

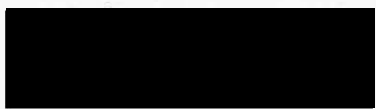



PROYECTO INTEGRAL DE LA “CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES- LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3” DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO

 	
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 _____
Copia Controlada para:	
Autoriza: _____	SUPERVISIÓN CABLEBUS L3

Elaboró	Autorizó.	Enterado.
		

**Contenido**

1. ANTECEDENTES.....	3
2. OBJETO.....	3
3. ALCANCES.....	3
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 14.....	3
5. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO.....	5
5.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE.....	5
5.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y GEOFÍSICA.....	5
5.3 ENSAYES DE LABORATORIO.....	5
5.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA.....	6
5.5 MODELO GEOMECAÁNICO.....	7
6. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN.....	8
6.1 CARGAS ACTUANTES.....	8
6.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN.....	8
6.3 ESTADO LÍMITE DE FALLA.....	9
6.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO.....	11
7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.....	13
7.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS.....	13
7.2 PILAS.....	14
7.3 EXCAVACIÓN.....	16
7.4 MINAS.....	17
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
9. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA.....	21
10. ANEXO 2. PERFIL DE SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y REGISTRO DE CAMPO.....	23
11. ANEXO 3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO.....	29
12. ANEXO 4. RESULTADOS DE PRUEBAS DE PRESIÓMETRO, REALIZADAS EN PUNTO CENTRAL DE LA ESTACIÓN 3.....	87
13. ANEXO 5. ESTUDIO DE GEORADAR REALIZADO EN LA ENVOLVENTE DE LA ESTACIÓN 3 Y TORRE 14.....	104
14. ANEXO 6. CARGAS ACTUANTES EN UNA TORRE TIPO CONCÉNTRICA.....	148
15. ANEXO 7. MEMORIA DE CÁLCULO.....	154

**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 $N_{min}$ .....	10
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-14
Figura 2. Zonificación geotécnica de la Ciudad de México
Figura 3. Corte estratigráfico y solución de cimentación, T-14
Figura 4. Procedimiento de excavación, T-14

## 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 solicito a la empresa INGENIEROS CUEVAS ASOCIADOS, realizar el compendio para el presente estudio de mecánica de suelos para la Torre 14, originalmente elaborado por la empresa PGS, Perforación y Suministro S.A de C.V, 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 14. 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 14, denominada T-14, la cual tiene las coordenadas X=476,712.8756; Y= 2,144,759.6167 y se proyecta en un área verde a las afueras del Parque Cri-Cri, Av. Constituyentes S/N, 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 14

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 este 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 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

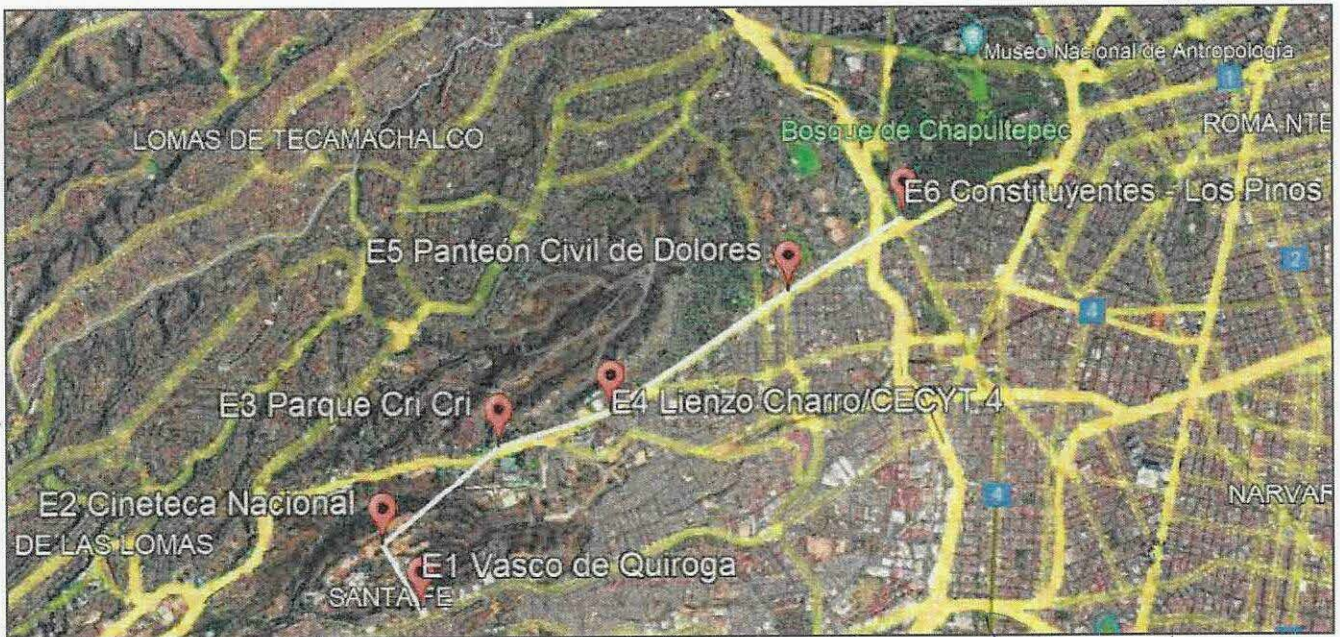


Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús

La Torre 14 con coordenadas X=476,712.8756; Y= 2,144,759.6167 y se proyecta en un área verde a las afueras del Parque Cri-Cri, Av. Constituyentes S/N, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX. La zona presenta abundantes árboles. Esta torre es del tipo concéntrica y tendrá una altura de 15.5 m.

## 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 y geofísica

Para definir las condiciones estratigráficas del sitio, en la Torre 14 se realizó un sondeo de penetración estándar (denominado SPT-11), 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.

Para complementar la información geotécnica para esta Torre, se tomaron en cuenta los sondeos realizados en la Torre 13B y Estación 3. En la Torre 13B, se ejecutó un sondeo de penetración estándar a una profundidad de 35.0 m. Por su parte, en la Estación 3 se ejecutaron dos sondeos de avance controlado a 35.0 m de profundidad, cada uno, así como un sondeo mixto (SM-1), igualmente a 35.0 m de profundidad. En el sondeo mixto se alternaron las técnicas de avance controlado y 4 pruebas de presiómetro, a las profundidades medias de 9.5, 19.0, 16.0 y 32.0 m. Así mismo, con la finalidad de obtener un panorama más amplio de la zona; en cuanto a la posible presencia de cavidades o rellenos, se realizó un estudio de georadar en la envolvente de la estación 3, Torre 13 y Torre 14. Sin embargo, esta exploración solo se realizó a una profundidad de 8.0 m.

### 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 las pruebas de presiómetro, en el Anexo 5 se incluye el informe de georadar realizado en la envolvente de la estación 3 y las Torres 13 y 14. Por su parte, en el Anexo 6 se presentan las cargas actuantes para una torre tipo concéntrica y en el Anexo 7 se presenta la memoria de cálculo de la cimentación.*



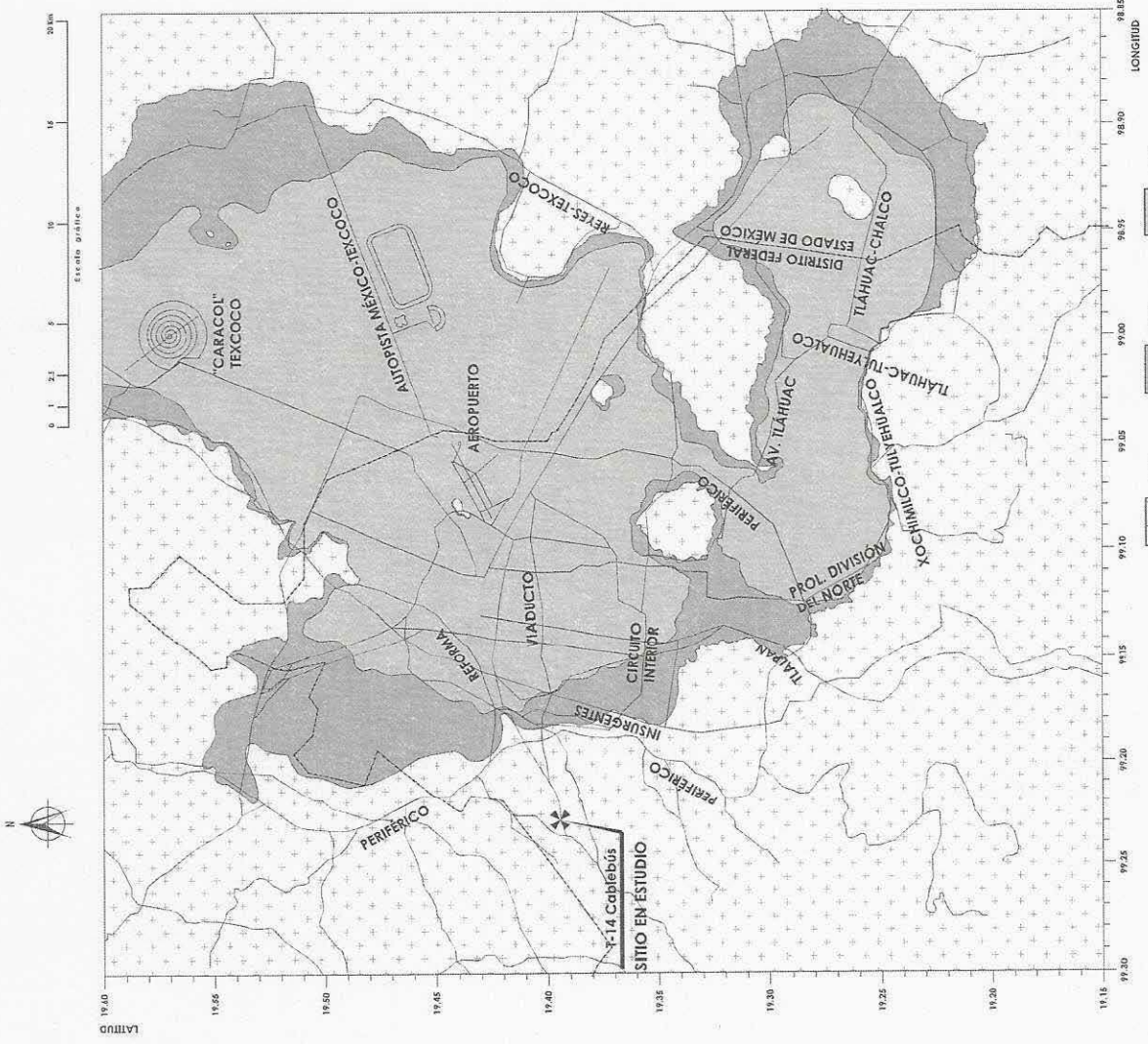
PROYECTO DE ESTACIONAMIENTO

SIMBOLOGÍA

NOTAS



<p>GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO</p>	<p>SECRETARÍA DE ECONOMÍA</p>	<p>SECRETARÍA DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES</p>
<p>SECRETARÍA DE PLANEACIÓN Y ECONOMÍA</p>	<p>SECRETARÍA DE ENERGÍA</p>	<p>SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y MOBILIDAD</p>
<p>SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA Y VIVIENDA</p>	<p>SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS</p>	<p>SECRETARÍA DE POLÍTICA Y ADMINISTRACIÓN DE LA CIUDAD DE MÉXICO</p>



[ NTC Para diseño y construcción de dimensiones, Diciembre 2017 ]

#### 5.4 Interpretación estratigráfica

Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio y los sondeos exploratorios realizados en esta torre y los sondeos y exploración geofísica realizados en la Torre 13 y E-3, a continuación, se presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio:

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

**De 0.00 a 2.0 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML)**, de origen piroclástico, de consistencia dura, de color café en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 20.1% a 32.9%. El porcentaje de finos varía de 71.8% a 75.5%, arena de 28.2% a 24.5% y grava de 0.0%. El Límite Líquido varía de 42.76% a 43.62% y el Límite Plástico de 31.43% a 37.64%. El número de golpes medido varía de 22 a 27.

**De 2.0 a 12.20 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML)**, de origen piroclástico, de consistencia muy dura, de color café grisáceo, con grava, con granos aislados de hasta  $\frac{1}{2}$ " de diámetro, intercalado con un lente de arena fina a gruesa, compacta. El contenido natural de agua varía de 22.2% a 30.9%. El porcentaje de finos varía de 40.8% a 72.3%, arena de 26.8% a 58.9% y grava de 0.0% a 1.6%. El Límite Líquido es de 45.23% y el Límite Plástico de 31.34%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.436 a 2.460. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

**De 12.20 a 17.00 m. Arena gruesa a fina, limosa (SM)**, de origen piroclástico (andesítico), en estado muy compacto, con grava con granos de hasta  $\frac{3}{4}$ " de diámetro, de color café en tonos claro y grisáceo. El contenido natural de agua varía de 14.4% a 38.2%. El porcentaje de finos varía de 4.1% a 47.0%, arena de 41.1% a 57.1% y grava de 11.9% a 38.8%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.488 a 2.518. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

**De 17.00 a 20.00 m. Arena pumítica limosa**, en estado compacto a muy compacto, de color gris claro, intercalada con un lente de limo arenoso de consistencia dura. El contenido natural de agua varía de 26.6% a 63.8%. El porcentaje de finos varía de 4.1% a 20.7%, arena de 67.2% a 80.3% y grava de 0.0% a 28.7%. El número de golpes medido varía de 38 a más de 50.

**De 20.00 a 30.20 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML)**, de origen piroclástico, de consistencia dura a muy dura, de color café claro, intercalado con un lente de arena fina a gruesa, compacta. El contenido natural de agua varía de 18.7% a 35.1%. El porcentaje de finos varía de 40.9% a 82.0%, arena de 18.0% a 58.9% y grava de 0.0% a 0.2%. El Límite Líquido varía de 29.93% a 43.38% y el Límite Plástico de 25.32% a 31.37%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.493 a 2.548. El peso volumétrico natural de las muestras ensayadas en esta unidad varía de  $\gamma_m = 1.775 \text{ ton/m}^3$  a  $\gamma_m = 1.994 \text{ ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 30 a más de 50.

**De 30.20 a 35.00 m. Arena fina a gruesa, limosa, (SM)**, de origen piroclástico (andesítico), en estado muy compacto, con grava con granos aislados de hasta  $\frac{1}{2}$ " de diámetro, de color café en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 12.0% a 25.1%. El porcentaje de finos varía de 24.8% a 39.5%, arena de 55.6% a 60.6% y grava de 4.9% a 14.6%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

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

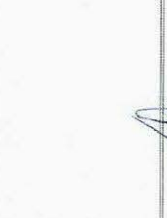




DISEÑO DE ESTACIONAMIENTO



SIEMBOLICA



NO. DE PROYECTO	FECHA	LABORATORIO	NO. DE...
PROYECTO	2014	LABORATORIO	NO. DE...
GOBIERNO DEL ESTADO DE HIDALGO SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y DESARROLLO URBANO DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS Y DESARROLLO URBANO DEPARTAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS Y DESARROLLO URBANO PROYECTO: CABLESAS UREA A VASCO DE DIBUJO - LOS PINOS PROYECTO: CABLESAS UREA A VASCO DE DIBUJO - LOS PINOS PROYECTO: CABLESAS UREA A VASCO DE DIBUJO - LOS PINOS			
PROYECTO: CABLESAS UREA A VASCO DE DIBUJO - LOS PINOS PROYECTO: CABLESAS UREA A VASCO DE DIBUJO - LOS PINOS PROYECTO: CABLESAS UREA A VASCO DE DIBUJO - LOS PINOS			

Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio y los sondeos exploratorios realizados en esta torre y los sondeos y exploración geofísica realizados en la Torre 13 y E-3, a continuación, se presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio, con profundidades referidas al SPT-1:

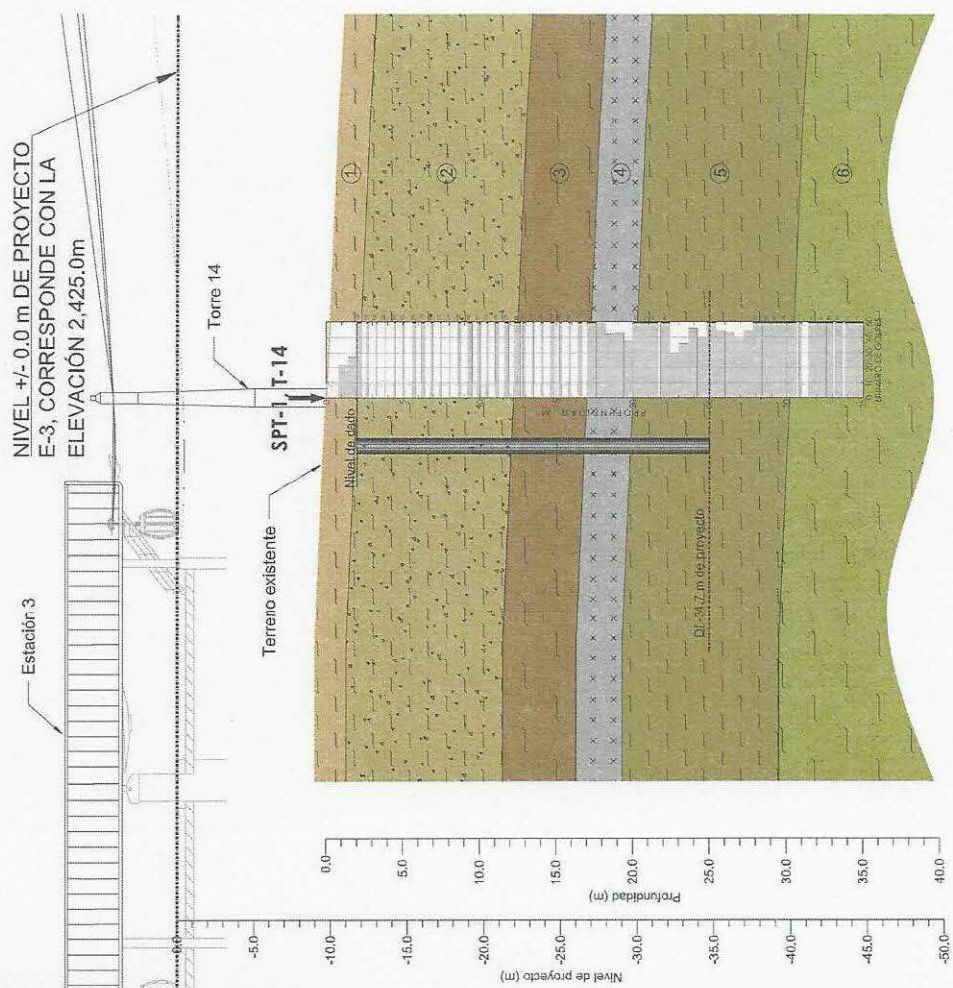
- 1 De 0.00 a 2.0 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML), de origen piroclástico, de consistencia dura, de color café en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 20.1% a 32.9%. El porcentaje de finos varía de 71.8% a 75.5%, arena de 28.2% a 24.5% y grava de 0.0%. El Límite Líquido varía de 42.76% a 43.62% y el Límite Plástico de 31.43% a 37.64%. El número de golpes medido varía de 22 a 27.
- 2 De 2.0 a 12.20 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML), de origen piroclástico, de consistencia muy dura, de color café grisáceo, con grava con granos aislados de hasta 3/16" de diámetro. Intercalado con un lente de arena fina a gruesa, compacta. El contenido natural de agua varía de 22.2% a 30.9%. El porcentaje de finos varía de 40.8% a 72.3%, arena de 26.8% a 58.9% y grava de 0.0% a 1.6%. El Límite Líquido es de 45.23% y el Límite Plástico de 31.44%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.436 a 2.460. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.
- 3 De 12.20 a 17.00 m. Arena gruesa a fina, limosa (SM), de origen piroclástico (andesítico), en estado muy compacto, con grava con granos de hasta 3/16" de diámetro, de color café en tonos claro y grisáceo. El contenido natural de agua varía de 14.4% a 38.2%. El porcentaje de finos varía de 4.1% a 47.0%, arena de 41.1% a 57.1% y grava de 11.9% a 38.8%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.488 a 2.518. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.
- 4 De 17.00 a 20.00 m. Arena pumilica limosa, en estado compacto a muy compacto, de color gris claro, intercaldado con un lente de limo arenoso de consistencia muy dura. El contenido natural de agua varía de 26.6% a 63.8%. El porcentaje de finos varía de 4.1% a 20.7%, arena de 67.2% a 80.3% y grava de 0.0% a 28.7%. El número de golpes medido varía de 38 a más de 50.
- 5 De 20.00 a 30.20 m. Limo arenoso de baja plasticidad (ML), de origen piroclástico, de consistencia dura a muy dura, de color café claro, intercaldado con un lente de arena fina a gruesa, compacta. El contenido natural de agua varía de 18.7% a 35.1%. El porcentaje de finos varía de 40.5% a 82.0%, arena de 18.0% a 58.9% y grava de 0.0% a 0.2%. El Límite Líquido varía de 29.93% a 43.38% y el Límite Plástico de 25.32% a 31.37%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.493 a 2.548. El peso volumétrico natural de las muestras ensayadas en esta unidad varía de 1.994 a 1.775 ton/m<sup>3</sup>. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 30 a más de 50.
- 6 De 30.20 a 35.00 m. Arena fina a gruesa, limosa, (SM), de origen piroclástico (andesítico), en estado muy compacto, con grava con granos aislados de hasta 1/2" de diámetro, de color café en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 12.6% a 25.1%. El porcentaje de finos varía de 24.8% a 39.5%, arena de 55.6% a 60.6% y grava de 4.9% a 14.6%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de 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 ejecución del SPT se tuvo pérdida total de agua a 27.6 m de profundidad, por su parte, en el sondeo mixto, se tuvo pérdida total de agua a una profundidad de 34.0 m. En ninguno de los sondeos se presentó caída repentina de barras de perforación.

Por su parte, en la exploración geofísica con georadar que se realizó en la envolvente de la estación 3, Torre 13 y 14, se menciona la presencia de "estructuras de riesgo" a una profundidad máxima de 5.0 m. Esta exploración se realizó hasta una profundidad máxima de 8.0 m, por lo que solo se presenta un panorama muy superficial de las condiciones del suelo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se toma como criterio la consideración de dos lechos de posibles rocas antiguas, el primer lecho entre 5.0 y 8.0 m de profundidad, correspondiente a lo descrito por el geofísico y la segunda, entre 17.0 y 20.0 m, correspondiente a la profundidad a la cual se encuentra el estrato pumítico antijugamente explotable. En estas profundidades, la aportación lateral es nula.

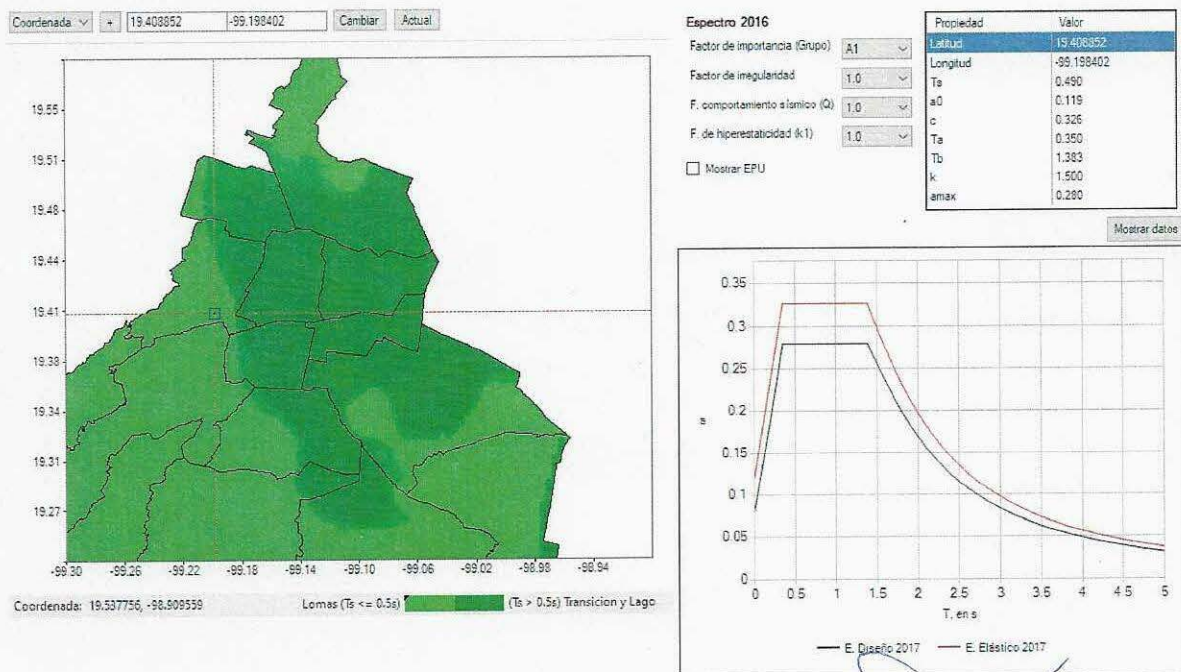


**Minas.** Durante los trabajos de ejecución del SPT se tuvo pérdida total de agua a 27.6 m de profundidad, por su parte, en el sondeo mixto, se tuvo pérdida total de agua a una profundidad de 34.0 m. En ninguno de los sondeos se presentó caída repentina de barras de perforación.

Por su parte, en la exploración geofísica con georadar que se realizó en la envolvente de la estación 3, Torre 13 y 14, se menciona la presencia de “estructuras de riesgo” a una profundidad máxima de 5.0 m. Esta exploración se realizó hasta una profundidad máxima de 8.0 m, por lo que solo se presenta un panorama muy superficial de las condiciones del suelo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se toma como criterio la consideración de dos lechos de posibles minas antiguas, el primer lecho entre 5.0 y 8.0 m de profundidad; correspondiente a lo detectado por la geofísica y la segunda, entre 17.0 y 20.0 m; correspondiente con la profundidad a la cual se encuentra el estrato pumítico antiguamente explotable. En estas profundidades, la aportación lateral es nula.

**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 final.



### 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 se derivan de los resultados de la exploración geotécnica, geofísica, laboratorio y pruebas de presiómetro realizados en la Torre y las torres cercanas:

Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño

Unidad	Profundidad(m)	S.U.C.S	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	c (t/m <sup>2</sup> )	$\phi^\circ$	E (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0.0 a 2.0	ML arenoso	1.60	4	10	150
2	2.0 a 4.4	ML arenoso	1.75	6	36	830
3	4.4 a 5.0	ML arenoso con gravas	1.75			
4	5.0 a 8.0	Mina hipotética				
5	8.0 a 12.2	ML arenoso con gravas	1.75	6	36	830
6	12.2 a 17.0	SM con gravas	1.75	5	38	1,000
7	17.0 a 20.0	Mina hipotética				
8	20.0 a 28.0	ML arenoso	1.70	6	28	400
9	28.0 a 30.2		1.70	8	36	750
10	30.2 a 35.0	SM con gravas	1.75	10	38	950

$\gamma$ : peso volumétrico; c: cohesión;  $\phi$ : ángulo de fricción interna

Cabe mencionar que, las propiedades de deformabilidad de los materiales, se determinaron tomando en cuenta las pruebas de presiómetro realizadas en el mástil central de la Estación 3, mientras que las propiedades de resistencia se determinaron mediante por 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 14 con coordenadas X=476,712.8756; Y= 2,144,759.6167 y se proyecta en un área verde a las afueras del Parque Cri-Cri, Av. Constituyentes S/N, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX. La zona presenta abundantes árboles. Esta torre es del tipo concéntrica y tendrá una altura de 15.5 m.

### 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 una torre tipo concéntrica se presenta en el Anexo 6. 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 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.**

**Minas.** Durante los trabajos de ejecución del SPT se tuvo pérdida total de agua a 27.6 m de profundidad, por su parte, en el sondeo mixto, se tuvo pérdida total de agua a una profundidad de 34.0 m. En ninguno de los sondeos se presentó caída repentina de barras de perforación.

Por su parte, en la exploración geofísica con georadar que se realizó en la envolvente de la estación 3, Torre 13 y 14, se menciona la presencia de “estructuras de riesgo” a una profundidad máxima de 5.0 m. Esta exploración se realizó hasta una profundidad máxima de 8.0 m, por lo que solo se presenta un panorama muy superficial de las condiciones del suelo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se toma como criterio la consideración de dos lechos de posibles minas antiguas, el primer lecho entre 5.0 y 8.0 m de profundidad; correspondiente a lo detectado por la geofísica y la segunda, entre 17.0 y 20.0 m; correspondiente con la profundidad a la cual se encuentra el estrato pumítico antiguamente explotable. En estas profundidades, la aportación lateral es nula.

*El nivel de piso terminado del andén de la Estación 3 es el nivel +/-0.0 m de proyecto y corresponde con la elevación 2,425.0 m.*

*Tomando como referencia el nivel +/- 0.0 m de la estación 3, las pilas se desplantarán al nivel -34.7 m de proyecto, que corresponde con la elevación 2390.3 m.*

### 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:

$$\sum QF.C < R$$

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):

$$R = C_p + C_f - W_p$$

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 29.0 t/m<sup>2</sup>  
 $N_q^*$  factor de capacidad de carga  
 $F_R$  factor de resistencia, igual a 0.35  
 $P_v$  esfuerzos totales al nivel de desplante, igual a 29.0 t/m<sup>2</sup>

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

$$\frac{L_e}{B} > 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \quad (7)$$

Donde:

$L_e$  longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 1.8 m  
 $B$  diámetro de la pila, m.  
 $\phi$  ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 28°

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  $N_{\min}$

$\phi$	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  
 $\beta_i$  coeficiente de fricción  
 $\bar{p}_{vi}$  esfuerzos efectivos a la profundidad media del estrato de interés, t/m<sup>2</sup>

Con

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

**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)	Wp (t)	C <sub>p</sub> (t)	C <sub>f</sub> (t)	R (t)	C <sub>te</sub> (t)
1.0	49.0	212.9	294.6	464.1	322.8
1.2	70.6	292.7	353.5	583.7	394.1
1.4	96.1	384.9	412.4	712.3	467.6

Las capacidades de carga reducida, R, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a compresión y las capacidades a la tensión, C<sub>te</sub>, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a tensión. Esta comparación se presenta en el Anexo 4, 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/m<sup>2</sup>, 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:

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

Donde:

- $\delta$  deformación total de la pila, cm
- L longitud de la pila, igual a 2,300 cm
- D diámetro de la pila, cm
- E<sub>s</sub> módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 400 kg/cm<sup>2</sup>
- E<sub>c</sub> módulo de elasticidad del concreto, igual a 280,000 kg/cm<sup>2</sup>, para f'c= 400 kg/cm<sup>2</sup>

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)	$\delta$ (cm)	$k_v$ (t/cm)	$k_v$ (kg/cm <sup>3</sup> )
1.0	2.20	170.26	21.68
1.2	2.45	195.47	17.28
1.4	2.71	218.91	14.22

**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/cm<sup>3</sup>)  
 $k_2$  coeficiente de Terzaghi para suelos friccionantes, lb/pulg<sup>3</sup>  
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 <sup>3</sup> )		
				B (m)		
				1.0	1.2	1.4
2.0 a 3.5	108	0.75	116	2.41	2.01	1.72
3.5 a 5.0	120	2.25	116	7.22	6.02	5.16
5.0 a 8.0	0	4.5	0	0.00	0.00	0.00
8.0 a 9.5	86	6.75	116	21.67	18.06	15.48
9.5 a 12.2	85	8.85	116	28.42	23.68	20.30
12.2 a 15.5	107	11.9	116	38.05	31.71	27.18
15.5 a 17.0	107	14.3	116	45.76	38.13	32.68
17.0 a 20.0	0	16.5	0	0.00	0.00	0.00
20.0 a 25.0	25	20.5	38	21.56	17.97	15.40

Tabla 7. Módulos estáticos de reacción horizontal para dado

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm <sup>3</sup> )
				B (m)
				4.50
0.0 a 2.0	16	1	23	0.14

**Propuesta de cimentación.** La propuesta de cimentación es con 4 pilas de 1.0 m de diámetro, con una separación de 3.0 m entre ellas. 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.

## 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 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.

### 7.1 Preparación de áreas

La Torre 14 se ubica en un área verde, cerca del parque Cri-Cri:



- a) Los trabajos iniciarán con el trasplante de todos los árboles que se encuentren dentro del área de afectación para la construcción de la Torre. Así como el desvío, protección o reubicación de las instalaciones que se tengan en la zona de afectación.
- b) Concluidos los trabajos anteriores, se procederá con los trabajos de perforación de pilas de cimentación.

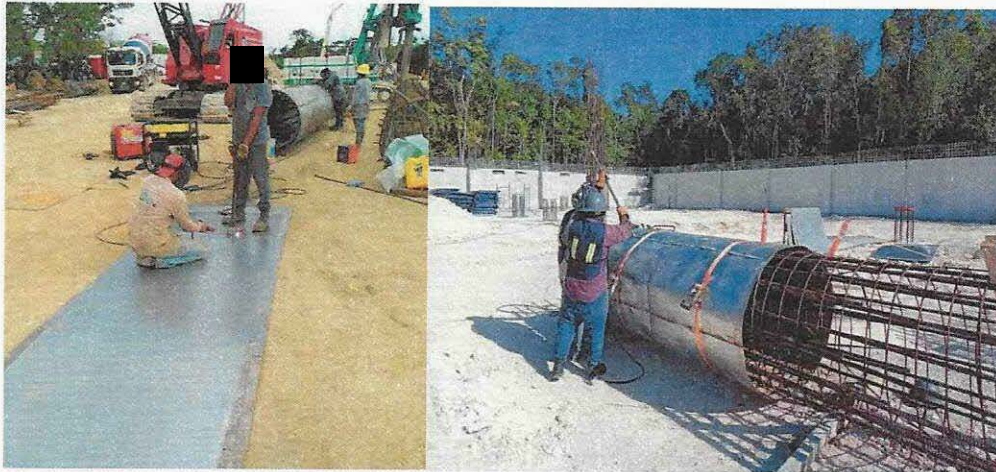
## 7.2 Pilas

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.
- 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 del fondo y paredes de las pilas y poder liberarlas certificando la no existencia de cavidades, fisuras, fracturas, etc.**

- c) El concreto para la construcción de las pilas será de una  $f'_c = 400 \text{ kg/cm}^2$ ; el tamaño de agregado máximo será de 1 1/2 pulg. El acero de refuerzo tendrá un  $f_y$  de  $4,200 \text{ kg/cm}^2$ .
- d) 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.
- e) En caso de que efectivamente se tengan antiguas minas, fisuras importantes o cavidades en las profundidades que se analizaron, se deberá colocar un ademe para poder colar las pilas. Para la conformación de este ademe se deberá tener en campo lámina calibre 20, para crear un encamisado. 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 sueldará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubrimiento de proyecto.



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

Así mismo, en caso de que se presente inestabilidad en las paredes de las perforaciones, se deberá colocar un ademe perdible.

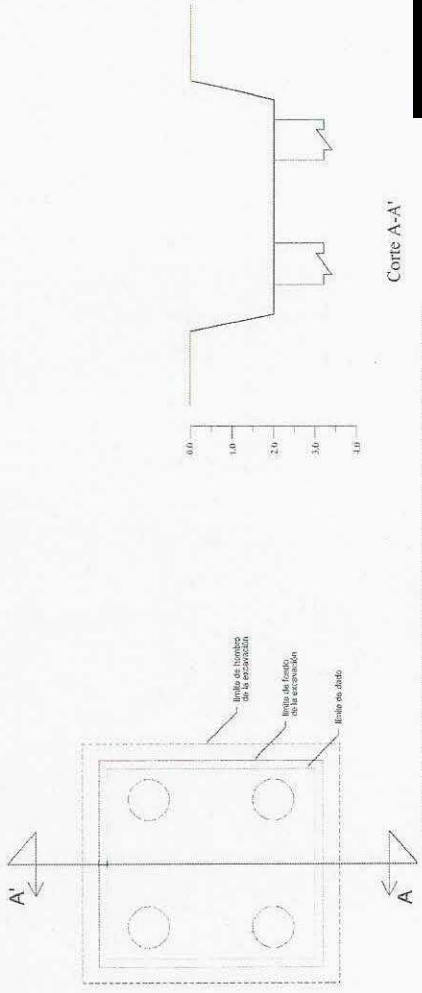
- f) Después de terminada la perforación, en un lapso menor a 18 hrs deberá concluirse totalmente el colado; que por otra parte será continuo para evitar la formación de juntas frías.
  - g) El armado se rigidizará para evitar excesivas deformaciones que pudiesen complicar su colocación dentro de la 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.
  - h) 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.
  - i) 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.
  - j) 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.
- k) 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.
- l) La integridad de pilas se verificará de manera obligada mediante pruebas no destructivas de “baja deformación”. Los ensayos de integridad deberán ser realizados por métodos reconocidos, se podrán emplear métodos geofísicos como pulso simple o combinado, pozo-abajo, pozos cruzados, gama-gama o térmicos. **De acuerdo con las NTC cimentaciones (Ref. 1), se deberán realizar pruebas de integridad en el 100% de las pilas, ya que las torres y estaciones se tratan de estructuras del grupo A1.**
- m) **En caso de que se presenten fisuras u oquedades en profundidades diferentes a las analizadas, se deberá analizar nuevamente la profundidad de desplante y capacidades de carga.**

### 7.3 Excavación

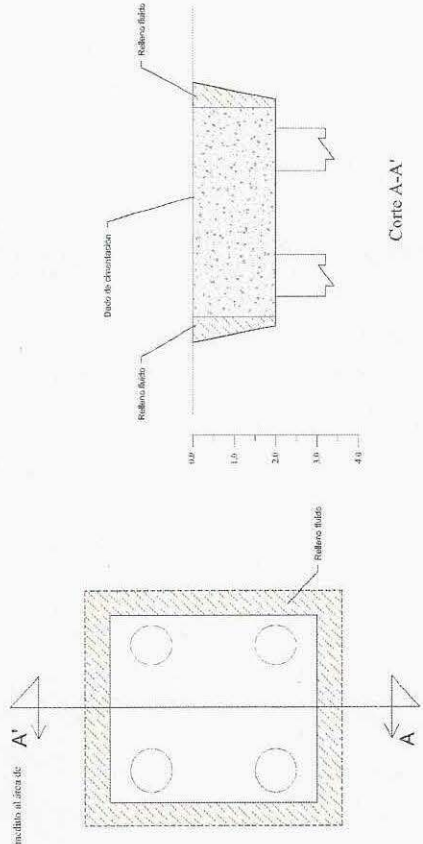
De acuerdo con el preliminar del diseño estructural, el dado de cimentación tiene una sección rectangular de 4.5 x 4.5 m, con un peralte de 2.0 m. Para poder alojar este elemento, se deberá realizar la excavación con dimensiones mínimas de 4.9 x 4.9 m en planta para poder alojar la cimbra.

- a) Tomando en cuenta las condiciones geotécnicas del sitio en estudio, se podrá realizar la excavación hasta la máxima profundidad, 2.0 m, con taludes con una inclinación de 60 a 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de mortero (Fig. 4). Se deberá evitar la colocación de cargas en la corona de los cortes.
- b) 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.
- c) Posteriormente se realizará el colado del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la superestructura.



Corte A-A'

5) Cuando las pilas se realizó la excavación hasta 2.0 m de profundidad, con taludes con una inclinación de 60 a 70° respecto a la horizontal, respetando las paredes contra intemperismo con zanjado de mortero.



Corte A-A'

6) Al llegar a la profundidad máxima para el dado: 2.0 m, se realizará el descabezado de las pilas de cimentación y en el fondo de la excavación se colocará una planilla de concreto pobre con una f'c=100 kg/cm², para proceder con el habilitado del zócalo de refuerzo para el dado de cimentación.

7) Posteriormente se realizará el colado del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la superestructura.

8) El espacio entre el postensor del dado y las pilas de la excavación será rellenado con relleno liviano. O bien, con concreto con calidad de hormón correspondiente al 80% de su F'c, S.M.

- 1) Una vez que se haga el acia liberada y se hayan respaldado los árboles dentro del área de actuación el registro cambiada, se hará poa a la instalación de las pilas.
- 2) Se realizará la perforación y el colado de las pilas de cimentación. Previo inspección por un supervisor en momentos de suelos, verificando el peralte y fondo de las perforaciones. Esta inspección se logrará obteniendo alguna de las medidas siguientes:
  - A) Alisando descender a un supervisor por medio de la misma perforación, accionándose al banco, con un arnés.
  - B) 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 cada.

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

3) En caso de que se presenten plantas subterráneas y/o estructuras importantes, se deberá tener en cuenta la forma para evitar un mecanismo en caso de que efectivamente se presenten alguna planta en esta zona. Esta acción se realizará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Ver Fotos 1 y 2 del estudio, apartado 2.2). Esta línea servirá como índice posible, para poder realizar el control de los trabajos de cimentación. La línea se señalará al armado, para los respectivos arquitectos para garantizar el funcionamiento de proyectos.

4) En caso de que se presenten condiciones diferentes a las consideradas en el estudio, se hará aviso inmediato al área de geotecnia, para reevaluarse la profundidad de anclaje y las capacidades de carga.

- d) El espacio entre el perímetro del dado y los taludes de la excavación será rellenado con relleno fluido.

#### 7.4 Minas

- 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.**

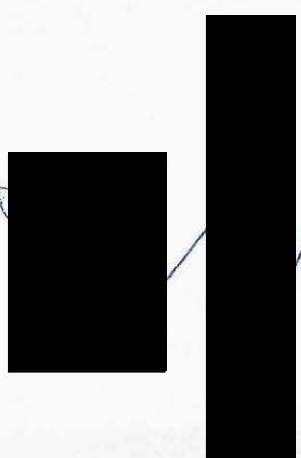
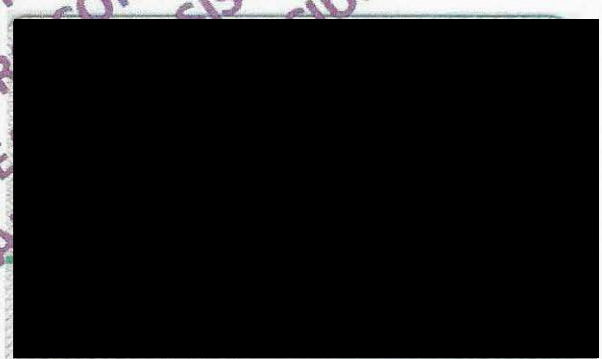
- c) En caso de que se presenten minas subterráneas y/u oquedades importantes adicionales a lo considerado en este informe, se deberá dar aviso inmediato al área de mecánica de suelos, para que se tomen las medidas correctivas que se deben de realizar. Cualquier condición del suelo diferente a la considerada en este informe, deberá ser tomada en cuenta y revisar nuevamente las capacidades de carga y propuesta de desplante de las pilas, para garantizar el cumplimiento de los estados límite de falla y servicio.

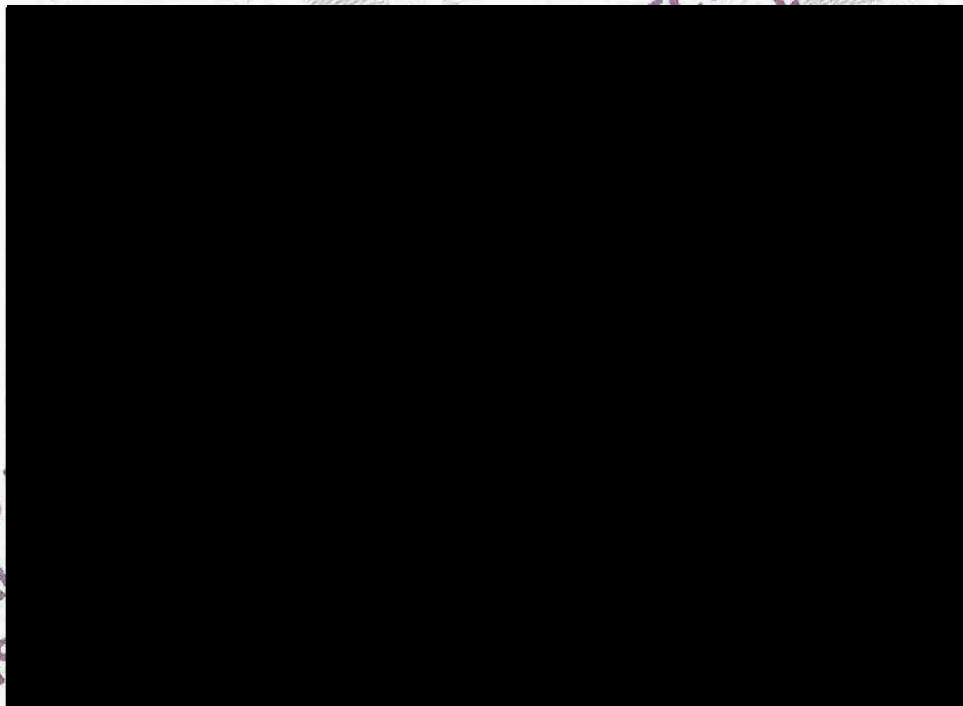
#### 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 2009.

