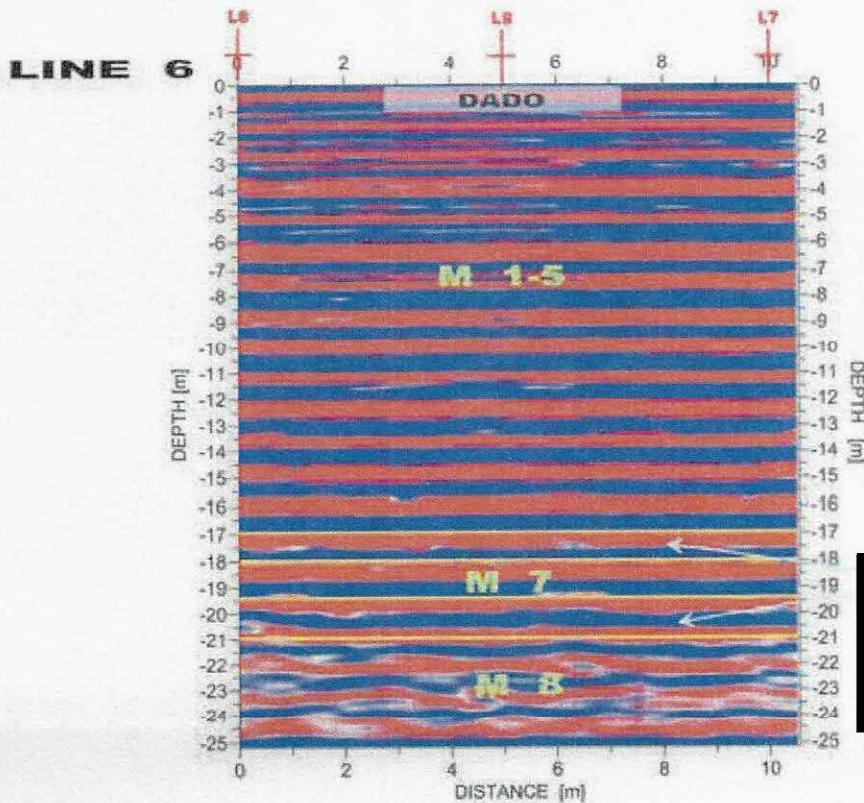
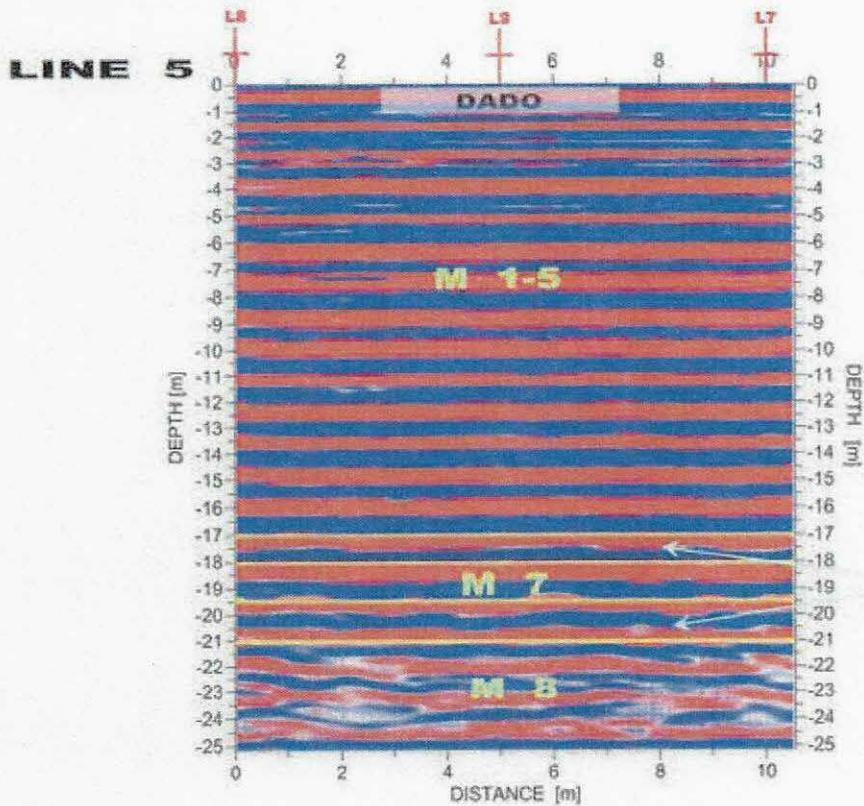
RADAGRAMAS INTERPRETADOS DE LAS LINEAS 1 a 6

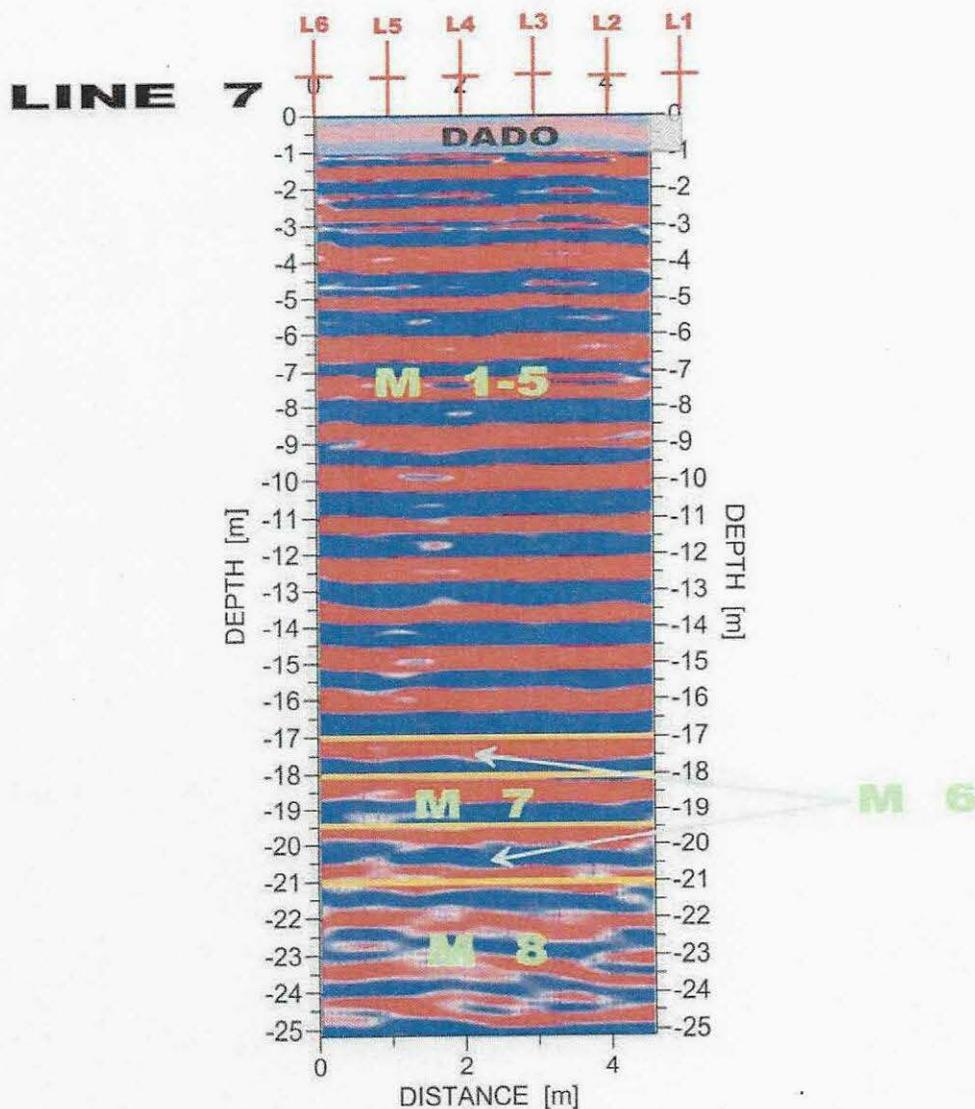


Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023

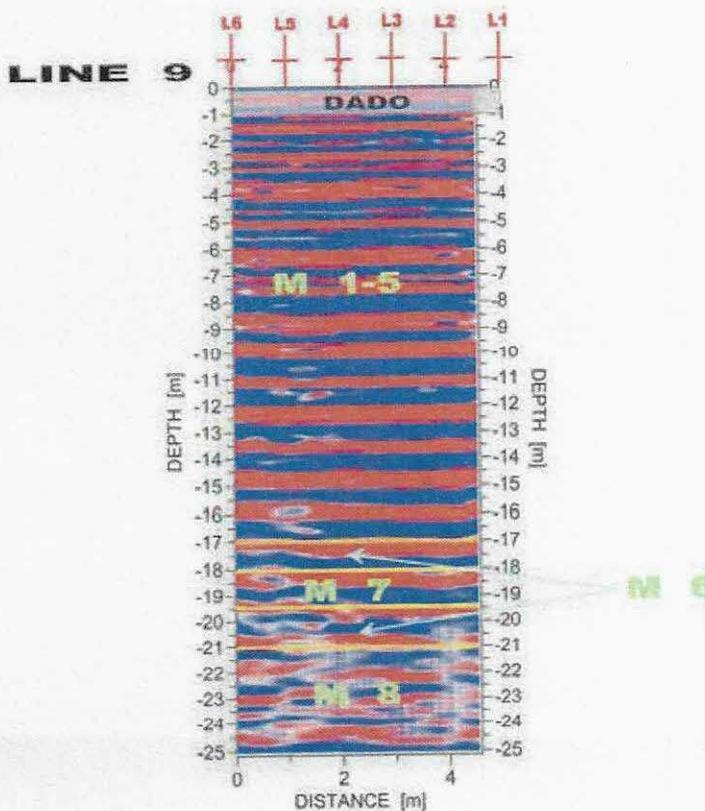
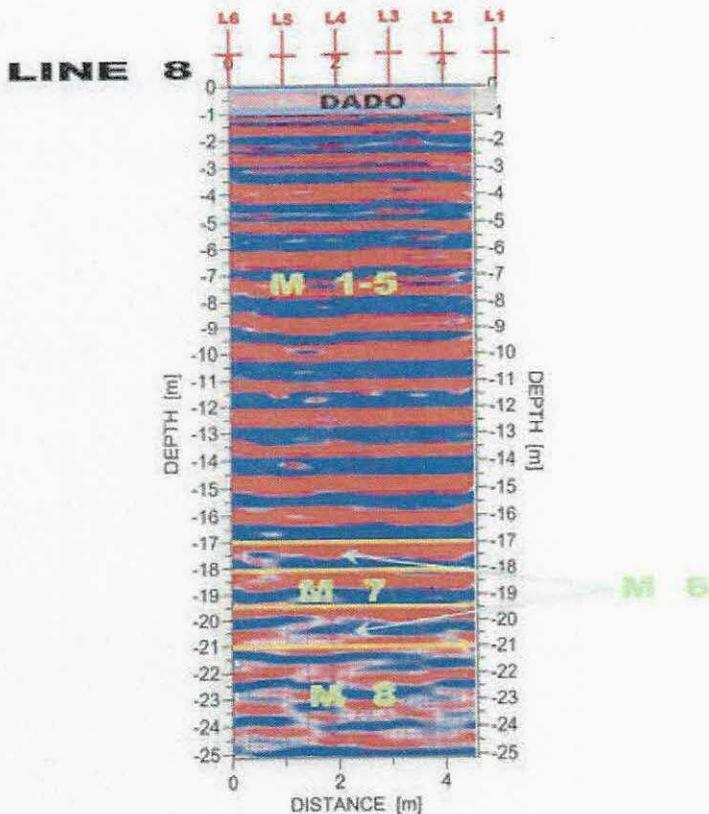






Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001-R02

Revisión 2 – Abril 2023



Es importante señalar que cuando hay cavidades en el subsuelo los radagramas obtenidos son muy diferentes en la figura 1 se puede ver un radagrama de un predio a ubicado a unos 500m al sur de la torre 24 en donde se puede ver claramente el espesor de los rellenos superficiales y la deformación que se produce cuando se ubican las cavidades **C**, así como la deformación también en la respuesta del terreno natural producto de la interacción con otras minas aledañas que no se identifican claramente, pero existen.

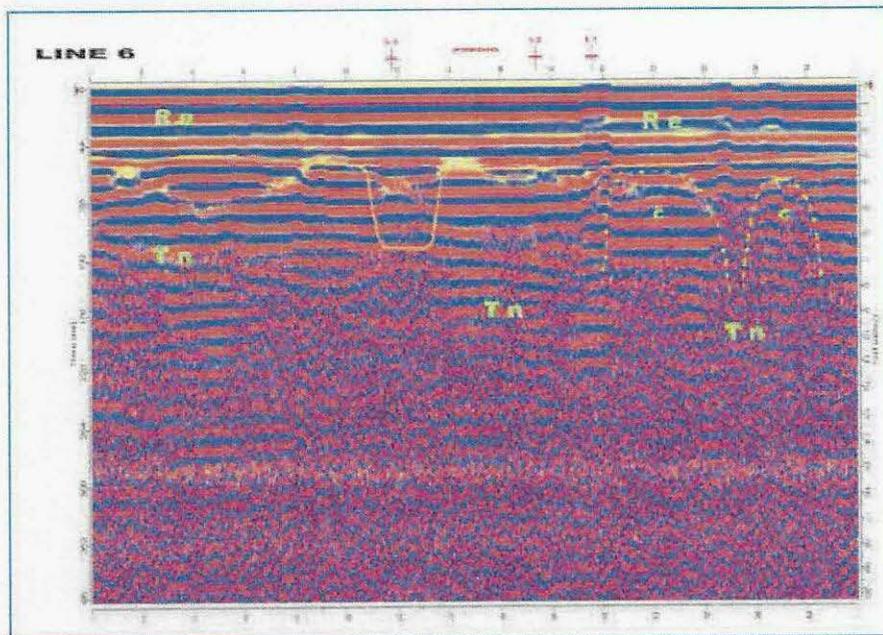


Figura 1: Este es el resultado de una línea de georadar en un predio cercano a la torre 24, obsérvese la deformación de la señal de georadar en la zona donde se ubican las cavidades (**C**). En este estudio se usó el mismo equipo y antena que en el de la Torre 24

El material **M 8** le corresponde a una Toba Arcillosa, este es el horizonte más profundo que se definió a partir de los 21 metros hasta la profundidad máxima de exploración de 25m, se asocia ya a la presencia de las tobas arcillosa poco arenosas aparentemente compacta. NO se observan deformaciones en la señal del georadar que nos indique la presencia de cavidades en ese material.

En campo se observa la presencia de un drenaje que corre paralelo entre las líneas 4 y 5 más hacia la Línea 4, y lo cruzan transversalmente las líneas 7, 8 y 9. Es importante mencionar que casi no se observa en los radagramas de las líneas 7, 8 y 9, ya que al hacer el filtrado matemático de la señal para acentuar la parte profunda del radagrama e identificar los estratos como la Toba Pumítica más abajo de los 15m en este caso en particular el efecto del drenaje es sustancialmente.

3. CONCLUSIONES

Del presente estudio se desprenden las siguientes conclusiones.

- *La exploración con georadar realizada se llevó hasta 25m de profundidad.*
- *Se observa en los radagramas de las 9 líneas realizadas que hay una uniformidad en la señal que no hace evidente la uniformidad de los diferentes materiales que constituyen el subsuelo de la zona explorada en la base de la torre 24.*
- *En la mecánica de suelos se identificaron dos horizontes de tobas pumíticas que van de 16.8 a 18.0m y el segundo entre 19.2 y 21.15m, de haber cavidades se esperaría que existieran que existieran anomalías a partir de ahí hacia arriba, como se ve en el ejemplo de un estudio cercano (Figura 1).*
- *En los radagramas de las 9 líneas realizadas se observa un comportamiento muy homogéneo de los diferentes paquetes estratigráficos identificados, no se observan curvaturas y/o fracturamientos que nos indique que existan cavidades en el subsuelo en esa área específicamente.*
- *Tomando en cuenta estos resultados de la exploración del subsuelo realizada con georadar específicamente en la base de la Torre 24 de la Línea 3 del Cable Bus, avenida Constituyentes S/N, Col. Américas, Alc. Miguel Hidalgo, de esta Ciudad de México SE PUEDE CONCLUIR QUE NO EXISTEN ANOMALÍAS QUE SE ASOCIEN A LA PRESENCIA DE CAVIDADES.*
- *Este resultado solo es válido para la torre 24 específicamente, ya que es sabido que en el área hay una alta probabilidad de tener cavidades y/o minas subterráneas en su subsuelo.*

Bibliografía.

ASTM (D 6432-99) Standard Guide for Using the Surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation. (U.S.A 2005).

Daniels, David J. 2004. Ground Penetrating Radar 2nd Edition, Ed. The Institution of Electrical Engineers, London, UK.

Harry M. Jol, 2010 Ground Penetrating Radar: Theory and Applications, Ed. Elsevier Netherlands First Edition.

<http://www.atlas.cdmx.gob.mx/>

MALA, Adquisition software Ground Vision V1.4.3. (Sweden 2004 y 2013).

Software Reflex , Dr. Sandmeier Karl-Josef. V 5.2 (Germany 2010),

Software MALA VISION GuidelineGeo ABEN MALA (Sweden 2022).

MÉTODO DE GEORADAR

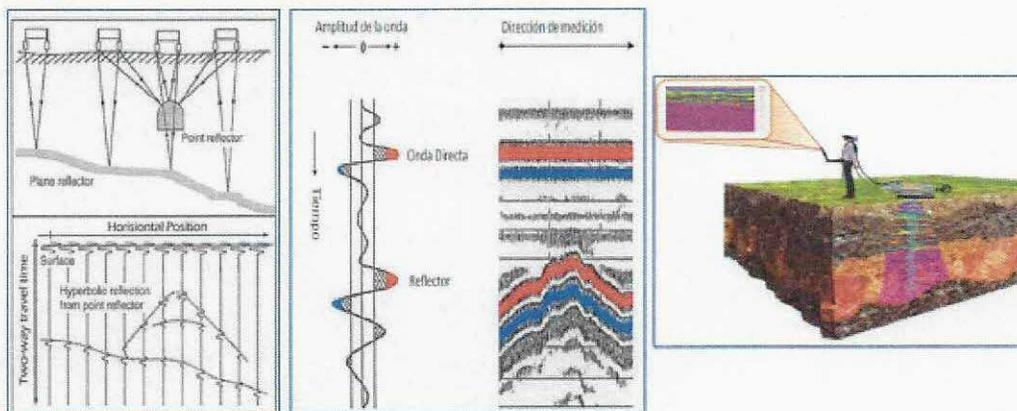
INTRODUCCION:

El Radar de Penetración Terrestre (GPR) es un método de estudio geofísico de exploración que proporciona un perfil continuo del sitio. Es relativamente rápido de realizar y se puede obtener información desde unos cuantos centímetros hasta decenas de metros.

El método se empleó exitosamente en los 60's en la investigación de capas de hielo en Groenlandia y a partir de entonces se empezó a utilizar para la búsqueda de cables, tuberías, etc. Dando como resultado un rápido desarrollo de nuevos equipos así como también su aplicación en otros campos.

PRINCIPIOS TEORICOS

Los principios básicos del Radar de Penetración Terrestre (GPR) son muy simples, la antena transmite un impulso electromagnético corto de radiofrecuencia a través del terreno y cuando el pulso encuentra una interfase electromagnética, parte de la energía es reflejada mientras el resto se refracta siguiendo su viaje a través del medio hasta encontrar otra interfase. El sistema medirá el tiempo transcurrido entre la onda transmitida y la onda reflejada, proceso que se repite en intervalos cortos de tiempo mientras la antena esta en movimiento mostrando la señal de salida como trazas consecutivas formando un perfil continuo del medio llamado radagrama (figura anexa).



Principio de medición del Radar de Penetración Terrestre, muestra de una traza individual y el despliegue de las múltiples trazas formando una imagen, para posteriormente hacer su procedimiento en gabinete.

SERGBEN INGENIERIA DEL SUBSUELO

ESTUDIO GEOFÍSICO DE GEORADAR PARA LA BASE DE L

La velocidad de propagación de onda y la reflexión son afectadas por la constante dieléctrica (la capacidad de un material para retener o almacenar una carga cuando un campo eléctrico es aplicado) y la susceptibilidad magnética del medio (es la medida de que tanto puede ser magnetizado un material). La conductividad eléctrica (es la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica) del medio contribuye a la atenuación de la onda ya que cuando se tiene una conductividad alta las condiciones para el trabajo con radar se dificultan p. e. arcilla húmeda, lutita húmeda, etc., las mejores condiciones para el trabajo con radar se presentan cuando tenemos una conductividad media o baja p. e. agua dulce, hielo, nieve, arena, arcilla seca, basalto, concreto, asfalto, granito, caliza, aire, etc.,

PROCESAMIENTO E INTERPRETACION DE DATOS

La interpretación y el procesamiento de los sondeos es la fase del trabajo que requiere más tiempo y experiencia. El objeto de la interpretación es identificar el origen de las reflexiones y los cambios que presenten por lo que es importante conocer de antemano cual es el objetivo del trabajo para saber que es lo que se esta buscando. Dentro de este proceso los datos de los perfiles son sujetos a procesos de filtrado, variación de ganancia, deconvolución y migración. Las amplitudes de interés pueden ser enfatizadas utilizando colores o mostrar los barridos en formato wiggle (formato sísmico) o bien ambas al mismo tiempo.

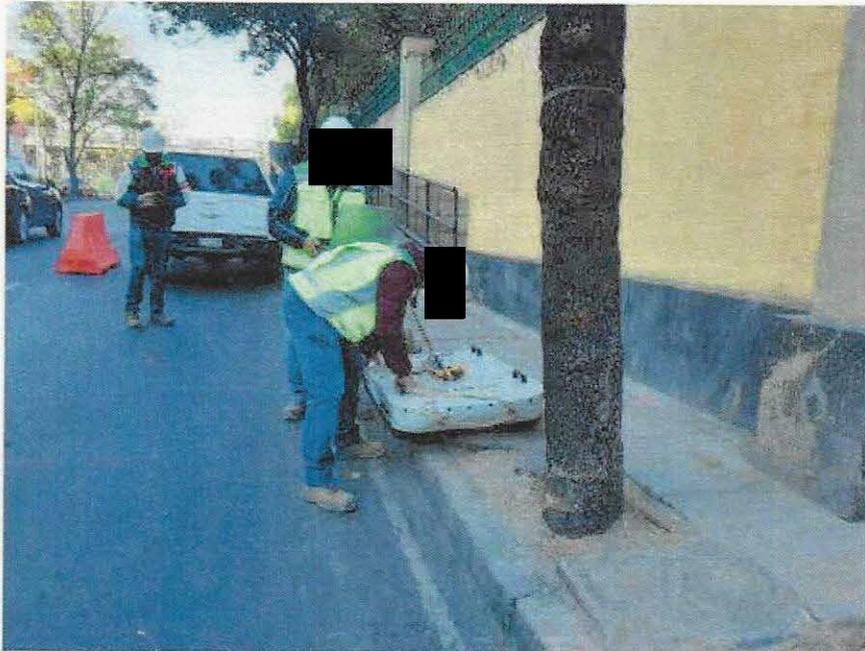
La Deconvolución es un filtrado especial que se utiliza para incrementar la resolución y suprimir múltiples en los datos, mientras que la Migración es un tipo de procesamiento que enfoca el patrón de radiación de la antena proporcionando una imagen más exacta de los objetos del subsuelo eliminando las distorsiones causadas durante la adquisición de datos. Finalmente los datos ya interpretados se pueden presentar en color, y/o en tonos de grises y azul en formato wiggle o bien la combinación de este ultimo con los dos primeros.

PARAMETROS DE CAMPO

Para poder llevar a cabo un levantamiento con Georadar es importante tener conocimiento del sitio y saber que es lo que se esta buscando, profundidad y dimensiones del objeto, para que de esta forma se haga una buena selección de la antena, de los parámetros a utilizar y el diseño de la exploración.

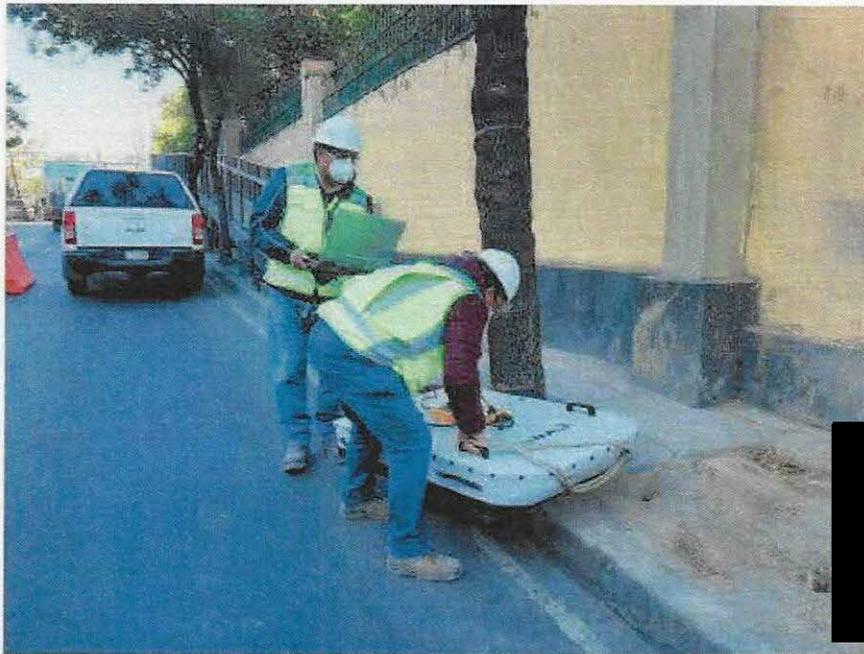
EQUIPO EMPLEADO

- Georadar Mca MALA GEOSCIENCE MOD. X3M (Fotografía 11)
- Antena de 100 M Hz.
- Computadora portátil para la captura de datos.



FOTOGRAFÍA 1

Cable Bus Línea 3 - Torre 24, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 2.



FOTOGRAFÍA 2

Cable Bus Línea 3 - Torre 24, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 2.

SERGBEN INGENIERIA DEL SUBSUELO, S.A. DE C.V.

ESTUDIO GEOFÍSICO DE GEORADAR PARA LA BASE DE LA TORRE 24 DEL CABLE BUS LINEA 3, AVE. CONSTITUYENTES SIN, COL. LAS AMÉRICAS, ALG. MIGUEL HIDALGO, CIUDAD DE MÉXICO.



FOTOGRAFÍA 3

Cable Bus Línea 3 Torre 24, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 3.

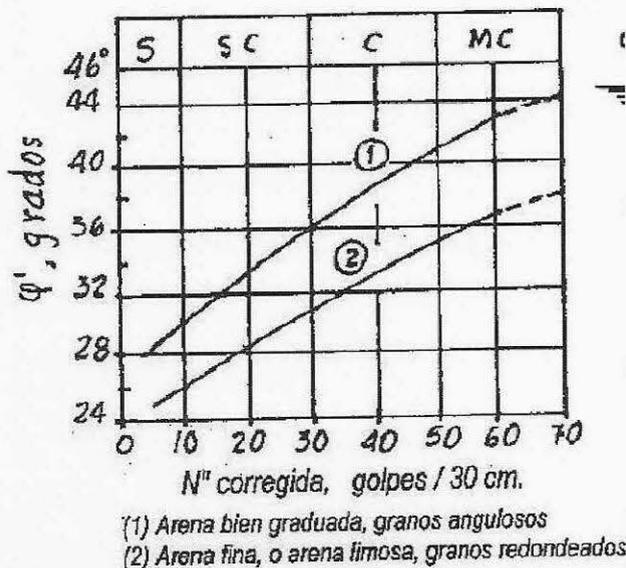


FOTOGRAFÍA 4

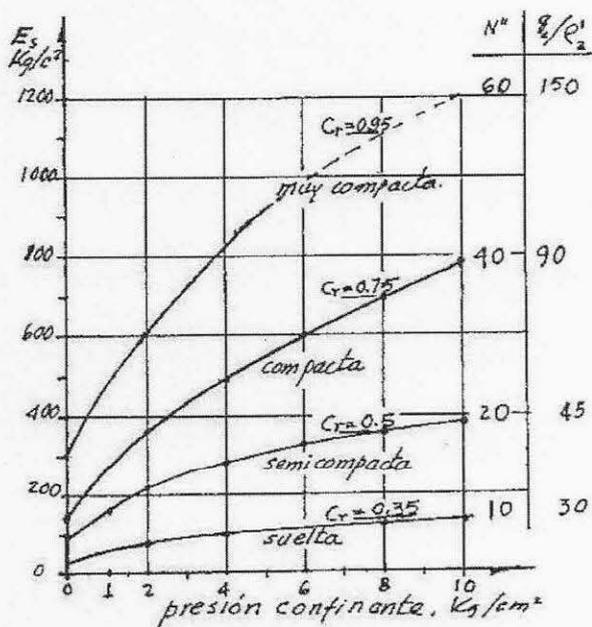
Cable Bus Línea 3 Torre 24, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 4.

SERGBEN INGENIERÍA DEL SUBSUELO, S.A. DE C.V.

15. ANEXO 7. MEMORIA DE CÁLCULO



(a)



b) Módulo de Young para arena limosa media, en prueba triaxial drenada, para diferentes presiones confinantes y compacidades relativas

(Ref. 4). Gráficas 1 y 2 para correlación entre el número de golpes y ángulo de fricción interna, φ y Módulo Young, E.

Tabla 7.1

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR PUNTA, NTC CIMENTACIONES 2017

$$C_p = (P'_v N^*_q F_R + P_v) A_p$$

$$N_q^* = N_{min} + L_e \frac{N_{max} - N_{min}}{4B \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)} \quad \rightarrow \quad \frac{L_e}{B} \leq 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$N_q^* = N_{max} \quad \rightarrow \quad \frac{L_e}{B} > 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

D (m)	Ap (m²)	L (m)	Wp (t)	Le (m)	Le/B	φ	Nmax	Nmin	Nq*	P'v (t/m²)	FR	Pv (t/m²)	Cp (t)
1.0	0.785	13.0	24.50	13.0	13.00	35	132	39	132.00	25.00	0.35	25.00	706.86
1.2	1.131		35.29		10.83				132.00				1017.88
1.4	1.539		48.03		9.29				132.00				1385.44

Tabla 7.2

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR FUSTE, NTC CIMENTACIONES 2017

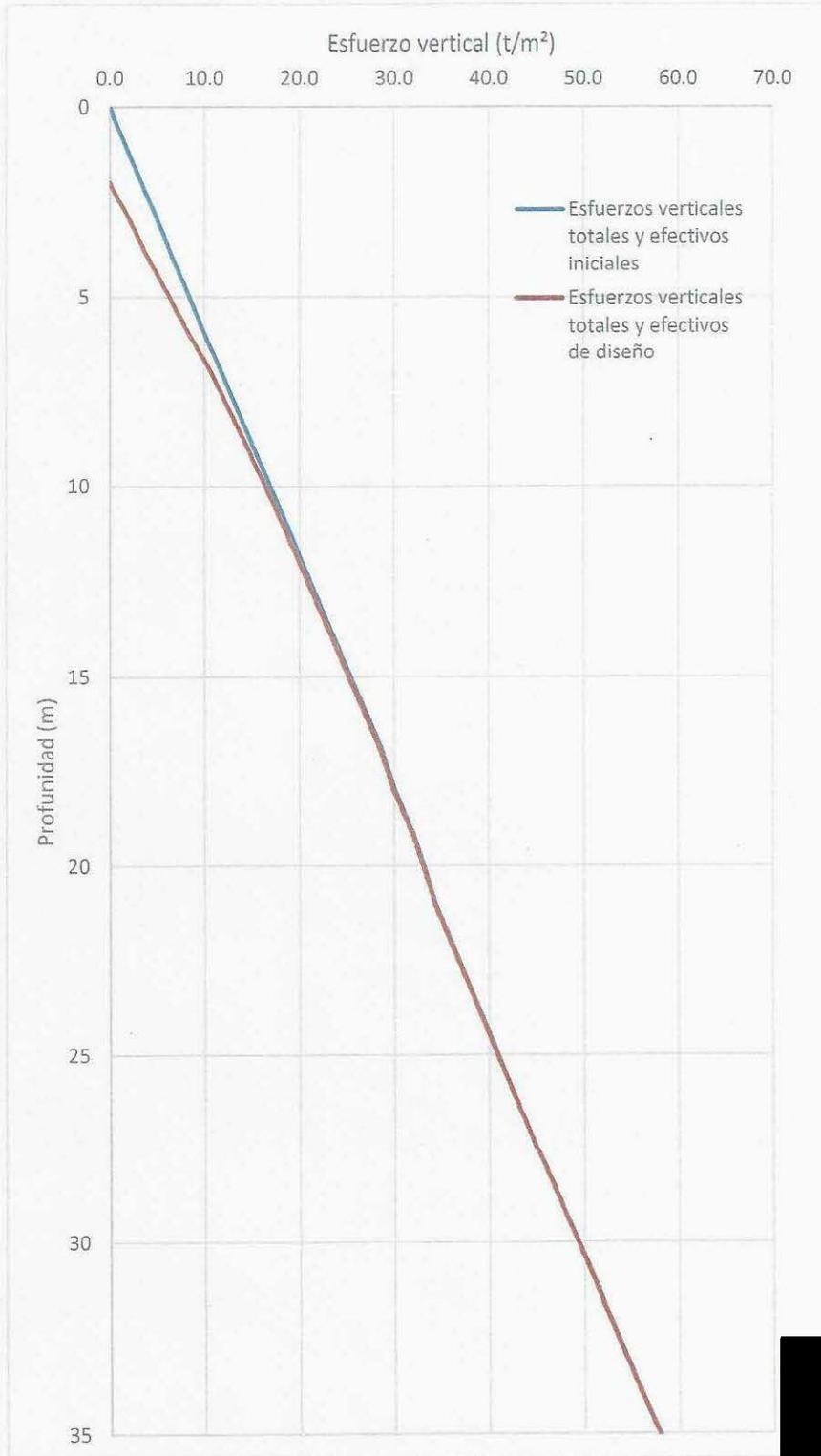
$$C_f = P_p F_R \sum_{i=1}^m \beta_i P'_v L_i \quad \beta_i = 1.5 - 0.24\sqrt{z} \quad \text{De 0.25 a 1.2}$$

Profundidad (m)	γ (t/m³)	Poz (t/m²)	Uoz (t/m²)	P'oz (t/m²)	zi (m)	ΔPoz (t/m²)	Poz (t/m²)	P'vi (t/m²)	Li (m)	βi	(P'vi)(Li)βi
0	1.65	0.00	0.00	0.00							
0.75	1.65	1.24	0.00	1.24							
1.5	1.65	2.48	0.00	2.48							
1.5	1.7	2.48	0.00	2.48							
2	1.7	3.33	0.00	3.33	0.0	3.33	0.00	0.00			
4.4	1.7	7.41	0.00	7.41	2.4	2.4	5.01	5.01	4.8	1.13	27.10
6.8	1.7	11.49	0.00	11.49	4.8	1.18	10.31	10.31			
6.8	1.7	11.49	0.00	11.49	4.8	1.18	10.31	10.31			
8.55	1.7	14.46	0.00	14.46	6.6	0.72	13.74	13.74	3.5	0.89	42.60
10.3	1.7	17.44	0.00	17.44	8.3	0.5	16.94	16.94			
10.3	1.7	17.44	0.00	17.44	8.3	0.5	16.94	16.94			
11.15	1.7	18.88	0.00	18.88	9.2	0.43	18.45	18.45	1.7	0.77	24.28
12	1.7	20.33	0.00	20.33	10.0	0.36	19.97	19.97			
12	1.7	20.33	0.00	20.33	10.0	0.36	19.97	19.97			
13.5	1.7	22.88	0.00	22.88	11.5	0.28	22.60	22.60			
14.4	1.7	24.41	0.00	24.41	12.4	0.24	24.17	24.17	3	0.69	46.51
15	1.7	25.43	0.00	25.43	13.0	0.22	25.21	25.21			
16.8	1.7	28.49	0.00	28.49	14.8	0.17	28.32	28.32			
16.8	1.3	28.49	0.00	28.49	14.8	0.17	28.32	28.32			
17.4	1.3	29.27	0.00	29.27	15.4	0.16	29.11	29.11			
18	1.3	30.05	0.00	30.05	16.0	0.15	29.90	29.90			
18	1.7	30.05	0.00	30.05	16.0	0.15	29.90	29.90			
18.6	1.7	31.07	0.00	31.07	16.6	0.14	30.93	30.93			
19.2	1.7	32.09	0.00	32.09	17.2	0.13	31.96	31.96			
19.2	1.3	32.09	0.00	32.09	17.2	0.13	31.96	31.96			
20.175	1.3	33.35	0.00	33.35	18.2	0.12	33.23	33.23			
21.15	1.3	34.62	0.00	34.62	19.2	0.1	34.52	34.52			
21.15	1.65	34.62	0.00	34.62	19.2	0.1	34.52	34.52			
22.275	1.65	36.48	0.00	36.48	20.3	0.09	36.39	36.39			
23.4	1.65	38.33	0.00	38.33	21.4	0.08	38.25	38.25			
23.4	1.65	38.33	0.00	38.33	21.4	0.08	38.25	38.25			
24.6	1.65	40.31	0.00	40.31	22.6	0.08	40.23	40.23			
25.8	1.65	42.29	0.00	42.29	23.8	0.07	42.22	42.22			
25.8	1.7	42.29	0.00	42.29	23.8	0.07	42.22	42.22			
30.415	1.7	50.14	0.00	50.14	28.4	0.05	50.09	50.09			
35.03	1.7	57.98	0.00	57.98	33.0	0.04	57.94	57.94			
Σ = 140.49											

D (m)	Pp (m)	FR	Cf (t)
1.0	3.142	0.65	286.9
1.2	3.770		344.3
1.4	4.398		401.6

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T24-001=R02

Revisión 2 – Abril 2023



Gráfica 7.1. Esfuerzos totales y efectivos verticales

Tabla 7.2

ASENTAMIENTOS EN PILAS, CON COMPATIBILIDAD ENTRE CAPACIDADES DE CARGA Y CARGAS DE SERVICIO

$$\delta = \frac{\left(\left(\frac{C_p - W_p}{1.4} + W_p \right) + 0.66 \frac{C_f}{1.4} \right) L}{10 A_p E_c} + \frac{0.36 \left(\frac{C_p - W_p}{1.4} + W_p \right) D}{10 A_p E_s}$$

$$k_v = \frac{R}{\delta} + W_p$$

Cp (t)	Wp (t)	Cf (t)	L (cm)	Ap (m²)	Ec (kg/cm²)	D (cm)	Es (kg/cm²)	δ (cm)	R (t)	k (t/cm)
706.9	24.5	286.9	1300	0.785	261916.0171	100	1000	2.76	969.2	260.15
1017.9	35.3	344.3		1.131		120		3.21	1326.8	306.20
1385.4	48.0	401.6		1.539		140		3.67	1739.0	351.60

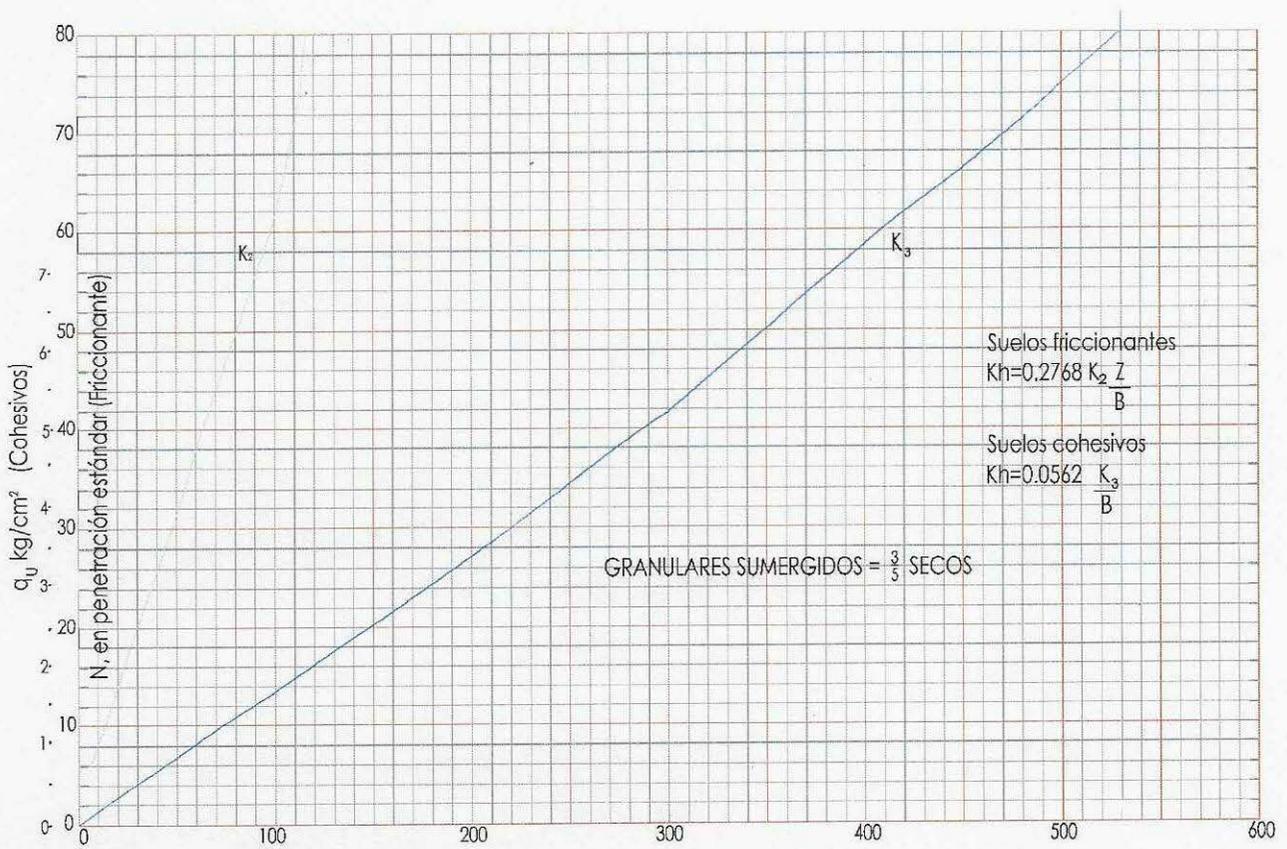
Tomando en cuenta las cargas en la Tabla 5.9 del Anexo 5, se calcularon los asentamientos asociados a estas:

$$\delta = \frac{\left[(C_p^* + W_p) + (0.66(C_f^*)) \right] L}{10 A_p E_c} + \frac{0.36 [C_p^* + W_p] D}{10 A_p E_s}$$

Cp= 706.9 t **Cp/R'=** 0.711
Cf= 286.9 t **Cf/R'=** 0.289
Wp= 24.5 t
R'= Cp+Cf **Cp*= Pmax*(Cp/R')=** 97.64 t
L= 13.00 m **Cf*= Pmax*(Cf/R')=** 39.63 t
Ap= 0.785 m²
Ec= 261916 kg/cm²
Es= 1000 kg/cm²
D= 1 m

δ=	0.65	cm
-----------	-------------	-----------

Como se puede observar, los desplazamientos asociados a las cargas de servicio determinadas con las combinaciones de carga, resultan menores a 1.0 cm, inferiores a los establecidos con las capacidades de carga.



Gráfica para el cálculo del módulo de reacción horizontal, según Terzaghi
 (RICO. DEL CASTILLO. La ingeniería de suelos en las vías terrestres. Volumen 2 Limusa.)

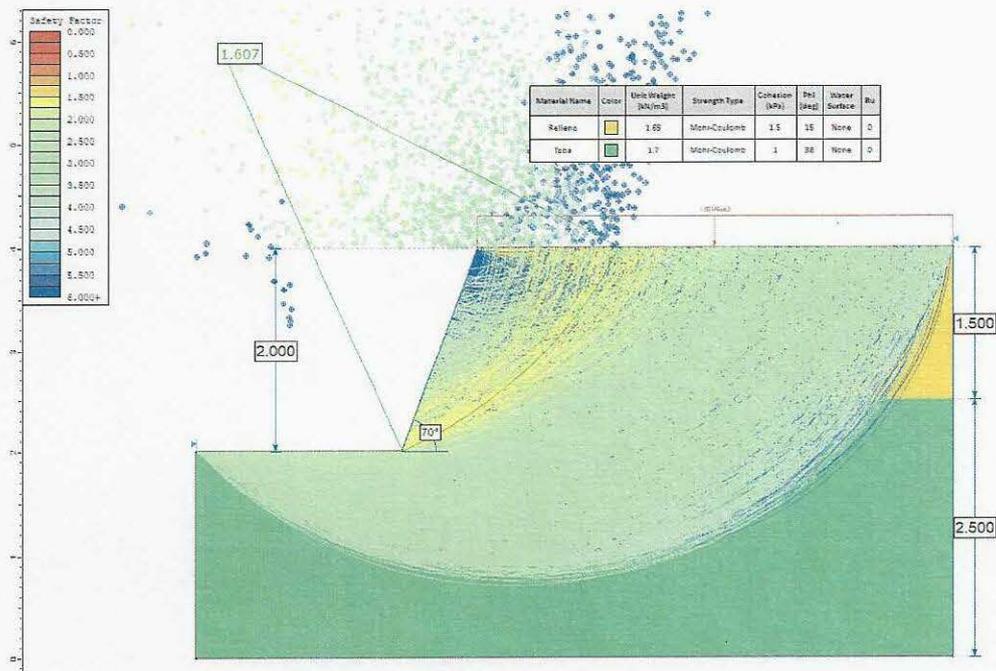


Fig. 7.1 Análisis de estabilidad de corte para dado de cimentación, con 2.0 m de altura, taludes con una inclinación de 70° respecto a la horizontal y una carga repartida de 1.5 t/m².

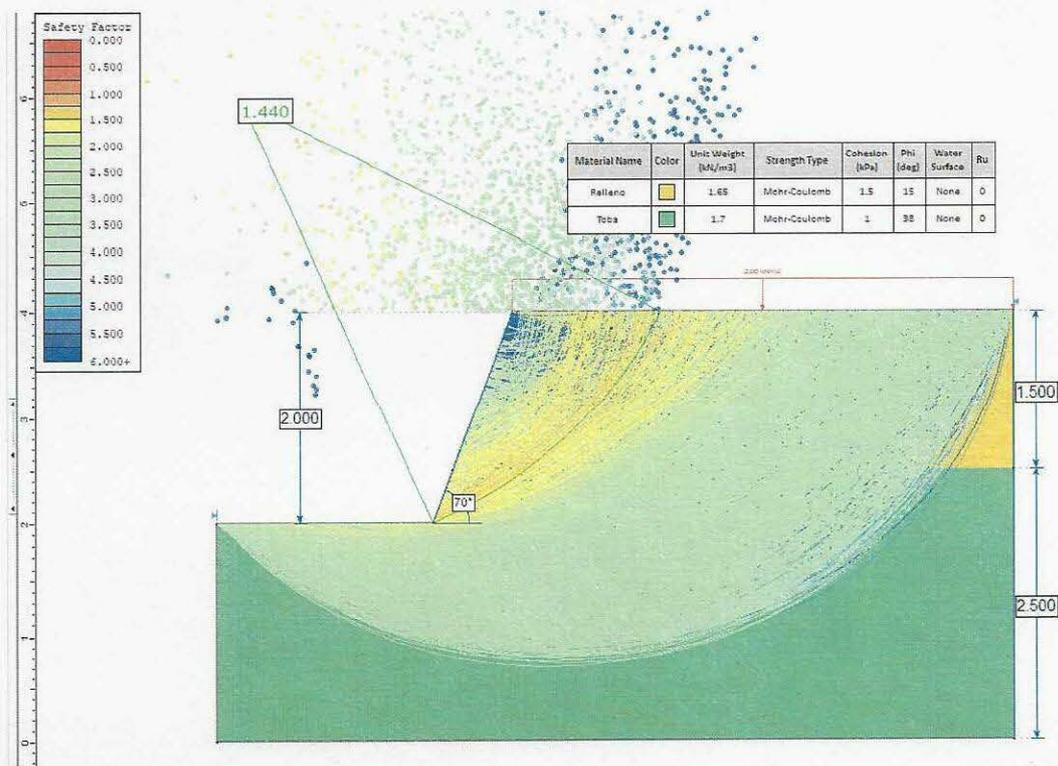


Fig. 7.2 Análisis de estabilidad de corte para dado de cimentación, con 2.0 m de altura, taludes con una 70° respecto a la horizontal y una carga repartida de 2.0 t/m², para la vialidad.

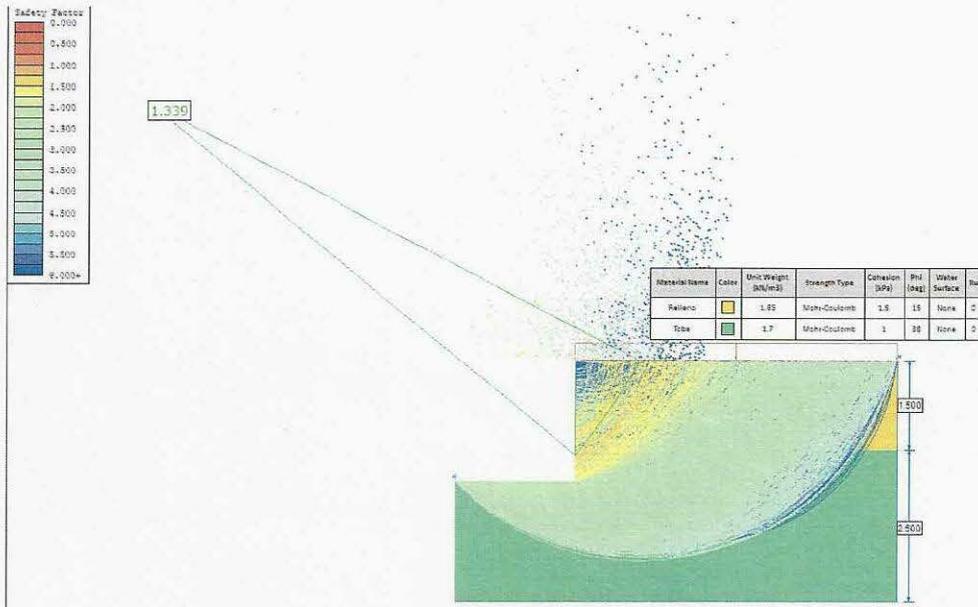


Fig. 7.3 Análisis de estabilidad de corte para dado de cimentación, con 2.0 m de altura, taludes con una inclinación de 90° y una carga repartida de 1.5 t/m².