PROYECTO  
TO DE  
(S),  
ORTE  
"NICO"  
PARA USO EXCLUSIVO  
INTEGRAL DE LA "CON  
TRANSPORTE SUSTENT  
QUIROGA A METR  
CABLEBÚS LÍNE  
PÚBLICO CA





PARA USO  
INTEGRAL  
TRANS  
QUIROG  
CABLEBÚS L  
PÚBLICO CABLE





**9. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA**



**Foto No. 1.1** Arribo al sitio e instalación del equipo de perforación en el punto del sondeo SPT-11.



**Foto No. 1.2** Exploración y muestreo del sondeo mecánico directo SPT-11



**Foto No. 1.3** Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 1.40 a 2.00 m en el sondeo SPT-11.



**Foto No. 1.4** Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 10.40 a 10.55 m en el sondeo SPT-11.



**Foto No. 1.5** Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 19.40 a 20.00 m en el sondeo SPT-11.

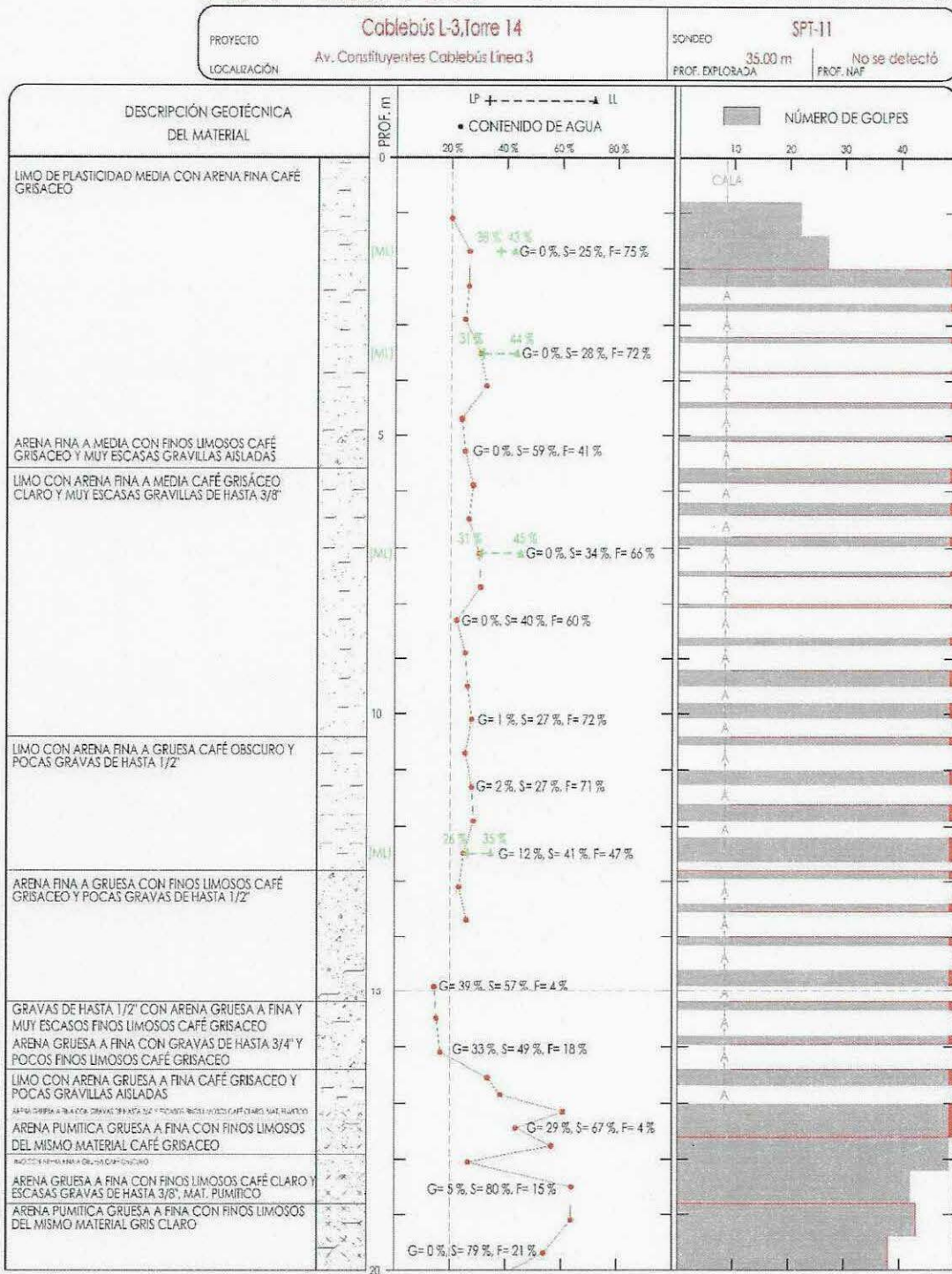


**Foto No. 1.6** Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 34.40 a 35.00 m en el sondeo SPT-11.

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

X = 476,713, Y = 2'144,759, Z = 2,415,25

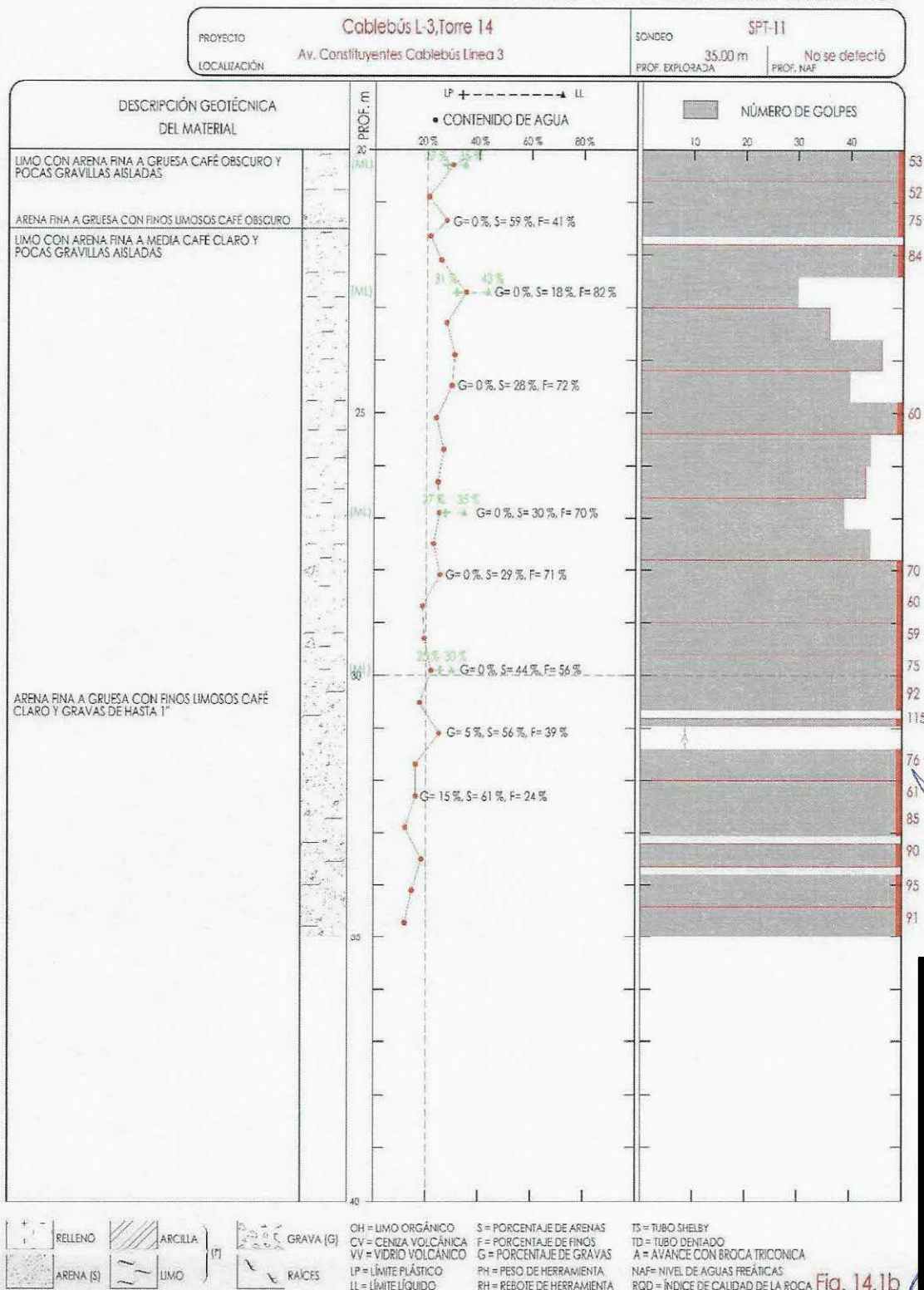
**SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR**



RELENO    ARCILLA (F)    GRAVA (G)    OH = LIMO ORGÁNICO    S = PORCENTAJE DE ARENAS    TS = TUBO SHELBY  
 ARENA (S)    LIMO    RAÍCES    CV = CENIZA VOLCÁNICA    F = PORCENTAJE DE FINOS    TD = TUBO DENTADO  
 VV = VIDRIO VOLCÁNICO    G = PORCENTAJE DE GRAVAS    A = AVANCE CON BROCA TRICÓNICA  
 LP = LÍMITE PLÁSTICO    PH = PESO DE HERRAMIENTA    NAF = NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS  
 LL = LÍMITE LÍQUIDO    RH = REBOTE DE HERRAMIENTA    RQD = ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA

Fig. 14.1a

**SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR**





Coordenadas  
X 476720  
Y 2144765

**SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR**  
REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Col. San Lucas Tepehualco Tlaxtepanilla, Edo. de México

Tel: 5365-0323 5365-2917 5365-1505

E-MAIL: [ingcvevas@prodigy.net.mx](mailto:ingcvevas@prodigy.net.mx)

PROYECTO: <b>CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES-LOS PINOS</b>	SONDEO: <b>SPT-11</b>	OPERD/SUP: [REDACTED]	HOJA: <b>1</b>
UBICACIÓN: <b>PARQUE CRICRI TORRE-14</b>	ING. DE PROYECTO: [REDACTED]	PROF. INF: [REDACTED]	PROF. EXPLORADA: <b>350</b>
MÁQUINA: <b>WANGYER-34</b>	FECHA INICIO: <b>31/ENE/23</b>	FECHA TERMINACIÓN: <b>8/FEB/23</b>	

Prof. (m)	Muestra N°	No de golpes	N	Recupar.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	Partid (m)	Número de golpes				
							0	10	20	30	40
0.00-0.80	-	Avance	-	-	Ceja	0					
0.80-1.40	1	7-14-8-6	22	15	Limo café claro	1			22		
1.40-2.00	2	6-11-16-24	27	34	Limo café poco arenoso	2			27		
2.00-2.30	3	18-50/5	100	17	Limo café claro poco arenoso cementado	3					100/30
2.30-2.60	-	ABT	-	-	Avance	3					ABT 100/30
2.60-2.75	4	50/10	100	15	Limo café claro poco arenoso cementado	4					ABT 100/30
2.75-3.20	-	ABT	-	-	Avance	4					ABT 100/30
3.20-3.30	5	50/10	150	10	Limo café claro poco arenoso cementado	5					ABT 150/30
3.30-3.80	-	ABT	-	-	Avance	5					ABT 150/30
3.80-3.85	6	50/5	300	5	Limo café poco arenoso cementado	6					ABT 150/30
3.85-4.40	-	ABT	-	-	Avance	6					ABT 150/30
4.40-4.50	7	150/10	150	10	Limo arenoso café cementado	7					ABT 150/30
4.50-5.00	-	ABT	-	-	Avance	7					ABT 150/30
5.00-5.10	8	50/10	150	10	Limo arenoso café cementado	8					ABT 150/30
5.10-5.60	-	ABT	-	-	Avance	8					ABT 150/30
5.60-5.85	9	70-50/10	150	25	Limo poco arenoso café cementado	9					ABT 150/30
5.85-6.20	-	ABT	-	-	Avance	9					ABT 150/30
6.20-6.42	10	45-50/7	214	22	Limo café poco arenoso cementado	10					ABT 150/30
6.42-6.80	-	ABT	-	-	Avance	10					ABT 150/30
6.80-6.95	11	50/15	100	15	Limo café poco arenoso cementado	11					ABT 150/30
6.95-7.40	-	ABT	-	-	Avance	11					ABT 150/30
7.40-7.50	12	50/10	150	10	Limo café poco arenoso cementado	12					ABT 150/30
7.50-8.07	-	ABT	-	-	Avance	12					ABT 150/30
8.00-8.07	13	50/7	214	7	Limo café poco arenoso cementado	13					ABT 150/30
8.07-8.60	-	ABT	-	-	Avance	13					ABT 150/30
8.60-8.75	14	50/15	100	14	Limo café poco arenoso cementado	14					ABT 150/30
8.75-9.20	-	ABT	-	-	Avance	14					ABT 150/30
9.20-9.50	15	43-50/15	100	24	Limo café poco arenoso cementado	15					ABT 150/30
9.50-9.80	-	ABT	-	-	Avance	15					ABT 150/30
9.80-10.40	16	57-50/13	115	23	Limo café poco arenoso cementado	16					ABT 150/30
10.00-10.90	-	ABT	-	-	Avance	16					ABT 150/30
10.90-11.55	17	100/15	100	15	Limo café poco arenoso cementado	17					ABT 100/30
11.55-11.80	-	ABT	-	-	Avance	17					ABT 100/30
11.80-11.15	18	34-50/10	150	22	Limo café poco arenoso	18					ABT 150/30
11.25-11.60	-	ABT	-	-	Avance	18					ABT 150/30
11.60-11.90	19	24-50/15	100	30	Limo café poco arenoso	19					ABT 150/30
11.90-12.20	-	ABT	-	-	Avance	19					ABT 150/30
12.20-12.65	20	38-51-50/15	24	30	Limo café poco arenoso	20					ABT 150/30
12.65-12.80	-	ABT	-	-	Avance	20					ABT 150/30
12.80-12.95	21	50/15	100	15	Limo arenoso café	21					ABT 150/30

ARENAS  
 ARCILLAS (S)  
 ARENAS (S)  
 GRASA (S)  
 RAICES  
 BELLEROS

SUMA DE GOLPES EN 30cm CERRALES

**SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR**  
REGISTRO DE CAMPO

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

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

E MAIL: lngscuevas@prodigy.net.mx

PROYECTO **CABLEBÚS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES - LOS PINOS** SONDEO **SPT-11**  
UBICACIÓN **PARQUE CRICRI TORRE 14**  
MÁQUINA **COMPTON-34**

OPERO/SUP **[REDACTED]** HOJA **3**  
PROF. HAF **[REDACTED]** m PROF. EXPLORADA **35.0** m  
FECHA INICIO **31/ENE/23** FECHA TERMINACIÓN **8/FEB/23**

Prof. (m)	Muestra N°	No de golpes	Σ	Recuper.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	Perfil Prof. (m)	Número de golpes				
							0	10	20	30	40
31.40-32.00	51	40-36-40-42	76	43	Arca fina café oscuro con poca limo y grmas pomilicos	0					
32.00-32.60	52	33-31-30-36	61	42	Arca fina café oscuro con poca limo y grmas pomilicos						
32.60-33.05	53	33-35-37/5	85	22	Arca fina café oscuro con poca limo y grmas pomilicos						
33.05-33.20	-	ABT	-	-	Avance						
33.20-33.65	54	37-40-39/5	90	35	Arca fina café oscura limosa con grmas pomilicos						
33.65-33.80	-	ABT	-	-	Avance						
33.80-34.40	55	46-47-48-56	95	40	Arca fina media café oscuro con grmas pomilicos	5					
34.40-35.00	56	31-44-47-56	91	42	Arca fina media café oscuro con grmas pomilicos y grava mskdy						
						10					
						15					
						20					

LIMO (L)
  ARCILLA (C)
  ARENA (A)
  GRAVA (G)
  RAÍCES
  MUELLO

SUMA DE GOLPES EN 30cm CENTRALES

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR  
REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Col San Lucas Tepefalcaco Tlalheponita Edo. de México

Tel: 5345-0825 5345-2917 5345-1505

E-MAIL: ingsoaveva@prodigy.net.mx

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE GAMA DE BUNBOGA A CONSTITUYENTES + LOS PINOS	SONDEO: SPT-11	OPERA/SUP: [REDACTED]	HOJA: 2
UBICACIÓN: PARQUE CRICRI TORRE-14	MÁQUINA: LONGYER-34	PROF. NAF: [REDACTED] m	PROF. EXPLORADA: 35.0 m
FECHA INICIO: 31/ENE/23	FECHA TERMINACIÓN: 31/FEB/23		

Prof. (m)	Muestra N°	No de golpes	Σ	Recuper.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	Número de golpes				
						0	10	20	30	40
12.95-13.40	-	ABT	-	-	Avance					
13.40-13.55	22	50/15	100	14	Limo poco arenoso café					
13.55-14.00	-	ABT	-	-	Avance					
14.00-14.15	-	50/15	100	-	Sin recuperación					
14.15-14.60	-	ABT	-	-	Avance					
14.60-14.83	13	49-50/9	166	9	Arena fina-medio gris con grava media					
14.83-15.20	-	ABT	-	-	Avance					
15.20-15.33	24	50/15	110	13	Limo café cementado con grava media y poca arena fina					
15.33-15.80	-	ABT	-	-	Avance					
15.80-15.95	25	51/5	100	15	Limo café cementado con grava media y poca arena media					
15.95-16.40	-	ABT	-	-	Avance					
16.40-16.68	26	35-29/3	115	28	PS Limo café con arena fina PI Arcilla poco arenosa				30	
16.68-17.00	-	ABT	-	-	Avance				36	
17.00-17.60	27	18-33-21-32	54	44	PS Arena amarillenta gris PI Arena amarillenta gris con arena fina					
17.60-18.20	28	24-26-23-30	49	37	PS Limo café con arena fina PI Arena amarillenta gris					
18.20-18.70	29	20-19-23-26	42	45	PI Arena amarillenta gris con arena fina PS Arena amarillenta gris con arena fina					
18.70-19.40	30	30-20-23-28	43	43	Arena amarillenta gris con arena fina					
19.40-20.00	31	19-19-11-25	30	45	PS Arena amarillenta gris con arena fina PI Arena amarillenta gris con arena fina					
20.00-20.60	32	16-25-28-41	55	43	PS Arcilla con arena fina PI Limo con arena fina					
20.60-21.20	33	15-23-27-38	52	39	Arcilla con arena fina PI Limo con arena fina					
21.20-21.65	34	7-25-20/15	35	40	PS Arcilla con arena fina PI Limo con arena fina					
21.65-21.81	-	ABT	-	-	Avance					
21.81-22.40	35	37-42-42-44	84	47	Arena fina media amarillenta gris con poca limo					
22.40-23.00	36	5-11-19-26	30	28	Limo arenoso café con arena fina					
23.00-23.60	37	1-16-10-17	36	25	Arcilla café con arena fina					
23.60-24.20	38	20-13-23-22	46	26	Arcilla café con arena fina					
24.20-24.80	39	17-18-24-29	40	30	Arcilla café con arena fina					
24.80-25.40	40	22-30-30-30	60	21	Arcilla café con arena fina					
25.40-26.00	41	16-25-21-32	44	39	Arcilla café con arena fina					
26.00-26.60	42	3-18-15-29	43	21	Arcilla café con arena fina					
26.60-27.20	43	15-11-22-22	35	37	Arcilla café con arena fina					
27.20-27.80	44	30-19-25-24	44	35	Arcilla café con arena fina					
27.80-28.40	45	26-37-33-31	70	30	Arcilla con arena fina					
28.40-29.00	46	24-27-31-30	50	30	Limo con arena fina					
29.00-29.60	47	8-25-34-25	53	29	Limo con arena fina					
29.60-30.20	48	36-34-41-47	75	30	Limo con arena fina					
30.20-30.80	49	15-23-27/4	72	27	Limo café con arena fina					
30.80-31.40	-	ABT	-	-	Avance					
31.40-32.00	50	20/13	115	15	Arena fina café con arena fina					
32.00-32.60	-	ABT	-	-	Avance					

1 23.60 Perdida de agua total

54.130  
49  
42  
43  
38  
57.50  
56.30  
10.130  
ABT  
24.150  
30  
36  
40  
60.130  
44  
43  
37  
41  
70.130  
60.130  
50.130  
70.130  
52.130  
ABT  
ABT  
16.130  
61.130  
65.130  
ABT  
37.20  
ABT  
61.130



**11. ANEXO 3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO**

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**CONTENIDO DE AGUA Y DESCRIPCION.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**



PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN: PARQUE CRI-CRI, TORRE 14

LABORATORISTA: [REDACTED]  
CALCULISTA: [REDACTED]

SONDEO : SPT-11      FECHA: 20/02/2023

HOJA : 1 DE 3

MITRA.	PROF. m	TARA		Wh + C gr.	Ws + C gr.	W gr.	Ws gr.	w %	DESCRIPCION DEL SUELO
		N°	gr.						
1	0.80	79	20.92	122.38	105.37	17.01	84.45	20.14	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO
2	1.40	148	20.66	155.21	127.00	28.21	106.34	26.53	LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO CON RAICES AISLADAS
3	2.00	327	34.24	152.12	127.55	24.57	93.31	26.33	LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
4	2.60	275	20.92	95.89	80.89	15.00	59.97	25.01	LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
5	3.20	330	21.38	145.36	116.21	29.15	94.83	30.74	LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA FINA CAFÉ GRISACEO
6	3.80	136	20.76	104.27	83.61	20.66	62.85	32.87	LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA FINA CAFÉ GRISACEO
7	4.40	450	239	21.11	128.18	107.52	86.41	23.91	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO
8	5.00	510	311	20.23	117.12	97.66	77.43	25.13	ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y MUY ESCASAS GRAVILLAS AISLADAS
9	5.60	582	337	34.41	191.66	157.13	122.72	28.14	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO
10	6.20	642	21.42	169.16	138.14	31.02	116.72	26.58	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
11	6.80	695	116	20.70	134.81	108.28	87.58	30.29	LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
12	7.40	750	308	20.16	133.97	107.16	87.00	30.82	LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO Y ESCASAS GRAVILLAS AISLADAS
13	8.00	807	111	20.58	104.77	89.47	68.89	22.21	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO
14	8.60	875	23	21.22	149.53	123.63	102.41	25.29	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO
15	9.20	950	266	20.50	146.31	120.18	99.68	26.21	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO
16	9.80	1008	48	21.10	161.31	130.86	109.76	27.74	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO Y MUY ESCASAS GRAVILLAS DE HASTA 3/8"
17	10.40	1055	84	20.90	162.75	134.07	113.17	25.34	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OSCURO Y GRVAS AISLADAS DE HASTA 3/4"
18	11.00	1125	199	20.98	140.62	114.61	93.63	27.78	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OSCURO Y MUY ESCASAS GRAVILLAS AISLADAS
19	11.60	1190	244	33.22	189.88	155.16	121.94	28.47	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OSCURO Y ESCASAS GRAVILLAS AISLADAS
20	12.20	1265	153	20.32	190.13	156.33	136.01	24.85	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ OSCURO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
21	12.80	1295	204	20.27	136.35	114.54	94.27	23.14	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
22	13.40	1355	4	20.88	130.70	108.14	87.26	25.85	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y ESCASAS GRAVILLAS AISLADAS
23	14.60	1483	224	20.24	103.05	92.66	72.42	14.35	ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 3/8" Y MUY ESCASOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
24	15.20	1533	240	20.33	161.19	21.26	140.86	15.09	GRAVAS DE HASTA 1/2" CON ARENA GRUESA A FINA Y MUY ESCASOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**CONTENIDO DE AGUA Y DESCRIPCION.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

LABORATORISTA: S [REDACTED]  
CALCULISTA: N [REDACTED]

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN: PARQUE CRI-CRI, TORRE 14

SONDEO: SPT-11      FECHA: 20/02/2023      HOJA: 2 DE 3

MTRA.	PROF. m	TARA		Wh + C gr.	Ws + C gr.	W gr.	Ws gr.	w %	DESCRIPCION DEL SUELO
		N°	gr.						
25	15.80	15.95	20.76	153.24	134.41	18.83	113.65	16.57	ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 3/4" Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
26	16.40	16.68	340	184.88	145.35	39.53	117.73	33.58	LIMO CON ARENA GRUESA A FINA CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVILLAS AISLADAS
26-A	16.40	16.68	152	106.84	82.93	23.91	62.59	38.20	LIMO CON POCAS ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO
27	17.00	17.60	290	112.13	77.44	34.69	57.19	60.66	ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 3/4" Y ESCASOS FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO. MAT. PUMITIC
27-A	17.00	17.60	88	21.19	176.96	47.38	108.39	43.71	ARENA PUMITICA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS DEL MISMO MATERIAL CAFÉ GRISACEO
28	17.60	18.20	94	21.22	93.38	26.04	46.12	56.46	ARENA PUMITICA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS DEL MISMO MATERIAL CAFÉ GRISACEO
28-A	17.60	18.20	9	20.99	152.56	27.61	103.96	26.56	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ OSCURO
29	18.20	18.80	190-A	20.62	164.31	108.37	87.75	63.75	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y ESCASAS GRAVAS DE HASTA 3/8". MAT. PUMITIC
30	18.80	19.40	18	20.76	162.82	107.64	86.88	63.51	ARENA PUMITICA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS DEL MISMO MATERIAL CAFÉ CLARO
31	19.40	20.00	31	20.88	168.56	117.00	96.12	53.64	ARENA PUMITICA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS DEL MISMO MATERIAL GRIS CLARO
32	20.00	20.60	97	20.54	164.80	131.58	33.22	29.92	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OSCURO
33	20.60	21.20	348	20.15	190.87	161.51	29.36	20.77	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ OSCURO Y POCAS GRAVILLAS AISLADAS
34	21.20	21.65	271	20.58	134.82	110.11	24.71	89.53	ARENA FINA A GRUESA CAFÉ OSCURO Y POCAS GRAVILLAS AISLADAS
34-A	21.20	21.65	68	21.16	177.40	149.99	27.41	128.83	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ GRISACEO
35	21.80	22.40	1	20.95	173.14	142.26	30.88	121.31	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ POCO VERDOSO
36	22.40	23.00	225	20.21	173.70	133.83	39.87	113.62	LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA CON POCAS ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
37	23.00	23.60	45	20.86	163.17	132.33	30.84	111.47	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO Y GRAVILLAS AISLADAS
38	23.60	24.20	26	20.62	147.84	117.89	29.95	97.27	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO Y GRAVILLAS AISLADAS
39	24.20	24.80	196	20.55	146.68	117.76	28.92	29.75	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
40	24.80	25.40	171	20.46	145.49	121.45	24.04	100.99	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
41	25.40	26.00	291	20.28	159.96	130.64	29.32	110.36	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
42	26.00	26.60	20	21.15	163.89	135.86	28.03	114.71	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
43	26.60	27.20	70	21.29	160.59	132.66	27.93	111.37	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
44	27.20	27.80	96	20.90	172.28	147.15	28.13	123.25	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**CONTENIDO DE AGUA Y DESCRIPCIÓN.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN: PARQUE CRI-CRI, TORRE 14

LABORATORISTA: [REDACTED]  
CALCULISTA: [REDACTED]

SONDEO: SPT-11

FECHA: 20/02/2023

HOJA: 3 DE 3

MTRA.	PROF. m	TARA		Wh + C gr.	Ws + C gr.	W gr.	Ws gr.	w %	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
		N°	gr.						
45	27.80	28.40	21.74	165.18	136.25	28.93	114.51	25.26	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
46	28.40	29.00	20.25	204.35	175.38	28.97	155.13	18.67	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO
47	29.00	29.60	20.38	221.12	188.47	32.65	168.09	19.42	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO
48	29.60	30.20	21.53	189.71	159.36	30.35	137.83	22.02	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO
49	30.20	20.64	110	220.42	190.42	30.00	170.10	17.64	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y GRAVAS DE HASTA 1/2"
50	30.80	30.93	289	20.46	177.15	31.41	125.28	25.07	ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y ESCASAS GRAVAS DE HASTA 3/8"
51	31.40	32.00	135	20.61	215.43	26.97	167.85	16.07	ARENA GRUESA A FINA CON POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
52	32.00	32.60	16	21.01	223.58	28.08	174.49	16.09	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
53	32.60	33.05	91	30.31	80.91	5.49	45.11	12.17	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
54	33.20	33.65	72	27.04	90.78	9.89	53.85	18.37	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
55	33.80	34.40	119	30.01	92.48	7.98	54.49	14.64	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/4"
56	34.40	35.00	27	29.10	116.58	9.35	78.13	11.97	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1"

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB BARBERA** PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI , TORRE 14

FECHA: 23-feb.-23  
LABORATORISTA: [REDACTED]  
CALCULISTA: [REDACTED]

MUESTRA Nº : 2 SONDEO: SPT-11  
PROFUNDIDAD: 1.40-2.00 m.  
DESCRIPCION DE LA MUESTRA :  
OBSERVACIONES :

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	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 : 127.00 gr.  
TARA # : 148 Peso de la tara: 20.66 gr.  
Peso de la muestra total : 106.34 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	0.20	0.19		99.81
16	1.00	0.00	0.00		99.81
20	850	0.00	0.00		99.81
30	600 µ	0.17	0.16		99.65
40	425 µ	0.83	0.78		98.87
60	250 µ	3.67	3.45		95.42
100	150 µ	4.42	4.16		91.26
200	75 µ	16.79	15.79		75.47
charola		80.26	75.47		
suma		26.08			

% MATERIAL > MALLA Nº 4 :  
% GRAVA : 0.00  
% ARENA : 24.53  
% FINOS : 75.47  
CLASIFICACION S. U. C. S. : ML  
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

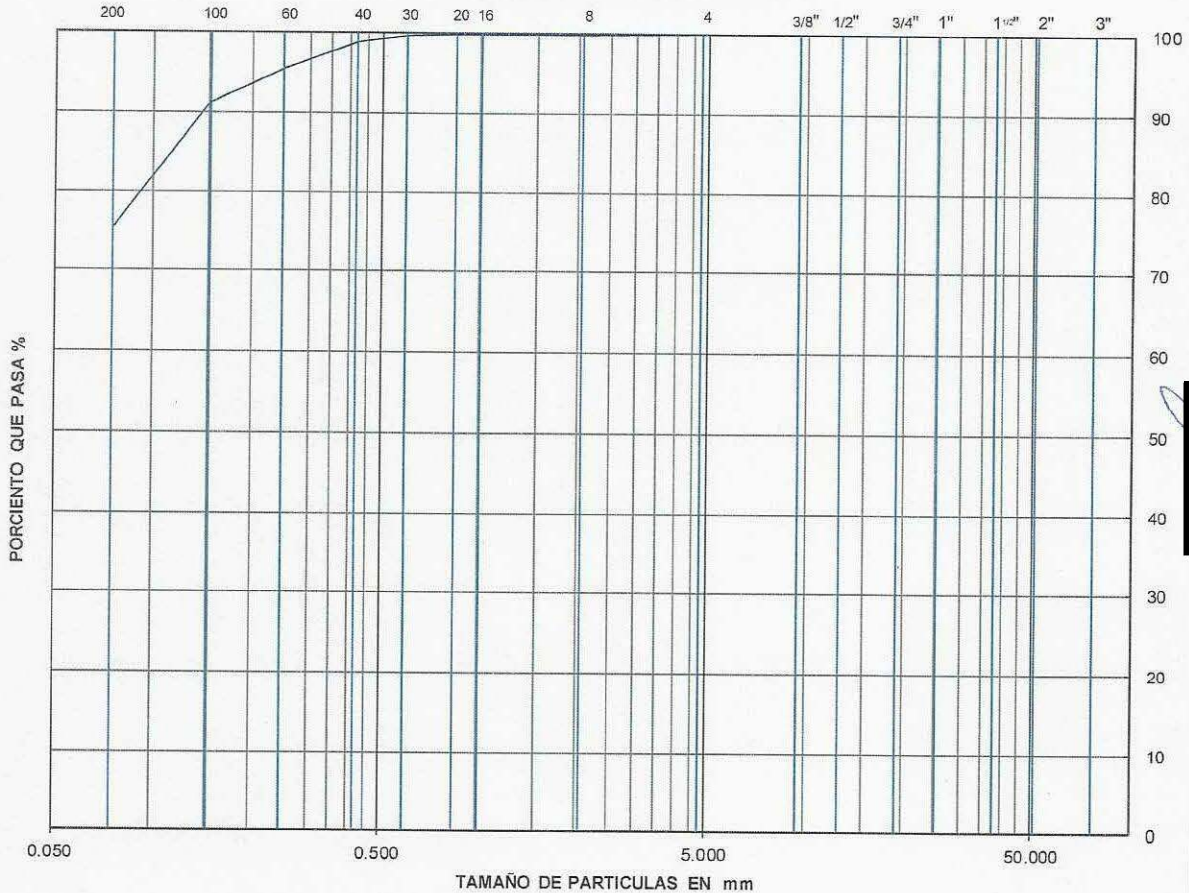
PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA Nº : 2  
 PROFUNDIDAD : 1.40-2.00 m.

FECHA : 23/02/2023

LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{50} =$  \_\_\_\_\_       $D_{90} =$  0.141  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 24.53  
 % FINOS : 75.47  
 S. U. C. S. : ML

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**PROYECTO :** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN :** PARQUE CRI-CRI, TORRE 14

**LABORATORISTA:** \_\_\_\_\_  
**FECHA:** 23-feb.-23

**MUESTRA Nº :** 5 **SONDEO:** SPT-11 **CALCULISTA:** \_\_\_\_\_  
**PROFUNDIDAD:** 3.20-3.30 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: 116.21 gr.  
TARA #: 27 **Peso de la tara:** 21.38 gr.  
Peso de la muestra total: 94.83 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	0.00	0.00		100.00
30	600 µ	0.08	0.08		99.92
40	425 µ	0.47	0.50		99.42
60	250 µ	2.39	2.52		96.90
100	150 µ	4.07	4.29		92.61
200	75 µ	19.76	20.84		71.77
charola		68.06	71.77		
suma		26.77			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : \_\_\_\_\_  
% GRAVA : 0.00  
% ARENA : 28.23  
% FINOS : 71.77  
CLASIFICACION S. U. C. S. : ML  
TOTAL : 100.00



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA N° : 5  
 PROFUNDIDAD : 3.20-3.30 m.

FECHA : 23/02/2023  
 LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{50} =$  \_\_\_\_\_       $D_{90} =$  0.137  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 28.23  
 % FINO : 71.77  
 S. U. C. S. : ML



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB BARRERA** PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI , TORRE 14

FECHA: 23-feb.-23  
LABORATORISTA: XXXXXXXXXX

MUESTRA Nº : 8 SONDEO: SPT-11 CALCULISTA: XXXXXXXXXX

PROFUNDIDAD: 5.00-5.10 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	0.23	0.30	99.70
suma		0.23	0.30	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**  
Peso de la muestra total + tara : 97.66 gr.  
TARA # : 311 Peso de la tara: 20.23 gr.  
Peso de la muestra total : 77.43 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	0.05	0.06		99.64
16	1.00	0.18	0.23		99.41
20	850	0.19	0.25		99.16
30	600 µ	1.75	2.26		96.90
40	425 µ	4.45	5.75		91.15
60	250 µ	10.66	13.77		77.39
100	150 µ	8.65	11.17		66.21
200	75 µ	19.68	25.42		40.80
charola		31.82	41.10		
suma		45.61			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : \_\_\_\_\_  
% GRAVA : 0.30  
% ARENA : 58.90  
% FINOS : 40.80  
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 : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA Nº : 8  
 PROFUNDIDAD : 5.00-5.10 m.

FECHA : 23/02/2023

LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{30} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{60} = \underline{0.126}$   
 $D_{50} = \underline{0.096}$        $D_{90} = \underline{0.402}$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \underline{\hspace{2cm}}$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \underline{\hspace{2cm}}$

% GRAVA : 0.30  
 % ARENA : 58.90  
 % FINOS : 40.80  
 S. U. C. S. : 0.00

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**PROYECTO :** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN :** PARQUE CRI-CRI , TORRE 14

**FECHA:** 23-feb.-23  
**LABORATORISTA:** [REDACTED]  
**CALCULISTA:** [REDACTED]

**MUESTRA Nº :** 11 **SONDEO:** SPT-11  
**PROFUNDIDAD:** 6.80-6.95 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 : 108.28 gr.  
TARA # : 116 Peso de la tara: 20.70 gr.  
Peso de la muestra total : 87.58 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	0.07	0.08		99.92
16	1.00	0.17	0.19		99.73
20	850	0.08	0.09		99.63
30	600 µ	0.72	0.82		98.81
40	425 µ	1.91	2.18		96.63
60	250 µ	5.52	6.30		90.33
100	150 µ	5.15	5.88		84.45
200	75 µ	16.59	18.94		65.51
charola		57.37	65.51		
suma		30.21			

% MATERIAL > MALLA Nº 4 : \_\_\_\_\_  
% GRAVA : 0.00  
% ARENA : 34.49  
% FINOS : 65.51  
CLASIFICACION S. U. C. S. : ML  
TOTAL: 100.00



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN: PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA N° : 11  
 PROFUNDIDAD : 6.80-6.95 m

FECHA : 23/02/2023

LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{50} =$  \_\_\_\_\_       $D_{90} =$  0.243  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 34.49  
 % FINOS : 65.51  
 S. U. C. S. : ML

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**PROYECTO :** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN :** PARQUE CRI-CRI , TORRE 14

**FECHA:** 23-feb-23  
**LABORATORISTA:** [REDACTED]  
**MUESTRA Nº :** 13 **SONDEO:** SPT-11 **CALCULISTA:** [REDACTED]  
**PROFUNDIDAD:** 8.00-8.07 m.  
**DESCRIPCION DE LA MUESTRA :**  
**OBSERVACIONES :**

**LABORATORIO**

**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 : 89.47 gr.  
TARA # : 111 Peso de la tara: 20.58 gr.  
Peso de la muestra total : 68.89 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	0.08	0.12		99.88
16	1.00	0.01	0.01		99.87
20	850	0.00	0.00		99.87
30	600 µ	0.77	1.12		98.75
40	425 µ	1.92	2.79		95.96
60	250 µ	4.97	7.21		88.75
100	150 µ	4.29	6.23		82.52
200	75 µ	15.28	22.18		60.34
charola		41.57	60.34		
suma		27.32			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :  
% GRAVA : 0.00  
% ARENA : 39.66  
% FINOS : 60.34  
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 : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA Nº : 13  
 PROFUNDIDAD : 8.00-8.07 m

FECHA : 23/02/2023

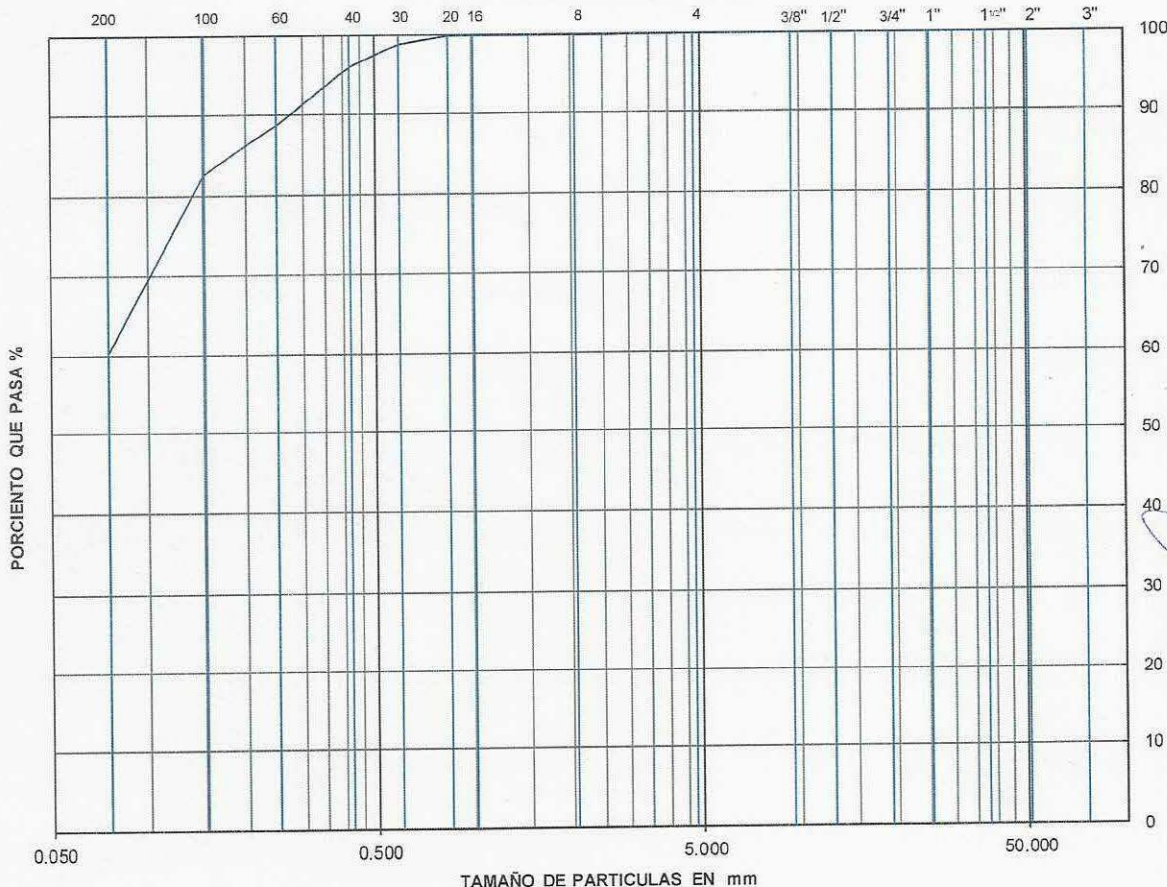
LABORATORISTA : [REDACTED]

CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{50} =$  \_\_\_\_\_       $D_{90} =$  0.274  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 39.66  
 % FINOS : 60.34  
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB BARBERIA** PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI , TORRE 14

FECHA: 23-feb.-23  
LABORATORISTA: [REDACTED]  
CALCULISTA: [REDACTED]

MUESTRA Nº : 16 SONDEO: SPT-11  
PROFUNDIDAD: 9.80-10.08 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	0.84	0.77	99.23
4	4.76	0.14	0.13	99.11
suma		0.98	0.89	

PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.  
Peso de la muestra total + tara : 130.86 gr.  
TARA # : 48 Peso de la tara: 21.10 gr.  
Peso de la muestra total : 109.76 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	0.04	0.04		99.07
16	1.00	0.12	0.11		98.96
20	850	0.20	0.18		98.78
30	600 µ	1.17	1.07		97.71
40	425 µ	2.56	2.33		95.38
60	250 µ	5.85	5.33		90.05
100	150 µ	4.81	4.38		85.67
200	75 µ	14.65	13.35		72.32
charola		80.36	73.21		
suma		29.40			

% MATERIAL > MALLA Nº 4 : \_\_\_\_\_  
% GRAVA : 0.89  
% ARENA : 26.79  
% FINOS : 72.32  
CLASIFICACION S. U. C. S. : \_\_\_\_\_  
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



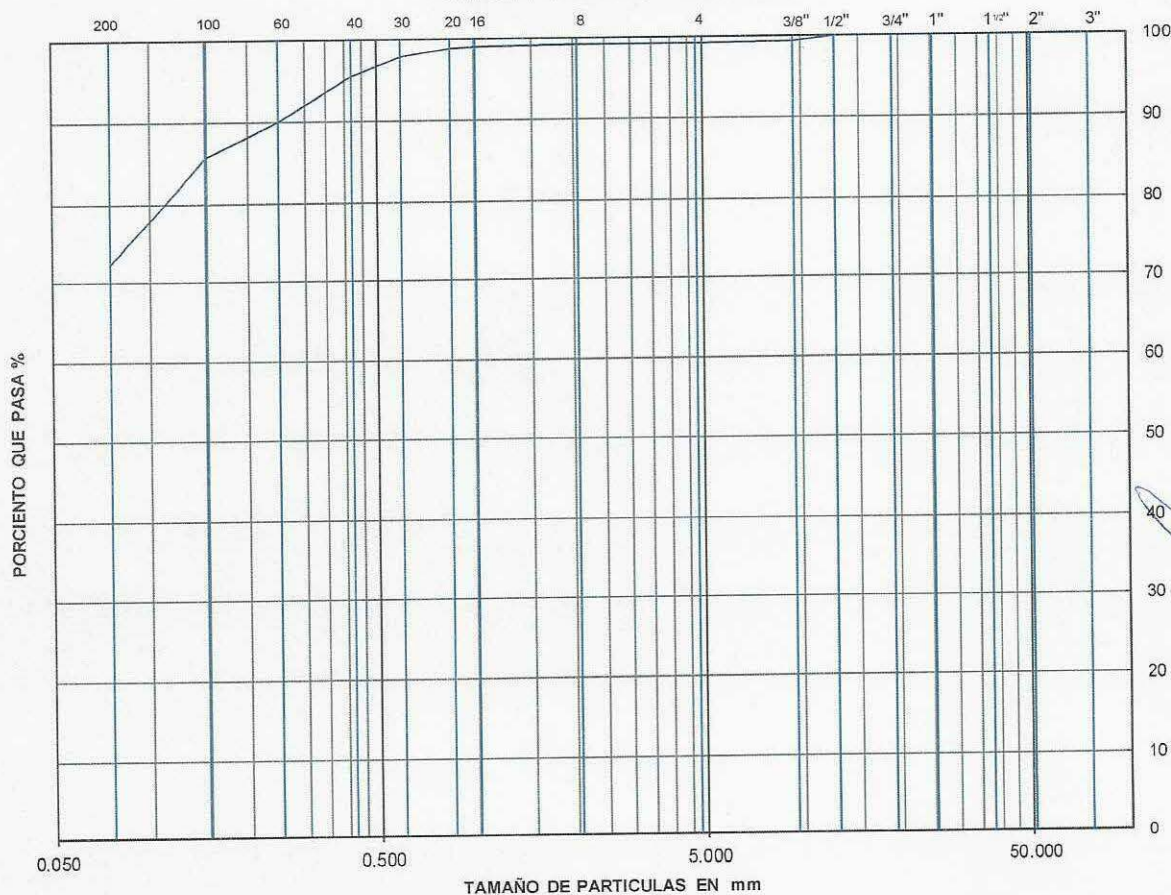
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA N° : 16  
 PROFUNDIDAD : 9.80-10.08 m.

FECHA : 23/02/2023  
 LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{50} =$  \_\_\_\_\_       $D_{90} =$  0.248  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.89  
 % ARENA : 26.79  
 % FINOS : 72.32  
 S. U. C. S. : 0.00



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB BARBERA** PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI , TORRE 14

FECHA: 23-feb.-23  
LABORATORISTA: [REDACTED]  
MUESTRA Nº : 18 SONDEO: SPT-11 CALCULISTA: [REDACTED]  
PROFUNDIDAD: 11.00-11.25 m.  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**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	1.47	1.57	98.43
suma		1.47	1.57	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**  
Peso de la muestra total + tara : 114.61 gr.  
TARA # : 199 Peso de la tara: 20.98 gr.  
Peso de la muestra total : 93.63 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	0.88	0.94		97.49
16	1.00	0.00	0.00		97.49
20	850	0.00	0.00		97.49
30	600 µ	0.16	0.17		97.32
40	425 µ	0.92	0.98		96.34
60	250 µ	3.53	3.77		92.57
100	150 µ	4.08	4.36		88.21
200	75 µ	16.17	17.27		70.94
charola		67.89	72.51		
suma		25.74			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : \_\_\_\_\_  
% GRAVA : 1.57  
% ARENA : 27.49  
% FINOS : 70.94  
CLASIFICACION S. U. C. S. : \_\_\_\_\_  
TOTAL: 100.00



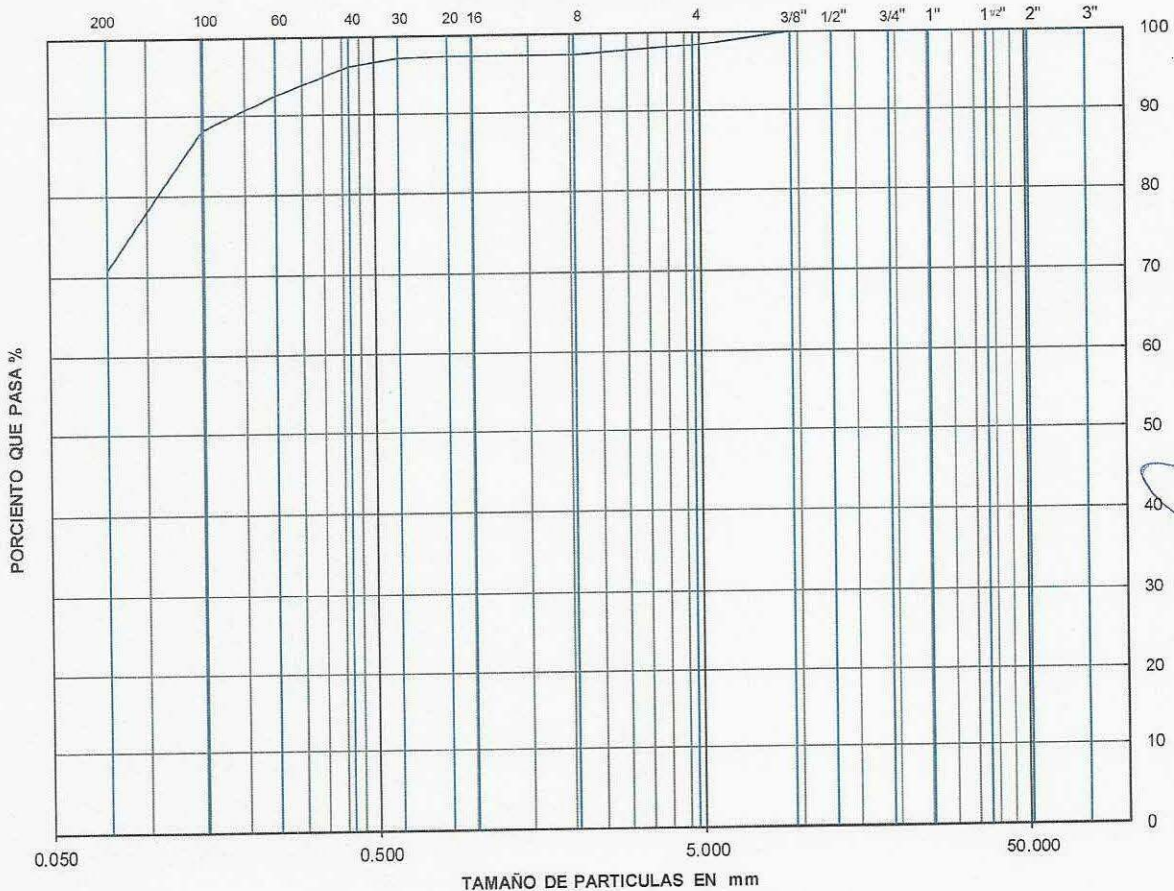
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA N° : 18  
 PROFUNDIDAD : 11.00-11.25 m.