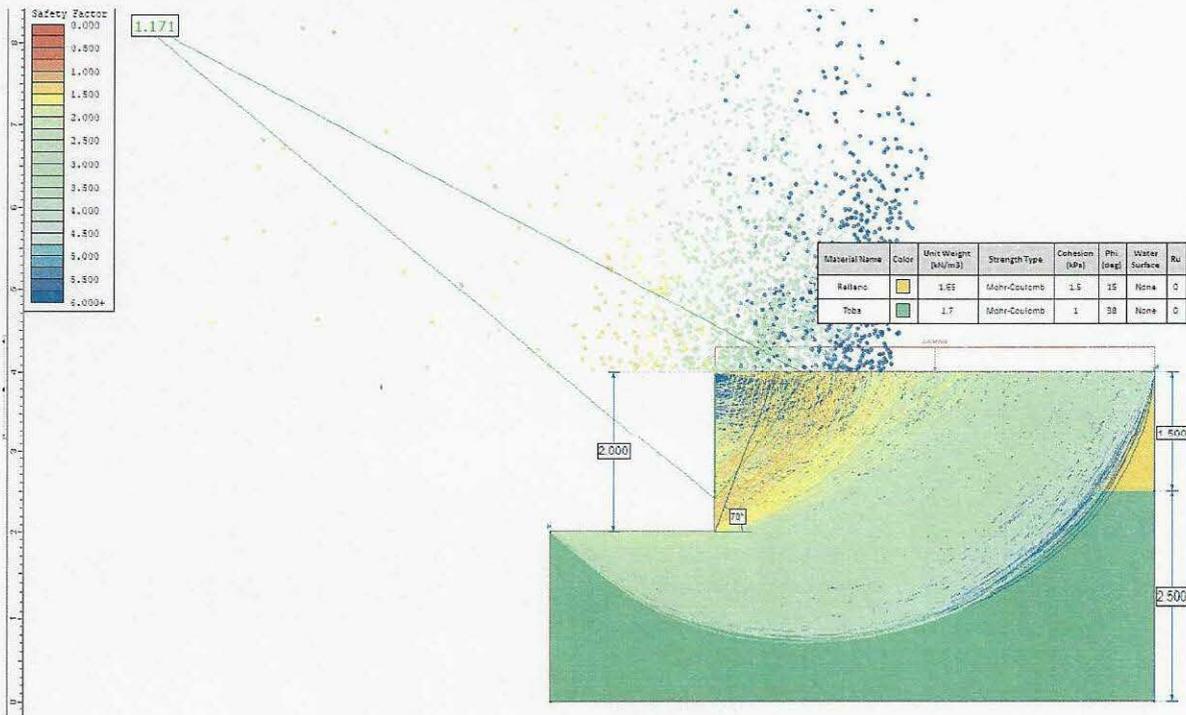


Fig. 7.4 Análisis de estabilidad de corte para dado de cimentación, con 2.0 m de altura, taludes con una inclinación de 90° y una carga repartida de 2.0 t/m², vialidad.

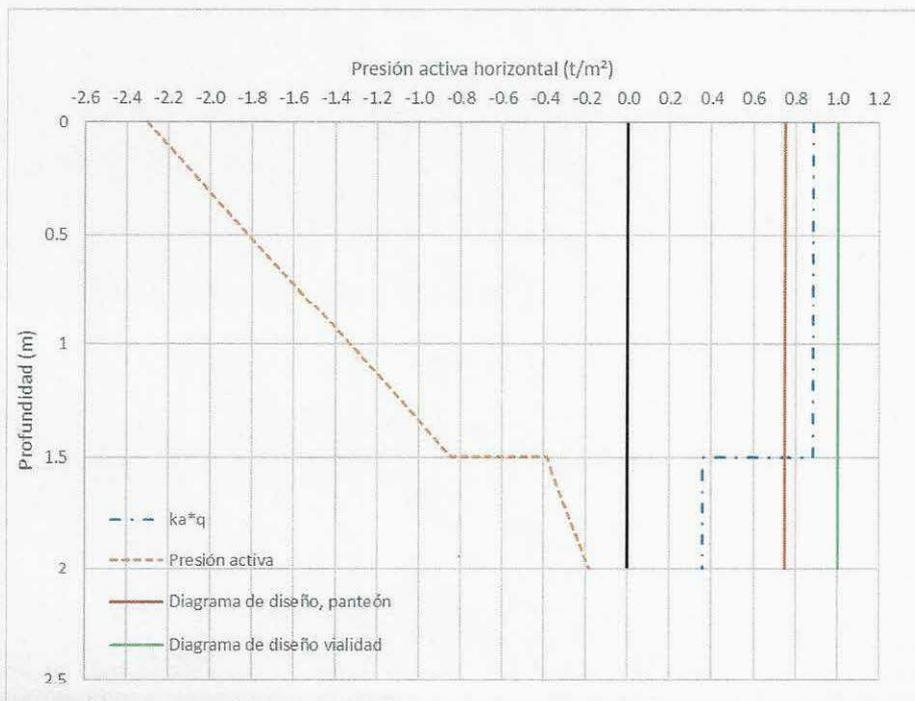
Para el lado de la excavación colindante con el Panteón, realizando el análisis de estabilidad considerando cortes verticales, se tiene un factor de seguridad estático de 1.34. Con la finalidad de evitar cualquier movimiento y afectación al muro del Panteón; por variaciones en su estado y los rellenos por dentro del panteón, para la contención de este frente de excavación, se proponen perfiles IR 8 x 21, con una pata de 2.0 m de longitud, colocados una separación de 1.35 m. Se realizará la perforación de 25 cm de diámetro y 4.0 m de longitud. Enseguida se colocarán los perfiles metálicos y el espacio entre estos y las paredes de la perforación se rellenarán con arena, para evitar el desplazamiento de los perfiles.

Para el caso de la estabilidad de los cortes verticales del lado de la vialidad, se tiene un factor de seguridad estático de 1.17, valor que resulta muy bajo. Por esta razón, el corte hacia la vialidad tendrá que guardar la inclinación de 70°, o bien, colocar igualmente los perfiles IR.

Es importante mencionar que el área de estructuras deberá realizar la revisión de esta propuesta de perfiles, de acuerdo con el diagrama de presiones horizontales activas, que se presenta a continuación, para verificar que los perfiles son estables para su trabajo en cantiléver, de acuerdo con la sección, empotre y separación:

Tabla 7.3. Presiones horizontales activas

Profundidad (m)	c (t/m ²)	φ	ka	2c (t/m ²)	Pa (t/m ²)	q1 (t/m ²) Panteón	q2 (t/m ²) Vialidad	ka*q	ka pond	q1*ka pond (t/m ²)	q2*ka pond (t/m ²)
0.00	1.5	15	0.589	3.0	-2.30	1.5	2.0	0.88	0.501	0.752	1.002
0.75	1.5	15	0.589	3.0	-1.57			0.88		0.752	1.002
1.50	1.5	15	0.589	3.0	-0.84			0.88		0.752	1.002
1.50	1.00	38	0.238	2.0	-0.39			0.36		0.752	1.002
2.00	1.00	38	0.238	2.0	-0.18			0.36		0.752	1.002



Gráfica 7.2. Presiones horizontales activas

16. ANEXO 8. PLANOS DE PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Contenido

1. RESUMEN	3
2. ANTECEDENTES	6
3. OBJETO	6
4. ALCANCES	6
5. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 25	6
6. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO	8
6.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE	8
6.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	8
6.3 ENSAYES DE LABORATORIO	8
6.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA	8
6.5 MODELO GEOMECÁNICO	10
7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN	10
7.1 CARGAS ACTUANTES	10
7.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN	11
7.3 ESTADOS LÍMITE DE FALLA	11
7.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO	13
8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	15
8.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS	15
8.2 PILAS	15
8.3 EXCAVACIÓN	17
8.4 MINAS	19
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
7. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA	
8. ANEXO 2. PERFIL DE SONDEO	
9. ANEXO 3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO	
10. ANEXO 4. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO, EXCÉNTRICA	
11. ANEXO 5. MEMORIA DE CÁLCULO	

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús	
--	--

Índice de Tablas

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3	7
Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño	10
Tabla 3 Valores de N_{max} y N_{min}	12
Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación	13
Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas	14
Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas	
Tabla 7. Módulos estáticos de reacción horizontal para dado	

Índice de Figuras

Figura 1. Croquis de localización y ubicación de sondeos
Figura 2. Zonificación geotécnica de la Ciudad de México
Figura 3. Corte estratigráfico
Figura 4. Procedimiento de excavación

1. RESUMEN

Antecedentes. Con el propósito de cumplir con los términos de referencia del proyecto “CONSTRUCCIÓN CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES - LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3” DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO. **EL CONSORCIO** solicitó realizar el presente estudio de mecánica de suelos para la **Torre 25**. Este estudio se realizó por medio de la perforación y el muestreo de un sondeo mecánico directo denominado (SPT-1, T-25) de 35.15 m de profundidad, que sirvió de base para determinar las propiedades índice y mecánicas del subsuelo en donde se apoyará la cimentación de la torre. El diseño original lo realizó el **M. en C. Miguel Rufiar** y a solicitud de la Ingeniera Fabiola Rodríguez Solís, Coordinadora de proyecto de la empresa PROYECO, Ingenieros Cuevas hacen un compendio, que es el resultado del presente informe.

Información geotécnica disponible. El sitio se localiza en la denominada “Zona de Lomas”, definida por la sierra de Monte Alto y la Sierra de las Cruces. Esta zona está constituida por abanicos volcánicos, caracterizándose por la acumulación de material piroclástico en la parte superficial, así mismo, se pueden encontrar materiales compactos a muy compactos, formados por depósitos de tobas amarillentas formadas por vidrio pumítico fino a grueso. **En esta zona también es frecuente la presencia de minas antiguas que ha dejado la explotación subterránea o superficial de materiales de construcción en el pasado, las cuales pueden ocasionar problemas geotécnicos a las cimentaciones que en esa zona se construyan.**

Coefficiente sísmico. De acuerdo con el software SASID, el coeficiente sísmico elástico sin reducir es de 0.326 para una estructura tipo A1. Queda a juicio del Ingeniero estructurista los factores de hiperestaticidad, importancia, irregularidad y de sobre-resistencia para la obtención del espectro de diseño.

Descripción estratigráfica. Con base en los datos y resultados obtenidos durante los trabajos de campo y de los ensayos de laboratorio se describen a continuación las características de los suelos encontrados en el sondeo (SPT-1, T-25).

De 0.00 a 1.40 m. Material de relleno compuesto limos de baja plasticidad (ML). El contenido natural de agua varía de 14% a 23%. El porcentaje de finos es de 45%, arena de 45% y grava de 10%. El Límite Líquido de 24%. El Límite Plástico de 24%. El número de golpes medido de 10.

De 1.40 a 9.20 m. Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura, de color café (ML). El contenido natural de agua varía de 23% a 34%. El porcentaje de finos varía de 51% a 59%, arena de 33% a 38% y grava de 0% a 2%. El Límite Líquido varía de 32% a 41% y el Límite Plástico varía de 26% a 28%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

De 9.20 a 12.20 m. Arena limosa de baja plasticidad, de compacidad muy densa, de color café (ML). El contenido natural de agua varía de 22% a 33%. El porcentaje de finos varía de 20% a 44%, arena de 38% a 57% y grava de 18% a 23%. El Límite Líquido varía de 28% a 34% y el Límite Plástico varía de 24% a 25%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 22 a más de 50.

De 12.20 a 15.30 m. Arena arcillosa-limosa de baja plasticidad con gravas, de compacidad muy densa, de color café claro (CL-ML). El contenido natural de agua varía de 14% a 22%. El porcentaje de finos varía de 10

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

arena de 57% a 84% y grava de 6% a 23%. El Límite Líquido varía de 25% a 28% y el Límite Plástico de 23% a 25%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 35 a más de 50.

De 15.30 a 17.60 m. Arena limosa de baja plasticidad, de compacidad densa, de color café (ML). El contenido natural de agua varía de 27% a 42%. El porcentaje de finos varía de 26% a 51%, arena varía de 49% a 56% y grava varía de 0% a 18%. El Límite Líquido varía de 31% a 36% y el Límite Plástico varía de 17% a 25%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 21 a 31.

De 17.60 a 18.10 m. Arena pumítica limosa de baja plasticidad, de compacidad densa, color gris claro (ML). El contenido natural de agua es de 60%. El porcentaje de finos es de 25%, arena de 29% y grava de 6%. El Límite Líquido de 37% y el Límite Plástico de 20%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar de 39.

De 18.10 a 21.80 m. Arena limosa de baja plasticidad, de compacidad densa, de color (ML). El contenido natural de agua varía de 25% a 64%. El porcentaje de finos es de 46%, arena de 53% y grava de 1%. El Límite Líquido de 31% y el Límite Plástico de 26%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 21 a más de 50.

De 21.80 a 24.20 m. Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura, de color café (ML). El contenido natural de agua varía de 24% a 28%. El porcentaje de finos es de 61%, arena de 39% y grava de 0%. El Límite Líquido de 34% y el Límite Plástico de 24%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 31 a más de 50.

De 24.20 a 29.60 m. Arcilla limosa de baja plasticidad con arenas, de consistencia dura, color café claro (CL-ML). El contenido natural de agua varía de 20% a 26%. El porcentaje de finos varía de 55% a 59%, arena de 41% a 44% y grava de 1%. El Límite Líquido de 28% y el Límite Plástico varía de 19% a 22%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar de más de 50.

De 29.60 a 35.00 m. Arena arcillosa-limosa de baja plasticidad con gravas, de compacidad muy densa, color café claro (CL-ML). El contenido natural de agua varía de 11% a 16%. El porcentaje de finos es de 27%, arena de 57% a 62% y grava de 17% a 17%. El Límite Líquido de 28% y el Límite Plástico de 21%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 36 a más de 50.

Condiciones piezométricas. La profundidad máxima explorada fue de 35.15 m y a esa profundidad no se detectó el nivel freático.

Solución de cimentación. La importancia de la estructura, que es considerada TIPO A1, la existencia de cavernas, en ocasiones puntuales, o cercanas a la torre, obliga a una solución de cimentación profunda de pilas de sección circular de 1.0 m de diámetro que trabajen por fricción y por punta. Aunque la capacidad de carga puede dar más alta de lo requerido con este diámetro, es obligado y recomendable aumentar las dimensiones para que una vez que se haya terminado los trabajos de perforación, se realice una inspección visual en toda su longitud y en el piso del nivel del desplante. En caso de que se detecten microgrietas a profundidad de las pilas aquí recomendadas deberán ser ajustadas en los valores de la capacidad de carga. La profundidad de desplante para la torre 25 es de 23.0 m, con una longitud efectiva de 21.0 m, considerando

un dado de 2.0 m. La máxima carga a nivel de cimentación es de 312 ton , la máxima tensión es de -241 ton, cargas factorizadas.

Capacidad de carga. La capacidad de carga reducida de la cimentación se presenta en el cuerpo de este informe. Para una pila de 1.0 m de diámetro se obtiene una capacidad de carga a compresión de 917.2 ton y a la tensión de 379.4 ton. Aunque los valores pueden ser altos se limitan las deformaciones a lo mínimo permitido por la Reglamentación vigente. Las capacidades de carga determinadas consideran la presencia de cavernas de 5.0 a 8.0 m y de 15.0 a 18.0 m.

Procedimiento constructivo. El procedimiento constructivo para erigir la cimentación se presenta en el cuerpo de este informe.

Fe de hechos. Antes de iniciar los trabajos es necesario que se realice un levantamiento del estado físico de las estructuras cercanas al sitio en estudio, que sea certificado por un notario; permitiendo así, deslindar responsabilidades por daños asociados a la construcción de la estructura en cuestión.

Los resultados aquí presentados son aplicables exclusivamente al predio en estudio, en el que se consideraron las condiciones estratigráficas del sitio y las características particulares del proyecto. Los cambios que se generen en el proyecto podrán modificar las recomendaciones presentadas en este informe.

2. ANTECEDENTES

Con la finalidad de mejorar la movilidad urbana en la zona centro – poniente de la Ciudad de México se plantea la construcción de un sistema de transporte por cable que sea capaz de mejorar la movilidad, promover la integración urbana, modernizar los vecindarios aledaños, dar accesibilidad a zonas de difícil acceso, brindar oportunidades de empleo, reducir la contaminación y brindar seguridad y calidad de vida a los habitantes de la alcaldía Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo.

Se encomendó el estudio de mecánica de suelos, para la Torre 25, del proyecto correspondiente al sistema de transporte urbano, Cablebús, línea 3, que se extenderá del Complejo Cultural Los Pinos (Calzada del Rey, S/N, Chapultepec Primera sección, Alcaldía Miguel Hidalgo) a la Av. Vasco de Quiroga, Alcaldía Álvaro Obregón. La Torre 25 se ubica en Av. Constituyentes S/N, Alcaldía Miguel Hidalgo, con coordenadas X= 478,147.6199, Y= 2,145,408 4094.

3. OBJETO

Con base en los resultados de la exploración geotécnica, de las pruebas de laboratorio, de la geometría y de las cargas del proyecto, se determinaron las condiciones estratigráficas del sitio, así como la solución de cimentación y su nivel de desplante, la capacidad de carga reducida del suelo y los asentamientos que se presentarán en la masa. También el cumplimiento con la revisión de los estados límite de falla y de servicio. Todo lo anterior, en pleno cumplimiento de las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de cimentaciones.

4. ALCANCES

En el presente informe se describen los criterios con los cuales se elaborará el proyecto ejecutivo de la Torre 25 del sistema Cablebús, L-3. Este documento contempla los criterios de diseño, el marco legal y la descripción del desarrollo de diseño de las Estaciones que conforman el proyecto.

5. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 25

La línea 3 de Cablebús está compuesta por 6 estaciones, cada una con su propia edificación. La longitud proyectada de la línea es de 5.42 km y brindará una capacidad de transporte máxima/final de pasajeros/hora en cada sentido.

El proyecto será realizado en la demarcación territorial de Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo, ubicada en la zona centro – poniente de la Ciudad de México limitado al sur con las alcaldías de Magdalena Contreras y Tlalpan, oriente con la alcaldía de Benito Juárez y Cuauhtémoc, al norte con la alcaldía Azcapotzalco y con los municipios mexiquenses de Tecamachalco y Naucalpan de Juárez.

La denominación y ubicación inicial de cada una de las 6 estaciones se describe en la tabla 1:

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 –Abril 2023

Número de estación	Estación	Tipo de estación	Latitud	Longitud	Distancia hacia su próxima estación (km)
E – 1	Vasco de Quiroga	Retorno	19°23'7.67"N	99°13'39.59"O	0.59
E – 2	Cineteca Nacional / Bodega Nacional de las Artes	De Paso	19°23'24.16"N	99°13'50.24"O	1.15
E – 3	Parque Cri – Cri	Doble Motriz	19°23'48.33"N	99°13'20.14"O	0.90
E – 4	Lienzo Charro / CECYT 4 "Lázaro Cárdenas"	De Paso	19°23'56.37"N	99°12'50.77"O	1.65
E – 5	Panteón Civil de Dolores	De Paso	19°24'26.00"N	99°12'3.90"O	1.13
E - 6	Metro Constituyentes – Los Pinos	De Retorno	19°24'46.93"N	99°11'29.40"O	1.13

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3

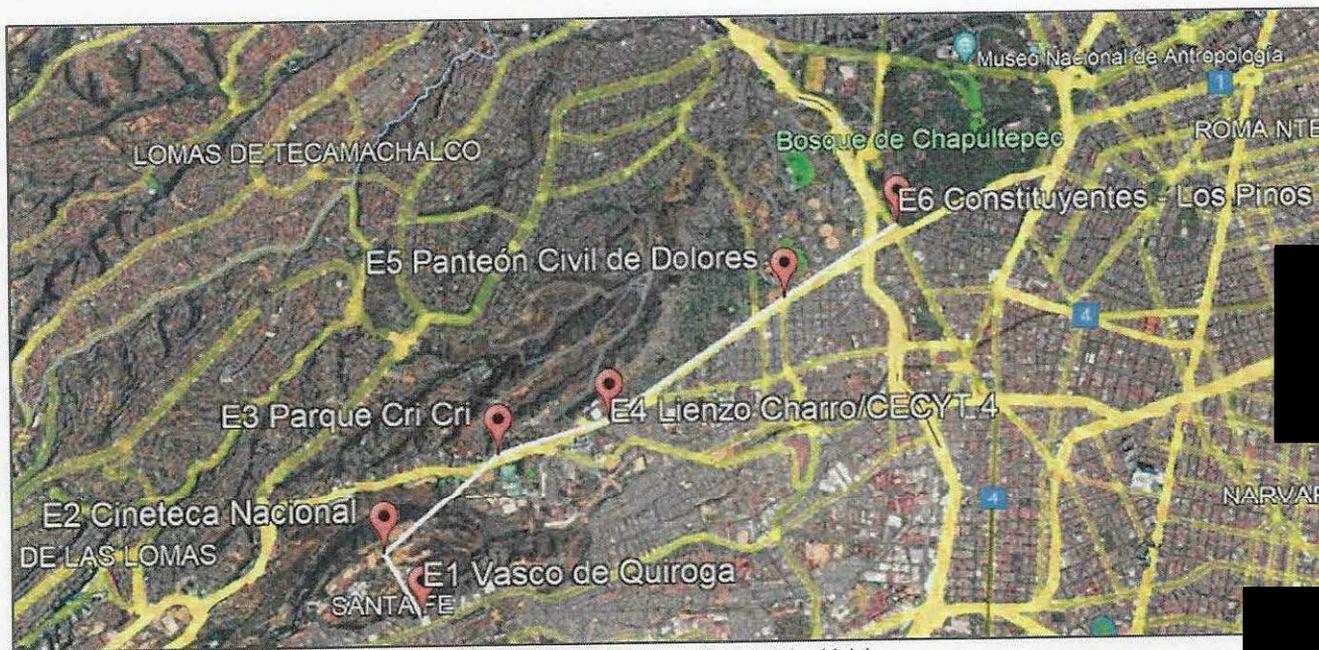


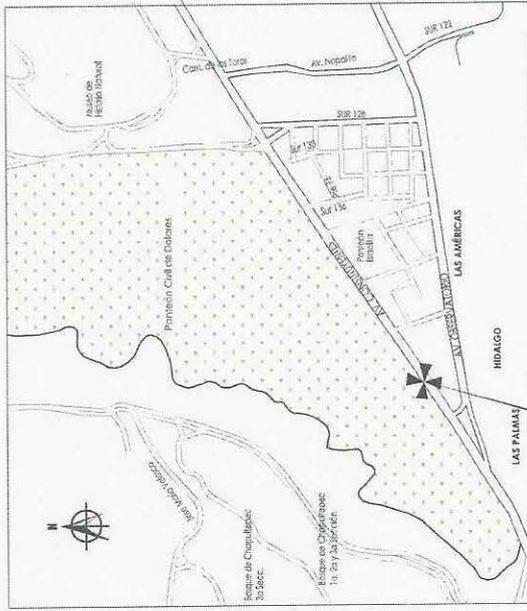
Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús

[Redacted] con coordenadas, X= 478,1 [Redacted]
Y= 2,145,408.4094, Figura 1. Sobre la banqueta de la Av. Constituyentes, donde se presentan lum [Redacted]
registros de la compañía Telmex.



CROQUIS DE ESTACIÓN RAMA

ENRIQUELÓPEZ



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

TORRE 25 CABLEBÚS
SITIO EN ESTUDIO



NOTAS:
SPT: Sonda de penetración estándar
SPT: Sonda de inclinómetro
-Ver corte en la figura 3
-Figura esquemática

SECRETARÍA DE ECONOMÍA	SECRETARÍA DE ENERGÍA	SECRETARÍA DE HACIENDA Y CRÉDITO PÚBLICO	SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y TRANSPORTES	SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y ENERGÍA	SECRETARÍA DE PLANEACIÓN Y ECONOMÍA	SECRETARÍA DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES	SECRETARÍA DE VIVIENDA Y OBRAS PÚBLICAS
SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL	SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA	SECRETARÍA DE SALUD	SECRETARÍA DE TURISMO, CULTURA Y FOLKLORE	SECRETARÍA DE TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL	SECRETARÍA DE POLÍTICA Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA	SECRETARÍA DE DEFENSA NACIONAL	SECRETARÍA DE SEGURIDAD PÚBLICA
SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y EQUIPAMIENTO	SECRETARÍA DE FOMENTO ECONÓMICO	SECRETARÍA DE INDUSTRIA, COMERCIO EXTERNO Y TURISMO	SECRETARÍA DE POLÍTICA Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA				

6. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO

6.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE

Zonificación geotécnica. El sitio se localiza en la denominada “Zona de Lomas” (Ref. 1 y 2, Fig. 2), definida por la sierra de Monte Alto y la Sierra de las Cruces. Esta zona está constituida por abanicos volcánicos, caracterizándose por la acumulación de material piroclástico en la parte superficial, así mismo, se pueden encontrar materiales compactos a muy compactos, formados por depósitos de tobas amarillentas formadas por vidrio pumítico fino a grueso. **En esta zona también es frecuente la presencia de minas antiguas que ha dejado la explotación subterránea o superficial de materiales de construcción en el pasado, las cuales pueden ocasionar problemas geotécnicos a las cimentaciones que en esa zona se construyan.**

6.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

Para definir las condiciones estratigráficas del sitio, se realizó un sondeo de penetración estándar, (SPT-1, T-25), a una profundidad máxima de 35.0 m. La técnica de penetración estándar consiste en el hincado a percusión de un muestreador de medidas estandarizadas (penetrómetro), dejando caer sobre este, un peso de 63.0 kg, desde una altura de 76 cm, contabilizando el número de golpes necesarios para hincar los 30 cm centrales del muestreador.

6.3 ENSAYES DE LABORATORIO

A las muestras obtenidas de los sondeos se les realizaron las siguientes pruebas:

- Clasificación visual y al tacto de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
- Contenido natural de agua (ASTM D2216).
- Análisis granulométrico por tamizado, incluyendo la determinación de porcentaje de finos por lavado (ASTM D422 y D1140).
- Límites de consistencia (líquido y plástico, ASTM D4318).
- Determinación del peso volumétrico de especímenes de suelo (ASTM D7263).
- Densidad de sólidos (ASTM D854).

En el Anexo 1 se presenta una memoria fotográfica con aspectos relevantes de los trabajos de campo, en el Anexo 2 se exhiben los perfiles de los sondeos realizados, en el Anexo 3 se presentan los resultados de las pruebas de laboratorio y en el Anexo 4 se presentan las cargas actuantes en la Torre 24, que se toman como referencia para esta, la Torre 25, a petición del contratista.

6.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA

Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio y los sondeos exploratorios, a continuación, se presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio, con profundidades referidas al SPT-1, Figura 3:

De 0.00 a 1.40 m. Material de relleno compuesto limos de baja plasticidad (ML). El contenido natural de agua varía de 14% a 23%. El porcentaje de finos es de 45%, arena de 45% y grava de 10%. El Límite Líquido de 30%. El Límite Plástico de 24%. El número de golpes medido de 10.



CIDADES DE ESTACIONAMIENTO

SIMBOLOGÍA

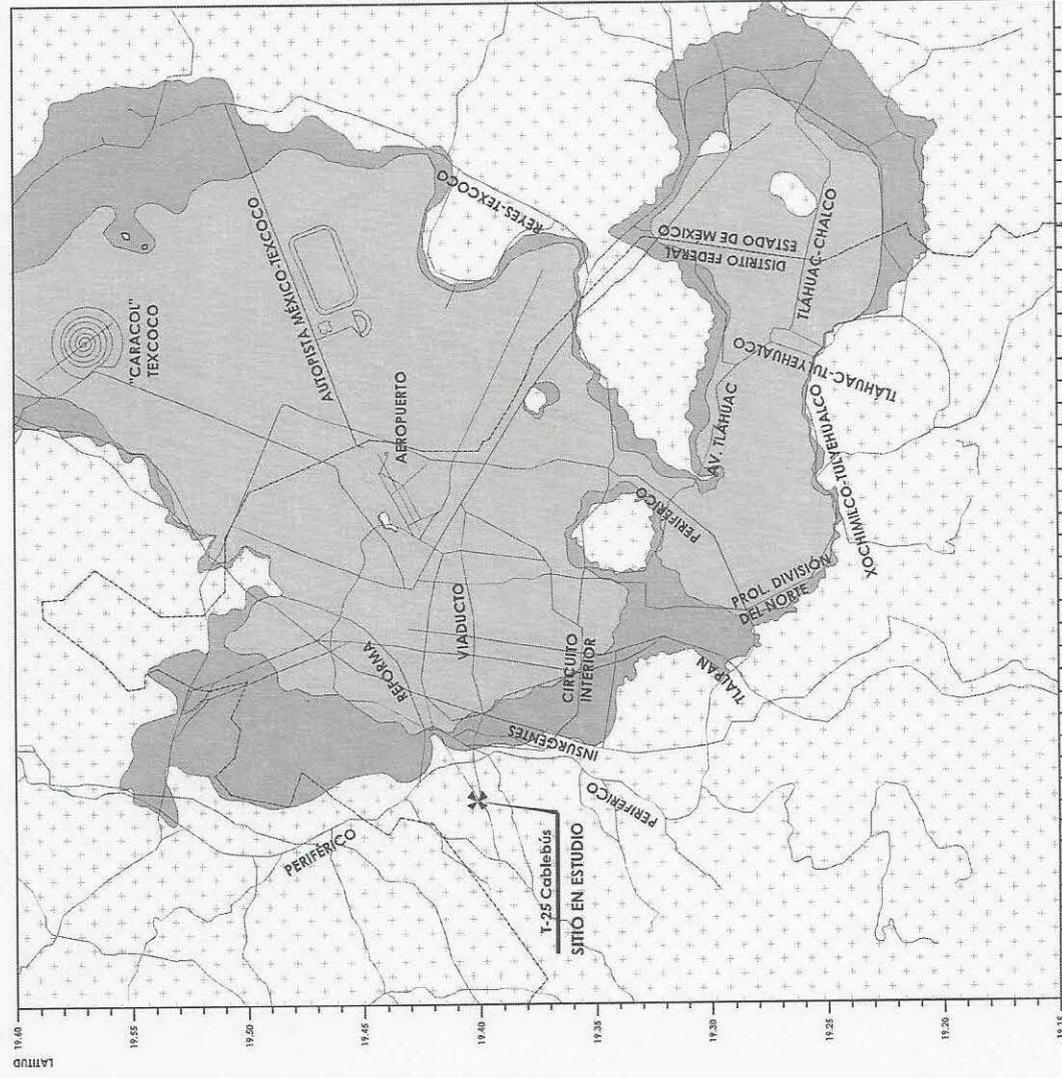


GOBIERNO DE LA
 ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
 SECRETARÍA DE
 PLANEACIÓN Y ORDENAMIENTO
 TERRITORIAL Y DEPARTAMENTO DE
 PLANEACIÓN URBANA Y DE
 TRANSPORTES

INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

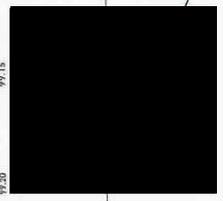
0 1 5 10 15 20 25 km
 Escala gráfica



LONGITUD



(NTC Para abieno y construcción de amienaciones, Diciembre 2017)



LATITUD

Clave: **DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00**

Revisión 0 –Abril 2023

De 1.40 a 9.20 m. Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura, de color café (ML). El contenido natural de agua varía de 23% a 34%. El porcentaje de finos varía de 51% a 59%, arena de 33% a 38% y grava de 0% a 2%. El Límite Líquido varía de 32% a 41% y el Límite Plástico varía de 26% a 28%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

De 9.20 a 12.20 m. Arena limosa de baja plasticidad, de compacidad muy densa, de color café (ML). El contenido natural de agua varía de 22% a 33%. El porcentaje de finos varía de 20% a 44%, arena de 38% a 57% y grava de 18% a 23%. El Límite Líquido varía de 28% a 34% y el Límite Plástico varía de 24% a 25%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 22 a más de 50.

De 12.20 a 15.30 m. Arena arcillosa-limosa de baja plasticidad con gravas, de compacidad muy densa, de color café claro (CL-ML). El contenido natural de agua varía de 14% a 22%. El porcentaje de finos varía de 10% a 20%, arena de 57% a 84% y grava de 6% a 23%. El Límite Líquido varía de 25% a 28% y el Límite Plástico de 23% a 25%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 35 a más de 50.

De 15.30 a 17.60 m. Arena limosa de baja plasticidad, de compacidad densa, de color café (ML). El contenido natural de agua varía de 27% a 42%. El porcentaje de finos varía de 26% a 51%, arena varía de 49% a 56% y grava varía de 0% a 18%. El Límite Líquido varía de 31% a 36% y el Límite Plástico varía de 17% a 25%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 21 a 31.

De 17.60 a 18.10 m. Arena pumítica limosa de baja plasticidad, de compacidad densa, color gris claro (ML). El contenido natural de agua es de 60%. El porcentaje de finos es de 25%, arena de 29% y grava de 6%. El Límite Líquido de 37% y el Límite Plástico de 20%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar de 39.

De 18.10 a 21.80 m. Arena limosa de baja plasticidad, de compacidad densa, de color (ML). El contenido natural de agua varía de 25% a 64%. El porcentaje de finos es de 46%, arena de 53% y grava de 1%. El Límite Líquido de 31% y el Límite Plástico de 26%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de más de 50.

De 21.80 a 24.20 m. Lomo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura, de color café (ML). El contenido natural de agua varía de 24% a 28%. El porcentaje de finos es de 61%, arena de 39% y grava de 0%. El Límite Líquido de 34% y el Límite Plástico de 24%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 31 a más de 50.

De 24.20 a 29.60 m. Arcilla limosa de baja plasticidad con arenas, de consistencia dura, color café claro (CL-ML). El contenido natural de agua varía de 20% a 26%. El porcentaje de finos varía de 55% a 59%, arena de 4% y grava de 1%. El Límite Líquido de 28% y el Límite Plástico varía de 19% a 22%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar de más de 50.

De 29.60 a 35.00 m. Arena arcillosa-limosa de baja plasticidad con gravas, de compacidad muy densa, de color café claro (CL-ML). El contenido natural de agua varía de 11% a 16%. El porcentaje de finos es de 27%, arena de 57% a 62% y grava de 17% a 17%. El Límite Líquido de 28% y el Límite Plástico de 21%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 36 a más de 50.

Condiciones piezométricas. Durante los trabajos de exploración no se detectó nivel freático. En esta zona se presenta a gran profundidad.

Minas. Durante los trabajos de exploración no se detectaron indicios de la presencia de cavernas o fracturas en la masa de suelo. Los barrenos se mantuvieron estables y no se presentó la pérdida de lodo bentonítico durante la ejecución de los sondeos. **Sin embargo, en toda la zona es probable encontrar cavernas durante la ejecución de los trabajos de excavación y perforación de pilas.**

Coefficiente sísmico. Tomando en cuenta la posición de la Torre 25 y el software SASID (Ref. 3), el coeficiente sísmico elástico es de 0.320, con una aceleración espectral, $a_0=0.117$. Este valor deberá ser corroborado por el diseñador estructural para su empleo.

6.5 MODELO GEOMECÁNICO

Los parámetros mecánicos de los estratos que conforman la estructura del subsuelo; necesarios para la determinación de la capacidad de carga y deformaciones, se presenta en la tabla 2:

Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño

Unidad	Profundidad(m)	S.U.C.S	γ (t/m ³)	c (t/m ²)	ϕ°	E (kg/cm ²)	Observaciones	
1	0.0 a 1.4	Relleno, ML	1.50	0.0	-	75	Aunque no se detectaron minas subterráneas en este punto, se toma en cuenta toda la información cercana al sitio en estudio, para el diseño geotécnico de esta torre, se consideran dos lechos de posibles antiguas minas, entre 5.0 y 8.0 m y entre 15.0 y 18.0 m. En longitudes, la aportación de capacidad de carga por fricción considera nula.	
2	1.4 a 5.0	ML arenoso	1.60	0.0	38	400		
3	5.0 a 8.0	CAVERNA						
4	8.0 a 11.0	SM	1.55	0.0	38	490		
5	11.0 a 13.2	SM	1.60	0.0	32	180		
6	13.2 a 15.0	SM	1.65	0.0	38	575		
7	15.0 a 18.0	CAVERNA						
8	18.0 a 20.50	SM	1.65	0.0	32	420		
9	20.50 a 24.20	ML arenoso	1.70	0.0	38	650		
10	24.20 a 28.00	SM	1.65	0.0	38	300		

γ : peso volumétrico; c: cohesión; ϕ : ángulo de fricción interna; E: modulo de elasticidad

7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

Datos del proyecto. La Torre 25 se ubica en Av. Constituyentes S/N, Alcaldía Miguel Hidalgo, con coordenadas X= 478,147.6199 Y= 2,145,408.4094 De acuerdo con la información recibida, esta estructura tendrá un ancho de 40.4 m sobre el nivel de banquetta y será una torre excéntrica.

7.1 CARGAS ACTUANTES

Las cargas actuantes para estas torres en particular aún no se tienen determinadas; sin embargo del área de estructuras se emitió una memoria de cargas, correspondiente a una torre tipo excéntrica, que se presentan en el Anexo 4. **Resulta muy importante mencionar que, una vez que se tenga**

estructural propio de esta torre, se deberá hacer la comparación correspondiente con las capacidades de carga aquí presentadas.

Hasta el momento de realizar los presentes análisis, no se nos han proporcionado las cargas a nivel de cimentación, para la revisión del comportamiento en conjunto. Tanto para la capacidad de carga como para las deformaciones.

7.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN

Tomando en cuenta la importancia de la estructura, que es considerada TIPO A1, la presencia de rellenos utilizados para las antiguas minas subterráneas, la solución de cimentación consiste en pilas de sección circular de 1.0 m de diámetro como mínimo, que trabajen por fricción y por punta.

Aunque la capacidad de carga puede ser mayor a las cargas actuantes, es obligado y recomendable que el diámetro mínimo sea de 1.0 m, con la intención de que una vez que se haya terminado los trabajos de perforación, se realice una inspección visual en toda su longitud y en el piso del nivel del desplante. **En caso de que se detecten minas u oquedades que no pudieron ser identificadas durante la exploración geotécnica o geofísica, la profundidad de las pilas aquí recomendada deberá ser ajustada, así como los valores de la capacidad de carga.**

La solución de cimentación será con pilas desplantadas a 23.0 m de profundidad; tomando como referencia el nivel de brocal; es decir, desde el nivel de piso existente. Hasta el momento se tiene considerado un dado de 4.5 x 5.0 m de sección y 2.0 m de peralte, por lo que las pilas tendrán una longitud efectiva de 21.0 m. Aunque no se detectaron minas con el sondeo realizado en el punto de la torre 25, es probable que se detecten en un punto cercano o durante los trabajos de la perforación de las pilas. Para el análisis se consideraron dos lechos de cavernas, la primera de 5.0 m a 8.0 m y la segunda de 15.0 m a 18.0 m de profundidad.

7.3 ESTADOS LÍMITE DE FALLA

Capacidad de carga reducida. La capacidad de carga de las pilas fue determinada mediante la expresión siguiente (Ref. 1):

$$R = C_p + C_f - W_p \quad (1)$$

Donde:

- R capacidad de carga reducida, t
- C_p capacidad de carga reducida por punta, t
- C_f capacidad de carga reducida por fricción, t
- W_p peso del elemento, t; t/m

Con:

$$C_p = (p'_v N_q^* F_R + P_v) A_p$$

Donde:

- p'_v esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 36.8 t/m²
- N_q^* factor de capacidad de carga

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 –Abril 2023

F_R factor de resistencia, igual a 0.35
 P_V esfuerzos totales al nivel de desplante, igual a 36.8 t/m²

Con:

$$N_q^* = N_{\min} + L_e \frac{N_{\max} - N_{\min}}{4B \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)} \quad (3)$$

Cuando

$$\frac{L_e}{B} \leq 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \quad (4)$$

O bien

$$N_q^* = N_{\max} \quad (5)$$

Cuando

$$\frac{L_e}{B} > 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \quad (6)$$

Donde:

L_e longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 0 m
 B diámetro de la pila, m.
 ϕ ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 38°

Los valores de N_{\max} y N_{\min} , se presentan en la Tabla 3, función del valor del ángulo de fricción interna del material de desplante:

Tabla 3 Valores de N_{\max} y N_{\min}

ϕ	20°	25°	30°	35°	40°	45°
N_{\max}	12.5	26	55	132	350	1000
N_{\min}	7	11.5	20	39	78	130

Por su parte, la capacidad de carga por fricción se determinó mediante las siguientes expresiones (Ref. 2):

$$C_f = P_p F_R \sum_{i=1}^n \beta_i \bar{p}_{vi} L_i \quad \text{suelos friccionantes}$$

Donde:

P_p perímetro de la pila, m
 F_R factor de resistencia, igual a 0.65
 L_i longitud de la pila en el estrato de interés, m
 α_i coeficiente de adherencia suelo-pila
 β_i coeficiente de fricción
 C_{ui} cohesión media de cada estrato, t/m²
 \bar{p}_{vi} esfuerzos efectivos a la profundidad media del estrato de interés, t/m²

Con

$$\beta_i = 1.5 - 0.24\sqrt{Z} \quad \text{para } 0.25 < \beta_i < 1.2 \quad \text{para suelos friccionantes}$$

Capacidad a la tensión. Los efectos de tensión en la torre; que se presenten a nivel de cimentación, se deben ser tomados por las pilas; su capacidad a la tensión estará es función de la fricción más una porción del elemento:

$$C_{te} = C_f + 0.65 W_p$$

Donde:

C_{te} capacidad reducida a la tensión, t.

las demás literales ya fueron definidas.

Sustituyendo los valores correspondientes, se presentan las siguientes capacidades de carga reducida y de tensión para pilas de distintos diámetros:

Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación

D (m)	Wp (t)	C _p (t)	C _f (t)	R (t)	C _{te} (t)
1.0	39.6	603.1	353.7	917.2	379.4
1.2	57.0	868.5	424.5	1,235.9	461.5
1.4	77.6	1,180.0	495.2	1,597.6	545.6

Las capacidades de carga reducida, R, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a compresión y las capacidades a la tensión, C_{te}, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a tensión. **Cabe mencionar que las capacidades de carga por punta de las pilas, están limitadas a un esfuerzo de 900 t/m², para evitar asentamientos inadmisibles por la reglamentación vigente.**

7.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

La deformación total que sufrirá cada pila, estará compuesta por la deformación propia del elemento más la correspondiente a la del suelo de sustento; su magnitud se determinó con la expresión siguiente (Ref. 4), realizando compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actuantes:

$$\delta = \frac{(C_p + 0.66C_f)L}{10 A_p E_c} + \frac{0.36 C_p D}{10 A_p E_s} \quad (10)$$

Donde:

- δ deformación total de la pila, cm
- L longitud efectiva de la pila, igual a 2,100 cm
- D diámetro de la pila, cm
- E_s módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 650 kg/cm²
- E_c módulo de elasticidad del concreto, igual a 261,916 kg/cm², para f'c= 350 kg/cm²

con

$$E_c = 14,000 \sqrt{f'c} \quad (11)$$

Considerando esta estructura como aislada, la deformación máxima permisibles será de 5.0 cm, según lo establece la Reglamentación vigente.

Módulo de reacción vertical. La constante de resorte para pilas; que será utilizado para el diseño estructural de la cimentación considerando la interacción suelo-estructura, se determinó como sigue realizando compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actuantes (

$$k_v = \frac{q}{\delta} \quad (12)$$

Donde:

- k_v módulo de reacción vertical, t/cm; kg/cm³
- q carga asociada, t
- las demás literales ya fueron definidas

Cabe mencionar que la carga máxima que provocara la estructura en las pilas será de 312 ton, es una carga factorizada, al sustituir los valores correspondientes en las expresiones (10) y (12), se obtienen asentamientos menores al 1.0 cm. Para el cálculo de los módulos de reacción verticales se consideró 1.0 cm y los valores obtenidos se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas

D (m)	δ (cm)	k _v (t/cm)	k _v (kg/cm ³)
1.0	1.0	224.4	28.6
1.2	1.0	262.5	23.2
1.4	1.0	298.3	19.4

Módulos de reacción horizontal. Para la revisión estructural de las pilas sometidas a cargas laterales, a continuación, se presenta el módulo de reacción horizontal (Ref. 6):

Para suelos friccionantes

$$k_h = 0.2768 k_2 \frac{z}{B} \quad (13)$$

Donde

- k_h módulo de reacción horizontal, (kg/cm³)
- k₃ coeficiente de Terzaghi para suelos friccionantes, lb/pulg³
- B diámetro del cemento, m
- z profundidad media del estrato en revisión, m.

De acuerdo con las expresiones anteriores, en las Tablas 6 y 7 se muestran los módulos de reacción para las pilas de cimentación y dado; respectivamente.

Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas

PROYECTO CABLEBUS LINEA 3, TORRE 25				
Módulos de reacción horizontal para pilas, ref -6				
		1.00	1.20	1.40
Profundidad, m		Modulos de reacción K _h , Kg/cm ³	Modulos de reacción K _h , Kg/cm ³	Modulos de reacción K _h , Kg/cm ³
De	a			
0.00	1.40	0.11	0.11	0.11
1.40	5.00	11.07	9.23	7.91
5.00	8.00	0.00		
8.00	11.00	32.87	27.39	23.48
11.00	13.20	16.75	13.96	11.96
13.20	15.00	48.79	40.66	34.85
15.00	18.00	0.00		
18.00	20.50	31.97	26.64	22.84
20.50	24.20	77.33	64.44	55.24
24.20	28.00	86.69	72.24	61.92

Tabla 7. Módulos estáticos de reacción horizontal para dado

PROYECTO CABLEBUS LINEA 3, TORRE 25
Módulos de reacción horizontal para dado, ref 6

Ancho de la zapata, B= 4.50 m

Profundidad, m		z m	Material	N, golpes	k_z	z/B	Modulos de reacción K_{hr} ton/m ² .cm	Modulos de reacción K_{hr} Kg/cm ³
De	a	--	--					
0.00	2.40	1.20	Limo arenoso café claro de consistencia firme	10.0	15.0	0.3	1.1	0.11

Propuesta de cimentación. La propuesta de cimentación es con 4 pilas de 1.0 m de diámetro, con una separación mínima de 3 veces el diámetro. **Cabe mencionar que, aunque las capacidades de carga están por arriba de la magnitud de las cargas de referencia, el diámetro mínimo de pilas será de 1.0 m, para que estas puedan ser inspeccionadas visualmente una vez que se termine su perforación y se confirme la ausencia de cavidades.**

Esta propuesta deberá ser revisada por el área de estructuras para verificar su viabilidad.

8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Es importante comentar que el modelo geotécnico de análisis se determinó con base en los resultados de la exploración geotécnica, de la exploración geofísica de puntos cercanos y de la experiencia que se tiene en la zona, misma que es muy susceptible a cambios por la presencia de antiguas minas y rellenos para su rehabilitación. Cualquier cambio en las condiciones del suelo de las que se analizan en este estudio, debe de ser reportado de manera inmediata a los diseñadores, para realizar los ajustes necesarios en los análisis y se garantice el buen comportamiento a corto, mediano y largo plazo. Por lo anterior, durante la construcción de las pilas se deberá contar con personal capacitado y calificado, para supervisar y asesorar durante los trabajos de construcción de la cimentación y que de manera oportuna se detecte cualquier cambio en las condiciones analizadas en este estudio.

8.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS

- Una vez que se tenga el área liberada, se realizará el trasplante de todos los árboles que se encuentren dentro del área de afectación y todos los preparativos necesarios que permitan trabajar sin colindancias, instalaciones de servicios, etc.
- Concluidos los trabajos anteriores, se procederá con los trabajos de perforación de la cimentación.

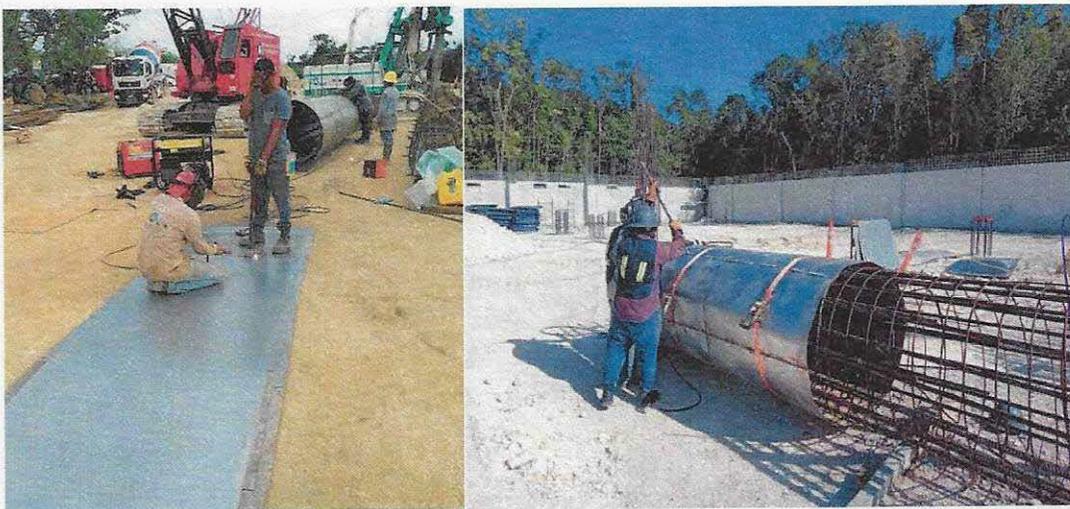
8.2 PILAS

Con las áreas liberadas se procederá con los trabajos de perforación y colado de las pilas de cimentación tomando en cuenta los puntos siguientes:

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 –Abril 2023

- a) Trazo y ubicación topográfica de la posición de cada una de las pilas, para garantizar la posición de cada uno de los elementos de cimentación.
- b) Enseguida se realizará la perforación en seco, hasta el nivel de desplante de proyecto. **Es importante mencionar que cada una de las pilas con diámetro mínimo de 1.0 m; sea para mástiles o estación, deberán ser inspeccionada en toda su longitud, por un supervisor geotécnico y verificar el estado de las paredes y fondo, en busca de indicios de cavernas adicionales a las ya consideradas.**
- c) Durante la perforación de las pilas, se deberá reducir las vibraciones lo máximo posible y evitar el movimiento y posicionamiento brusco de equipo pesado.
- d) El concreto para la construcción de las pilas será de una $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$; el tamaño de agregado máximo será de 1 1/2 pulg. El acero de refuerzo tendrá un f_y de $4,200 \text{ kg/cm}^2$.
- e) Para garantizar el recubrimiento mínimo de 7.5 cm, es indispensable el empleo de silletas y “poyos” de concreto o plástico; sus dimensiones serán de 7.5x7.5x10.0 cm y se colocarán longitudinalmente a cada 2.0 m.
- f) se deberá tener en campo lámina calibre 20, para crear un encamisado en caso de que efectivamente se presenten minas o fracturas debidas a antiguas minas. Esta camisa se colocará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Fotos 1 y 2) y servirá como ademe perdible, para poder realizar el colado de los elementos de cimentación. La lámina se sueldará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubrimiento de proyecto.



Fotos 1 y 2. Encamisado de lámina para formar ademe perdible.

- g) Después de terminada la perforación, en un lapso menor a 18 hrs deberá concluirse total colado; que por otra parte será continuo para evitar la formación de juntas frías.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 –Abril 2023

- h) El armado se rigidizará para evitar excesivas deformaciones que pudiesen complicar su colocación dentro de la perforación. Para la liga estructural se recomienda que el armado tenga una longitud adicional de por lo menos 0.5 m, o la que el diseño estructural recomiende.
- i) Las pilas se colarán con el procedimiento tradicional de tubo Tremie; al inicio del colado la tubería se colocará 20.0 cm por encima del nivel de desplante y se utilizará un tapón deslizante “diablo” para evitar la segregación y contaminación del concreto; durante el colado se deberá garantizar que la tubería se encuentre embebida por lo menos 1.0 m dentro del concreto, subiendo la tubería conforme asciende el nivel del concreto. El revenimiento del concreto será como mínimo de 23.0 cm. El colado se llevará por lo menos 0.50 m por arriba del lecho bajo del dado de cimentación o la longitud que determine el área de estructuras.
- j) El descabece para la liga estructural se realizará mediante la demolición del concreto contaminado con martillo eléctrico, empezando en la periferia hasta llegar al núcleo, en forma descendente; en los últimos 20 cm se hará con maceta y cincel.
- k) El criterio de aceptación o tolerancias para la construcción de las pilas es el siguiente:
- 1) *Localización.* En el posicionamiento de la cabeza del apoyo, la desviación aceptada debe ser menor del 4% del diámetro del apoyo o de 8 cm en cualquier dirección, cualquiera que sea el valor más bajo. El diseño estructural deberá de tomar en cuenta esta excentricidad.
 - 2) *Verticalidad.* La tolerancia permisible está comprendida entre el 1 y 2 % de la longitud final de la pila, pero sin exceder el 12.5% del diámetro del apoyo o 38 cm en el fondo, cualquiera que sea el valor más bajo.
 - 3) *Limpieza.* Se deberá remover todo el material suelto y de azolve del fuste antes de colocar el concreto. En ningún caso el volumen de tales materiales excederá el equivalente al que fuera necesario para cubrir el 5% del área en un espesor de 5 cm.
 - 4) *Acero de refuerzo.* La separación mínima entre varillas no debe ser menor de 1.5 veces el diámetro de la varilla ni menor de 1.5 veces el tamaño del agregado máximo.
- l) Es indispensable llevar un registro en donde se anote: 1) la ubicación del apoyo; 2) la fecha y hora en que se terminó la perforación y la profundidad alcanzada; 4) fecha y hora en que se inicia y concluye el colado. **Cada pila deberá ser liberada por un supervisor, una vez que se revisaron las condiciones de las paredes y piso.**

8.3 EXCAVACIÓN

De acuerdo con el preliminar del diseño estructural, el dado de cimentación para las torres tiene una forma rectangular de 5.0 x 4.5 m, con un peralte de 2.0 m. Para poder alojar este elemento, se deberá realizar una excavación con dimensiones mínimas de 5.4 x 4.9 m en planta para poder alojar la cimbra.