FECHA : 23/02/2023  
 LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{50} =$  \_\_\_\_\_       $D_{90} =$  0.184  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 1.57  
 % ARENA : 27.49  
 % FINOS : 70.94  
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**PROYECTO :** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN :** PARQUE CRI-CRI , TORRE 14

**LAB BARRERA** **FECHA:** 23-feb.-23

**MUESTRA Nº :** 20 **SONDEO:** SPT-11 **LABORATORISTA:** [REDACTED]  
**PROFUNDIDAD:** 12.20-12.65 m. **CALCULISTA:** [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	6.70	4.93	95.07
3/8 "	9.50	4.99	3.67	91.41
4	4.76	4.55	3.35	88.06
suma		16.24	11.94	

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*  
Peso de la muestra total + tara: 156.33 gr.  
TARA #: 153 Peso de la tara: 20.32 gr.  
Peso de la muestra total: 136.01 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	1.59	1.17		86.89
16	1.00	7.60	5.73		81.16
20	850	4.27	3.14		78.02
30	600 µ	8.58	6.31		71.71
40	425 µ	5.82	4.28		67.43
60	250 µ	6.65	4.89		62.54
100	150 µ	4.52	3.32		59.22
200	75 µ	16.63	12.23		46.99
charola		80.15	58.93		
suma		55.86			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :  
% GRAVA : 11.94  
% ARENA : 41.07  
% FINOS : 46.99  
CLASIFICACION S. U. C. S. : SM  
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



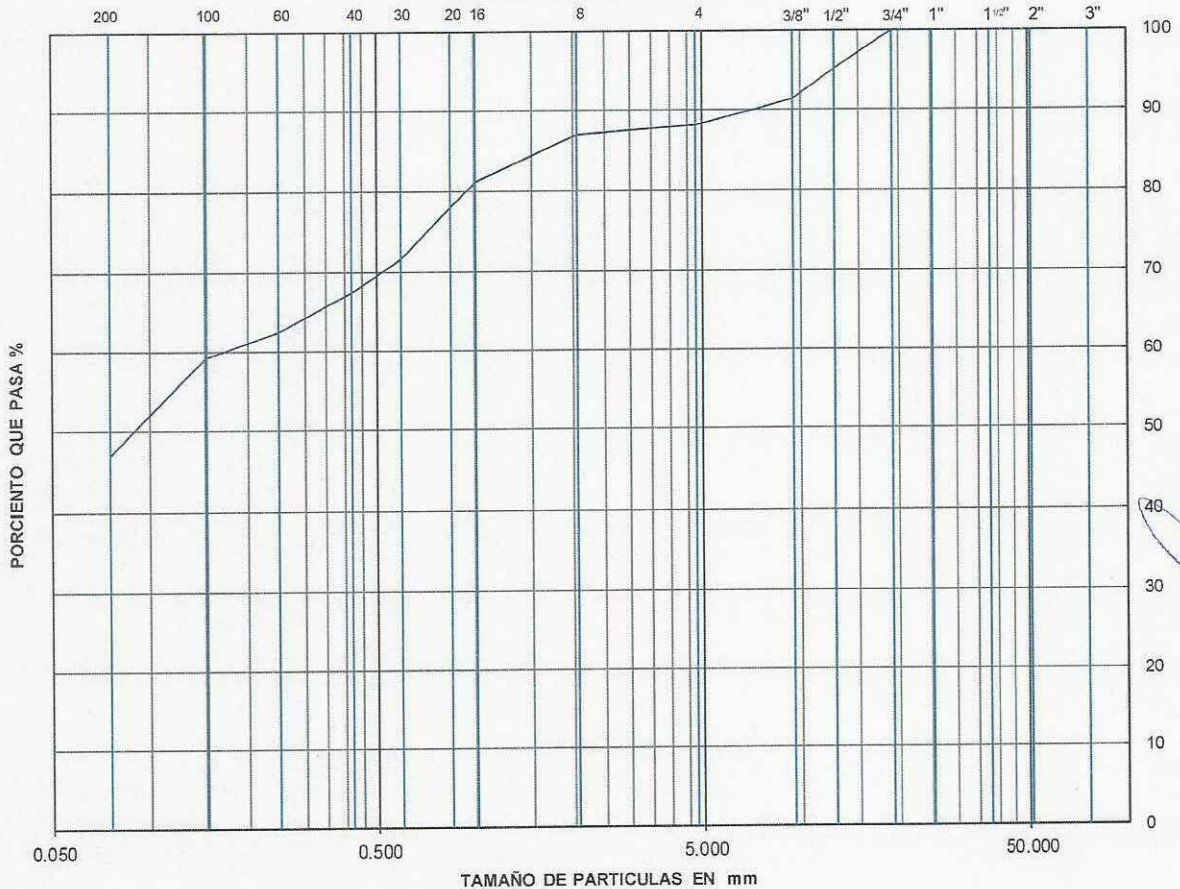
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA N° : 20  
 PROFUNDIDAD : 12.20-12.65 m.

FECHA : 23/02/2023  
 LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{30} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{60} = \underline{0.168}$   
 $D_{50} = \underline{0.089}$        $D_{90} = \underline{7.118}$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \underline{\hspace{2cm}}$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \underline{\hspace{2cm}}$

% GRAVA : 11.94  
 % ARENA : 41.07  
 % FINOS : 46.99  
 S. U. C. S. : SM

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**PROYECTO :** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN :** PARQUE CRI-CRI , TORRE 14

**FECHA:** 23-feb.-23  
**LABORATORISTA:** [REDACTED]  
**CALCULISTA:** [REDACTED]

**MUESTRA Nº :** 23 **SONDEO:** SPT-11  
**PROFUNDIDAD:** 14.60-14.83 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	14.46	20.02	79.98
3/8 "	9.50	9.01	12.48	67.50
4	4.76	4.55	6.30	61.20
suma		28.02	38.80	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 92.66 gr.  
TARA #: 224 Peso de la tara: 20.44 gr.  
Peso de la muestra total: 72.22 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	12.00	16.62		44.59
16	1.00	10.50	14.54		30.05
20	850	2.60	3.60		26.45
30	600 µ	4.81	6.66		19.79
40	425 µ	3.09	4.28		15.51
60	250 µ	3.05	4.22		11.28
100	150 µ	1.60	2.22		9.07
200	75 µ	3.59	4.97		4.10
charola		30.98	42.90		
suma		41.24			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : \_\_\_\_\_  
% GRAVA : 38.80  
% ARENA : 57.10  
% FINOS : 4.10  
CLASIFICACION S. U. C. S. : SW  
TOTAL: 100.00



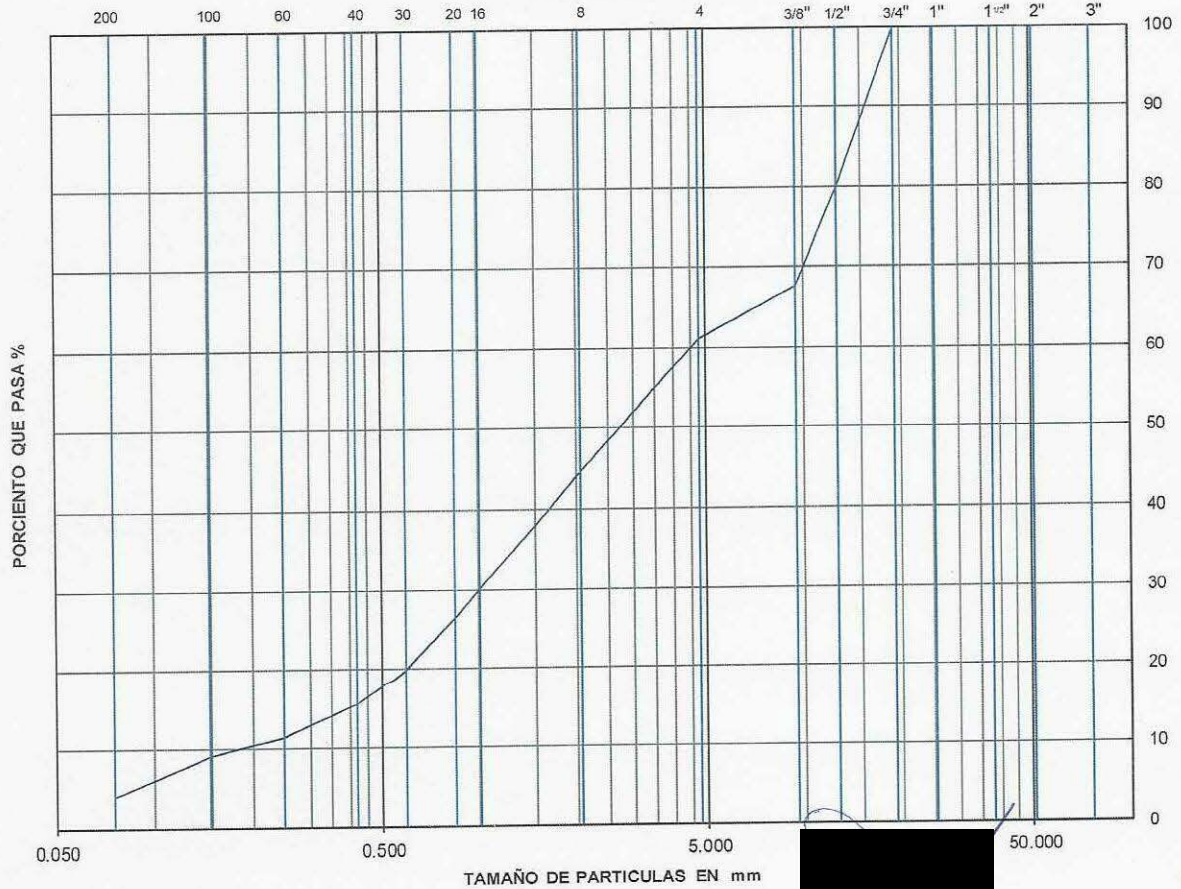
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA N° : 23  
 PROFUNDIDAD : 14.60-14.83 m.

FECHA : 23/02/2023  
 LABORATORISTA : XXXXXXXXXX  
 CALCULISTA : XXXXXXXXXX

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} = 0.185$        $D_{30} = 1.001$        $D_{60} = 4.480$   
 $D_{50} = 2.704$        $D_{90} = 15.558$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 24.192$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = 1.207$

% GRAVA : 38.80  
 % ARENA : 57.10  
 % FINOS : 4.10  
 S. U. C. S. : SW

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**PROYECTO:** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN:** PARQUE CRI-CRI, TORRE 14

**FECHA:** 23-feb.-23  
**LABORATORISTA:** [REDACTED]  
**CALCULISTA:** [REDACTED]

**MUESTRA Nº:** 25 **SONDEO:** SPT-11  
**PROFUNDIDAD:** 15.80-15.95 m.  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**  
**OBSERVACIONES:**

**LAB BARRERA**

**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	14.77	13.00	87.00
1/2"	12.50	8.71	7.66	79.34
3/8"	9.50	5.61	4.94	74.40
4	4.76	8.51	7.49	66.92
suma		37.60	33.08	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 134.41 gr.  
TARA #: 142 Peso de la tara: 20.76 gr.  
Peso de la muestra total: 113.65 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	10.93	9.62		57.30
16	1.00	10.99	9.67		47.63
20	850	3.13	2.75		44.87
30	600 µ	6.18	5.44		39.44
40	425 µ	5.13	4.51		34.92
60	250 µ	6.10	5.37		29.56
100	150 µ	3.99	3.51		26.04
200	75 µ	9.00	7.92		18.13
charola		58.20	51.21		
suma		55.45			

% MATERIAL > MALLA Nº 4.: \_\_\_\_\_  
% GRAVA: 33.08  
% ARENA: 48.79  
% FINOS: 18.13  
CLASIFICACION S. U. C. S.: \_\_\_\_\_  
TOTAL: 100.00



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

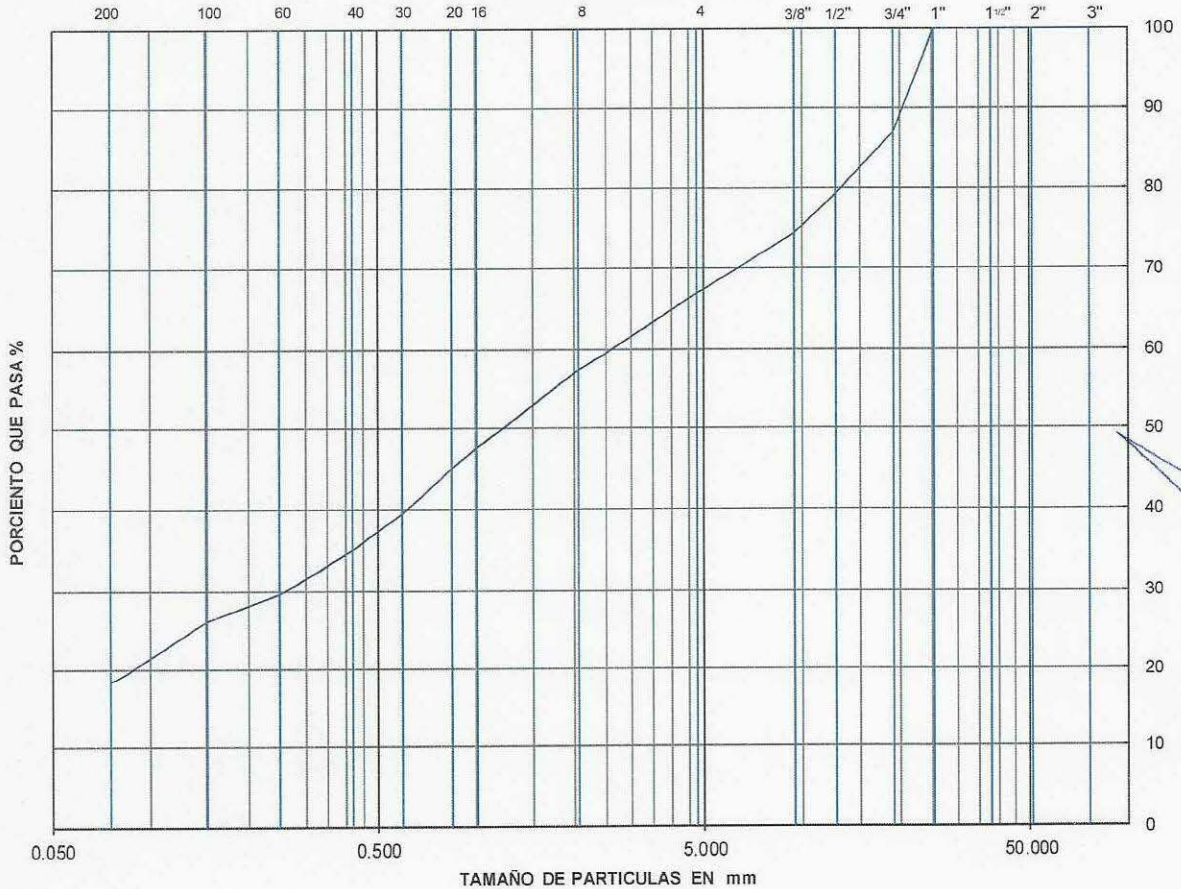
PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA N° : 25  
 PROFUNDIDAD : 15.80-15.95 m.

FECHA : 23/02/2023

LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{30} = \underline{0.261}$        $D_{60} = \underline{2.604}$   
 $D_{50} = \underline{1.196}$        $D_{90} = \underline{20.356}$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \underline{\hspace{2cm}}$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \underline{\hspace{2cm}}$

% GRAVA : 33.08  
 % ARENA : 48.79  
 % FINOS : 18.13  
 S. U. C. S. : 0.00



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB BARRERA** PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI , TORRE 14

FECHA: 24-feb.-23  
LABORATORISTA: XXXXXXXXXX  
CALCULISTA: XXXXXXXXXX

MUESTRA Nº : 27 SONDEO: SPT-11  
PROFUNDIDAD: 17.00-17.60 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	2.86	5.00	95.00
1/2 "	12.50	0.64	1.12	93.88
3/8 "	9.50	6.40	11.19	82.69
4	4.76	6.52	11.40	71.29
suma		16.42	28.71	

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*  
Peso de la muestra total + tara : 77.44 gr.  
TARA # : 290 Peso de la tara: 20.25 gr.  
Peso de la muestra total : 57.19 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	17.65	30.86		40.43
16	1.00	11.75	20.55		19.88
20	850	2.23	3.90		15.98
30	600 µ	2.95	5.16		10.82
40	425 µ	1.09	1.91		8.92
60	250 µ	0.81	1.42		7.50
100	150 µ	0.53	0.93		6.57
200	75 µ	1.44	2.52		4.06
charola		18.74	32.77		
suma		38.45			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : \_\_\_\_\_  
% GRAVA : 28.71  
% ARENA : 67.23  
% FINOS : 4.06  
CLASIFICACION S. U. C. S. : SW  
TOTAL: 100.00



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

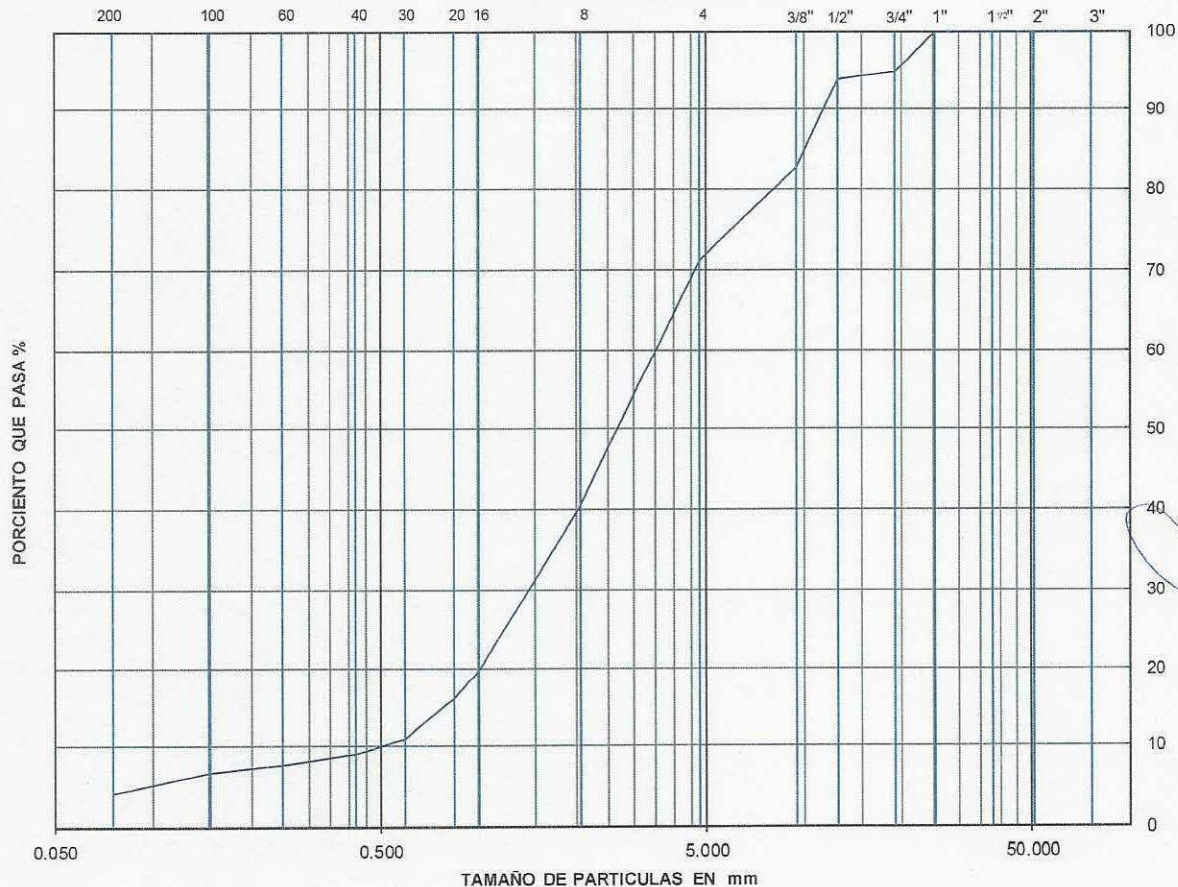
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA N° : 27  
 PROFUNDIDAD : 17.00-17.60 m.

FECHA : 24/02/2023  
 LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : MATERIAL PUMITICO

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} = 0.512$        $D_{30} = 1.429$        $D_{60} = 3.502$   
 $D_{50} = 2.668$        $D_{90} = 11.494$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 6.842$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = 1.139$

% GRAVA : 28.71  
 % ARENA : 67.23  
 % FINOS : 4.06  
 S. U. C. S. : SW

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB BARBERA** PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI , TORRE 14

FECHA: 24-feb-23  
 LABORATORISTA: [REDACTED]

MUESTRA Nº : 29 SONDEO: SPT-11 CALCULISTA: [REDACTED]

PROFUNDIDAD: 18.20-18.80 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	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.58	0.66	99.34
4	4.76	3.39	3.86	95.48
suma		3.97	4.52	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**  
 Peso de la muestra total + tara : 108.37 gr.  
 TARA # : 190-A Peso de la tara: 20.62 gr.  
 Peso de la muestra total : 87.75 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	12.00	13.68		81.80
16	1.00	18.69	21.30		60.50
20	850	5.22	5.95		54.55
30	600 µ	10.90	12.42		42.13
40	425 µ	6.83	7.78		34.35
60	250 µ	6.21	7.08		27.27
100	150 µ	2.94	3.35		23.92
200	75 µ	7.68	8.75		15.17
charola		17.28	19.69		
suma		70.47			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : \_\_\_\_\_  
 % GRAVA : 4.52  
 % ARENA : 80.31  
 % FINOS : 15.17  
 CLASIFICACION S. U. C. S. : \_\_\_\_\_  
 TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA N° : 29  
 PROFUNDIDAD : 18.20-18.80 m.

FECHA : 24/02/2023  
 LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : MATERIAL PUMITICO

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{30} = \underline{0.305}$        $D_{60} = \underline{0.988}$   
 $D_{50} = \underline{0.741}$        $D_{90} = \underline{3.402}$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \underline{\hspace{2cm}}$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \underline{\hspace{2cm}}$

% GRAVA : 4.52  
 % ARENA : 80.31  
 % FINOS : 15.17  
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB** **LABORATORIO**

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI , TORRE 14

FECHA: 24-feb.-23  
LABORATORISTA: [REDACTED]  
CALCULISTA: [REDACTED]

MUESTRA Nº : 31 SONDEO: SPT-11  
PROFUNDIDAD: 19.40-20.00 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	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 : 117.00 gr.  
TARA # : 31 Peso de la tara: 20.88 gr.  
Peso de la muestra total : 96.12 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	4.23		95.77
16	1.00	17.34	18.04		77.73
20	850	6.66	6.93		70.80
30	600 µ	13.75	14.31		56.49
40	425 µ	9.78	10.17		46.32
60	250 µ	9.11	9.48		36.84
100	150 µ	4.46	4.64		32.20
200	75 µ	11.04	11.49		20.71
charola		19.91	20.71		
suma		76.21			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : \_\_\_\_\_  
% GRAVA : 0.00  
% ARENA : 79.29  
% FINOS : 20.71  
CLASIFICACION S. U. C. S. : \_\_\_\_\_  
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

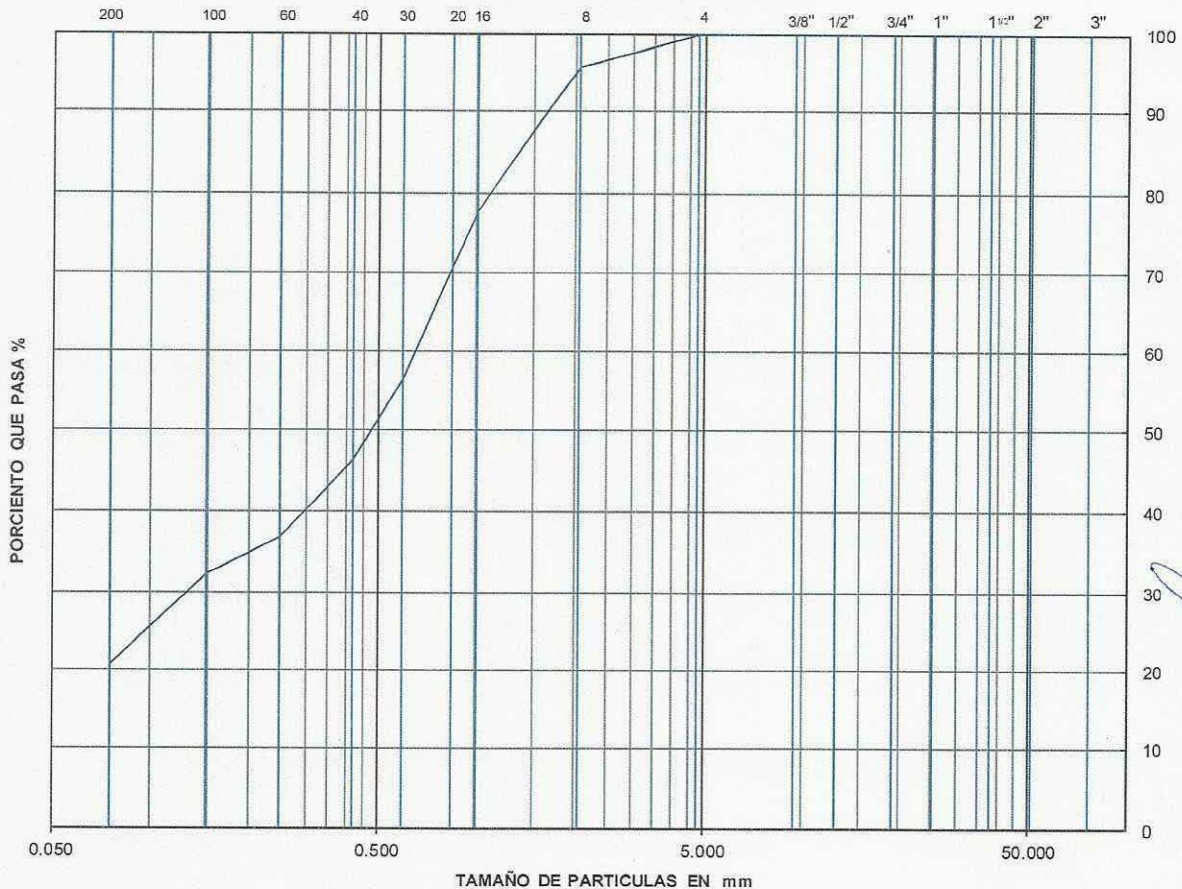
PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA N° : 31  
 PROFUNDIDAD : 19.40-20.00 m.

FECHA : 24/02/2023

LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : MATERIAL PUMITICO

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} = 0.131$        $D_{60} = 0.648$   
 $D_{50} = 0.476$        $D_{90} = 1.635$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 79.29  
 % FINOS : 20.71  
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB BARBERA** PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI , TORRE 14

FECHA: 24-feb.-23  
LABORATORISTA: XXXXXXXXXX  
MUESTRA Nº : 34 SONDEO: SPT-11 CALCULISTA: XXXXXXXXXX  
PROFUNDIDAD: 21.20-21.65 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	0.20	0.22	99.78
suma		0.20	0.22	

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*  
Peso de la muestra total + tara : 110.11 gr.  
TARA # : 271 Peso de la tara: 20.58 gr.  
Peso de la muestra total : 89.53 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	1.07	1.20		98.58
16	1.00	2.46	2.75		95.83
20	850	1.79	2.00		93.83
30	600 µ	7.51	8.39		85.45
40	425 µ	8.52	9.52		75.93
60	250 µ	11.95	13.35		62.58
100	150 µ	6.77	7.56		55.02
200	75 µ	12.65	14.13		40.89
charola		36.81	41.11		
suma		52.72			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : \_\_\_\_\_  
% GRAVA : 0.22  
% ARENA : 58.89  
% FINOS : 40.89  
CLASIFICACION S. U. C. S. : \_\_\_\_\_  
TOTAL: 100.00



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

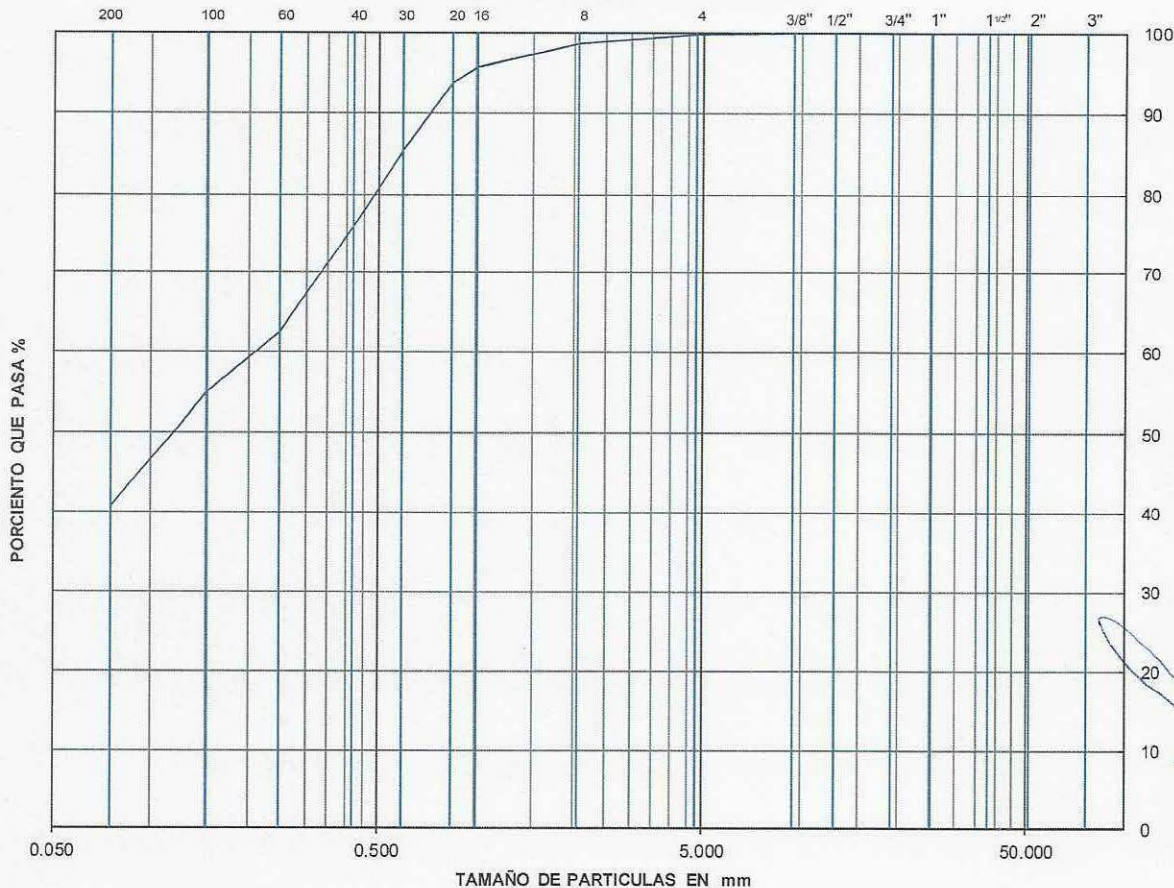
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA N° : 34  
 PROFUNDIDAD : 21.20-21.65 m

FECHA : 24/02/2023  
 LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{30} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{60} = \underline{0.210}$   
 $D_{50} = \underline{0.117}$        $D_{90} = \underline{0.718}$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \underline{\hspace{2cm}}$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \underline{\hspace{2cm}}$


% GRAVA : 0.22  
 % ARENA : 58.89  
 % FINOS : 40.69  
 S. U. C. S. : 0.00



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.



PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI , TORRE 14

FECHA: 24-feb.-23  
LABORATORISTA: [REDACTED]  
CALCULISTA: [REDACTED]

MUESTRA N° : 36 SONDEO: SPT-11  
 PROFUNDIDAD: 22.40-23.00 m.  
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.*  
 Peso de la n 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 : 133.83 gr.  
 TARA # : 225 Peso de la tara: 20.21 gr.  
 Peso de la muestra total : 113.62 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	0.15	0.13		99.87
16	1.00	0.71	0.62		99.24
20	850	0.42	0.37		98.87
30	600 μ	1.51	1.33		97.54
40	425 μ	2.26	1.99		95.56
60	250 μ	3.70	3.26		92.30
100	150 μ	2.96	2.61		89.69
200	75 μ	8.79	7.74		81.96
charola		93.12	81.96		
suma		20.50			

% MATERIAL > MALLA N° 4. : \_\_\_\_\_  
 % GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 18.04  
 % FINOS : 81.96  
 CLASIFICACION S. U. C. S. : ML  
 TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

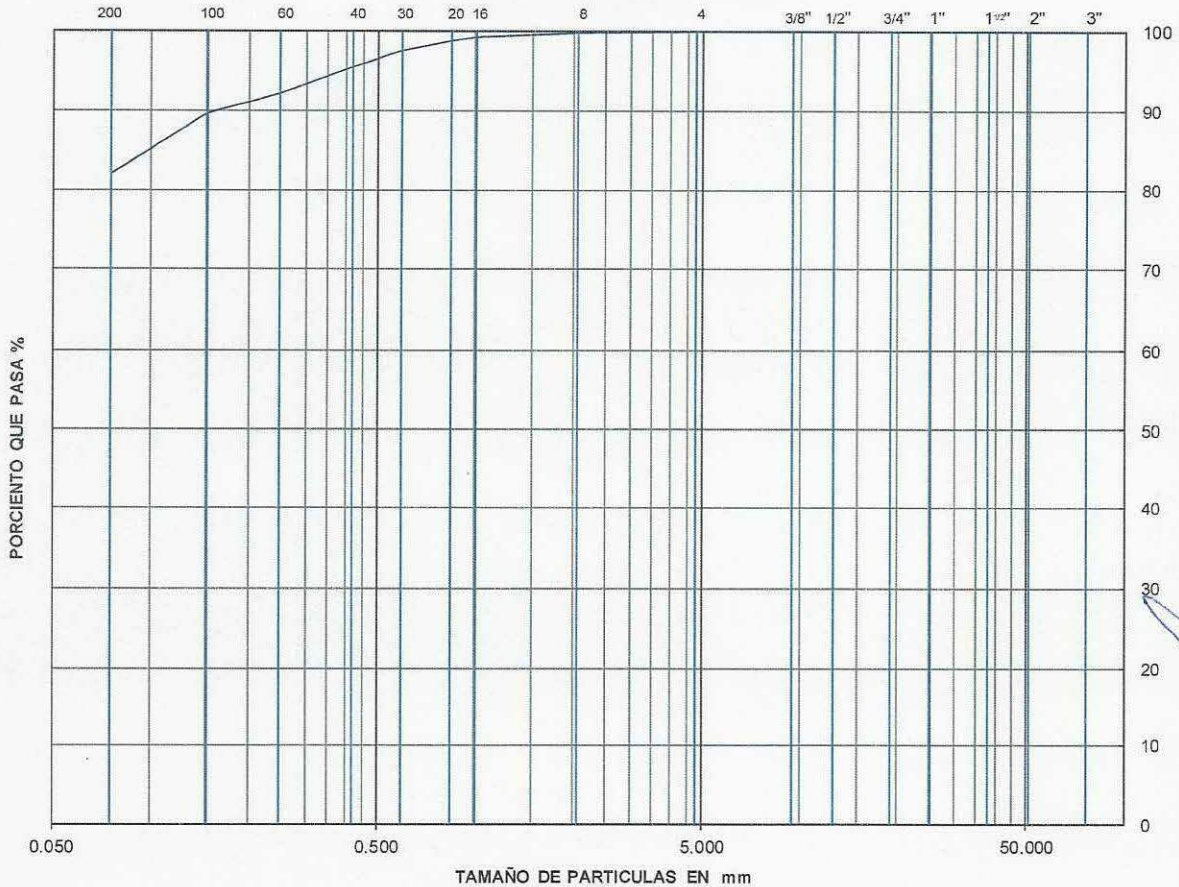
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA Nº : 36  
 PROFUNDIDAD : 22.40-23.00 m.

FECHA : 24/02/2023  
 LABORATORISTA :   
 CALCULISTA :

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{50} =$  \_\_\_\_\_       $D_{90} =$  0.158  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 18.04  
 % FINOS : 81.96  
 S. U. C. S. : ML

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB BARRENA** PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI , TORRE 14

FECHA: 24-feb.-23  
LABORATORISTA: [REDACTED]  
CALCULISTA: [REDACTED]

MUESTRA Nº : 39 SONDEO: SPT-11  
PROFUNDIDAD: 24.20-24.80 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 : 117.76 gr.  
TARA # : 196      Peso de la tara: 20.55 gr.  
Peso de la muestra total : 97.21 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	0.00	0.00		100.00
30	600 µ	0.99	1.02		98.98
40	425 µ	2.43	2.50		96.48
60	250 µ	5.39	5.54		90.94
100	150 µ	4.81	4.95		85.99
200	75 µ	13.30	13.68		72.31
charola		70.29	72.31		
suma		26.92			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : \_\_\_\_\_  
% GRAVA : 0.00  
% ARENA : 27.69  
% FINOS : 72.31  
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: PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA N° : 39  
 PROFUNDIDAD : 24.20-24.80 m.

FECHA : 24/02/2023

LABORATORISTA: [REDACTED]  
 CALCULISTA: [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{50} =$  \_\_\_\_\_       $D_{90} =$  0.227  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 27.69  
 % FINOS : 72.31  
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB BARBERA** PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14

FECHA: 24-feb.-23  
LABORATORISTA: XXXXXXXXXX

MUESTRA Nº : 43 SONDEO: SPT-11 CALCULISTA: XXXXXXXXXX

PROFUNDIDAD: 26.60-27.20 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	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**  
Peso de la muestra total + tara : 132.66 gr.  
TARA # : 70 Peso de la tara: 21.29 gr.  
Peso de la muestra total : 111.37 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	0.00	0.00		100.00
30	600 µ	0.00	0.00		100.00
40	425 µ	0.51	0.46		99.54
60	250 µ	3.19	2.86		96.68
100	150 µ	5.95	5.34		91.34
200	75 µ	23.88	21.44		69.89
charola		77.84	69.89		
suma		33.53			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : \_\_\_\_\_  
% GRAVA : 0.00  
% ARENA : 30.11  
% FINOS : 69.89  
CLASIFICACION S. U. C. S. : ML  
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



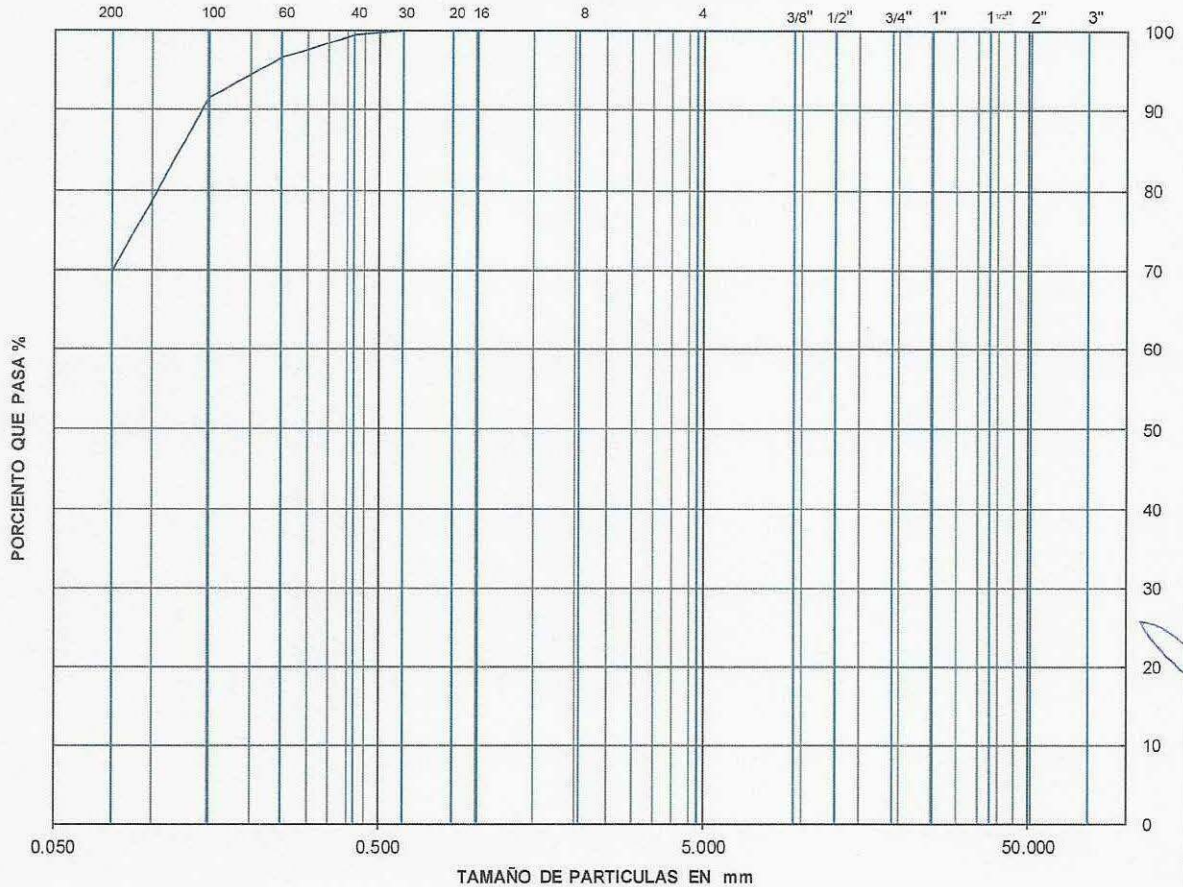
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN: PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA Nº : 43  
 PROFUNDIDAD : 26.60-27.20 m.

FECHA : 24/02/2023  
 LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



D<sub>10</sub> = \_\_\_\_\_ D<sub>30</sub> = \_\_\_\_\_ D<sub>60</sub> = \_\_\_\_\_

D<sub>50</sub> = \_\_\_\_\_ D<sub>90</sub> = 0.143

Cu =  $\frac{D_{60}}{D_{10}}$  = \_\_\_\_\_

Cc =  $\frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})}$  = \_\_\_\_\_


% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 30.11  
 % FINOS : 69.89  
 S. U. C. S. : ML

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**PROYECTO :** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN :** PARQUE CRI-CRI, TORRE 14

**LABORATORIO**  **FECHA:** 24-feb.-23  
**LABORATORISTA:** [REDACTED]  
**MUESTRA Nº :** 45 **SONDEO:** SPT-11 **CALCULISTA:** [REDACTED]  
**PROFUNDIDAD:** 27.80-28.40 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: 136.25 gr.  
TARA #: 78 Peso de la tara: 21.74 gr.  
Peso de la muestra total: 114.51 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	0.00	0.00		100.00
16	1.00	0.00	0.00		100.00
20	850	0.00	0.00		100.00
30	600 µ	0.07	0.06		99.94
40	425 µ	0.65	0.57		99.37
60	250 µ	3.81	3.33		96.04
100	150 µ	5.34	4.66		91.38
200	75 µ	22.94	20.03		71.35
charola		81.70	71.35		
suma		32.81			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :  
% GRAVA : 0.00  
% ARENA : 28.65  
% FINOS : 71.35  
CLASIFICACION S. U. C. S. :  
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI , TORRE 14  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA Nº : 45  
 PROFUNDIDAD : 27.80-28.40 m.

FECHA : 24/02/2023

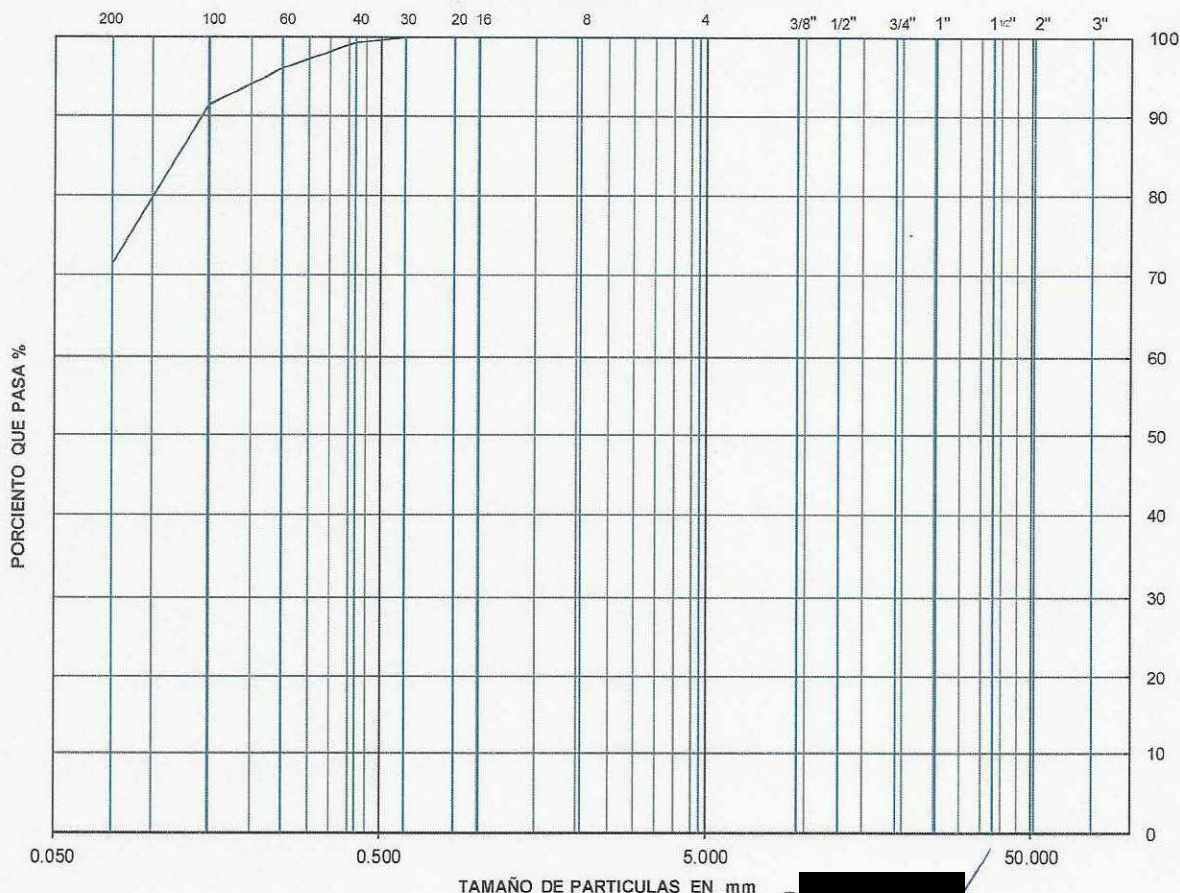
LABORATORISTA : [REDACTED]

CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



D<sub>10</sub> = \_\_\_\_\_ D<sub>30</sub> = \_\_\_\_\_ D<sub>60</sub> = \_\_\_\_\_

D<sub>50</sub> = \_\_\_\_\_ D<sub>90</sub> = 0.142

Cu =  $\frac{D_{60}}{D_{10}}$  = \_\_\_\_\_ Cc =  $\frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})}$  = \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 28.65  
 % FINOS : 71.35  
 S. U. C. S. : 0.00



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**PROYECTO :** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN :** PARQUE CRI-CRI , TORRE 14

**FECHA:** 24-feb-23  
**LABORATORISTA:** [REDACTED]

**MUESTRA Nº :** 48 **SONDEO:** SPT-11 **CALCULISTA:** [REDACTED]

**PROFUNDIDAD:** 29.60-30.20 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	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 159.36 gr.  
TARA #: 60 Peso de la tara: 21.53 gr.  
Peso de la muestra total: 137.83 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	0.28	0.20		99.80
16	1.00	0.20	0.15		99.65
20	850	0.13	0.09		99.56
30	600 µ	1.23	0.89		98.67
40	425 µ	5.14	3.73		94.94
60	250 µ	14.00	10.16		84.78
100	150 µ	11.51	8.35		76.43
200	75 µ	28.51	20.68		55.74
charola		76.83	55.74		
suma		61.00			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :  
% GRAVA : 0.00  
% ARENA : 44.26  
% FINOS : 55.74  
CLASIFICACION S. U. C. S. : ML  
TOTAL: 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA N° : 48  
 PROFUNDIDAD : 29.60-30.20 m.

FECHA : 24/02/2023

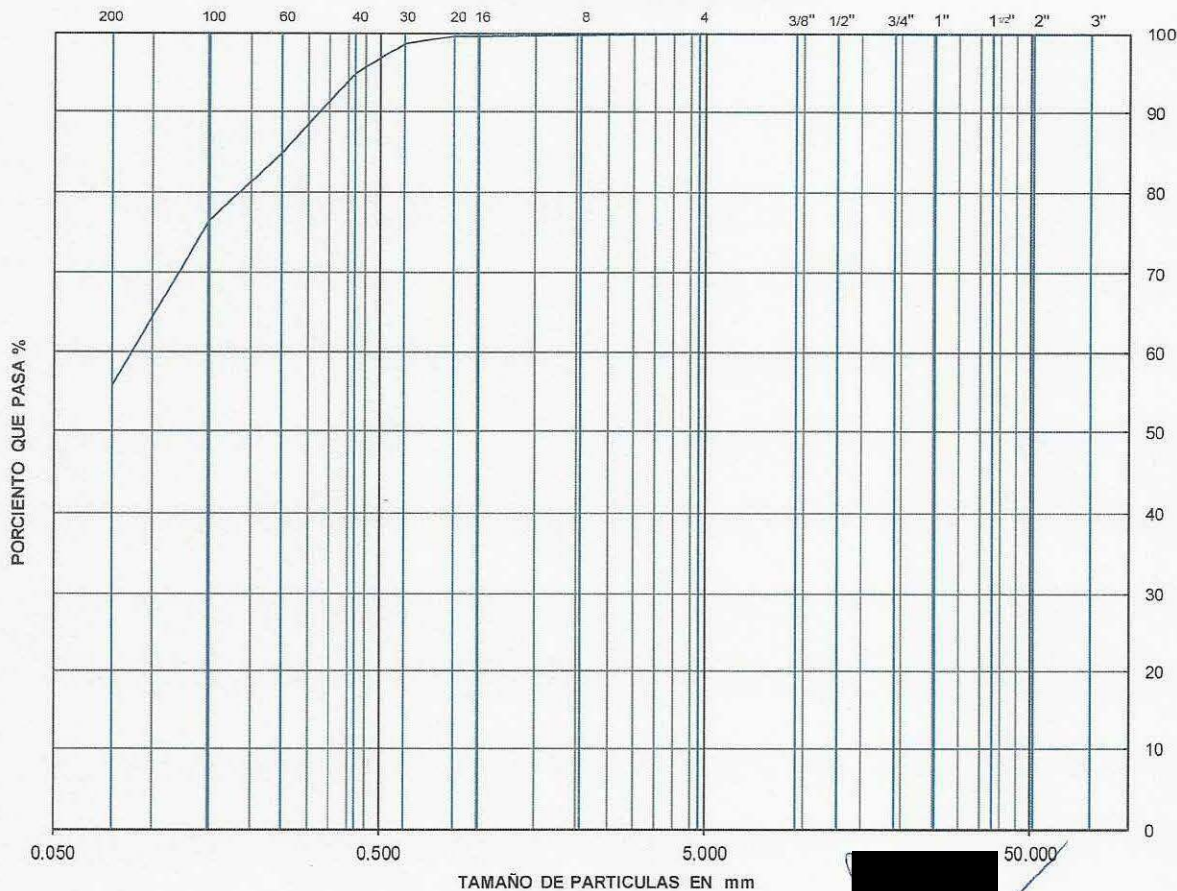
LABORATORISTA : [REDACTED]

CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



D<sub>10</sub> = \_\_\_\_\_ D<sub>30</sub> = \_\_\_\_\_ D<sub>60</sub> = 0.086

D<sub>50</sub> = \_\_\_\_\_ D<sub>90</sub> = 0.326

Cu =  $\frac{D_{60}}{D_{10}}$  = \_\_\_\_\_ Cc =  $\frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})}$  = \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 44.26  
 % FINOS : 55.74  
 S. U. C. S. : ML

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB BARBERIA** PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI , TORRE 14

FECHA: 24-feb.-23  
LABORATORISTA: [REDACTED]  
CALCULISTA: [REDACTED]

MUESTRA Nº : 50 SONDEO: SPT-11  
PROFUNDIDAD: 30.80-30.93 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	1.18	0.94	99.06
4	4.76	4.97	3.97	95.09
suma		6.15	4.91	

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*  
Peso de la muestra total + tara : 145.74 gr.  
TARA # : 29 Peso de la tara: 20.40 gr.  
Peso de la muestra total : 125.34 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	6.65	5.31		89.79
16	1.00	6.44	5.14		84.65
20	850	2.42	1.93		82.72
30	600 µ	7.01	5.59		77.13
40	425 µ	7.90	6.30		70.82
60	250 µ	11.04	8.81		62.02
100	150 µ	8.28	6.61		55.41
200	75 µ	19.93	15.90		39.51
charola		55.67	44.42		
suma		69.67			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : \_\_\_\_\_  
% GRAVA : 4.91  
% ARENA : 55.58  
% FINOS : 39.51  
CLASIFICACION S. U. C. S. : \_\_\_\_\_  
TOTAL : 100.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



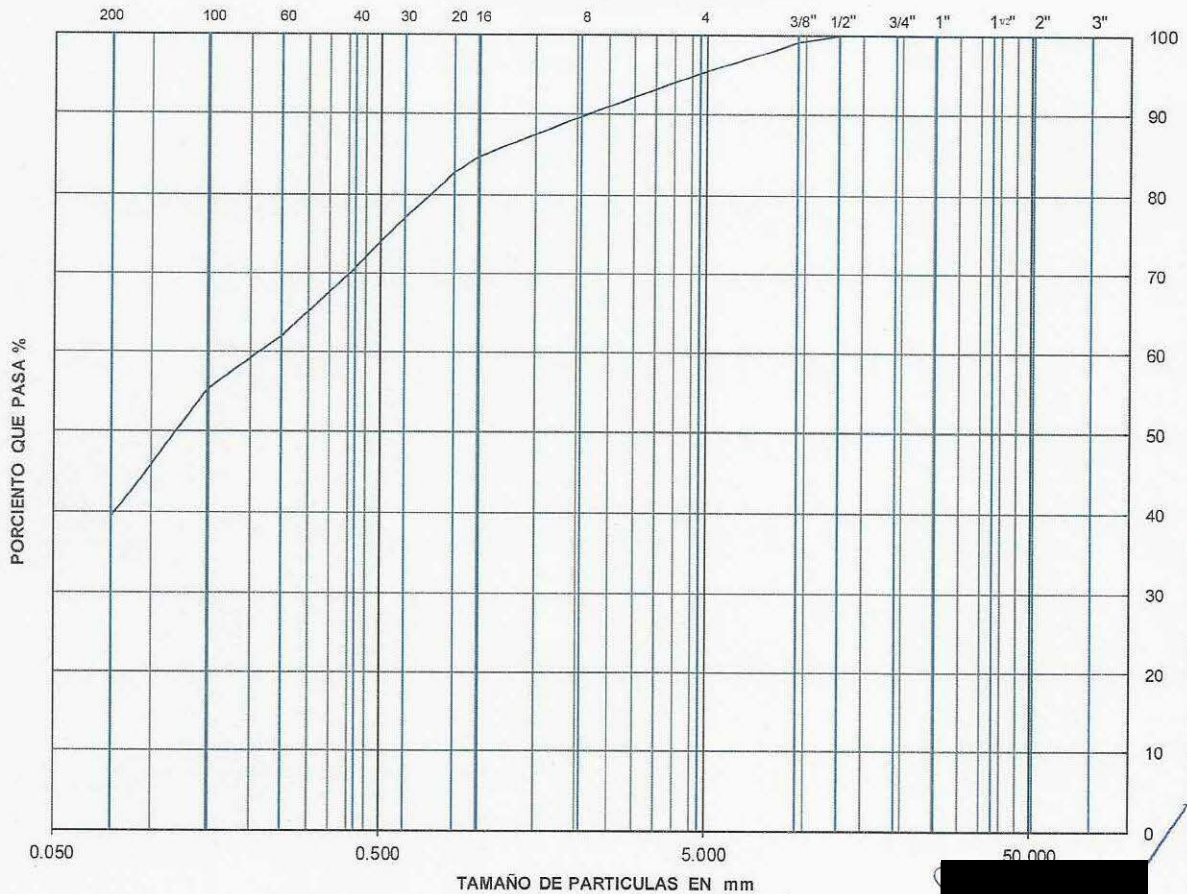
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA Nº : 50  
 PROFUNDIDAD : 30.80-30.93 m

FECHA : 24/02/2023  
 LABORATORISTA : [REDACTED]  
 CALCULISTA : [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} = 0.213$   
 $D_{50} = 0.118$        $D_{90} = 2.127$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 4.91  
 % ARENA : 55.58  
 % FINOS : 39.51  
 S. U. C. S. : 0.00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**LAB BARBERA** PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN : PARQUE CRI-CRI, TORRE 14

FECHA: 24-feb.-23

LABORATORISTA: XXXXXXXXXX

MUESTRA Nº : 52 SONDEO: SPT-11 CALCULISTA: XXXXXXXXXX

PROFUNDIDAD: 32.00-32.60 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	12.77	7.32	92.68
3/8"	9.50	4.66	2.67	90.01
4	4.76	8.04	4.61	85.40
suma		25.47	14.60	

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la muestra total + tara : 195.50 gr.

TARA # : 16 Peso de la tara: 21.01 gr.

Peso de la muestra total : 174.49 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	11.56	6.63		78.78
16	1.00	12.30	7.05		71.73
20	850	4.35	2.49		69.24
30	600 µ	12.56	7.20		62.04
40	425 µ	13.23	7.58		54.46
60	250 µ	17.60	10.09		44.37
100	150 µ	10.15	5.82		38.55
200	75 µ	24.06	13.79		24.76
charola		68.68	39.36		
suma		105.81			

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : \_\_\_\_\_

% GRAVA : 14.60

% ARENA : 60.64

% FINOS : 24.76

CLASIFICACION S. U. C. S. : \_\_\_\_\_

TOTAL: 100.00



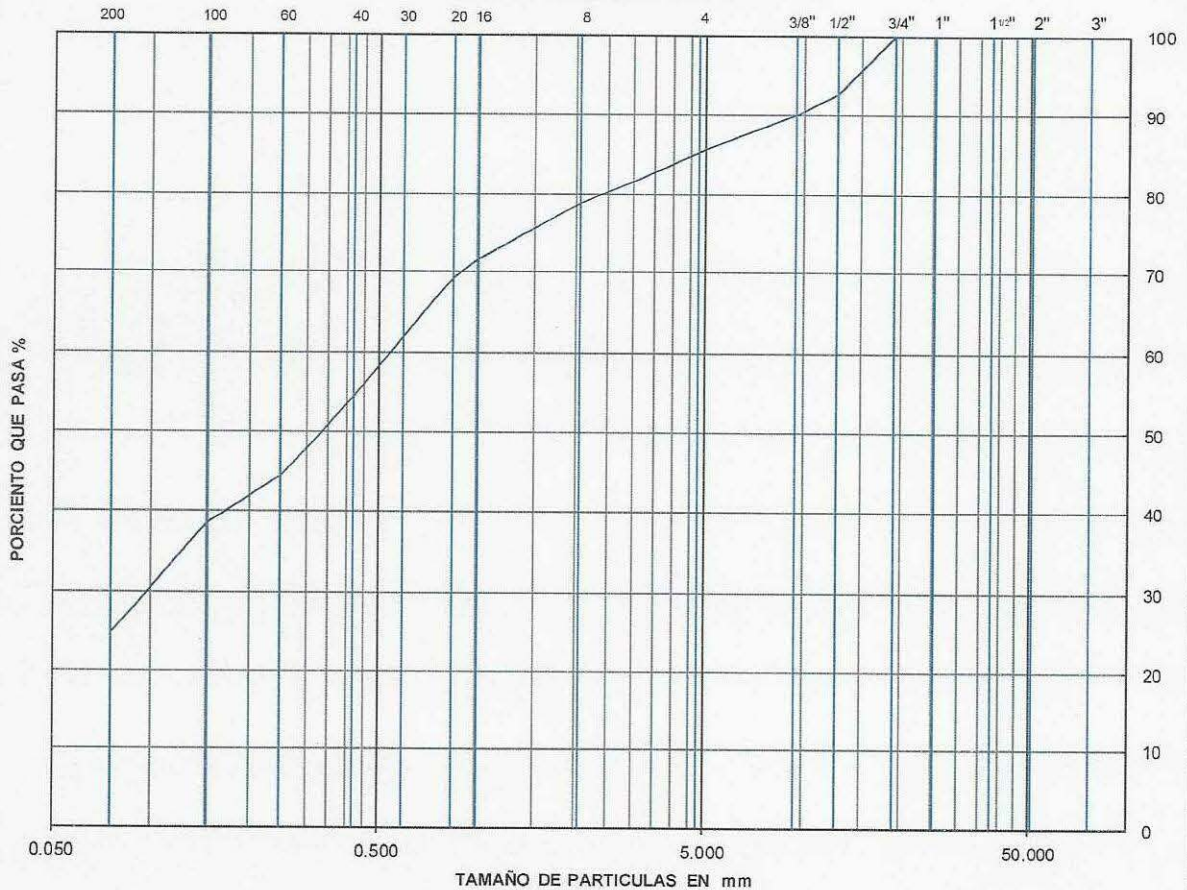
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN: PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
0  
 SONDEO : SPT-11  
 MUESTRA Nº : 52  
 PROFUNDIDAD : 32.00-32.60 m.

FECHA : 24/02/2023  
 LABORATORISTA: [REDACTED]  
 CALCULISTA: [REDACTED]

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: \_\_\_\_\_  
 OBSERVACIONES : \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} = 0.097$        $D_{60} = 0.542$   
 $D_{50} = 0.334$        $D_{90} = 9.509$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 14.60  
 % ARENA : 60.64  
 % FINOS : 24.76  
 S. U. C. S. : 0.00



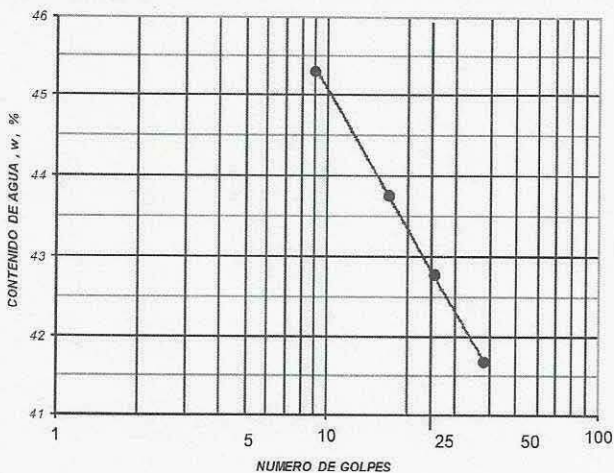
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LIMITE DE CONSISTENCIA**

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN: PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
 SONDEO: SPT-11 FECHA: 23/02/2023  
 LABORATORISTA: [REDACTED]  
 MUESTRA No. 2 PROFUNDIDAD 1.40-2.00 m. CALCULISTA [REDACTED]  
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA CON POCA ARENA CAFÉ CLARO  
 ML

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)  
 NORMA: ASTM-D-4318-17

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	6	48	270	283
NUMERO DE GOLPES	38	25	17	9
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	18.90	17.58	19.20	19.59
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	16.40	15.36	16.46	16.69
PESO DEL AGUA (gr)	2.50	2.22	2.74	2.90
PESO DE TARA (gr)	10.40	10.17	10.20	10.29
PESO DEL SUELO SECO (gr)	6.00	5.19	6.26	6.40
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	8.50	7.41	9.00	9.30
CONTENIDO DE AGUA, w, %	41.67	42.77	43.77	45.31



LIMITE LIQUIDO 42.76  
 LIMITE PLASTICO, Pw 37.64  
 INDICE DE PLASTICIDAD, PI 5.12  
 CONTRACCION LINEAL, CL ✓  
 SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, Pw**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	151	79
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	13.95	14.35
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	12.91	13.32
PESO DEL AGUA (gr)	1.04	1.03
PESO DE TARA (gr)	10.15	10.58
PESO DEL SUELO SECO (gr)	2.76	2.74
CONTENIDO DE AGUA, w, %	37.68	37.59



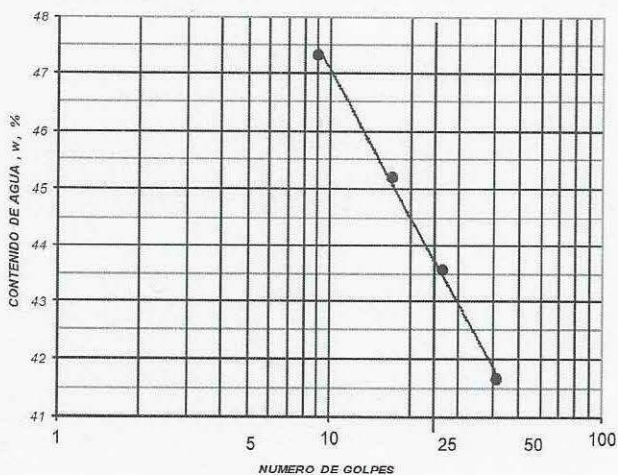
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LIMITE DE CONSISTENCIA**

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	PARQUE CRI-CRI, TORRE 14		
SONDEO:	SPT-11	FECHA:	23/02/2023
MUESTRA No.	5	PROFUNDIDAD	3.20-3.30 m.
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA CON POCA 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.	73	84	121	22
NUMERO DE GOLPES	41	26	17	9
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	16.85	18.20	18.30	18.80
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	14.88	15.76	15.81	16.03
PESO DEL AGUA (gr)	1.97	2.44	2.49	2.77
PESO DE TARA (gr)	10.15	10.16	10.30	10.18
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4.73	5.60	5.51	5.85
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	6.70	8.04	8.00	8.62
CONTENIDO DE AGUA, w, %	41.65	43.57	45.19	47.35



LIMITE LIQUIDO 43.62  
 LIMITE PLASTICO, Pw 31.43  
 INDICE DE PLASTICIDAD, PI 12.19  
 CONTRACCION LINEAL, CL ✓  
 SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, Pw**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	27	272
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	12.37	12.02
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	11.85	11.60
PESO DEL AGUA (gr)	0.52	0.42
PESO DE TARA (gr)	10.20	10.26
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.65	1.34
CONTENIDO DE AGUA, w, %	31.52	31.34



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



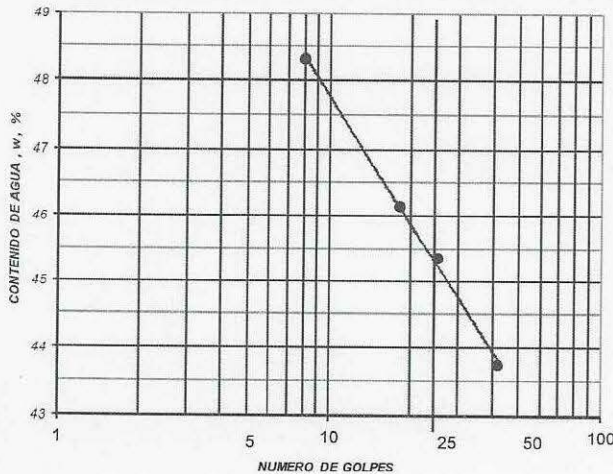
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LIMITE DE CONSISTENCIA**

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	PARQUE CRI-CRI, TORRE 14		
SONDEO:	SPT-11	FECHA:	23/02/2023
MUESTRA No.	11	PROFUNDIDAD	6.80-6.95 m.
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA CAFÉ CLARO		
	ML		

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)  
NORMA: ASTM-D-4318-17

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	141	239	181	216
NUMERO DE GOLPES	42	25	18	8
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	14.64	16.50	16.60	17.83
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	12.48	14.60	14.51	15.38
PESO DEL AGUA (gr)	2.16	1.90	2.09	2.45
PESO DE TARA (gr)	7.54	10.41	9.98	10.31
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4.94	4.19	4.53	5.07
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	7.10	6.09	6.62	7.52
CONTENIDO DE AGUA, w, %	43.72	45.35	46.14	48.32



LIMITE LIQUIDO 45.23  
 LIMITE PLASTICO, Pw 31.34  
 INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 13.89  
 CONTRACCION LINEAL, CL ✓  
 SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, Pw**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	120	271
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	11.44	11.71
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	11.03	11.28
PESO DEL AGUA (gr)	0.41	0.43
PESO DE TARA (gr)	9.72	9.91
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.31	1.37
CONTENIDO DE AGUA, w, %	31.30	31.39



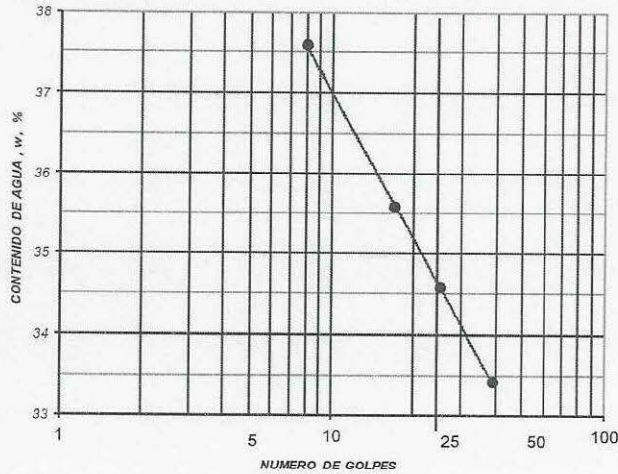
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LIMITES DE CONSISTENCIA**

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	PARQUE CRI-CRI, TORRE 14		
SONDEO:	SPT-11	FECHA:	23/02/2023
MUESTRA No.	20	LABORATORISTA:	[REDACTED]
		PROFUNDIDAD	12.20-12.65 m. CALCULISTA [REDACTED]
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	LIMO ARENOSO CAFÈ OBSCURO		
	ML		

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)  
NORMA: ASTM-D-4318-17

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	44	219	200	67
NUMERO DE GOLPES	39	25	17	8
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	15.95	17.79	18.65	18.39
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	14.46	15.85	16.53	16.15
PESO DEL AGUA (gr)	1.49	1.94	2.12	2.24
PESO DE TARA (gr)	10.00	10.24	10.57	10.19
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4.46	5.61	5.96	5.96
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	5.95	7.55	8.08	8.20
CONTENIDO DE AGUA, w, %	33.41	34.58	35.57	37.58



LIMITE LIQUIDO 34.57  
 LIMITE PLASTICO, Pw 26.20  
 INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 8.37  
 CONTRACCION LINEAL, CL ✓  
 SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, Pw**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	124	145
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	12.79	12.50
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	12.29	12.02
PESO DEL AGUA (gr)	0.50	0.48
PESO DE TARA (gr)	10.38	10.19
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.91	1.83
CONTENIDO DE AGUA, w, %	26.18	26.23

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



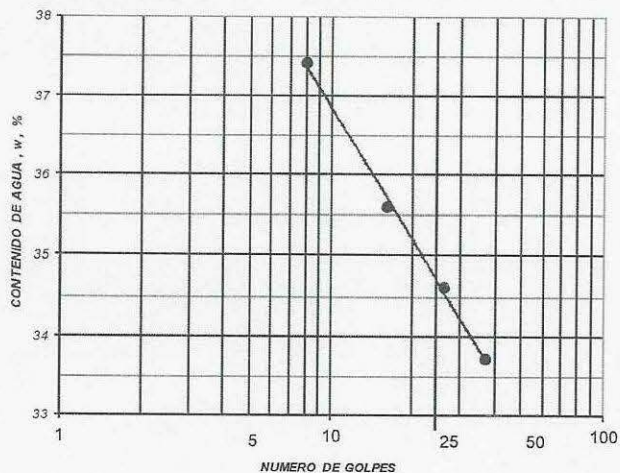
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LIMITES DE CONSISTENCIA**

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	PARQUE CRI-CRI, TORRE 14		
SONDEO:	SPT-11	FECHA:	23/02/2023
MUESTRA No.	32	PROFUNDIDAD	20.00-20.60 m. LABORATORISTA
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	LIMO CON ARENA CAFÉ OSCURO		
	ML		

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)  
NORMA: ASTM-D-4318-17

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	170	98	58	46
NUMERO DE GOLPES	37	26	16	8
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	15.92	16.20	16.65	18.80
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	14.45	14.66	14.97	16.61
PESO DEL AGUA (gr)	1.47	1.54	1.68	2.19
PESO DE TARA (gr)	10.09	10.21	10.25	10.76
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4.36	4.45	4.72	5.85
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	5.83	5.99	6.40	8.04
CONTENIDO DE AGUA, w, %	33.72	34.61	35.59	37.44



LIMITE LIQUIDO 34.64  
 LIMITE PLASTICO, Pw 27.50  
 INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 7.14  
 CONTRACCION LINEAL, CL ✓  
 SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, Pw**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	205	35
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	13.12	10.02
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	12.54	9.54
PESO DEL AGUA (gr)	0.58	0.48
PESO DE TARA (gr)	10.46	7.77
PESO DEL SUELO SECO (gr)	2.08	1.77
CONTENIDO DE AGUA, w, %	27.88	27.12



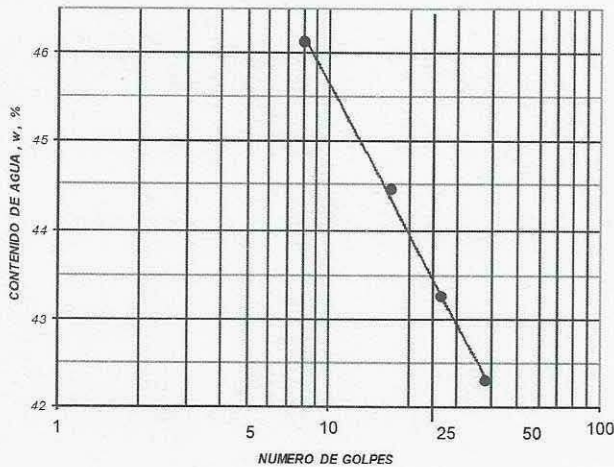
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LIMITE DE CONSISTENCIA**

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	PARQUE CRI-CRI, TORRE 14		
SONDEO:	SPT-11	FECHA:	23/02/2023
MUESTRA No.	36	LABORATORISTA:	[REDACTED]
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	LIMO DE PLASTICIDAD MEDIA CON POCA ARENA CAFÉ CLARO		
	ML		

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)  
NORMA: ASTM-D-4318-17

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	163	258	19	126
NUMERO DE GOLPES	38	26	17	8
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	15.20	17.10	16.30	15.93
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	12.92	15.04	14.42	14.14
PESO DEL AGUA (gr)	2.28	2.06	1.88	1.79
PESO DE TARA (gr)	7.53	10.28	10.19	10.26
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.39	4.76	4.23	3.88
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	7.67	6.82	6.11	5.67
CONTENIDO DE AGUA, w, %	42.30	43.28	44.44	46.13



LIMITE LIQUIDO 43.38  
 LIMITE PLASTICO, Pw 31.37  
 INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 12.01  
 CONTRACCION LINEAL, CL ✓  
 SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, Pw**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	186	112-A
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	12.30	12.07
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	11.81	11.61
PESO DEL AGUA (gr)	0.49	0.46
PESO DE TARA (gr)	10.23	10.16
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.58	1.45
CONTENIDO DE AGUA, w, %	31.01	31.72



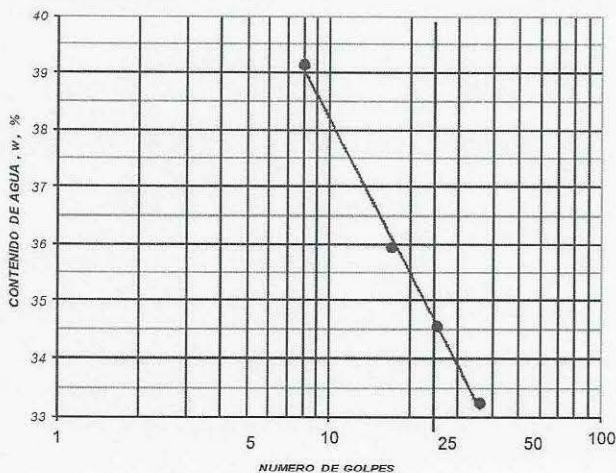
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LIMITE DE CONSISTENCIA**

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN: PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
 SONDEO: SPT-11 FECHA: 23/02/2023  
 MUESTRA No. 43 PROFUNDIDAD 26.60-27.20 m. LABORATORISTA: [REDACTED]  
 DESCRIPCION DE LA MUESTRA LIMO CON ARENA CAFÉ CLARO  
 ML

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)  
 NORMA: ASTM-D-4318-17

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	150	85	252	267
NUMERO DE GOLPES	36	25	17	8
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	19.60	18.58	17.49	16.96
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	17.32	16.42	15.55	14.94
PESO DEL AGUA (gr)	2.28	2.16	1.94	2.02
PESO DE TARA (gr)	10.46	10.17	10.15	9.78
PESO DEL SUELO SECO (gr)	6.86	6.25	5.40	5.16
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	9.14	8.41	7.34	7.18
CONTENIDO DE AGUA, w, %	33.24	34.56	35.93	39.15



LIMITE LIQUIDO 34.58  
 LIMITE PLASTICO, Pw 27.20  
 INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 7.38  
 CONTRACCION LINEAL, CL ✓  
 SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, Pw**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	56	42
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	12.13	9.71
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	11.64	9.27
PESO DEL AGUA (gr)	0.49	0.44
PESO DE TARA (gr)	9.83	7.66
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.81	1.61
CONTENIDO DE AGUA, w, %	27.07	27.33



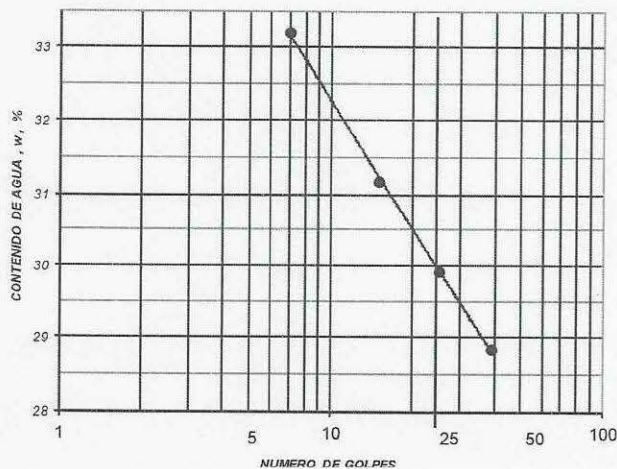
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LIMITE DE CONSISTENCIA**

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN: PARQUE CRI-CRI, TORRE 14  
 SONDEO: SPT-11 FECHA: 23/02/2023  
 MUESTRA No. 48 PROFUNDIDAD 29.60-30.20 m. LABORATORISTA [REDACTED]  
 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA LIMO CON ARENA CAFÉ CLARO  
 ML

OBSERVACIONES: (MATERIAL CRIBADO POR LA MALLA # 40)  
 NORMA: ASTM-D-4318-17

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	291	301	97	45
NUMERO DE GOLPES	39	25	15	7
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	16.80	17.95	17.05	19.55
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	15.35	16.17	15.41	17.16
PESO DEL AGUA (gr)	1.45	1.78	1.64	2.39
PESO DE TARA (gr)	10.32	10.22	10.15	9.96
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.03	5.95	5.26	7.20
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	6.48	7.73	6.90	9.59
CONTENIDO DE AGUA, w, %	28.83	29.92	31.18	33.19



LIMITE LIQUIDO 29.93  
 LIMITE PLASTICO, Pw 25.32  
 INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 4.60  
 CONTRACCION LINEAL, CL ✓  
 SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, Pw**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	157	171
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	12.36	11.82
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	11.96	11.45
PESO DEL AGUA (gr)	0.40	0.37
PESO DE TARA (gr)	10.39	9.98
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.57	1.47
CONTENIDO DE AGUA, w, %	25.48	25.17

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 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: PARQUE CRI-CRI, TORRE 14

LABORATORISTA:

CALCULISTA:

HOJA 1 DE 2

FECHA: 23/02/2023

ENSAJE Nº	SONDEO, Nº	MUESTRA, Nº	PROFUNDIDAD, m	PESO VOLUMETRICO DE LA PARAFINA, $\gamma_p$ , g/cm <sup>3</sup>	PESO MUESTRA HUMEDA, $W_m$ , g	PESO MUESTRA CUBIERTA CON PARAFINA, $W_{mp}$ , g	VOLUMEN	LECTURA INICIAL, $l_0$ , cm <sup>3</sup>	LECTURA FINAL, $l_f$ , cm <sup>3</sup>	TESTIGO DE HUMEDAD	CALCULOS								
1	SPT-11	16	9.80-10.08	0.884	38.74	44.9	253.18	278.03	60.95	52.58	21.21	8.37	31.37	26.68	24.85	6.968	17.882	2.166	1.710
2	SPT-11	32	20.00-20.60	0.884	82.31	89.8	253.20	302.96	110.82	94.91	20.21	15.91	74.70	21.30	49.76	8.473	41.287	1.994	1.644
3	SPT-11	37	23.00-23.60	0.884	55.43	62.84	253.17	287.79	72.45	64.86	35.58	7.59	29.28	25.92	34.62	8.382	26.238	2.113	1.678
4	SPT-11	39	24.20-24.80	0.884	66.77	75.48	253.17	300.19	58.02	48.76	20.51	9.26	28.25	32.78	47.02	9.853	37.167	1.796	1.353

OBSERVACIONES:

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 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: PARQUE CRI-CRI, TORRE 14

LABORATORISTA:

FECHA: 23/02/2023

HOJA 2 DE 2

CALCULISTA:

ENSAYE N°	SONDEO, N°	MUESTRA, N°	PROFUNDIDAD, m	PESO VOLUMETRICO DE LA PARAFINA, $\gamma_p$ , g/cm <sup>3</sup>	PESO MUESTRA HUMEDA, $W_m$ , g	PESO MUESTRA CUBIERTA CON PARAFINA, $W_{mp}$ , g	VOLUMEN	LECTURA INICIAL, $l_0$ , cm <sup>3</sup>	LECTURA FINAL, $l_f$ , cm <sup>3</sup>	TESTIGO DE HUMEDAD	LECTURAS	CALCULOS	
5	SPT-11	43	26.60-27.20	0.884	74.18	85.85	253.17	303.95	80.78	67.35	20.77	13.43 46.58 28.83	50.78 13.201 37.579 1.974 1.532
6	SPT-11	45	27.80-28.40	0.884	87.83	99.62	253.19	316.02	128.25	105.45	20.24	22.80 85.21 26.76	62.83 13.337 49.493 1.775 1.400

OBSERVACIONES:



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**DENSIDAD DE SOLIDOS**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN: PARQUE CRI-CRI, TORRE 14

FECHA : 24-feb.-23

SONDEO: SPT-11

LABORATORISTA :

CALCULISTA :

HOJA 1 DE 2

MUESTRA	PROFUNDIDAD m	PIC No	TEMP °C	PIC+Ww gr	PIC+Ww+Ws gr	Wbws gr	Wbw gr	Ws gr	Vs cm <sup>3</sup>	Ss
9	5.60-5.85	1	26.00	158.54	208.79	686.59	656.61	50.25	20.27	2.479
				163.03	213.26	691.14	661.49	50.23	20.58	2.441
16	9.80-10.08	4	26.00	161.92	212.21	690.13	660.49	50.29	20.65	2.435
				162.23	212.60	690.28	660.58	50.37	20.67	2.437
20	12.20-12.65	7	23.00	159.87	210.15	687.93	658.35	50.28	20.70	2.429
				164.83	215.12	692.97	662.43	50.29	19.75	2.546
26	16.40-16.68	9	23.00	165.80	216.04	694.40	664.17	50.24	20.01	2.511
				161.45	211.67	690.27	659.94	50.22	19.89	2.525
		10	23.00							2.518

**FORMULA**

$$W_s = (PIC+Ww+Ws) - (PIC+Ww)$$

$$V_s = W_s + W_{bws}$$

OBSERVACIONES :

NORMA:

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T14-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**DENSIDAD DE SÓLIDOS**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN: PARQUE CRI-CRI, TORRE 14



FECHA : 25-feb.-23

SONDEO: SPT-11

LABORATORISTA : [REDACTED]

CALCULISTA : [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 cm <sup>3</sup>	Ss
32	20.00-20.60	11	23.00	173.49	223.89	702.44	672.42	50.40	20.38	2.473
		13	23.00	176.22	226.65	705.36	674.99	50.43	20.06	2.514
37	23.00-23.60	16	23.00	158.90	209.28	687.43	657.11	50.38	20.06	2.511
		17	23.00	163.84	214.15	692.13	662.04	50.31	20.22	2.488
43	26.60-27.20	18	23.00	164.61	214.88	693.40	662.87	50.27	19.74	2.547
		19	23.00	161.10	211.57	690.10	659.43	50.47	19.80	2.549
48	29.60-30.20	1	25.00	158.56	208.76	687.02	656.75	50.20	19.93	2.519
		6	25.00	162.37	212.56	690.64	660.70	50.19	20.25	2.479
										2.499

**FORMULA**

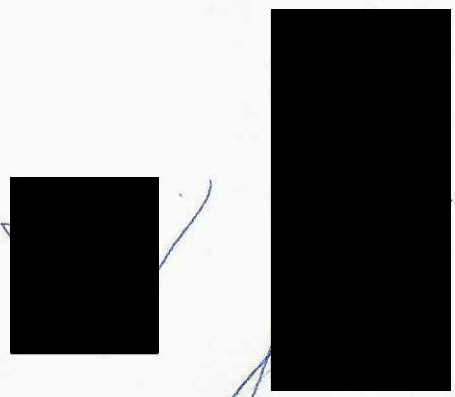
$$Ws = (PIC+Ww+Ws) - (PIC+Ww)$$

$$Vs = Ws+Wbws$$

OBSERVACIONES :

NORMA:

**12. ANEXO 4. RESULTADOS DE PRUEBAS DE PRESIÓMETRO, REALIZADAS EN PUNTO CENTRAL DE LA ESTACIÓN 3**



	LIEC S.A. DE C.V.	CÓDIGO	
	PRUEBA DE PRESIÓMETRO MENARD	23-008-EMS-A	
	PROYECTO: PRESIÓMETRO MENARD PARA EL MASTIL CENTRAL DE LA ESTACION 3	PÁGINA	FECHA
		Página 3 de 15	14/03/2023

**2.3.- UBICACIÓN DE PRUEBA MENARD**

El sitio en estudio se encuentra en la alcaldía Álvaro Obregón en la CDMX, en av. Constituyentes en las inmediaciones del parque CRI CRI, colonia Lomas altas, con coordenadas (UTM) en un punto: X= 476,673.00 y Y= 2,144,746.00. La Figura 3 y 4 muestran las imágenes satelitales del predio y la ubicación de la exploración realizada.



Figura 4.- Ubicación geográfica del sitio en estudio (Google 2023).

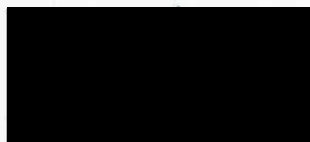
**2.4.- TRABAJOS EN CAMPO**

Los trabajos en el sitio en estudio consistieron en las actividades descritas a continuación:

- Ejecución de cuatro (4) pruebas de presiometro del tipo Menard a las profundidades de:
  - 9.50m, 19.00m, 26.00m y 32.00m.

**2.5.- RESULTADOS DE LA PRUEBA**

A continuación, se muestra los resultados y graficas obtenidas de las pruebas realizadas.