- a) Se realizará la excavación hasta la profundidad máxima de 2.0 m, con taludes con una inclinación de 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de

Clave: **DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00**

Revisión 0 –Abril 2023

(Fig. 4). Los análisis de estabilidad, consideran una sobrecarga de 1.5 t/m² en la corona, por lo que se deberá evitar la concentración de esfuerzos en esta zona.

- b) Al llegar a la profundidad máxima, se realizará el descabece de las pilas de cimentación y en el fondo de la excavación se colocará una plantilla de concreto pobre con una $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$, para proceder con el habilitado del acero de refuerzo para el dado de cimentación.
- c) Posteriormente se realizará el colado del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la superestructura.

El espacio entre el perímetro del dado y los taludes de la excavación será relleno con relleno fluido o relleno con calidad de terraplén, compactado al 95% de su P.V.S.M.

8.4 MINAS

A pesar de que con la exploración geotécnica y geofísica realizados no se detectaron indicios de la presencia de cavernas o fracturas en la masa de suelo, es posible que este tipo de afectaciones se detecten durante los trabajos de excavación y perforación de pilas. Por esta razón, se procederá como se enuncia a continuación.

- a) Durante los trabajos de perforación de pilas, el operador deberá prestar especial atención a los avances, cambios de presión y velocidad, así como a la caída repentina de la herramienta.
- b) Ya que las pilas se proyectan con un diámetro de 1.0 m, una vez que se haya terminado la perforación de cada una de estas, se tendrá que hacer una inspección visual en toda la longitud. Esto se logrará haciendo descender a un supervisor por medio de la misma perforadora, asegurándose al barretón, con un armadura. **una de las pilas deberá ser verificada y liberada por un supervisor de mecánica de suelos.**
- c) En caso de que se presenten minas subterráneas y/u oquedades importantes, se deberá tener en cuenta una lámina para crear un encamisado en caso de que efectivamente se presenten antiguas minas en esa zona. Esta camisa se colocará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Fotos 1 y 2). Esta lámina servirá como ademe perdible, para poder realizar el colado de los elementos de cimentación. La lámina se soldará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubrimiento de proyecto.
- d) En cualquiera de las posibilidades, se deberá revisar nuevamente la capacidad de carga de las pilas para garantizar su estabilidad ante las cargas actuantes.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Cimentaciones**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre 2017.
2. Tamez, E. **Manual de diseño geotécnico Vol. 1**. Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, México, agosto 1987.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

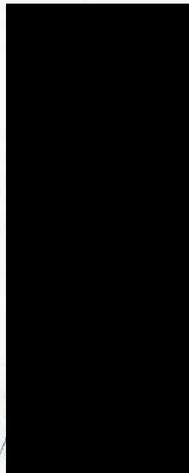
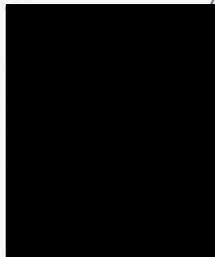
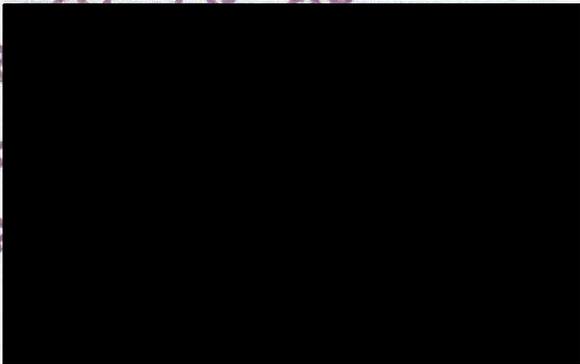
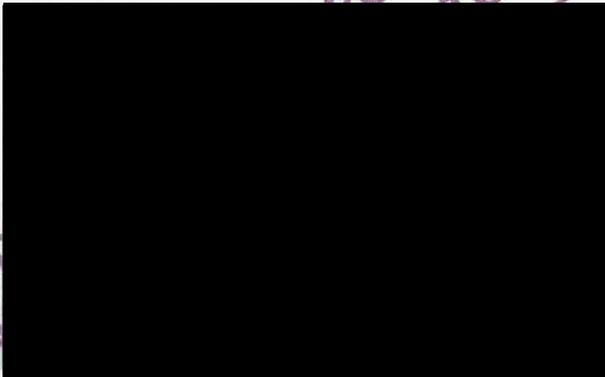
Revisión 0 –Abril 2023

3. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
4. Tamez, E. **Ingeniería de Cimentaciones**, Ed. tgc geotecnia 2001.
5. Zeevaert L. **Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions**. Van Nostrand Reinhold 2ª.
6. Rico. Del Castillo, **La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Vol. II**, Ed. Limusa, México 2009.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

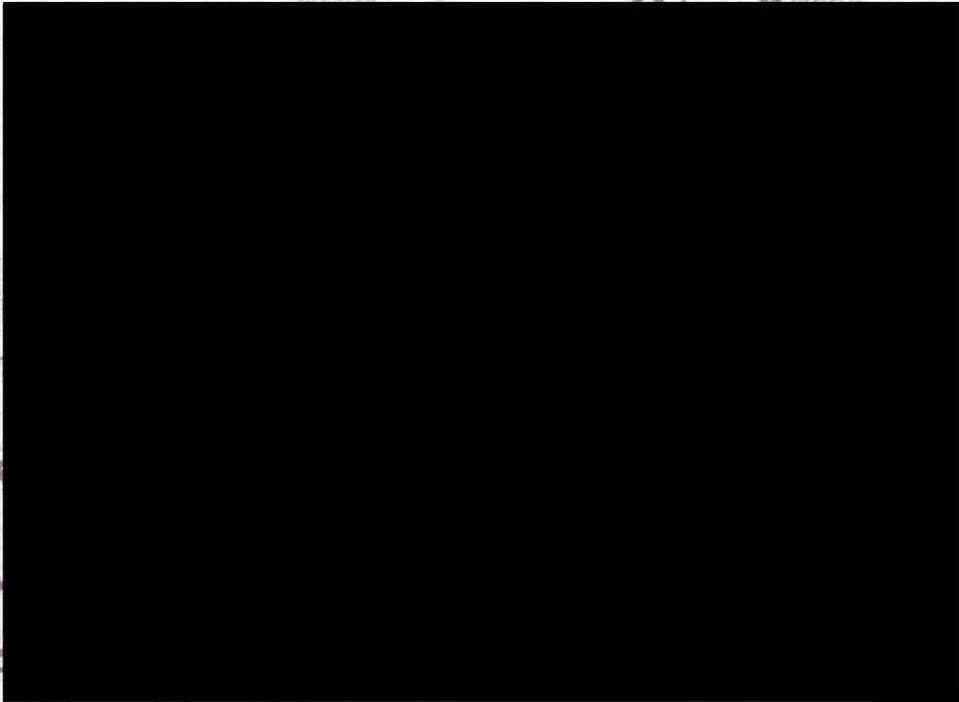
Revisión 0 –Abril 2023

PROYECTO
TO DE
)
RTE
"CO"
PARA USO EXCLUSIVO
INTEGRAL DE LA "CON
TRANSPORTE SUSTEN
QUIROGA A METR
CABLEBÚS LÍNEA
PÚBLICO CA



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 -Abril 2023



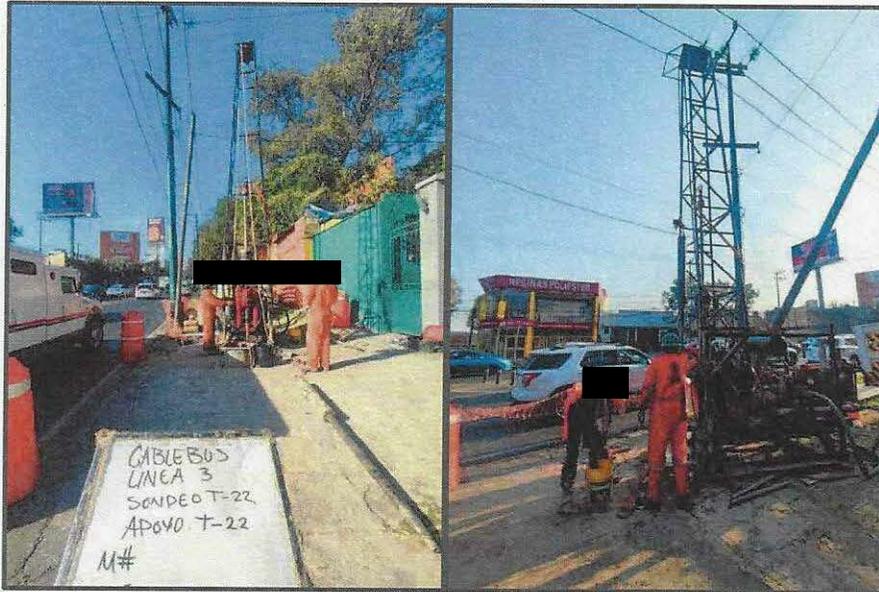
PARA USO
INTEGRAL
TRANS
QUIROG
CABLEBÚS
PÚBLICO CABLE

ECTO

7. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 -Abril 2023

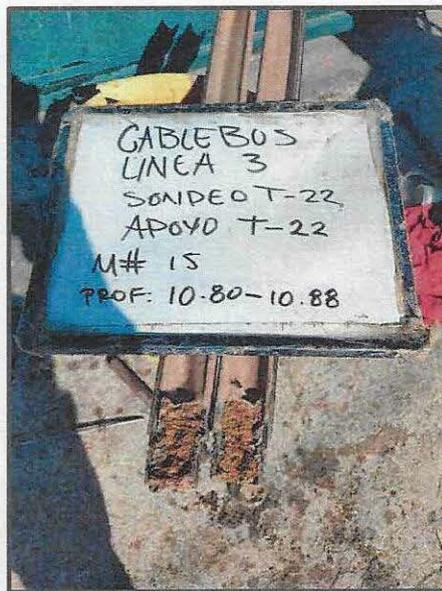


Ubicación del sondeo para Torre 25



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023



Muestras obtenidas por medio de tubo partido.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

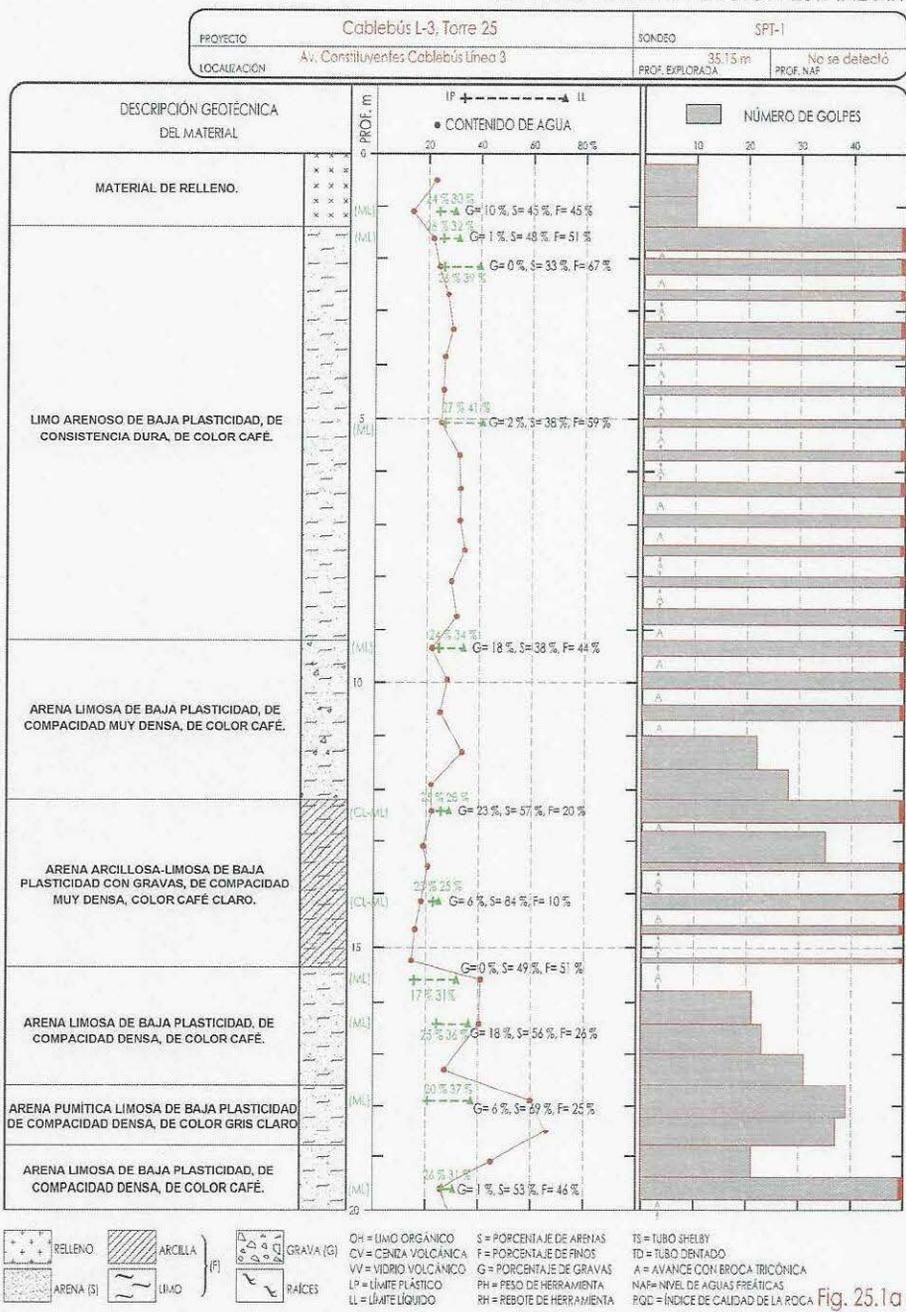
Revisión 0 –Abril 2023

8. ANEXO 2. PERFIL DE SONDEO

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

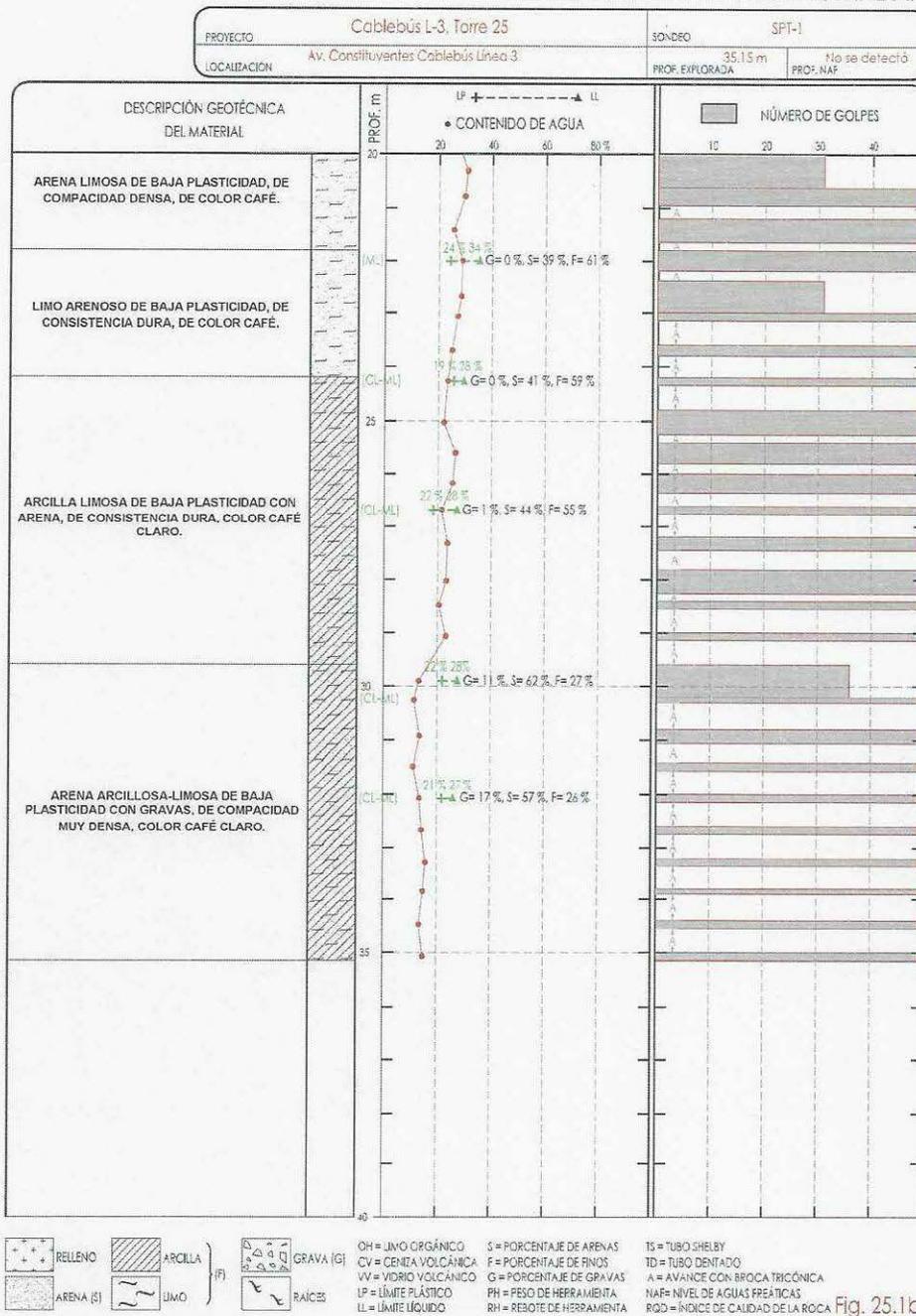
SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 –Abril 2023

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 –Abril 2023

9. ANEXO 3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

acreditación



entidad mexicana de acreditación a.c.

ACREDITA
A*

INSPECTEC, SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS, S.A. DE C.V.



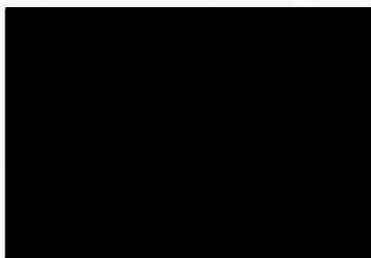
Como Laboratorio de Ensayo

De acuerdo a los requisitos establecidos en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 ISO/IEC 17025:2017, para las actividades de evaluación de la conformidad en la rama:

Construcción*



El cumplimiento de los requisitos de la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 ISO/IEC 17025:2017 por parte de un laboratorio significa que el laboratorio cumple tanto los requisitos de competencia técnica como los requisitos del sistema de gestión necesarios para que pueda entregar de forma consistente resultados técnicamente válidos. Los requisitos del sistema de gestión de la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 ISO/IEC 17025:2017 están escritos en un lenguaje que corresponde con las operaciones de un laboratorio y satisfacen los principios de la Norma ISO 9001:2015 "Sistemas de Gestión de la Calidad- Requisitos" y además son afines a sus requisitos pertinentes."



*19LP1726 Actualización de la norma de acreditación vigente a partir del 2019/08/23.

Siempre que se presente este documento como evidencia de acreditación, deberá estar acompañado del anexo técnico. Para verificar el estatus de la vigencia de este certificado, consulte la página electrónica de la eme.

FO6-LAB-011-01

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA (TERRAPLEN)																																										
<p>INSPECTEC SUPERVISORY LABORATORIOS S.A. DE C.V.</p> <p>No. Cliente: 19 No. Obra: 02</p>	<p>No. Cliente: [REDACTED] No. Obra: [REDACTED]</p>	<p>Arqueo No. del Buzillo</p>																																								
<p>Procedencia: Apoyo T-25</p>	<p>Lugar de muestreo: 0,20 - 0,80 m</p>	<p>Fecha de muestreo: viernes, 03 de diciembre de 2022</p>	<p>Numero de muestra: 1</p>																																							
<p>Composición granulométrica</p>																																										
<p>Observaciones:</p>	<p>Tipos de suelo:</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Concepto</th> <th>Resultados obtenidos</th> <th>Valores Especificados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Valor superior de caídas (obr)</td> <td>50</td> <td>50 máximo</td> </tr> <tr> <td>Compactación (%)</td> <td>90,0</td> <td>90,0 %</td> </tr> <tr> <td>Expansión (%)</td> <td>50</td> <td>50 máximo</td> </tr> <tr> <td>Módulo de compactación</td> <td>Distintos</td> <td>Distintos Estándar</td> </tr> <tr> <td>Masa volumétrica seca suelta (vg/m³)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Masa volumétrica seca máxima (vg/m³)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Humedad óptima (%)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Humedad natural (%)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Líquido (%)</td> <td>90,0</td> <td>máximo</td> </tr> <tr> <td>Plástico (%)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Índice de plasticidad (%)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contracción Linear (%)</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Concepto	Resultados obtenidos	Valores Especificados	Valor superior de caídas (obr)	50	50 máximo	Compactación (%)	90,0	90,0 %	Expansión (%)	50	50 máximo	Módulo de compactación	Distintos	Distintos Estándar	Masa volumétrica seca suelta (vg/m³)			Masa volumétrica seca máxima (vg/m³)			Humedad óptima (%)			Humedad natural (%)			Líquido (%)	90,0	máximo	Plástico (%)			Índice de plasticidad (%)			Contracción Linear (%)		
Concepto	Resultados obtenidos	Valores Especificados																																								
Valor superior de caídas (obr)	50	50 máximo																																								
Compactación (%)	90,0	90,0 %																																								
Expansión (%)	50	50 máximo																																								
Módulo de compactación	Distintos	Distintos Estándar																																								
Masa volumétrica seca suelta (vg/m³)																																										
Masa volumétrica seca máxima (vg/m³)																																										
Humedad óptima (%)																																										
Humedad natural (%)																																										
Líquido (%)	90,0	máximo																																								
Plástico (%)																																										
Índice de plasticidad (%)																																										
Contracción Linear (%)																																										
<p>Forma de: [REDACTED]</p>	<p>Referencias:</p> <p>NORMA 1-022 M-0004-01, M-0004-02 M-0004-04, M-0004-07 M-0004-09, M-0004-10 M-0004-11</p>	<p>Radio:</p> <p>Forma:</p> <p>Nombre:</p> <p>Cargos:</p> <p>Fecha:</p>	<p>Numero de Informe: ESD/01/0207/2022</p> <p>Fecha de Informe: viernes, 16 de diciembre de 2022</p> <p>UOB-12017 Rev.00102</p>																																							

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA (TERRAPLEN)			
<p>No. Cliente: 18</p> <p>No. Cliente: Activo No. del Estado</p>		<p>No. Obra: 01</p> <p>No. Obra:</p>	
<p>Procedencia: Apoyo T25</p> <p>Lugar de muestreo: 0,80 x 1,40 m</p>		<p>Fecha de muestreo: Viernes, 09 de diciembre de 2022</p> <p>Número de muestra: 2</p>	
<p> Tipo de material: Lino de baja plasticidad</p>		<p> Resultados obtenidos</p>	
<p> Composición granulométrica</p>		<p> Valores Especificados</p>	
<p> Aberturas Cuadradas Dimensiones en milímetros (mm)</p>		<p> Tipo de suelo: ML</p>	
<p> % Que pasa</p>		<p> Valor soporte de California (car) (%)</p>	
<p> 3"</p>		<p> 50</p>	
<p> 7"</p>		<p> 90,0</p>	
<p> 1 1/2"</p>		<p> 90,0</p>	
<p> 1"</p>		<p> 90,0</p>	
<p> 3/4"</p>		<p> 90,0</p>	
<p> 3/8"</p>		<p> 90,0</p>	
<p> No. 4</p>		<p> 90,0</p>	
<p> No. 10</p>		<p> 90,0</p>	
<p> No. 20</p>		<p> 90,0</p>	
<p> No. 40</p>		<p> 90,0</p>	
<p> No. 60</p>		<p> 90,0</p>	
<p> No. 100</p>		<p> 90,0</p>	
<p> No. 200</p>		<p> 90,0</p>	
<p> Despejado natural de 3"</p>		<p> Diámetro Estándar</p>	
<p> Formulo:</p>		<p> Líquido (%)</p>	
<p> Revisó:</p>		<p> 30,4</p>	
<p> Observaciones:</p>		<p> Plástico (%)</p>	
<p> Referencias:</p>		<p> 24,1</p>	
<p> Aprobó:</p>		<p> Índice plástico (%)</p>	
<p> Referencias:</p>		<p> 6,3</p>	
<p> Referencias:</p>		<p> Contracción Línea (%)</p>	
<p> Referencias:</p>		<p> 3,0</p>	
<p> Referencias:</p>		<p> Límite de plasticidad</p>	
<p> Referencias:</p>		<p> 3,0</p>	
<p> Referencias:</p>		<p> Número de informe:</p>	
<p> Referencias:</p>		<p> ISL/OT/1908/2022</p>	
<p> Referencias:</p>		<p> P. Páginas:</p>	
<p> Referencias:</p>		<p> 1 de 1</p>	
<p> Referencias:</p>		<p> Fecha de Informe:</p>	
<p> Referencias:</p>		<p> viernes, 16 de diciembre de 2022</p>	
<p> Referencias:</p>		<p> JCS/2017 Revisión 02</p>	

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA (TERRAPLEN)			
<p>INSPECTEC SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS S.A. DE C.V.</p>	<p>No. Cliente: 18 No. Otro: 02</p>	<p>No. Cliente: [REDACTED] No. Otro: [REDACTED]</p>	<p>Arroyo Molecular Basfó</p>
<p>Tipo de material: Línea de baja plasticidad</p>	<p>Procedencia: Apoyo T25</p>	<p>Fecha de muestreo: vamos a 09 de diciembre de 2022</p>	<p>Número de muestra: 3</p>
<p>Lugar de muestreo: 1.40 x 1.85 m</p>		<p>Resultados obtenidos: ML</p>	
<p>Composición granulométrica</p>			
<p>Malla</p>	<p>% Que pasa</p>	<p>Concepto</p>	<p>Valores Especificados</p>
1"	100	(SUQS)	ML
2"	100	Valor separar de califorma (db)	5.0 máximo
1 1/2"	100	Compaction (%)	90.0 %
1"	100	Expansion (%)	5.0 máximo
3/4"	100	Método de compactación	Cinámico Estándar
3/8"	100	Masa volumétrica seca suelta (light)	
3/8"	100	Masa volumétrica seca máxima (light)	
No. 4	99	Humedad óptima (%)	
No. 10	92	Humedad natural (%)	
No. 20	87	Líquido (%)	31.6
No. 40	81	Plástico (%)	25.6
No. 60	72	Índice plástico (%)	6.0
No. 100	99	Contracción Línea (%)	2.8
No. 200	91		
Desdoblado retenido en 3"			
<p>Observaciones:</p>			
<p>Aprobó:</p>	<p>Referencias: N.C. 78-1073 SI-MDP-4.01, MDP-4.02 SI-MDP-4.04, MDP-4.07 MADP-1.05 SI-MDP-4.10 MADP-4.11</p>	<p>Radió:</p>	<p>Número de Informe: IS/D/01/099/2022</p>
<p>18</p>	<p>02</p>	<p>[REDACTED]</p>	<p>Páginas: 1 de 1</p>
<p>[REDACTED]</p>	<p>[REDACTED]</p>	<p>[REDACTED]</p>	<p>Fecha del Informe: vamos a 18 de diciembre de 2022</p>
<p>[REDACTED]</p>	<p>[REDACTED]</p>	<p>[REDACTED]</p>	<p>JSL-12017 Revisión 02</p>

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA (TERRAPLEN)			
INSPECTEC SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS S.A. DE C.V.		No. Cliente: 18 No. Obra: 02	
No. Cliente: 18 No. Obra: 02		Arroyo Alameda España	
Tipo demarcación: Línea de baja plasticidad		Procedencia: Apoyo T-25	
Lugar de muestreo: 2,00 - 4,55 m		Fecha de muestreo: sábado, 10 de diciembre de 2022	
Número de muestra: 4 + 8		Resultados obtenidos:	
Valores Especificados:		Valores Especificados:	
Composición granulométrica			
D enomenclación de los tamices			
Observaciones:			
Referencias:			
KCB-1072 M-1000-1-01, M-1000-1-02 M-1000-1-04, M-1000-1-07 M-1000-1-09, M-1000-1-10 M-1000-1-11			
Referencia:			
Número de informe: 18JDF11002/2022			
Páginas: 1 de 1			
Fecha de firma: sábado, 17 de diciembre de 2022			
CUI-12017 Rev.03 a 02			
Formas:			
Revisión:			

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E4E5-T25-001=R00

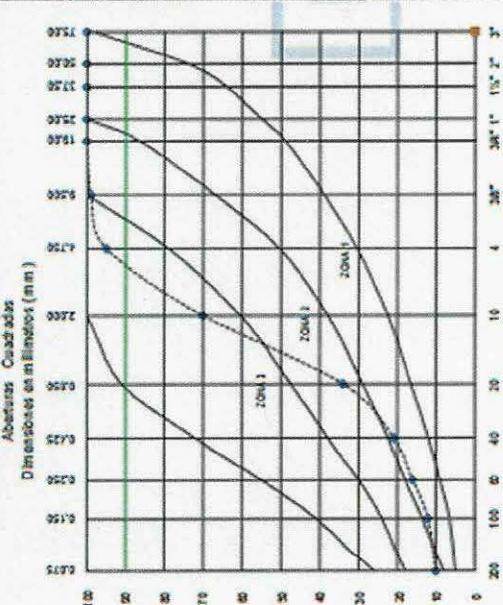
Revisión 0 - Abril 2023

INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA (TERRAPLEN)	
<p>No. Cliente: 18 No. Otra: 02 No. Cliente: 18 No. Otra: 02</p>	
<p>Activo Móvil Sábalo</p>	
<p>Fecha de muestra: 15 - 20 Fecha de entrega: sábado, 19 de diciembre de 2022</p>	
<p>Lugar de muestreo: 9.20 - 12.20 m</p>	
<p>Procedencia: Apoyo T-5</p>	
<p>Composición granulométrica</p>	
<p>Observaciones:</p>	
<p>Referencias: RC 18-1073 M-1004-01, revisión 1-02 M-1004-04, revisión 1-07 M-1004-05, revisión 1-10 M-1004-11</p>	
<p>Resulta: Prueba: Nombre: Cargos: Fecha:</p>	
<p>Referencia: Número de informe: 18/0011003/2022 Fecha de informe: sábado, 17 de diciembre de 2022</p>	
<p>Páginas: 1 de 1</p>	

Tipos de suelo	(SUCS)	Resultados obtenidos	Valores Especificados
Valor soporte de California (difer)	(%)	ML	
Comodación	(%)		50 mínimo
Expansión	(%)		90.0 máximo
Método de compactación	(%)		50 máximo
Masa volumétrica seca suelta (g/cm ³)	(%)		Diseño Estándar
Masa volumétrica seca máxima (g/cm ³)	(%)		
Humedad óptima	(%)		
Humedad actual	(%)		
Límite de Plasticidad	(%)	33.8	50.0 máximo
Índice de Plasticidad	(%)	23.7	
Índice de actividad	(%)	10.1	
Corrosión Límite	(%)	4.8	

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA (TERRAPLEN)			
 INSPECTEC SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS S.A. DE C.V.	No. Cliente: 18	Arturo Montiel Badillo	
	No. Obra: 02	[Redacted]	
Procedencia: Apoyo T-25	Lugar de muestreo: 14.00 - 15.30 m	Fecha de muestreo: domingo, 11 de diciembre de 2022	Número de muestra: 24 - 25
Tipo de material: Arena limosa de bajo plasticidad			
Composición granulométrica			
Malla: % Que pasa 3" : 100 2" : 100 1 1/2" : 100 1" : 100 3/4" : 99 3/8" : 99 No. 4 : 95 No. 10 : 70 No. 20 : 34 No. 40 : 21 No. 60 : 16 No. 100 : 12 No. 200 : 10 Despejado retenido en 3" : *****	Aberturas Cuadradas Dimensiones en milímetros (mm)	Concepto	Resultados obtenidos
		Tipo de suelo (SUCS) : SM Valor soporte de California (cbt) (%) : ***** Compacción (%) : ***** Expansión (%) : ***** Método de compactación : Dinámico Es Llanar Masa volumétrica seca suelta (kg/m³) : ***** Masa volumétrica seca máxima (kg/m³) : ***** Humedad óptima (%) : ***** Humedad en natural (%) : ***** Líquido (%) : 24,7 Plástico (%) : 23,9 Índice plástico : 0,8 Contracción Libre (%) : 0,4	Valores Especificados ***** 50 90,0 % 50 Dinámico Es Llanar ***** ***** ***** ***** ***** ***** ***** ***** *****
Observaciones :			
Forma:	Referencia:	N.C. TR-1-072 N-MSP-1-01, N-MSP-1-02 N-MSP-1-04, N-MSP-1-07 N-MSP-1-09, N-MSP-1-10 N-MSP-1-11	Número de informe : 152011007/2022 Fecha de informe : domingo, 18 de diciembre de 2022 Página: 1 de 1
Ing. Gilda Melero	[Redacted]		

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA (TERRAPLEN)			
INSPECTEC SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS S.A. DE C.V.		No. Cliente: 18 No. Obra: 02	
No. Cliente: [REDACTED] No. Obra: [REDACTED]		Artista: Mayra Buitrago	
Tipo de material: Lomo de baja plasticidad	Procedencia: Apoyo T-25	Lugar de muestreo: 21,80 + 23,80 m	Fecha de muestreo: Lunes, 12 de diciembre de 2022
Número de ensaye:		Número de muestra: 37 + 40	
Resultados obtenidos		Valores Especificados	
Tipo de suelo ML	Concepto (SUCS)	ML	
Valor soporte de California (CBR)	(%)	5,9 mínimo	
Compactación	(%)	90,0 %	
Expansión	(%)	5,0 máximo	
Método de compactación	(kg/m ³)	Dinámico Estándar	
Masa volumétrica seca suelta	(kg/m ³)	
Masa volumétrica seca máxima	(kg/m ³)	
Humedad óptima	(%)	
Humedad en obra	(%)	
Límite de Plasticidad	(%)	34,5	
Plasticidad	(%)	24,3	
Límite de plasticidad	(%)	10,2	
Contracción Linear	(%)	4,8	
Observaciones:			

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA (TERRAPLEN)			
INSPECTEC SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS S.A. DE C.V.		No. Cliente: 18 No. Odra: 02	
No. Cliente: [Redacted] No. Odra: [Redacted]		Arrendo Material Suelo	
Tipo de material: Llano de baja plasticidad	Procedencia: Apoyo T25	Lugar de muestreo: 24,20 - 26,35 m	Fecha de muestreo: marías, 13 de diciembre de 2022
Número de ensayo: [Redacted]		Número de muestra: 41 - 44	
Valores Especificados		Resultados obtenidos	
Tipo de suelo	(SUCS)	ML	[Redacted]
Valor soporte de califonia (cbr)	(%)	[Redacted]	5,0 mínimo
Compacción	(%)	[Redacted]	90,0 %
Expansión	(%)	[Redacted]	5,0 máximo
Método de compactación	(kg/cm ²)	Dinámico	Especificar
Masa volumétrica seca suelta	(kg/m ³)	[Redacted]	[Redacted]
Masa volumétrica seca máxima	(kg/m ³)	[Redacted]	[Redacted]
Humedad óptima	(%)	[Redacted]	[Redacted]
Humedad actual	(%)	[Redacted]	[Redacted]
Límite de Plasticidad	(%)	29,7	50,0 máximo
Límite de plasticidad	(%)	27,7	[Redacted]
Índice plástico	(%)	2,0	[Redacted]
Contracción Linear	(%)	0,9	[Redacted]
Composición granulométrica			
Aberturas Cuadradas Dimensiones en milímetros (mm)			
Observaciones:			
Formas: [Redacted]	Referencias:	R-075-1072 R-080-101, 01000-102 R-080-104, 01000-107 R-080-109, 01000-110 R-080-111	Número de informe: 18/091100/2022 Fecha de informe: [Redacted]
Páginas: 1 de 1	Fecha: 20 de diciembre de 2022 JDI-12017 Revisión 02		

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA (TERRAPLEN)			
INSPECTEC SUPERVISOR Y LABORATORIOS S.A. DE C.V.		Arqueología Basilio	
No. Cliente: 18	No. Cliente:	Fecha de muestreo: 13 de diciembre de 2022	
No. Obra: 02	No. Obra:	Número de muestra: 45 + 49	
Procedencia: Apoyo T-25		Lugar de muestreo: 25, 60 + 23, 13 m	
Composiciones granulométricas			
Malla: % Que pasa 3" 100 2" 100 1.75" 100 1" 100 3/4" 100 3/8" 100 No. 4 99 No. 10 97 No. 20 94 No. 40 87 No. 60 76 No. 100 62 No. 200 55 Desperdicio retenido en 3"		Tipo de suelo (SUCS) ML Valor seguro de cohesión (chr) % Compresión (%) 90.0 % Expansión (%) 5.0 máximo Método de comparación Diamétrico Estándar Masa volumétrica seca suelta (kg/m³) Masa volumétrica seca máxima (kg/m³) Humedad de optimum (%) Humedad natural (%) Líquido (%) 27.8 Plástico (%) 18.9 Índice plástico (%) 8.9 Contracción Lineal (%) 4.2	
Aberturas Cuadradas Dimensiones en milímetros (mm) 		Demarcación de los límites	
Observaciones:			
Formas: Revisó:		Número de informe: ISL/OP/1108/17/2022 Fecha de informe: martes, 26 de octubre de 2022 Revisado: 30/12/2017 Revisión 02	

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

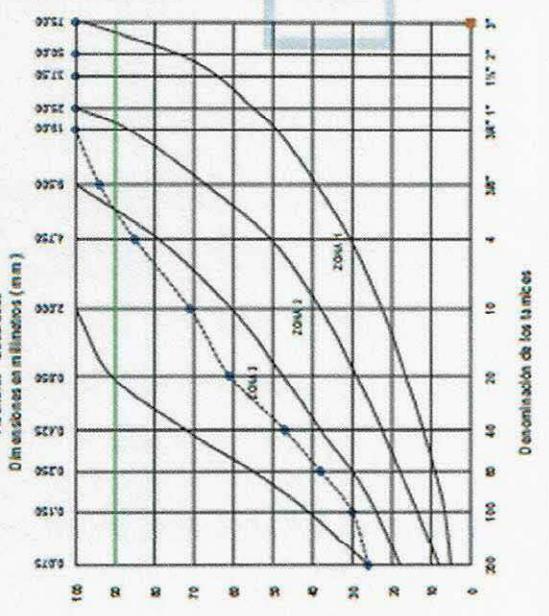
Revisión 0 - Abril 2023

INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA (TERRAPLEN)			
<p>INSPECTEC SUPERVISION Y LABORATORIOS S.A. DE C.V.</p>		<p>No. Cliente: 18 No. Obra: 02</p>	
<p>No. Cliente: 18 No. Obra: 02</p>		<p>Artículo Municipal Estado</p>	
<p>Tipo de material: Arena fina de baja plasticidad</p>		<p>Procedencia: Apoyo T-25</p>	
<p>Lugar de muestreo: 29.60 x 31.55 m</p>		<p>Fecha de muestreo: marzo, 13 de diciembre de 2022</p>	
<p>Composición granulométrica</p>		<p>Numero de muestra: 50 - 53</p>	
<p>Aberturas Cuadradas Dimensiones en milímetros (mm)</p>		<p>Resultados obtenidos</p>	
<p>Observaciones:</p>		<p>Valores Especificados</p>	
<p>Malla</p>		<p>Concepto</p>	
<p>% Que pasa</p>		<p>(SUCS)</p>	
<p>3"</p>		<p>Valor soporte de coliforms (cfr) (%)</p>	
<p>2"</p>		<p>Compaction (%)</p>	
<p>1 1/2"</p>		<p>Expansion (%)</p>	
<p>1"</p>		<p>Método de compactación</p>	
<p>3/4"</p>		<p>Masa volumétrica seca suelta (kg/m³)</p>	
<p>3/8"</p>		<p>Masa volumétrica seca máxima (kg/m³)</p>	
<p>No. 1</p>		<p>Humedad optima (%)</p>	
<p>No. 10</p>		<p>Humedad natural (%)</p>	
<p>No. 20</p>		<p>Líquido (%)</p>	
<p>No. 40</p>		<p>Plástico (%)</p>	
<p>No. 80</p>		<p>Índice plástico (%)</p>	
<p>No. 100</p>		<p>Contracción Linear (%)</p>	
<p>No. 200</p>		<p>27.7</p>	
<p>Despejado retenido en 3"</p>		<p>21.7</p>	
<p>Formul:</p>		<p>6.0</p>	
<p>Revisó:</p>		<p>2.8</p>	
<p>Referencias:</p>		<p>Numero de Informe: 18/08/10/2022</p>	
<p>Referencias:</p>		<p>Fecha de informe: marzo, 20 de diciembre de 2022</p>	
<p>Referencias:</p>		<p>Revisó: JCI-12/211 Revisión 02</p>	

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA (TERRAPLEN)			
 INSPECTEC SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS S.A. DE C.V.	No. Cliente: 41	No. Cliente: Arturo Merced Basilio	No. de muestra: 54 - 59
	No. Obra: 01	No. Obra:	
Tipo de muestra: A arena limpia de baja plasticidad	Procedencia: Apoyo T25	Lugar de muestreo: 32.00 - 35.15 m	Número de muestra: 54 - 59
Composición granulométrica		Resultados obtenidos	
Aberturas Cuadradas Dimensiones en milímetros (mm)		Concepto	
Malla	% Que pasa	(SUCS)	Valores Especificados
3"	100	Mayor soporte de califorma (chr)	5.0 máximo
2"	100	Compactación (%)	90.0 %
1.5"	100	Expansión (%)	5.0 máximo
1"	100	Método de compactación	Dinámico Estándar
3/4"	100	Masa volumétrica seca suelta (kg/m ³)	
3/8"	94	Masa volumétrica seca máxima (kg/m ³)	
No. 4	85	Humedad óptima (%)	
No. 10	71	Humedad natural (%)	
No. 20	61	Líquido (%)	26.8
No. 40	47	Plástico (%)	21.1
No. 60	38	Índice plástico (%)	5.7
No. 100	30	Contracción Lineal (%)	2.7
No. 200	26		
Dependencia retención J ³		Observaciones :	
Fórmula :		Resultados :	
Perfilado :		Referencias :	
Número de informe : ISJOT/103/2022		Págs: 1 de 1	
Fecha de informe : marzo, 20 de diciembre de 2022		Carga :	
JCS-12017 Revisión 02		Fecha :	



Ciudad de México a 17 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-25
Página 1

INSPECTEC
SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS
S.A. DE C.V.

Cliente: 18 - Arturo Montiel Badillo
Obra: 02 - Cablebus Línea 3

CONTENIDO DE AGUA

MUESTRA NO.	PROF. M		NO. DE CAPSULA	PESO CAP. * SUELO HÚMEDO	PESO CAP. * SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO SELA CAPSULA	PESO DEL SUELO SECO	W%
	DE	A							
1	0,20	0,80	53	219,00	181,29	33,74	36,89	148,40	22,74
2	0,80	1,40	40	502,30	445,00	57,30	37,12	407,88	14,00
3	1,40	1,85	138	478,40	394,60	79,80	31,26	366,34	21,84
4	2,00	2,30	23	409,40	334,13	73,27	31,44	302,69	24,21
5	2,60	2,80	29	317,45	254,72	60,73	36,24	220,46	27,54
6	3,20	3,50	132	299,23	207,56	51,67	32,71	174,85	29,55
7	3,80	3,90	5	156,08	127,85	28,23	20,68	107,17	26,34
8	4,40	4,55	8	220,32	173,27	41,05	20,79	158,48	25,90
9	5,00	5,15	87	269,66	222,33	47,33	31,70	188,63	25,09
10	5,60	5,80	131	409,30	317,91	91,39	33,47	264,44	32,13
11	6,20	6,45	108	292,72	229,07	63,65	31,53	196,54	32,55
12	6,80	7,05	148	412,90	320,00	92,90	33,00	287,00	33,37
13	7,40	7,60	144	302,10	233,67	68,43	31,70	199,97	34,22
14	8,00	8,20	93	477,80	377,27	100,53	31,04	344,23	29,20
15	8,60	8,90	84	449,10	350,25	98,85	33,75	316,50	
16	9,20	9,50	51	238,33	202,29	36,04	35,44	166,85	
17	9,80	10,10	147	447,60	357,85	89,75	33,02	324,83	

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 –Abril 2023

Ciudad de México a 17 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-25
Página 2

INSPECTEC
SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS
S.A. DE C.V.

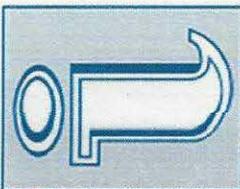
MUESTRA	PROF. M		NO. DE CAPSULA	PESO CAP. + SUELO HÚMEDO	PESO CAP. + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO DE LA CAPSULA	PESO DEL SUELO SECO		W%
	DE	A						SUELO SECO	SUELO SECO	
18	10,40	10,70	100	492,30	400,00	91,70	33,81	366,79	366,79	25,00
19	11,00	11,60	65	248,90	194,90	54,00	33,10	161,80	161,80	33,37
20	11,60	12,20	135	223,85	189,86	33,96	32,97	156,92	156,92	21,64
21	12,20	12,85	17	254,11	214,36	39,75	33,18	181,18	181,18	21,94
22	12,80	13,40	86	497,10	423,00	73,50	33,45	390,15	390,15	18,84
23	13,40	13,55	96	178,20	153,53	24,67	33,12	120,41	120,41	20,49
24	14,00	14,30	82	270,13	233,92	36,21	33,09	200,83	200,83	18,03
25	14,60	14,75	24	254,36	224,77	29,59	36,27	168,50	168,50	15,70
26	15,20	15,30	116	265,63	235,35	29,28	32,62	200,73	200,73	14,37
27	15,40	15,60	119	401,70	294,85	106,85	32,93	261,92	261,92	40,79
28	15,80	17,00	12	354,06	262,71	91,35	36,37	226,34	226,34	40,36
29	17,00	17,60	54	475,20	381,75	93,45	32,13	344,62	344,62	27,12
30	17,60	18,20	121	369,05	243,26	125,79	33,06	210,20	210,20	59,84
31	18,20	18,80	89	410,50	260,51	149,99	33,07	227,44	227,44	65,95
32	18,80	19,40	97	489,70	348,43	141,27	33,39	315,04	315,04	44,84
33	19,40	19,80	33	457,90	371,94	85,96	36,76	335,18	335,18	25,65
4	20,00	20,60	4	504,20	364,22	139,98	36,47	327,75	327,75	30,74
68	20,60	20,95	68	362,63	266,97	75,66	33,05	233,92	233,92	29,80
58	21,20	21,65	58	568,10	460,90	108,20	32,20	423,70	423,70	
10	21,80	22,20	10	393,98	313,93	80,05	36,86	277,07	277,07	

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

Ciudad de México a 17 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-25
Página 3

INSPECTEC
SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS
S.A. DE C.V.



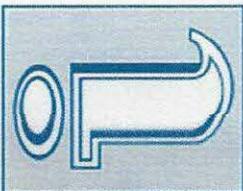
MUESTRA NO.	PROF. M		NO. DE CAPSULA	PESO CAP. + SUELO HÚMEDO	PESO CAP. + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO SE LA CAPSULA	PESO DEL		W%
	DE	A						SUELO SECO	SUELO SECO	
38	22,40	23,00	25	495,60	353,80	101,80	38,82	356,98	28,52	28,52
39	23,00	23,15	13	222,68	182,98	39,68	36,49	146,49	27,09	27,09
40	23,60	23,80	110	228,89	188,09	38,82	33,28	154,79	25,08	25,08
41	24,20	24,35	1	138,27	118,84	19,43	36,27	82,57	23,53	23,53
42	24,80	25,25	2	411,20	367,89	73,31	37,02	330,87	22,16	22,16
43	25,40	25,80	77	475,60	383,05	92,55	33,36	349,69	26,47	26,47
44	26,00	26,35	94	333,74	272,68	61,06	33,48	238,20	25,53	25,53
45	26,60	26,75	121	187,58	160,25	27,33	33,18	127,07	21,51	21,51
46	27,20	27,45	124	305,16	253,22	51,94	33,61	219,61	23,65	23,65
47	27,80	28,25	67	446,60	368,76	77,84	33,26	335,50	23,20	23,20
48	28,40	28,55	28	208,63	179,56	29,04	37,99	141,60	26,51	26,51
49	29,00	29,13	10	193,28	161,11	32,17	22,05	139,06	23,13	23,13
50	29,60	30,20	22	518,00	462,30	55,80	37,02	425,08	13,15	13,15
51	30,20	30,30	6	389,46	353,29	36,17	36,87	316,42	11,43	11,43
	30,80	31,05	109	277,94	248,92	29,02	33,35	215,57	13,46	13,46
	31,40	31,55	14	164,55	150,15	14,40	20,72	129,43	11,13	11,13
	32,00	32,15	7	236,58	210,91	25,67	20,76	190,15	13,50	13,50
	32,60	32,75	3	283,20	250,35	32,85	20,82	229,53	14,31	14,31
	33,20	33,35	1	244,10	213,72	30,38	21,60	192,12	15,81	15,81
	33,80	33,90	SAI	153,51	136,27	17,24	20,76	116,51	14,93	14,93

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 -Abril 2023

Ciudad de México a 17 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-25
Página 4

INSPECTEC
SUPERVISION Y LABORATORIOS
S.A. DE C.V.



MUESTRA NO.	PROF. M		NÓ. DE CAPSULA	PESO CAP. +		PESO DEL AGUA	PESO SE LA CAPSULA		PESO DEL SUELO SECO	W%
	DE	A		SUELO HÚMEDO	SUELO SECO		CAVSULA	SUELO SECO		
58	34,40	34,55	183	150,87	135,18	15,49	20,37	114,81	13,49	
59	35,00	35,15	4	228,45	199,75	28,70	20,81	178,14	14,90	

[Handwritten signature]

Ciudad de México a 17 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-25
Página 1

INSPECTEC
SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS
S.A. DE C.V.