**LIEC S.A. de C.V.**  
CDA. MORELOS 6,  
COL. TECAXITTLA SAN ANTONIO TECOMITL,  
MILPA ALTA, CDMX.  
contacto@liec.com.mx

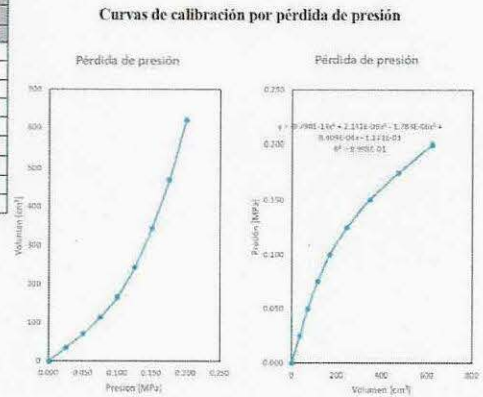
55 2161-4772  
55 2694-2815  
www.liec.com.mx

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

**LIEC**

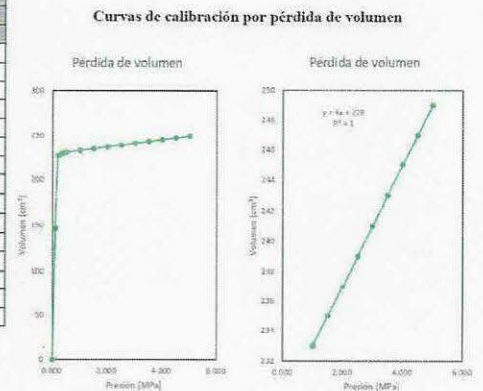
PROYECTO				CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO			
PROYECTO:	Cablebus Línea 3	UTM X=	-	LONGITUD DE LA SONDA:	21	[cm]	
UBICACIÓN:	Av. Constituyentes-Los pinos	UTM Y=	-	DIÁMETRO DE LA SONDA:	6	[cm]	
SONDEO:	Mástil Central, ESTACION #3	UTM Z=	-	TIPO DE MEMBRANA:	Metálica		
FECHA:	17/02/2023			DIÁMETRO CILINDRO DE CALIBRACION:	6.6	[cm]	
PRUEBA:	1			HERRAMIENTA DE PERFORACION:	Bicéntrica		
PROFUNDIDAD:	9.50 [m]			DIÁMETRO DE PERFORACION:	6.35	[cm]	
NAF:	No detectado [m]			ALTURA DE LA CONSOLA:	1	[m]	
HORA:				NIVEL DE LODOS POR ENCIMA DE LA SONDA:	0		

Calibración por pérdida de presión										
No.	Presión [bar]			Volumen [cm <sup>3</sup> ]				Curva		
	P <sub>1ts</sub>	P <sub>2ts</sub>	P <sub>3ts</sub>	V <sub>1ts</sub>	V <sub>2ts</sub>	V <sub>3ts</sub>	DV <sub>1ts/2ts</sub>	DV <sub>2ts/3ts</sub>	P [MPa]	V [cm <sup>3</sup> ]
0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	-	0.000	0
1	0.25	0.25	0.25	18	28	36	8	36	0.025	36
2	0.50	0.50	0.50	53	59	71	12	35	0.050	71
3	0.75	0.75	0.75	92	100	114	14	43	0.075	114
4	1.00	1.00	1.00	133	150	167	17	53	0.100	167
5	1.25	1.25	1.25	200	215	244	29	77	0.125	244
6	1.50	1.50	1.50	280	302	345	43	101	0.150	345
7	1.75	1.75	1.75	392	418	470	52	125	0.175	470
8	2.00	2.00	2.00	520	553	620	67	150	0.200	620



Coeficientes	
a x <sup>5</sup> =	0
b x <sup>4</sup> =	-9.798E-13
c x <sup>3</sup> =	2.141E-09
d x <sup>2</sup> =	-1.784E-05
e x <sup>1</sup> =	8.409E-04
f x <sup>0</sup> =	-1.171E-03

Calibración por pérdida de volumen										
No.	Presión [bar]			Volumen [cm <sup>3</sup> ]				Curva		
	P <sub>1ts</sub>	P <sub>2ts</sub>	P <sub>3ts</sub>	V <sub>1ts</sub>	V <sub>2ts</sub>	V <sub>3ts</sub>	DV <sub>1ts/2ts</sub>	DV <sub>2ts/3ts</sub>	P [MPa]	V [cm <sup>3</sup> ]
0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	-	0.000	0
1	1.00	1.00	1.00	63	98	147	49	147	0.100	147
2	2.00	2.00	2.00	226	227	227	0	80	0.200	227
3	3.00	3.00	3.00	229	229	229	0	2	0.300	229
4	4.00	4.00	4.00	230	230	230	0	1	0.400	230
5	5.00	5.00	5.00	231	231	231	0	1	0.500	231
6	10.00	10.00	10.00	233	233	233	0	2	1.000	233
7	15.00	15.00	15.00	235	235	235	0	2	1.500	235
8	20.00	20.00	20.00	237	237	237	0	2	2.000	237
9	25.00	25.00	25.00	239	239	239	0	2	2.500	239
10	30.00	30.00	30.00	241	241	241	0	2	3.000	241
11	35.00	35.00	35.00	243	243	243	0	2	3.500	243
12	40.00	40.00	40.00	245	245	245	0	2	4.000	245
13	45.00	45.00	45.00	247	247	247	0	2	4.500	247
14	50.00	50.00	50.00	249	249	249	0	2	5.000	249



Coeficientes	
a [MPa/cm <sup>3</sup> ]=	4
V <sub>i</sub> [cm <sup>3</sup> ]=	229

**LIEC S.A. de C.V.**  
CDA. MORELOS 6,  
COL. TECAXITLILAN SAN ANTONIO TECOMIL,  
MILPA ALTA, CDMX.  
contacto@liec.com.mx

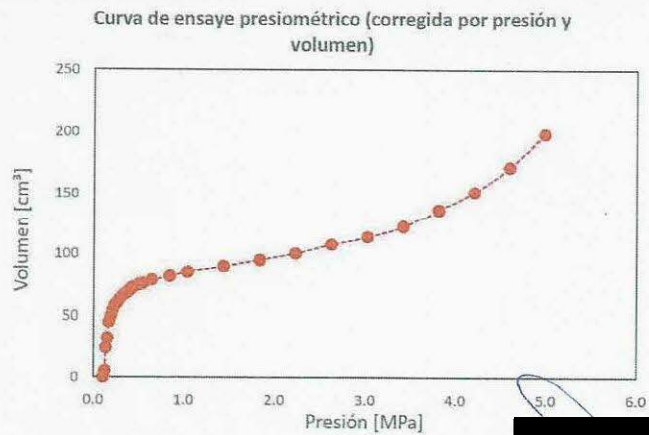
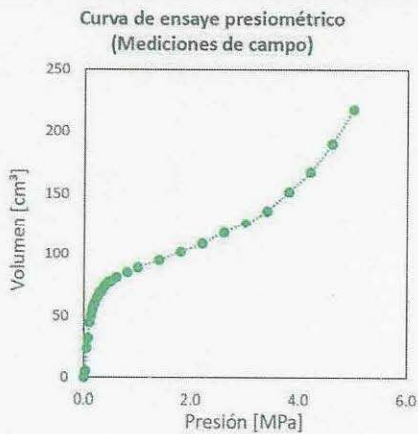
55 2161-4772  
55 2594-2815  
www.liec.com.mx

**INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA**

**LIEC**

No.	Prueba de Presiómetro										Presión Corregida			Volumen Corregido	
	Presión [bar]			Volumen [cm <sup>3</sup> ]			Curva				Pr [MPa]	Ph [MPa]	Pc [MPa]	V [cm <sup>3</sup> ]	V <sub>c</sub> [cm <sup>3</sup> ]
	P <sub>15s</sub>	P <sub>30s</sub>	P <sub>60s</sub>	V <sub>15s</sub>	V <sub>30s</sub>	V <sub>60s</sub>	DV <sub>60/15</sub>	DV <sub>60/30</sub>	P [MPa]	V [cm <sup>3</sup> ]					
0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	-	0.000	0	-0.001	0.105	0.106	0.000	0
2	0.25	0.25	0.25	3	4	5	1	5	0.025	5	0.003	0.105	0.127	0.100	5
3	0.50	0.50	0.50	13	20	24	4	19	0.050	24	0.018	0.105	0.137	0.200	24
4	0.75	0.75	0.75	28	30	32	2	8	0.075	32	0.024	0.105	0.156	0.300	32
5	1.00	1.00	1.00	39	42	45	3	13	0.100	45	0.033	0.105	0.172	0.400	45
6	1.25	1.25	1.25	47	48	50	2	5	0.125	50	0.037	0.105	0.193	0.500	50
7	1.50	1.50	1.50	53	54	55	1	5	0.150	55	0.040	0.105	0.215	0.600	54
8	1.75	1.75	1.75	58	58	59	1	4	0.175	59	0.043	0.105	0.237	0.700	58
9	2.00	2.00	2.00	61	61	61	0	2	0.200	61	0.044	0.105	0.261	0.800	60
10	2.25	2.25	2.25	64	64	64	0	3	0.225	64	0.046	0.105	0.284	0.900	63
11	2.50	2.50	2.50	66	66	66	0	2	0.250	66	0.047	0.105	0.308	1.000	65
12	2.75	2.75	2.75	68	68	68	0	2	0.275	68	0.048	0.105	0.332	1.100	67
13	3.00	3.00	3.00	69	69	69	0	1	0.300	69	0.049	0.105	0.356	1.200	68
14	3.25	3.25	3.25	70	70	70	0	1	0.325	70	0.050	0.105	0.380	1.300	69
15	3.50	3.50	3.50	72	72	72	0	2	0.350	72	0.051	0.105	0.404	1.400	71
16	3.75	3.75	3.75	74	74	74	0	2	0.375	74	0.052	0.105	0.428	1.500	73
17	4.00	4.00	4.00	75	75	75	0	1	0.400	75	0.053	0.105	0.452	1.600	73
18	4.50	4.50	4.50	77	77	77	0	2	0.450	77	0.054	0.105	0.501	1.800	75
19	5.00	5.00	5.00	78	78	78	0	1	0.500	78	0.055	0.105	0.550	2.000	76
20	6.00	6.00	6.00	80	81	81	0	3	0.600	81	0.056	0.105	0.649	2.400	79
21	8.00	8.00	8.00	85	85	85	0	4	0.800	85	0.059	0.105	0.846	3.200	82
22	10.00	10.00	10.00	88	89	89	0	4	1.000	89	0.061	0.105	1.044	4.000	85
23	14.00	14.00	14.00	94	95	95	0	6	1.400	95	0.064	0.105	1.441	5.600	89
24	18.00	18.00	18.00	100	101	102	1	7	1.800	102	0.066	0.105	1.837	7.200	95
25	22.00	22.00	22.00	107	108	109	1	7	2.200	109	0.072	0.105	2.233	8.800	100
26	26.00	26.00	26.00	116	117	118	1	9	2.600	118	0.077	0.105	2.628	10.400	108
27	30.00	30.00	30.00	124	125	126	1	8	3.000	126	0.080	0.105	3.025	12.000	114
28	34.00	34.00	34.00	134	135	136	1	10	3.400	136	0.085	0.105	3.420	13.600	122
29	38.00	38.00	38.00	147	149	152	3	16	3.800	152	0.092	0.105	3.813	15.200	137
30	42.00	42.00	42.00	164	166	168	2	16	4.200	168	0.099	0.105	4.206	16.800	151
31	46.00	46.00	46.00	184	187	190	3	22	4.600	190	0.108	0.105	4.597	18.400	172
32	50.00	50.00	50.00	209	213	218	5	28	5.000	218	0.117	0.105	4.988	20.000	198

CURVAS PRESIOMÉTRICAS DE CAMPO Y CORREGIDA POR PRESIÓN Y VOLUMEN



**LIEC S.A. de C.V.**  
CDA. MORELOS 6,  
COL. TECAXITITLA SAN ANTONIO TECÓMITL,  
MILPA ALTA, CDMX  
contacto@liec.com.mx

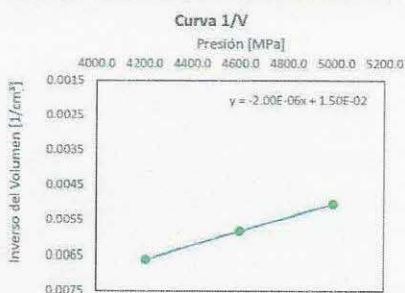
55 2161-4772  
55 2594-2815  
www.liec.com.mx

**INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA**



**CURVA PRESIOMÉTRICA CORREGIDA POR PRESIÓN Y VOLUMEN, Y CURVAS EXTRAPOLADAS APLICANDO LOS MÉTODOS ASTM-D4719 E ISO 22476-4**

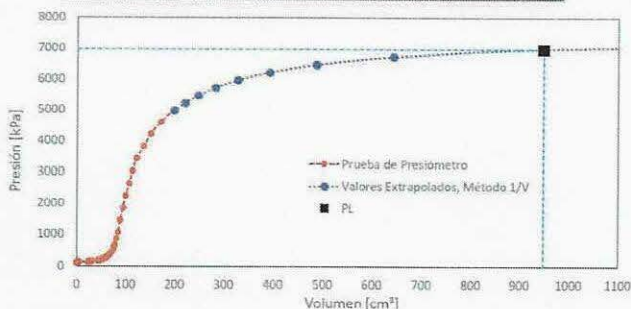
**Inverso de Volumen**



**Coefficientes de Extrapolación**

b=	1.500E-02
m=	-2.000E-06

**Curva con valores extrapolados del método 1/V, ASTM-D4719**



**Presión Límite con el Método 1/V**

V [cm³]	1/V [cm³]	PL [kPa]
947	0.001055	6972

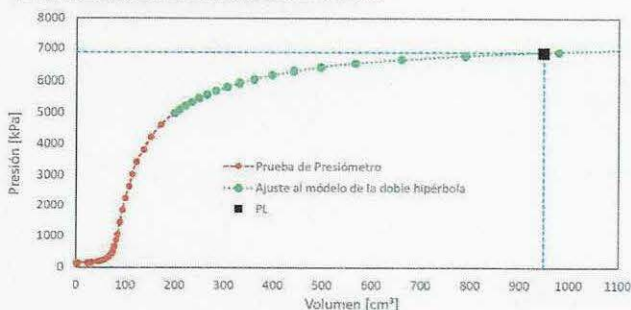
**Coefficientes de Extrapolación**

A0=	1.69E+01
A1=	-5.33E-03
A2=	5.08E+05
A3=	6.37E+03
A4=	7.40E+03
A5=	0.00E+00

**Presión Límite por el método de extrapolación**

V [cm³]	1/V [cm³]	PL [kPa]
947	0.001055966	6875

**DOBLE HIPÉRBOLA, ISO 22476-4**



**INTERPRETACIÓN GEOTÉCNICA**

n=	0.20
V <sub>o</sub> =	489.5 [cm³]
DP=	0.8 [MPa]
DV=	26.7 [cm³]
V <sub>m</sub> =	71.7 [cm³]
E <sub>m</sub> =	40.7 [MPa]
G <sub>m</sub> =	14.8 [MPa]

V <sub>o</sub> + 2V <sub>i</sub> =	947 [cm³]
p <sub>L</sub> =	6.92 [MPa]
p <sub>r</sub> =	3.42 [MPa]
E <sub>m</sub> /p <sub>r</sub> =	5.9
p <sub>L</sub> -s <sub>e</sub> =	6.731 [MPa]
Su(1+Ln(GM/Su))=	6.730 [MPa]

a=	1/2
E=	81.4 [MPa]
G=	33.9 [MPa]
Su=	2.381 [MPa]

**Observaciones:**

\* No se proporcionó con sondeo de referencia por lo que la interpretación se realizó con información aproximada que se conoce de la zona; para realizar una interpretación más certera es necesario conocer las propiedades índice y granulométricas de los materiales ensayados.

**DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL:**

Descrip:	-
SUCS:	-
%F:	-
%S:	-
N <sub>60</sub> :	-

La Integración e interpretación de los parámetros mecánicos aquí presentados en un modelo geotécnico, deberá realizarse por un Ingeniero Especialista en Geotecnia.

**LIEC S.A. de C.V.**

CDA. MORELOS 6,  
COL. TECAXITTLA SAN ANTONIO TECOMITL,  
MILPA ALTA, CDMX.  
contacto@liec.com.mx

55 2161-4772  
55 2594-2815

www.liec.com.mx

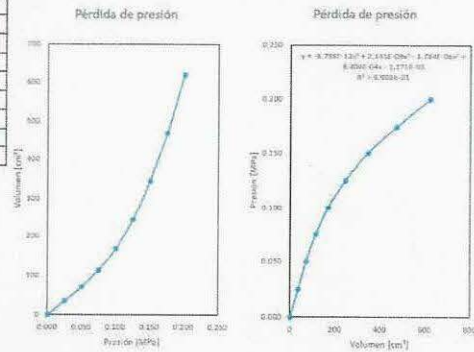
**INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA**



PROYECTO		UTM X=		CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO	
PROYECTO:	CABLE BUS LINEA 3			LONGITUD DE LA SONDA:	21 [cm]
UBICACION:	PARQUE CRI-CRI			DIÁMETRO DE LA SONDA:	6 [cm]
SONDEO:	MÁSTIL CENTRAL			TIPO DE MEMBRANA:	Lona [cm]
FECHA:	18/02/2023			DIÁMETRO CILINDRO DE CALIBRACION:	8.5 [cm]
PRUEBA:	2			HERRAMIENTA DE PERFORACION:	Bicónica [cm]
PROFUNDIDAD:	19.00 [m]			DIÁMETRO DE PERFORACION:	6.35 [cm]
NAF:	No detectado [m]			ALTURA DE LA CONSOLA:	1 [m]
HORA:				NIVEL DE LODOS POR ENCIMA DE LA SONDA:	0 [m]

Calibración por pérdida de presión										
No.	Presión [bar]			Volumen [cm³]			Curva			
	P <sub>1%</sub>	P <sub>1%</sub>	P <sub>1%</sub>	V <sub>1%</sub>	V <sub>1%</sub>	V <sub>1%</sub>	ΔV <sub>10-95</sub>	ΔV <sub>10-95</sub>	P [MPa]	V [cm³]
0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	-	0.000	0
1	0.25	0.25	0.25	18	28	36	8	36	0.025	36
2	0.50	0.50	0.50	53	59	71	12	95	0.050	71
3	0.75	0.75	0.75	92	100	114	14	43	0.075	114
4	1.00	1.00	1.00	133	150	167	17	53	0.100	167
5	1.25	1.25	1.25	200	215	244	29	77	0.125	244
6	1.50	1.50	1.50	280	302	345	43	101	0.150	345
7	1.75	1.75	1.75	392	418	470	52	125	0.175	470
8	2.00	2.00	2.00	520	553	620	67	150	0.200	620

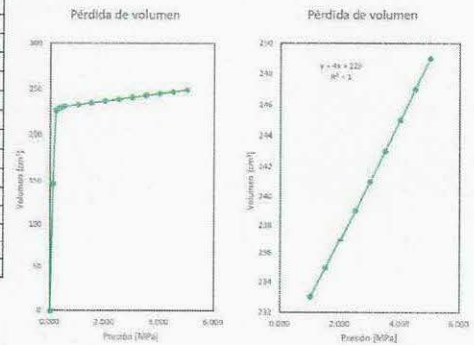
Curvas de calibración por pérdida de presión



Coeficientes	
a x^5=	0
b x^4=	-9.799E-13
c x^3=	2.141E-09
d x^2=	-1.784E-06
e x^1=	8.409E-04
f x^0=	-1.171E-03

Calibración por pérdida de volumen										
No.	Presión [bar]			Volumen [cm³]			Curva			
	P <sub>1%</sub>	P <sub>1%</sub>	P <sub>1%</sub>	V <sub>1%</sub>	V <sub>1%</sub>	V <sub>1%</sub>	ΔV <sub>10-95</sub>	ΔV <sub>10-95</sub>	P [MPa]	V [cm³]
0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	-	0.000	0
1	1.00	1.00	1.00	65	96	147	49	147	0.100	147
2	2.00	2.00	2.00	226	227	227	0	80	0.200	227
3	3.00	3.00	3.00	229	229	229	0	2	0.300	229
4	4.00	4.00	4.00	230	230	230	0	1	0.400	230
5	5.00	5.00	5.00	231	231	231	0	1	0.500	231
6	10.00	10.00	10.00	233	233	233	0	2	1.000	233
7	15.00	15.00	15.00	235	235	235	0	2	1.500	235
8	20.00	20.00	20.00	237	237	237	0	2	2.000	237
9	25.00	25.00	25.00	239	239	239	0	2	2.500	239
10	30.00	30.00	30.00	241	241	241	0	2	3.000	241
11	35.00	35.00	35.00	243	243	243	0	2	3.500	243
12	40.00	40.00	40.00	245	245	245	0	2	4.000	245
13	45.00	45.00	45.00	247	247	247	0	2	4.500	247
14	50.00	50.00	50.00	249	249	249	0	2	5.000	249

Curvas de calibración por pérdida de volumen



Coeficientes	
a [MPa/cm³]=	4
V <sub>1</sub> [cm³]=	229

**LIEC S.A. de C.V.**  
CDA. MORELOS 6,  
COL. TECAXITLIL SAN ANTONIO TECOMITL,  
MILPA ALTA, CDMX.  
contacto@liec.com.mx

55 2161-4772  
55 2594-2815  
www.liec.com.mx

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

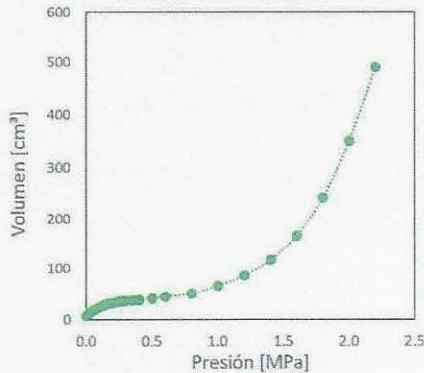


**LIEC**

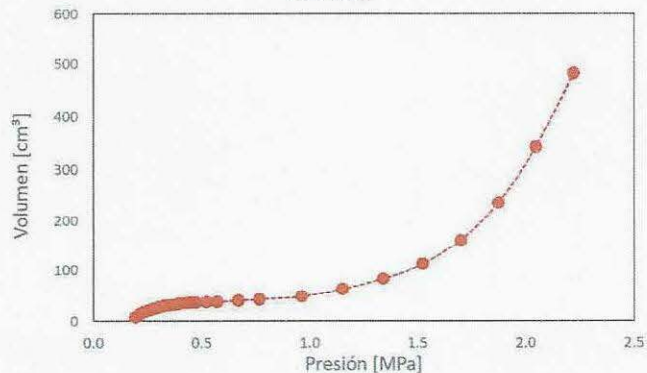
No.	Prueba de Presiómetro						Curva		Presión Corregida			Volumen Corregido			
	Presión [bar]			Volumen [cm <sup>3</sup> ]			P [MPa]	V [cm <sup>3</sup> ]	Pr [MPa]	Ph [MPa]	Pc [MPa]	V [cm <sup>3</sup> ]	V <sub>c</sub> [cm <sup>3</sup> ]		
0	0.00	0.00	0.00	7	7	7	0	-	0.000	7	0.005	0.200	0.195	0.000	7
2	0.25	0.25	0.25	10	11	13	2	6	0.025	13	0.009	0.200	0.216	0.100	13
3	0.50	0.50	0.50	15	16	18	2	5	0.050	18	0.013	0.200	0.237	0.200	18
4	0.75	0.75	0.75	20	20	21	1	3	0.075	21	0.016	0.200	0.259	0.300	21
5	1.00	1.00	1.00	22	23	24	1	3	0.100	24	0.018	0.200	0.282	0.400	24
6	1.25	1.25	1.25	27	27	27	0	3	0.125	27	0.020	0.200	0.305	0.500	27
7	1.50	1.50	1.50	30	30	30	0	3	0.150	30	0.023	0.200	0.327	0.600	29
8	1.75	1.75	1.75	31	31	31	0	1	0.175	31	0.023	0.200	0.352	0.700	30
9	2.00	2.00	2.00	32	32	32	0	1	0.200	32	0.024	0.200	0.376	0.800	31
10	2.25	2.25	2.25	34	34	34	0	2	0.225	34	0.025	0.200	0.400	0.900	33
11	2.50	2.50	2.50	35	35	35	0	1	0.250	35	0.026	0.200	0.424	1.000	34
12	2.75	2.75	2.75	36	36	36	0	1	0.275	36	0.027	0.200	0.448	1.100	35
13	3.00	3.00	3.00	36	36	36	0	0	0.300	36	0.027	0.200	0.473	1.200	35
14	3.50	3.50	3.50	37	37	37	0	1	0.350	37	0.028	0.200	0.522	1.400	36
15	4.00	4.00	4.00	38	38	38	0	1	0.400	38	0.028	0.200	0.572	1.600	36
16	5.00	5.00	5.00	41	41	41	0	3	0.500	41	0.030	0.200	0.670	2.000	39
17	6.00	6.00	6.00	44	44	44	0	3	0.600	44	0.033	0.200	0.767	2.400	42
18	8.00	8.00	8.00	50	50	50	0	6	0.800	50	0.037	0.200	0.963	3.200	47
19	10.00	10.00	10.00	62	63	65	2	15	1.000	65	0.047	0.200	1.153	4.000	61
20	12.00	12.00	12.00	80	82	86	4	21	1.200	86	0.059	0.200	1.341	4.800	81
21	14.00	14.00	14.00	107	111	117	6	31	1.400	117	0.076	0.200	1.524	5.600	111
22	16.00	16.00	16.00	147	156	167	11	50	1.600	167	0.099	0.200	1.701	6.400	161
23	18.00	18.00	18.00	214	225	242	17	75	1.800	242	0.125	0.200	1.875	7.200	235
24	20.00	20.00	20.00	300	320	350	30	108	2.000	350	0.152	0.200	2.048	8.000	342
25	22.00	22.00	22.00	405	435	490	55	140	2.200	490	0.178	0.200	2.222	8.800	481

CURVAS PRESIOMÉTRICAS DE CAMPO Y CORREGIDA POR PRESIÓN Y VOLUMEN

Curva de ensaye presiométrico  
(Mediciones de campo)



Curva de ensaye presiométrico (corregida por presión y volumen)



**LIEC S.A. de C.V.**

CDA. MORELOS 6,  
COL. TECAXITTLA SAN ANTONIO TECÓMITL,  
MILPA ALTA, CDMX.  
contacto@liec.com.mx

55 2161-4772  
55 2594-2815

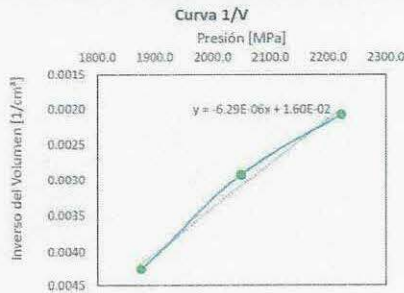
www.liec.com.mx

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

**LIEC**

**CURVA PRESIOMÉTRICA CORREGIDA POR PRESIÓN Y VOLUMEN, Y CURVAS EXTRAPOLADAS APLICANDO LOS MÉTODOS ASTM-D4719 E ISO 22476-4**

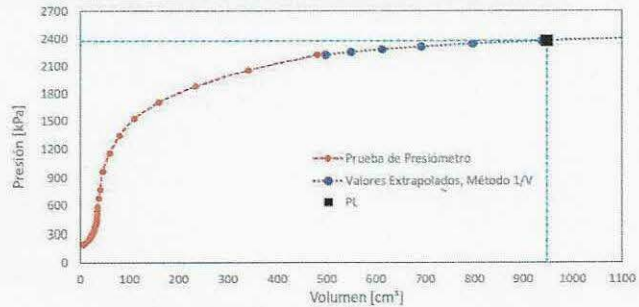
**Inverso de Volumen**



**Coefficientes de Extrapolación**

b=	1.600E-02
m=	-6.290E-06

**Curva con valores extrapolados del método 1/V, ASTM-D4719**



**Presión Límite con el Método 1/V**

V [cm³]	1/V [cm⁻³]	PL [kPa]
947	0.001055	2376

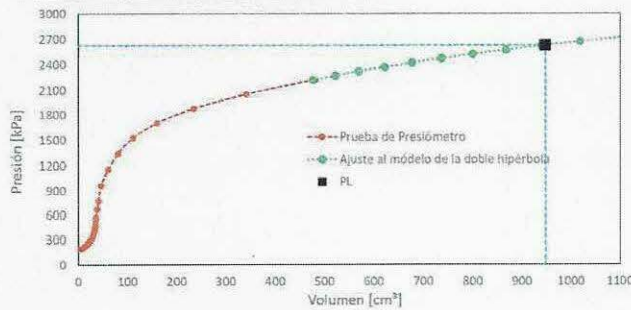
**Coefficientes de Extrapolación**

A0=	-2.24E+03
A1=	-9.58E-01
A2=	1.37E+07
A3=	2.80E+05
A4=	5.00E+03
A5=	-4.50E+02

**Presión Límite por el método de extrapolación**

V [cm³]	1/V [cm⁻³]	PL [kPa]
947	0.001055966	2627

**DOBLE HIPÉRBOLA, ISO 22476-4**



**INTERPRETACIÓN GEOTÉCNICA**

n=	0.20	V <sub>s</sub> +2V <sub>v</sub> =	947 [cm³]	σ=	2/3
V <sub>s</sub> =	489.5 [cm³]	p <sub>t</sub> =	2.50 [MPa]	E=	57.8 [MPa]
D <sub>p</sub> '=	0.5 [MPa]	p <sub>r</sub> =	0.96 [MPa]	G=	24.1 [MPa]
D <sub>v</sub> '=	15.1 [cm³]	E <sub>w</sub> /p <sub>r</sub> =	15.4	Su=	0.499 [MPa]
V <sub>w</sub> =	34.1 [cm³]	p <sub>t</sub> -σ <sub>v</sub> =	2.197 [MPa]		
E <sub>w</sub> =	38.5 [MPa]	Su(1+Ln(GM/Su))=	2.196 [MPa]		
G <sub>m</sub> =	15.0 [MPa]				

**Observaciones:**

\* No se proporcionó con sondeo de referencia por lo que la interpretación se realizó con información aproximada que se conoce de la zona; para realizar una interpretación mas certera es necesario conocer las propiedades índice y granulométricas de los materiales ensayados.

**DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL:**

Descrip:	-
SUCS:	-
%F:	-
%S:	-
N <sub>60</sub> :	-

La integración e interpretación de los parámetros mecánicos aquí presentados en un modelo geotécnico, deberá realizarse por un Ingeniero Especialista en Geotecnia.

**LIEC S.A. de C.V.**  
CDA. MORELOS 6,  
COL. TECAXITLIL SAN ANTONIO TECOMITL,  
MILPA ALTA, CDMX.  
contacto@liec.com.mx

55 2161-4772  
55 2594-2815  
www.liec.com.mx

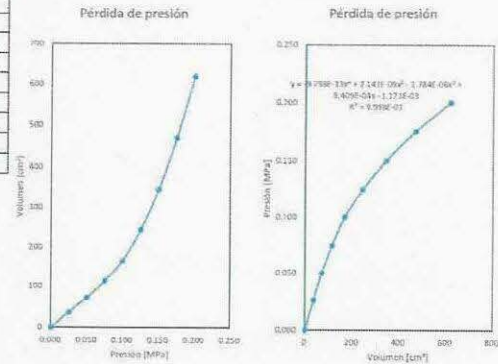
**INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA**



PROYECTO				CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO			
PROYECTO:	CABLE BUS LINEA 3	UTM X=	-	LONGITUD DE LA SONDA:	21	[cm]	
UBICACIÓN:	PARQUE CRI-CRI	UTM Y=	-	DIÁMETRO DE LA SONDA:	6	[cm]	
SONDEO:	MASTIL CENTRAL	UTM Z=	-	TIPO DE MEMBRANA:	LONA		
FECHA:	21/02/2023			DIÁMETRO CILINDRO DE CALIBRACIÓN:	6.6	[cm]	
PRUEBA:	3			HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN:	Bicónica		
PROFUNDIDAD:	26.00 [m]			DIÁMETRO DE PERFORACIÓN:	6.35	[cm]	
NAF:	N/D [m]			ALTURA DE LA CONSOLA:	1	[m]	
HORA:	10:30:00 a. m.			NIVEL DE Lodos POR ENCIMA DE LA SONDA [m]:	15		

No.	Presión [bar]			Volumen [cm³]			Curva			
	P <sub>10s</sub>	P <sub>30s</sub>	P <sub>60s</sub>	V <sub>10s</sub>	V <sub>30s</sub>	V <sub>60s</sub>	ΔV <sub>10-30s</sub>	ΔV <sub>30-60s</sub>	P [MPa]	V [cm³]
0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	-	-	0.000	0
1	0.25	0.25	0.25	18	28	36	8	36	0.025	36
2	0.50	0.50	0.50	53	59	71	12	35	0.050	71
3	0.75	0.75	0.75	92	100	114	14	43	0.075	114
4	1.00	1.00	1.00	133	150	167	17	53	0.100	167
5	1.25	1.25	1.25	200	215	244	29	77	0.125	244
6	1.50	1.50	1.50	280	302	345	43	101	0.150	345
7	1.75	1.75	1.75	392	418	470	52	125	0.175	470
8	2.00	2.00	2.00	520	553	620	67	150	0.200	620

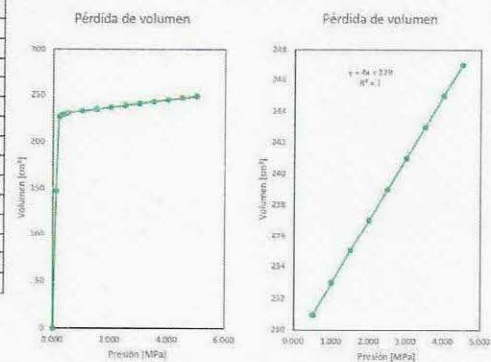
Curvas de calibración por pérdida de presión



a x <sup>4</sup> =	0
b x <sup>4</sup> =	-9.798E-13
c x <sup>3</sup> =	2.141E-09
d x <sup>2</sup> =	-1.784E-06
e x <sup>1</sup> =	8.409E-04
f x <sup>0</sup> =	-1.171E-03

No.	Presión [bar]			Volumen [cm³]			Curva			
	P <sub>10s</sub>	P <sub>30s</sub>	P <sub>60s</sub>	V <sub>10s</sub>	V <sub>30s</sub>	V <sub>60s</sub>	ΔV <sub>10-30s</sub>	ΔV <sub>30-60s</sub>	P [MPa]	V [cm³]
0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	-	0.000	0
1	1.00	1.00	1.00	65	98	147	49	147	0.100	147
2	2.00	2.00	2.00	226	227	227	0	80	0.200	227
3	3.00	3.00	3.00	229	229	229	0	2	0.300	229
4	4.00	4.00	4.00	230	230	230	0	1	0.400	230
5	5.00	5.00	5.00	231	231	231	0	1	0.500	231
6	10.00	10.00	10.00	233	233	233	0	2	1.000	233
7	15.00	15.00	15.00	235	235	235	0	2	1.500	235
8	20.00	20.00	20.00	237	237	237	0	2	2.000	237
9	25.00	25.00	25.00	239	239	239	0	2	2.500	239
10	30.00	30.00	30.00	241	241	241	0	2	3.000	241
11	35.00	35.00	35.00	243	243	243	0	2	3.500	243
12	40.00	40.00	40.00	245	245	245	0	2	4.000	245
13	45.00	45.00	45.00	247	247	247	0	2	4.500	247
14	50.00	50.00	50.00	249	249	249	0	2	5.000	249

Curvas de calibración por pérdida de volumen



a [MPa/cm³]=	4
V <sub>i</sub> [cm³]=	229

**LIEC S.A. de C.V.**  
CDA. MORELOS 6,  
COL. TECAXITLILAN SAN ANTONIO TECOMITL,  
MILPA ALTA, CDMX.  
contacto@liec.com.mx

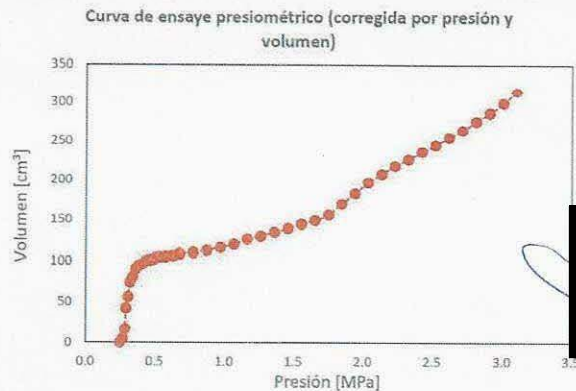
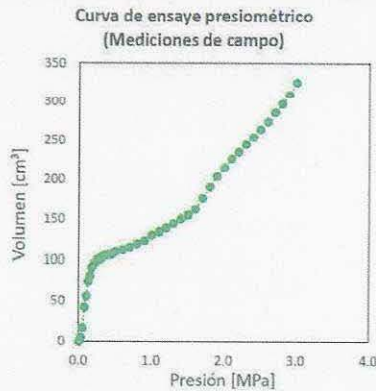
55 2161-4772  
55 2594-2315  
www.liec.com.mx

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA



No.	Prueba de Presiómetro						Curva		Presión Corregida			Volumen Corregido			
	Presión [bar]			Volumen [cm <sup>3</sup> ]			P [MPa]	V [cm <sup>3</sup> ]	Pr [MPa]	Ph [MPa]	Pc [MPa]	V [cm <sup>3</sup> ]	V <sub>c</sub> [cm <sup>3</sup> ]		
0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0.000	0	-0.001	0.250	0.251	0.000	0	
1	0.25	0.25	0.25	1	3	5	2	5	0.025	5	0.003	0.250	0.272	0.100	5
2	0.50	0.50	0.50	13	16	17	1	12	0.050	17	0.013	0.250	0.287	0.200	17
3	0.75	0.75	0.75	27	35	42	7	25	0.075	42	0.031	0.250	0.294	0.300	42
4	1.00	1.00	1.00	52	54	56	2	14	0.100	56	0.041	0.250	0.309	0.400	56
5	1.25	1.25	1.25	66	74	74	0	18	0.125	74	0.052	0.250	0.323	0.500	74
6	1.50	1.50	1.50	76	79	81	2	7	0.150	81	0.056	0.250	0.344	0.600	80
7	1.75	1.75	1.75	88	89	91	2	10	0.175	91	0.062	0.250	0.363	0.700	90
8	2.00	2.00	2.00	93	95	95	0	4	0.200	95	0.064	0.250	0.386	0.800	94
9	2.25	2.25	2.25	97	97	97	0	2	0.225	97	0.065	0.250	0.410	0.900	96
10	2.50	2.50	2.50	100	100	100	0	3	0.250	100	0.067	0.250	0.433	1.000	99
11	2.75	2.75	2.75	101	101	101	0	1	0.275	101	0.068	0.250	0.457	1.100	100
12	3.00	3.00	3.00	102	102	102	0	1	0.300	102	0.068	0.250	0.482	1.200	101
13	3.25	3.25	3.25	104	104	104	0	2	0.325	104	0.069	0.250	0.506	1.300	103
14	3.50	3.50	3.50	105	105	105	0	1	0.350	105	0.070	0.250	0.530	1.400	104
15	4.00	4.00	4.00	106	106	106	0	1	0.400	106	0.070	0.250	0.580	1.600	104
16	4.50	4.50	4.50	107	107	107	0	1	0.450	107	0.071	0.250	0.629	1.800	105
17	5.00	5.00	5.00	110	110	110	0	3	0.500	110	0.072	0.250	0.678	2.000	108
18	6.00	6.00	6.00	112	112	112	0	2	0.600	112	0.073	0.250	0.777	2.400	110
19	7.00	7.00	7.00	115	115	115	0	3	0.700	115	0.075	0.250	0.875	2.800	112
20	8.00	8.00	8.00	118	119	119	0	4	0.800	119	0.077	0.250	0.973	3.200	116
21	9.00	9.00	9.00	121	122	123	1	4	0.900	123	0.079	0.250	1.071	3.600	119
22	10.00	10.00	10.00	127	129	130	1	7	1.000	130	0.082	0.250	1.168	4.000	125
23	11.00	11.00	11.00	132	133	134	1	4	1.100	134	0.084	0.250	1.266	4.400	130
24	12.00	12.00	12.00	137	137	139	2	5	1.200	139	0.087	0.250	1.363	4.800	134
25	13.00	13.00	13.00	141	142	144	2	5	1.300	144	0.089	0.250	1.461	5.200	139
26	14.00	14.00	14.00	147	148	150	2	6	1.400	150	0.092	0.250	1.558	5.600	144
27	15.00	15.00	15.00	152	153	155	2	5	1.500	155	0.094	0.250	1.656	6.000	149
28	16.00	16.00	16.00	158	160	162	2	7	1.600	162	0.097	0.250	1.753	6.400	156
29	17.00	17.00	17.00	169	171	176	5	14	1.700	176	0.102	0.250	1.848	6.800	169
30	18.00	18.00	18.00	183	185	190	5	14	1.800	190	0.108	0.250	1.942	7.200	183
31	19.00	19.00	19.00	197	199	204	5	14	1.900	204	0.113	0.250	2.037	7.600	196
32	20.00	20.00	20.00	209	210	215	5	11	2.000	215	0.116	0.250	2.134	8.000	207
33	21.00	21.00	21.00	220	221	226	5	11	2.100	226	0.120	0.250	2.230	8.400	218
34	22.00	22.00	22.00	228	230	235	5	9	2.200	235	0.123	0.250	2.327	8.800	226
35	23.00	23.00	23.00	240	241	245	4	10	2.300	245	0.126	0.250	2.424	9.200	236
36	24.00	24.00	24.00	247	249	254	5	9	2.400	254	0.128	0.250	2.522	9.600	244
37	25.00	25.00	25.00	258	259	264	5	10	2.500	264	0.131	0.250	2.619	10.000	264
38	26.00	26.00	26.00	268	269	274	5	10	2.600	274	0.134	0.250	2.716	10.400	264
39	27.00	27.00	27.00	280	281	286	5	12	2.700	286	0.137	0.250	2.813	10.800	275
40	28.00	28.00	28.00	290	292	297	5	11	2.800	297	0.140	0.250	2.910	11.200	286
41	29.00	29.00	29.00	304	305	310	5	13	2.900	310	0.143	0.250	3.007	11.600	298
42	30.00	30.00	30.00	317	320	326	6	16	3.000	326	0.146	0.250	3.104	12.000	314

CURVAS PRESIOMÉTRICAS DE CAMPO Y CORREGIDA POR PRESIÓN Y VOLUMEN



**LIEC S.A. de C.V.**  
CDA. MORELOS 6,  
COL. TECAXITTLA SAN ANTONIO TECOMITL,  
MILPA ALTA, CDMX.  
contacto@liec.com.mx

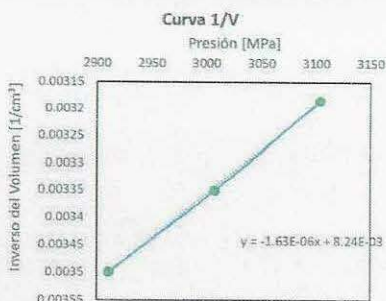
55 2161-4772  
55 2594-2815  
www.liec.com.mx

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

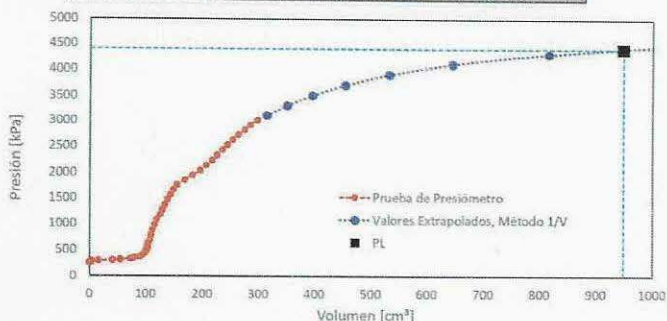
**LIEC**

**CURVA PRESIOMÉTRICA CORREGIDA POR PRESIÓN Y VOLUMEN, Y CURVAS EXTRAPOLADAS APLICANDO LOS MÉTODOS ASTM-D4719 E ISO 22476-4**

**Inverso de Volumen**



**Curva con valores extrapolados del método 1/V, ASTM-D4719**



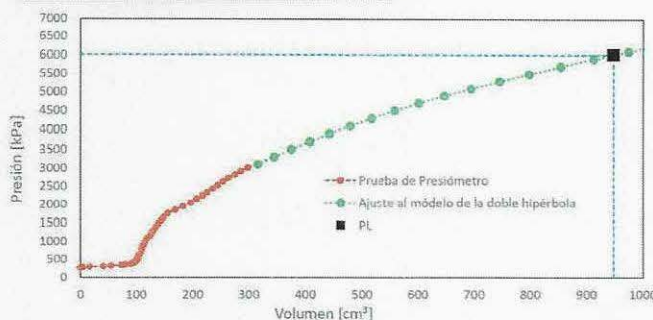
**Coefficientes de Extrapolación**

b=	8.240E-03
m=	-1.630E-06

**Presión Límite con el Método 1/V**

V [cm <sup>3</sup> ]	1/V [cm <sup>-3</sup> ]	P <sub>L</sub> [kPa]
947	0.001055	4408

**DOBLE HIPÉRBOLA, ISO 22476-4**



**Coefficientes de Extrapolación**

A0=	-5.02E+03
A1=	-2.17E-01
A2=	1.00E+08
A3=	-3.89E+04
A4=	1.98E+04
A5=	-4.50E+02

**Presión Límite por el método de extrapolación**

V [cm <sup>3</sup> ]	1/V [cm <sup>-3</sup> ]	P <sub>L</sub> [kPa]
947	0.00105597	6019

**INTERPRETACIÓN GEOTÉCNICA**

n=	0.15	V <sub>0</sub> +2V <sub>1</sub> =	947 [cm <sup>3</sup> ]	a=	1/2
V <sub>0</sub> =	489.5 [cm <sup>3</sup> ]	P <sub>L</sub> =	4.41 [MPa]	E=	74.4 [MPa]
DP=	0.6 [MPa]	P <sub>r</sub> =	1.85 [MPa]	G=	32.3 [MPa]
DV=	21.6 [cm <sup>3</sup> ]	E <sub>u</sub> /P <sub>L</sub> =	8.4	Su=	1.163 [MPa]
V <sub>u</sub> =	105.0 [cm <sup>3</sup> ]	P <sub>L</sub> -σ <sub>0</sub> =	3.998 [MPa]		
E <sub>u</sub> =	37.2 [MPa]	Su(1+Ln(GM/Su))=	3.998 [MPa]		
G <sub>u</sub> =	13.3 [MPa]				

**Observaciones:**

\* No se proporcionó con sondeo de referencia por lo que la interpretación se realizó con información aproximada que se conoce de la zona; para realizar una interpretación más certera es necesario conocer las propiedades índice y granulométricas de los materiales ensayados.

**DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL:**

Descrip: -  
SUCS: -  
%F: -  
%S: -  
N<sub>u</sub>: -

La integración e interpretación de los parámetros mecánicos aquí presentados en un modelo geotécnico, deberá realizarse por un Ingeniero Especialista en Geotecnia.

**LIEC S.A. de C.V.**

CDA. MORELOS 6,  
COL. TECAXITITLA SAN ANTONIO TECÓMITL,  
MILPA ALIA, CDMX.  
contacto@liec.com.mx

55 2161-4772  
55 2594-2815

www.liec.com.mx

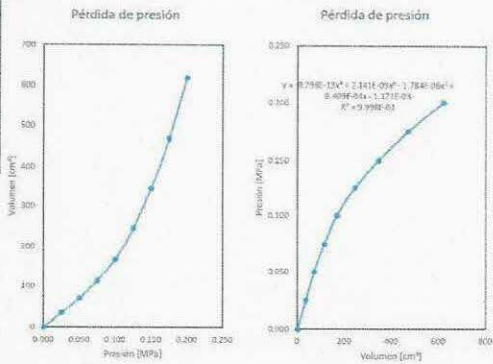
INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA



PROYECTO			CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO		
PROYECTO: CABLE BUS LÍNEA 3			LONGITUD DE LA SONDA:	21	[cm]
UBICACIÓN: PARQUE CRI-CRI		UTM X=	DIÁMETRO DE LA SONDA:	8	[cm]
SONDEO: MASTIL CENTRAL		UTM Y=	TIPO DE MEMBRANA:	LONA	
FECHA: 21/02/2023		UTM Z=	DIÁMETRO CILINDRO DE CALIBRACION:	6.6	[cm]
PRUEBA: 4			HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN:	Bicónica	
PROFUNDIDAD: 32.00	[m]		DIÁMETRO DE PERFORACIÓN:	6.35	[cm]
NAF: N/D	[m]		ALTURA DE LA CONSOLA:	1	[m]
HORA:			NIVEL DE LODOS POR ENCIMA DE LA SONDA:	20	[m]

Calibración por pérdida de presión										
No.	Presión [bar]			Volumen [cm³]			Curva			
	P <sub>1s</sub>	P <sub>2s</sub>	P <sub>3s</sub>	V <sub>1s</sub>	V <sub>2s</sub>	V <sub>3s</sub>	ΔV <sub>2s/1s</sub>	ΔV <sub>3s/1s</sub>	P [MPa]	V [cm³]
0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	-	0.000	0
1	0.25	0.25	0.25	18	28	36	8	36	0.025	36
2	0.50	0.50	0.50	53	59	71	12	35	0.050	71
3	0.75	0.75	0.75	92	100	114	14	43	0.075	114
4	1.00	1.00	1.00	133	150	167	17	53	0.100	167
5	1.25	1.25	1.25	200	215	244	29	77	0.125	244
6	1.50	1.50	1.50	280	302	345	43	101	0.150	345
7	1.75	1.75	1.75	392	418	470	52	125	0.175	470
8	2.00	2.00	2.00	520	553	620	67	150	0.200	620

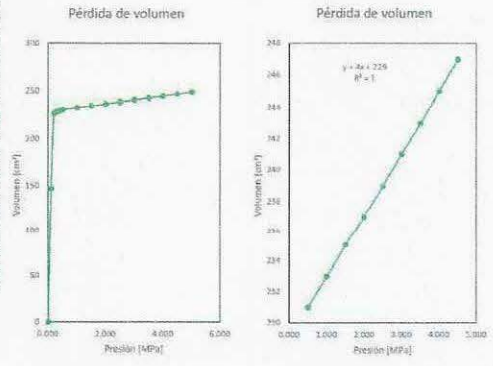
Curvas de calibración por pérdida de presión



Coeficientes	
a x^5=	0
b x^4=	-9.796E-13
c x^3=	2.141E-09
d x^2=	-1.784E-06
e x^1=	8.409E-04
f x^0=	-1.171E-03

Calibración por pérdida de volumen										
No.	Presión [bar]			Volumen [cm³]			Curva			
	P <sub>1s</sub>	P <sub>2s</sub>	P <sub>3s</sub>	V <sub>1s</sub>	V <sub>2s</sub>	V <sub>3s</sub>	ΔV <sub>2s/1s</sub>	ΔV <sub>3s/1s</sub>	P [MPa]	V [cm³]
0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0.000	0
1	1.00	1.00	1.00	65	98	147	49	147	0.100	147
2	2.00	2.00	2.00	226	227	227	0	80	0.200	227
3	3.00	3.00	3.00	229	229	229	0	2	0.300	229
4	4.00	4.00	4.00	230	230	230	0	1	0.400	230
5	5.00	5.00	5.00	231	231	231	0	1	0.500	231
6	10.00	10.00	10.00	233	233	233	0	2	1.000	233
7	15.00	15.00	15.00	235	235	235	0	2	1.500	235
8	20.00	20.00	20.00	237	237	237	0	2	2.000	237
9	25.00	25.00	25.00	239	239	239	0	2	2.500	239
10	30.00	30.00	30.00	241	241	241	0	2	3.000	241
11	35.00	35.00	35.00	243	243	243	0	2	3.500	243
12	40.00	40.00	40.00	245	245	245	0	2	4.000	245
13	45.00	45.00	45.00	247	247	247	0	2	4.500	247
14	50.00	50.00	50.00	249	249	249	0	2	5.000	249

Curvas de calibración por pérdida de volumen



Coeficientes	
a [MPa·cm³]⁻¹	4
V <sub>i</sub> [cm³]⁻¹	229

**LIEC S.A. de C.V.**  
CDA. MORELOS 6,  
COL. TECAXITLILTA SAN ANTONIO TECOMITL,  
MILPA ALTA, CDMX.  
contacto@liec.com.mx

55 2161-4772  
55 2594-2815  
www.liec.com.mx

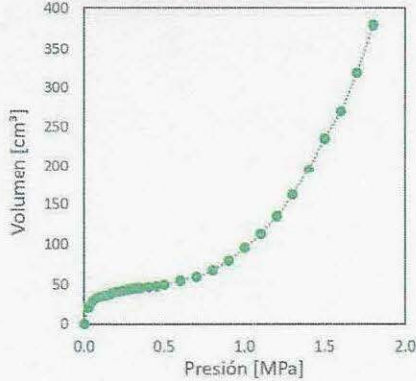
INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA



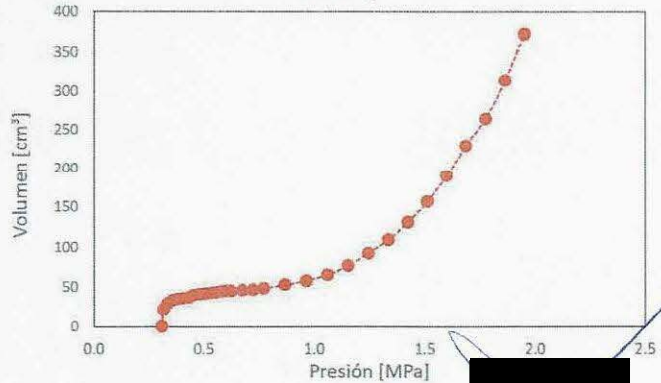
Prueba de Presiómetro										Presión Corregida			Volumen Corregido		
No.	Presión [bar]			Volumen [cm <sup>3</sup> ]			Curva		Pr [MPa]	Ph [MPa]	Pc [MPa]	V [cm <sup>3</sup> ]	V <sub>c</sub> [cm <sup>3</sup> ]		
	P <sub>15s</sub>	P <sub>30s</sub>	P <sub>60s</sub>	V <sub>15s</sub>	V <sub>30s</sub>	V <sub>60s</sub>	ΔV <sub>0/30</sub>	ΔV <sub>30/60</sub>						P [MPa]	V [cm <sup>3</sup> ]
0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0.000	0	-0.001	0.310	0.311	0.000	0
1	0.25	0.25	0.25	10	14	21	7	21	0.025	21	0.016	0.310	0.319	0.100	21
2	0.50	0.50	0.50	25	26	29	3	8	0.050	29	0.022	0.310	0.338	0.200	29
3	0.75	0.75	0.75	31	32	33	1	4	0.075	33	0.025	0.310	0.360	0.300	33
4	1.00	1.00	1.00	34	34	35	1	2	0.100	35	0.026	0.310	0.384	0.400	35
5	1.25	1.25	1.25	36	36	36	0	1	0.125	36	0.027	0.310	0.408	0.500	36
6	1.50	1.50	1.50	37	37	37	0	1	0.150	37	0.028	0.310	0.432	0.600	36
7	1.75	1.75	1.75	40	40	40	0	3	0.175	40	0.030	0.310	0.455	0.700	39
8	2.00	2.00	2.00	41	41	41	0	1	0.200	41	0.030	0.310	0.480	0.800	40
9	2.25	2.25	2.25	42	42	42	0	1	0.225	42	0.031	0.310	0.504	0.900	41
10	2.50	2.50	2.50	43	43	43	0	1	0.250	43	0.032	0.310	0.528	1.000	42
11	2.75	2.75	2.75	44	44	44	0	1	0.275	44	0.033	0.310	0.552	1.100	43
12	3.00	3.00	3.00	45	45	45	0	1	0.300	45	0.033	0.310	0.577	1.200	44
13	3.25	3.25	3.25	46	46	46	0	1	0.325	46	0.034	0.310	0.601	1.300	45
14	3.50	3.50	3.50	46	46	46	0	0	0.350	46	0.034	0.310	0.626	1.400	45
15	4.00	4.00	4.00	47	47	47	0	1	0.400	47	0.035	0.310	0.675	1.600	45
16	4.50	4.50	4.50	48	48	48	0	1	0.450	48	0.035	0.310	0.725	1.800	46
17	5.00	5.00	5.00	50	50	50	0	2	0.500	50	0.037	0.310	0.773	2.000	48
18	6.00	6.00	6.00	53	55	55	0	5	0.600	55	0.040	0.310	0.870	2.400	53
19	7.00	7.00	7.00	60	60	60	0	5	0.700	60	0.043	0.310	0.967	2.800	57
20	8.00	8.00	8.00	65	66	68	2	8	0.800	68	0.048	0.310	1.062	3.200	65
21	9.00	9.00	9.00	75	76	80	4	12	0.900	80	0.056	0.310	1.154	3.600	76
22	10.00	10.00	10.00	91	94	96	2	16	1.000	96	0.065	0.310	1.245	4.000	92
23	11.00	11.00	11.00	106	109	113	4	17	1.100	113	0.074	0.310	1.336	4.400	109
24	12.00	12.00	12.00	125	130	135	5	22	1.200	135	0.085	0.310	1.425	4.800	130
25	13.00	13.00	13.00	150	156	162	6	27	1.300	162	0.097	0.310	1.513	5.200	157
26	14.00	14.00	14.00	180	188	195	7	33	1.400	195	0.109	0.310	1.601	5.600	189
27	15.00	15.00	15.00	220	228	235	7	40	1.500	235	0.123	0.310	1.687	6.000	229
28	16.00	16.00	16.00	255	260	270	10	35	1.600	270	0.133	0.310	1.777	6.400	264
29	17.00	17.00	17.00	290	304	320	16	50	1.700	320	0.145	0.310	1.865	6.800	313
30	18.00	18.00	18.00	350	360	380	20	60	1.800	380	0.158	0.310	1.952	7.200	373

CURVAS PRESIOMÉTRICAS DE CAMPO Y CORREGIDA POR PRESIÓN Y VOLUMEN

Curva de ensaye presiométrico  
(Mediciones de campo)



Curva de ensaye presiométrico (corregida por presión y volumen)



**LIEC S.A. de C.V.**

CDA, MORELOS 6,  
COL. TECAXITITLA SAN ANTONIO TECOMITL,  
MILPA ALTA, CDMX.  
contacto@liec.com.mx

55 2161-4772  
55 2594-2815

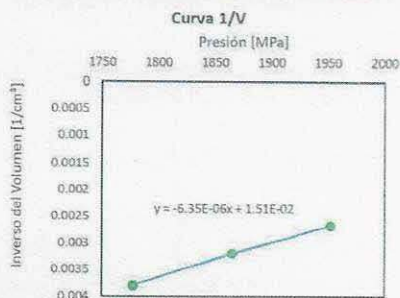
www.liec.com.mx

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

**LIEC**

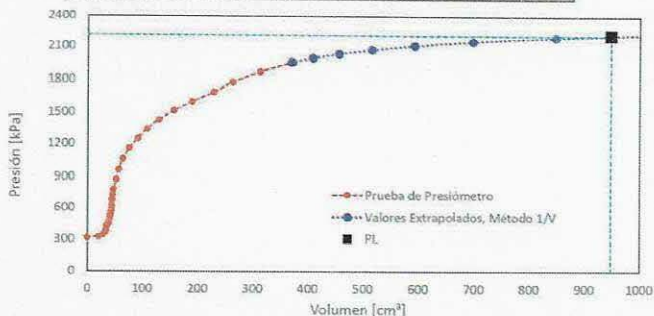
**CURVA PRESIOMÉTRICA CORREGIDA POR PRESIÓN Y VOLUMEN, Y CURVAS EXTRAPOLADAS APLICANDO LOS MÉTODOS ASTM-D4719 E ISO 22476-4**

**Inverso de Volumen**



Coeficientes de Extrapolación	
b=	1.510E-02
m=	-6.350E-06

**Curva con valores extrapolados del método 1/V, ASTM-D4719**

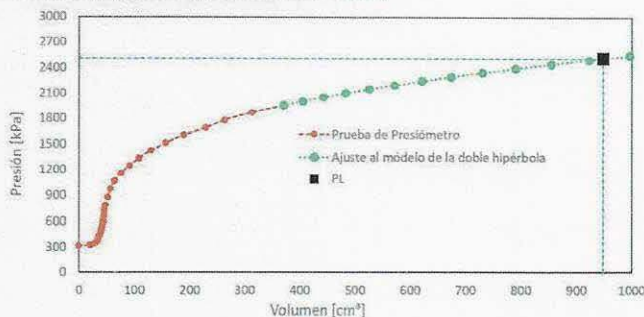


Presión Límite con el Método 1/V		
V [cm³]	1/V [cm³]	P <sub>L</sub> [kPa]
947	0.001055	2212

Coeficientes de Extrapolación	
A0=	-2.53E+03
A1=	-8.88E-01
A2=	1.43E+07
A3=	1.11E+05
A4=	5.00E+03
A5=	-2.00E+02

Presión Límite por el método de extrapolación		
V [cm³]	1/V [cm³]	P <sub>L</sub> [kPa]
947	0.001055966	2518

**DOBLE HIPÉRBOLA, ISO 22476-4**



INTERPRETACIÓN GEOTÉCNICA		
n=	0.20	
V <sub>0</sub> =	489.5	[cm³]
D P =	0.4	[MPa]
D V =	12.5	[cm³]
V <sub>m</sub> =	41.8	[cm³]
E <sub>m</sub> =	37.2	[MPa]
G <sub>m</sub> =	14.3	[MPa]
V <sub>n</sub> + 2V <sub>i</sub> =	947	[cm³]
p <sub>t</sub> =	2.36	[MPa]
p <sub>r</sub> =	0.87	[MPa]
E <sub>sw</sub> /p <sub>t</sub> =	15.8	
p <sub>L</sub> -σ <sub>v</sub> =	1.861	[MPa]
Su(1+Ln(GM/Su)) =	1.861	[MPa]
a=	2/3	
E=	55.9	[MPa]
G=	23.3	[MPa]
Su=	0.409	[MPa]

**Observaciones:**

\* No se proporcionó con sondeo de referencia por lo que la interpretación se realizó con información aproximada que se conoce de la zona, para realizar una interpretación más certera es necesario conocer las propiedades índice y granulométricas de los materiales ensayados.

DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL:	
Descripción:	-
SUCS:	-
%F:	-
%S:	-
N <sub>60</sub> :	-

La integración e interpretación de los parámetros mecánicos aquí presentados en un modelo geotécnico, deberá realizarse por un Ingeniero Especialista en Geotécnica.


**LIEC S.A. de C.V.**

CDA. MORELOS 6,  
COL. TECAXITLIL SAN ANTONIO TECOMITL,  
MILPA ALTA, CDMX.  
contacto@liec.com.mx

55 2161-4772  
55 2594-2815  
www.liec.com.mx

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA



	LIEC S.A. DE C.V.	CÓDIGO	
	PRUEBA DE PRESIÓMETRO MENARD	23-008-EMS-A	
	PROYECTO: PRESIÓMETRO MENARD PARA EL MASTIL CENTRAL DE LA ESTACION 3	PÁGINA	FECHA
		Página 13 de 15	14/03/2023

**A-1 MEMORIA FOTOGRÁFICA**


**LIEC S.A. de C.V.**

CDA. MORELOS 6,  
COL. TECAXTILÁ SAN ANTONIO TECOMITL,  
MILPA ALTA, CDMX.  
contacto@liec.com.mx

55 2161-4772  
55 2594-2815

[www.liec.com.mx](http://www.liec.com.mx)

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

	LIEC S.A. DE C.V.		CÓDIGO	
	PRUEBA DE PRESIÓMETRO MENARD		23-008-EMS-A	
	PROYECTO: PRESIÓMETRO MENARD PARA EL MASTIL CENTRAL DE LA ESTACION 3		PÁGINA	FECHA
			Página 14 de 15	14/03/2023

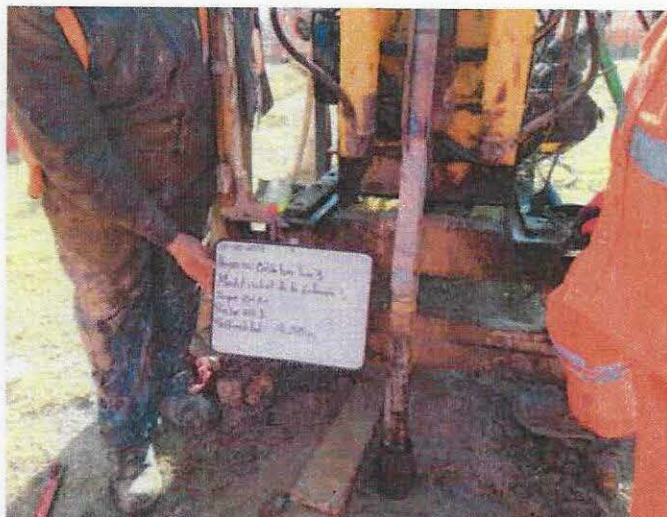


Foto 1.- Ejecución de prueba de presiometro de 9.5m de profundidad.



Foto 2.- Ejecución de prueba de presiometro de 19.0m de profundidad.

**LIEC S.A. de C.V.**

CDA. MORELOS 6,  
CDL. TECAXTITLA SAN ANTONIO TECOMIL,  
MILPA ALTA, CDMX.  
contacto@liec.com.mx

55 2161-4772  
55 2594-2815

www.liec.com.mx

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA



LIEC S.A. DE C.V.

CÓDIGO

PRUEBA DE PRESIÓMETRO MENARD

23-008-EMS-A

PROYECTO: PRESIÓMETRO MENARD PARA  
EL MASTIL CENTRAL DE LA ESTACION 3

PÁGINA

FECHA

Página 15 de 15

14/03/2023



Foto 3.- Ejecución de prueba de presiometro de 26.0m de profundidad.

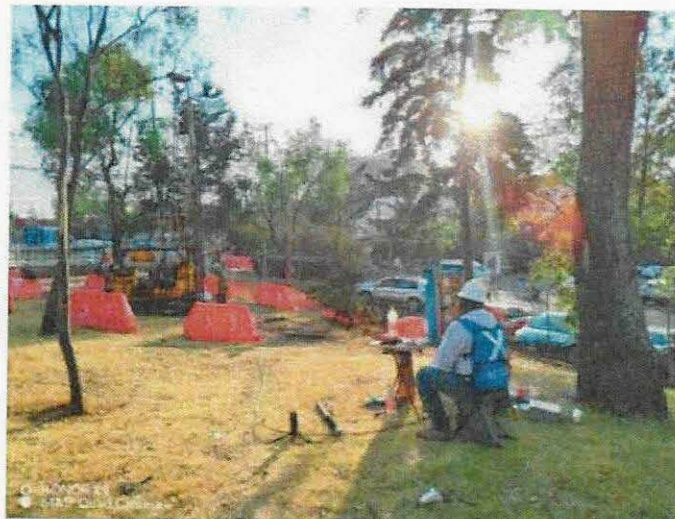


Foto 4.- Ejecución de prueba de presiometro de 32.0m de profundidad.

**LIEC S.A. de C.V.**

CDA. MORELOS 6,  
COL. TECAXITLIL SAN ANTONIO TECOMITL,  
MILPA ALTA, CDMX.  
contacto@liec.com.mx

55 2161-4772  
55 2594-2615

www.liec.com.mx

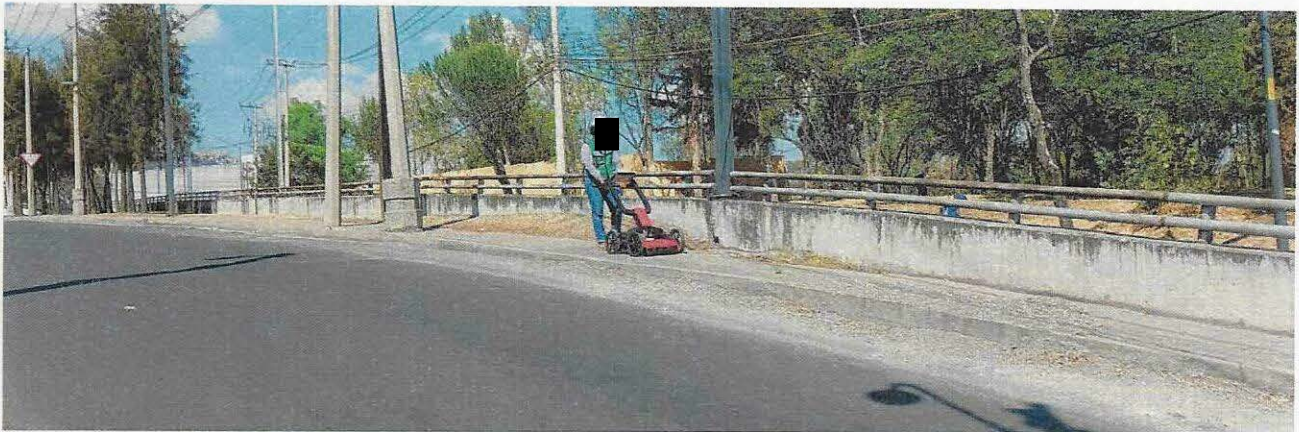
INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

13. ANEXO 5. ESTUDIO DE GEORADAR REALIZADO EN LA ENVOLVENTE DE LA ESTACIÓN 3 Y TORRE 14



*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*

ID 2023-141



Estudio geofísico mediante la técnica de radar de penetración terrestre (GPR) con la finalidad de identificar anomalías asociadas a posibles estructuras geológicas como cavidades, fracturas, fallas e instalaciones subterráneas en el área correspondiente a la Estación 3 del proyecto Cablebus Línea 3 ubicado en la Av. Constituyentes, Bosque de Chapultepec 3ra Sección, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX

Marzo de 2023

Elaboró: [Redacted]

Revisó: [Redacted]



*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*

## Resumen

El presente informe tiene el objetivo de identificar estructuras de riesgo geológico tales como posibles cavidades u oquedades, zonas de fracturas y fallamientos en el área correspondiente a la Estación 3 del proyecto Cablebus Línea 3, localizado en Av. Constituyentes, Bosque de Chapultepec 3ra sección, Alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México.

Para cumplir con los objetivos solicitados se utilizó la técnica de Ground Penetrating Radar, con la cual es posible identificar cambios de material a profundidad asociadas a fallas y fracturas, altas amplitudes relacionadas a zonas factibles a hundimientos y cavidades, así como, de manera adicional, se pueden observar instalaciones subterráneas, registros de servicio y estructuras sepultadas. Se realizaron un total de 16 líneas GPR utilizando una antena con frecuencias centrales de 80–950 MHz, distribuidas de la siguiente manera: 4 de forma paralela a la Av. Constituyentes, 12 de forma transversal sobre la zona del Bosque de Chapultepec subdividiendo las líneas 6, 7 y 8 en 3 partes, esto debido a que existía tabloncillos que no permitieron realizar las líneas de manera continua, siendo estas últimas, junto con la línea 4, las de mayor interés, ya que se realizaron en la zona delimitada para la construcción de la estación 3 del Cablebus; Como resultado de los trabajos se obtuvieron radargramas con una profundidad máxima de investigación en conjunto de 8 metros.

Con ayuda de los atributos implementados en el procesamiento de las líneas de georadar, se identificaron cambios de material asociados a posibles estructuras de riesgo geológico, los cuales pudieran provocar presencia de hundimientos, oquedades y socavones. Estos cambios son visibles sobre las líneas 4, 5, 6.2, 6.3 y 10, por lo que se recomienda hacer tres sondeos de verificación en los cruces de estas líneas con la finalidad de descartar o corroborar la existencia de estas estructuras de riesgo. Adicionalmente se identificaron un total de 111 anomalías asociadas en su totalidad a estructuras subterráneas (árboles, postes de luz). Los resultados obtenidos fueron colocados sobre un plano en planta para conocer la distribución de las anomalías, así como un plano con la ubicación de las posibles estructuras de riesgo, el cual servirá de apoyo para el diseño y desarrollo del proyecto.



*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*

### Contenido

Resumen .....	1
1. Antecedentes .....	3
1.1 Introducción.....	3
1.2 Justificación del proyecto .....	4
1.3 Planteamiento del problema .....	4
2. Recopilación de Información.....	6
Contexto geológico .....	6
Zonificación geotécnica.....	8
3. Instrumentación.....	10
3.1 Ground Penetrating Radar (GPR) .....	10
3.2 Campaña de exploración geofísica.....	11
4. Resultados y conclusiones .....	14
5. Bibliografía.....	29
6. Anexos .....	30
6.1 Marco teórico.....	30
6.2 Evidencia Fotográfica.....	37



*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*

## 1. Antecedentes

### 1.1 Introducción

En ocasiones, cuando se busca realizar modificaciones o llevar a cabo una construcción es necesario realizar calas, perforaciones, excavaciones, etc. Ante la incertidumbre de si existe alguna litología vulnerable a cambios de materiales, las cuales pueden ser propicios a fallas o fracturas, así como a zonas de debilidad, factibles a la formación de hundimientos, oquedades o cavidades, se solicita a la compañía constructora identificar la presencia de algún tipo de riesgo previo y/o durante el desarrollo del proyecto.

Debido a que se desconoce si existe o no alguna estructura de riesgo geológico, aunado al antecedente de que en la zona donde se desarrolla el proyecto se tiene la presencia de cavidades y/o socavones generados por la explotación de material (arenas) para la construcción, se recomienda realizar estudios de prospección geofísica para tener un panorama de las condiciones en las que se encuentra el subsuelo del lugar donde se desarrollará el proyecto. Estas técnicas no invasivas se fundamentan en alguna propiedad del subsuelo y del objeto de interés donde, para el caso de estructuras geológicas como son fracturamiento, fallas u oquedades, resulta relevante la permitividad dieléctrica por el contraste existente entre los diferentes materiales del subsuelo.

El GPR (Ground Penetrating Radar) es uno de los métodos electromagnéticos utilizados en exploración geofísica para el mapeo de la distribución espacial somera de las propiedades dieléctricas del medio a través del cual se propagan los pulsos electromagnéticos emitidos por una antena de frecuencia central de la que hace uso el método. Con esta técnica se obtienen imágenes distancia-tiempo de alta resolución del subsuelo llamadas "Radargramas" que después son procesadas e interpretadas por un especialista.

Esta técnica tiene aplicaciones en la caracterización de sitios asociados a fracturas, fallas, hundimientos, cavidades, así como para la detección de vestigios arqueológicos, identificación de instalaciones de servicio, tales como cimentaciones, antiguos registros y otros objetos contrastantes con el medio por el cual se propagan las ondas electromagnéticas





*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*

### **1.2 Justificación del proyecto**

En el área correspondiente a la Estación 3 del Cablebus Línea 3, ubicado en Av. Constituyentes, Bosque de Chapultepec 3ra sección, Alcaldía Miguel Hidalgo, se tiene proyectado realizar una edificación, por lo que, es necesario identificar anomalías asociadas a posibles estructuras geológicas de riesgo como son cavidades, zonas de fracturamiento y fallas que pudieran poner en riesgo la obra a desarrollar. Para cumplir con el objetivo mencionado se solicitó a nuestra empresa realizar un estudio geofísico mediante las técnicas de Radar de Penetración Terrestre (GPR). Adicionalmente, como parte de la información que permite deducir esta técnica, en los resultados a obtener se indican las anomalías asociadas a posibles instalaciones subterráneas.

La técnica mencionada se ha popularizado en el medio de la ingeniería civil debido a que es una técnica no invasiva y al hacer uso de ondas electromagnéticas, se ha demostrado su efectividad para identificar, fracturamiento, fallamientos, cavidades u oquedades, armados metálicos, cimentaciones e instalaciones de servicio.

### **1.3 Planteamiento del problema**

La zona de estudio se encuentra ubicada sobre la Av. Constituyentes, dentro del Bosque de Chapultepec 3ra sección, en el conocido Parque Cri-Cri, Alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México, como se muestra en la **Figura No. 1.1**. Geográficamente está delimitado por las coordenadas UTM con el DATUM WSG-84 14Q 2'144,700 m a 2'144,800 m Norte y 476,663 m a 476,800 m Este.

Como parte de los estudios necesarios para el desarrollo de un nuevo proyecto, se realizó un estudio de exploración geofísica con la finalidad de identificar posibles estructuras de riesgo geológico que pudiesen afectar el desarrollo del proyecto constructivo

Se optó por utilizar la técnica de Radar de Penetración Terrestre, debido a que es una técnica no invasiva y es susceptible al contraste en las propiedades dieléctricas del medio. El uso de esta técnica hace posible identificar contactos litológicos, fracturamiento, fallas, oquedades, cavidades, instalaciones subterráneas, entre otras aplicaciones.



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

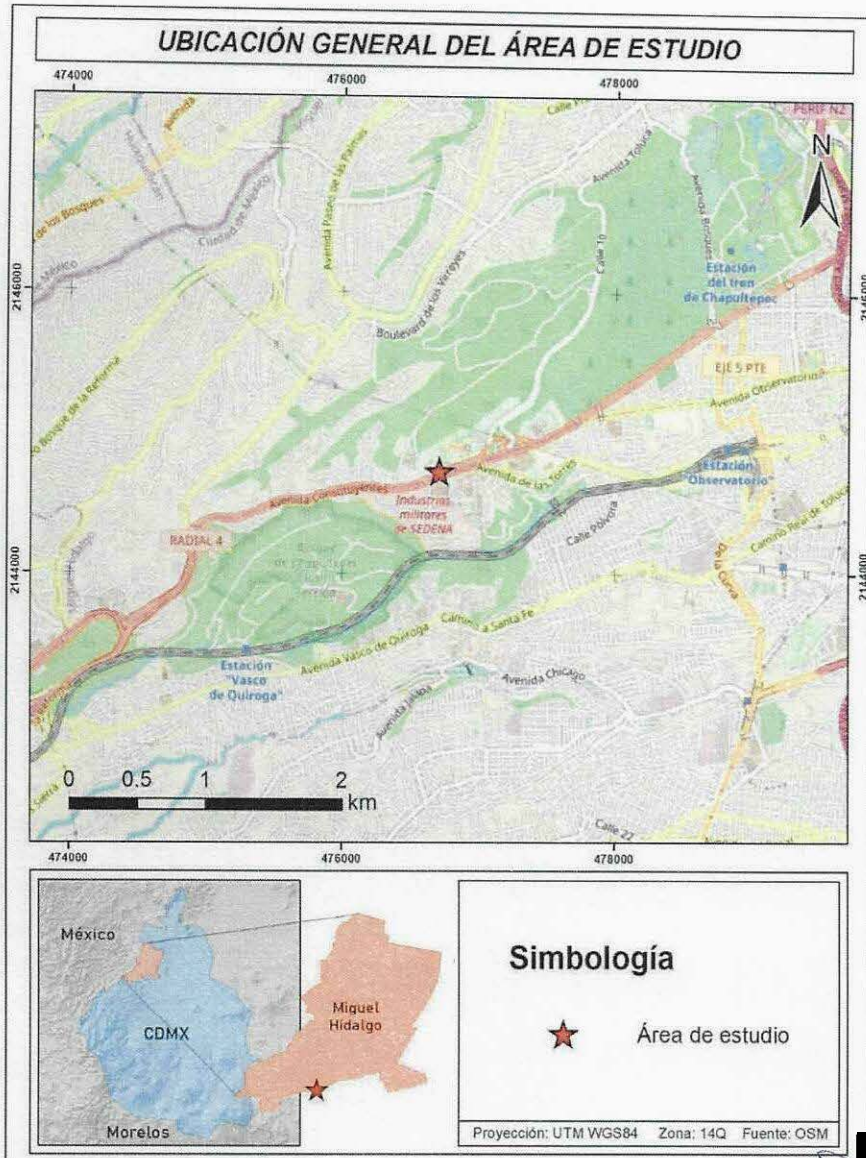


Figura No. 1.1 Localización del área de estudio.



*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*

## 2. Recopilación de Información

### *Contexto geológico*

En primera instancia se realizó la consulta de bibliografía referente a la zona de estudio y posterior a esto se utilizaron herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica) para un análisis geológico más concreto del sitio. Fisiográficamente el área de trabajo se encuentra dentro de la provincia del Eje Neovolcánico Transversal el cual atraviesa la porción central del país y en la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac.

Esta subprovincia se caracteriza principalmente por ser un arco de aparatos volcánicos con una litología de tipo ígnea que va desde composiciones ácidas a básicas, así como de pequeños depósitos sedimentarios, a consecuencia de ubicarse dentro de los márgenes del Eje Volcánico.

La geología inspeccionada en la zona corresponde en su mayoría a rocas del terciario y cuaternario. El área está constituida por alternancias de depósitos vulcano-sedimentarios que dio origen al conjunto morfoestructural de la Sierra de las cruces y la Sierra de Chichinautzin y es indicio del fin del gran vulcanismo en la región.

De manera general la estratigrafía presente en la alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México consiste en rocas volcánicas conformadas por basaltos y andesitas basálticas, con intercalaciones de depósitos de arenas pumicíticas, tobas arenosas y arcillas, lahares de fragmentos de diversos tamaños en una matriz tobácea y arcillosa; por otro lado, también existen depósitos arenosos en estado blando, en estas zonas existe una predominancia de cavernas y oquedades procedentes de rocas ígneas extrusivas, tal y como es el caso de las colonias América y Daniel Garza, específicamente Figura 2.1



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

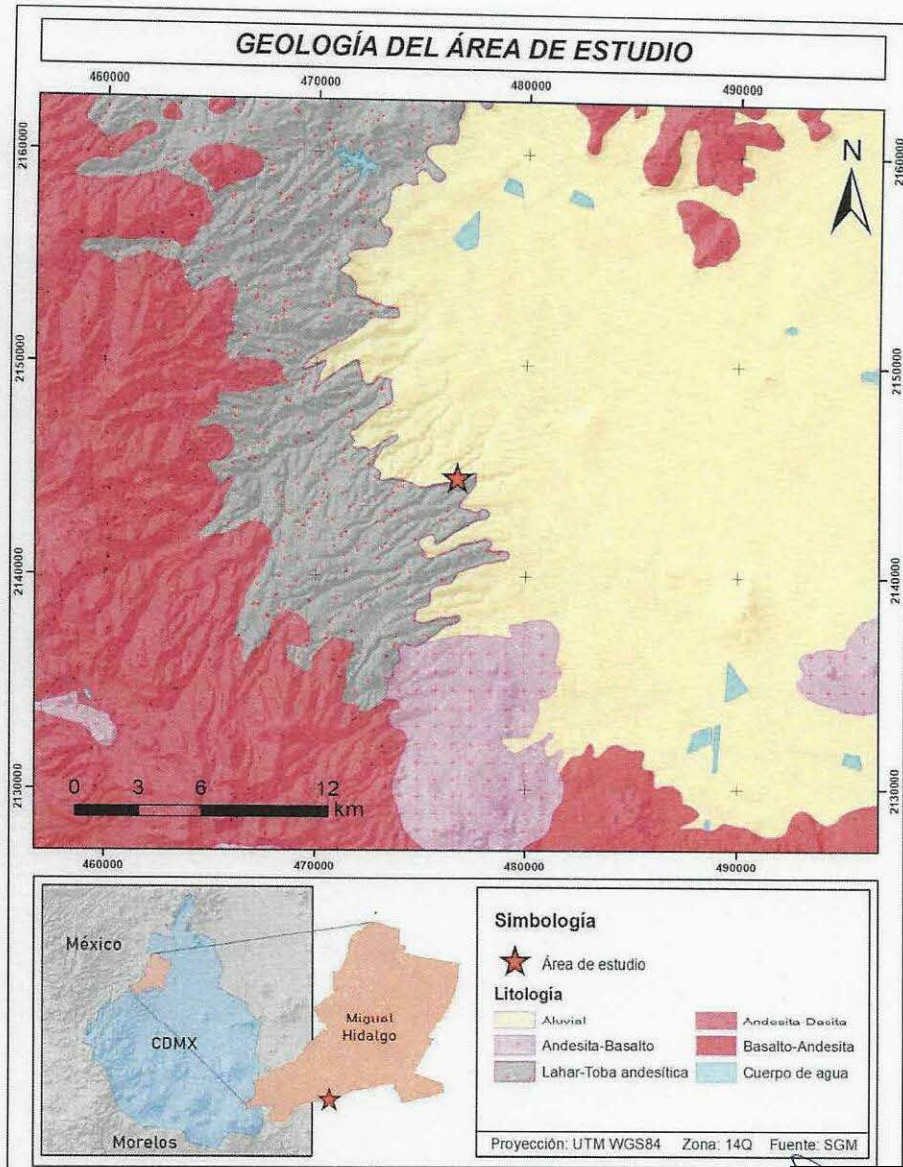


Figura No. 2.1 Plano geológico del área de estudio.



*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*

### **Zonificación geotécnica**

En la Alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México se han observado estructuras con daños asociados al fenómeno de hundimientos por cavidades en el subsuelo, fracturas y fallas. Estas cavidades forman muchas veces una red de túneles en el subsuelo y representan un riesgo para las obras civiles realizadas o futuras.

En el mapa de la **Figura No. 2.2.** realizado con información extraída del Atlas de riesgo de la CDMX de la secretaria de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil, se observa que la zona de estudio se encuentra ubicada en una zona geotécnica tipo I perteneciente a zona firme o de loma, formadas por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos.

Se visualizan zonas factibles a fracturamiento y fallas hacia la parte norte, mientras que hacia la parte sur tenemos una fuerte presencia de fallas fracturas y oquedades que se han registrado a través de los últimos años. Regularmente la zona I el estrato resistente se encuentra en la superficie, no obstante, si se quiere edificar muchos niveles se debe de tener una cimentación más eficiente.



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

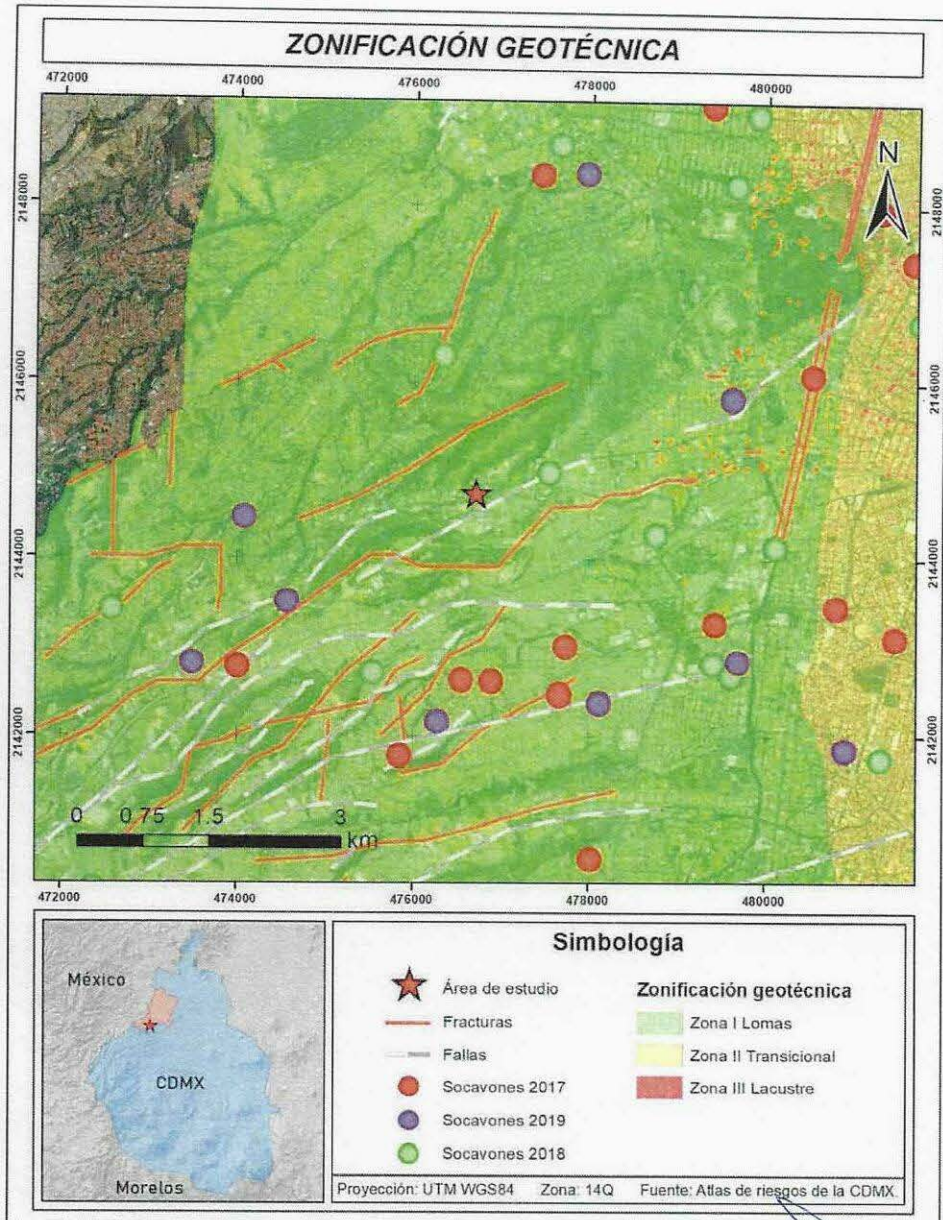


Figura No. 2.2 Mapa de zonificación geotécnica de la zona de estudio.



*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*

### 3. Instrumentación

#### 3.1 Ground Penetrating Radar (GPR)

En el presente proyecto se realizó el levantamiento de datos con un equipo marca MALA Geoscience, conocido como el “Easy Locator Pro WideRange HDR”, el cual cuenta con un dispositivo de disparo conforme al avance de la antena sobre la línea y con un monitor de alta resolución 1024x 768 pixeles como sistema de control y adquisición de datos (**Foto No. 3.1**). La descripción particular de cada uno de los componentes la describimos a continuación:

- Ancho de banda efectivo: 80–950MHz, sin puntos ciegos.
- Datos de alta resolución y profundidad
- Vista de datos alternativa: más datos de alta resolución
- Pro Cart con estabilidad mejorada, mecánica de plegado, compartimento de la batería, opciones de neumáticos.
- Soporte de mapas online
- Interfaz mejorada e intuitiva
- Funcionalidades de exportación mejorada.



**Foto No. 3.1** Equipo de Exploración GPR



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

### 3.2 Campaña de exploración geofísica

Se realizaron un total de 16 líneas GPR utilizando una antena con frecuencias centrales de 80–950 MHz, distribuidas de la siguiente manera: 4 de forma paralela a la Av. Constituyentes, 12 de forma transversal sobre la zona del Bosque de Chapultepec subdividiendo las líneas 6, 7 y 8 en 3 partes, esto debido a que existía tablonés que no permitieron realizar las líneas de manera continua, siendo estas últimas líneas, junto con la línea 4, las de mayor interés, ya que se realizaron en la zona delimitada para la construcción de la estación 3 del Cablebus.

Con la antena de GPR utilizada se obtuvieron de manera simultánea dos radargramas, uno donde se muestran las bajas frecuencias, que permitió alcanzar una profundidad de 8 m, y otro de altas frecuencias, con una mayor resolución en la parte superficial con una profundidad de 4 m.

La distribución de líneas y sus coordenadas se muestran en la **Figura No. 3.2.** y **Tabla No. 3.1.** Es importante mencionar que las coordenadas de inicio y final de las líneas de GPR fueron levantadas por un GPS Garmin etrex 10, por lo que pudieran tener una incertidumbre en la ubicación exacta de las líneas, no obstante, se recomienda tomar como referencia las marcas dejadas en campo de inicio y final. El total de metros levantados con la técnica de georadar fue de 516.84 metros.

Proyección WGS-84 UTM 14Q					
LINEA	INICIO		FIN		Longitud (m)
	X	Y	X	Y	
1	476,669	2'144,718	476,765	2'144,753	102.6
2	476,663	2'144,733	476,762	2'144,763	105.2
3	476,677	2'144,750	476,714	2'144,762	40.9
4	476,671	2'144,752	476,746	2'144,779	80.2
5	476,667	2'144,731	476,679	2'144,770	40.0
6.1	476,693	2'144,742	476,691	2'144,751	7.7
6.2	476,691	2'144,751	476,690	2'144,761	6.6
6.3	476,690	2'144,761	476,682	2'144,770	13.5





Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

7.1	476,699	2'144,744	476,698	2'144,752	7.6
7.2	476,698	2'144,752	476,696	2'144,759	6.7
7.3	476,696	2'144,759	476,696	2'144,774	13.5
8.1	476,710	2'144,746	476,709	2'144,757	7.4
8.2	476,709	2'144,757	476,705	2'144,763	7.0
8.3	476,705	2'144,763	476,700	2'144,775	14.0
9	476,722	2'144,749	476,711	2'144,780	33.1
10	476,743	2'144,757	476,738	2'144,786	30.3

Tabla No. 3.1 Coordenadas de las líneas GPR.



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

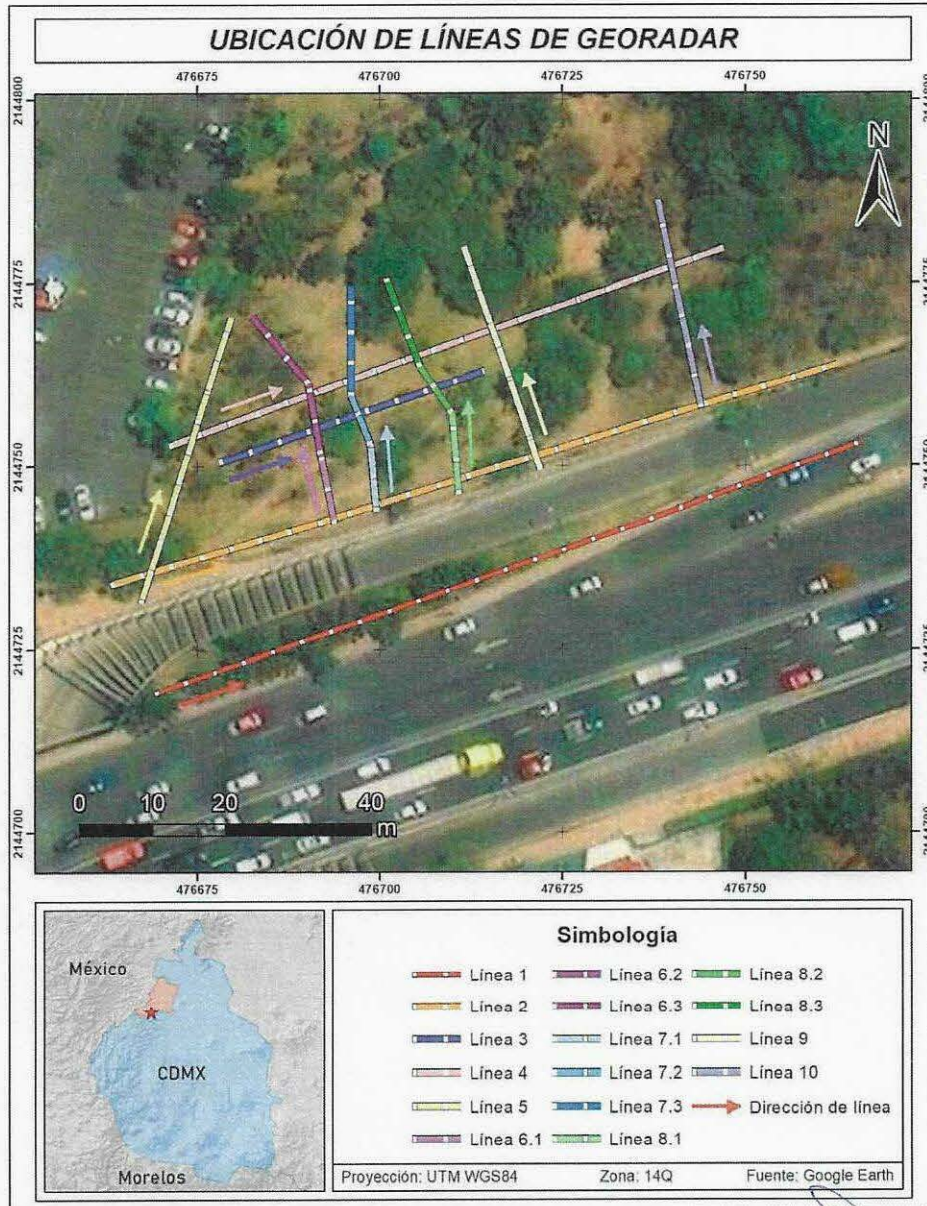


Figura No. 3.2 Localización de las líneas GPR.



*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*

#### 4. Resultados y conclusiones

En la técnica de GPR existe una relación resolución–profundidad, la cual dice que para obtener radargramas con una alta resolución horizontal se necesita utilizar altas frecuencias, sin embargo, la profundidad de investigación es pequeña, en cambio al hacer uso de bajas frecuencias, la resolución horizontal disminuye y se obtienen radargramas con mayor profundidad de investigación.

Esta relación es de gran importancia según los objetivos del estudio ya que esto dictará que banda de frecuencias se debe utilizar. Como ya se mencionó, una de las ventajas del equipo utilizado en el presente estudio es la correlación de los datos con las diferentes frecuencias de las antenas, lo que permite obtener radargramas con un mayor detalle de forma superficial, así como visualizar una mayor profundidad; esto implica tener la mayor cantidad de información posible para caracterizar el medio y alcanzar los objetivos propuestos.

Existen varias limitantes al momento de aplicar la técnica GPR; medios arcillosos o poco compactos suelen disipar rápidamente la señal emitida por las antenas impidiendo obtener imágenes claras a profundidad. Superficies como concreto armado generan pérdida de señal debido a las reflexiones y difracciones tempranas de las ondas ocasionadas por el varillaje metálico. La presencia de agua en la superficie sobre la cual se deslizan las antenas genera polarización en la señal electromagnética lo cual puede impedir la toma de lecturas dependiendo de la cantidad de humedad presente.

Los radargramas obtenidos en campo (Figura No. 4.1.) suelen venir acompañados de ruido y pérdida de señal que puede aumentar la incertidumbre en el momento de interpretarlos, es por eso que se les realiza un procesado muy parecido al de un estudio de sísmica de reflexión, esto es debido a que ambas técnicas tienen en común que se rigen por la física de ondas con la única diferencia de que la sísmica de reflexión utiliza ondas acústicas mientras que el georadar se basa en ondas electromagnéticas.



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

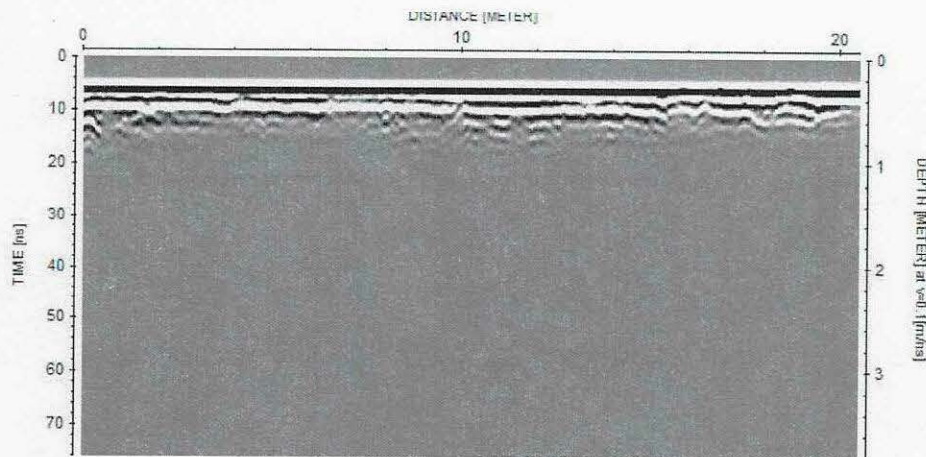


Fig. No. 4.1 Radargrama de campo obtenido con una antena de alta frecuencia.