Cliente: 18 - Arturo Montiel Badillo
Obra: 02 - Cablebus Línea 3

Densidad Relativa

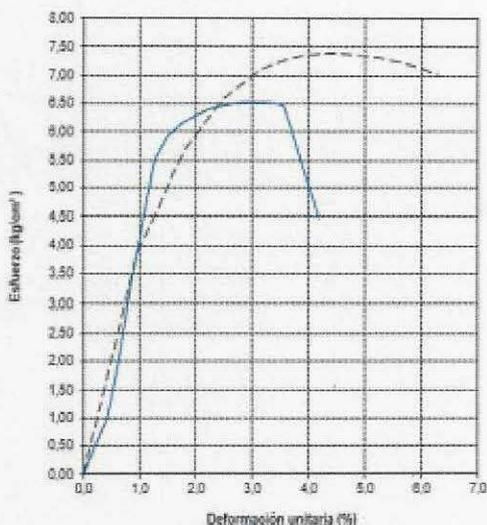
MUESTRA	MATRAZ	TEMP	W _m +A+S	PM+A	W _{sueño}	PM+A(AF)	SUMA	PM+A+S	Denom	Ss
No.	NO.	° C	gr	gr	gr	gr		(AF)		
1	1	31,2	417,30	387,21	60,09	704,63	768,72	745,90	22,82	2,63
2	2	30,8	455,80	395,79	60,01	885,07	745,08	722,50	22,58	2,66
3	3	28,7	454,00	393,94	60,06	704,75	768,81	746,10	22,71	2,65
4-8	4	28,5	454,70	394,73	59,97	710,20	770,17	747,40	22,77	2,63
9-15	5	27,8	460,40	400,39	60,01	704,40	768,41	745,70	22,71	2,64
16-20	6	28,1	453,90	393,98	59,92	653,95	718,87	698,20	22,67	2,64
21-23	7	27,9	451,50	391,43	60,07	704,60	769,67	746,80	22,87	2,63
24-26	1	28,7	450,40	390,44	59,96	709,14	769,10	748,20	22,90	2,62
27-29	2	30,0	458,40	398,39	60,01	685,26	745,27	722,50	22,71	2,64
30	3	28,0	454,70	394,69	60,01	704,91	768,92	746,10	22,82	2,63
30-32	4	28,8	460,40	400,36	60,04	710,82	770,85	748,10	22,76	2,64
33-36	5	27,2	452,90	392,93	59,97	704,52	768,49	745,60	22,89	2,62
37-40	6	29,7	453,00	393,03	59,97	684,60	718,57	695,80	22,77	2,63
41-44	7	27,5	453,90	395,95	59,95	709,50	769,45	746,60	22,85	2,62
45-49	1	31,3	449,50	389,47	60,03	704,61	768,64	745,80	22,84	2,63
50-53	2	31,5	450,40	390,42	59,98	684,90	744,86	722,70	22,68	
54-59	3	30,9	457,50	397,55	59,95	704,24	768,49	745,30	22,89	



INSPECTEC
SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS
S.A. DE C.V.

Ciudad de México a 17 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-25
Página 1

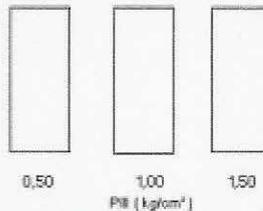
Cliente: 18 - Arturo Montiel Badillo
Obra: 02 - Cablebus Línea 3



CLASIFICACIÓN			
SUCS	%F	%A	%G
ML	44	36	18

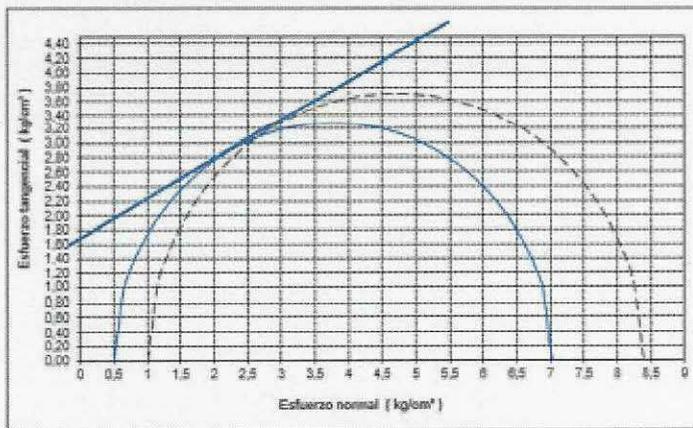
DESCRIPCIÓN
LIMO DE BAJA PLASTICIDAD, DE COLOR CAFÉ

ESQUEMA DE LA MUESTRA EN LA PALLA



Simbología

S_u	S_{un}	W	S_s	e	G_v	g_s	g_r	E_{50}	$E_{50 \text{ (norm)}}$
kg/cm ²	kg/cm ²	%			%	kg/cm ³	kg/cm ³	kg/cm ²	kg/cm ²
8.41	1.00	24.30	2.63	0.905	72	1724	1380	411	402.29
7.04	0.50	30.67	2.83	1.004	80	1714	1312	394	



C	ϕ
kg/cm ²	(°)
1.67	36

OBSERVACIONES

SE PUDO LABRAR DOS PROBETAS POR EL TAMAÑO DE RECUPERACION DE LA MUESTRA SE OBTUVO CON TUBO CENTRADO

Ciudad de México a 17 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-25
Página 1

INSPECTEC
SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS
S.A. DE C.V.

Ciente: 18 - Arturo Montiel Badillo
Obra: 02 - Cablebus Línea 3

Peso Volumétrico Natural

MUESTRA NO.	PROF. M		Ph gr.	P _{hp} gr.	P _{hp'} gr.	TARA gr.	V _{ip} cm ³	P _{pasal} gr.	V _{pasal} cm ³	V cm ³	g Ton/m ³
	DE	A									
2	0,80	1,40	27,03	27,28	751,70	737,60	14,10	0,25	0,26	13,84	1,953
18	1,40	10,70	15,12	18,09	748,90	737,60	11,30	2,97	3,06	8,24	1,835
20	11,60	12,20	17,19	19,97	749,20	737,60	11,60	2,78	2,87	8,73	1,968
21	12,20	12,65	29,16	31,53	754,00	737,60	16,40	2,37	2,44	13,96	2,089
23	13,40	13,55	13,69	15,14	746,20	737,50	8,70	1,45	1,49	7,21	1,900
32	18,80	19,40	37,06	40,91	763,30	737,50	25,80	3,86	3,98	21,82	1,888
48	28,40	28,55	27,19	30,26	755,00	737,30	17,70	3,07	3,16	14,54	1,871
51	30,20	30,30	16,68	18,33	747,30	737,30	10,00	1,65	1,70	8,30	2,010
56	33,20	33,35	13,40	15,16	745,10	737,10	8,00	1,76	1,81	6,19	

Ciudad de México a 17 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-25
Página 1

INSPECTEC
SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS
S.A. DE C.V.

Cilente: 18 - Arturo Montiel Badillo
Obra: 02 - Cablebus Línea 3

Prueba de Índice

PROF. (m)	No. Muestra	W %	LL %	LP %	IP %	SUCS	F %	A %	G %	S _x	e	G _w %	g _s kg/m ³	g _h kg/m ³	S.P.T.	q _u kg/cm ²	C kg/cm ²	F	
0,00	A																		
0,20	0,20																		
0,20	0,80	22,74					65	33	2						10				
0,80	1,40	14,00	30,42	24,10	6,32	ML	45	45	10	2,66	0,55	67	1713	1963	10				
1,40	1,85	21,84	31,80	23,60	6,00	ML	51	48	1						5000				
1,85	2,00																		
2,00	2,30	24,21	39,38	26,81	13,57	ML	67	33	0						5075				
2,30	2,60																		
2,60	2,80	27,54																	
2,80	3,20																		
3,20	3,50	29,55																	
3,50	3,80																		
3,80	3,90	26,34																	
3,90	4,40																		
4,55	6	25,90																	
5,00																			
5,15	9	25,09	40,87	26,75	14,12	CL	59	38	2										
5,60																			

Ciudad de México a 17 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-25
Página 2

INSPECTEC
SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS
S.A. DE C.V.

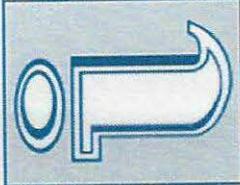
PROF. (m)	DE	A	No. Muestra	W %	LL %	LP %	IP %	SUCS	F %	A %	G %	S _s	e	Gw %	q _s kg/m ³	q _h kg/m ³	S.P.T.	q _u kg/cm ²	C	F
5,60	5,80	6,20	10	32,13													50,05			
6,45	6,80		11	32,55													BT			
6,80	7,05		12	32,37													50,70			
7,05	7,40																BT			
7,40	7,60		13	34,22													50,05			
7,60	8,00																BT			
8,00	8,20		14	29,20													50,05			
8,20	8,60																BT			
8,60	8,90		15	31,23													50,75			
8,90	9,20																BT			
9,20	9,50		16	21,73	31,80	23,66	10,14	ML	44	38	18						50,75			
9,50	9,80																BT			
9,80	10,10		17	27,63													50,75	1,67		30
10,10	10,40																BT			
10,40	10,70		18	25,00								2,64	0,80	83	1,468	1,835	50,75			
10,70	11,00																BT			
11,00	11,30		19	33,37													22			
11,30	11,60		20	21,64								2,64	0,63	90	1,618	1,968	28			

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

Ciudad de México a 17 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-25
Página 4

INSPECTEC
SUPERVISION Y LABORATORIOS
S.A. DE C.V.



PROF. (m)	No. Muestra	W %	LL %	LP %	IP %	SUCS	F %	A %	G %	Sk	e	Cw %	gs kg/m³	gh kg/m³	S.P.T.	qu kg/cm²	C kg/cm²	F *
20,60	35	29,30													5020			
20,95	36	25,54													BT			
21,20	37	28,89	34,50	24,29	10,21	ML	61	39	0						5025			
21,65	38														BT			
22,00	39	27,09													31			
22,40	40	25,08													5075			
23,00	41	23,53	29,70	27,74	1,98	ML	59	41	0						BT			
23,15	42	22,16													5000			
23,60	43	26,47													BT			
23,80	44	25,53													5025			
24,20	45	21,51	27,78	18,94	8,84	ML	55	44	1						BT			
24,35															BT			
24,80															5020			
25,25															BT			
25,40															5075			
25,60															BT			
26,35															5020			
26,60															BT			
26,75															5075			
27,20															BT			

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 -Abril 2023

Ciudad de México a 17 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-25
Página 5

INSPECTEC
SUPERVISION Y LABORATORIOS
S.A. DE C.V.

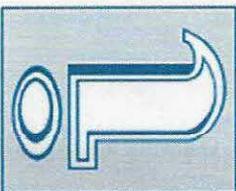
PROF. (m)	No. Muestra	W %	LL %	LP %	IP %	SUCS	F %	A %	G %	St	e	Ow %	G _s kg/m ³	g _s kg/m ³	S.P.T.	qu kg/cm ²	C kg/cm ²	F
27,20	46	23,85													5070			
27,45	47	23,20													BT			
27,80	48	20,51								2,63	0,89	78	1552	1871	5075			
28,25	49	23,13													BT			
28,40	50	13,15	27,85	21,71	5,94	SM	27	62	11						BT			
28,55	51	11,43								2,64	0,47	65	1804	2010	5075			
29,00	52	13,46													BT			
29,13	53	11,13													5075			
29,60	54	13,50	28,84	21,07	5,77	SM	26	57	17						5075			
30,20	55	14,31													BT			
30,30	56	15,81								2,82	0,40	100	1871	2065	5070			
30,80	57																	
31,05	58																	
31,40																		
31,55																		
32,00																		
32,15																		
32,75																		
33,20																		
33,35																		

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 –Abril 2023

Ciudad de México a 17 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-25
Página 6

INSPECTEC
SUPERVISIÓN Y LABORATORIOS
S.A. DE C.V.

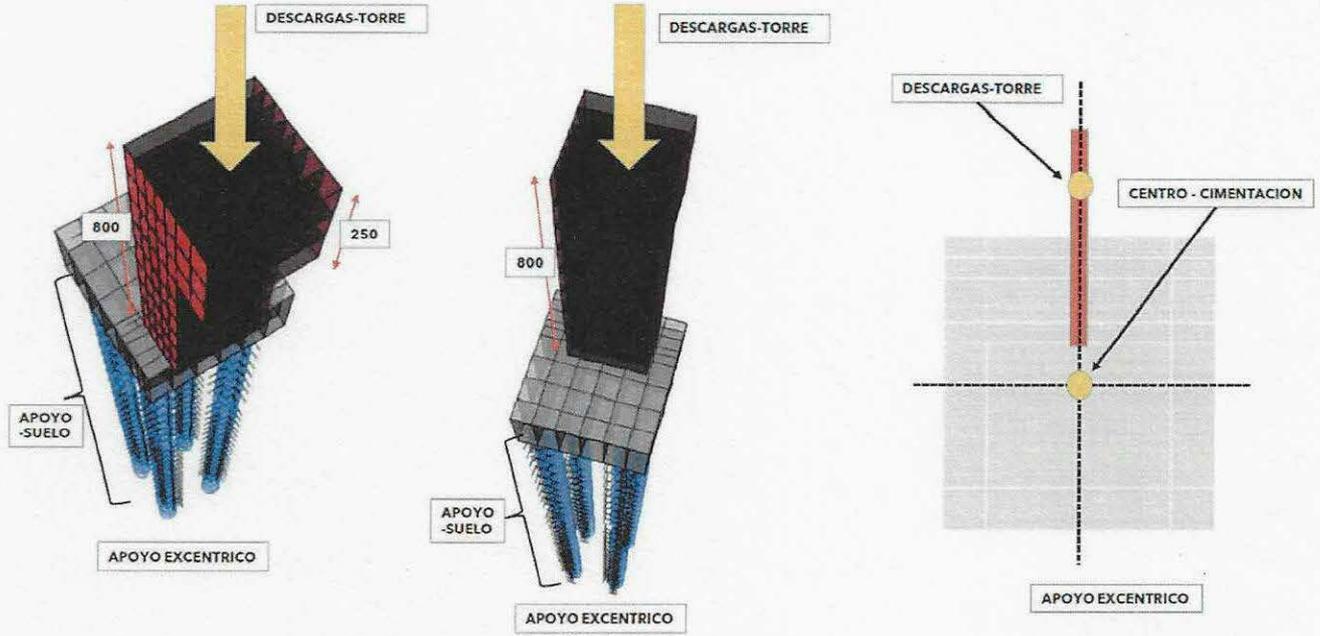


PROF. (m)	DE	A	No. Muestra	W %	LL %	LP %	IP %	SLCS	F %	A %	G %	S _e	e	G _w %	g _s kg/m ³	g _h kg/m ³	S.P.T.	q _u kg/cm ²	C	F
33.15		33.00															BT			
33.80		33.90	57	14.93													5070			
33.90		34.40															BT			
34.40		34.55	58	13.49													5075			
34.55		35.00															BT			
35.00		35.15	59	14.90													5075			

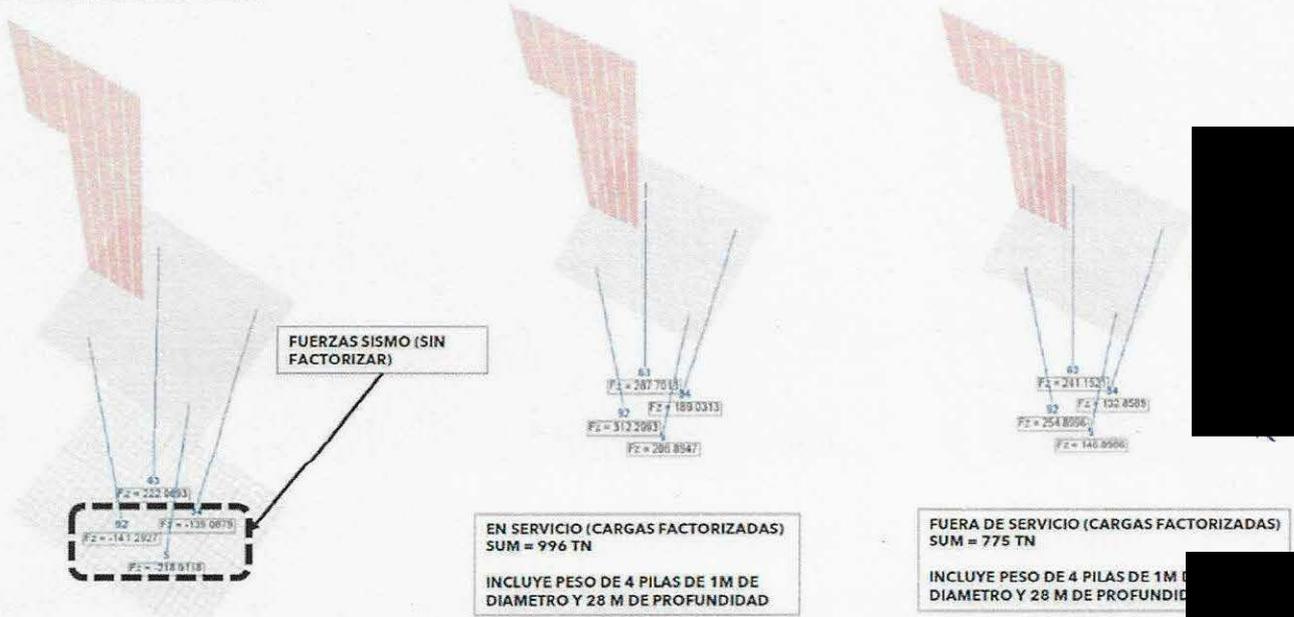
10. ANEXO 4. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO, EXCÉNTRICA

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023



MODELO CON CIMENTACION



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

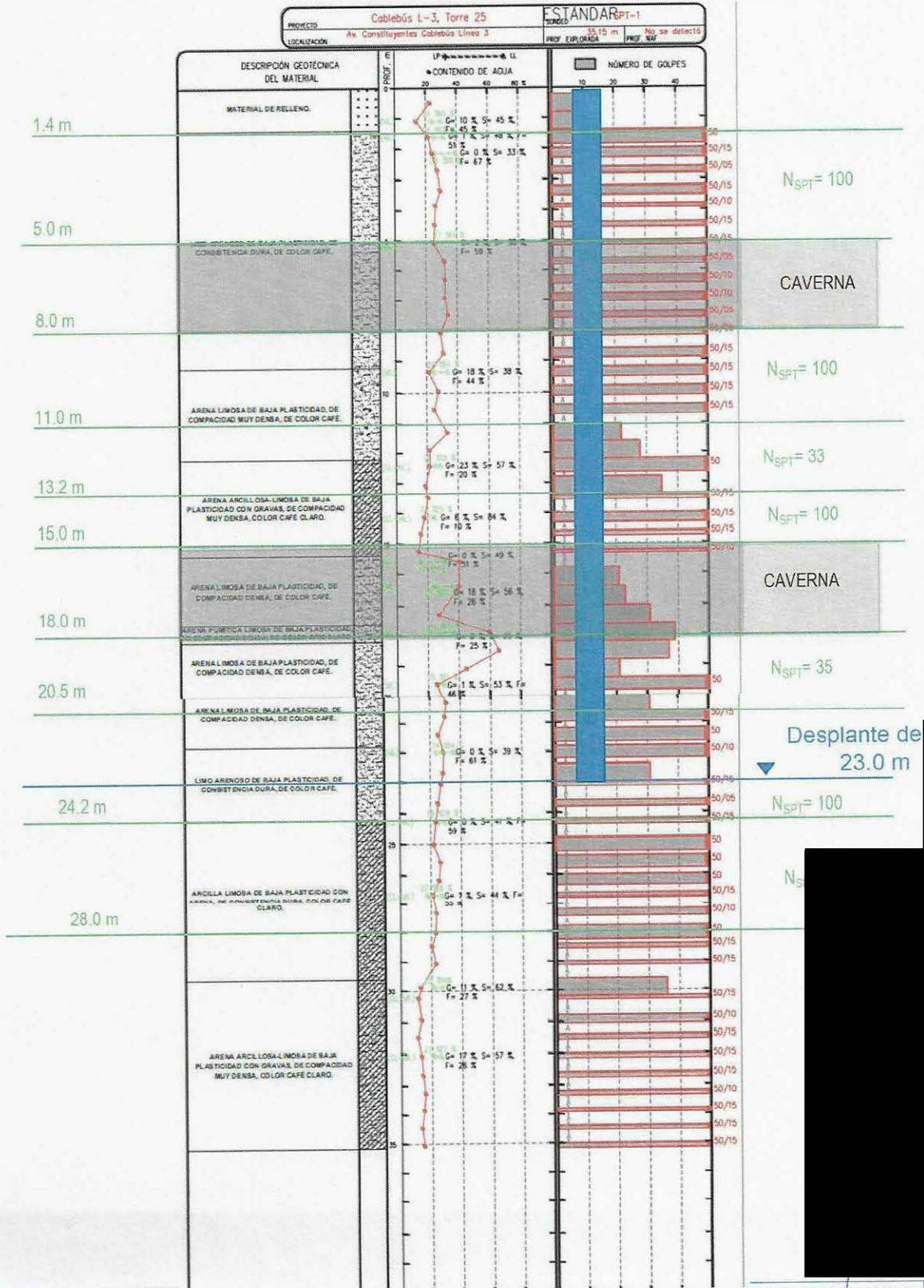
Revisión 0 –Abril 2023

11. ANEXO 5. MEMORIA DE CÁLCULO

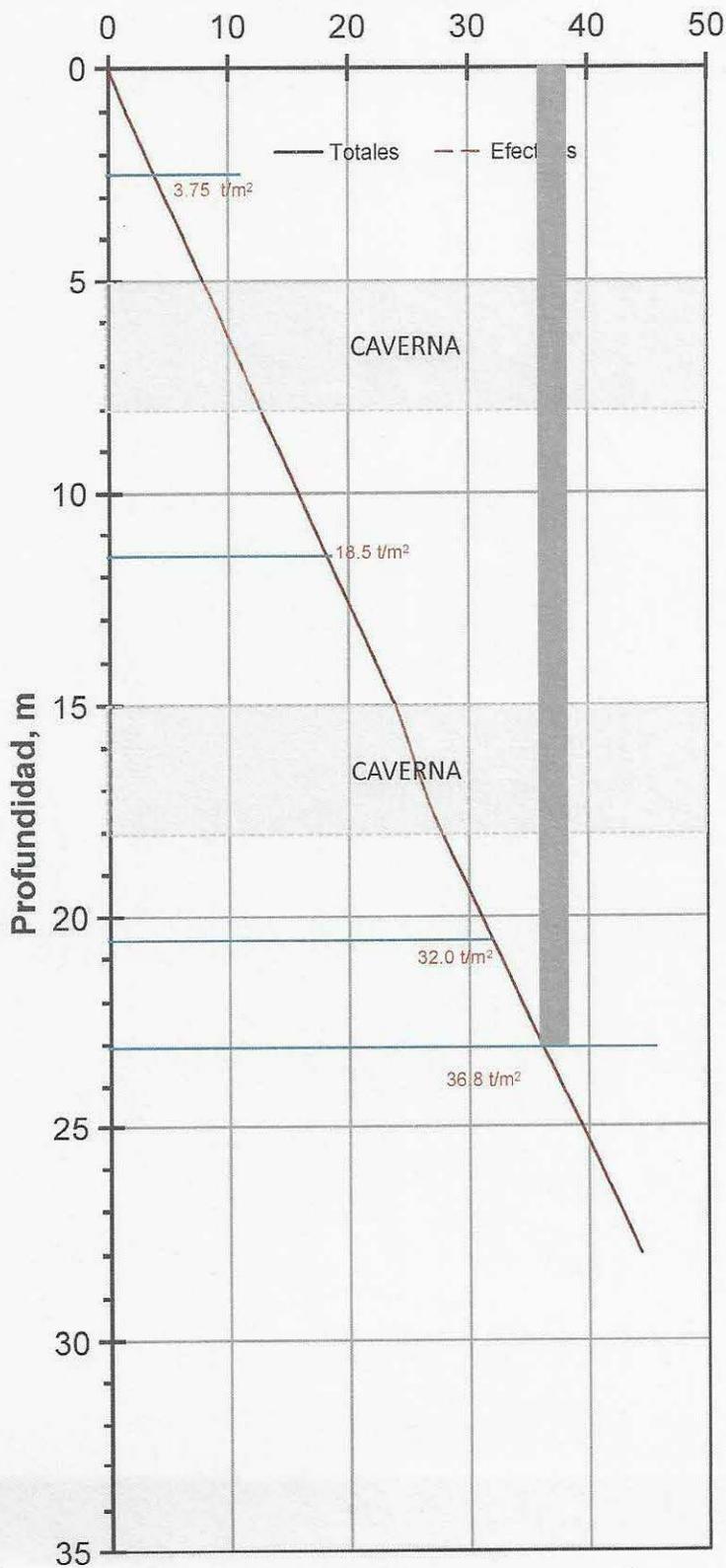
Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

TORRE 25, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423



TORRE 25, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423
Esfuerzos, t/m²



TORRE 25, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423

TORRE 25. LÍNEA 3 DE CABLEBÚS									
ESTRATO No	PROFUNDIDAD, m		c, t/m ²	φ, grados	γm, t/m ³	E, kg/cm ²	ν	Nspt	DESCRIPCION DEL SUELO
	DE	A							
1	0.00	1.40	-	-	1.50	75(**)	0.40	10	Relleno. Limo arenoso con raíces. Material café y de consistencia firme.
2	1.40	5.00	-	38(**)	1.60	400(**)	0.25	100	Limo arenoso. Material café y de consistencia dura.
3	5.00	8.00	CAVERNA						
4	8.00	11.00	-	38(**)	1.55	490(**)	0.25	100	Arena limosa. Material café y muy compacta.
5	11.00	13.20	-	32(**)	1.60	180(**)	0.30	33	Arena limosa. Material café y de compactación media.
6	13.20	15.00	-	38(**)	1.65	575(**)	0.25	100	Arena arcillosa con gravas. Material café claro y muy compacto
7	15.00	18.00	CAVERNA						
8	18.00	20.50	-	32(**)	1.65	420(**)	0.30	35	Arena limosa. Material café y compacto.
9	20.50	24.20	-	38(**)	1.70	650(**)	0.25	100	Limo arenoso. Material café de consistencia dura.
10	24.20	28.00	-	38(**)	1.65	300	0.25	75	Arcilla arenosa. Material café y de consistencia dura.

c = Parametro de cohesión

E = Módulo de elasticidad

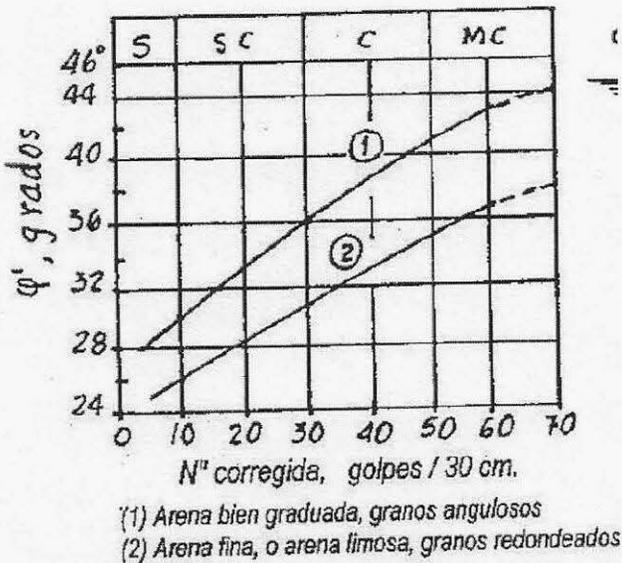
φ = Ángulo de fricción

ν = Relación de Poisson

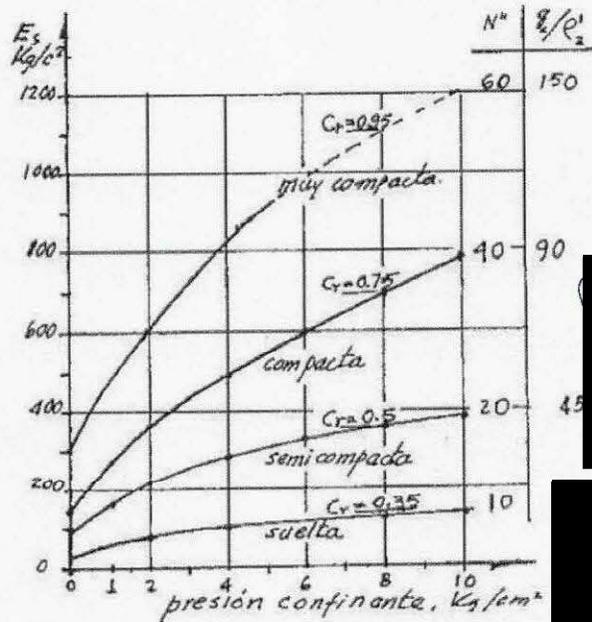
γm = Peso volumétrico

Nspt = Número de golpes promedio en prueba de penetración estándar

(**) Obtenido por correlación, E Tamez, ref 2.



(a)



b) Módulo de Young para arena limosa media, en prueba triaxial drenada, para diferentes presiones confinantes y compactaciones relativas

TORRE 25, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423

Hoja 1 de 7

Proyecto: T-25, CABLEBUS LINEA 3 (Abril 2023)

Memoria de cálculo:

CAPACIDAD DE CARGA EN PILAS DE ACUERDO CON LAS NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES, DICIEMBRE 2017

1.- PROPIEDADES DEL SUELO Y DIMENSIONES DE LAS PILAS

B := 1.0, 1.2.. 1.4	Diámetro de las pilas, m
L := 23	Longitud de las pilas, m
Le := 0	Longitud de la pila empotrada en el estrato resistente, m
$\gamma_1 := 1.6$	Peso volumétrico de estrato superior, t/m ²
$\phi_1 := 34$	Ángulo de fricción del estrato superior, °
$\gamma_2 := 1.6$	Peso volumétrico de estrato resistente, t/m ²
$\phi_2 := 38$	Ángulo de fricción del estrato resistente, °
$\gamma_w := 0$	Peso volumétrico del agua, t/m ²

2.- CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA, INCISO 3.6.1.1

Fr1 := 0.35 Factor de resistencia

Pv := 36.8 Presión vertical total debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas, t/m²

$P'v := (\gamma_1 - \gamma_w) \cdot (L - Le) + (\gamma_2 - \gamma_w) \cdot Le$ $P'v = 36.80$ Presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas, t/m²

$P''v := 36.8$ Presión vertical efectiva real debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas

$A_p(B) := \frac{\pi \cdot B^2}{4}$ Área transversal del área de la base de la pila, m²

$a_l(B) := \frac{Le}{B}$ $a_l(B) =$

0.00
0.00
0.00

TORRE 25, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423

Hoja 2 de 7

$$a2 := 4 \cdot \tan \left[\left(45 + \frac{\phi_2}{2} \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right] \quad a2 = 8.20$$

Cálculo del coeficiente de capacidad de carga, ec. 3.15, 3.16 y Tabla 3.3

$$N_{max} := 0.3306 e^{0.175 \cdot \phi_2} \quad N_{max} = 255.48$$

$$N_{min} := 0.5916 e^{0.1201 \cdot \phi_2} \quad N_{min} = 56.76$$

$$N_q(B) := \text{if} \left[a1(B) > a2, N_{max}, N_{min} + L e^{-\frac{N_{max} - N_{min}}{4 \cdot B \cdot \tan \left[\left(45 + \frac{\phi_2}{2} \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right]}} \right]$$

Coefficiente de capacidad de carga

Nq(B) =

56.76
56.76
56.76

Coefficiente de capacidad de carga

$$C_p(B) := (P'v \cdot N_q(B) \cdot Fr_1 + P_v) \cdot A_p(B)$$

Capacidad de carga por punta, t, ec. 3.14

B =

1.00
1.20
1.40

Cp(B) =

603.11
868.48
1.18 · 10 ³

Capacidad de carga por punta, t, ec. 3.14

TORRE 25, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423

Hoja 3 de 7

3.- CAPACIDAD DE CARGA POR FRICCIÓN LATERAL, INCISO 3.6.1.2

$Fr2 := 0.65$

Factor de reducción

$P'_{vm} := \frac{(L \cdot \gamma_1)}{2}$

$P'_{vm} = 18.40$

Presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad media de desplante de las pilas, t/m²

$z_m := \frac{L}{2}$

$z_m = 11.50$

Presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad media de desplante de las pilas, t/m²

$\beta := (1.5 - 0.24\sqrt{z_m})$

$\beta = 0.69$

coeficiente de fricción elemento suelo en el estrato, t/m²

$L_{\text{eff}} := 21$

Longitud efectiva de las pilas, m

$A_{II}(B) := \pi \cdot B \cdot (L)$

Área lateral del elemento en el estrato superior, m²

$Cf(B) := A_{II}(B) \cdot \beta \cdot Fr2 \cdot P'_{vm}$

Capacidad por fricción lateral, t, ec. 3.12

4.- CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA Y FRICCIÓN LATERAL

$R(B) := C_p(B) + Cf(B)$

Capacidad de carga, t

B =	A _{II} (B) =	A _p (B) =	C _f (B) =	C _p (B) =	R(B) =
1.00	65.97	0.79	541.38	603.11	1.14·10 ³
1.20	79.17	1.13	649.65	868.48	1.52·10 ³
1.40	92.36	1.54	757.93	1.18·10 ³	1.94·10 ³

TORRE 25, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423

Hoja 4 de 7

5.- ASENTAMIENTOS

$E_s := 650$ módulo de elasticidad del suelo en kg/cm^2 . (Figura 9, valores determinados por el Ing ETG a partir de los resultados obtenidos en pruebas de carga realizadas en pilas).

$\nu := 0.25$ módulo de Poisson

Propiedades del material que compone la pila

$\gamma_c := 2.4$ peso volumétrico del concreto en t/m^3

$f'_c := 350$ resistencia del concreto a la compresión, en kg/cm^2

$E_c := \sqrt{f'_c} \cdot 14000$ $E_c = 2.62 \times 10^5$ módulo de elasticidad del concreto, en kg/cm^2

$f_y := 4200$ esfuerzo de fluencia del acero, en kg/cm^2

2.1.4 Asentamiento elástico de la columna de concreto, ρ_c

$$\rho_c(B) := \frac{C_p(B) + 0.66 C_f(B)}{10 \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4} \right)} \cdot \left(\frac{L}{E_c} \right) \cdot 100$$

2.1.5 Asentamiento elástico del suelo bajo la punta de la pila, ρ_s

$$\rho_s(B) := \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot (1 - \nu^2)}{4 \cdot E_s} \cdot \frac{C_p(B) \cdot B}{10 \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4} \right)} \cdot 100$$

2.1.6 Asentamiento total en la cabeza de la pila, ρ_t

$$\rho_t(B) := \rho_c(B) + \rho_s(B)$$

B =	$\rho_c(B) =$	$\rho_s(B) =$	$\rho_t(B) =$
1.00	0.98	4.35	5.33
1.20	0.92	5.22	6.14
1.40	0.88	6.09	6.97

TORRE 25, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423

Hoja 5 de 7

6. CAPACIDAD DE CARGA ESTRUCTURAL

3.1 Resistencia última, Re

3.1.1 Area de la sección en m²

$$A_s(B) := \frac{\pi \cdot B^2}{4}$$

3.1.2 Area del acero m²

Se considera 0.01 de As

$$R_e(B) := \frac{\left[0.85 \frac{\pi}{4} \cdot [(f'c \cdot 10) + (0.01 \cdot f_y \cdot 10)] \cdot (B)^2 \right]}{2}$$

6. PESO DEL ELEMENTO

$$V(B) := A_p(B) \cdot L$$

$$W(B) := V(B) \cdot \gamma_c$$

7. CAPACIDAD DE CARGA A LA TENSION

$$CT(B) := Cf(B) + W(B)$$

B = All(B) = Ap(B) = Cf(B) = Cp(B) = R(B) =

1.00	65.97	0.79	541.38	603.11	1.14 · 10 ³
1.20	79.17	1.13	649.65	868.48	1.52 · 10 ³
1.40	92.36	1.54	757.93	1.18 · 10 ³	1.94 · 10 ³

W(B) = V(B) = CT(B) = Re(B) = ρα(B) = ρs(B) = ρt(B) =

39.58	16.49	580.96	1.31 · 10 ³	0.98	4.35	5.33
57.00	23.75	706.65	1.88 · 10 ³	0.92	5.22	6.14
77.58	32.33	835.51	2.56 · 10 ³	0.88	6.09	6.97

TORRE 25, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423

Hoja 6 de 7

5.- ASENTAMIENTOS CONSIDERANDO LA CARGA A NIVEL DE CIMENTACIÓN

$E_s := 650$ módulo de elasticidad del suelo en kg/cm^2 . (Figura 9, valores determinados por el Ing ETG a partir de los resultados obtenidos en pruebas de carga realizadas en pilas).

$\nu := 0.25$ módulo de Poisson

Propiedades del material que compone la pila

$\gamma_c := 2.4$ peso volumétrico del concreto en t/m^3

$f'_c := 350$ resistencia del concreto a la compresión, en kg/cm^2

$E_c := \sqrt{f'_c} \cdot 14000$ $E_c = 2.62 \times 10^5$ módulo de elasticidad del concreto, en kg/cm^2

$f_y := 4200$ esfuerzo de fluencia del acero, en kg/cm^2

$W(B) := V(B) \cdot \gamma_c$

$C_p(B) := \left[\frac{(P'v \cdot N_q(B) \cdot Fr1 + P_v) \cdot A_p(B)}{868} \right]$ Capacidad de carga por punta, t, ec. 3.14

$C_f(B) := \left(\frac{A_l(B) \cdot \beta \cdot Fr2 \cdot P'vm}{1.54} \right) - W(B)$ Capacidad por fricción lateral, t, ec. 3.12

2.1.4 Asentamiento elástico de la columna de concreto, ρ_c

$$\rho_c(B) := \frac{C_p(B) + 0.66 C_f(B)}{10 \cdot \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4} \right)} \cdot \left(\frac{L}{E_c} \right) \cdot 100$$

2.1.5 Asentamiento elástico del suelo bajo la punta de la pila, ρ_s

$$\rho_s(B) := \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot (1 - \nu^2)}{4 \cdot E_s} \cdot \frac{C_p(B) \cdot B}{10 \cdot \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4} \right)} \cdot 100$$

TORRE 25, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423

2.1.6 Asentamiento total en la cabeza de la pila, ρ_t

Hoja 7 de 7

$$\rho_t(B) := \rho_c(B) + \rho_s(B)$$

B =	Cp(B) =	Cf(B) =	$\rho_c(B) =$	$\rho_s(B) =$	$\rho_t(B) =$
1.00	0.69	311.96	0.21	$5.01 \cdot 10^{-3}$	0.22
1.20	1.00	364.85	0.17	$6.01 \cdot 10^{-3}$	0.18
1.40	1.36	414.58	0.14	$7.02 \cdot 10^{-3}$	0.15

NOTA IMPORTANTE: Las deformaciones disminuyen al considerar la máxima carga provocada por la estructura a nivel de cimentación, de acuerdo con la información proporcionada por el departamento de estructuras la carga máxima es de 312 ton factorizada para ésta T-25. Se puede observar que la capacidad de carga que trabajará será solo la fricción. Para los módulos de reacción se considera la deformación de 1.0 cm, menor al valor que establece el Reglamento.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T25-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

TORRE 25, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423

Capacidades de carga de pilas, Marzo 2023. T-25 LÍNEA 3 DE CABLEBÚS

Diametro de pila m	Área lateral, A_L m^2	Área de punta A_p m^2	Capacidad por fricción, C_f t	Capacidad por punta, C_p t	Peso de pila t	Capacidad de carga reducida, R t	Compresión t	Tensión t	Deformación, cm	Esf, kg/cm ²	K_v , ton/cm	K , kg/cm ²
1.0	66.0	0.785	541.4	603.1	39.6	1104.9	1104.9	567.1	5.39	100.5	148.1	18.9
1.2	79.2	1.131	649.7	868.5	57.0	1461.1	1461.1	886.7	6.14	92.3	170.0	15.0
1.4	92.4	1.539	757.9	1180.0	77.6	1860.4	1860.4	808.4	6.97	86.3	190.6	12.4

Capacidades de carga de pilas, Marzo 2023. T-25 LÍNEA 3 DE CABLEBÚS (CONSIDERANDO CAVERNAS DE 5.0 m a 8.0 m y DE 15.0 a 18.0 m).

Diametro de pila m	Área lateral, A_L m^2	Área de punta A_p m^2	Capacidad por fricción, C_f t	Capacidad por punta, C_p t	Peso de pila t	Capacidad de carga reducida, R t	Compresión t	Tensión t	Deformación, cm	Esf, kg/cm ²	K_v , ton/cm	K , kg/cm ²
1.0	66.0	0.785	353.7	603.1	39.6	917.2	917.2	379.4	3.78	83.4	173.3	22.1
1.2	79.2	1.131	424.5	868.5	57.0	1295.9	1295.9	461.5	4.36	78.1	202.5	17.9
1.4	92.4	1.539	495.2	1180.0	77.6	1597.6	1597.6	545.6	4.95	74.1	230.5	15.0

Capacidades de carga de pilas, Marzo 2023. T-25 LÍNEA 3 DE CABLEBÚS (CONSIDERANDO CAVERNAS DE 5.0 m a 8.0 m y DE 15.0 a 18.0 m). CONSIDERANDO LA DEFORMACIÓN DE 1.0 cm Y TRABAJANDO SOLO LA FRICCIÓN

Diametro de pila m	Área lateral, A_L m^2	Área de punta A_p m^2	Capacidad por fricción, C_f t	Capacidad por punta, C_p t	Peso de pila t	Capacidad de carga reducida, R t	Compresión t	Tensión t	Deformación, cm	Esf, kg/cm ²	K_v , ton/cm	K , kg/cm ²
1.0	66.0	0.785	353.7	0.0	39.6	314.1	314.1	379.4	1.00	28.6	224.4	28.6
1.2	79.2	1.131	424.5	0.0	57.0	367.5	367.5	461.5	1.00	23.2	262.5	23.2
1.4	92.4	1.539	495.2	0.0	77.6	417.6	417.6	545.6	1.00	19.4	298.3	19.4

$$C_f = P_f F_R \sum_{i=1}^n P_{vi} \beta_i L_i$$

$$\beta_i = 1.5 - 0.24 \sqrt{z_i}; \quad 0.25 \leq \beta \leq 1.2$$

$$C_p = (P_v N_q^* F_R + P_v) A_p$$

$$N_q^* = N_{q,lim} + L_v \frac{N_{q,max} - N_{q,lim}}{4 B \tan(45^\circ + \phi/2)}$$

z_i	0	20"	25"	30"	35"	40"	45"
$N_{q,lim}$	12.5	26	55	132	350	1060	
$N_{q,max}$	7	11.5	20	39	78	130	

ESTRATO	Der, m	a, m	Zh, m	U, m	γ , t/m ³	P.vi, t/m ²	β	Cf, ton
Relle	0.00	1.40	0.70	0.00	1.50	1.25	1.30	0.00
Limo	1.40	5.00	3.20	3.60	1.60	5.25	1.07	41.32
CAVE	5.00	8.00	6.50	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00
Aven	8.00	11.00	9.50	3.00	1.55	15.10	0.76	70.38
Aven	11.00	13.20	12.10	2.20	1.60	19.40	0.67	57.97
Aven	13.20	15.00	14.10	1.80	1.65	22.50	0.60	49.52
CAVE	15.00	18.00	16.50	0.00	1.65	0.00	0.00	0.00
Aven	18.00	20.50	19.25	2.50	1.65	29.80	0.45	68.00
Limo	20.50			2.50	1.70	34.25	0.38	66.57
								CF= 353.72

TORRE 25, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423

PROYECTO CABLEBUS LINEA 3, TORRE 25
Módulos de reacción horizontal para pilas, ref 6

Diámetro de la pila, B= 1.40 m

Estrato	Profundidad, m		z m	DESCRIPCION DEL SUELO	Nspt prom	k ₂	z/B	Modulos de reacción K _v , ton/m ² .cm	Modulos de reacción K _h , Kg/cm ²		
	De	a									
1	0.00	1.40	0.70	Relleno. Limo arenoso. Material café claro de consistencia firme	10	15.0					
2	1.40	5.00	3.20	Limo arenoso. Material café y de consistencia dura.	100	125.0	2.3	79.1	7.91		
3	5.00	8.00	6.50	CAVERNA							
4	8.00	11.00	9.50	Arena limosa. Material café y muy compacta.	100	125.0	6.8	234.8	23.48		
5	11.00	13.20	12.10	Arena limosa. Material café y de compactidad media.	33	50.0	8.6	119.6	11.96		
6	13.20	15.00	14.10	Arena arcillosa con gravas. Material café claro y muy compacto.	100	125.0	10.1	348.5	34.85		
7	15.00	18.00	16.50	CAVERNA							
8	18.00	20.50	19.25	Arena limosa. Material café y compacto.	35	60.0	13.8	228.4	22.84		
9	20.50	24.20	22.35	Limo arenoso. Material café y de consistencia dura.	100	125.0	16.0	552.4	55.24		
10	24.20	28.00	26.10	Arcilla arenosa. Material café y de consistencia dura.	75	120.0	18.6	619.2	61.92		

z = profundidad promedio del estrato, m
k₂ = coeficientes que se determinan a partir de gráficas, pag 52 ref 6
B = diámetro o ancho de cimiento, m
k_h = Módulo de reacción

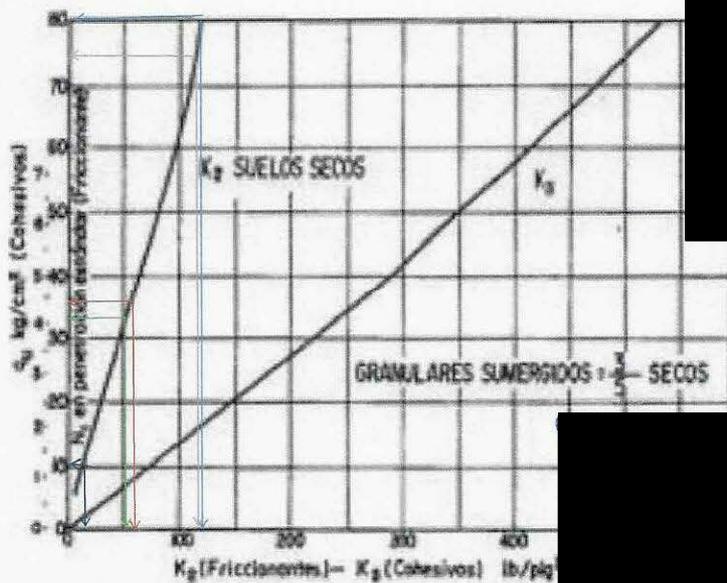
CRITERIO. Con datos de sondeo puntual y clasificación de campo y de laboratorio

$K_h = 0,2768 k_2 z / B$ SUELOS FRICCIONANTES

$K_h = 0,0562 k_3 / B$ SUELOS COHESIVOS

Referencia 6

Del Castillo, Rico (2002). La ingeniería de suelos en la vías terrestres (Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas). Editorial Limusa, Noriega editores



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

PROYECTO INTEGRAL DE LA "CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES- LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3" DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

 	
CONTROL DE DOCUMENTOS	
<input type="checkbox"/> Autorizado para construcción	Fecha _____
<input type="checkbox"/> Autorizado para implementación	Fecha _____
<input type="checkbox"/> Solo para información	Fecha _____
<input type="checkbox"/> Obsoleto	Fecha _____
<p>Copia Controlada para: SUPERVISIÓN CABLEBUS L3</p> <p>Autoriza: _____</p>	

Elaboró	Autorizó.
<div style="background-color: black; width: 100%; height: 30px;"></div>	<div style="background-color: black; width: 100%; height: 100px;"></div> <p style="text-align: right; margin-top: 0;">Superintendente de construcción</p>

Contenido

1. RESUMEN	3
2. ANTECEDENTES	6
3. OBJETO	6
4. ALCANCES	6
5. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 26	7
6. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO	8
6.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE	8
6.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	8
6.3 ENSAYES DE LABORATORIO	9
6.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA	9
6.5 MODELO GEOMECÁNICO	10
7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN	11
7.1 CARGAS ACTUANTES	11
7.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN	11
7.3 ESTADOS LÍMITE DE FALLA	12
7.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO	14
8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	16
8.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS.....	16
8.2 PILAS	16
8.3 EXCAVACIÓN	18
8.4 MINAS	18
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
10. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA	22
11. ANEXO 2. PERFILES DE SONDEOS EJECUTADOS	24
12. ANEXO 3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO	26
13. ANEXO 4. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO, EXCÉNTRICA	73
14. ANEXO 5. MEMORIA DE CÁLCULO	75
15. ANEXO 6. RESULTADOS DE PRUEBAS CON FICÓMETRO, PROPORCIONADOS POR GAMI	92

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del Cablebús	
--	--

Índice de Tablas

Tabla 1- Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3	7
Tabla 2- Profundidad y ubicación del sondeo SM-3	9
Tabla 3. Modelo geomecánico de diseño	11
Tabla 4 Valores de N_{max} y N_{min}	13
Tabla 5. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación	13
Tabla 6. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas.....	14
Tabla 7. Valores aproximados del módulo de compresibilidad horizontal n_h para suelos sin cohesión	
Tabla 8. Módulos de reacción horizontal estático y dinámico para diferentes profundidades de las	

Índice de Figuras

Figura 1. Croquis de localización y ubicación de sondeos	
Figura 2. Zonificación geotécnica de la Ciudad de México	
Figura 3. Corte estratigráfico y solución de cimentación	
Figura 4. Procedimiento de excavación	

1. RESUMEN

Antecedentes. Con el propósito de cumplir con los términos de referencia del proyecto “CONSTRUCCIÓN CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES - LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3” DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO. **EL CONSORCIO** solicitó a la empresa **PGS PERFORACIÓN Y SUMINISTRO SA DE CV** realizar el presente estudio de mecánica de suelos para la **Torre 26**. Este estudio se realizó por medio de la perforación y el muestreo de un sondeo mecánico directo denominado SM-3, de 35.05 m de profundidad, que sirvió para determinar las propiedades índice y mecánicas del subsuelo en donde se apoyará la cimentación, además se realizaron pruebas con el ficómetro a la profundidades de 5.0, 12.0, 16.0 y 25.0 m. El diseño original es de la empresa PGS y a solicitud de la Ingeniera Fabiola Rodríguez Solís, Coordinadora de proyecto de la empresa PROYECO, los Ingenieros Cuevas hacen un compendio, que es el resultado del presente informe.

Información geotécnica disponible. El sitio se localiza en la denominada “Zona de Lomas”, definida por la sierra de Monte Alto y la Sierra de las Cruces. Esta zona está constituida por abanicos volcánicos, caracterizándose por la acumulación de material piroclástico en la parte superficial, así mismo, se pueden encontrar materiales compactos a muy compactos, formados por depósitos de tobas amarillentas formadas por vidrio pumítico fino a grueso. **En esta zona también es frecuente la presencia de minas antiguas que ha dejado la explotación subterránea o superficial de materiales de construcción en el pasado, las cuales pueden ocasionar problemas geotécnicos a las cimentaciones que en esa zona se construyan.**

Coefficiente sísmico. De acuerdo con el software SASID, el coeficiente sísmico elástico sin reducir es de 0.326 para una estructura tipo A1. Queda a juicio del Ingeniero estructurista los factores de hiperestaticidad, importancia, irregularidad y de sobre-resistencia para la obtención del espectro de diseño.

Descripción estratigráfica. Con base en los datos y resultados obtenidos durante los trabajos de campo y los ensayos de laboratorio se describen a continuación las características de los suelos encontrados en el sondeo mecánico directo SM-3.

De 0.00 a 2.40 m . Material de relleno compuesto por limo Arenoso de baja plasticidad (ML), de consistencia firme a dura, de color café en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 10.1% a 28.8%. El porcentaje de finos es de 64.8%, arena de 34.7% y grava de 0.5%. El Límite Líquido es de 38.40% y el Límite Plástico es de 28.86%. La densidad relativa de sólidos es de 2.383. El número de golpes medido varía de los 12 a los 35.