A continuación, se presenta un flujo típico de procesado de datos de GPR:

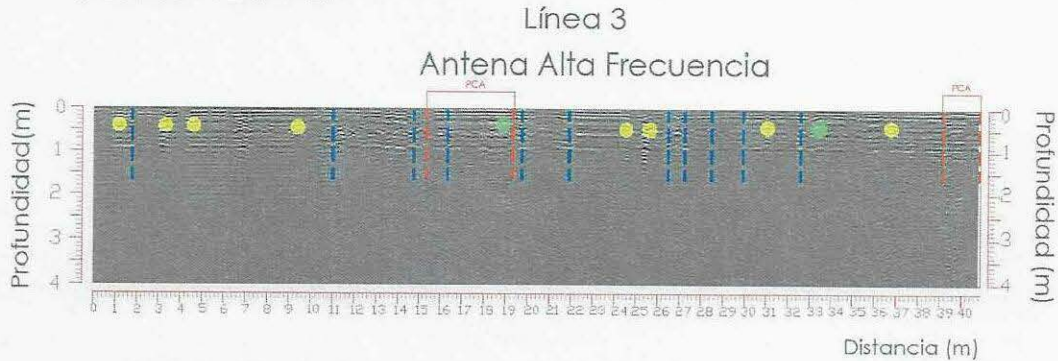
- Correcciones estáticas: Se realizan cortes y correcciones en los tiempos de viaje de las ondas electromagnéticas.
- Dewow y DC Removal: Elimina el ruido generado por corriente directa y ruido de fondo.
- Background Removal: Elimina todo el ruido de fondo que se presenta como señales completamente horizontales.
- Interpolación: Recupera señales perdidas durante el levantamiento.
- Ganancias: Recupera señales que podrían haberse perdido por efectos de divergencia, atenuación, dispersión, etcetera.
- Filtros Pasabandas: Mediante el uso del espectro de Fourier se elimina todo el ruido y señales adquiridas por la señal al atravesar el medio.
- Migración: Reacomoda las anomalías a su distancia y profundidad real.
- Time-Depth Conversion: Convierte la señal que se adquiere en función del tiempo a profundidad.
- Envelope: Se ocupa un atributo con el fin de resaltar las anomalías asociadas a posible presencia de cavidades

Una vez obtenidos los radargramas procesados con ayuda del programa RAMAC GroundVision 2 y las notas obtenidas durante el levantamiento de datos, se continúa con la etapa de interpretación; en este paso se buscan reflexiones, refracciones y difracciones asociadas a cambios en las propiedades del medio, además de anomalías de geometría



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

hiperbólica asociadas a posibles tuberías. En la Figura No. 4.2 se muestra un radargrama procesado e interpretado.



**Fig. No. 4.2 Radargrama procesado e interpretado en profundidad obtenido con una antena de Alta Frecuencia.**

La forma en la que se reflejan los objetos de interés en un radargrama depende principalmente de la geometría del objeto que genera la anomalía, en el caso de los materiales asociados a posibles estructuras de riesgo, lo que se busca visualizar son reflectores grandes a profundidad, en los cuales se vean cambios en la continuidad del mismo; en el caso de las tuberías, las anomalías se presentan en forma de hipérbolas debido a la geometría cilíndrica de las mismas. Por otra parte, la intensidad o contraste con la que se puede presentar la anomalía depende del material del objeto, o lo que este transporta, en el caso de materiales poco conductivos las anomalías pueden presentarse muy tenues mientras que materiales metálicos generan anomalías fácilmente identificables. Además, es importante destacar que la única forma de dictaminar la naturaleza de las anomalías es mediante observaciones realizadas en campo o a través de la inspección de registros en caso de existir, de otro modo solo se pueden clasificar las anomalías conforme a su geometría como “no clasificada” en dado caso.

Una vez procesados los radargramas se realiza una interpretación junto con las notas de campo, lo que se busca en esencia son cambios en la continuidad de los reflectores, asociados a cambios litológicos u objetos enterrados, aumento en las amplitudes, correlacionables a oquedades o socavones y anomalías hiperbólicas asociadas a posibles tuberías. Es importante mencionar que, las notas de campo juegan un papel importante al momento de la interpretación, puesto que, en ellas se registra todo lo observado en campo, incluyendo por ejemplo, los pequeños saltos, brincos, objetos cercanos a la línea de investigación (postes, arboles, coladeras, entre otro). Este tipo de situaciones pueden originar anomalías que pudieran ser asociadas de manera errónea a posibles cambios



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

litológicos, zonas factibles a oquedades e instalaciones subterráneas, en caso de que no sean descartadas a partir de las observaciones de campo.

A continuación, se presentan los radargramas interpretados, así como una breve descripción de estos. El total de las líneas interpretadas se puede observar en los planos del Anexo No. 6.3.

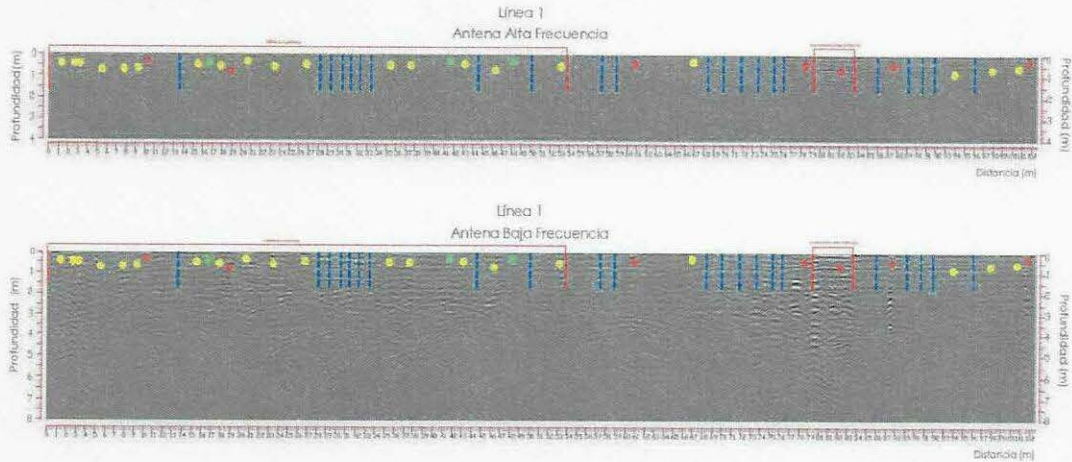
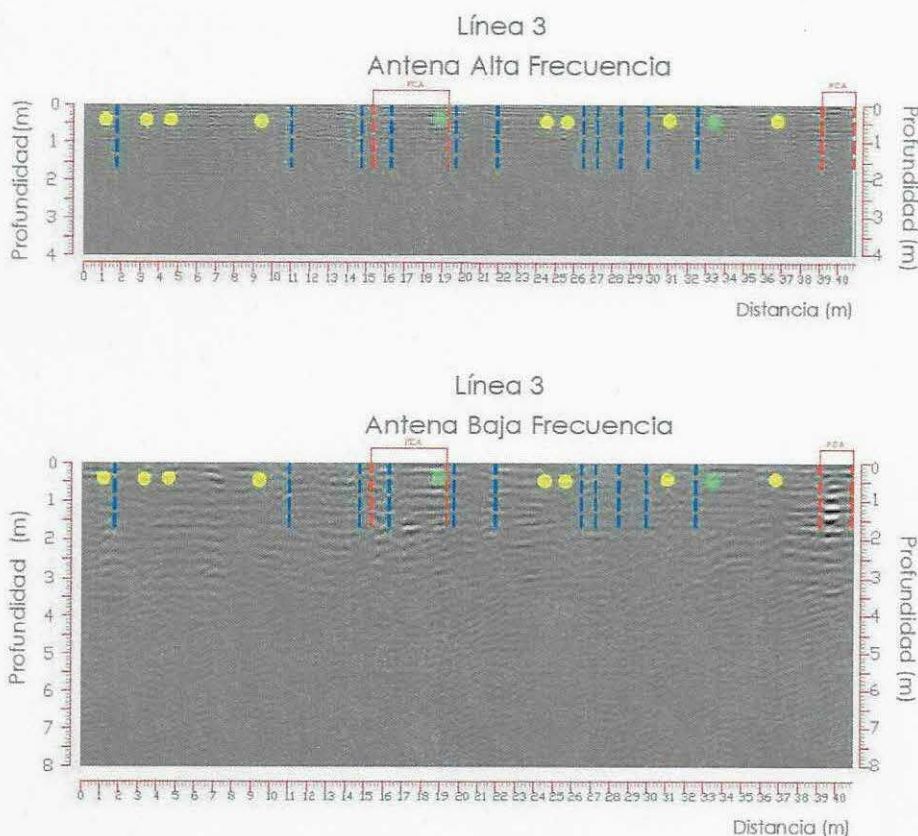


Figura No. 4.3 Interpretación Línea 1.

*La presente línea se realizó en la incorporación a la Av. Constituyentes, donde se visualizan los radargramas obtenidos con ambas frecuencias, en los cuales no se presentan cortes en la continuidad de los reflectores asociados a cambios litológicos, ni altas amplitudes, las cuales podrían asociarse a posibles oquedades. Por otro lado, se identificaron 20 anomalías no clasificadas (círculos amarillos), 7 anomalías asociadas a cableado eléctrico (círculo rojo), así como tres anomalías correlacionadas a un árbol (círculo verde). La línea punteada en color azul representa los pequeños brincos que dio la antena durante el levantamiento de campo. Las líneas punteadas rojas representan los cambios de material en este caso a una banquetta fracturada, también es importante señalar que del inicio de la línea y hasta los 54 m la adquisición se realizó en terreno natural.*



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

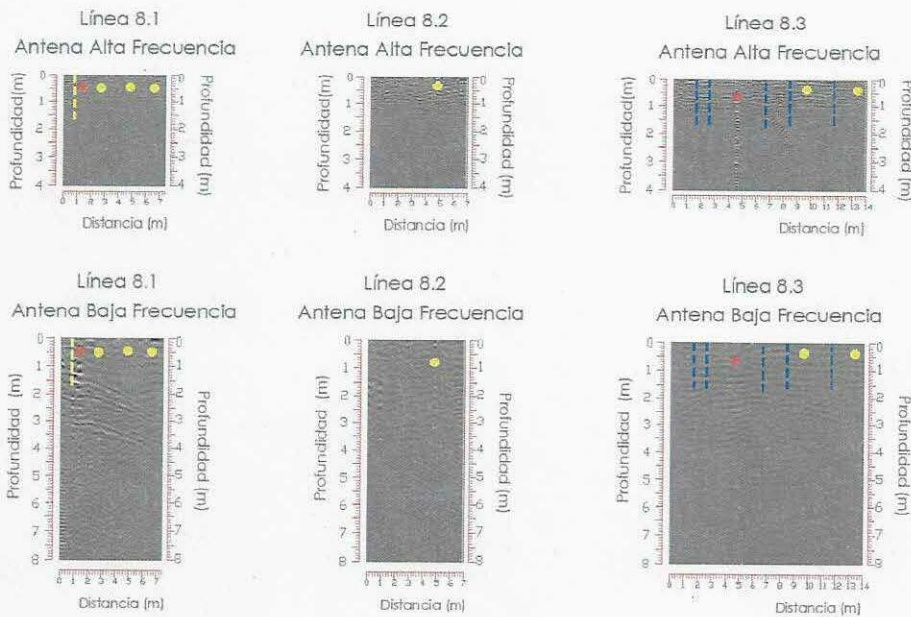


**Figura No. 4.4. Interpretación Línea 3.**

La presente línea se realizó en la zona donde se pretende realizar las cimentaciones para la estación 3 del Cablebus. Se muestran los radargramas obtenidos con las diferentes frecuencias de las antenas. Se identifican anomalías correlacionadas a estructuras subterráneas, siendo ocho anomalías no clasificadas (círculos amarillos) y dos anomalías asociadas a presencia de árbol (círculo verde). Las líneas punteadas azules representan los brincos que dio el equipo durante la adquisición. Las líneas en color rojo muestran los PCA realizados por la mecánica de suelos. Esta línea no muestra anomalías asociadas a presencia de fallas, fracturas, ni cavidades.



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.



**Figura No. 4.5. Interpretación de la Línea 8 subdividida en 8.1, 8.2 y 8.3.**

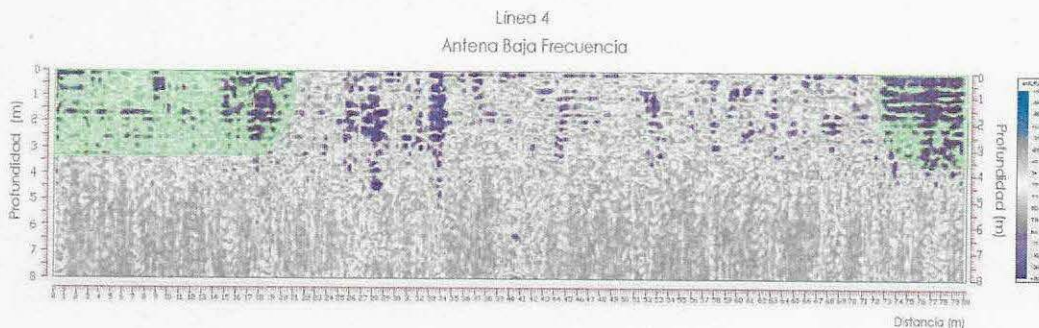
*Esta línea se subdividió en 3 partes, esto debido a la presencia de tablas delimitadoras de área. La parte 8.1 inicia en la banquetta y accede a la zona de terreno natural, se observan 3 anomalías no clasificadas (círculos amarillos) y una anomalía asociada a cableado eléctrico (círculo rojo). La línea punteada en color amarillo muestra el cambio de la banquetta y el terreno natural. Posteriormente, la línea 8.2 se encuentra dentro del área de interés y solo se registra una anomalía no clasificada (círculo amarillo). Por último, la línea 8.3 muestra dos anomalías no clasificadas (círculos amarillos) y una anomalía correspondiente a cableado eléctrico (círculo rojo). Las líneas punteadas en color azul muestran los bríncos del equipo durante el levantamiento de los datos en campo. No se identifican cortes en la continuidad de los reflectores por lo que se descarta la presencia de fallas y fracturas.*

Para facilitar la identificación de posibles socavones se aplicaron atributos durante el procesamiento de los diferentes radargramas, los cuales resaltan las anomalías asociadas a presencia de vacíos, esto debido al aumento en las amplitudes de la señal, remarcando las zonas donde pudieran existir estas estructuras. A continuación se muestran los resultados de algunas de las líneas realizadas; el total de las líneas se puede observar en el plano del **Anexo No. 6.3**



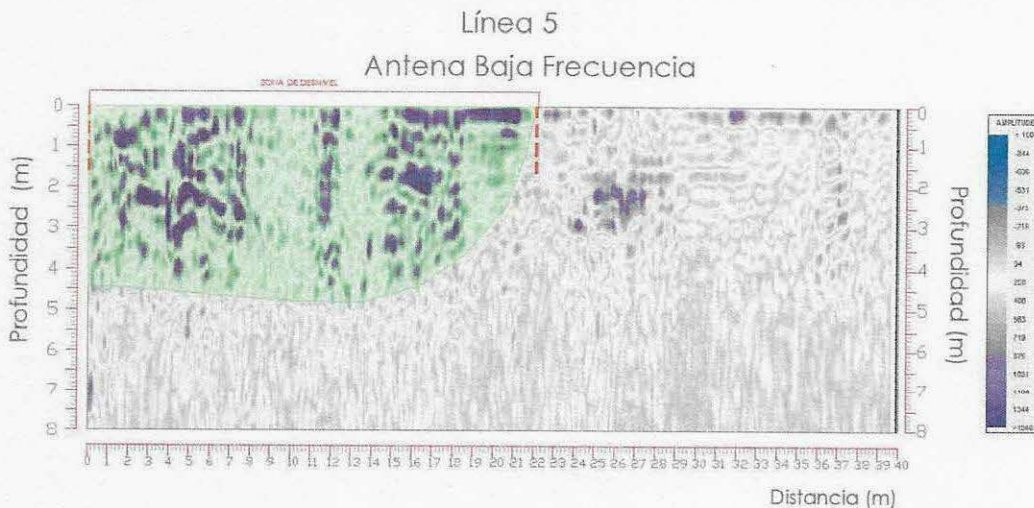


Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.



**Figura No. 4.6. Línea 4 aplicando atributos.**

*En esta línea se puede observar un aumento en las amplitudes en la parte inicial, asociado a la presencia de un desnivel natural existente en el área de estudio, el cual puede haber sido provocado por un colapso o desprendimiento de material tiempo atrás. De igual forma encontramos un aumento en las amplitudes al final de la línea, el cual da indicio de la posible existencia de un socavón o zonas de materiales de relleno.*

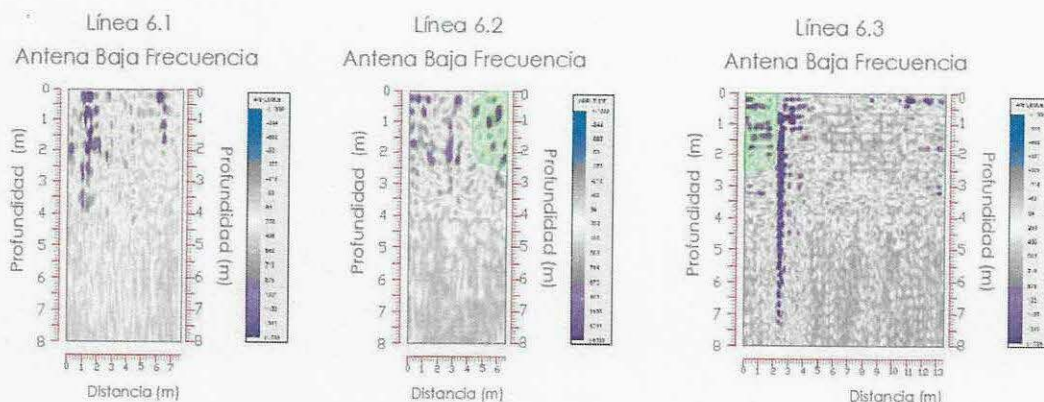


**Figura No. 4.7. Línea 5 aplicando atributos.**

*La línea 5 registra en la parte inicial un aumento en las amplitudes, en la misma zona que se muestra en la línea anterior, donde se tiene la presencia de un desnivel, el cual puede haber sido provocado por un colapso o desprendimiento de material.*



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.



**Figura No. 4.8.** Línea 6 subdividida en 6.1, 6.2 y 6.3 aplicando atributos.

La línea 6.1 resalta un aumento en las amplitudes (color magenta), pero se descarta la posible presencia de socavón esto a la presencia de la banquetta y una raíz de árbol que generan ese aumento de amplitud, la línea 6.2 muestra un incremento de amplitud en la parte final, lo cual llama la atención ya que no se asocia a nada visible en campo, ni con apoyo de las notas tomadas durante la adquisición. Por último, la línea 6.3 muestra un aumento en la amplitud en la parte inicial correlacionable con el final de la línea 6.2 lo cual pudiera asociarse con la presencia de alguna estructura de riesgo, seguido por una línea muy marcada en color magenta la cual se asocia a un registro visible en campo.

Las anomalías identificadas durante la etapa de interpretación se colocaron sobre una imagen satelital del área de estudio (**Figura No.4.9.**), con la finalidad de conocer su distribución espacial y determinar la tendencia de estas, en caso de ser posible. De igual forma la **Figura 4.10.** muestra la imagen en planta de las posibles estructuras de riesgo visualizadas durante el procesamiento de las líneas. También se realizó una tabla con las coordenadas de las anomalías identificadas a lo largo de las líneas GPR (**Tabla No. 4.1.**).

Cabe recordar que los métodos de exploración geofísica son indirectos y el interprete ocupará la mayor cantidad de recursos para disminuir la incertidumbre de los resultados expuestos, sin embargo, siempre existirá cierto grado de incertidumbre. Es importante entender que son múltiples los efectos que pueden generar una anomalía. De igual forma, es posible que las anomalías marcadas no sean de la naturaleza especificada, sin embargo, es un riesgo implícito debido a la naturaleza física que rige el método.



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

Por otro lado, se identificaron un total de 111 anomalías, entre las que se encuentran cableado eléctrico, presencia de arboles y principalmente anomalías que no fue posible clasificar; dichas anomalías se encuentran mapeadas en las **Figuras No.4.6**.

En caso de ser necesario verificar o descartar alguna de las anomalías marcadas, a través de una cala manual, se recomienda medir desde el inicio de las líneas marcadas en campo hasta la anomalía de interes (**Consultar la Tabla No. 4.1**).

Línea	X (mts)	Y (mts)	Clasificación
Línea 1	1.29	0.4	No Clasificada
	2.64	0.42	No Clasificada
	3.2	0.42	No Clasificada
	5.5	0.7	No Clasificada
	7.82	0.6	No Clasificada
	9.27	0.53	No Clasificada
	10.32	0.3	Luz
	15.46	0.48	No Clasificada
	16.74	0.38	Árbol
	17.83	0.55	No Clasificada
	18.89	0.8	Luz
	20.6	0.35	No Clasificada
	23.43	0.58	No Clasificada
	26.75	0.48	No Clasificada
	35.48	0.5	No Clasificada
	37.5	0.5	No Clasificada
	41.71	0.3	Árbol
	43.15	0.45	No Clasificada
	46.32	0.7	No Clasificada
	48.2	0.3	Árbol
	53.13	0.55	No Clasificada
60.86	0.4	Luz	
66.91	0.31	No Clasificada	
78.51	0.45	Luz	
82.17	0.7	Luz	
87.63	0.48	Luz	
93.97	0.83	No Clasificada	
97.9	0.65	No Clasificada	
100.63	0.55	No Clasificada	
101.72	0.3	Luz	
Línea 2	2.41	0.52	No Clasificada
	8.28	0.62	No Clasificada
	13.28	0.62	No Clasificada
	16.52	0.75	No Clasificada
	20.88	0.55	No Clasificada



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

	23.98	0.5	No Clasificada
	25.31	0.55	No Clasificada
	28.7	0.58	Luz
	35.89	0.68	No Clasificada
	39.67	0.55	No Clasificada
	47.08	0.65	No Clasificada
	55.14	0.68	No Clasificada
	66.07	0.55	No Clasificada
	68.08	0.48	Luz
	78.18	0.6	No Clasificada
	87.54	0.58	No Clasificada
	89.28	0.56	No Clasificada
	94.08	0.68	Luz
	102.77	0.5	No Clasificada
105.19	0.3	No Clasificada	
Linea 3	1.14	0.4	No Clasificada
	3.29	0.42	No Clasificada
	4.59	0.42	No Clasificada
	9.39	0.45	No Clasificada
	18.87	0.4	Árbol
	24.53	0.48	No Clasificada
	25.62	0.48	No Clasificada
	31.02	0.42	No Clasificada
Linea 4	33.41	0.45	Árbol
	36.76	0.42	No Clasificada
	7.22	0.35	Árbol
	15.24	0.32	No Clasificada
	16.93	0.32	No Clasificada
	20.13	0.49	No Clasificada
	25.84	0.51	No Clasificada
	27.56	0.6	No Clasificada
	31.12	0.6	No Clasificada
	33.49	0.51	Luz
	52.85	0.8	No Clasificada
	59.63	0.62	No Clasificada
Linea 5	63.37	0.65	No Clasificada
	73.08	0.51	No Clasificada
	77.01	0.6	No Clasificada
	78.56	0.55	No Clasificada
	11.84	0.52	No Clasificada
Linea 6.1	26.55	0.53	No Clasificada
	28.83	0.52	No Clasificada
	31.88	0.52	No Clasificada
	36.19	0.45	Árbol
2.3	0.5	No Clasificada	



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

	2.77	0.5	No Clasificada
	6.67	0.5	Árbol
	7.38	0.5	No Clasificada
Línea 6.3	2.41	0.5	Luz
Línea 7.1	1.58	0.5	No Clasificada
	3.74	0.5	No Clasificada
	6.19	0.5	No Clasificada
Línea 7.2	2.72	0.5	Árbol
	5.61	0.5	No Clasificada
Línea 8.1	1.38	0.42	Luz
	2.7	0.49	No Clasificada
	4.79	0.45	No Clasificada
	6.56	0.48	No Clasificada
Línea 8.2	4.81	0.32	No Clasificada
Línea 8.3	4.63	0.64	Luz
	9.64	0.35	No Clasificada
	13.3	0.36	No Clasificada
Línea 9	4.32	0.46	No Clasificada
	6.9	0.46	No Clasificada
	11.05	0.58	Árbol
	14.23	0.55	Árbol
	16.75	0.55	No Clasificada
	23.28	0.57	No Clasificada
	26.71	0.55	No Clasificada
	29.4	0.55	No Clasificada
32.58	0.55	Árbol	
Línea 10	4.8	0.32	Luz
	14.32	0.4	No Clasificada
	17.36	0.48	No Clasificada
	23.18	0.4	No Clasificada
	28.92	0.42	No Clasificada

Tabla No. 4.1. Coordenadas de las anomalías a lo largo de las líneas GPR.

Se localizaron anomalías asociadas a la posible presencia de estructuras de riesgo, las cuales, con ayuda de los atributos aplicados durante el procesado de los datos, resaltaron debido a los cambios en las amplitudes; dichas anomalías se registran en las líneas 4, 5, 6.2, 6.3 y 10, las cuales tienen correlación en cuanto a su ubicación, puesto que cruzan entre sí, como se muestra en la Figura 3.10. Por tal motivo, se recomienda realizar tres sondeos de verificación, las coordenadas de ubicación se muestran en la Tabla No 4.2.



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

Proyección WGS-84 UTM 14Q			
SONDEO	CRUCE DE LINEAS	COORDENADAS	
		X	Y
1	5-4	476,671	2'144,752
2	4-6.2-6.3	476,689	2'144,761
3	4-10	476,739	2'144,775



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

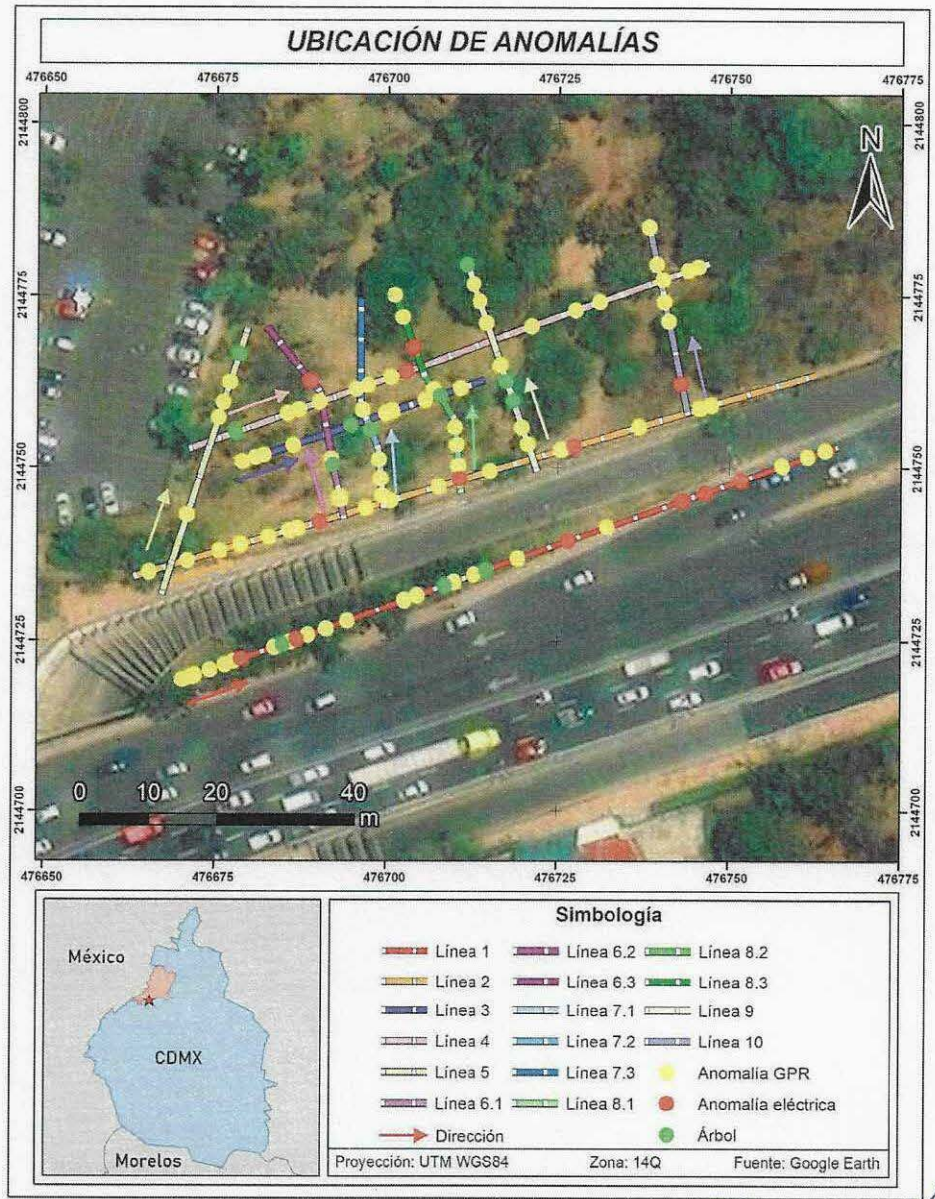


Figura No. 3.9 Distribución de anomalías GPR.



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

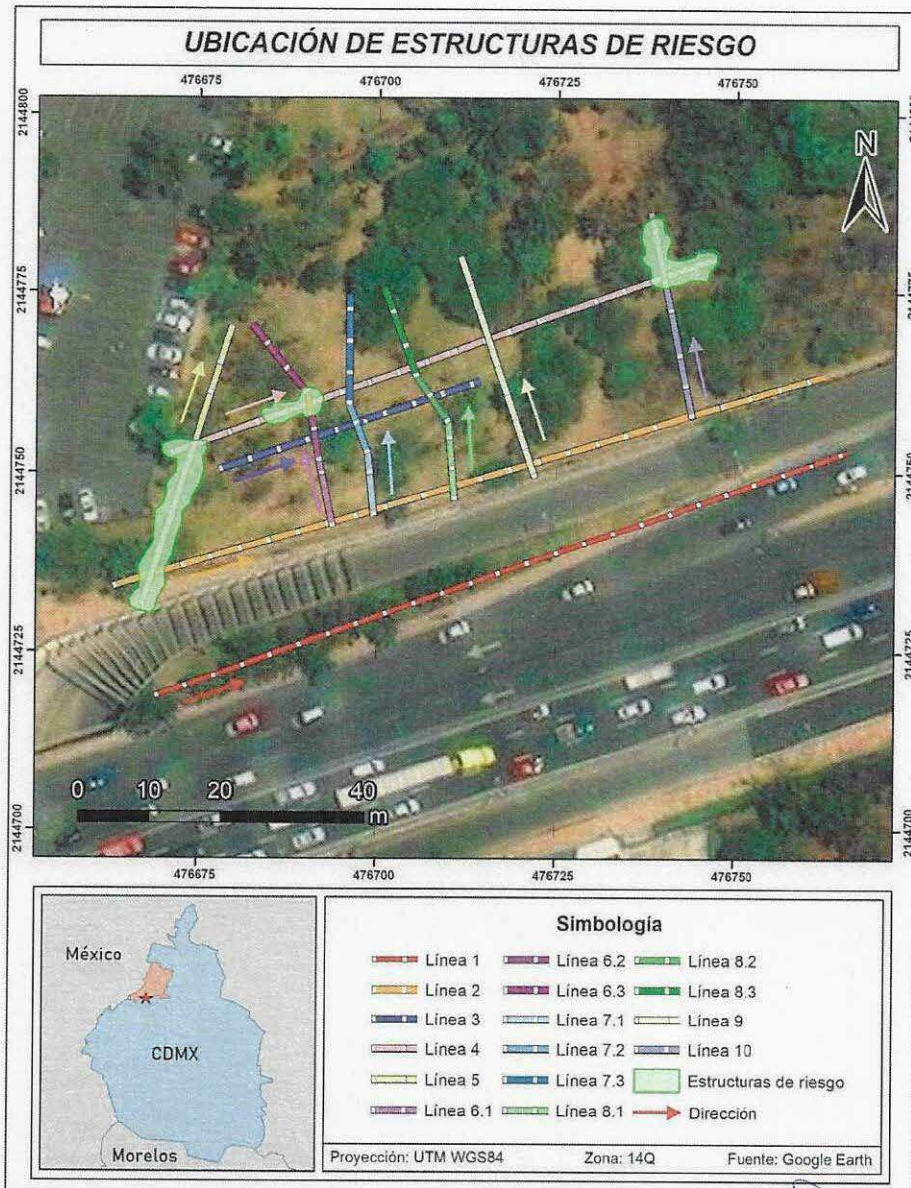
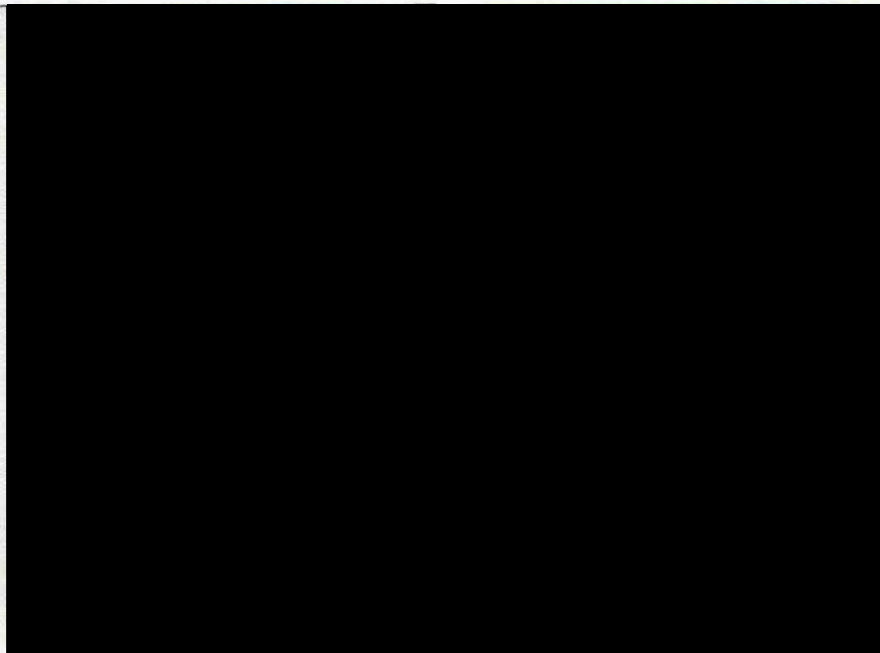


Figura No. 3.10 Distribución de anomalías asociadas a estructuras de riesgo.

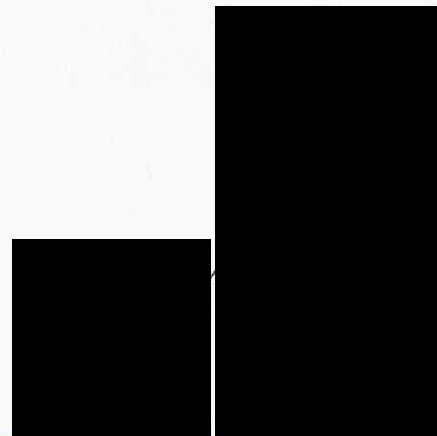
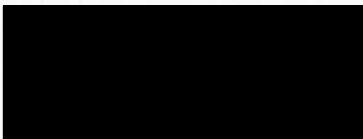




*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*



**Atentamente:**





*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*

## 5. Bibliografía

- Rafael Gómez López. (2008). Aplicación del radar de penetración en tierra (Georadar) a la exploración no destructiva.
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2016). Aplicación del Radar de Penetración en Zonas Arqueológicas.
- Bernardo Caicedo Hornaza, Elkin Mancera Carmona. Aplicaciones del Radar de Subsuelo en Obras Civiles.
- Néstor Bonomo y Matías de la Vega. El Método de Georadar.
- Juárez Badillo, E. (1961). "Mecanismos de las grietas de tensión en el Valle de México. Tesis de Doctor en Ingeniería, Facultad de Ingeniería, México."
- Marsal, R. J. (1992). "Hundimiento de la Ciudad de México." Colegio Nacional, México



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

## 6. Anexos

### 6.1 Marco teórico

#### Fundamentos teóricos del Radar de Penetración Terrestre (GPR)

El radar de penetración terrestre (GPR por sus siglas en inglés) es un método geofísico que utiliza la emisión pulsos electromagnéticos de alta frecuencia (10 MHz a 2 GHz) en el subsuelo para determinar anomalías relacionadas con cambios en las propiedades electromagnéticas del subsuelo. Las propiedades en las ondas electromagnéticas recibidas del medio donde se han propagado dependen de las siguientes propiedades: permitividad dieléctrica, permeabilidad magnética ( $\mu$ ) y conductividad eléctrica, siendo la conductividad eléctrica, o su inverso, la resistividad, la propiedad más representativa y determinante.

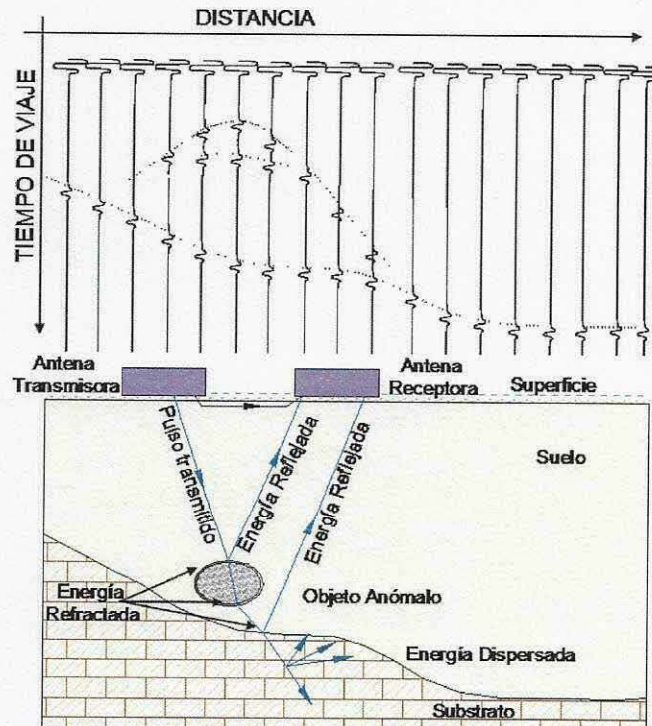


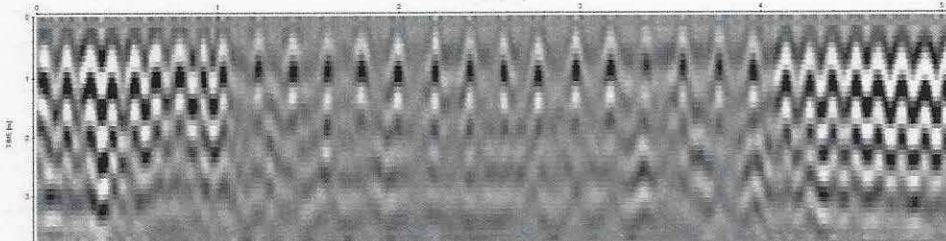
Figura No. 5.1 Principio del GPR.



*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*

Los dispositivos electrónicos encargados de realizar la emisión y recepción de las señales electromagnéticas se denominan antenas. La mayoría de las antenas actualmente se encuentran dentro de un solo dispositivo, separados una distancia determinada. El emisor genera un pulso de características predeterminadas por el operador la cual se propaga en el medio y posteriormente, debido a los fenómenos electromagnéticos, se obtendrá una respuesta diferente a la inicialmente generada. Estas diferencias son provocadas por los cambios en las propiedades electromagnéticas del subsuelo.

Juntando cada una de las señales recibidas en un punto determinado se genera una imagen denominada radargrama la cual es una representación gráfica de las señales recibidas que permiten ver en dos dimensiones los efectos generados por las heterogeneidades en el medio. Los tonos en los cuales se representan las imágenes están asociadas a la amplitud de la señal y pueden venir en escala de grises o colores cuya utilidad sólo es representar de manera más evidente las señales de mayor amplitud (colores más intensos).



*Figura No. 5.2 Ejemplo de un radargrama*

Es muy importante tomar en cuenta que el operador determina las propiedades de la señal que emite la antena, pero la respuesta, o señal recibida se rige por las propiedades electromagnéticas del medio. El operador debe determinar los parámetros adecuados para cada tipo de levantamiento considerando la profundidad y tamaño del objetivo, así como las características estimadas del medio. Con este conocimiento dará al pulso la frecuencia de salida de la señal así como determinará la ventana de tiempo en que se realizará la medición.



*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*

La señal recibida presenta una escala vertical en tiempo. Es decir el receptor sabe únicamente cuanto tiempo le ha tomado a la señal salir del transmisor, viajar por el medio y regresar. Para determinar la profundidad es necesario tener la velocidad a la cual se propaga la onda electromagnética en el subsuelo.

En este tipo de estudios se asume que el medio es homogéneo, es decir, no existe algún cambio en las propiedades electromagnéticas que represente un cambio en las velocidades de propagación de onda. Es muy importante para obtener la profundidad de un objeto identificado con el radar, conocer la velocidad del medio. Si se adjudica una velocidad mayor a la real, el objeto se encontrará a una profundidad mayor y viceversa.

Dependiendo de las propiedades electromagnéticas del medio donde se realiza el estudio y la frecuencia utilizada, será la profundidad máxima de investigación y la resolución horizontal. Cuando se presentan medios poco resistivos la velocidad del medio será alta, por lo tanto existirá una dispersión de la señal, provocando que la profundidad de investigación sea muy baja. Para un mejor funcionamiento del radar es recomendable que se realiza en medios cuyas resistividades superen los 100 Ohm-m. De no ser así la evaluación del medio no puede ser a profundidades superiores a los 2 o 3 metros.

Independientemente del medio, el alcance a profundidad del radar se rige por las frecuencias de medición. Existen múltiples antenas cuyas frecuencias van de los 100 a 1200 MHz, siendo las de menor frecuencia utilizadas para estudios a profundidad y las de mayor frecuencia para visualizar objetos someros.

Otra característica de las antenas es la resolución que representa la capacidad de una antena para obtener una respuesta legible de un objeto localizado en el subsuelo esta característica está regida mediante la relación existente entre el tamaño del objeto y el periodo, de la señal emitida por la antena. Si el periodo de la señal emitida es mucho mayor que el tamaño de los objetos de interés no será posible obtener una visualización óptima y solo será posible, en algunos casos, identificar una polarización de la onda.

Existen en el georadar muchas limitantes, que dependerá del operador y el intérprete tomar en consideración para realizar el estudio de manera óptima. A continuación se explicarán las diferencias existentes en la adquisición de campo así como la descripción del equipo utilizado.



*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*

### Frecuencia central de la antena.

La antena es la parte fundamental del equipo, ya que es el elemento encargado de emitir el pulso electromagnético al medio, así como recibir la energía que regresa después de haber sufrido una reflexión.

Existen diferentes eventos que pueden causar ruido en la toma de datos; la disminución de este ruido se puede dar al emitir la energía únicamente hacia el interior del medio de estudio, evitando las reflexiones de objetos externos. Por este motivo utilizamos antenas direccionales y apantalladas (blindadas). El diseño de estas antenas asegura que la señal transmitida solo se emite desde la parte inferior de la carcasa.

Para caracterizar las antenas se utiliza la frecuencia central de emisión. La longitud de onda del pulso emitido depende de la frecuencia y de la velocidad de la onda en el medio a través de la expresión:

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

Donde  $\lambda$  es la longitud de onda en dicho medio,  $v$  es la velocidad de propagación de la onda electromagnética en el medio donde se produce la propagación (en el aire la velocidad de igual a la de la luz) y  $f$  es la frecuencia del pulso emitido.

La **figura 5.3** ilustra de manera general los valores de profundidad a los cuales puede evaluarse un pulso electromagnético con base en la resistividad del medio y la frecuencia del pulso. Esta relación se obtiene a partir de las ecuaciones de Maxwell y se representa de la siguiente manera:

$$d = \sqrt{\frac{2\rho}{\mu_0\omega}}$$

$d$  = Profundidad de investigación

$\rho$  = Resistividad del medio

$\mu$  = Permitividad magnética

$\omega$  = Frecuencia



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

En la gráfica se representó el rango de valores de frecuencia central con los que es posible evaluar el medio (100, 250, 500, 800 y 1200 MHz) y se utilizaron 5 valores de resistividad (0.1, 1, 10, 100 y 1000 Ohm-m), cada una con un color diferente.

Se puede observar que la línea que representa una resistividad de 0.1 Ohm-m, asociada con depósitos no consolidados y saturados con agua salada, puede llegar a profundizar más a medida que las mediciones se realicen con antenas de frecuencias más bajas, sin embargo nunca podrán ser mayores a las obtenidas por un medio el cual presente una resistividad mayor como el caso de los depósitos no consolidados cuya profundidad de exploración es casi 10 veces más.

Nótese que la escala de la gráfica es logarítmica en ambos ejes, es decir tiene un comportamiento exponencial de manera lineal.

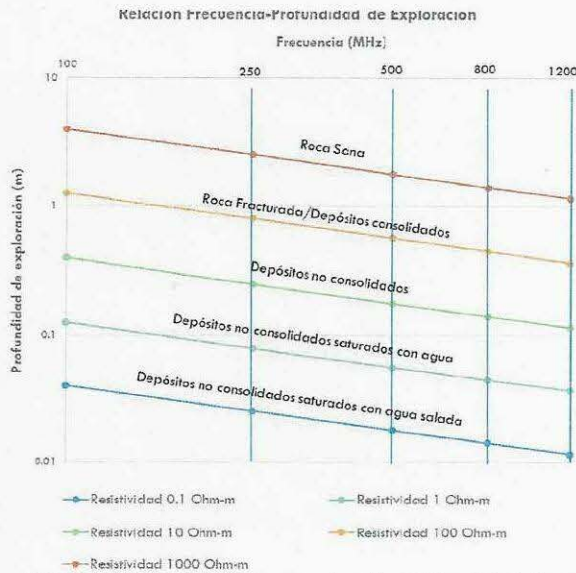


Figura No. 5.3 Relación entre la frecuencia y la profundidad de exploración.

En resumen, para obtener una profundidad de investigación óptima es necesario tener valores de resistividad altos, regularmente asociados a depósitos consolidados o roca. Si se presentan valores relacionados con depósitos no consolidados (resistividades entre 0.1 y 10 Ohm-m) la profundidad de investigación podría mejorar si se realizan mediciones con bajas frecuencias, sin embargo esto presenta otras limitantes.



*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*

La frecuencia representa el número de veces que se repite un pulso en una unidad de tiempo. La longitud de onda se relaciona estrechamente con esta propiedad. La distancia entre pulso y pulso representa esta característica y determina el tamaño mínimo del objeto de estudio para ser visualizado por medio de esta técnica.