De 2.40 a 7.80 m. Limo Arenoso (piroclástico), de baja plasticidad (ML), de consistencia dura, de color café-grisáceo en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 29.1% a 37.3%. El porcentaje de finos varía de 50.0% a 63.5%, arena de 36.5% a 50.1% y grava de 0.0%. El Límite Líquido es de 43.75% y el Límite Plástico es de 29.99%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.529 a 2.553. El número de golpes medido en el ensayo de penetración estándar es de más de 50.

De 7.80 a 17.10 m. Arena andesítica (piroclástica), limo-arcillosa (SM), con grumos pumíticos, consistencia compacidad media a muy compacta, con gravas piroclásticas aisladas, de color café-grisáceo en tonos oscuros. El contenido natural de agua varía de 13.7% a 60.2%. El porcentaje de finos varía de 14.7% a 60.2%, arena de 55.4% a 72.7% y grava de 0.0% a 12.57%. El Límite Líquido varía de 26.01% a 26.86%, y el Límite Plástico es de 14.7% a 60.2%.

Plástico de 20.06% a 22.73%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.529 a 2.599. El número de golpes medido varía de 12 a los más de 50.

De 17.10 a 18.90 m. Arena pumítica, limosa, de compacidad media a compacta, de color gris. El contenido natural de agua varía de 31.1% a 73.5%. El número de golpes medido varía de 21 a 43.

De 18.90 a 22.20 m. Arena andesítica (piroclástica), limosa (SM), de compacidad media a muy compacta, de color café-grisáceo en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 23.8% a 63.7%. El porcentaje de finos varía de 29.4% a 45.4%, arena de 54.7% a 69.8% y grava de 0.0% a 0.9%. La densidad relativa de sólidos es de 2.547. El número de golpes medido varía de los 19 a los más de 50.

De 22.20 a 29.40 m. Limo Arenoso (piroclástico), de baja plasticidad (ML), de consistencia dura, de color café-grisáceo en tonos oscuros. El contenido natural de agua varía de 22.2% a 32.3%. El porcentaje de finos varía de 53.1% a 55.8%, arena de 44.3% a 46.9% y grava de 0.0%. El Límite Líquido varía de 26.34% a 28.86% y el Límite Plástico de 21.36% a 24.56%. La densidad relativa de sólidos es de 2.547. El número de golpes medido varía de los 30 a los más de 50.

De 29.40 a 32.40 m. Arena pumítica, limosa, de compacidad compacta a muy compacta, con gravas, de color gris. El contenido natural de agua varía de 16.3% a 33.8%. El porcentaje de finos es de 24.2%, arena de 58.7% y grava de 17.1%. El número de golpes medido varía de los 30 a los más de 50.

De 32.40 a 35.05 m. Arena andesítica (piroclástica), limo-arcillosa (SM), muy compacta con grumos y gravas de hasta 3/4" pumíticos, de color gris en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 11.6% a 17.1%. El porcentaje de finos es de 19.5%, arena de 57.1% y grava de 23.2%. El Límite Líquido es de 19.16%, y el Límite Plástico de 13.75%. El número de golpes medido es de más de 50.

Condiciones piezométricas. La profundidad máxima explorada fue de 35.05 m y a esa profundidad no se detectó el nivel freático.

Solución de cimentación. La importancia de la estructura, que es considerada TIPO A1, la existencia de cavernas, en ocasiones puntuales, o cercanas a la torre, obliga a una solución de cimentación profunda a base de pilas de sección circular de 1.0 m de diámetro que trabajen por fricción y por punta. Aunque la capacidad de carga puede dar mas alta de lo requerido con este diámetro, es obligado y recomendable establecer las dimensiones para que una vez que se haya terminado los trabajos de perforación, se realice una inspección visual en toda su longitud y en el piso del nivel del desplante. En caso de que se detecten minas, la profundidad de las pilas aquí recomendadas deberán ser ajustadas en los valores de la capacidad de carga. La profundidad de desplante para la **torre 26** es de 21.0 m, con una longitud efectiva de 19.0 m, considerando un dado de 2.0 m. La máxima carga a nivel de cimentación es de 312 ton, la máxima tensión es de 529 ton/carga factorizadas.

Capacidad de carga. La capacidad de carga reducida de la cimentación se presenta en el cuerpo del presente informe. Para una pila de 1.0 m de diámetro se obtiene una capacidad de carga a compresión de 1,000 ton a la tensión de 529 ton. Aunque los valores pueden ser altos se limitan las deformaciones a lo permitido por la Reglamentación vigente.

Procedimiento constructivo. El procedimiento constructivo para erigir la cimentación se presenta en el cuerpo de este informe.

Fe de hechos. Antes de iniciar los trabajos es necesario que se realice un levantamiento del estado físico de las estructuras cercanas al sitio en estudio, que sea certificado por un notario; permitiendo así, deslindar responsabilidades por daños asociados a la construcción de la estructura en cuestión.

Los resultados aquí presentados son aplicables exclusivamente al predio en estudio, en el que se consideraron las condiciones estratigráficas del sitio y las características particulares del proyecto. Los cambios que se generen en el proyecto podrán modificar las recomendaciones presentadas en este informe.

2. ANTECEDENTES

Se realizó el presente estudio de mecánica de suelos de un predio ubicado en la Av. Constituyentes-Panteón Dolores en la alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México, en donde se proyecta la construcción de la cimentación para apoyar las obras del proyecto: CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES – LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3. En particular, este informe corresponde al estudio de mecánica de Suelos realizado para la Torre 26. EL CONSORCIO solicitó a la empresa PGS PERFORACIÓN Y SUMINISTRO SA DE CV realizar el presente estudio de mecánica de suelos para la Torre 26.

Este estudio se realizó por medio de la perforación y el muestreo de un sondeo mecánico directo denominado SM-3, de 35.05 m de profundidad, que sirvió para determinar las propiedades índice y mecánicas del subsuelo en donde se apoyará la cimentación de la futura estructura.

Asimismo, se incluyen los resultados obtenidos de la exploración geotécnica realizada, los ensayos de laboratorio y su interpretación estratigráfica, para determinar las propiedades índice y mecánicas que se emplearán para la revisión del diseño geotécnico de la cimentación propuesta, que se considera factible para trabajar adecuadamente durante su vida útil. Asimismo, se describe el procedimiento constructivo general para la cimentación considerada como la más adecuada. El diseño original es de la empresa PGS y a solicitud de la Ingeniera Fabiola Rodríguez Solís, Coordinadora de proyecto de la empresa PROYECO, los Ingenieros Cuevas hacen un compendio, que es el resultado del presente informe.

3. OBJETO

Los objetivos principales de este estudio geotécnico son los siguientes:

- Identificar las condiciones geotécnicas del subsuelo del sitio en estudio, y la caracterización de las propiedades índice y mecánicas, para definir el modelo geológico-geotécnico de diseño.
- Definir el tipo de cimentación más adecuado para la estructura en proyecto que satisfaga los requerimientos de las normas y criterios técnicos aplicables, particularmente en lo referente a la revisión de los estados límite de falla y de servicio, considerando las cargas de proyecto, afectadas por sus correspondientes factores de carga, y buscando que su comportamiento sea compatible con las estructuras colindantes.
- Emitir recomendaciones generales que geotécnicamente sean convenientes observar durante la construcción de la cimentación, para garantizar su correcto desempeño y lograr una adecuada capacidad de carga y que la magnitud de los asentamientos totales y diferenciales satisfagan los mínimos permitidos por la normatividad vigente.

4. ALCANCES

En el presente informe se presenta la solución de cimentación y descripción del procedimiento constructivo de la misma para la torre T-26, solución basada en: experiencia que se tiene de la zona, los resultados de la exploración geotécnica, en las pruebas in situ, las pruebas de laboratorio y en las correlaciones con el sondeo de penetración estándar, todo esto en conjunto permitieron definir un modelo geotécnico de análisis y llegar a una solución de cimentación que cumpla con los estados límite de falla y de servicio, establecidos con la Reglamentación vigente (Ref. 1).

5. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 26

La línea 3 de Cablebús está compuesta por 6 estaciones, cada una con su propia edificación. La longitud proyectada de la línea es de 5.42 km y brindará una capacidad de transporte máxima/final de 3000 pasajeros/hora en cada sentido.

El proyecto será realizado en la demarcación territorial de Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo, ubicada en la zona centro – poniente de la Ciudad de México limitado al sur con las alcaldías de la Magdalena Contreras y Tlalpan, al oriente con las alcaldías Benito Juárez y Cuauhtémoc, al norte con la alcaldía Azcapotzalco y al este con los municipios mexicanos de Tecamachalco y Naucalpan de Juárez.

La denominación y ubicación inicial de cada una de las 6 estaciones se describe en la siguiente tabla:

Número de estación	Estación	Tipo de estación	Latitud	Longitud	Distancia hacia su próxima estación (km)
E – 1	Vasco de Quiroga	Retorno	19°23'7.67"N	99°13'39.59"O	0.59
E – 2	Cineteca Nacional / Bodega Nacional de las Artes	De Paso	19°23'24.16"N	99°13'50.24"O	1.15
E – 3	Parque Cri – Cri	Doble Motriz	19°23'48.33"N	99°13'20.14"O	0.90
E – 4	Lienzo Charro / CECYT 4 "Lázaro Cárdenas"	De Paso	19°23'56.37"N	99°12'50.77"O	1.65
E – 5	Panteón Civil de Dolores	De Paso	19°24'26.00"N	99°12'3.90"O	1.13
E - 6	Metro Constituyentes – Los Pinos	De Retorno	19°24'46.93"N	99°11'29.40"O	1.13

Tabla 1- Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3

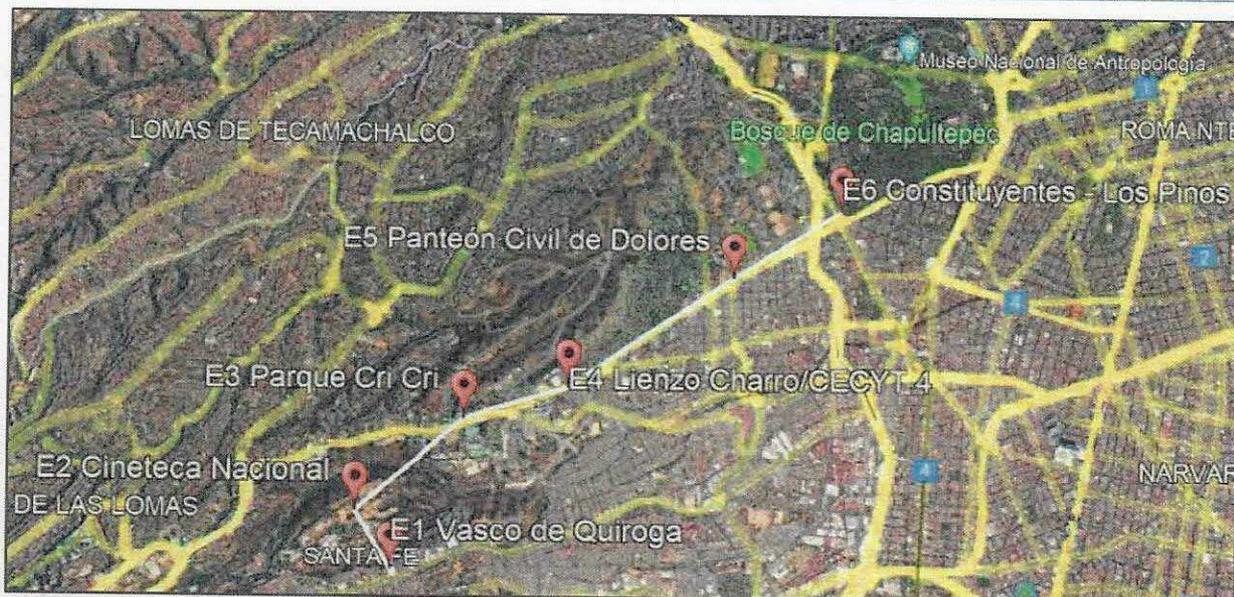


Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del Cablebús

El sitio en estudio se encuentra sobre la Av. Constituyentes S/N, en donde se proyecta la ejecución de la cimentación para apoyar la Torre 26 del proyecto: CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES – LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3, como se muestra en la figura No. 1. Esta torre se encuentra ubicada en las coordenadas UTM, X=478,302.6511, Y=2,145,511.4308

6. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO

6.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE

Zonificación geotécnica. El sitio se localiza en la denominada “Zona de Lomas” (Ref. 1 y 2, Fig. 2), definida por la sierra de Monte Alto y la Sierra de las Cruces. Esta zona está constituida por abanicos volcánicos caracterizándose por la acumulación de material piroclástico en la parte superficial, así mismo se pueden encontrar materiales compactos a muy compactos, formados por depósitos de tobas amarillentas y cenizas por vidrio pumítico fino a grueso. En esta zona también es frecuente la presencia de minas antiguas, dejando la explotación subterránea o superficial de materiales de construcción en el pasado, lo que pueden ocasionar problemas geotécnicos a las cimentaciones que en esa zona se construyan.

6.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

El reconocimiento de las condiciones del subsuelo en el sitio en estudio incluyó la exploración geotécnica directa a base de un sondeo mecánico directo ejecutado por el método de penetración estándar (SPT). El SPT consiste en hincar en el subsuelo un muestreador denominado penetrómetro estándar que tiene la forma de un tubo partido de media caña, de pared gruesa de 3 cm de diámetro y 60 cm de longitud, utilizado para el hincado un martinete de 63.56 kg (140 libras) de masa, el cual se deja caer libremente de una altura constante de 76.2 cm (30”). Se cuenta el número de golpes (N) necesarios para avanzar los 30 cm centrales del tubo muestreador, esto es debido a que no se consideran los primeros y los últimos 15 cm del tubo

las alteraciones que llega a tener la muestra, cumpliendo con lo establecido en la norma ASTM D1586. Después de haber introducido el tubo partido se extrae con ayuda de un malacate accionado por la misma perforadora, se desacopla el tubo quedando dividido en dos partes, la muestra obtenida se deposita en bolsas de polietileno, para que mantengan su humedad natural, identificándose debidamente cada muestra con todos los datos necesarios como son: el número de sondeo, el número de muestra, la profundidad, la fecha, clasificación preliminar en campo, etc.

En la Tabla No. 2 se resumen los datos tomados al sondeo en cuanto a profundidad y su ubicación en coordenadas U.T.M. En el Anexo No. 1 se incluye un reporte fotográfico de los trabajos de campo.

Sondeo No.	Prof. Sondeo m	N* m	E* m
SM-3	35.05	2'145,511	478,302

Tabla 2- Profundidad y ubicación del sondeo SM-3

6.3 ENSAYES DE LABORATORIO

De acuerdo con el sondeo mecánico directo realizado en el sitio, se llevaron a cabo los siguientes ensayos de laboratorio a los suelos alterados representativos obtenidos, entre los que se encuentran los siguientes:

- Clasificación visual y al tacto, en húmedo y en seco, de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS.
- Contenido natural de agua, $\omega\%$.
- Granulometría por mallas.
- Límites de plasticidad; líquido y plástico, LL% y LP%.
- Densidad relativa de sólidos, Ss.
- Peso volumétrico natural, γ_m .

En la Figura 1 se presenta la ubicación de los sondeos realizados, en el Anexo 1 se presenta una memoria fotográfica con aspectos relevantes de los trabajos de campo, en el Anexo 2 se exhiben los perfiles de los sondeos realizados, en el Anexo 3 se presentan los resultados de las pruebas de laboratorio. Por su parte, en el Anexo 4 se presentan las cargas actuantes en una torre tipo excéntrica y en el Anexo 5 se presenta una memoria de cálculo de la cimentación.

6.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA

Descripción estratigráfica. Con base en los datos y resultados obtenidos durante los trabajos de campo y los ensayos de laboratorio se describen a continuación las características de los suelos encontrados en el sondeo mecánico directo SM-3.

De 0.00 a 2.40 m. Material de relleno compuesto por limo Arenoso de baja plasticidad (ML), de consistencia firme a dura, de color café en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 10.1% a 28.8%. El porcentaje de finos es de 64.8%, arena de 34.7% y grava de 0.5%. El Límite Líquido es de 38.40% y el Límite Plástico es de 28.86%. La densidad relativa de sólidos es de 2.383. El número de golpes medido varía de los 12 a los 35.

De 2.40 a 7.80 m. Limo Arenoso (piroclástico), de baja plasticidad (ML), de consistencia dura, de color grisáceo en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 29.1% a 37.3%. El porcentaje de finos varía de 64.8% a 74.5%.

50.0% a 63.5%, arena de 36.5% a 50.1% y grava de 0.0%. El Límite Líquido es de 43.75% y el Límite Plástico de 29.99%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.529 a 2.553. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

De 7.80 a 17.10 m. Arena andesítica (piroclástica), limo-arcillosa (SM), con grumos pumíticos, de compactación media a muy compacta, con gravas piroclásticas aisladas, de color café-grisáceo en tonos oscuros. El contenido natural de agua varía de 13.7% a 60.2%. El porcentaje de finos varía de 14.7% a 44.6%, arena de 55.4% a 72.7% y grava de 0.0% a 12.57%. El Límite Líquido varía de 26.01% a 26.86%, y el Límite Plástico de 20.06% a 22.73%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.529 a 2.599. El número de golpes medido varía de 12 a los más de 50.

De 17.10 a 18.90 m. Arena pumítica, limosa, de compactación media a compacta, de color gris. El contenido natural de agua varía de 31.1% a 73.5%. El número de golpes medido varía de 21 a 43.

De 18.90 a 22.20 m. Arena andesítica (piroclástica), limosa (SM), de compactación media a muy compacta, de color café-grisáceo en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 23.8% a 63.7%. El porcentaje de finos varía de 29.4% a 45.4%, arena de 54.7% a 69.8% y grava de 0.0% a 0.9%. La densidad relativa de sólidos es de 2.547. El número de golpes medido varía de los 19 a los más de 50.

De 22.20 a 29.40 m. Limo Arenoso (piroclástico), de baja plasticidad (ML), de consistencia dura, de color café-grisáceo en tonos oscuros. El contenido natural de agua varía de 22.2% a 32.3%. El porcentaje de finos varía de 53.1% a 55.8%, arena de 44.3% a 46.9% y grava de 0.0%. El Límite Líquido varía de 26.34% a 28.86% y el Límite Plástico de 21.36% a 24.56%. La densidad relativa de sólidos es de 2.547. El número de golpes medido varía de los 30 a los más de 50.

De 29.40 a 32.40 m. Arena pumítica, limosa, de compactación compacta a muy compacta, con gravas, de color gris. El contenido natural de agua varía de 16.3% a 33.8%. El porcentaje de finos es de 24.2%, arena de 58.7% y grava de 17.1%. El número de golpes medido varía de los 30 a los más de 50.

De 32.40 a 35.05 m. Arena andesítica (piroclástica), limo-arcillosa (SM), muy compacta con grumos de hasta 3/4" pumíticos, de color gris en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 11.6%. El porcentaje de finos es de 19.5%, arena de 57.1% y grava de 23.2%. El Límite Líquido es de 13.75% y el Límite Plástico de 13.75%. El número de golpes medido es de más de 50.

En el anexo 2 se muestra el perfil estratigráfico del sondeo SM-3, que sirvió de base para determinar las propiedades índice y mecánicas del Modelo Geológico-Geotécnico para llevar a cabo el diseño de cimentación de las estructuras en proyecto.

Coefficiente sísmico. Tomando en cuenta la posición de la Torre y el software SASID (Ref. 3), el coeficiente sísmico elástico es de 0.326, con una aceleración espectral, $a_0 = 0.119$. Queda a juicio del Ingeniero estructurista los factores de hiperestaticidad, importancia, irregularidad y de sobre-resistencia para la obtención del espectro de diseño.

6.5 MODELO GEOMECÁNICO

Las propiedades índice y mecánicas consideradas para la revisión geotécnica de la cimentación de las estructuras en proyecto, se tomaron del sondeo mecánico directo SM-3, así como de las pruebas de ficómetro efectuadas en sitio (Anexo 4), y se incluyen en la Tabla 3.

Tabla 3. Modelo geomecánico de diseño

Estrato No.	Profundidad, m		Cohesión, t/m ²	Ángulo de fricción, grados	Peso volumétrico, t/m ³	Módulo de Elasticidad, E, kg/cm ²	Relación de Poisson, ν
1	0.00	2.40	0.6	15.9	1.666	128	0.35
2	2.40	7.80	0.0	33.0	1.912	102	0.40
3	7.80	17.10	5.3	34.0	1.890	128	0.35
4	17.10	18.90	0.0	30.0	1.300	520	0.30
5	18.90	22.20	0.0	34.8	1.855	690	0.33
6	22.20	29.40	0.0	34.0	1.859	668	0.30
7	29.40	32.40	0.0	31.4	1.300	850	0.30
8	32.40	35.05	13.6	36.5	1.702	850	0.30

Cabe mencionar que, las propiedades de resistencia de los materiales que conforman la estructura del subsuelo, se determinaron mediante correlaciones con el número de golpes N (Ref. 4), de la prueba de penetración estándar, así como con los resultados de ficómetro realizadas en torres cercanas. Las tablas de correlaciones se presentan en la memoria de cálculo.

7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

Datos del proyecto. El punto del proyecto se encuentra ubicado en las coordenadas UTM, con el Datum 14Q 478,302 E y 2'145,511 N , sobre la Av. Constituyentes S/N, en donde se proyecta la ejecución de la cimentación para apoyar la Torre 26 del proyecto: CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES – LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3. Por la necesidad del proyecto y para evitar alteraciones en las colindancia, la torre tendrá una excentricidad importante y por tal motivo es considerada una torre excéntrica.

7.1 CARGAS ACTUANTES

Las cargas actuantes para estas torres en particular aún no se tienen determinadas; sin embargo, por parte del área de estructuras se emitió una memoria de cargas, correspondiente a una torre tipo excéntrica. Y se presentan en el Anexo 4. **Resulta muy importante mencionar que, una vez que se tenga el análisis estructural propio de esta torre, se deberá hacer la comparación correspondiente con las capacidades de carga aquí presentadas.**

Hasta el momento de realizar los presentes análisis, no se nos han proporcionado las cargas a nivel de cimentación, para la revisión del comportamiento en conjunto. Tanto para la capacidad de carga como para las deformaciones.

7.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN

Tomando en cuenta la importancia de la estructura, que es considerada TIPO A1, la presencia de minas, en ocasiones rellenas y en ocasiones huecas, la solución de cimentación consiste en pilas de sección circular, que trabajen por fricción y por punta.

Aunque la capacidad de carga puede ser mayor a las cargas actuantes, es obligado y recomendable que el diámetro mínimo sea de 1.0 m, con la intención de que una vez que se haya terminado los trabajos de perforación, se realice una inspección visual en toda su longitud y en el piso del nivel del desplante. **En caso de que se detecten minas u oquedades que no pudieron ser identificadas durante la exploración geotécnica, la profundidad de las pilas aquí recomendada deberá ser ajustada, así como los valores de la capacidad de carga.**

La solución de cimentación será con pilas desplantadas a 21.0 m de profundidad; tomando como referencia el nivel de brocal; es decir, desde el nivel de piso existente. Hasta el momento se tiene considerado un dado de 4.5 x 5.0 m de sección y 2.0 m de peralte, por lo que las pilas tendrán una longitud efectiva de 19.0 m.

7.3 ESTADOS LÍMITE DE FALLA

Capacidad de carga reducida. La capacidad de carga de las pilas fue determinada mediante la expresión siguiente (Ref. 1):

$$R = C_p + C_f - W_p \quad (1)$$

Donde:

- R capacidad de carga reducida, t
- C_p capacidad de carga reducida por punta, t
- C_f capacidad de carga reducida por fricción, t
- W_p peso del elemento, t

Con:

$$C_p = (p'_v N_q^* F_R + P_v) A_p \quad (2)$$

Donde:

- p'_v esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 36.12 t/m²
- N_q^* factor de capacidad de carga
- F_R factor de resistencia, igual a 0.35
- P_v esfuerzos totales al nivel de desplante, igual a 36.12 t/m²

Con:

$$N_q^* = N_{\min} + L_e \frac{N_{\max} - N_{\min}}{4B \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)} \quad (2)$$

Cuando

$$\frac{L_e}{B} \leq 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

O bien

$$N_q^* = N_{\max}$$

Cuando

$$\frac{L_e}{B} > 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

Donde:

- Le longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 0 m
- B diámetro de la pila, m.
- ϕ ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 34°

Los valores de N_{\max} y N_{\min} , se presentan en la Tabla 4, función del valor del ángulo de fricción interna del material de desplante:

Tabla 4 Valores de N_{\max} y N_{\min}

ϕ	20°	25°	30°	35°	40°	45°
N_{\max}	12.5	26	55	132	350	1000
N_{\min}	7	11.5	20	39	78	130

Por su parte, la capacidad de carga por fricción se determinó mediante las siguientes expresiones (Ref. 2):

$$C_f = P_p F_R \sum_{i=1}^m \beta_i \bar{p}_{vi} L_i \quad \text{suelos friccionantes} \quad (7)$$

Donde:

- P_p perímetro de la pila, m
- F_R factor de resistencia, igual a 0.65
- L_i longitud de la pila en el estrato de interés, m
- α_i coeficiente de adherencia suelo-pila
- β_i coeficiente de fricción
- c_{ui} cohesión media de cada estrato, t/m²
- \bar{p}_{vi} esfuerzos efectivos a la profundidad media del estrato de interés, t/m²

Con

$$\beta_i = 1.5 - 0.24\sqrt{Z} \quad \text{para } 0.25 < \beta_i < 1.2 \quad \text{para suelos friccionantes} \quad (8)$$

Capacidad a la tensión. Los efectos de tensión en la torre; que se presenten a nivel de cimentación, no deben ser tomados por las pilas; su capacidad a la tensión estará en función de la fricción más una capacidad propia del elemento:

$$C_{te} = C_f + 0.65 W_p$$

Donde:

- C_{te} capacidad reducida a la tensión, t.
- las demás literales ya fueron definidas.

Sustituyendo los valores correspondientes, se presentan las siguientes capacidades de carga reducida para pilas de distintos diámetros:

Tabla 5. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación

D (m)	W_p (t)	C_p (t)	C_f (t)	R (t)	C_{te} (t)
1.0	35.81	558.6	506.1	1,029.0	529.4
1.2	51.57	760.8	607.4	1,316.6	640.9

1.4	70.2	993.2	708.6	1,631.6	754.2
-----	------	-------	-------	---------	-------

Las capacidades de carga reducida, R, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a compresión y las capacidades a la tensión, C_{te}, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a tensión. **Cabe mencionar que las capacidades de carga por punta de las pilas, están limitadas a un esfuerzo de 900 t/m², para evitar asentamientos inadmisibles por la reglamentación vigente.**

7.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

La deformación total que sufrirá cada pila, estará compuesta por la deformación propia del elemento más la correspondiente a la del suelo de sustento; su magnitud se determinó con la expresión siguiente (Ref. 4), realizando compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actuantes:

$$\delta = \frac{(C_p + 0.66C_f)L}{10 A_p E_c} + \frac{0.36 C_p D}{10 A_p E_s} \quad (10)$$

Donde:

- δ deformación total de la pila, cm
- L longitud de la pila, igual a 2,300 cm
- D diámetro de la pila, cm
- E_s módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 678 kg/cm²
- E_c módulo de elasticidad del concreto, igual a 261,916 kg/cm², para f'c= 350 kg/cm²

con

$$E_c = 14,000 \sqrt{f'c} \quad (11)$$

Considerando esta estructura como aislada, la deformación máxima permisible por la Reglamentación vigente es de 5.0 cm.

Módulo de reacción vertical. La constante de resorte para pilas que será utilizado para el diseño estructural de la cimentación, considerando la interacción suelo-estructura, se determinó como sigue, realizando compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actuantes (Ref. 5):

$$k_v = \frac{q}{\delta} \quad (12)$$

Donde:

- k_v módulo de reacción vertical, t/cm; kg/cm³
- q carga asociada, t
- las demás literales ya fueron definidas

Al sustituir los valores correspondientes en las expresiones (10) a (12), se obtienen los valores siguientes de asentamientos y módulos de reacción vertical:

Tabla 6. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas

D	δ	k _v	k _v
(m)	(cm)	(t/cm)	(kg/cm ³)

1.0	3.3	220.7	28.1
1.2	3.6	258.4	22.8
1.4	4.0	293.6	19.1

Módulo de reacción horizontal. Se estimó con el método de H. Matlock y Lymond C. Reese ref 6, es aplicable a suelos sin cohesión. El módulo de reacción horizontal del subsuelo viene dado por la ecuación:

$$k_h = n_h \frac{z}{d}$$

En donde:

- n_h módulo de compresibilidad horizontal [MN/m³]
- z profundidad media del tramo de suelo a la que se estima el módulo [m]
- d diámetro de la pila [m]

Tabla 7. Valores aproximados del módulo de compresibilidad horizontal n_h para suelos sin cohesión:

Suelo	n_h [MN/m ³]
- densidad	
Arena y grava secas	
- suelta	1.8 - 2.2
- media	5.5 - 7.0
- compacta	15.0 - 18.0
Arena y grava saturadas	
- suelta	1.0 - 1.4
- media	3.5 - 4.5
- compacta	9.0 - 12.07

Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 8:

Tabla 8. Módulos de reacción horizontal estático y dinámico para diferentes profundidades y diámetros de pilas

PROFUNDIDAD, m		DIÁMETRO DE LA PILA, B, m							
		1.00		1.20		1.40		1.60	
		$k_{h, est}$, ka/cm ³	$k_{h, din}$, ka/cm ³	$k_{h, est}$, ka/cm ³	$k_{h, din}$, ka/cm ³	$k_{h, est}$, ka/cm ³	$k_{h, din}$, ka/cm ³	$k_{h, est}$, ka/cm ³	$k_{h, din}$, ka/cm ³
0.00	2.40	0.67	0.34	0.56	0.28	0.48	0.24	0.42	0.21
2.40	7.80	7.80	3.90	6.50	3.25	5.57	2.79	4.88	2.44
7.80	17.10	6.98	3.49	5.82	2.91	4.99	2.49	4.37	2.18
17.10	18.90	10.10	5.05	8.42	4.21	7.21	3.61	6.31	3.16
18.90	22.20	11.53	5.76	9.61	4.80	8.23	4.12	7.21	3.61
22.20	29.40	39.47	19.74	32.90	16.45	28.20	14.10	24.67	12.34
29.40	32.40	47.28	23.64	39.40	19.70	33.77	16.88	29.55	14.78
32.40	35.05	51.60	25.80	43.00	21.50	36.86	18.43	32.25	16.13

Propuesta de cimentación. La propuesta de cimentación es con 4 pilas de 1.0 m de diámetro, con separación mínima de 3 veces el diámetro. Cabe mencionar que, aunque las capacidades de carga estática están por arriba de la magnitud de las cargas de referencia, el diámetro mínimo de pilas será de 1.0 m, para que puedan ser inspeccionadas visualmente una vez que se termine su perforación y se confirme la ausencia de minas.

Esta propuesta deberá ser revisada por el área de estructuras para verificar su viabilidad.

8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Es importante comentar que el modelo geotécnico de análisis se determinó con base en los resultados de la exploración geotécnica del punto donde se colocará la torre en cuestión, de la exploración geofísica de puntos cercanos y de la experiencia que se tiene en la zona, misma que es muy susceptible a cambios por la presencia de antiguas minas y rellenos para su rehabilitación. Cualquier cambio en las condiciones del suelo de las que se analizan en este estudio, debe de ser reportadas de manera inmediata a los diseñadores, para realizar los ajustes necesarios en los análisis y se garantice el buen comportamiento a corto, mediano y largo plazo. Por lo anterior, durante la construcción de las pilas se deberá contar con personal capacitado y calificado, para supervisar y asesorar durante los trabajos de construcción de la cimentación y que de manera oportuna se detecte cualquier cambio en las condiciones analizadas en este estudio.

8.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS

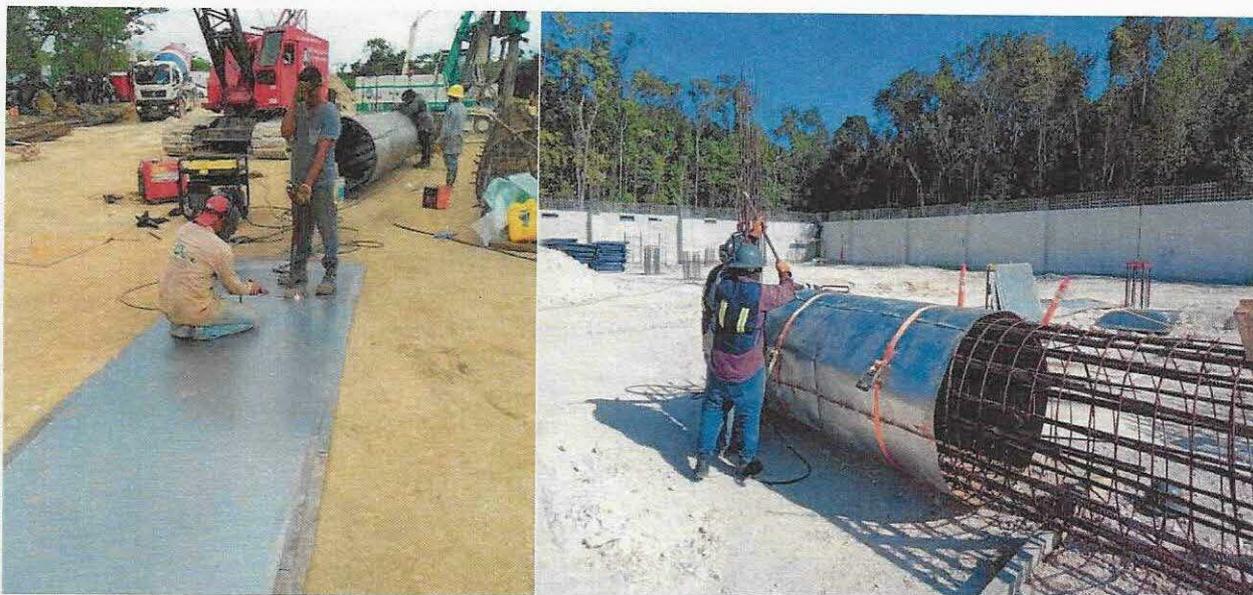
- Una vez que se tenga el área liberada, se realizará el trasplante de todos los árboles que se encuentren dentro del área de afectación y todos los preparativos necesarios que permitan trabajar sin dañar colindancias, instalaciones de servicios, etc.
- Concluidos los trabajos anteriores, se procederá con los trabajos de perforación de pilas de cimentación.

8.2 PILAS

Con las áreas liberadas se procederá con los trabajos de perforación y colado de las pilas de cimentación tomando en cuenta los puntos siguientes:

- Trazo y ubicación topográfica de la posición de cada una de las pilas, para garantizar la posición de los elementos de cimentación.
- Enseguida se realizará la perforación en seco, hasta el nivel de desplante de proyecto. **Es importante mencionar que cada una de las pilas con diámetro mínimo de 1.0 m; sea para mástiles o estacas, deberán ser inspeccionada en toda su longitud, por un supervisor geotécnico y verificar el estado de las paredes y fondo, en busca de indicios de minas adicionales a las ya consideradas.**
- Durante la perforación de las pilas, se deberá reducir las vibraciones lo máximo posible y evitar el movimiento y posicionamiento brusco de equipo pesado.
- El concreto para la construcción de las pilas será de una $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$; el tamaño de agregado máximo será de 1 1/2 pulg. El acero de refuerzo tendrá un f_y de 4,200 kg/cm^2 .
- Para garantizar el recubrimiento mínimo de 7.5 cm, es indispensable el empleo de silletas y "pedregales" de concreto o plástico; sus dimensiones serán de 7.5x7.5x10.0 cm y se colocarán longitudinalmente cada 2.0 m.

- f) se deberá tener en campo lámina calibre 20, para crear un encamisado en caso de que efectivamente se presenten cavidades o fracturas debidas a antiguas minas. Esta camisa se colocará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Fotos 1 y 2) y servirá como ademe perdible, para poder realizar el colado de los elementos de cimentación. La lámina se soldará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubrimiento de proyecto.



Fotos 1 y 2. Encamisado de lámina para formar ademe perdible.

- g) Después de terminada la perforación, en un lapso menor a 18 hrs deberá concluirse totalm colado; que por otra parte será continuo para evitar la formación de juntas frías.
- h) El armado se rigidizará para evitar excesivas deformaciones que pudiesen complicar su col dentro de la perforación. Para la liga estructural se recomienda que el armado tenga una l adicional de por lo menos 0.5 m, o la que el diseño estructural recomiende.
- i) Las pilas se colarán con el procedimiento tradicional de tubo Tremie; al inicio del colado la tubería se colocará 20.0 cm por encima del nivel de desplante y se utilizará un tapón deslizante "diablo" para evitar la segregación y contaminación del concreto; durante el colado se deberá garantizar que la tubería se encuentre embebida por lo menos 1.0 m dentro del concreto, subiendo la tubería conforme asciende el nivel del concreto. El revenimiento del concreto será como mínimo de 23.0 cm. se llevará por lo menos 0.50 m por arriba del lecho bajo del dado de cimentación o la lon determine el área de estructuras.
- j) El descabece para la liga estructural se realizará mediante la demolición del concreto con con martillo eléctrico, empezando en la periferia hasta llegar al núcleo, en forma descender últimos 20 cm se hará con maceta y cincel.
- k) El criterio de aceptación o tolerancias para la construcción de las pilas es el siguiente:

- 1) *Localización.* En el posicionamiento de la cabeza del apoyo, la desviación aceptada debe ser menor del 4% del diámetro del apoyo o de 8 cm en cualquier dirección, cualquiera que sea el valor más bajo. El diseño estructural deberá de tomar en cuenta esta excentricidad.
- 2) *Verticalidad.* La tolerancia permisible está comprendida entre el 1 y 2 % de la longitud final del apoyo, pero sin exceder el 12.5% del diámetro del apoyo o 38 cm en el fondo, cualquiera que sea el valor más bajo.
- 3) *Limpieza.* Se deberá remover todo el material suelto y de azolve del fuste antes de colocar el concreto. En ningún caso el volumen de tales materiales excederá el equivalente al que fuera necesario para cubrir 5% del área en un espesor de 5 cm.
- 4) *Acero de refuerzo.* La separación mínima entre varillas no debe ser menor de 1.5 veces el diámetro de la varilla ni menor de 1.5 veces el tamaño del agregado máximo.
 - 1) Es indispensable llevar un registro en donde se anote: 1) la ubicación del apoyo; 2) la fecha y hora en que se terminó la perforación y la profundidad alcanzada; 4) fecha y hora en que se inicia y concluye el colado. **Cada pila deberá ser liberada por un supervisor, una vez que se revisaron las condiciones de las paredes y piso para la posible existencia de minas.**

8.3 EXCAVACIÓN

De acuerdo con el preliminar del diseño estructural, el dado de cimentación para las torres tiene una rectangular de 5.0 x 4.5 m, con un peralte de 2.0 m. Para poder alojar este elemento, se deberá realizar excavación con dimensiones mínimas de 5.4 x 4.9 m en planta para poder alojar la cimbra.

- a) Se realizará la excavación hasta la profundidad máxima de 2.0 m, con taludes con una inclinación de 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de concreto (Fig. 4).
- b) Al llegar a la profundidad máxima, se realizará el descabece de las pilas de cimentación y en el fondo de la excavación se colocará una plantilla de concreto pobre con una $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$, para permitir el paso con el habilitado del acero de refuerzo para el dado de cimentación.
- c) Posteriormente se realizará el colado del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la superestructura.

El espacio entre el perímetro del dado y los taludes de la excavación será rellenado con relleno fluido o con relleno con calidad de terraplén, compactado al 95% de su P.V.S.M.

8.4 MINAS

A pesar de que con la exploración geotécnica y geofísica realizados no se detectaron indicios de la presencia de cavernas o fracturas en la masa de suelo, es posible que este tipo de afectaciones se detecten durante los trabajos de excavación y perforación de pilas. Por esta razón, se procederá como se enuncia a continuación:

- a) Durante los trabajos de perforación de pilas, el operador deberá prestar especial atención a los cambios de presión y velocidad, así como a la caída repentina de la herramienta.

b) Ya que las pilas se proyectan con un diámetro de 1.0 m, una vez que se haya terminado la perforación de cada una de estas, se tendrá que hacer una inspección visual en toda la longitud. Esto se logrará haciendo descender a un supervisor por medio de la misma perforadora, asegurándose al barretón, con un arnés. **Cada una de las pilas deberá ser verificada y liberada por un supervisor de mecánica de suelos.**

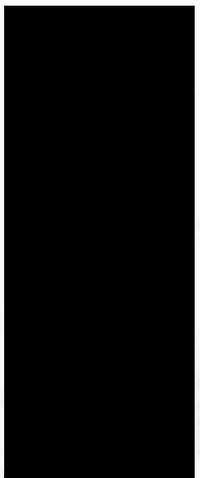
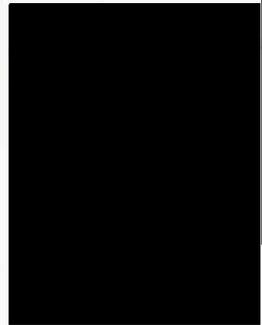
d) En caso de que se presenten minas subterráneas y/u oquedades importantes, se deberá tener en campo lámina para crear un encamisado en caso de que efectivamente se presenten antiguas minas en esta zona. Esta camisa se colocará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Fotos 1 y 2). Esta lámina servirá como ademe perdible, para poder realizar el colado de los elementos de cimentación. La lámina se soldará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubrimiento de proyecto.

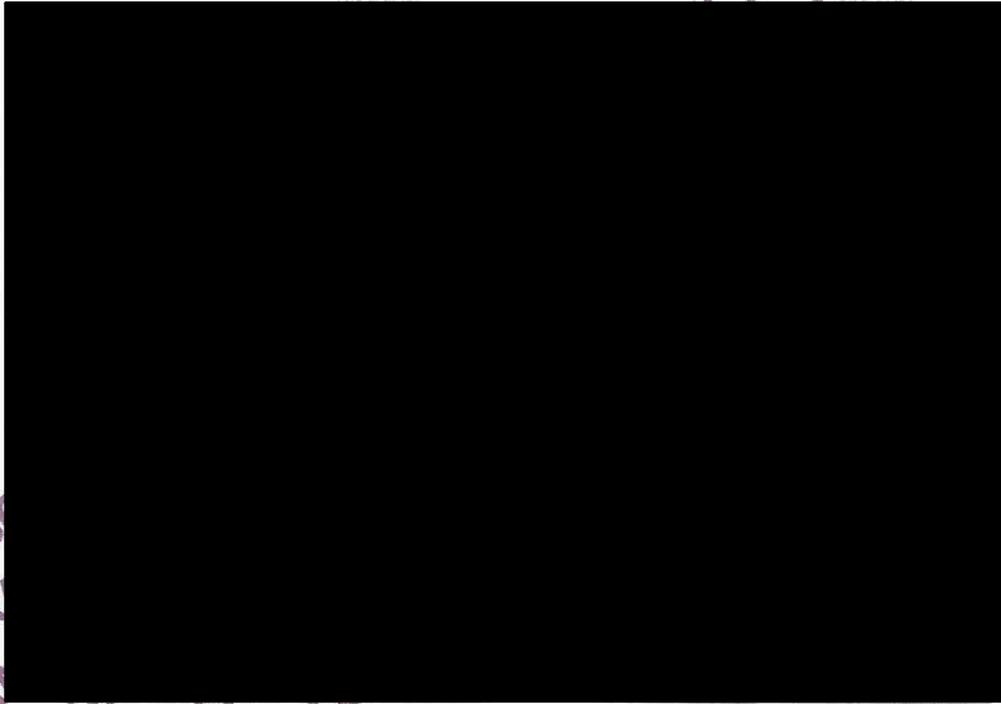
d) En cualquiera de las posibilidades, se deberá revisar nuevamente la capacidad de carga de las pilas, para garantizar su estabilidad ante las cargas actuantes.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

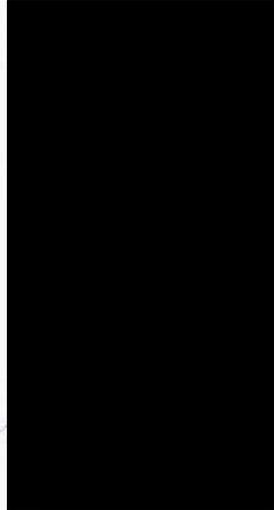
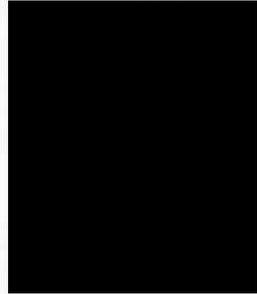
1. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Cimentaciones**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
2. Tamez, E. **Manual de diseño geotécnico Vol. 1**. Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, México, agosto 1987.
3. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
4. Tamez, E. **Ingeniería de Cimentaciones**, Ed. tgc geotecnia 2001.
5. Zeevaert L. **Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions**. Van Nostrand Reinhold 2^a.
6. H. Matlock y Lymond C. Reese. **Nondimensional Solutions for Laterally Loaded Piles of Circular Cross Section. Modulus Assumed Proportional to Depth**. Proc. VIII Texas Conference on Soil Mechanics and Foundations Engineering. THE UNIVERSITY OF TEXAS, AUSTIN, 1950.

PROYECTO
TO DE
(S),
ORTE
"ICO"
PARA USO EXCLUSIVO
INTEGRAL DE LA "CON
TRANSPORTE SUSTENT
CONSTRU
SISTEM
CIUDAD
QUIROGA A METR
CABLEBÚS LÍNEA
PÚBLICO CA





CTO
PARA USO
INTEGR
TRAM
QUIROG
CABLEBÚS L
PÚBLICO CABLE



10. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA

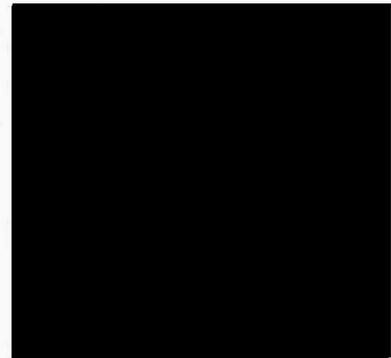




Foto No. 1.1 Preparación para Instalación del equipo de perforación en el punto del sondeo SM-3.

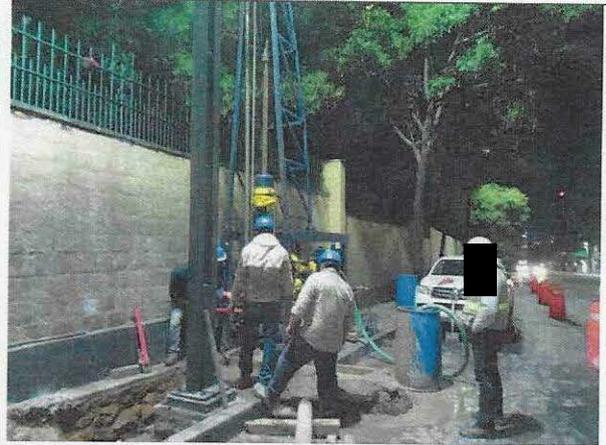


Foto No. 1.2 Exploración y muestreo del sondeo mecánico directo SM-3

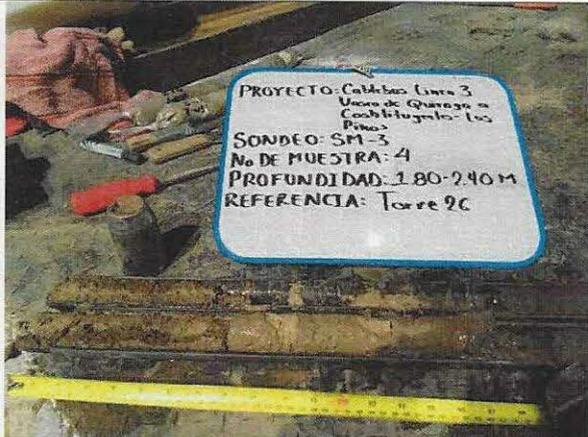


Foto No. 1.3 Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 1.80 a 2.40 m en el sondeo 3.



Foto No. 1.4 Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 21.00 a 21.60 m en el sondeo 3.

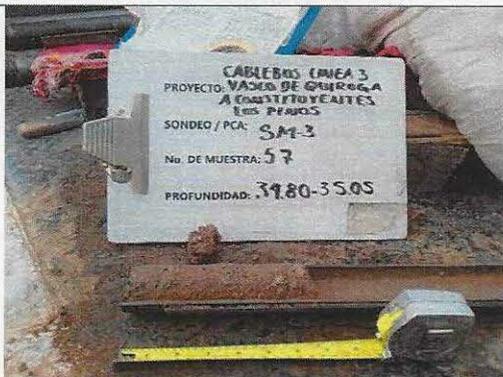


Foto No. 1.5 Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 34.80 a 35.05 m en el sondeo 3.

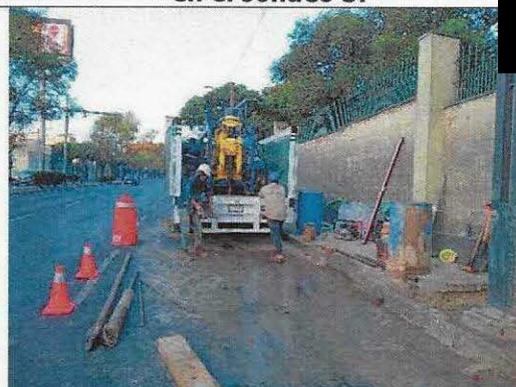
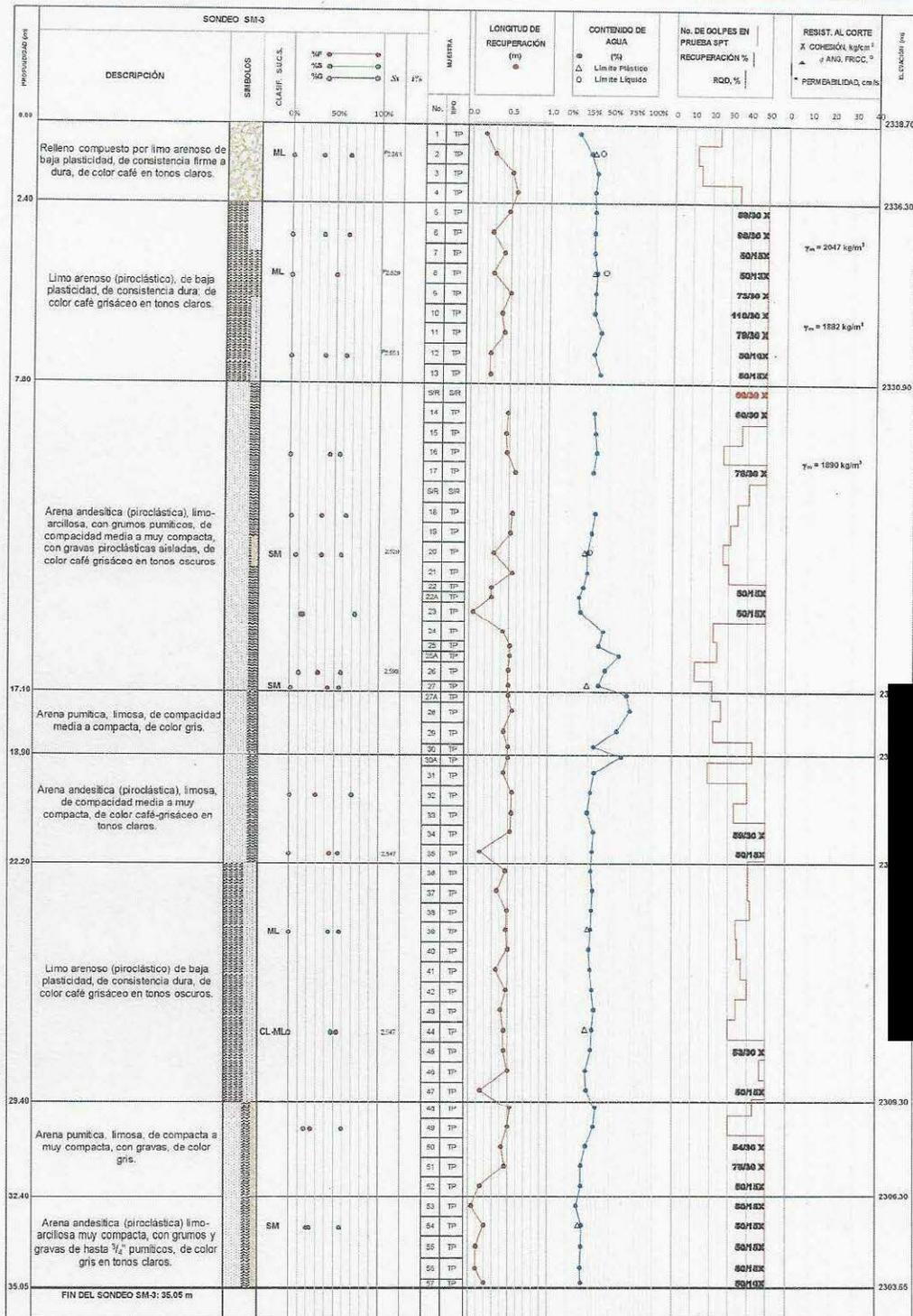


Foto No. 1.6 Reacondicionamiento del área de retiro de herramienta y equipo del sitio.

11. ANEXO 2. PERFILES DE SONDEOS EJECUTADOS

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



SIMBOLOGIA	NOMENCLATURA	COORDENADAS DEL SONDEO	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIRÓGA A METRO CONSISTENTE EN LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3.
ARENA	ARCILLA	E = 478.202	PERFIL ESTRATIGRÁFICO SONDEO SM-3 (TORRE 26)
CONCRETO HERRALLICO	LIMO	N = 2145,511	
RIOLITA	GRAVA	Z = 2338.70	
PÉRDIDA DE AGUA	CAPA SUPERFICIAL	CMIA, Enero de 2023 Figura No. 7	

12. ANEXO 3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO



entidad mexicana de acreditación a.c.

ACREDITA
A*

acreditación



Como Laboratorio de Ensayo

De acuerdo a los requisitos establecidos en la norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 ISO/IEC 17025:2017, para las actividades de evaluación de la conformidad en:

Construcción*

Acreditación No: C-0876-157/17.
Vigente a partir del: 2017/10/11.

El cumplimiento de los requisitos de la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 ISO/IEC 17025:2017, parte de un laboratorio significa que el laboratorio cumple tanto los requisitos de competencia técnica como los requisitos del sistema de gestión necesarios para que pueda entregar de forma consistente resultados técnicamente válidos. Los requisitos del sistema de gestión de la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 ISO/IEC 17025:2017 están escritos en un lenguaje que corresponde con las operaciones de un laboratorio y satisfacen los principios de la Norma ISO 9001:2015 "Sistemas de Gestión de la Calidad- Requisitos" y además son afines a sus requisitos pertinentes."



*2015:1986 Actualización de la Norma de Acreditación vigente a partir del 2020/07/27.
Siempre que se presente este documento como evidencia de acreditación, deberá estar acompañado del anexo técnico.
Para verificar el estatus de la vigencia de este certificado, consultar la página electrónica de la ema.

CONTENIDO DE AGUA Y DESCRIPCION.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACION: AV. CONSTITUYENTES TORRE 26

SONDEO : SM-3 FECHA: 03/01/2023 HOJA : 1 DE 3

MTRA.	PROF. m	TARA		W _h + C gr.	W _s + C gr.	W gr.	W _s gr.	W %	DESCRIPCION DEL SUELO	
		N°	gr.							
1	0.00	0.60	260	34.34	186.87	172.86	14.01	138.52	10.11	GRAVAS DE HASTA 1" CON ARENA FINA A GRUESA Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
2	0.60	1.20	4	20.89	137.48	114.71	22.78	93.82	24.28	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO
3	1.20	1.80	96	20.92	145.74	116.11	29.63	95.19	31.13	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO
4	1.80	2.40	56	21.28	197.21	157.87	39.34	136.59	28.80	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y GRIS CLARO CON GRAVILLAS AISLADAS
5	2.40	3.00	88	21.21	193.28	154.08	39.20	132.87	29.50	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
6	3.00	3.30	51	21.46	178.83	143.84	34.99	122.38	28.59	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO
7	3.60	4.05	80	21.00	177.33	142.14	35.19	121.14	29.05	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
8	4.20	4.48	320	35.00	188.11	151.29	36.82	116.29	31.66	ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
9	4.80	5.30	258	34.44	198.08	159.96	38.13	125.52	30.38	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO
10	5.40	5.80	221	20.94	187.60	149.22	38.38	128.28	29.92	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ GRISACEO
11	6.00	6.45	149	20.67	208.07	157.13	50.94	136.46	37.33	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ GRISACEO Y GRAVILLAS AISLADAS
12	6.60	6.85	175	20.67	180.61	144.33	36.28	123.66	29.34	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO
13	7.20	7.45	294	20.42	158.07	121.05	37.02	100.63	36.79	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ GRISACEO
14	8.40	9.00	191	20.87	159.20	126.89	32.31	106.02	30.48	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
15	9.00	9.60	138	20.29	161.22	126.89	34.33	106.60	32.20	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y GRAVILLAS AISLADAS
16	9.60	10.20	48	21.13	172.64	134.81	37.83	113.68	33.28	ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO
17	10.20	10.80	7	20.98	175.73	140.44	35.29	119.46	29.54	ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO
18	11.40	12.00	68	21.13	186.54	146.34	40.20	125.21	32.11	ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ OSCURO
19	12.00	12.60	49	21.10	182.97	147.58	35.39	126.48	27.98	ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ OSCURO Y GRAVILLAS AISLADAS
20	12.60	13.20	158	20.82	161.70	135.22	26.48	114.40	23.15	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y GRAVILLAS AISLADAS DE HASTA 3/8"
21	13.20	13.80	142	20.80	174.79	146.48	28.31	125.68	22.53	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ OSCURO Y GRAVILLAS AISLADAS DE HASTA 3/8"
22	13.80	14.10	349	20.16	231.00	198.86	32.14	178.70	17.99	ARENA GRUESA A FINA CON POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y GRAVILLAS AISLADAS DE HASTA 3/8"
22A			19	21.16	151.19	135.52	15.67	114.36	13.70	ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 1/2" Y POCOS FINOS LIMOSOS GRISES
23	14.40	14.55	259	36.16	115.49	105.12				ARENA GRUESA CON POCOS FINOS LIMOSOS GRISES

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

**CONTENIDO DE AGUA Y DESCRIPCION.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACION: AV. CONSTITUYENTES TORRE 26

SONDEO : SM-3 FECHA: 03/10/2023

HOJA : 2 DE 3

MTRA	PROF. m	TARA		Wh + c gr.	Ws + C gr.	W gr.	Ws gr.	W %	DESCRIPCION DEL SUELO	
		N°	gr.							
24	15.00	94	21.27	157.53	117.05	40.48	95.78	42.26	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO	
25	15.60	16.20	28	21.37	142.53	32.48	88.68	36.63	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ GRISACEO Y GRAVAS AISLADAS DE HASTA 1"	
25A			152	20.42	158.46	51.85	86.19	60.16	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS GRIS CLARO	
26	16.20	16.80	181	20.92	167.62	44.96	101.74	44.19	ARENA FINA A GRUESA ALGO PUMITICA, CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y GRAVAS DE HASTA 1/2"	
27	16.80	17.40	178	20.67	161.87	38.08	103.12	36.93	ARENA FINA A GRUESA ALGO PUMITICA, CON FINOS LIMOSOS GRIS CLARO	
27A			234	20.92	137.98	48.03	69.03	69.58	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS GRIS CLARO	
28	17.40	18.00	332	32.62	175.02	114.71	60.31	82.09	73.47	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS GRIS CLARO
29	18.00	18.60	18	20.78	153.28	104.67	48.59	83.89	57.92	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS GRIS CLARO
30	18.60	19.20	330	34.02	205.86	165.15	40.74	131.13	31.07	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO
30A			63	21.30	155.81	103.47	52.34	82.17	63.70	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS GRIS CLARO
31	19.20	19.80	116	20.72	178.72	140.17	38.55	119.45	32.27	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO
32	19.80	20.40	217	20.08	189.02	152.79	36.23	132.71	27.30	ARENA POCO PUMITICA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
33	20.40	21.00	270	20.76	156.54	130.46	26.08	109.70	23.77	ARENA POCO PUMITICA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
34	21.00	21.60	67	20.87	183.52	145.06	38.48	124.19	30.97	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OBSCURO
35	21.60	22.20	290	20.27	174.02	138.63	35.39	118.36	29.90	ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ OBSCURO
36	22.20	22.80	148	20.67	202.70	162.79	39.91	142.12	28.08	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ GRISACEO
37	22.80	23.40	79	20.93	192.61	152.34	40.27	131.41	30.64	LIMO CON POCO ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OBSCURO
38	23.40	24.00	225	20.22	205.35	164.36	41.99	144.14	29.13	LIMO CON POCO ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
39	24.00	24.60	2	20.92	196.53	158.23	38.30	137.31	27.89	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO
40	24.60	25.20	159	20.28	187.42	152.77	34.65	132.49	26.15	LIMO CON POCO ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OBSCURO Y GRAVILLAS AISLADAS
41	25.20	25.80	69	21.17	207.22	167.32	39.90	146.15	27.30	LIMO CON POCO ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OBSCURO
42	25.80	26.40	180	20.97	180.53	143.93	36.60	122.96	29.77	LIMO CON POCO ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OBSCURO Y GRAVILLAS AISLADAS
43	26.40	27.00	254	33.00	201.60	160.47	41.13	127.47	32.27	LIMO CON POCO ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OBSCURO
44	27.00	27.60	188	20.58	175.15	140.05	35.10	119.47	29.38	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OBSCURO

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN : [REDACTED]

FECHA: 5-ene-22

MUESTRA Nº : 2 **SONDEO:** SM-3

PROFUNDIDAD: 0.60-1.20 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara: 0 gr.
Tara Nº: 0 Peso de la tara: 0 gr.
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.49	0.52	99.48
suma		0.49	0.52	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara: 114.71 gr.
TARA #: 4 Peso de la tara: 20.89 gr.
Peso de la muestra total: 93.82 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASAR MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.00	0.00		99.48
16	1.00	0.53	0.56		98.91
20	850	0.34	0.36		98.55
30	600 µ	1.52	1.62		96.93
40	425 µ	2.79	2.97		93.96
60	250 µ	6.51	6.94		87.02
100	150 µ	6.15	6.56		80.46
200	75 µ	14.73	15.70		64.76
charola		61.25	65.28		
suma		32.57			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :
% GRAVA : 0.52
% ARENA : 34.72
% FINOS : 64.76
CLASIFICACION S. U. C. S. : ML
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 26
0
0
 SONDEO : SM-3
 MUESTRA N° : 2
 PROFUNDIDAD : 0.60-1.20 m.

FECHA : 05/01/2022

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : _____
 OBSERVACIONES : _____

CURVA GRANULOMÉTRICA



D₁₀ = _____ D₃₀ = _____ D₆₀ = _____

D₅₀ = _____ D₉₀ = 0.312

Cu = $\frac{D_{60}}{D_{10}}$ = _____ Cc = $\frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})}$ = _____

% GRAVA : 0.52
 % ARENA : 34.72
 % FINOS : 64.76
 S. U. C. S. : ML

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
 Laboratorio de Mecánica de Suelos.



PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 26

FECHA: 5-ene-22

MUESTRA Nº : 6 SONDEO: SM-3

PROFUNDIDAD: 3.00-3.30 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA : _____

OBSERVACIONES : _____

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 143.84 gr.

TARA # : 51 Peso de la tara: 21.46 gr.

Peso de la muestra total : 122.38 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.34	0.28		99.72
16	1.00	0.37	0.30		99.42
20	850	0.36	0.29		99.13
30	600 µ	1.97	1.61		97.52
40	425 µ	3.81	3.11		94.40
60	250 µ	8.07	6.59		87.81
100	150 µ	7.76	6.34		81.47
200	75 µ	22.00	17.98		63.49
charola		77.70	63.49		
suma		44.68			

% MATERIAL > MALLA Nº 4 : _____

% GRAVA : 0.00

% ARENA : 36.51

% FINOS : 63.49

CLASIFICACION S. U. C. S. : _____

TOTAL: 100.00



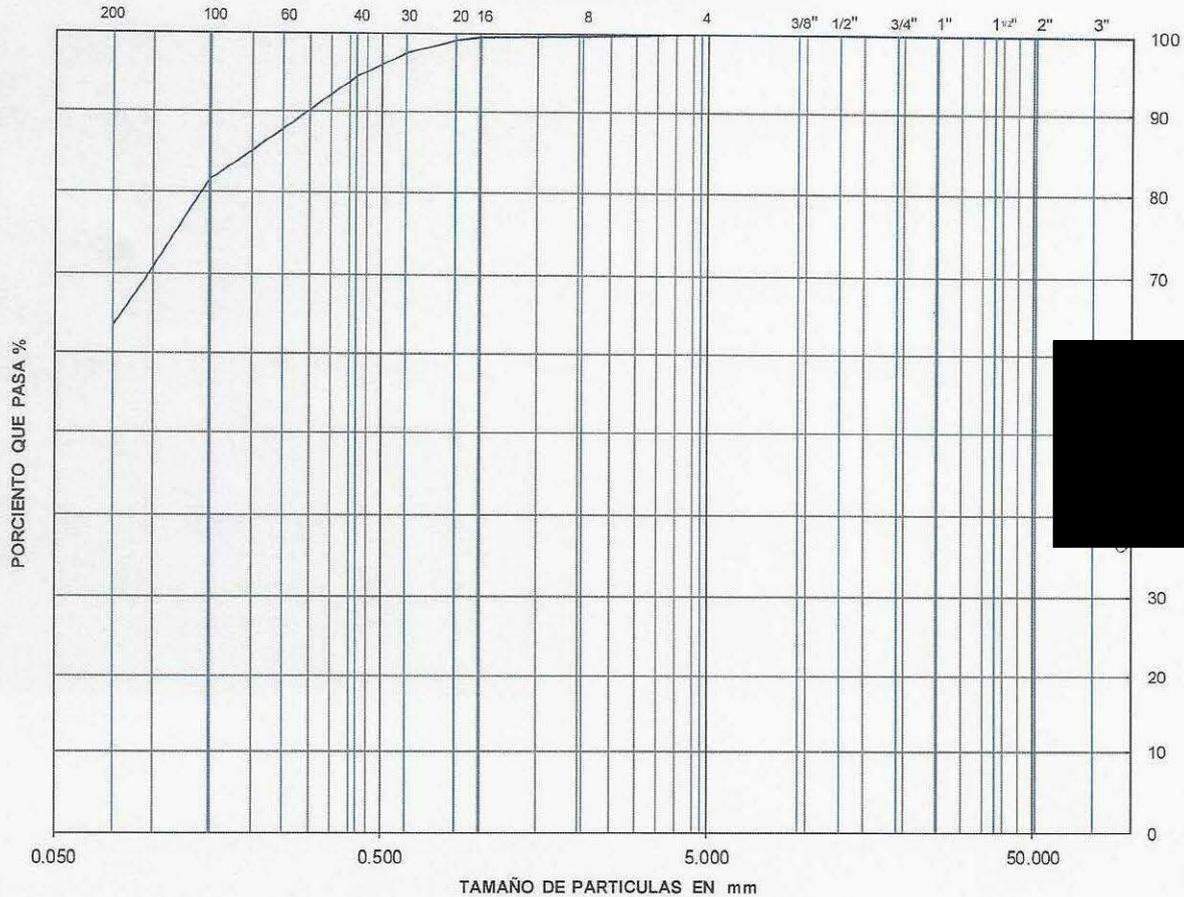
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN: [REDACTED]
0
0
 SONDEO : SM-3
 MUESTRA N° : 6
 PROFUNDIDAD : 3.00-3.30 m

FECHA : 05/01/2022

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : _____
 OBSERVACIONES : _____

CURVA GRANULOMÉTRICA



$D_{10} =$ _____ $D_{30} =$ _____ $D_{60} =$ _____
 $D_{50} =$ _____ $D_{90} =$ 0.297
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$ _____

% GRAVA : 0.00
 % ARENA : 36.51
 % FINOS : 63.49
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
 Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN : [REDACTED]
FECHA: 5-ene-22

MUESTRA N° : 8 **SONDEO:** SM-3
PROFUNDIDAD: 4.20-4.48 m.
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.
 Peso de la muestra total + tara : 0 gr.
 Tara N° : 0 **Peso de la tara:** 0 gr.
Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.
Peso de la muestra total + tara : 151.29 gr.
TARA # : 320 **Peso de la tara:** 35.00 gr.
Peso de la muestra total : 116.29 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.22	0.19		99.81
16	1.00	1.53	1.32		98.50
20	850	1.18	1.01		97.48
30	600 µ	2.49	2.14		95.34
40	425 µ	5.51	4.74		90.60
60	250 µ	8.12	6.98		83.62
100	150 µ	9.37	8.06		75.56
200	75 µ	29.77	25.60		49.96
charola		58.10	49.96		
suma		58.19			

% MATERIAL > MALLA N° 4. :
 % GRAVA : 0.00
 % ARENA : 50.04
 % FINOS : 49.96
CLASIFICACION S. U. C. S. : SM
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.

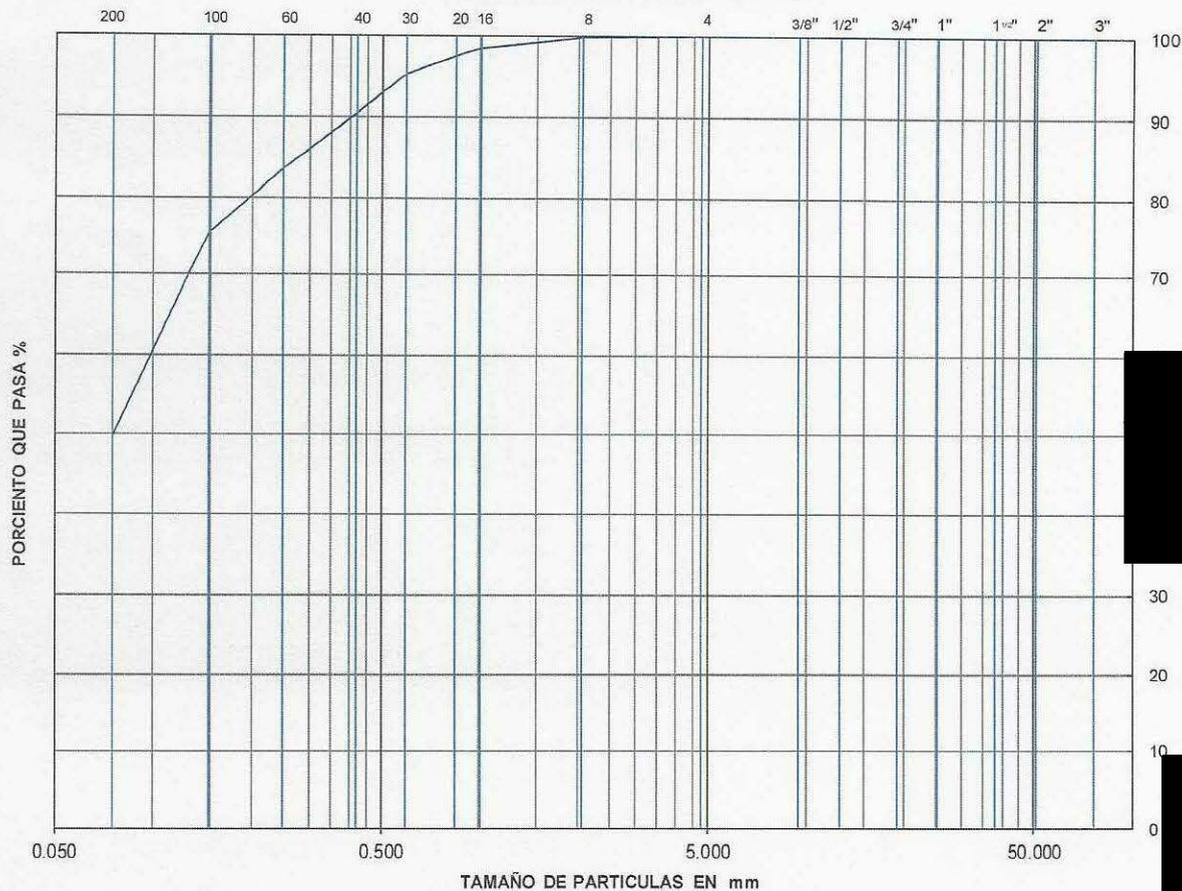
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN : [REDACTED]
 0
 0
 SONDEO : SM-3
 MUESTRA N° : 8
 PROFUNDIDAD : 4.20-4.48 m

FECHA : 05/01/2022

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : _____
 OBSERVACIONES : _____

CURVA GRANULOMÉTRICA



$D_{10} =$ _____ $D_{30} =$ _____ $D_{60} = 0.098$
 $D_{50} = 0.075$ $D_{90} = 0.402$
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$ _____

% GRAVA : 0.00
 % ARENA : 50.04
 % FINOS : 49.96
 S. U. C. S. : SM

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN : [REDACTED]

FECHA: 5-ene-22

MUESTRA Nº : 12 **SONDEO:** SM-3 [REDACTED]

PROFUNDIDAD: 6.60-6.85 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : _____

OBSERVACIONES : _____

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara: 0 gr.
Tara Nº: 0 Peso de la tara: 0 gr.
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara: 144.33 gr.
TARA #: 175 Peso de la tara: 20.67 gr.
Peso de la muestra total: 123.66 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.00	0.00		100.00
16	1.00	0.00	0.00		100.00
20	850	1.17	0.95		99.05
30	600 µ	2.12	1.71		97.34
40	425 µ	3.49	2.82		94.52
60	250 µ	8.26	6.68		87.84
100	150 µ	7.49	6.06		81.78
200	75 µ	24.69	19.97		61.81
charola		76.44	61.81		
suma		47.22			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : _____
% GRAVA : 0.00
% ARENA : 38.19
% FINOS : 61.81
CLASIFICACION S. U. C. S. : _____
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN: [REDACTED]
0
 SONDEO : SM-3
 MUESTRA N° : 12
 PROFUNDIDAD : 6.60-6.85 m

FECHA : 05/01/2022

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : _____
 OBSERVACIONES : _____

CURVA GRANULOMÉTRICA



$D_{10} =$ _____ $D_{30} =$ _____ $D_{60} =$ _____
 $D_{50} =$ _____ $D_{90} =$ 0.296
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$ _____

% GRAVA : 0.00
 % ARENA : 38.19
 % FINOS : 61.81
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



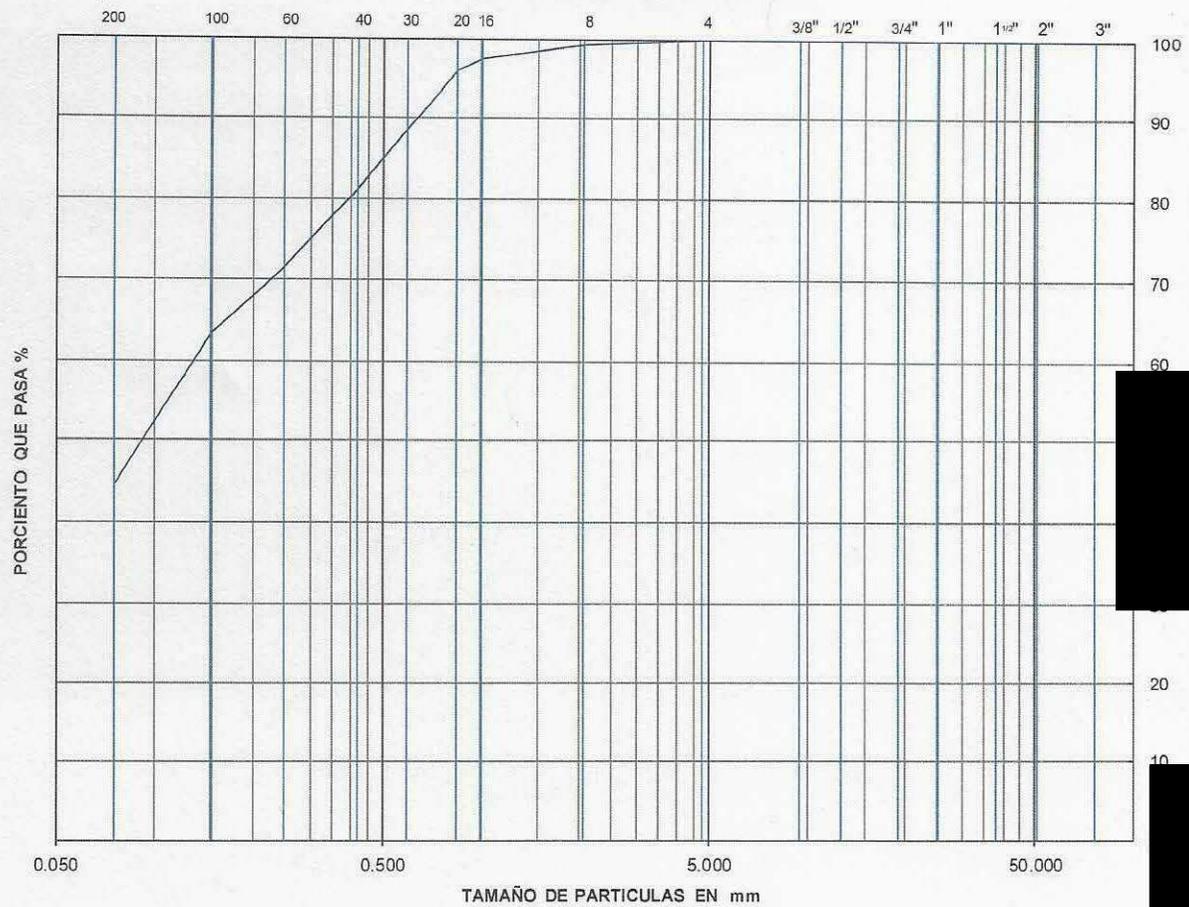
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN : [REDACTED]
0
0
 SONDEO : SM-3
 MUESTRA N° : 16
 PROFUNDIDAD : 9.60-10.20 m.

FECHA : 05/01/2022

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : _____
 OBSERVACIONES : _____

CURVA GRANULOMÉTRICA



$D_{10} = \underline{\hspace{2cm}}$ $D_{30} = \underline{\hspace{2cm}}$ $D_{60} = \underline{0.132}$
 $D_{50} = \underline{0.091}$ $D_{90} = \underline{0.635}$
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \underline{\hspace{2cm}}$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \underline{\hspace{2cm}}$

% GRAVA : 0.00
 % ARENA : 55.44
 % FINOS : 44.56
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.



PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN : ██████████

FECHA: 5-ene.-22

MUESTRA N° : 18 SONDEO: SM-3

PROFUNDIDAD: 11.40-12.00 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA : _____

OBSERVACIONES : _____

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.

Peso de la muestra total + tara : 0 gr.

Tara N° : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	1.72	1.37	98.63
suma		1.72	1.37	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.

Peso de la muestra total + tara : 146.34 gr.

TARA # : 68 Peso de la tara: 21.13 gr.

Peso de la muestra total : 125.21 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	2.12	1.69		96.93
16	1.00	9.29	6.62		90.31
20	850	5.22	4.17		86.14
30	600 μ	11.99	9.58		76.57
40	425 μ	8.98	7.17		69.40
60	250 μ	12.28	9.81		59.59
100	150 μ	11.51	9.19		50.40
200	75 μ	18.35	14.66		35.74
charola		46.47	37.11		
suma		78.74			

% MATERIAL > MALLA N° 4 : _____

% GRAVA : 1.37

% ARENA : 62.89

% FINOS : 35.74

CLASIFICACION S. U. C. S. : _____

TOTAL : 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



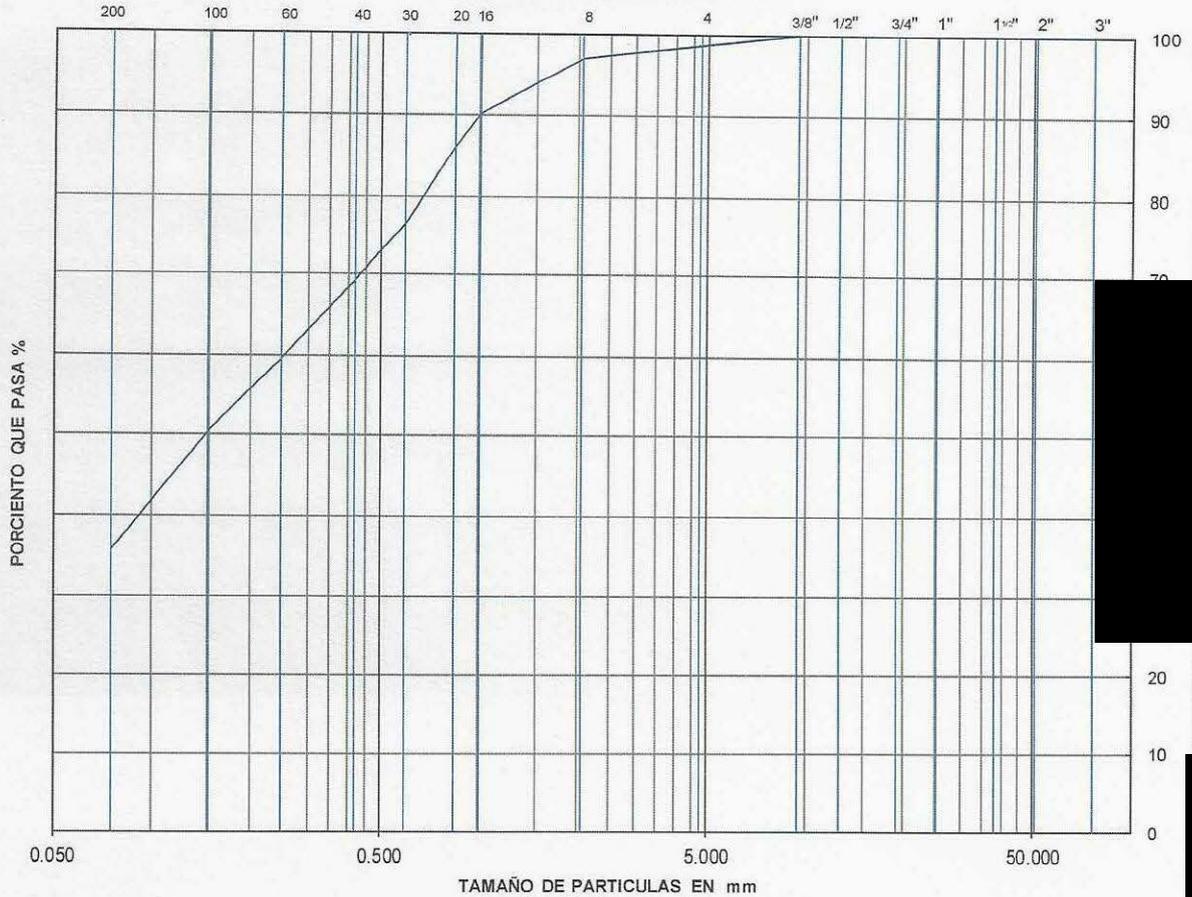
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN :
 0
 0
 SONDEO : SM-3
 MUESTRA N° : 18
 PROFUNDIDAD : 11.40-12.00 m

FECHA : 05/01/2022

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :
 OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMÉTRICA



D₁₀ = _____ D₃₀ = _____ D₆₀ = 0.256

D₅₀ = 0.146 D₉₀ = 0.990

Cu = $\frac{D_{60}}{D_{10}}$ = _____ Cc = $\frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})}$ = _____

% GRAVA : 1.37
 % ARENA : 62.89
 % FINOS : 35.74
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN : [REDACTED]

LAB BARRERA  **FECHA:** 5-ene.-22

MUESTRA Nº : 20 **SONDEO:** SM-3 [REDACTED]

PROFUNDIDAD: 12.60-13.20 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.
Tara Nº: 0 **Peso de la tara:** 0 gr.
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	3.83	3.35	96.65
4	4.76	3.96	3.46	93.19
suma		7.79	6.81	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.
Peso de la muestra total + tara: 135.22 gr.
TARA #: 158 **Peso de la tara:** 20.82 gr.
Peso de la muestra total: 114.40 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASARÍA MUESTRA TOTAL
8	2.36	11.08	9.69		83.51
16	1.00	12.83	11.22		72.29
20	850	3.34	2.92		69.37
30	600 µ	7.12	6.22		63.15
40	425 µ	5.49	4.80		58.35
60	250 µ	6.80	5.94		52.40
100	150 µ	5.15	4.50		47.90
200	75 µ	14.16	12.38		35.52
charola		48.43	42.33		
suma		65.97			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :
% GRAVA : 6.81
% ARENA : 57.67
% FINOS : 35.52
CLASIFICACION S. U. C. S. : SM
TOTAL : 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



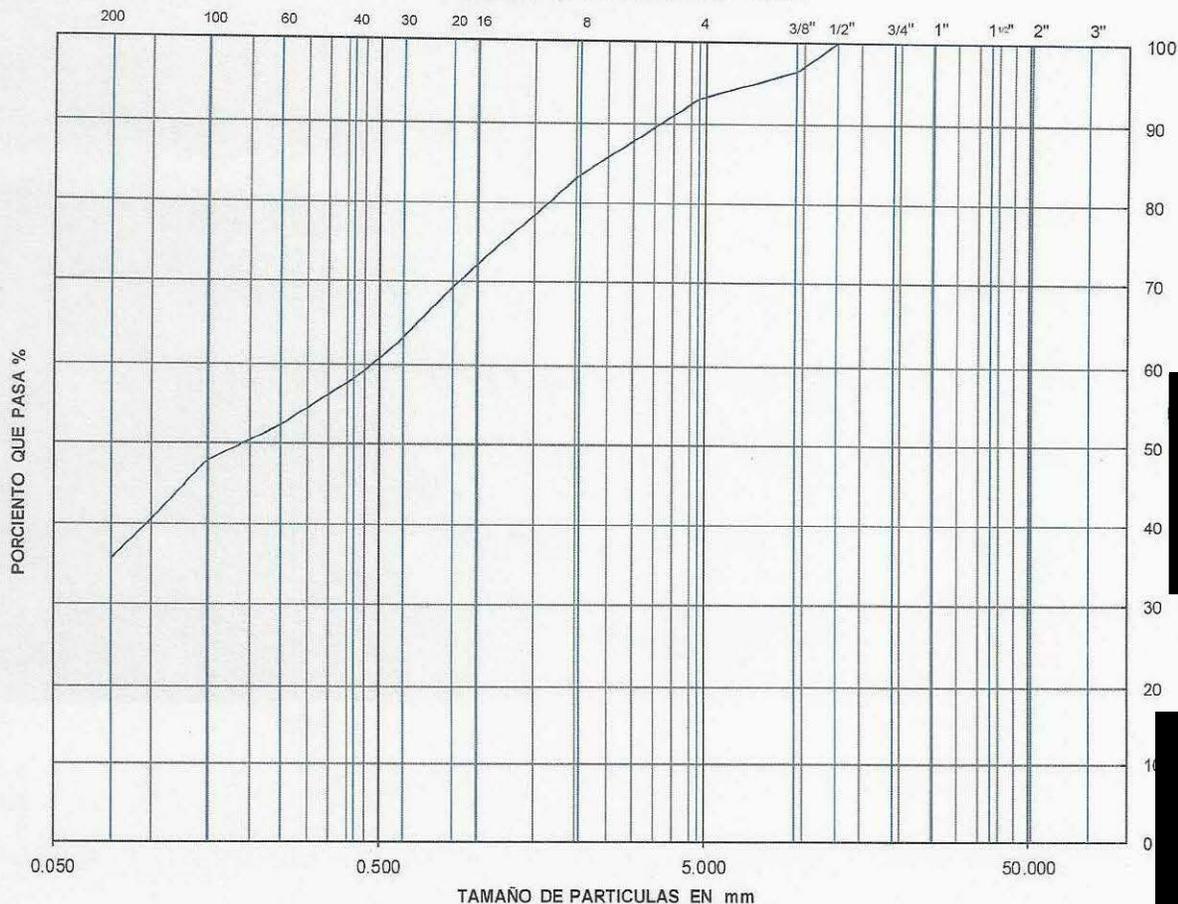
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 26
0
0
 SONDEO : SM-3
 MUESTRA N° : 20
 PROFUNDIDAD : 12.60-13.20 m.

FECHA : 05/01/2022

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : _____
 OBSERVACIONES : _____

CURVA GRANULOMÉTRICA



$D_{10} =$ _____ $D_{30} =$ _____ $D_{60} = 0.474$
 $D_{50} = 0.190$ $D_{90} = 3.611$
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$ _____

% GRAVA : 6.81
 % ARENA : 57.67
 % FINOS : 35.52
 S. U. C. S. : SM

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN : [REDACTED]

FECHA: 5-ene.-22

MUESTRA N° : 23 **SONDEO:** SM-3 [REDACTED]

PROFUNDIDAD: 14.40-14.55 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : _____

OBSERVACIONES : _____

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.

Peso de la muestra total + tara: 0 gr.
Tara N°: 0 Peso de la tara: 0 gr.
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	8.67	12.57	87.43
suma		8.67	12.57	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.

Peso de la muestra total + tara: 105.12 gr.
TARA #: 259 Peso de la tara: 36.16 gr.
Peso de la muestra total: 68.96 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	18.37	26.64		60.79
16	1.00	10.13	15.12		45.66
20	850	2.38	3.45		42.21
30	600 µ	4.44	6.44		35.77
40	425 µ	3.19	4.63		31.15
60	250 µ	3.67	5.32		25.83
100	150 µ	2.36	3.42		22.40
200	75 µ	5.30	7.69		14.72
charola		18.82	27.29		
suma		50.14			

% MATERIAL > MALLA N° 4. : _____
% GRAVA : 12.57
% ARENA : 72.71
% FINOS : 14.72
CLASIFICACION S. U. C. S. : _____
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN: [REDACTED]
0
0
 SONDEO : SM-3
 MUESTRA N° : 23
 PROFUNDIDAD : 14.40-14.55 m.

FECHA : 05/01/2022

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : _____
 OBSERVACIONES : _____

CURVA GRANULOMÉTRICA



$D_{10} =$ _____ $D_{30} =$ 0.376 $D_{60} =$ 1.981
 $D_{50} =$ 1.232 $D_{90} =$ 5.486
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$ _____

% GRAVA : 12.57
 % ARENA : 72.71
 % FINOS : 14.72
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN : [REDACTED]

FECHA: 5-ene.-22

MUESTRA Nº : 26 **SONDEO:** SM-3

PROFUNDIDAD: 16.20-16.80 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES : CONTIENE MATERIAL PUMITICO

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara: 0 gr.
Tara Nº: 0 Peso de la tara: 0 gr.
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	4.89	4.81	95.19
3/8"	9.50	1.05	1.03	94.16
4	4.76	4.87	4.79	89.37
suma		10.81	10.63	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara: 122.66 gr.
TARA #: 181 Peso de la tara: 20.92 gr.
Peso de la muestra total: 101.74 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASAR MUESTRA TOTAL
8	2.36	8.23	8.09		81.29
16	1.00	0.05	0.10		71.00
20	850	2.06	2.02		69.78
30	600 µ	5.69	5.59		64.18
40	425 µ	5.91	5.81		58.37
60	250 µ	8.93	8.78		49.60
100	150 µ	5.40	5.31		44.29
200	75 µ	12.60	12.38		31.90
charola		43.27	42.53		
suma		58.47			

% MATERIAL > MALLA Nº 4 :
% GRAVA : 10.63
% ARENA : 57.47
% FINOS : 31.90
CLASIFICACION S. U. C. S. :
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN : [REDACTED]
0
0
 SONDEO : SM-3
 MUESTRA N° : 26
 PROFUNDIDAD : 16.20-16.80 m.

FECHA : 05/01/2023

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : _____
 OBSERVACIONES : CONTIENE MATERIAL PUMITICO

CURVA GRANULOMÉTRICA



$D_{10} = \underline{\hspace{2cm}}$ $D_{30} = \underline{\hspace{2cm}}$ $D_{60} = \underline{0.463}$
 $D_{50} = \underline{0.256}$ $D_{90} = \underline{5.211}$
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \underline{\hspace{2cm}}$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \underline{\hspace{2cm}}$

% GRAVA : 10.63
 % ARENA : 57.47
 % FINOS : 31.90
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : [REDACTED]

FECHA: 5-ene.-22

MUESTRA Nº : 27 SONDEO: SM-3

PROFUNDIDAD: 16.80-17.40 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES : MATERIAL PUMITICO

[REDACTED]

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la n Peso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	1.40	1.36	98.64
suma		1.40	1.36	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 123.79 gr.

TARA # : 178 Peso de la tara: 20.67 gr.

Peso de la muestra total : 103.12 gr

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	4.07	3.95		94.70
16	1.00	5.64	5.47		89.23
20	850	2.37	2.30		86.93
30	600 µ	6.72	6.52		80.41
40	425 µ	8.02	7.78		72.63
60	250 µ	10.63	10.31		62.33
100	150 µ	6.09	5.91		56.42
200	75 µ	13.72	13.30		43.11
charola		45.86	44.47		
suma		57.26			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : _____

% GRAVA : 1.36

% ARENA : 55.53

% FINOS : 43.11

CLASIFICACION S. U. C. S. : SM

TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN: [REDACTED]
0
0
 SONDEO : SM-3
 MUESTRA N° : 27
 PROFUNDIDAD : 16.80-17.40 m

FECHA : 05/01/2022

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : _____
 OBSERVACIONES : MATERIAL PUMITICO

CURVA GRANULOMÉTRICA



$D_{10} = \underline{\hspace{2cm}}$ $D_{30} = \underline{\hspace{2cm}}$ $D_{60} = \underline{0.204}$
 $D_{50} = \underline{0.107}$ $D_{90} = \underline{1.110}$
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \underline{\hspace{2cm}}$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \underline{\hspace{2cm}}$

% GRAVA : 1.36
 % ARENA : 55.53
 % FINOS : 43.11
 S. U. C. S. : SM

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : [REDACTED]

FECHA: 5-ene.-22

MUESTRA N° : 32 **SONDEO:** SM-3

PROFUNDIDAD: 19.80-20.40 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.

Peso de la muestra total + tara: 0 gr.

Tara N°: 0 **Peso de la tara:** 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	1.15	0.87	99.13
suma		1.15	0.87	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.

Peso de la muestra total + tara: 152.79 gr.

TARA # : 217 **Peso de la tara:** 20.08 gr.

Peso de la muestra total : 132.71 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASAR MUESTRA TOTAL
8	2.36	3.14	2.37		96.77
16	1.00	10.25	7.72		89.04
20	850	4.79	3.61		85.43
30	600 μ	14.83	11.17		74.26
40	425 μ	14.15	10.66		63.60
60	250 μ	16.50	12.43		51.16
100	150 μ	9.53	7.18		43.98
200	75 μ	19.40	14.62		29.36
charola		40.12	30.23		
suma		92.59			

% MATERIAL > MALLA N° 4 : _____

% GRAVA : 0.87

% ARENA : 69.77

% FINOS : 29.36

CLASIFICACION S. U. C. S. : _____

TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN: [REDACTED]
0
 SONDEO : SM-3
 MUESTRA Nº : 32
 PROFUNDIDAD : 19.80-20.40 m

FECHA : 05/01/2022

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : _____
 OBSERVACIONES : _____

CURVA GRANULOMÉTRICA



$D_{10} =$ _____ $D_{30} =$ 0.077 $D_{60} =$ 0.361
 $D_{50} =$ 0.230 $D_{90} =$ 1.096
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$ _____

% GRAVA : 0.87
 % ARENA : 69.77
 % FINOS : 29.36
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 - 22/Marzo 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 26

FECHA: 5-ene-22

MUESTRA N° : 35 **SONDEO:** SM-3

PROFUNDIDAD: 21.60-21.75 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.

Peso de la muestra total + tara: 0 gr.
Tara N°: 0 Peso de la tara: 0 gr.
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.

Peso de la muestra total + tara: 138.63 gr.
TARA #: 290 Peso de la tara: 20.27 gr.
Peso de la muestra total: 118.36 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.00	0.00		100.00
16	1.00	1.05	0.89		99.11
20	850	1.53	1.29		97.82
30	600 μ	6.07	5.13		92.69
40	425 μ	9.47	8.00		84.69
60	250 μ	13.20	11.15		73.54
100	150 μ	10.23	8.64		64.90
200	75 μ	23.16	19.57		45.33
charola		53.65	45.33		
suma		64.71			

% MATERIAL > MALLA N° 4. :
% GRAVA : 0.00
% ARENA : 54.67
% FINOS : 45.33
CLASIFICACION S. U. C. S. :
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN :
 0
 0
 SONDEO : SM-3
 MUESTRA N° : 35
 PROFUNDIDAD : 21.60-21.75 m.

FECHA : 05/01/2022

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :
 OBSERVACIONES :

CURVA GRANULOMÉTRICA



$D_{10} =$ _____ $D_{30} =$ _____ $D_{60} = 0.125$
 $D_{50} = 0.068$ $D_{90} = 0.529$
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$ _____

% GRAVA : 0.00
 % ARENA : 54.67
 % FINOS : 45.33
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : [REDACTED]

FECHA: 5-ene.-22

MUESTRA Nº : 39 SONDEO: SM-3

PROFUNDIDAD: 24.00-24.60 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3 "	75.00	0.00	0.00	100.00
2 "	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	37.50	0.00	0.00	100.00
1 "	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8 "	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 158.23 gr.

TARA # : 2 Peso de la tara: 20.92 gr.

Peso de la muestra total : 137.31 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASAR MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.00	0.00		100.00
16	1.00	0.00	0.00		100.00
20	850	0.60	0.44		99.56
30	600 µ	2.12	1.54		98.02
40	425 µ	5.43	3.95		94.06
60	250 µ	14.45	10.52		83.54
100	150 µ	11.39	8.30		75.25
200	75 µ	28.77	19.50		55.75
charola		76.55	55.75		
suma		60.76			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 0.00

% ARENA : 44.25

% FINOS : 55.75

CLASIFICACION S. U. C. S. : ML

TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN: [REDACTED]
0
0
 SONDEO : SM-3
 MUESTRA Nº : 39
 PROFUNDIDAD : 24.00-24.60 m.

FECHA : 05/01/2022

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: _____
 OBSERVACIONES : _____

CURVA GRANULOMÉTRICA



$D_{10} =$ _____ $D_{30} =$ _____ $D_{60} = 0.087$
 $D_{50} =$ _____ $D_{90} = 0.344$
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$ _____

% GRAVA : _____ 0.0
 % ARENA : _____ 44.2
 % FINOS : _____ 55.7
 S. U. C. S. : _____ ML

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN : [REDACTED]

FECHA: 5-ene.-22

MUESTRA Nº : 44 SONDEO: SM-3 [REDACTED]
PROFUNDIDAD: 27.00-27.60 m. [REDACTED]
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.
Peso de la muestra total + tara : 0 gr.
Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.
Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3 "	75.00	0.00	0.00	100.00
2 "	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	37.50	0.00	0.00	100.00
1 "	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8 "	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.
Peso de la muestra total + tara : 140.05 gr.
TARA # : 188 Peso de la tara: 20.58 gr.
Peso de la muestra total : 119.47 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.54	0.45		99.55
16	1.00	0.27	0.23		99.32
20	850	0.34	0.28		99.04
30	600 µ	2.08	1.74		97.30
40	425 µ	5.35	4.48		92.82
60	250 µ	10.37	8.68		84.14
100	150 µ	8.45	7.07		77.07
200	75 µ	28.63	23.96		53.10
charola		63.44	53.10		
suma		56.03			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :
% GRAVA : 0.00
% ARENA : 46.90
% FINOS : 53.10
CLASIFICACION S. U. C. S. : ML
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



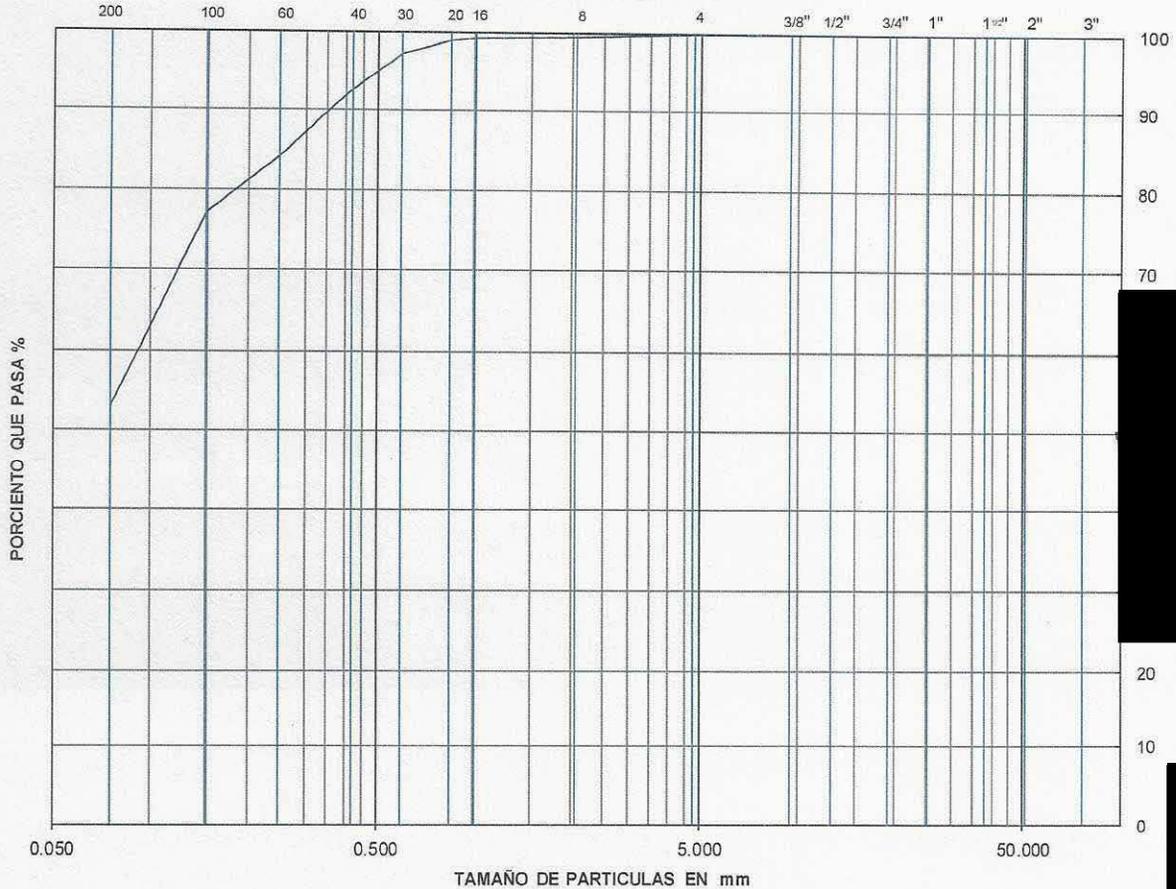
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN: [REDACTED]
0
0
 SONDEO : SIM-3
 MUESTRA N° : 44
 PROFUNDIDAD : 27.00-27.60 m.

FECHA : 05/01/2022

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : _____
 OBSERVACIONES : _____

CURVA GRANULOMÉTRICA



$D_{10} =$ _____ $D_{30} =$ _____ $D_{60} = 0.091$
 $D_{50} =$ _____ $D_{90} = 0.355$
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$ _____

% GRAVA : 0.00
 % ARENA : 46.90
 % FINO : 53.10
 S. U. C. S. : ML

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARBERA PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN : XXXXXXXXXX

FECHA: 5-ene.-22

MUESTRA Nº : 49 SONDEO: SM-3

PROFUNDIDAD: 30.00-30.60 m.

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES : MATERIAL PUMITICO

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3 "	75.00	0.00	0.00	100.00
2 "	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	37.50	0.00	0.00	100.00
1 "	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4 "	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2 "	12.50	5.77	6.27	93.73
3/8 "	9.50	4.51	4.90	88.82
4	4.76	5.40	5.87	82.95
suma		15.68	17.05	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 122.08 gr.

TARA # : 283 Peso de la tara: 30.09 gr.

Peso de la muestra total : 91.99 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	8.10	8.81		74.15
16	1.00	7.96	8.54		65.60
20	850	2.34	2.54		63.06
30	600 µ	6.83	7.42		55.64
40	425 µ	6.38	6.94		48.70
60	250 µ	7.71	8.38		40.32
100	150 µ	5.15	5.60		34.72
200	75 µ	9.65	10.49		24.23
charola		37.97	41.28		
suma		54.02			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :
% GRAVA : 17.05
% ARENA : 58.72
% FINOS : 24.23

CLASIFICACION S. U. C. S. :
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN: [REDACTED]
0
 SONDEO : SM-3
 MUESTRA Nº : 49
 PROFUNDIDAD : 30.00-30.60 m

FECHA : 05/01/2022

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: _____
 OBSERVACIONES : MATERIAL PUMITICO

CURVA GRANULOMÉTRICA



$D_{10} =$ _____ $D_{30} = 0.109$ $D_{60} = 0.729$
 $D_{50} = 0.448$ $D_{90} = 10.205$
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$ _____ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$ _____

% GRAVA : 17.05
 % ARENA : 58.72
 % FINOS : 24.23
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 - 22/Marzo 2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

LAB BARRERA FECHA: 5-ene.-22

MUESTRA Nº : 54 SONDEO: SM-3

PROFUNDIDAD: 33.00-33.30 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA : _____

OBSERVACIONES : _____

PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	18.03	12.11	87.89
3/8"	9.50	5.27	3.54	84.35
4	4.76	11.26	7.56	76.78
suma		34.56	23.22	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.

Peso de la muestra total + tara : 169.86 gr.

TARA # : 86 Peso de la tara: 21.00 gr.

Peso de la muestra total : 148.86 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	14.92	10.02		66.76
16	1.00	12.70	8.50		59.17
20	850	3.67	2.47		55.70
30	600 µ	9.48	6.37		49.33
40	425 µ	10.10	6.78		42.55
60	250 µ	11.90	7.99		34.56
100	150 µ	7.44	5.00		29.56
200	75 µ	14.70	9.88		19.68
charola		63.86	42.90		
suma		85.00			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : _____

% GRAVA : 23.22

% ARENA : 57.10

% FINOS : 19.68

CLASIFICACION S. U. C. S. : SM

TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.

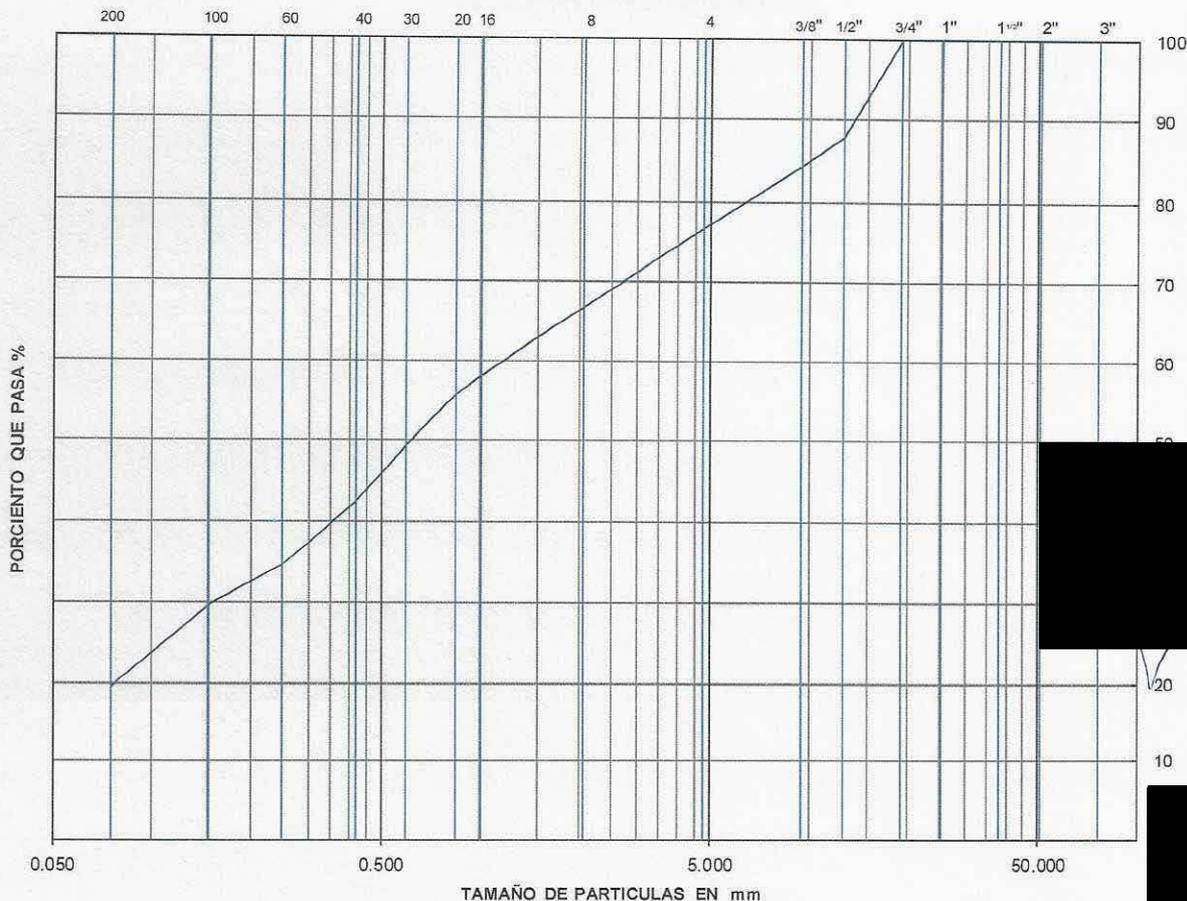
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN: [REDACTED]
0
0
 SONDEO : SM-3
 MUESTRA Nº : 54
 PROFUNDIDAD : 33.00-33.30 m.

FECHA : 05/01/2022

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : _____
 OBSERVACIONES : _____

CURVA GRANULOMÉTRICA



D₁₀ = _____ D₃₀ = 0.156 D₆₀ = 1.169

D₅₀ = 0.617 D₉₀ = 13.630

Cu = $\frac{D_{60}}{D_{10}}$ = _____

Cc = $\frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})}$ = _____

% GRAVA : 23.2
 % ARENA : 57.10
 % FINOS : 19.00
 S. U. C. S. : SM



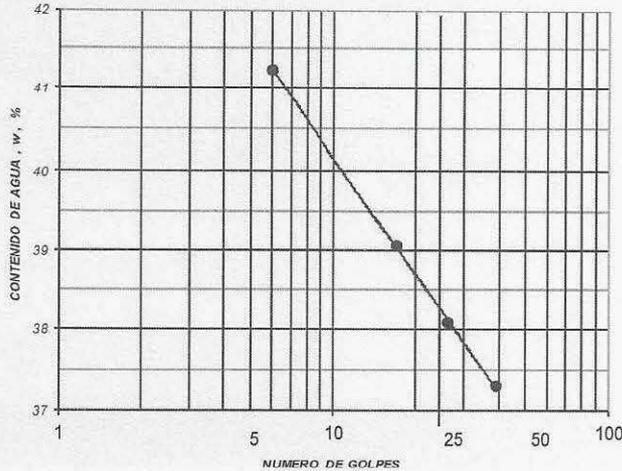
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
LÍMITES DE CONSISTENCIA**

PROYECTO: CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN: [REDACTED]
 SONDEO: SM-3
 MUESTRA No. 2 PROFUNDIDAD 0.60-1.20 m.
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA LIMO CON ARENA CAFÉ GRIS
ML

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)
NORMA: ASTM-D-4318-17

LÍMITE LÍQUIDO, L_w

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	97	23	243	206
NUMERO DE GOLPES	39	26	17	6
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	16.63	16.40	16.33	21.41
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	14.87	14.63	14.60	18.17
PESO DEL AGUA (gr)	1.76	1.77	1.73	3.24
PESO DE TARA (gr)	10.15	9.98	10.17	10.31
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4.72	4.65	4.43	7.86
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	6.48	6.42	6.16	11.10
CONTENIDO DE AGUA, w, %	37.29	38.06	39.05	41.22



LÍMITE LÍQUIDO 38.20
 LÍMITE PLÁSTICO, P_w 28.86
 ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD, P_i 9.35
 CONTRACCIÓN LINEAL, CL [REDACTED]
 SUCS ML

LÍMITE PLÁSTICO, P_w

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	29	119
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	12.09	12.91
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	11.69	12.40
PESO DEL AGUA (gr)	0.40	0.51
PESO DE TARA (gr)	10.29	10.65
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.40	1.75
CONTENIDO DE AGUA, w, %	28.57	29.14



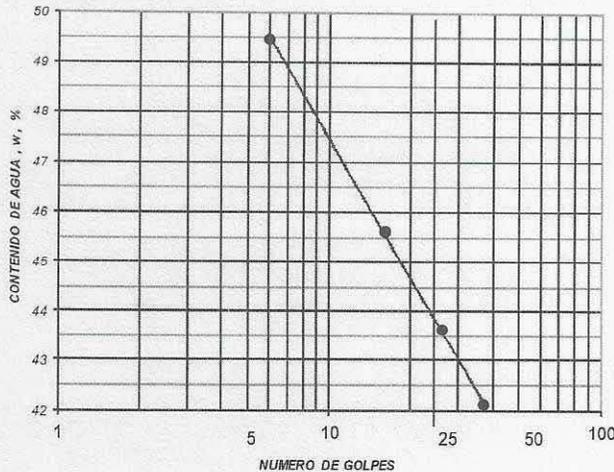
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: **CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES**
 UBICACIÓN: **[REDACTED]**
 SONDEO: **SM-3** FECHA: **04/01/2023**
 MUESTRA No. **8** PROFUNDIDAD **4.20-4.48 m.**
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA **LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA CAFÉ GRISACEO**
ML

OBSERVACIONES: **(MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)**
NORMA: ASTM-D-4318-17

LIMITE LIQUIDO, Lw

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	161	10	199	168
NUMERO DE GOLPES	37	26	16	6
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	14.80	16.05	16.68	18.26
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	12.72	14.24	14.65	15.50
PESO DEL AGUA (gr)	2.08	1.81	2.03	2.76
PESO DE TARA (gr)	7.78	10.09	10.20	9.92
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4.94	4.15	4.45	5.58
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	7.02	5.96	6.48	8.34
CONTENIDO DE AGUA, w, %	42.11	43.61	45.62	49.46



LIMITE LIQUIDO 43.75
 LIMITE PLASTICO, Pw 29.99
 INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 13.76
 CONTRACCION LINEAL, CL 4.87
 SUCS ML

CONTRACCION LINEAL		
	1	2
LEC. INI.	10.04	10.02
LEC. FIN.	9.55	9.53
C. L.	4.89	4.85

LIMITE PLASTICO, Pw

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	166	65
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	12.49	12.13
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	11.99	11.67
PESO DEL AGUA (gr)	0.50	0.46
PESO DE TARA (gr)	10.35	10.11
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.64	1.56
CONTENIDO DE AGUA, w, %	30.49	29.49



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
LIMITE DE CONSISTENCIA**

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN: [REDACTED]

SONDEO: SM-3 FECHA 04/01/2023

MUESTRA No. 20 PROFUNDIDAD 12.60-13.20 m [REDACTED]

DESCRIPCION DE LA MUESTRA LIMO CON ARENA CAFÉ OSCURO

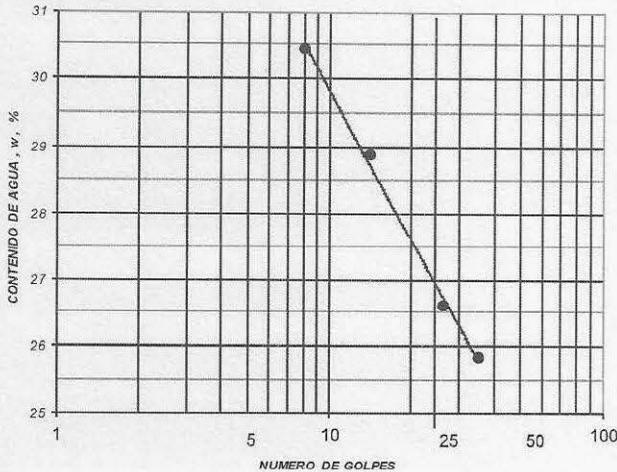
CL-ML

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)

NORMA: ASTM-D-4318-17

LIMITE LIQUIDO, Lw

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	101	135	180	67
NUMERO DE GOLPES	35	26	14	8
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	15.95	14.65	16.77	17.88
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	14.23	13.78	15.17	16.09
PESO DEL AGUA (gr)	1.72	0.87	1.60	1.79
PESO DE TARA (gr)	7.57	10.51	9.63	10.21
PESO DEL SUELO SECO (gr)	6.66	3.27	5.54	5.88
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	8.38	4.14	7.14	7.67
CONTENIDO DE AGUA, w, %	25.83	26.61	28.88	30.44



LIMITE LIQUIDO 26.86

LIMITE PLASTICO, Pw 20.06

INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 6.81

CONTRACCION LINEAL, CL 2.09

SUCS CL-ML

CONTRACCION LINEAL		
	1	2
LEC. INI.	10.01	10.02
LEC. FIN.	9.80	9.81
C. L.	2.07	2.12

LIMITE PLASTICO, Pw

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	150	8
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	12.37	11.69
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	12.05	11.41
PESO DEL AGUA (gr)	0.32	0.28
PESO DE TARA (gr)	10.47	10.00
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.58	1.41
CONTENIDO DE AGUA, w, %	20.25	19.86

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



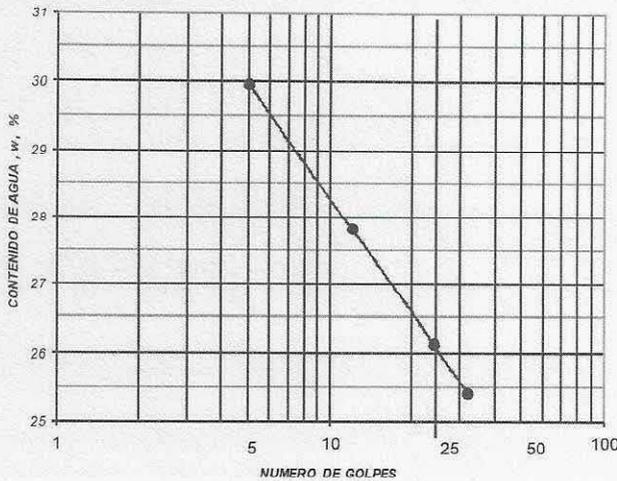
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
LÍMITES DE CONSISTENCIA**

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
 UBICACIÓN: AV. CONSTITUYENTES TORRE 26
 FECHA: 04/01/2023
 SONDEO: SM-3
 MUESTRA No. 27 PROFUNDIDAD 16.80-17.40
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA LIMO CON ARENA CAFÉ GRISACEO (MATERIAL ALGO PUMITICO)
ML

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)
NORMA: ASTM-D-4318-17

LÍMITE LIQUIDO, Lw

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	136	34	264A	258
NUMERO DE GOLPES	32	24	12	5
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	16.41	15.30	18.14	19.01
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	15.12	13.73	16.41	17.00
PESO DEL AGUA (gr)	1.29	1.57	1.73	2.01
PESO DE TARA (gr)	10.04	7.72	10.19	10.29
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.08	6.01	6.22	6.71
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	6.37	7.58	7.95	8.72
CONTENIDO DE AGUA, w, %	25.39	26.12	27.81	29.96



LÍMITE LIQUIDO 26.01
 LÍMITE PLÁSTICO, Pw 22.73
 ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD, Pi 3.28
 CONTRACCIÓN LINEAL, CL ✓
 SUCS ML

LÍMITE PLÁSTICO, Pw

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	159	6
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	10.16	13.53
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	9.74	12.93
PESO DEL AGUA (gr)	0.42	0.60
PESO DE TARA (gr)	7.80	10.41
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.94	2.52
CONTENIDO DE AGUA, w, %	21.65	23.81

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
LÍMITES DE CONSISTENCIA**

PROYECTO: CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

SONDEO: SM-3

MUESTRA No. 39 PROFUNDIDAD 24.00-24.60 m

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA LIMO CON ARENA CAFÉ OSCURO

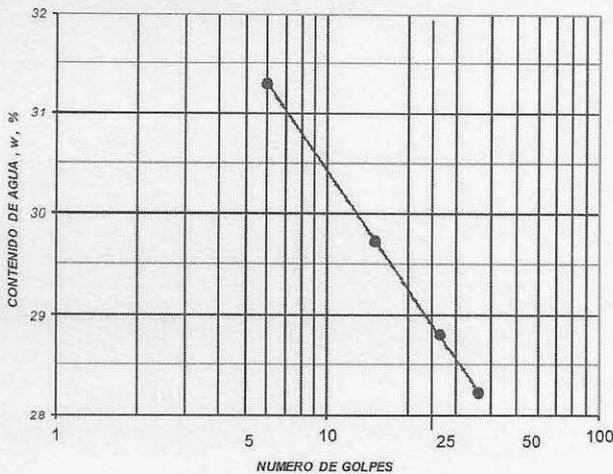
ML

FECHA 04/01/2023

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)
NORMA: ASTM-D-4318-17

LÍMITE LÍQUIDO, L_w

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	252	298	72	292
NUMERO DE GOLPES	36	26	15	6
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	17.19	16.18	16.61	20.00
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	15.64	14.27	15.10	17.55
PESO DEL AGUA (gr)	1.55	1.91	1.51	2.45
PESO DE TARA (gr)	10.15	7.64	10.02	9.72
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.49	6.63	5.08	7.83
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	7.04	8.54	6.59	10.28
CONTENIDO DE AGUA, w, %	28.23	28.81	29.72	31.29



LÍMITE LÍQUIDO 28.86

LÍMITE PLÁSTICO, P_w 24.56

ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD, P_I 4.30

CONTRACCIÓN LINEAL, CL ✓

SUCS ML

LÍMITE PLÁSTICO, P_w

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	169	123
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	11.92	12.24
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	11.56	11.90
PESO DEL AGUA (gr)	0.36	0.34
PESO DE TARA (gr)	10.10	10.51
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.46	1.39
CONTENIDO DE AGUA, w, %	24.66	24.46



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

[REDACTED]

SONDEO: SM-3 FECHA 04/01/2023

MUESTRA No. 44 PROFUNDIDAD 27.00-27.60 m [REDACTED]

DESCRIPCION DE LA MUESTRA LIMO ARENOSO CAFÉ OSCURO

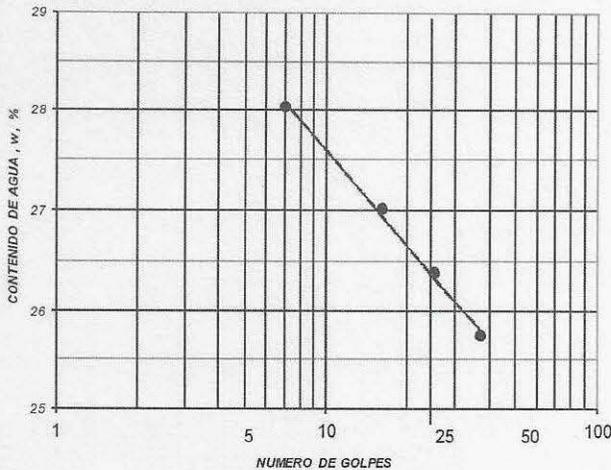
CL-ML

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)

NORMA: ASTM-D-4318-17

LIMITE LIQUIDO, Lw

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	255	156	43	48
NUMERO DE GOLPES	37	25	16	7
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	17.68	17.44	17.64	21.28
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	16.20	16.01	15.96	18.85
PESO DEL AGUA (gr)	1.48	1.43	1.68	2.43
PESO DE TARA (gr)	10.45	10.59	9.74	10.18
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.75	5.42	6.22	8.67
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	7.23	6.85	7.90	11.10
CONTENIDO DE AGUA, w, %	25.74	26.38	27.01	28.03



LIMITE LIQUIDO 26.34

LIMITE PLASTICO, Pw 21.36

INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 4.98

CONTRACCION LINEAL, CL

SUCS CL-ML

LIMITE PLASTICO, Pw

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	45	146
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	11.82	11.98
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	11.50	11.69
PESO DEL AGUA (gr)	0.32	0.29
PESO DE TARA (gr)	9.97	10.36
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.53	1.33
CONTENIDO DE AGUA, w, %	20.92	21.80

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
LIMITE DE CONSISTENCIA**

PROYECTO: CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN: [REDACTED]

FECHA 04/01/2023

SONDEO: SM-3

MUESTRA No. 54 PROFUNDIDAD 33.00-33.30 m [REDACTED]

DESCRIPCION DE LA MUESTRA ARENA LIMOSA GRIS CLARO

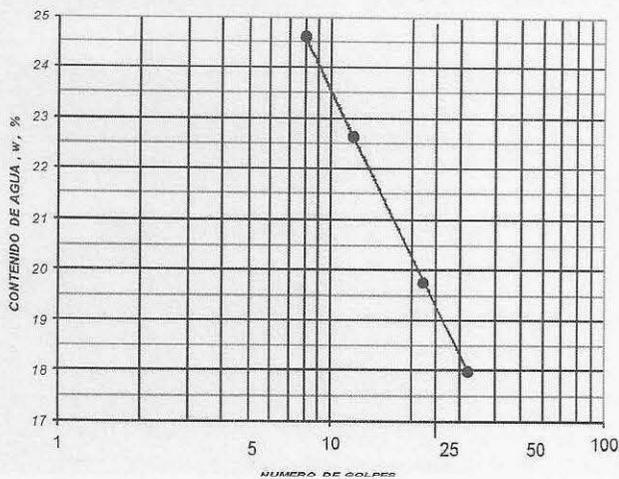
CL-ML

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)

NORMA: ASTM-D-4318-17

LIMITE LIQUIDO, Lw

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	263A	42	228	224
NUMERO DE GOLPES	32	22	12	8
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	13.53	11.67	11.97	18.10
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	13.01	11.01	11.18	16.52
PESO DEL AGUA (gr)	0.52	0.66	0.79	1.58
PESO DE TARA (gr)	10.12	7.67	7.69	10.10
PESO DEL SUELO SECO (gr)	2.89	3.34	3.49	6.42
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	3.41	4.00	4.28	8.00
CONTENIDO DE AGUA, w, %	17.99	19.76	22.64	24.61



LIMITE LIQUIDO 19.16

LIMITE PLASTICO, Pw 13.75

INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 5.40

CONTRACCION LINEAL, CL ✓

SUCS CL-ML

LIMITE PLASTICO, Pw

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	181	262
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	11.97	11.58
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	11.73	11.38
PESO DEL AGUA (gr)	0.24	0.20
PESO DE TARA (gr)	9.98	9.93
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.75	1.45
CONTENIDO DE AGUA, w, %	13.71	13.79

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

**DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO SECO EN MUESTRAS
INALTERADAS POR EL METODO DE LA PARAFINA**
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV. CONSTITUYENTES TORRE 26

LABORATORISTA: [REDACTED]
CALCULISTA:

FECHA: 04/01/2023



ENSAYE N°	SONDEO, N°	MUESTRA, N°	PROFUNDIDAD, m	PESC VOLUMETRICO DE LA PARAFINA, γ_p , g/cm ³	PESC MUESTRA HUMEDA, W_m , g	PESC MUESTRA CUBIERTA CON PARAFINA, W_{mp} , g	VOLUMEN	LECTURA INICIAL, l_0 , cm ³	LECTURA FINAL, l_f , cm ³	TESTIGO DE HUMEDAD	PESC MUESTRA HUMEDA + TARA, $P_h + T$, g	PESC MUESTRA SECA + TARA, $P_s + T$, g	PESC DE TARA, T , g	PESC AGUA, g	PESC SECO, g	CONTENIDO DE AGUA	CALCULOS	VOLUMEN DESALOJADO: $V_a = l_f - l_0$, cm ³	VOLUMEN DE PARAFINA: $V_p = W_{mp} - W_m / \rho_p$, cm ³	VOLUMEN DE LA MUESTRA: $V_m = V_a - V_p$, cm ³	PESC VOLUMETRICO HUMEDO: $m = W_m / V_m$, g/cm ³	PESC VOLUMETRICO SECO: $m_s = W_s / V_m$, g/cm ³
1	SM-3	7	3.60-4.05	0.884	57.34	62.31	253.56	287.2	78.14	57.61	20.94	10.53	46.67	22.56	33.64	5.622	28.018	2.047	1.670			
2	SM-3	11	6.00-6.45	0.884	99.28	118.49	253.4	327.88	70.28	57.82	20.20	12.46	37.62	33.12	74.48	21.731	52.749	1.882	1.414			
3	SM-3	17	10.20-10.80	0.884	66.39	77.74	253.5	301.46	62.66	53.53	20.58	9.13	32.95	27.71	47.96	12.839	35.121	1.890	1.480			

OBSERVACIONES:

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



DENSIDAD DE SOLIDOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

SONDEO: SM-3

FECHA : 5-ene-23

MUESTRA	PROFUNDIDAD m	PIC No	TEMP °C	PIC+Ww gr	PIC+Ww+Ws gr	Wbws gr	Wbw gr	Ws gr	Vs cm3	Ss
2	0.60-1.20	1	30.00	158.50	208.55	685.10	656.01	50.05	20.96	2.388
		13	30.00	176.24	226.45	703.23	674.13	50.21	21.11	2.378
										2.383
8	4.20-4.48	6	30.00	162.26	212.35	690.19	660.05	50.09	19.95	2.511
		7	30.00	159.88	210.02	688.21	657.76	50.14	19.69	2.546
										2.529
12	6.60-6.85	8	30.00	164.85	214.92	692.45	661.75	50.07	19.37	2.585
		9	30.00	165.81	215.96	693.40	663.14	50.15	19.89	2.521
										2.553
20	12.60-13.20	10	30.00	161.46	211.59	689.31	658.92	50.13	19.74	2.540
		11	30.00	173.51	223.61	701.38	671.17	50.10	19.89	2.519
										2.529

FORMULA

$$Ws = (PIC+Ww+Ws) - (PIC+Ww)$$

$$Vs = Ws + Wbws$$

OBSERVACIONES : _____

NORMA: _____

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023



DENSIDAD DE SOLIDOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

[Redacted]

FECHA : 5-ene.-23

SONDEO: SM-3

[Redacted]

HOJA 2 DE 2

MUESTRA	PROFUNDIDAD m	PIC No	TEMP °C	PIC+Ww gr	PIC+Ww+Ws gr	Wbws gr	Wbw gr	Ws gr	Vs cm3	Ss
26	16.20-16.80	16	30.00	158.93	209.09	687.01	656.16	50.16	19.31	2.598
		17	30.00	163.86	214.05	692.00	661.11	50.19	19.30	2.601
										2.599
35	21.60-21.75	18	30.00	164.63	214.78	692.35	661.97	50.15	19.77	2.537
		19	30.00	161.11	211.20	688.89	658.38	50.09	19.58	2.558
										2.547
44	27.00-27.60	13	30.00	177.35	227.68	704.51	674.13	50.33	19.95	2.523
		1	30.00	159.89	210.11	686.70	656.01	50.22	19.53	2.571
										2.547

FORMULA

$$Ws = (PIC+Ww+Ws) - (PIC+Ww)$$

$$Vs = Ws + Wbws$$

OBSERVACIONES : _____

NORMA: _____

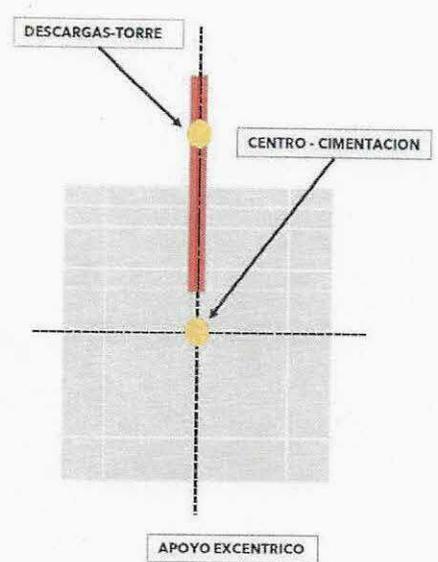
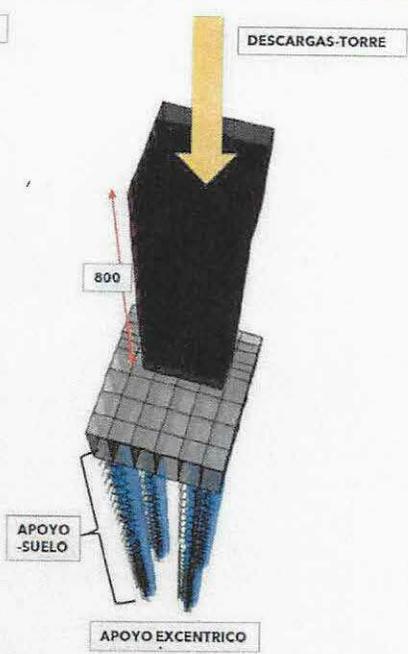
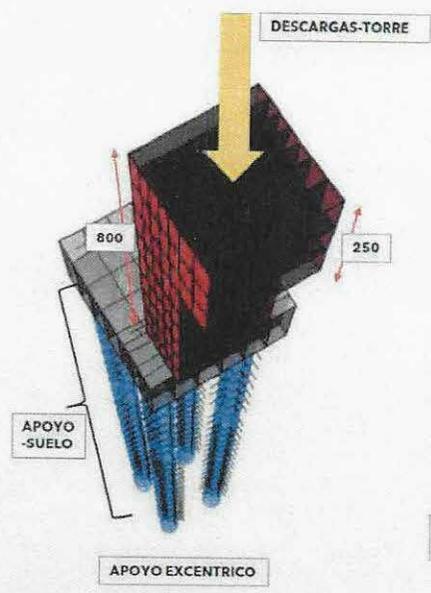
[Redacted]

[Redacted]

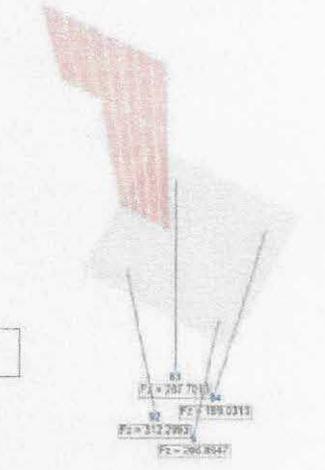
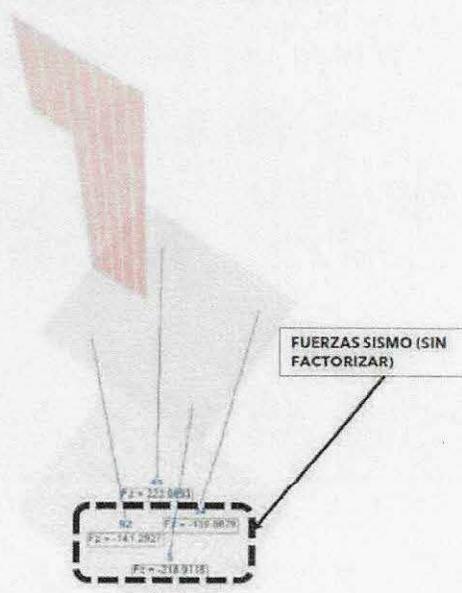
13. ANEXO 4. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO, EXCÉNTRICA

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

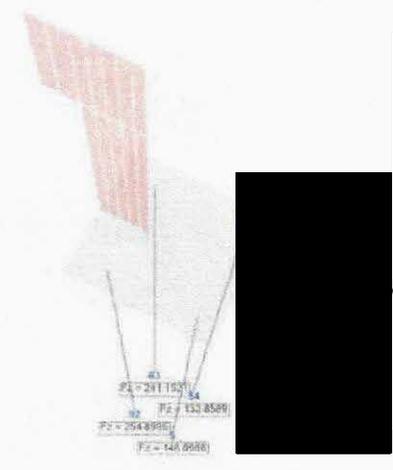
Revisión 1 – 22/Marzo 2023



MODELO CON CIMENTACION



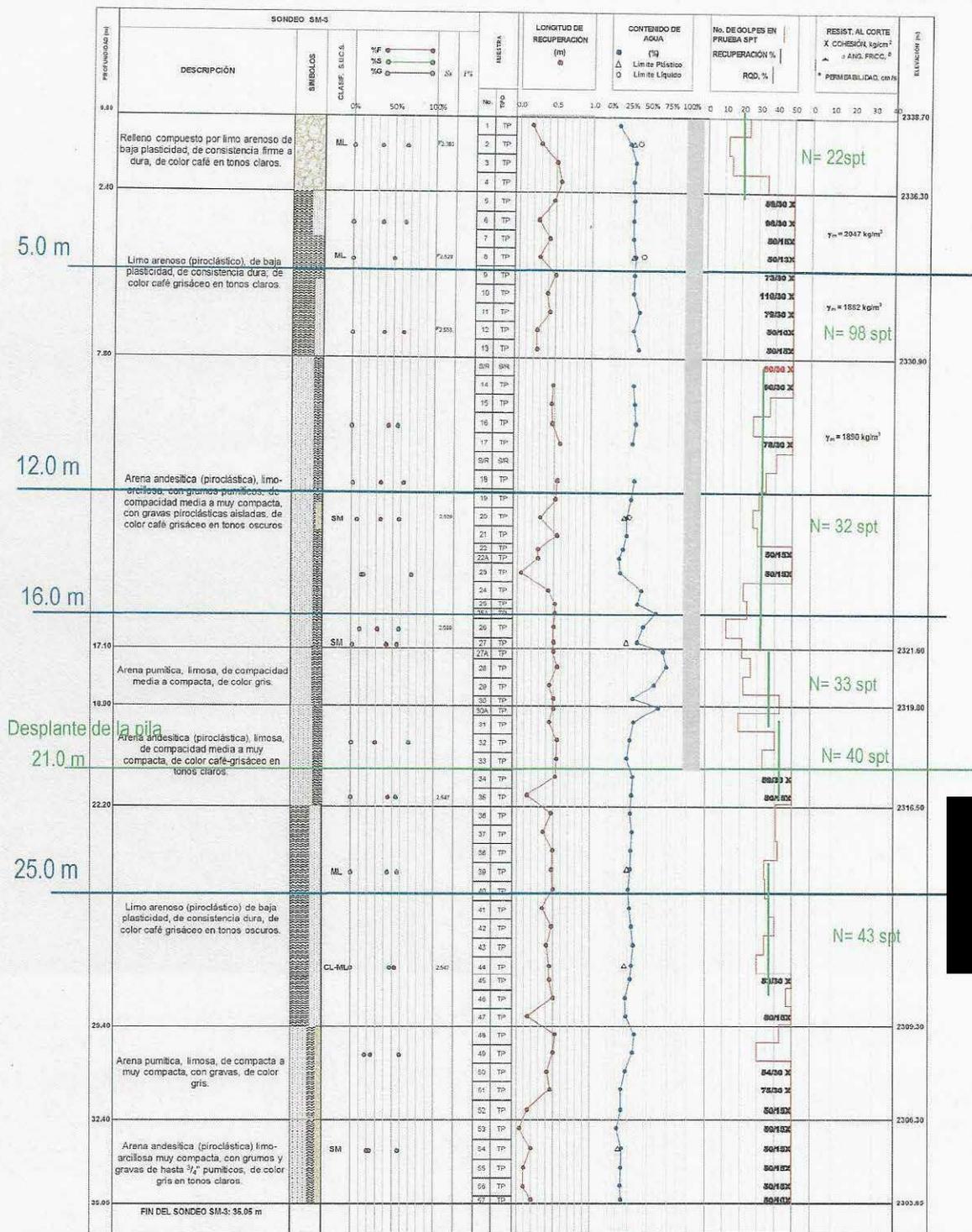
EN SERVICIO (CARGAS FACTORIZADAS)
SUM = 996 TN
INCLUYE PESO DE 4 PILAS DE 1M DE DIAMETRO Y 28 M DE PROFUNDIDAD



FUERA DE SERVICIO (CARGAS FACTORIZADAS)
SUM = 775 TN
INCLUYE PESO DE 4 PILAS DE 1M DE DIAMETRO Y 28 M DE PROFUNDIDAD

14. ANEXO 5. MEMORIA DE CÁLCULO

TORRE 26, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 100323



SIMBOLOGÍA		NOMENCLATURA		COORDENADAS DEL SONDEO	
	ARENA		ARCILLA	E = 478.302	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES - LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3.
	CONCRETO HIDRÁULICO		LIMO	N = 2145.511	
	ROLITA		GRAVA	Z = 2338.70	
	PÉRDIDA DE AGUA		CAPA SUPERFICIAL	PERFIL ESTRATIGRÁFICO SONDEO SM-3 (TORRE 26)	

TORRE 26, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 100323

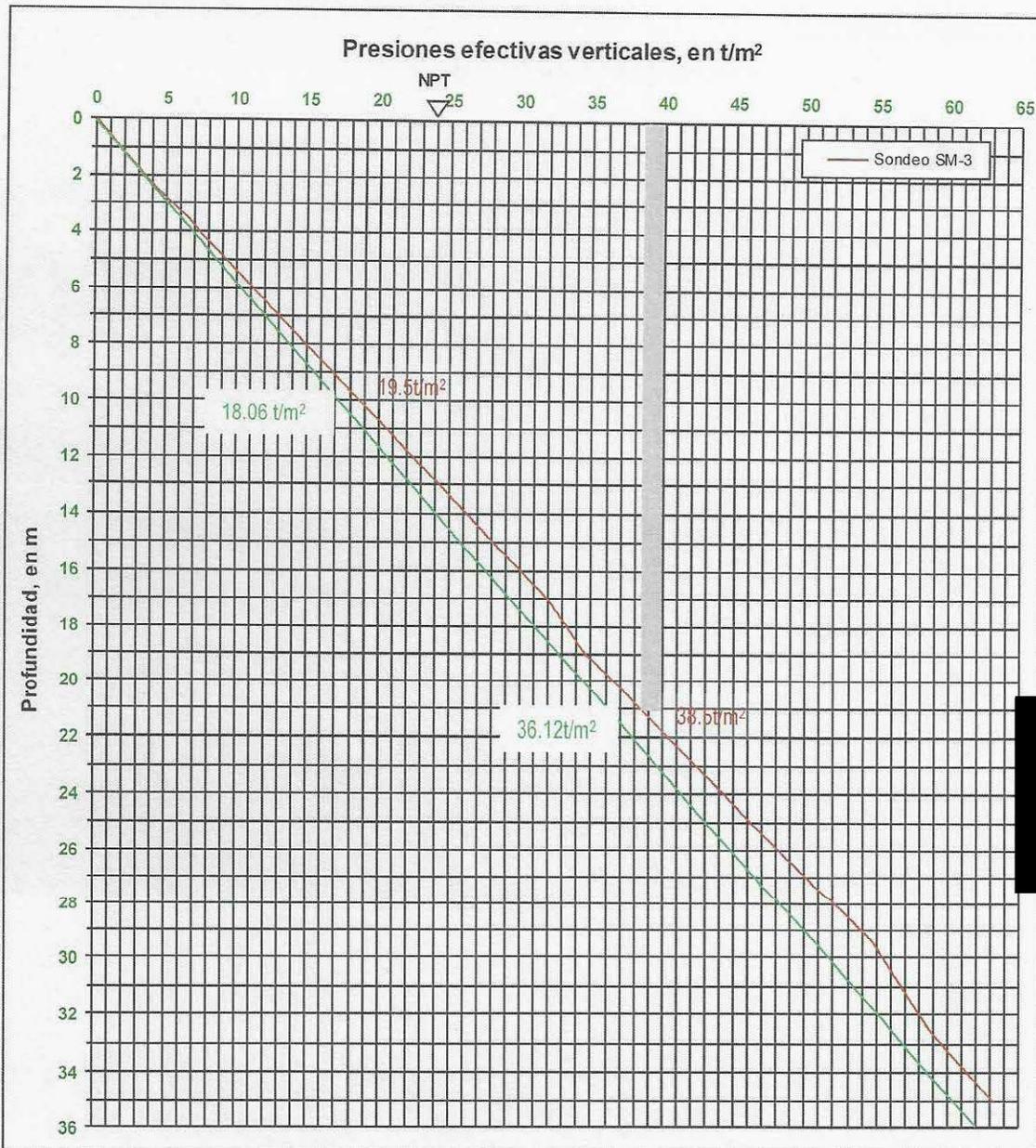
Cablebús Línea 3, Torre No. 26, Constituyentes, CDMX

Análisis Geotécnico

5.2.- Determinación de presiones efectivas geostáticas

Sondeos empleados: **SM-3**

Elevación del brocal de **2330.90** msnm



ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA LA
CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE
SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO
CONSTITUYENTES – LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3.-
TORRE 26

FECHA: Enero de 2023
CALCULO: Ing. Luis Enrique Muciños
REVISO: Ing. Benjamín Silva Zárate
HOJA: 5 DE: 13

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

Estrato No.	Profundidad, m		Cohesión, t/m ²	Ángulo de fricción, grados	Peso volumétrico, t/m ³	Módulo de Elasticidad, E, kg/cm ²	Relación de Poisson, ν
1	0.00	2.40	0.6	15.9	1.666	128	0.35
2	2.40	7.80	0.0	33.0	1.912	102	0.40
3	7.80	17.10	5.3	34.0	1.890	128	0.35
4	17.10	18.90	0.0	30.0	1.300	520	0.30
5	18.90	22.20	0.0	34.8	1.855	690	0.33
6	22.20	29.40	0.0	34.0	1.859	668	0.30
7	29.40	32.40	0.0	31.4	1.300	850	0.30
8	32.40	35.05	13.6	36.5	1.702	850	0.30

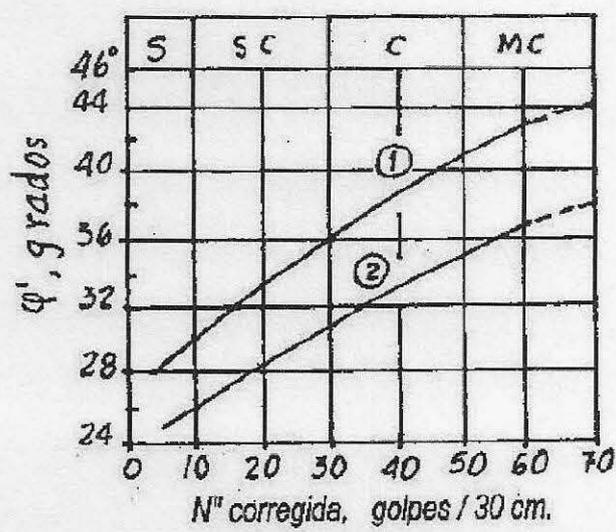
Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

TORRE 26, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 100323

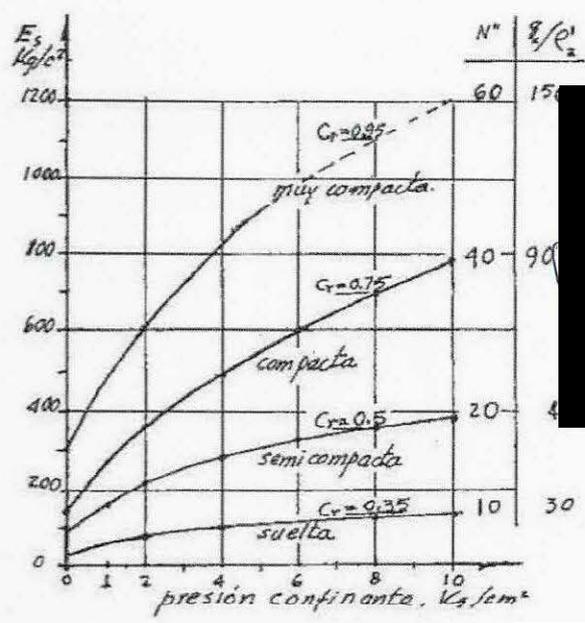
TORRE 26. LÍNEA 3 DE CABLEBÚS										
ESTRATO No	PROFUNDIDAD, m		c, t/m ²	φ, grados	γ _m , t/m ³	E _r , kg/cm ²	ν	N _{spt}	DESCRIPCION DEL SUELO	
	DE	A								
1	0.00	2.40	-	-	1.70	180(**)	0.40	22	Relleno. Limo arenoso. Material café claro de consistencia muy firme.	
2	2.40	7.80	-	33(*)	1.75	520(**)	0.33	98	Limo arenoso. Material café grisáceo de consistencia dura.	
3	7.80	17.10	2.8 ⁽¹⁾	34(*)	1.65	350(**)	0.33	32	Arena andesítica con gravas aisladas. Material café grisáceo y compacto.	
4	7.80	17.10	10.4 ⁽²⁾	34(*)	1.65	350(**)	0.33	32	Arena andesítica con gravas aisladas. Material café grisáceo y compacto.	
4	17.10	18.90	-	34(**)	1.65	350(**)	0.33	33	Arena pumítica. Material gris y compacto.	
5	18.90	22.20	-	34(**)	1.65	425(**)	0.33	40	Arena andesítica y limosa. Material café grisáceo y compacto.	
6	22.20	29.40	-	34(**)	1.65	525(**)	0.33	43	Limo arenoso. Material de color café grisáceo y de consistencia dura.	

c = Parametro de cohesión	E = Módulo de elasticidad
φ = Ángulo de fricción	ν = Relación de Poisson
γ _m = Peso volumétrico	N _{spt} = Número de golpes promedio en prueba de penetración estándar
(*) Obtenido de prueba de picómetro	(**) Obtenido por correlación, E Tamez, ref 2.
(1) Picómetro a 12.0 m de profundidad	ν = 0.5 arcillas, 0.25 para los demás materiales.
(2) Picómetro a 16.0 m de profundidad	



(1) Arena bien graduada, granos angulosos
(2) Arena fina, o arena limosa, granos redondeados

(a)



b) Módulo de Young para arena limo media, en prueba triaxial drenada para diferentes presiones confinantes y compacidades relativas

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

TORRE 26, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 100323

Cablebús Línea 3, Torre No. 26, Constituyentes, CDMX

5.1.- Datos para la obtención de los diagramas de presiones verticales iniciales del subsuelo.
(Considerando la propuesta de cimentación).

N.A.F. > 35.05 m (Elev. < 2303.65 m)

SONDEO : SM-3

Profundidad, m	Prof. Media	Espesor del estrato, m	Densidad de Sólidos	Contenido de agua	Relación de Vacíos, e	Peso vol. γ_{vol}	Presión total, γ_{tm}^2	Presión de poro	Presión efectiva	Presión efectiva media, γ_{tm}^2
De a	m	m		%		t/m^3	Parcial	Acumulada	t/m^2	t/m^2
0.00	0.60	0.30	2.383	10.11%	0.72	1.666	1.00	1.00	0.00	1.00
0.60	1.20	0.60	2.383	24.28%	0.78	1.666	1.00	2.00	0.00	2.00
1.20	1.80	0.60	2.383	31.13%	0.77	1.770	1.06	3.06	0.00	3.06
1.80	2.40	0.60	2.383	28.90%	0.70	1.810	1.09	4.15	0.00	4.15
2.40	3.00	0.60	2.529	29.50%	0.67	2.047	1.23	5.38	0.00	5.38
3.00	3.60	0.60	2.529	28.59%	0.67	2.047	1.23	6.60	0.00	6.60
3.60	4.20	0.60	2.529	28.05%	0.67	1.659	1.00	7.60	0.00	7.60
4.20	4.80	0.60	2.529	31.96%	0.67	2.047	1.23	8.83	0.00	8.83
4.80	5.40	0.60	2.553	30.38%	0.67	1.882	1.13	9.96	0.00	9.96
5.40	6.00	0.60	2.553	29.92%	0.67	1.882	1.13	11.09	0.00	11.09
6.00	6.60	0.60	2.553	37.33%	0.67	1.682	1.13	12.21	0.00	12.21
6.60	7.20	0.60	2.553	29.34%	0.67	1.882	1.13	13.34	0.00	13.34
7.20	7.80	0.60	2.553	38.74%	0.67	1.882	1.13	14.47	0.00	14.47
7.80	8.40	0.60	2.529		0.67	1.590	1.13	15.61	0.00	15.61
8.40	9.00	0.60	2.529	30.48%	0.67	1.890	1.13	16.74	0.00	16.74
9.00	9.60	0.60	2.529	32.20%	0.69	1.890	1.13	17.87	0.00	17.87
9.60	10.20	0.60	2.529	33.26%	0.71	1.890	1.13	19.01	0.00	19.01
10.20	10.80	0.60	2.529	29.54%	0.67	1.890	1.13	20.14	0.00	20.14
10.80	11.40	0.60	2.529		0.66	1.890	1.13	21.28	0.00	21.28
11.40	12.00	0.60	2.529	32.11%	0.70	1.890	1.13	22.41	0.00	22.41
12.00	12.60	0.60	2.529	27.98%	0.70	1.890	1.13	23.54	0.00	23.54
12.60	13.20	0.60	2.529	23.15%	0.71	1.890	1.13	24.68	0.00	24.68
13.20	13.80	0.60	2.589	22.53%	0.71	1.890	1.13	25.81	0.00	25.81
13.80	14.40	0.60	2.589	17.99%	0.67	1.890	0.57	26.38	0.00	26.38
14.40	15.00	0.60	2.589	13.70%	0.67	1.890	0.57	26.95	0.00	26.95
15.00	15.60	0.60	2.589	15.04%	0.67	1.890	1.13	28.08	0.00	28.08
15.60	16.20	0.60	2.589	42.29%	0.73	1.890	1.13	29.21	0.00	29.21
16.20	16.80	0.60	2.589	36.63%	0.72	1.890	0.57	29.78	0.00	29.78
16.80	17.40	0.60	2.589	60.16%	0.72	1.890	0.57	30.35	0.00	30.35
17.40	18.00	0.60	2.589	44.19%	0.78	1.890	1.13	31.48	0.00	31.48
18.00	18.60	0.60	2.589	36.93%	0.73	1.890	0.57	32.05	0.00	32.05
18.60	19.20	0.60	2.589	69.56%	0.73	1.300	0.39	32.44	0.00	32.44
19.20	19.80	0.60	2.589	73.47%	0.72	1.300	0.78	33.22	0.00	33.22
19.80	20.40	0.60	2.589	57.92%	0.73	1.300	0.78	34.00	0.00	34.00
20.40	21.00	0.60	2.547	31.07%	0.68	1.300	0.39	34.39	0.00	34.39
21.00	21.60	0.60	2.547	63.70%	0.68	1.935	0.58	34.97	0.00	34.97
21.60	22.20	0.60	2.547	32.27%	0.74	1.935	1.16	36.13	0.00	36.13
22.20	22.80	0.60	2.547	27.30%	0.69	1.923	1.15	37.29	0.00	37.29
22.80	23.40	0.60	2.547	28.77%	0.70	1.855	1.11	38.40	0.00	38.40
23.40	24.00	0.60	2.547	30.97%	0.67	1.998	1.20	39.60	0.00	39.60
24.00	24.60	0.60	2.547	29.30%	0.67	1.981	1.19	40.79	0.00	40.79
24.60	25.20	0.60	2.547	28.08%	0.68	1.937	1.16	41.95	0.00	41.95
25.20	25.80	0.60	2.547	30.64%	0.68	1.976	1.19	43.13	0.00	43.13
25.80	26.40	0.60	2.547	29.13%	0.68	1.955	1.17	44.31	0.00	44.31
26.40	27.00	0.60	2.547	37.89%	0.70	1.919	1.15	45.46	0.00	45.46
27.00	27.60	0.60	2.547	28.15%	0.70	1.895	1.14	46.60	0.00	46.60
27.60	28.20	0.60	2.547	27.39%	0.69	1.917	1.15	47.75	0.00	47.75
28.20	28.80	0.60	2.547	29.77%	0.69	1.961	1.16	48.92	0.00	48.92
28.80	29.40	0.60	2.547	38.27%	0.69	1.985	1.19	50.11	0.00	50.11
29.40	30.00	0.60	2.547	29.50%	0.71	1.931	1.16	51.27	0.00	51.27
30.00	30.60	0.60	2.547	28.48%	0.67	1.960	1.18	52.45	0.00	52.45
30.60	31.20	0.60	2.547	22.18%	0.67	1.859	1.12	53.66	0.00	53.66
31.20	31.80	0.60	2.547	22.60%	0.67	1.873	1.12	54.69	0.00	54.69
31.80	32.40	0.60	2.547	33.81%	0.68	1.300	0.78	55.47	0.00	55.47
32.40	33.00	0.60	2.547	31.03%	0.71	1.300	0.78	56.25	0.00	56.25
33.00	33.60	0.60	2.547	21.67%	0.67	1.300	0.78	57.03	0.00	57.03
33.60	34.20	0.60	2.547	18.27%	0.67	1.300	0.78	57.81	0.00	57.81
34.20	34.80	0.60	2.547	16.59%	0.67	1.300	0.78	58.59	0.00	58.59
34.80	35.40	0.60	2.547	11.68%	0.67	1.702	1.02	59.61	0.00	59.61
35.40	36.00	0.60	2.547	17.10%	0.67	1.786	1.07	60.68	0.00	60.68
36.00	36.60	0.60	2.547	16.98%	0.67	1.790	1.07	61.75	0.00	61.75
36.60	37.20	0.60	2.547	15.56%	0.67	1.763	1.08	62.81	0.00	62.81
37.20	37.80	0.60	2.547	16.44%	0.67	1.776	0.44	63.26	0.00	63.26
37.80	38.40	0.60	2.547							
38.40	39.00	0.60	2.547							
39.00	39.60	0.60	2.547							
40.00	40.00	0.00								
suma =		35.05								

NOTA: 1. Los números en color verde y negro son datos del sondeo considerado en el análisis.
y los de color rojo son los cálculos realizados.
2. La profundidad está en relación al Nivel de Terreno Natural NTN 0.00, para fines de cálculos.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES - LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3, TORRE 26

FECHA: Enero de 2023
CALCULO: Ing. Luis Enrique Muciñoz
REVISO: Ing. Benjamín Silva Zárate
HOJA: 4 DE 13

TORRE 26, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 100323

Hoja 1 de 7

Proyecto:T-26, CABLEBUS LINEA 3 (Marzo 2023)

Memoria de cálculo:

**CAPACIDAD DE CARGA EN PILAS DE ACUERDO CON LAS NORMAS
TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE
CIMENTACIONES, DICIEMBRE 2017**

1.- PROPIEDADES DEL SUELO Y DIMENSIONES DE LAS PILAS

B := 1.0, 1.2, 1.4	Diámetro de las pilas, m
$L := 21$	Longitud de las pilas, m
Le := 1.5	Longitud de la pila empotrada en el estrato resistente, m
$\gamma_1 := 1.72$	Peso volumétrico de estrato superior, t/m ³
$\phi_1 := 33$	Ángulo de fricción del estrato superior, °
$\gamma_2 := 1.72$	Peso volumétrico de estrato resistente, t/m ³
$\phi_2 := 34$	Ángulo de fricción del estrato resistente, °
$\gamma_w := 0$	Peso volumétrico del agua, t/m ³

2.- CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA, INCISO 3.6.1.1

Fr1 := 0.35 Factor de resistencia

Pv := 36.12 Presión vertical total debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas, t/m²

$P'v := (\gamma_1 - \gamma_w) \cdot (L - Le) + (\gamma_2 - \gamma_w) \cdot Le$ P'v = 36.12 Presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas, t/m²

$P'v := 36.12$ Presión vertical efectiva real debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas

$A_p(B) := \frac{\pi \cdot B^2}{4}$ Área transversal del área de la base de la pila, m²

$a_1(B) := \frac{Le}{B}$

a1(B) =

1.50
1.25
1.07

TORRE 26, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 100323

Hoja 2 de 7

$$a2 := 4 \cdot \tan \left[\left(45 + \frac{\phi 2}{2} \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right] \quad a2 = 7.52$$

Cálculo del coeficiente de capacidad de carga, ec. 3.15, 3.16 y Tabla 3.3

$$N_{max} := 0.3306e^{0.175 \cdot \phi 2} \quad N_{max} = 126.87$$

$$N_{min} := 0.5916e^{0.1201 \cdot \phi 2} \quad N_{min} = 35.11$$

$$Nq(B) := \text{if} \left[a1(B) > a2, N_{max}, N_{min} + Le \cdot \frac{N_{max} - N_{min}}{4 \cdot B \cdot \tan \left[\left(45 + \frac{\phi 2}{2} \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right]} \right]$$

Coeficiente de capacidad de carga

Nq(B) =

53.41
50.36
48.18

Coeficiente de capacidad de carga

$$Cp(B) := (P'v \cdot Nq(B) \cdot Fr1 + Pv) \cdot Ap(B)$$

Capacidad de carga por punta, t, ec. 3.14

B =

1.00
1.20
1.40

Cp(B) =

558.63
760.83
993.19

Capacidad de carga por punta, t, ec. 3.14

TORRE 26, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 100323

Hoja 3 de 7

3.- CAPACIDAD DE CARGA POR FRICCIÓN LATERAL, INCISO 3.6.1.2

Fr2 := 0.65 Factor de reducción

$P'_{vm} := \frac{(L \cdot \gamma_1)}{2}$ P'vm = 18.06 Presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad media de desplante de las pilas, t/m²

$z_m := \frac{L}{2}$ z_m = 10.50 Presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad media de desplante de las pilas, t/m²

$\beta := (1.5 - 0.24\sqrt{z_m})$ β = 0.72 coeficiente de fricción elemento suelo en el estrato, t/m²

$L_{\text{eff}} := 19$ Longitud efectiva de las pilas, m

All(B) := π · B · (L) Área lateral del elemento en el estrato superior, m²

Cf(B) := All(B) · β · Fr2 · P'vm Capacidad por fricción lateral, t, ec. 3.12

4.- CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA Y FRICCIÓN LATERAL

$R(B) := C_p(B) + C_f(B)$ Capacidad de carga, t

B =	All(B) =	Ap(B) =	Cf(B) =	Cp(B) =	R(B) =
1.00	59.69	0.79	506.13	558.63	1.06 · 10 ³
1.20	71.63	1.13	607.35	760.83	1.37 · 10 ³
1.40	83.57	1.54	708.58	993.19	1.70 · 10 ³

TORRE 26, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 100323

5.- ASENTAMIENTOS

Hoja 4 de 7

$E_s := 678$ módulo de elasticidad del suelo en kg/cm^2 (Figura 9, valores determinados por e Ing ETG a partir de los resultados obtenidos en pruebas de carga realizadas en pilas).

$\nu := 0.25$ módulo de Poisson

Propiedades del material que compone la pila

$\gamma_c := 2.4$ peso volumétrico del concreto en t/m^3

$f'_c := 350$ resistencia del concreto a la compresión, en kg/cm^2

$E_c := \sqrt{f'_c} 14000$ $E_c = 2.62 \times 10^5$ módulo de elasticidad del concreto, en kg/cm^2

$f_y := 4200$ esfuerzo de fluencia del acero, en kg/cm^2

2.1.4 Asentamiento elástico de la columna de concreto $\rho_c(B)$

$$\rho_c(B) := \frac{C_p(B) + 0.66 C_f(B)}{10 \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4} \right)} \cdot \left(\frac{L}{E_c} \right) \cdot 100$$

2.1.5 Asentamiento elástico del suelo bajo la punta de la pila $\rho_s(B)$

$$\rho_s(B) := \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot (1 - \nu^2)}{4 \cdot E_s} \cdot \frac{C_p(B) \cdot B}{10 \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4} \right)} \cdot 100$$

2.1.6 Asentamiento total en la cabeza de la pila $\rho_t(B)$

$$\rho_t(B) := \rho_c(B) + \rho_s(B)$$

B =	$\rho_c(B) =$	$\rho_s(B) =$	$\rho_t(B) =$
1.00	0.82	3.86	4.69
1.20	0.75	4.38	5.13
1.40	0.69	4.90	5.59

TORRE 26, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 100323

Hoja 5 de 7

6. CAPACIDAD DE CARGA ESTRUCTURAL

3.1 Resistencia última. Re

3.1.1 Area de la sección en m²

$$As(B) := \frac{\pi \cdot B^2}{4}$$

3.1.2 Area del acero m²

Se considera 0.01 de As

$$Re(B) := \frac{0.85 \frac{\pi}{4} \cdot [(f'c \cdot 10) + (0.01 \cdot fy \cdot 10)] \cdot (B)^2}{2}$$

6. PESO DEL ELEMENTO

$$V(B) := Ap(B) \cdot L$$

$$W(B) := V(B) \cdot \gamma_c$$

7. CAPACIDAD DE CARGA A LA TENSIÓN

$$CT(B) := Cf(B) + W(B)$$

B = All(B) = Ap(B) = Cf(B) = Cp(B) = R(B) =

1.00	59.69	0.79	506.13	558.63	1.06·10 ³
1.20	71.63	1.13	607.35	760.83	1.37·10 ³
1.40	83.57	1.54	708.58	993.19	1.70·10 ³

W(B) = V(B) = CT(B) = Re(B) = pc(B) = ps(B) = pt(B) =

35.81	14.92	541.94	1.31·10 ³	0.82	3.86	4.69
51.57	21.49	658.92	1.88·10 ³	0.75	4.38	5.13
70.20	29.25	778.77	2.56·10 ³	0.69	4.90	5.59

TORRE 26, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 100323

Hoja 6 de 7

5.- ASENTAMIENTOS CONSIDERANDO LA CARGA DE LA SOLICITACIÓN SIN FACTORIZAR.

$E_s := 678$ módulo de elasticidad del suelo en kg/cm². (Figura 9, valores determinados por el Ing ETG a partir de los resultados obtenidos en pruebas de carga realizadas en pilas).

$\nu := 0.25$ módulo de Poisson

Propiedades del material que compone la pila

$\gamma_c := 2.4$ peso volumétrico del concreto en t/m³

$f'_c := 350$ resistencia del concreto a la compresión, en kg/cm²

$E_c := \sqrt{f'_c} \cdot 14000$ $E_c = 2.62 \times 10^5$ módulo de elasticidad del concreto, en kg/cm²

$f_y := 4200$ esfuerzo de fluencia del acero, en kg/cm²

$$W(B) := V(B) \cdot \gamma_c$$

$$C_p(B) := \left[\frac{(P'v \cdot N_q(B) \cdot Fr1 + P_v) \cdot A_p(B)}{1.4} \right] \quad \text{Capacidad de carga por punta, t, ec. 3.14}$$

$$C_f(B) := \left(\frac{A_{ll}(B) \cdot \beta \cdot Fr2 \cdot P'v_m}{1.4} \right) - W(B) \quad \text{Capacidad por fricción lateral, t, ec. 3.15}$$

2.1.4 Asentamiento elástico de la columna de concreto

$$\rho_c(B) := \frac{C_p(B) + 0.66 C_f(B)}{10 \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4} \right)} \cdot \left(\frac{L}{E_c} \right) \cdot 100$$

2.1.5 Asentamiento elástico del suelo bajo la punta de la pila

$$\rho_s(B) := \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot (1 - \nu^2)}{4 E_s} \cdot \frac{C_p(B) \cdot B}{10 \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4} \right)} \cdot 100$$

TORRE 26, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 100323

2.1.6 Asentamiento total en la cabeza de la pila

Hoja 7 de 7

$$\rho t(B) := \rho\alpha(B) + \rho s(B)$$

B =

1.00
1.20
1.40

$\rho\alpha(B) =$

0.57
0.51
0.47

$\rho s(B) =$

2.76
3.13
3.50

$\rho t(B) =$

3.33
3.64
3.97

Capacidades de carga de pilas, Marzo 2023. T-26 LÍNEA 3 DE CABLEBÚS

Diametro de pila m	Área lateral, A_l m^2	Área de punta A_p m^2	Capacidad por fricción, C_f t	Capacidad por punta, C_p t	Peso de pila t	Capacidad de carga reducida, R t	Compresión t	Tensión t	Deformación, cm	Esf, kg/cm ²	Kv, ton/cm	K, kg/cm ³
1.0	59.7	0.785	506.1	558.6	35.8	1029.0	1029.0	529.4	3.3	93.6	220.7	28.1
1.2	71.6	1.131	607.4	760.8	51.6	1316.6	1316.6	640.9	3.6	83.2	258.4	22.8
1.4	83.6	1.539	708.6	993.2	70.2	1631.6	1631.6	754.2	4.0	75.7	293.6	19.1

TORRE 26, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 100323

14a.- Estimación del Módulo de Reacción Horizontal (k_h)

a) ESTÁTICOS: k_h

En suelos predominantemente friccionantes:

$$k_h = n_h \frac{z}{d}$$

Donde:

k_h =Módulo de reacción horizontal del suelo, en MN/m³

n_h =Coeficiente de variación de la reacción lateral del suelo, en MN/m³

z = Profundidad, en m.

D = diámetro de la pila, m = 1.00 m

$$1.00 \frac{\text{MN}}{\text{m}^3} = 0.102 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

Compacidad o Consistencia	n_h	z	k_h	k_h	k_{hc}	Profundidad, m	
	MN/m ³	m	MN/m ³	kg/cm ³	kg/cm ³	de	a
Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia firme	5.5	1.20	6.60	0.67	0.34	0.00	2.40
Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura	15	5.10	76.50	7.80	3.90	2.40	7.80
Arena limo-arcillosa, media a muy compacta, con gravas	5.5	12.45	68.48	6.98	3.49	7.80	17.10
Arena pumítica, limosa, de compacidad media a compacta	5.5	18.00	99.00	10.10	5.05	17.10	18.90
Arena limosa, de compacidad media a muy compacta	5.5	20.55	113.03	11.53	5.76	18.90	22.20
Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura	15.0	25.80	387.00	39.47	19.74	22.20	29.40
Arena pumítica, limosa, compacta a muy compacta, con gravas	15.0	30.90	463.50	47.28	23.64	29.40	32.40
Arena limo-arcillosa muy compacta, con gravas de hasta 20 mm	15.0	33.73	505.88	51.60	25.80	32.40	35.05

b) CÍCLICOS: MRHc

El valor del Módulo de Reacción Lateral MRHc decrece del orden de un 25% del valor inicial para suelos blandos o sueltos y del orden del 50% del valor inicial para suelos duros o compactos, Ref. 7

TORRE 26, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 100323

14a.- Estimación del Módulo de Reacción Horizontal (k_h)

a) ESTÁTICOS: k_h

$$k_h = n_h \frac{z}{d}$$

Donde:

k_h =Módulo de reacción horizontal del suelo, en MN/m³

n_h =Coeficiente de variación de la reacción lateral del suelo, en MN/m³

z = Profundidad, en m.

D = diámetro de la pila, m = **1.20 m**

$$1.00 \frac{\text{MN}}{\text{m}^3} = 0.102 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

Compacidad o Consistencia	n_h	z	k_h	k_{hc}	k_{hc}	Profundidad, m	
	MN/m ³	m	MN/m ³	kg/cm ³	kg/cm ³	de	a
Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia firme	5.5	1.20	5.50	0.56	0.28	0.00	2.40
Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura	15	5.10	63.75	6.50	3.25	2.40	7.80
Arena limo-arcillosa, media a muy compacta, con gravas	5.5	12.45	57.06	5.82	2.91	7.80	17.10
Arena pumítica, limosa, de compactad media a compacta	5.5	18.00	82.50	8.42	4.21	17.10	18.90
Arena limosa, de compactad media a muy compacta	5.5	20.55	94.19	9.61	4.80	18.90	22.20
Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura	15.0	25.80	322.50	32.90	16.45	22.20	29.40
Arena pumítica, limosa, compacta a muy compacta, con gravas	15.0	30.90	386.25	39.40	19.70	29.40	33.60
Arena limo-arcillosa muy compacta, con gravas de hasta 20 mm	15.0	33.73	421.56	43.00	21.50	33.60	37.80

b) CÍCLICOS: MRHc

El valor del Módulo de Reacción Lateral MRHc decrece del orden de un 25% del valor inicial para suelos blandos o sueltos y del orden del 50% del valor inicial para suelos duros o compactos, Ref. 7

TORRE 26, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 100323

14a.- Estimación del Módulo de Reacción Horizontal (k_h)

a) ESTÁTICOS: k_h

$$k_h = n_h \frac{z}{d}$$

Donde:

k_h =Módulo de reacción horizontal del suelo, en MN/m³

n_h =Coeficiente de variación de la reacción lateral del suelo, en MN/m³

z = Profundidad, en m.

D = diámetro de la pila, m = 1.40 m

$$1.00 \frac{\text{MN}}{\text{m}^3} = 0.102 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

Compacidad o Consistencia	n_h	z	k_h	k_h	k_{hc}	Profundidad, m	
	MN/m ³	m	MN/m ³	kg/cm ³	kg/cm ³	de	a
Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia firme	5.5	1.20	4.71	0.48	0.24	0.00	2.40
Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura	15	5.10	54.64	5.57	2.79	2.40	7.80
Arena limo-arcillosa, media a muy compacta, con gravas	5.5	12.45	48.91	4.99	2.49	7.80	17.10
Arena pumítica, limosa, de compactidad media a compacta	5.5	18.00	70.71	7.21	3.61	17.10	18.90
Arena limosa, de compactidad media a muy compacta	5.5	20.55	80.73	8.23	4.12	18.90	22.20
Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura	15.0	25.80	276.43	28.20	14.10		
Arena pumítica, limosa, compacta a muy compacta, con gravas	15.0	30.90	331.07	33.77	16.88		
Arena limo-arcillosa muy compacta, con gravas de hasta 20 mm	15.0	33.73	361.34	36.86	18.43		

b) CÍCLICOS: MRHc

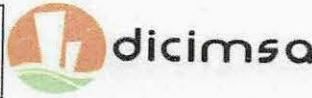
El valor del Módulo de Reacción Lateral MRHc decrece del orden de un 25% del valor inicial para suelos blandos o sueltos y del orden del 50% del valor inicial para suelos duros o compactos, Ref. 7

15. ANEXO 6. RESULTADOS DE PRUEBAS CON FICÓMETRO, PROPORCIONADOS POR GAMI

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

DISEÑO DE CIMENTACIONES SA DE CV
DICIUSA



**ENSAJE DE PHICOMETRO
CENTRO 341 / SG-5 N 53 E
CALIBRACIÓN Y CONTACTO DIENTES SUELO**

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3
 UBICACIÓN: AV. CONSTITUYENTES
 SONDEO: T26
 FECHA: 19/12/2022
 PRUEBA: 1
 PROFUNDIDAD: 5.0 [m]
 NAF: No identificado [m]

UTM X= -
 UTM Y= -
 UTM Z= -

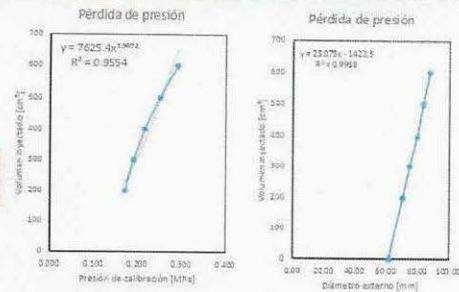
CARACTERÍSTICAS DE LA Sonda Y EL BARRENO
 LONGITUD DE LA Sonda [m]: 0.23
 DIÁMETRO DE LA Sonda [mm]: 6
 TIPO DE MEMBRANA: Standard

herramienta DE PERFORACIÓN: Broca drag 1 1/2"
 DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [mm]: 6.35
 ALTURA DE LA CONSOLA [m]: 1
 NIVEL DE LOS DIENTES POR ENCIMA DE LA Sonda [m]: 2.9

Calibración de la sonda

No.	Volumen inyectado [cm³]	Presión P ₁ [MPa]	P ₂ [MPa]	P ₃ [MPa]	Diámetro S ^o a 6' dientes [mm]	F ₃₀₀ [MPa]
0	0	0.00	0.000	0.000	61.48	0.023
1	200	1.05	0.163	0.170	70.28	0.220
2	300	1.85	0.163	0.190	74.73	0.240
3	400	2.10	0.170	0.215	79.55	0.263
4	500	2.45	0.247	0.250	83.22	0.300
5	600	2.85	0.285	0.290	87.31	0.340

Curvas de calibración de la sonda phicométrica



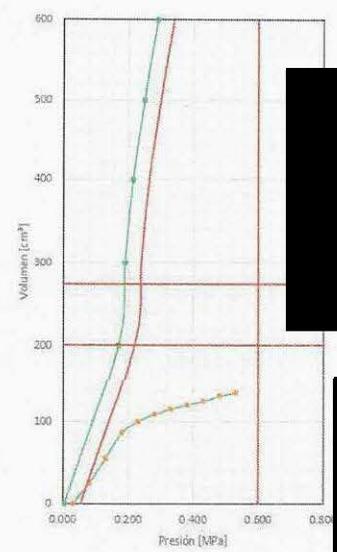
Criterios de control de las condiciones de operación de la sonda phicométrica

V [cm³]	d ₁ [mm]	F ₁ [MPa]	d ₂ [mm]	F ₂ [MPa]	Verificación	Recomendación
200	[63.72]	0.160	[68.72]	0.220	Sonda ACEPTABLE	Limpieza de sonda
500	[79.84]	0.280	[79.84]	0.300	Sonda ACEPTABLE	Sonda ACEPTABLE

Contacto dientes-suelo

No.	Presión [bar]	F ₁	F ₂	F ₃	V ₁ [cm³]	V ₂ [cm³]	ΔV ₁₀₀	ΔV ₂₀₀	ΔV ₃₀₀	ΔV ₄₀₀	ΔV ₅₀₀	Curva	P ₃₀ [MPa]	V ₃₀₀ [cm³]
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	-	-	-	-	0.024	0	0
1	0.50	0.50	0.310	0.310	23	25	2	25	-	-	-	0.061	25	25
2	1.00	1.00	0.310	0.310	43	55	12	30	6.000	-	-	0.111	53	53
3	1.50	1.50	0.310	0.310	79	86	7	31	0.283	-	-	0.163	86	86
4	2.00	2.00	0.310	0.310	99	100	1	14	0.143	Continúa	-	0.231	100	100
5	2.50	2.50	0.310	0.310	107	109	2	9	2.000	Continúa	-	0.261	109	109
6	3.00	3.00	0.310	0.310	115	116	1	7	0.700	Continúa	-	0.311	116	116
7	3.50	3.50	0.310	0.310	120	121	1	5	1.000	Continúa	-	0.361	121	121
8	4.00	4.00	0.310	0.310	125	126	1	5	1.000	Continúa	-	0.411	126	126
9	4.50	4.50	0.310	0.310	132	133	1	7	1.000	Continúa	-	0.461	133	133
10	5.00	5.00	0.310	0.310	136	137	1	4	1.000	Continúa	-	0.511	137	137

Curvas de contacto dientes-suelo



Es fundamental hacer la inspección visual de la curva en cada paso

Coefficientes:

a =	23.075
b =	-1422.500
c =	0.043
d =	61.487
e =	1.967
f =	7625
g =	0.011
h =	0.503

El primer incremento de presión, para la prueba de phicometro, se dará cuando exista una diferencia de 0.05MPa o 0.5 bar en las dos curvas del lado derecho

INCREMENTOS

PL [MPa]	ΔP [bar]
[0.3, 1.0]	0.50
[1.0, >1.0]	1.00

Observaciones:
 La inspección de los dientes del phicometro es el depósito de suelo se vio limitada por la fuerza y rigidez del depósito de suelo. Por tanto, los resultados aquí presentados deberán considerarse como un indicativo de la zona inferior de emisión al corte del depósito de suelo.
 La prueba fue realizada a petición del cliente con el objetivo de evaluar la aptitud de la prueba de phicometro para caracterizar la penetración del depósito de suelo.
 Se recomienda completamente la caracterización del depósito de suelo mediante ensayos de Penetración Menard.

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DEL MATERIAL:

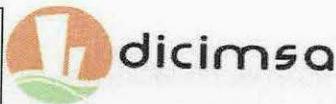
3010

* El llenado es de celdas en negro, evitar modificar celdas en naranja, blanco o verde

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

DISEÑO DE CIMENTACIONES SA DE CV
DICIMSA



ENSAJE DE PHICOMETRO
CEN/TC 341 AVG 5 N 53 E
CALIBRACIÓN Y CONTACTO DIENTES-SUELO

PROYECTO

PROYECTO: **CABLEBUS LINEA 3**

UBICACIÓN: **AV. CONSTITUYENTES**

SONDEO: **T26**

FECHA: **19/12/2022**

PROFUNDIDAD: **1**

PROFUNDIDAD: **50** [m]

SAL: **No identificado** [m]

UTM-X:
UTM-Y:
UTM-Z:

CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO

LONGITUD DE LA SONDA [m]: **0.23**

DIÁMETRO DE LA SONDA [m]: **6**

TIPO DE MEMBRANA: **Standard**

HEERRAMIENTA DE PERFORACIÓN: **Broca drag 2 1/2"**

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [cm]: **6.35**

ALTURA DE LA CONSOLA [m]: **1**

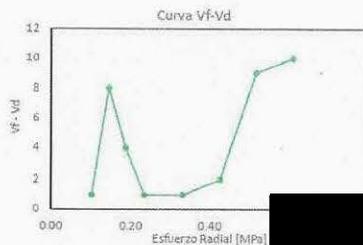
NIVEL DE Lodos POR ENCIMA DE LA SONDA [m]: **2.9**

Prueba de phicometro

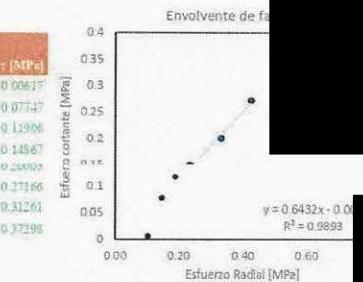
Paso	1	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	2	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	3	ΔL [mm]	T [kN]
P ₁ [bar]	2.0	1	0.300	P ₂ [bar]	2.5	1	2.500	P ₃ [bar]	3.0	1	5.300
P ₂ [bar]	3.3	2	0.300	P ₄ [bar]	3.8	2	2.800	P ₄ [bar]	3.3	2	5.500
V ₁₀ [cm³]	126	3	0.300	V ₁₀ [cm³]	135	3	3.000	V ₂₀ [cm³]	155	3	5.900
V ₂₀ [cm³]	129	4		V ₃₀ [cm³]	136	4	3.300	V ₃₀ [cm³]	156	4	5.900
V ₃ [cm³]	130	5		V ₄ [cm³]	144	5	3.300	V ₄ [cm³]	160	5	5.900
V ₁ - V ₁₀ [cm³]	3	6		V ₅ - V ₁₀ [cm³]	8	6	3.800	V ₁ - V ₁₀ [cm³]	4	6	5.900
T ₁ [kN]	0.2	7		T ₁ [kN]	15	7	3.800	T ₁ [kN]	5.9	7	



Paso	4	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	5	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	6	ΔL [mm]	T [kN]
P ₁ [bar]	3.5	1	7.400	P ₁ [bar]	4.5	1	9.300	P ₁ [bar]	5.5	1	13.200
P ₂ [bar]	3.8	2	7.400	P ₂ [bar]	4.8	2	10.000	P ₂ [bar]	5.8	2	13.400
V ₁₀ [cm³]	164	3	7.400	V ₁₀ [cm³]	172	3	10.000	V ₁₀ [cm³]	184	3	13.400
V ₂₀ [cm³]	166	4		V ₂₀ [cm³]	173	4	10.000	V ₂₀ [cm³]	186	4	13.700
V ₃ [cm³]	167	5		V ₃ [cm³]	174	5		V ₃ [cm³]	188	5	13.700
V ₁ - V ₁₀ [cm³]	1	6		V ₁ - V ₁₀ [cm³]	1	6		V ₁ - V ₁₀ [cm³]	2	6	13.700
T ₁ [kN]	7.4	7		T ₁ [kN]	10.0	7		T ₁ [kN]	13.3	7	



Paso	7	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	8	ΔL [mm]	T [kN]
P ₁ [bar]	6.5	1	15.900	P ₁ [bar]	7.5	1	19.100
P ₂ [bar]	6.8	2	16.000	P ₂ [bar]	7.8	2	19.300
V ₁₀ [cm³]	202	3	16.000	V ₁₀ [cm³]	218	3	19.300
V ₂₀ [cm³]	203	4	16.000	V ₂₀ [cm³]	220	4	19.300
V ₃ [cm³]	212	5		V ₃ [cm³]	230	5	
V ₁ - V ₁₀ [cm³]	9	6		V ₁ - V ₁₀ [cm³]	10	6	
T ₁ [kN]	15.0	7		T ₁ [kN]	19.3	7	



Interpretación de resultados

No	P ₁ [MPa]	P ₂ [MPa]	P ₃ [MPa]	P ₄ [MPa]	V ₁₀ [cm³]	V ₂₀ [cm³]	V ₃ [cm³]	V ₁ - V ₁₀ [cm³]	d [m]	T ₁ [kPa]	P ₁ [MPa]	τ [MPa]
1	0.20	0.031	0.129	0.20	126	129	130	3	0.067	0.300	0.10	0.0067
2	0.25	0.031	0.136	0.25	135	136	144	8	0.068	2.500	0.11	0.0774
3	0.30	0.031	0.143	0.30	156	156	180	4	0.069	3.000	0.19	0.11906
4	0.35	0.031	0.146	0.35	160	160	187	1	0.069	3.300	0.23	0.14867
5	0.40	0.031	0.149	0.40	172	172	174	2	0.069	3.800	0.29	0.20009
6	0.55	0.031	0.153	0.43	184	186	188	2	0.070	5.900	0.48	0.27166
7	0.65	0.031	0.163	0.51	202	203	232	9	0.071	16.000	0.52	0.31261
8	0.75	0.031	0.172	0.61	218	220	230	10	0.072	19.300	0.61	0.37298

q [MPa] = 0.0000 m [-] = 0.6432

Observaciones:

* La inserción de los dientes del picanorte en el depósito de suelo se vio limitada por la densidad y rigidez del depósito de suelo. Por tanto, los resultados aquí presentados deberán considerarse como un indicador de la zona inferior de resistencia al corte del depósito de suelo.

** La prueba fue realizada a petición del cliente con el objetivo de evaluar la aplicabilidad de la prueba de picanorte para caracterización geotécnica del depósito de suelo.

*** Se recomienda complementar la caracterización del depósito de suelo mediante ensayos de Pericoma y SBC.

DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL

Deposito: [redacted]

UTM-X: [redacted]

UTM-Y: [redacted]

UTM-Z: [redacted]

50/10

Por tener dudas e interpretaciones de los parámetros mecánicos aquí presentados en un medio geotécnico, deberá realizarse por un ingeniero Especialista en Geotecnia.

Resumen de picanorte

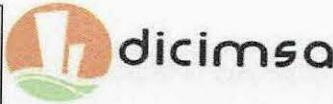
P ₁ [MPa]	0
m [-]	33

* El llenado es de celdas en negro. Evitar modificar celdas en naranja, blanco o verde

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 - 22/Marzo 2023

**DISEÑO DE CIMENTACIONES SA DE CV
DICIMSA**



**ENSAYE DE FICOMETRO
CENT/C 341 AVG 5 N 53 E
CALIBRACION Y CONTACTO DIENTES-SUELO**

PROYECTO

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3
UBICACION: AV. CONSISTUYENTES
SONDEO: T26
FECHA: 20/12/2022
PRUEBA: 2
PROFUNDIDAD: 12.0 [m]
SAE: No identificado [m]

UTM-X:
UTM-Y:
UTM-Z:

CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO

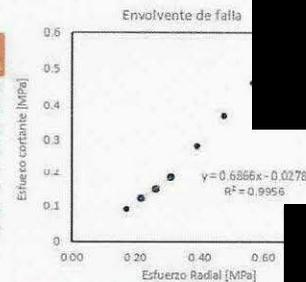
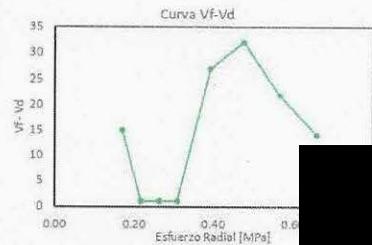
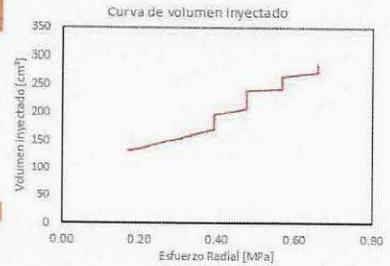
LONGITUD DE LA SONDA [m]: 0.23
DIÁMETRO DE LA SONDA [m]: 6
TIPO DE MEMBRANA: Standard
HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN: Broca drag 2 1/2"
DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [cm]: 6.35
ALITURA DE LA CONSOLA [m]: 1
NIVEL DE LODOS POR ENCIMA DE LA SONDA [m]: 2.9

Pruebas de placómetro

Paso	1	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	2	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	3	ΔL [mm]	T [kN]
P ₁ [bar]	2.0	1	2.900	P ₁ [bar]	2.5	1	5.800	P ₁ [bar]	3.0	1	7.400
P ₂ [bar]	3.0	2	3.400	P ₂ [bar]	3.5	2	6.000	P ₂ [bar]	4.0	2	7.400
V ₀₀ [cm ³]	117	3	3.800	V ₀₀ [cm ³]	137	3	6.000	V ₀₀ [cm ³]	146	3	7.400
V ₀₁ [cm ³]	118	4	4.000	V ₀₁ [cm ³]	139	4	6.000	V ₀₁ [cm ³]	148	4	7.400
V ₁ [cm ³]	133	5	4.300	V ₁ [cm ³]	140	5	6.000	V ₁ [cm ³]	149	5	7.400
V ₁ - V ₀₀ [cm ³]	15	6	4.400	V ₁ - V ₀₀ [cm ³]	1	6	6.000	V ₁ - V ₀₀ [cm ³]	1	6	7.400
T ₁ [kN]	4.4	7	4.400	T ₁ [kN]	6.0	7	6.000	T ₁ [kN]	7.4	7	7.400

Paso	4	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	5	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	6	ΔL [mm]	T [kN]
P ₁ [bar]	4.5	1	9.200	P ₁ [bar]	4.5	1	12.800	P ₁ [bar]	5.5	1	19.700
P ₂ [bar]	4.5	2	9.200	P ₂ [bar]	5.5	2	13.600	P ₂ [bar]	6.5	2	18.000
V ₀₀ [cm ³]	154	3	9.200	V ₀₀ [cm ³]	168	3	13.900	V ₀₀ [cm ³]	205	3	18.800
V ₀₁ [cm ³]	155	4	9.200	V ₀₁ [cm ³]	170	4	14.200	V ₀₁ [cm ³]	207	4	18.800
V ₁ [cm ³]	156	5	9.200	V ₁ [cm ³]	197	5	14.400	V ₁ [cm ³]	239	5	19.300
V ₁ - V ₀₀ [cm ³]	1	6	9.200	V ₁ - V ₀₀ [cm ³]	27	6	14.400	V ₁ - V ₀₀ [cm ³]	32	6	19.300
T ₁ [kN]	9.2	7	9.200	T ₁ [kN]	14.4	7	14.400	T ₁ [kN]	19.3	7	19.300

Paso	7	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	8	ΔL [mm]	T [kN]
P ₁ [bar]	6.5	1	21.800	P ₁ [bar]	7.5	1	27.000
P ₂ [bar]	7.5	2	23.000	P ₂ [bar]	8.5	2	27.500
V ₀₀ [cm ³]	240	3	23.000	V ₀₀ [cm ³]	270	3	27.900
V ₀₁ [cm ³]	242	4	23.800	V ₀₁ [cm ³]	272	4	28.000
V ₁ [cm ³]	264	5	23.800	V ₁ [cm ³]	286	5	28.000
V ₁ - V ₀₀ [cm ³]	22	6	24.000	V ₁ - V ₀₀ [cm ³]	14	6	28.000
T ₁ [kN]	24.4	7	24.400	T ₁ [kN]	28.0	7	28.000



Interpretación de resultados

No.	P ₁ [MPa]	P ₂ [MPa]	E ₁ [MPa]	P ₁ [MPa]	V ₀₀	V ₀₁ [cm ³]	V ₁ [cm ³]	V ₁ - V ₀₀ [cm ³]	d [m]	T ₁ [kPa]	P ₁ (MPa)	γ [MPa]
1	0.20	0.101	0.130	0.17	117	118	133	15	0.067	4.400	0.17	0.09033
2	0.25	0.101	0.134	0.23	137	139	140	1	0.065	6.000	0.23	0.11265
3	0.30	0.101	0.138	0.26	146	148	149	1	0.065	7.400	0.26	0.13035
4	0.35	0.101	0.141	0.31	154	155	156	1	0.068	9.200	0.31	0.13613
5	0.40	0.101	0.156	0.36	168	170	197	27	0.070	11.800	0.36	0.20227
6	0.55	0.101	0.173	0.48	205	207	239	32	0.071	19.300	0.48	0.37095
7	0.65	0.101	0.194	0.57	240	242	264	22	0.073	24.400	0.57	0.46266
8	0.75	0.101	0.192	0.66	270	272	286	14	0.074	28.000	0.66	0.52237

γ [MPa] = 0.0278 m₁ [-] = 0.6866

Observaciones:

* La inserción de los dientes del placómetro en el depósito de suelo se vio limitada por la dureza y rigidez del depósito de suelo. Por tanto, los resultados aquí presentados deberán considerarse como un indicativo de la poca influencia de resistencia al corte del depósito de suelo.
* La prueba fue realizada a petición del cliente con el objeto de evaluar la aplicabilidad de la prueba de placómetro para caracterización geotécnica del depósito de suelo.
*** Se recomienda complementar la caracterización del depósito de suelo mediante ensayos de Perímetro Mecánico.

DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DE MATERIAL

Clase	
Grado	
Grado	
Grado	
Grado	32

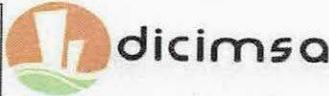
La interpretación e interpretación de los parámetros mecánicos aquí presentados en un medio geotécnico, deberá realizarse por un Ingeniero Especialista en Geotecnia.

Resumen de placómetros

P ₁ [kPa]	28
P ₂ [kPa]	34

* El llenado es de celdas en negro, evitar modificar celdas naranja, blanco o verde

DISEÑO DE CIMENTACIONES SA DE CV
DICIMSA



ENSAYE DE FICOMÉTRICO
CEN/TC 341 / WG 5 N 53 E
CALIBRACIÓN Y CONTACTO DIENTES-SUELO

PROYECTO

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3

UBICACION: AV. CONSISTUYENTES

SONDEO: T26

FECHA: 19/12/2022

PRUEBA: 3

PROFUNDIDAD: 160 [m]

NAF: No identificado [m]

UTM X: -
UTM Y: -
UTM Z: -

CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARREÑO

LONGITUD DE LA SONDA [m]: 0.23

DIÁMETRO DE LA SONDA [cm]: 6

TIPO DE MEMBRANA: Standard

HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN:

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [mm]: Broca drag 2 1/2"

ALTURA DE LA CONSOLA [m]: 6.35

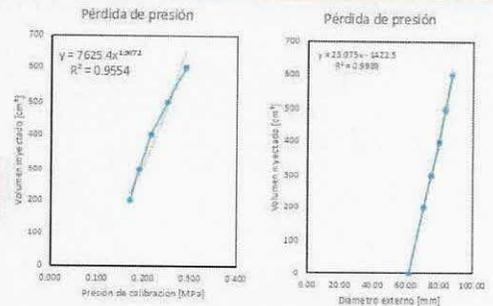
NIVEL DE Lodos POR ENCIMA DE LA SONDA [m]: 1

2.9

Calibración de la sonda

No.	Volumen inyectado [cm³]	Presión [bar]	P ₁ [MPa]	P ₂ [MPa]	D ₁ [mm]	P _{med} [MPa]
0	0	0.00	0.000	0.005	61.48	0.057
1	200	1.65	0.165	0.170	70.28	0.220
2	300	1.85	0.185	0.190	74.73	0.240
3	400	2.10	0.210	0.215	79.55	0.265
4	500	2.45	0.245	0.250	83.22	0.300
5	600	2.85	0.285	0.290	87.31	0.340

Curvas de calibración de la sonda picométrica



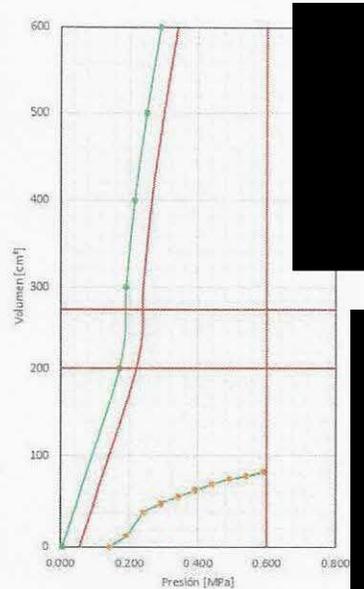
Criterios de control de las condiciones de operación de la sonda picométrica

V [cm³]	M.E. estándar	M.E. Reforzada	Verificación	Recomendación
200	[65.72]	[68.72]	Sonda ACEPTABLE	Limpieza de sonda
500	[79.84]	[79.84]	Sonda ACEPTABLE	Sonda ACEPTABLE

Curvas de contacto dientes-suelo

No.	Presión [bar]	P ₁	P ₂	P ₃	V ₁	V ₂	ΔV _{1/2}	ΔV _{2/3}	ΔV _{3/4}	ΔV _{4/5}	Criterio de inserción	Curva P [MPa]	V [cm³]
0	0.00	0.00	1.410	0	0	0	-	-	-	-	0.141	0	
1	0.50	0.50	1.410	10	13	3	13	-	-	-	0.191	13	
2	1.00	1.00	1.410	25	39	14	36	4.667	-	-	0.241	39	
3	1.50	1.50	1.410	45	49	4	10	0.236	-	-	0.291	49	
4	2.00	2.00	1.410	55	56	1	7	0.250	-	-	0.341	56	
5	2.50	2.50	1.410	60	62	2	6	2.000	-	-	0.391	62	
6	3.00	3.00	1.410	66	68	2	6	1.000	-	-	0.441	68	
7	3.50	3.50	1.410	72	74	2	6	1.000	-	-	0.491	74	
8	4.00	4.00	1.410	76	77	1	3	0.500	-	-	0.541	77	
9	4.50	4.50	1.410	80	82	2	5	2.000	-	-	0.591	82	

Curvas de contacto dientes-suelo



Es fundamental hacer la inspección visual de la curva en cada paso

Coefficientes

a =	23.075
d =	-1422.500
e =	0.043
f =	61.647
g =	1.987
h =	7625
i =	0.011
j =	0.303

El primer incremento de presión, para la prueba de picómetro, se dará cuando exista una diferencia de 0.05MPa o 0.5 bar en las dos curvas del lado derecho

INCREMENTOS

PL [MPa]	ΔP [bar]
[0.3, 1.0]	0.50
[1.0, >1.0]	1.00

Observaciones

La inserción de los dientes del picómetro en el depósito de suelo se vio limitada por la dureza y agudeza del depósito de suelo. Por tanto, los resultados aquí presentados deberían considerarse como un indicativo de la zona inferior de resistencia al corte del depósito de suelo.

**La prueba fue interrumpida a petición del cliente con el objetivo de evitar la agrietabilidad de la prueba de picómetro para la caracterización geotécnica del depósito de suelo.

***Se recomienda complementar la caracterización del depósito de suelo mediante ensayos de Presímetro Menard.

DESCRIPCIÓN GEO-TÉCNICA DEL MATERIAL:

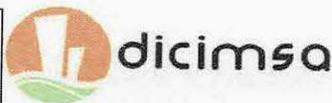
Gr. S.	-
Gr. A.	-
Gr. B.	-
Gr. C.	66

* El llenado es de celdas en negro, evitar modificar celdas en naranja, blanco o verde

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T26-001=R01

Revisión 1 – 22/Marzo 2023

DISEÑO DE CIMENTACIONES SA DE CV
DICMISA



ENSAYE DE PÍCOMETRO
CEN/TC 341/WG 5 N 51 E
CALIBRACION Y CONTACTO DIENTES-SUELO

PROYECTO

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3

UBICACIÓN: AV. CONSUEVIENTES

SONDEO: T26

FECHA: 19/12/2022

PRUEBA: 3

PROFUNDIDAD: 16.0 [m]

SAT: No identificado [m]

ETM X=

ETM Y=

ETM Z=

CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO

LONGITUD DE LA SONDA [m]: 0.33

DIÁMETRO DE LA SONDA [cm]: 6

TIPO DE MEMBRANA: Standard

BERRAMIENTA DE PERFORACIÓN: Broca drag 2 1/2"

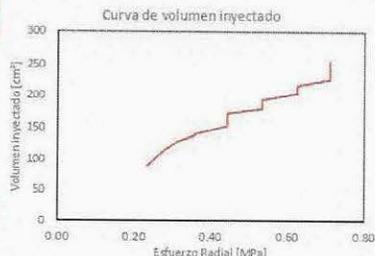
DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [cm]: 6.35

ALTEZA DE LA CONSOLA [m]: 1

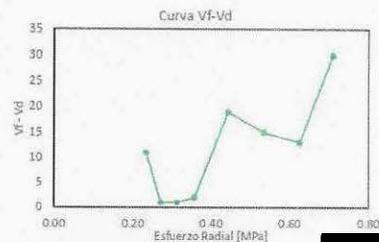
NIVEL DE LÓBOS POR FORMA DE LA SONDA [m]: 2.9

Prueba de picómetro

Paso	T	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	T	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	T	ΔL [mm]	T [kN]
P ₁ [bar]	2.0	1	5.000	P ₁ [bar]	2.5	1	9.000	P ₁ [bar]	3.0	1	11.800
P ₂ [bar]	3.4	2	6.100	P ₂ [bar]	3.9	2	10.500	P ₂ [bar]	4.4	2	11.800
V ₁₀ [cm³]	77	3	6.800	V ₁₀ [cm³]	101	3	10.900	V ₁₀ [cm³]	124	3	11.800
V ₂₀ [cm³]	79	4	7.300	V ₂₀ [cm³]	111	4	10.900	V ₂₀ [cm³]	128	4	
V ₃₀ [cm³]	90	5	7.300	V ₃₀ [cm³]	112	5	10.900	V ₃₀ [cm³]	129	5	
V ₄₀ - V ₃₀ [cm³]	11	6	8.000	V ₄₀ - V ₃₀ [cm³]	3	6		V ₄₀ - V ₃₀ [cm³]	1	6	
T ₁ [kN]	8.0	7	8.000	T ₁ [kN]	10.9	7		T ₁ [kN]	11.8	7	



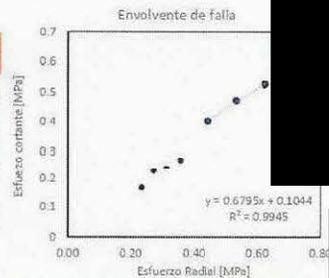
Paso	T	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	T	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	T	ΔL [mm]	T [kN]
P ₁ [bar]	3.5	1	13.200	P ₁ [bar]	4.5	1	16.500	P ₁ [bar]	5.5	1	23.100
P ₂ [bar]	4.9	2	13.200	P ₂ [bar]	5.9	2	19.500	P ₂ [bar]	6.9	2	23.200
V ₁₀ [cm³]	137	3	13.200	V ₁₀ [cm³]	152	3	19.900	V ₁₀ [cm³]	177	3	23.900
V ₂₀ [cm³]	138	4		V ₂₀ [cm³]	153	4	20.100	V ₂₀ [cm³]	179	4	23.900
V ₃₀ [cm³]	140	5		V ₃₀ [cm³]	172	5	20.100	V ₃₀ [cm³]	194	5	23.900
V ₄₀ - V ₃₀ [cm³]	2	6		V ₄₀ - V ₃₀ [cm³]	19	6	20.100	V ₄₀ - V ₃₀ [cm³]	15	6	
T ₁ [kN]	13.2	7		T ₁ [kN]	20.1	7		T ₁ [kN]	23.9	7	



Paso	T	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	T	ΔL [mm]	T [kN]
P ₁ [bar]	6.5	1	25.000	P ₁ [bar]	7.5	1	29.900
P ₂ [bar]	7.9	2	26.900	P ₂ [bar]	8.9	2	29.900
V ₁₀ [cm³]	201	3	27.000	V ₁₀ [cm³]	214	3	31.000
V ₂₀ [cm³]	203	4	27.000	V ₂₀ [cm³]	225	4	31.100
V ₃₀ [cm³]	216	5	27.000	V ₃₀ [cm³]	255	5	31.500
V ₄₀ - V ₃₀ [cm³]	18	6		V ₄₀ - V ₃₀ [cm³]	30	6	31.500
T ₁ [kN]	27.0	7		T ₁ [kN]	31.9	7	31.900

Interpretación de resultados

No.	P ₁ [MPa]	P ₂ [MPa]	P ₃ [MPa]	P ₄ [MPa]	V ₁₀	V ₂₀ [cm³]	V ₃₀ [cm³]	V ₄₀ - V ₃₀ [cm³]	d [μm]	P ₁ [kPa]	P ₂ [MPa]	r [MPa]
1	0.25	0.141	0.197	0.23	77	79	90	11	0.058	2.000	0.23	0.16091
2	0.25	0.141	0.126	0.27	101	111	112	1	0.067	10.900	0.27	0.22684
3	0.30	0.141	0.129	0.31	124	128	129	1	0.067	11.800	0.31	0.24288
4	0.35	0.141	0.134	0.26	137	138	140	2	0.058	13.200	0.36	0.26979
5	0.49	0.141	0.148	0.43	152	153	172	19	0.069	19.900	0.43	0.31342
6	0.53	0.141	0.152	0.53	177	179	194	15	0.070	23.900	0.53	0.43216
7	0.65	0.141	0.166	0.62	201	203	216	15	0.071	27.000	0.62	0.52623
8	0.75	0.141	0.181	0.71	214	215	255	40	0.073	31.900	0.71	0.60725



ϕ_c [MPa] = 0.1044 μ_c [-] = 0.6795

Observaciones:

*La instalación de los dientes del picómetro en el depósito de suelo se vio limitada por la dureza y rigidez del depósito de suelo. Por tanto, los resultados aquí presentados deberán considerarse como un indicativo de la cota inferior de resistencia al corte del depósito de suelo.

**La prueba fue realizada a petición del cliente con el objetivo de evaluar la aplicabilidad de la prueba de picómetro para caracterización prototípica del depósito de suelo.

***Se recomienda complementar la caracterización del depósito de suelo mediante ensayos de Prímetro Mayr.

Resumen de resultados

ϕ_c [MPa]	0.104
μ_c [-]	0.68

En esta prueba se interpretaron los picómetros manuales aquí presentados en un modo general, deberá realizarse por un Ingeniero Especialista en Geotecnia.

Resumen picométrico

ϕ_c [MPa]	104
μ_c [-]	34

* El llenado en de celdas en negro, evitar modificar celdas en naranja, blanco o verde