Si la señal electromagnética emitida presenta una longitud de onda muy grande, en relación con el objeto de interés, no será capaz de sufrir algún tipo de cambio a excepción de una polarización parcial. Para poder evaluar objetos pequeños es necesario introducir frecuencias más altas, es decir con longitudes menores, que permitan a la señal tener una afectación real por las propiedades del objeto. El esquema de la figura 5.4 representa un mismo objeto en un medio homogéneo el cual es evaluado con pulsos electromagnéticos de diferentes frecuencias. Con una longitud de onda cercana al diámetro de la esfera solo es posible ver en el radargrama una polarización de la onda. Cuando la longitud de onda es mucho menor que el diámetro del objeto es posible identificar alteraciones en la señal que permitan caracterizar de manera más adecuada el objeto.

Para objetos pequeños es necesario utilizar en la técnica de Georadar frecuencias altas, que presentan la limitante de la profundidad de exploración.

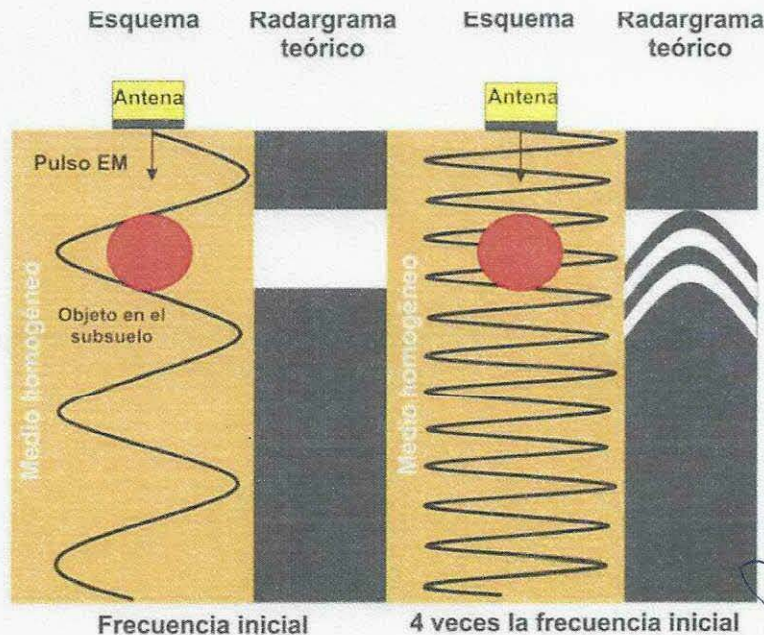


Figura No. 5.4 Efecto de la señal de radar en diferentes frecuencias.





*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*

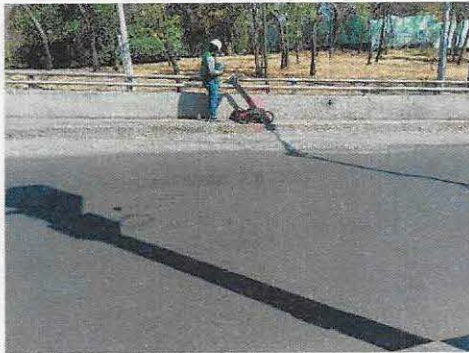
Como conclusión de lo anterior podemos determinar las siguientes características:

- Las altas frecuencias brindan una alta resolución y permiten tener un radargrama más limpio. Caso contrario para evaluaciones a profundidades grandes es muy difícil presentar una alta resolución.
- Las frecuencias bajas permiten evaluar un medio a mayores profundidades, sin embargo estos deben poseer un tamaño mayor, de no ser así solo se presentara como una polarización de onda, no identificable en el radargrama.
- Las resistividades del medio rigen la profundidad de investigación del método. A menor resistividad la capacidad del método para evaluar zonas profundas es menor.
- Existen muchas heterogeneidades en el suelo, que genera diferentes velocidades de propagación, por lo que, aunque se realicen procesos de migración no es posible colocar cada una de las anomalías en la profundidad real. Se estima velocidad promedio que permita describir mejor cada una de las anomalías, sin llegar a ser su posición vertical real.

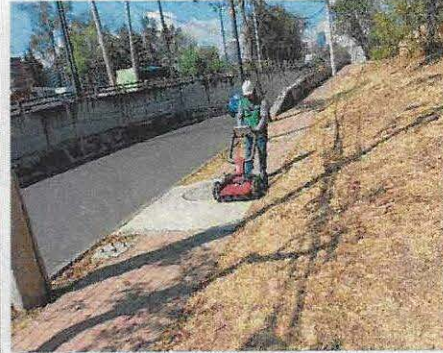


Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.

6.2 Evidencia Fotográfica.



Levantamiento Línea 1



Levantamiento Línea 2



Levantamiento Línea 3



*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*



Levantamiento Línea 4



Levantamiento Línea 5



Levantamiento Línea 6.1



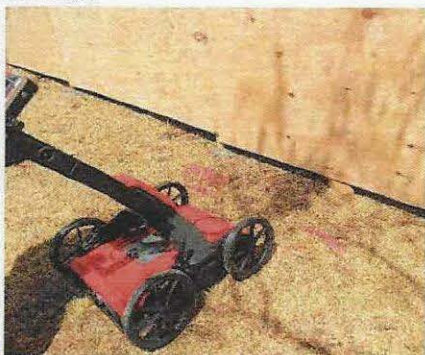
Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.



Levantamiento Línea 6.2



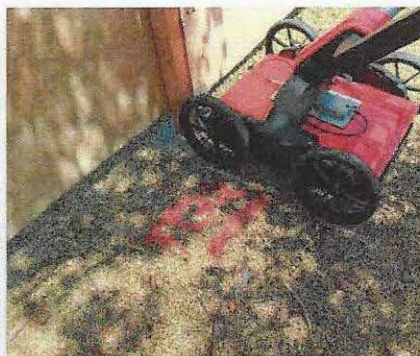
Levantamiento Línea 6.3



Levantamiento Línea 7.1



Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.



Levantamiento Línea 7.2



Levantamiento Línea 7.3



Levantamiento Línea 8.1



*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*



Levantamiento Línea 8.2



Levantamiento Línea 8.3



Levantamiento Línea 9



*Perforación, Geotecnia y Suministro S.A. de C.V.*



Levantamiento Línea 10

**14. ANEXO 6. CARGAS ACTUANTES EN UNA TORRE TIPO CONCÉNTRICA**



De acuerdo con el análisis estructural de la Torre 37; que es una torre concéntrica, se presentan las cargas siguientes a nivel de cimentación, mismas que ya consideran el peso del dado de cimentación. Estas cargas se tomarán en cuenta como tipo, para las torres concéntricas.

## TORRE 37



Combinación Gravitacional con factores

Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m	
Base	5	1	Combina		10.8294		0	198.5491	-2.9347	214.3148	-8.7492

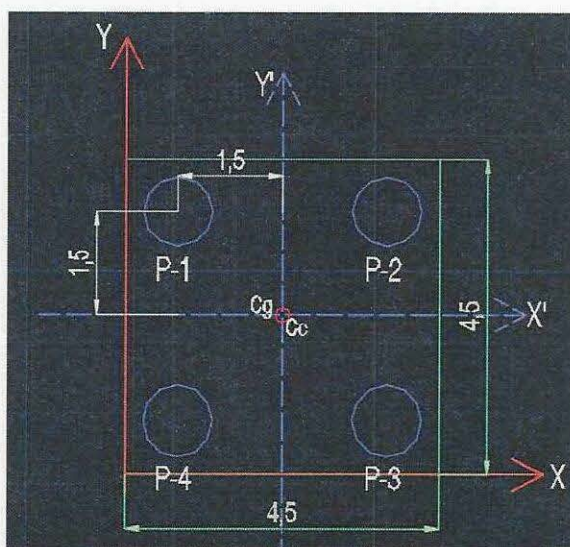
Combinación Sismo con factores

Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
Base	5	82	Combina	Max	35.1217	-9.8162	165.6727	288.0877	709.1602	-37.7216

Combinación Gravitacional sin factores

Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m	
Base	5	0DespZ	Combina		7.2196		0	144.7686	-1.8517	104.5352	-5.8328

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

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

Tabla 6.1

Centro geométrico de pilas					
Pila	A (m <sup>2</sup> )	X (m)	Y (m)	AX (m <sup>3</sup> )	AY (m <sup>3</sup> )
1	0.785	0.75	3.75	0.58905	2.94524311
2	0.785	3.75	3.75	2.94524	2.94524311
3	0.785	3.75	0.75	2.94524	0.58904862
4	0.785	0.75	0.75	0.58905	0.58904862
				<b>3.142</b>	<b>7.1</b>
		<b>X=</b>	<b>2.25</b>	<b>m</b>	
		<b>Y=</b>	<b>2.25</b>	<b>m</b>	

Tabla 6.2

Centro de cargas		
<b>X=</b>	<b>2.25</b>	<b>m</b>
<b>Y=</b>	<b>2.25</b>	<b>m</b>
<b>eX=</b>	<b>0.0</b>	<b>m</b>
<b>eY=</b>	<b>0.0</b>	<b>m</b>

Tabla 6.3

Momentos de inercia, pilas				
Pila	Xi (m)	Yi (m)	(Xi) <sup>2</sup>	(Yi) <sup>2</sup>
1	1.5	1.50	2.25	2.25
2	1.5	1.50	2.25	2.25
3	1.5	1.50	2.25	2.25
4	1.5	1.50	2.25	2.25
			<b>Σ=</b>	<b>9.00</b>
			<b>ix=</b>	<b>9.00</b>
			<b>iy=</b>	<b>9.00</b>

Para el incremento y decremento de cargas por excentricidad estática:

$$\Delta\sigma_{est} = M_{v\ est\ x} \frac{\pm y_i}{I_x} \pm M_{v\ est\ y} \frac{\pm x_i}{I_y} \quad (6.1)$$

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 6.4

Incremento de cargas fact por excentricidad estática										
<table border="1"> <tr> <td>Mve X=</td> <td>0.00</td> <td>t-m</td> </tr> <tr> <td>Mve Y=</td> <td>0.00</td> <td>t-m</td> </tr> </table>					Mve X=	0.00	t-m	Mve Y=	0.00	t-m
Mve X=	0.00	t-m								
Mve Y=	0.00	t-m								
Pila	Xi (m)	Yi (m)	$\Delta\sigma_{est}$ (t)	P max (t)						
1	1.5	1.50	0.00	49.64						
2	1.5	1.50	0.00	49.64						
3	1.5	1.50	0.00	49.64						
4	1.5	1.50	0.00	49.64						

Donde:

$$P_{max,min} = \frac{P_{est\ fact}}{No.pilas} \pm \Delta\sigma_{est} \quad (6.2)$$

Donde:

$P_{est\ fact}$  carga máxima factorizada en condición estática, igual a 198.5491 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:

$$\Delta\sigma_s = M_{vx} \frac{y_i}{I_x} \pm 0.3M_{vy} \frac{x_i}{I_y} \quad (6.3)$$

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 288.0 t-m

$M_{vy}$  momento de volteo sísmico respecto al eje y, igual a 709.16 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 6.5

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	1.500	-132.60	1	1.5	1.50	103.79	1	1.5	1.5	-83.47	1	1.500	1.5	12.56
2	1.500	1.500	103.79	2	1.5	1.5	-132.60	2	1.5	1.5	-12.56	2	1.500	1.5	83.47
3	1.500	1.500	132.60	3	1.5	1.5	-103.79	3	1.5	1.5	83.47	3	1.500	1.5	-12.56
4	1.500	1.500	-103.79	4	1.5	1.5	132.60	4	1.5	1.5	12.56	4	1.500	1.5	-83.47
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	1.500	-103.79	1	1.500	1.500	132.60	1	1.5	1.5	-12.56	1	1.5	1.5	83.5
2	1.500	1.500	132.60	2	1.500	1.500	-103.79	2	1.5	1.5	-83.47	2	1.5	1.5	12.6
3	1.500	1.500	103.79	3	1.500	1.500	-132.60	3	1.5	1.5	12.56	3	1.5	1.5	-83.5
4	1.500	1.500	-132.60	4	1.500	1.500	103.79	4	1.5	1.5	83.47	4	1.5	1.5	-12.6

De acuerdo con la revisión de las 8 combinaciones anteriores:

Tabla 6.6

Incrementos max y min sísmicos		
Pila	Δσs max (t)	Δσs min (t)
1	132.60	-132.60
2	132.60	-132.60
3	132.60	-132.60
4	132.60	-132.60

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

$$P_{Tot_{fact}} = P_{max} \pm \Delta\sigma_s \tag{6.4}$$

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

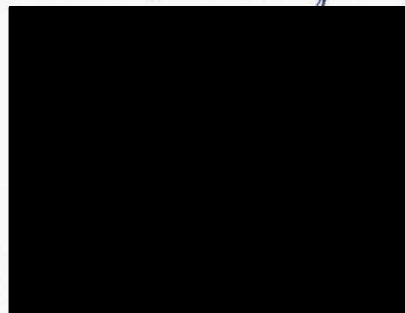


Tabla 6.7

Cargas Tot máx y mín factorizadas		
Pila	Ptot max (t)	Ptot min (t)
1	182.24	-82.96
2	182.24	-82.96
3	182.24	-82.96
4	182.24	-82.96

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 6.7 y las capacidades de carga reducidas a compresión y tensión, se tiene:

Tabla 6.8 Comparativa  $\Sigma QF.C < R$

D (m)	R (t)	Ptot max (t)	C <sub>te</sub> (t)	Ptot min (t)
1.0	464.1	182.24	322.8	82.96

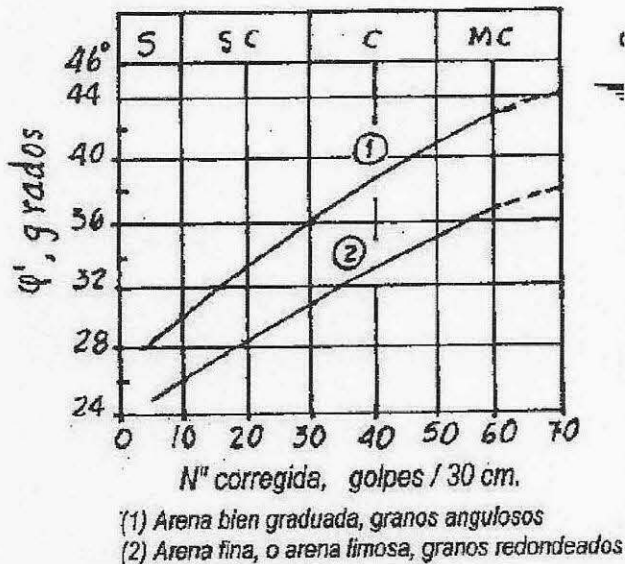
Como se puede observar, se cumple con la desigualdad para las cargas actuantes a compresión y tensión.

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:

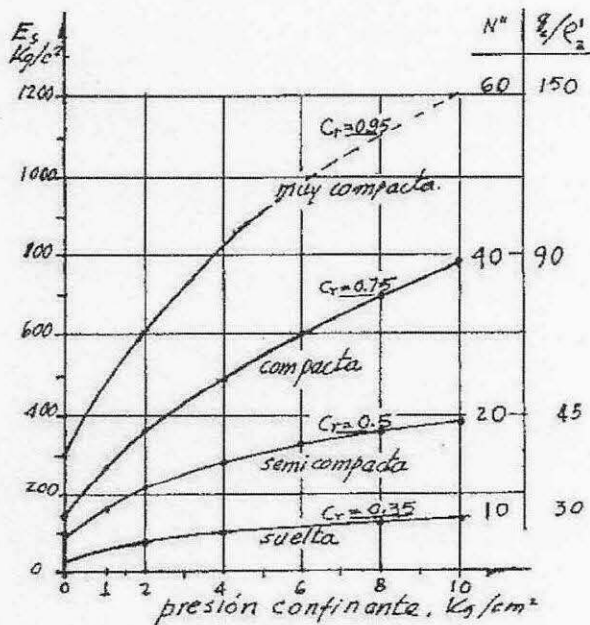
Tabla 6.9

Δ de cargas serv por excent. Estática					
Mve X=		0.00	t-m		
Mve Y=		0.00	t-m		
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δ <sub>oest</sub> (t)	Δ <sub>oest</sub> (t)	P max (t)
1	1.5	1.5	0.00	17.73	53.92
2	1.5	1.5	0.00	17.73	53.92
3	1.5	1.5	0.00	17.73	53.92
4	1.5	1.5	0.00	17.73	53.92

**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,  $\phi$  y Módulo de 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	23.0	43.35	1.8	1.80	28	43.4	16.6	23.85	29.00	0.35	29.00	212.87
1.2	1.131		62.43		1.50				22.64				292.68
1.4	1.539		84.97		1.29				21.78				384.89

Tabla 7.2

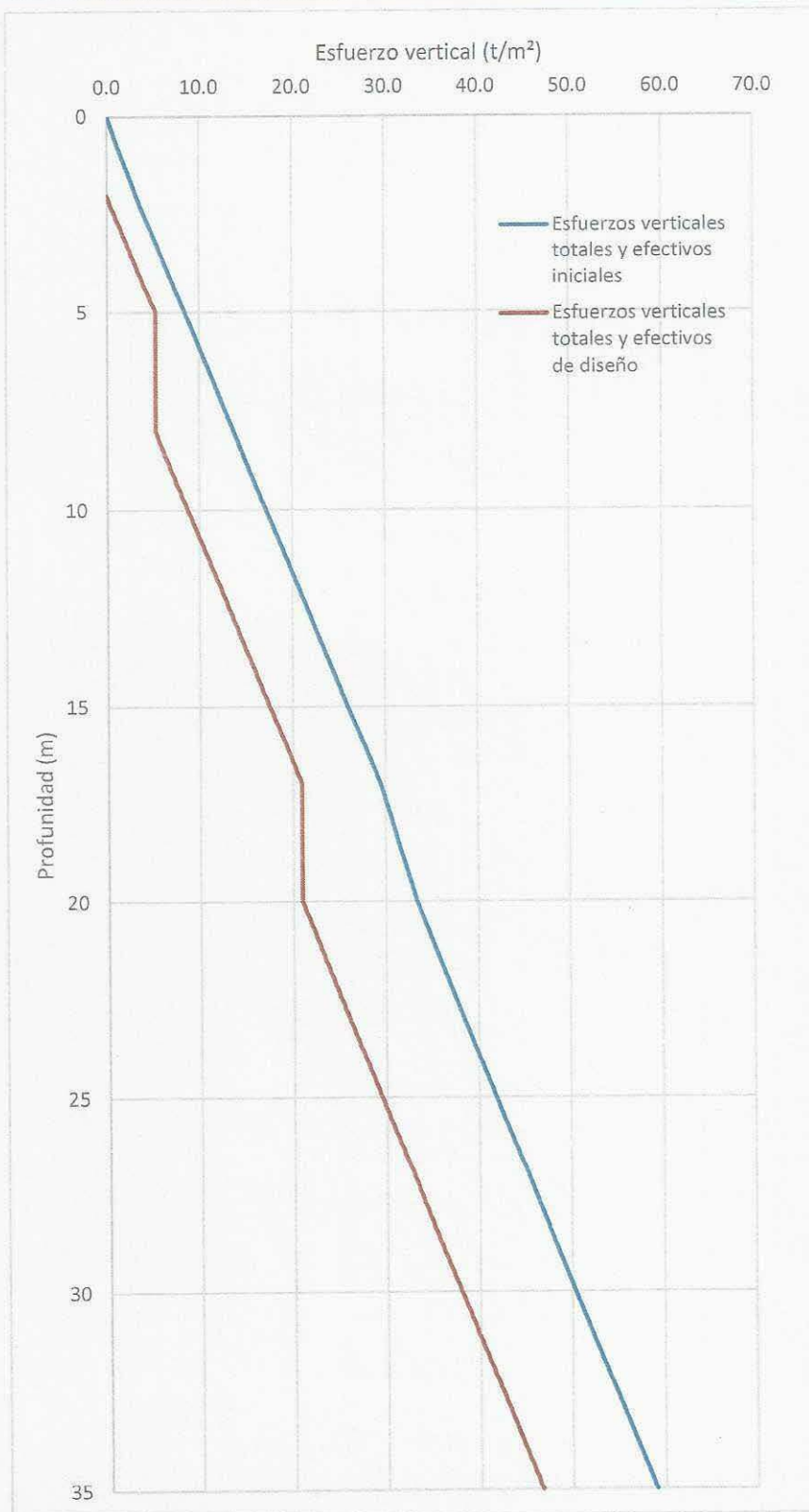
**CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR FUSTE, NTC CIMENTACIONES 2017**

$$C_f = P_p F_{R'} \sum_{i=1}^m \beta_i p'_{vi} L_i \quad \beta_i = 1.5 - 0.24\sqrt{z} \quad \text{De } 0.25 \text{ a } 1.2$$

Profundidad (m)	γ (t/m³)	Poz (t/m²)	Uoz (t/m²)	P'oz (t/m²)	Poz (t/m²)	P'vi (t/m²)	Li (m)	βi	(P'vi)Liβi
0	1.6	0.00	0.00	0.00					
1	1.6	1.60	0.00	1.60					
2	1.6	3.20	0.00	3.20					
2	1.75	3.20	0.00	3.20	0	0.00			
3.2	1.75	5.30	0.00	5.30	2.10	2.10	2.4	1.20	6.05
3.5	1.75	5.83	0.00	5.83	2.63	2.63			
3.5	1.75	5.83	0.00	5.83	2.63	2.63			
3.95	1.75	6.61	0.00	6.61	3.41	3.41			
4.4	1.75	7.40	0.00	7.40	4.20	4.20			
4.4	1.75	7.40	0.00	7.40	4.20	4.20			
4.7	1.75	7.93	0.00	7.93	4.73	4.73	0.6	1.11	3.13
5	1.75	8.45	0.00	8.45	5.25	5.25			
5	1.75	8.45	0.00	8.45	5.25	5.25			
6.5	1.75	11.08	0.00	11.08	5.25	5.25	0	0.00	0.00
8	1.75	13.70	0.00	13.70	5.25	5.25			
8	1.75	13.70	0.00	13.70	5.25	5.25			
8.75	1.75	15.01	0.00	15.01	6.56	6.56	4.2	0.82	30.62
9.5	1.75	16.33	0.00	16.33	7.88	7.88			
9.5	1.75	16.33	0.00	16.33	7.88	7.88			
10.1	1.75	17.38	0.00	17.38	8.93	8.93			
12.2	1.75	21.05	0.00	21.05	12.60	12.60			
12.2	1.75	21.05	0.00	21.05	12.60	12.60			
14.6	1.75	25.25	0.00	25.25	16.80	16.80	4.8	0.65	52.26
15.5	1.75	26.83	0.00	26.83	18.38	18.38			
15.5	1.75	26.83	0.00	26.83	18.38	18.38			
16.25	1.75	28.14	0.00	28.14	19.69	19.69			
17	1.75	29.45	0.00	29.45	21.00	21.00			
17	1.3	29.45	0.00	29.45	21.00	21.00			
18.5	1.3	31.40	0.00	31.40	21.00	21.00	0	0.00	0.00
20	1.3	33.35	0.00	33.35	21.00	21.00			
20	1.7	33.35	0.00	33.35	21.00	21.00			
20.75	1.7	34.63	0.00	34.63	22.28	22.28	5	0.41	52.19
21.5	1.7	35.90	0.00	35.90	23.55	23.55			
21.5	1.7	35.90	0.00	35.90	23.55	23.55			
22.5	1.7	37.60	0.00	37.60	25.25	25.25			
25	1.7	41.85	0.00	41.85	29.50	29.50			
28	1.7	46.95	0.00	46.95	34.60	34.60			
29.1	1.7	48.82	0.00	48.82	36.47	36.47	Σ = 144.25		
30.2	1.7	50.69	0.00	50.69	38.34	38.34			
30.2	1.75	50.69	0.00	50.69	38.34	38.34			
32.6	1.75	54.89	0.00	54.89	42.54	42.54			
35	1.75	59.09	0.00	59.09	46.74	46.74			

D (m)	Pp (m)	FR	Cf (t)
1.0	3.142		294.6
1.2	3.770	0.65	353.5
1.4	4.398		412.4





Gráfica 7.1. Esfuerzos totales y efectivos verticales

Tabla 7.3

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

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

$$k_v = \frac{\frac{R}{1.4} + W_p}{\delta}$$

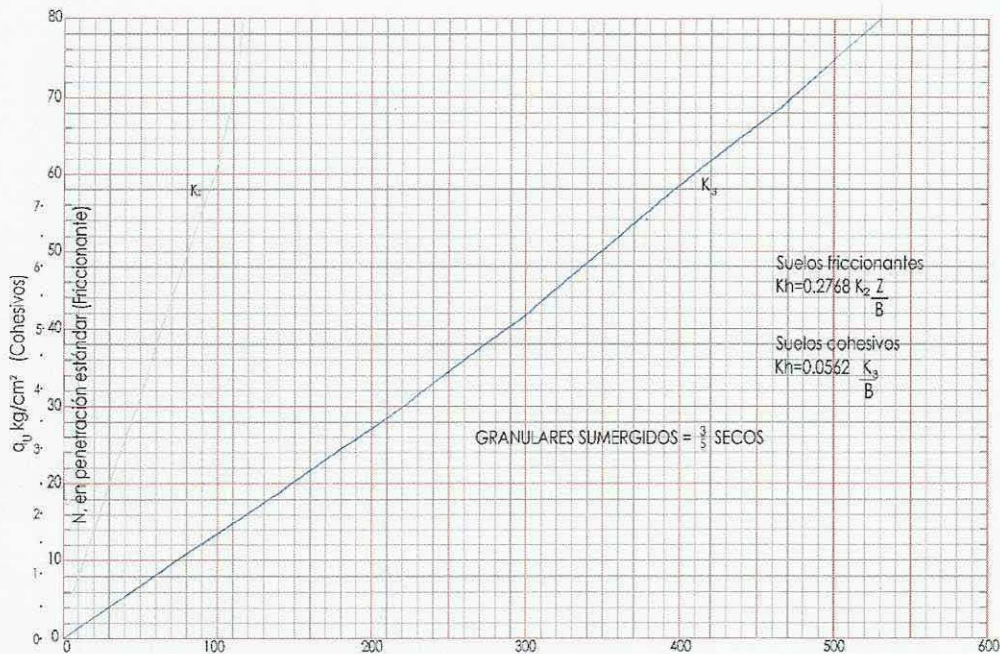
Cp (t)	Wp (t)	Cf (t)	L (cm)	Ap (m²)	Ec (kg/cm²)	D (cm)	Es (kg/cm²)	δ (cm)	R (t)	k (t/cm)
212.9	43.4	294.6	2300	0.785	280000	100	400	2.20	464.1	170.26
292.7	62.4	353.5		1.131		120		2.45	583.7	195.47
384.9	85.0	412.4		1.539		140		2.71	712.3	218.91

Tomando en cuenta las cargas en la Tabla 6.9 del Anexo 6, se calcularon los asentamientos asociados a estas:

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

**Cf1=** 294.57 t  
**P=** 53.92 t  
**Wp=** 43.35 t  
**Cp=** 43.35 t  
**Cf2=** 53.92  
**L=** 23.00 m  
**Ap=** 0.785 m²  
**Ec=** 280000 kg/cm²  
**Es=** 400 kg/cm²  
**D=** 1.0 m  
**δ=** 0.58 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.)

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – 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	

**Copia Controlada para:** SUPERVISIÓN CABLEBUS L3

**Autoriza:** \_\_\_\_\_

Elaboró	Autorizó.	Enterado.
[Redacted]		[Redacted]

**Contenido**

1.	ANTECEDENTES.....	3
2.	OBJETO.....	3
3.	ALCANCES.....	3
4.	CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 15.....	3
5.	CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO.....	5
5.1	INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE.....	5
5.2	EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA.....	5
5.3	ENSAYES DE LABORATORIO.....	5
5.4	INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA.....	6
5.5	MODELO GEOMECÁNICO.....	7
6.	DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN.....	8
6.1	CARGAS ACTUANTES.....	8
6.2	SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN.....	8
6.3	ESTADO LÍMITE DE FALLA.....	9
6.4	ESTADO LÍMITE DE SERVICIO.....	11
7.	PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.....	13
7.1	PREPARACIÓN DE ÁREAS.....	13
7.2	PILAS.....	13
7.3	EXCAVACIÓN.....	15
7.4	MINAS.....	16
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
9.	ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA.....	20
10.	ANEXO 2. PERFIL DE SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y REGISTRO DE CAMPO.....	24
11.	ANEXO 3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO.....	34
12.	ANEXO 4. PRUEBAS DE FICÓMETRO.....	51
13.	ANEXO 5. CARGAS ACTUANTES EN UNA TORRE TIPO CONCÉNTRICA.....	64
14.	ANEXO 6. MEMORIA DE CÁLCULO.....	70

**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 $N_{min}$ .....	10
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.....	12
Tabla 7. Módulos estáticos de reacción horizontal para dado.....	12

**Índice de Figuras**

Figura 1. Croquis de localización y ubicación de sondeos, T-15
Figura 2. Zonificación geotécnica de la Ciudad de México
Figura 3. Corte estratigráfico y solución de cimentación, T-15
Figura 5. Procedimiento de excavación, T-15

## 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 solicito a la empresa INGENIEROS CUEVAS ASOCIADOS, realizar el compendio para el presente estudio de mecánica de suelos para la Torre 15, originalmente elaborado por la empresa CONSULTE de grupo SACMAG, 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 15. 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 15, denominada T-15, la cual tiene las coordenadas X=476,788.4217; Y= 2,144,784.8210 y se proyecta en un área verde a las afueras del "Parque Cri-Cri", Av. Constituyentes S/N, 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 15

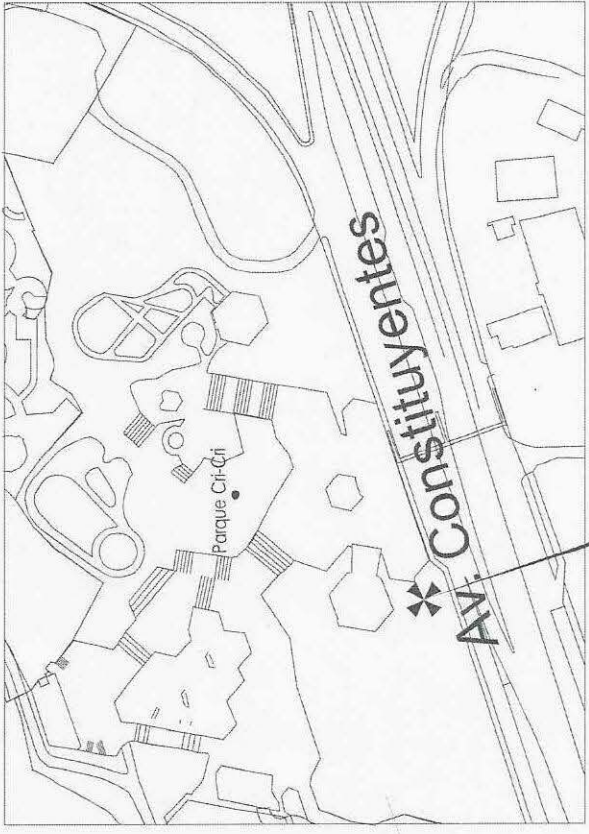
La línea 3 de Cablebús está compuesta por 6 estaciones, cada una con su propia edificación. La longitud proyectada de la línea es de 5.42 km y brindará una capacidad de transporte máxima/final de 3000 pasajeros/hora en cada sentido.

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 este 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 siguiente tabla:



CENTRO DE TORRE:  
 X=476788.4217  
 Y=2144784.8210



Av Constituyentes

Parque Cit-Cit

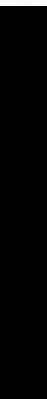
Cablebús L-3, T-15

SITIO EN ESTUDIO

SM-1

SPT-1

T-15



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=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

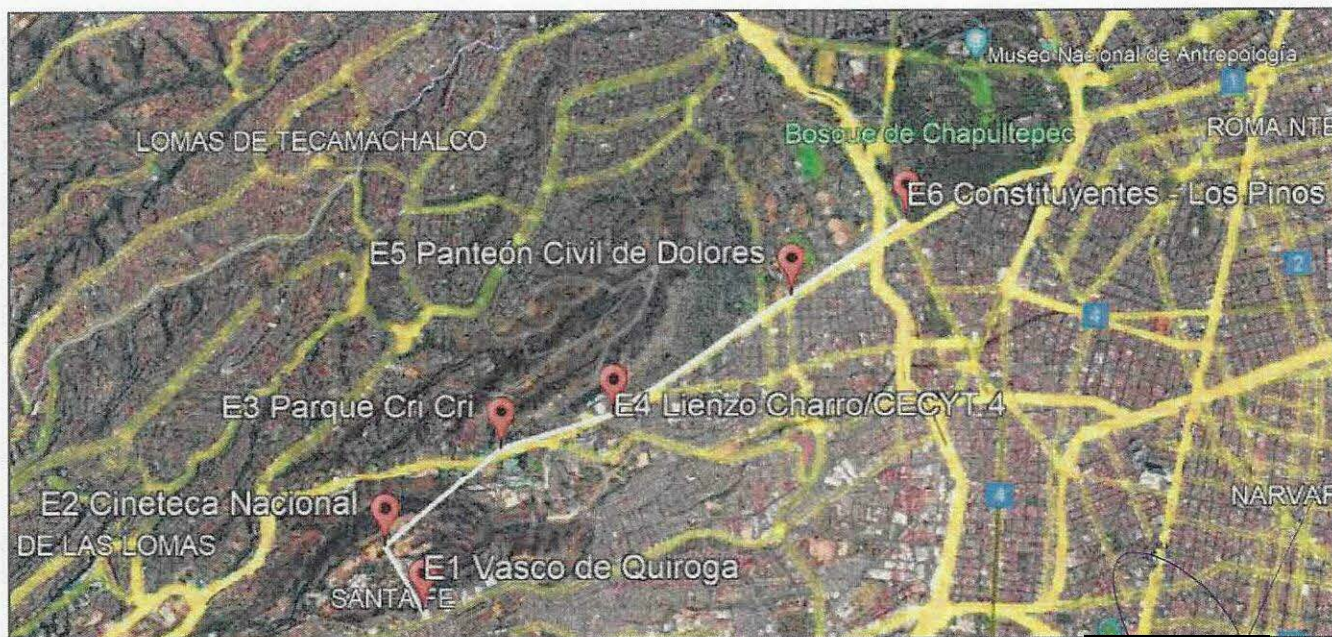


Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús

La Torre 15; con coordenadas X=476,788.4217; Y= 2,144,784.8210 se proyecta en un área verde a las afueras del "Parque Cri-Cri", Av. Constituyentes S/N, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX. La zona presenta abundantes árboles y un registro. Esta torre es del tipo concéntrica y tendrá una altura de 31.47 m.



## 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 (SPT-1, T-15), a una profundidad de 34.9 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-15) en un barreno adicional, a las profundidades de 2.0, 9.6, 17.0 y 25.0 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.

Así mismo, se ejecutó un sondeo de avance controlado (SAC-1, T-15), a una profundidad de 30.1 m. El sondeo de avance controlado consiste en la medición del tiempo en segundos, para el avance de cada 10 cm de la perforación con broca tricónica de acero, de 2 15/16” de diámetro. Anotando la vibración, la presión y el color del lodo que se presenta durante la ejecución del sondeo. Los tiempos de avance ayudarán a identificar inconsistencias en la continuidad de la masa de suelo.

### 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



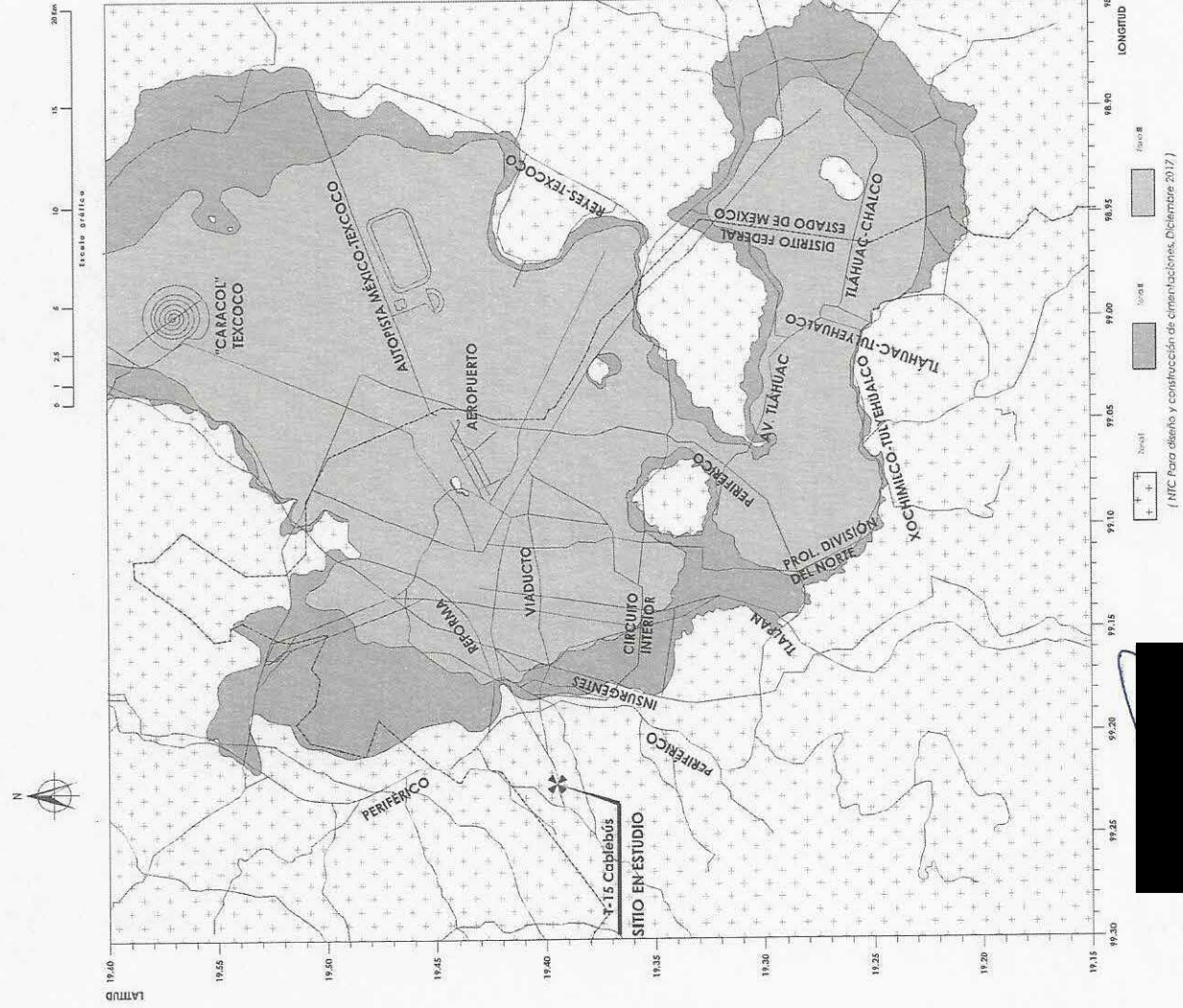
PROCESO DE ESTACIONAMIENTO

MUNICIPIO

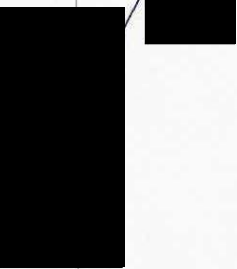


NO. LINEA AEREA	FECHA DE EMISIÓN	FECHA DE VIGENCIA

SECRETARÍA DE ECONOMÍA	SECRETARÍA DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE ECONOMÍA	SECRETARÍA DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES



(MTC Para diseño y construcción de dimensiones, Diciembre 2017)



*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 para una torre tipo concéntrica, en el Anexo 6 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 0.6 m. Relleno Arcilla con arena**, color café claro, en estado suelto, con número de golpes en la prueba de penetración estándar N, de 3.

**De 0.6 a 9.0 m. Limo de baja plasticidad (ML)**, arenoso con gravas, color café, de consistencia muy dura, con un número de golpes en la prueba de penetración estándar N, mayor a 50. El contenido natural de agua,  $\omega$ , es en promedio de 25%. El porcentaje de finos es de 35%, mientras que el porcentaje de arena es de 25%.

**De 9.0 a 13.2 m. Arena arcillosa color café rojo (SC)**, con gravas, en estado muy compacto con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua,  $\omega$ , varía entre 17 y 31%. El porcentaje de finos varía entre 14 y 35%, mientras que el porcentaje de arena varía entre 25 y 56% y el porcentaje de gravas varía entre 30 y 41%.

**De 13.2 a 16.2 m. Arena limosa color olivo (SM)** en estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua,  $\omega$ , varía entre 29 y 37%.

**De 16.2 a 17.4 Arena pumítica** color gris claro, en estado muy compacto, con un número de golpes N entre 46 y 50. El contenido natural de agua,  $\omega$ , es en promedio de 60%. El porcentaje de finos es del 34% y el porcentaje de arena es de 51%.

**De 17.4 a 32.4 m. Limo de baja plasticidad (ML)**, arenoso, café claro, con gravas, en estado compacto a muy compacto, con un número de golpes N, entre 32 y más de 50. El contenido natural de agua,  $\omega$ , varía entre 24 y 37%. El porcentaje de finos varía entre 51 y 84%, mientras que el porcentaje de arena varía entre 16 y 48% y el porcentaje de gravas es del 1.3%.

**De 32.4 a 34.9 m. Arena limosa (SM)**, con gravas color café claro, en estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua,  $\omega$ , varía entre 19 y 25%. El porcentaje de finos es del 27% y el porcentaje de arena es del 54% y el porcentaje de gravas es del 18%.

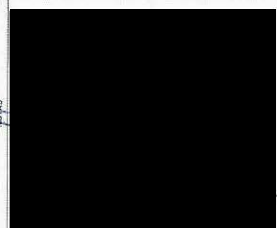
**Condiciones piezométricas.** Durante los trabajos de exploración no se detectó nivel freático. En esta zona se presenta a gran profundidad.



ENCUADRE DE LA ESTACIÓN MINERA

BIOSCORIA

PIEZAS



NO. LICENCIATURA	FECHA	ANUSCRIPTO	VALOR
001	15/05/2012	01	1.000.000
002	15/05/2012	02	1.000.000
003	15/05/2012	03	1.000.000
004	15/05/2012	04	1.000.000
005	15/05/2012	05	1.000.000
006	15/05/2012	06	1.000.000
007	15/05/2012	07	1.000.000
008	15/05/2012	08	1.000.000
009	15/05/2012	09	1.000.000
010	15/05/2012	10	1.000.000
011	15/05/2012	11	1.000.000
012	15/05/2012	12	1.000.000
013	15/05/2012	13	1.000.000
014	15/05/2012	14	1.000.000
015	15/05/2012	15	1.000.000
016	15/05/2012	16	1.000.000
017	15/05/2012	17	1.000.000
018	15/05/2012	18	1.000.000
019	15/05/2012	19	1.000.000
020	15/05/2012	20	1.000.000
021	15/05/2012	21	1.000.000
022	15/05/2012	22	1.000.000
023	15/05/2012	23	1.000.000
024	15/05/2012	24	1.000.000
025	15/05/2012	25	1.000.000
026	15/05/2012	26	1.000.000
027	15/05/2012	27	1.000.000
028	15/05/2012	28	1.000.000
029	15/05/2012	29	1.000.000
030	15/05/2012	30	1.000.000
031	15/05/2012	31	1.000.000
032	15/05/2012	32	1.000.000
033	15/05/2012	33	1.000.000
034	15/05/2012	34	1.000.000
035	15/05/2012	35	1.000.000
036	15/05/2012	36	1.000.000
037	15/05/2012	37	1.000.000
038	15/05/2012	38	1.000.000
039	15/05/2012	39	1.000.000
040	15/05/2012	40	1.000.000

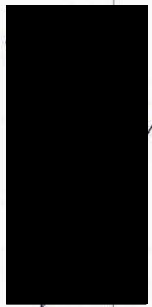
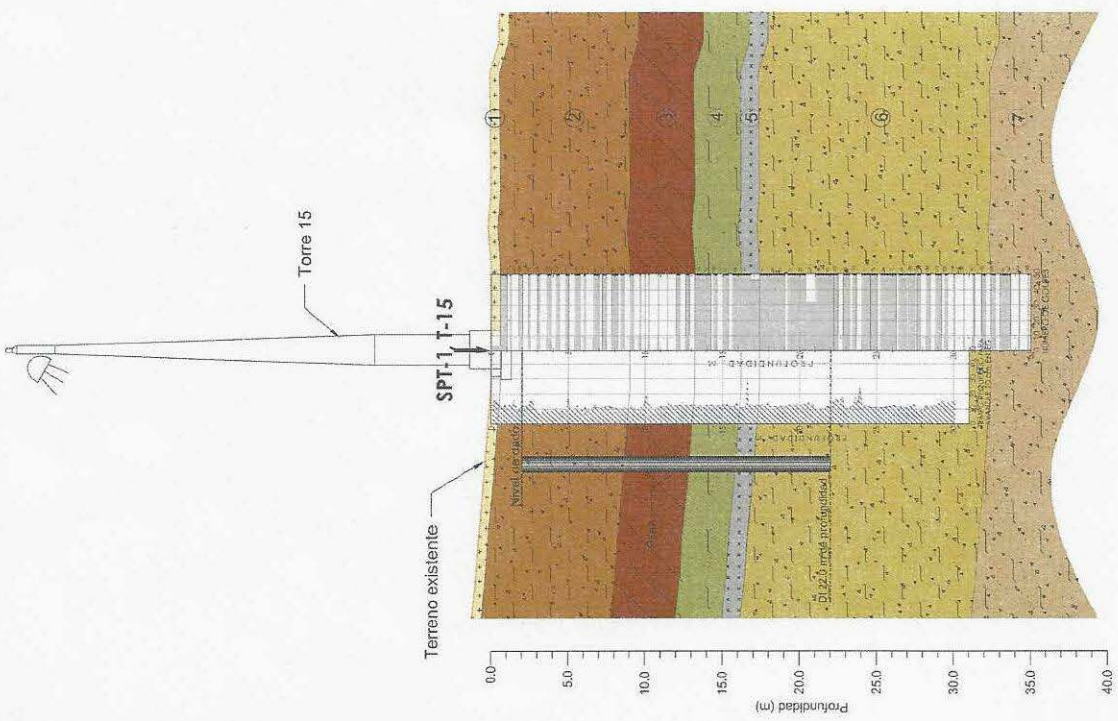
Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio y los sondeos exploratorios, a continuación se presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio, con profundidades referidas al SPT-1:

- ① De 0.0 a 0.6 m. Relleno Arcilla con arena, color café claro, en estado suelto, con número de golpes en la prueba de penetración estándar N, de 3.
- ② De 0.6 a 9.0 m. Limo de baja plasticidad (ML), arenoso con gravas, color café, de consistencia muy dura, con un número de golpes en la prueba de penetración estándar N, mayor a 50. El contenido natural de agua, es en promedio de 25%. El porcentaje de finos es de 35%, mientras que el porcentaje de arena es de 25%.
- ③ De 9.0 a 13.2 m. Arena arcillosa color café rojo, (SC), con gravas, en estado muy compacto con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua, varía entre 17 y 31%. El porcentaje de finos varía entre 14 y 35%, mientras que el porcentaje de arena varía entre 25 y 56% y el porcentaje de gravas varía entre 30 y 41%.
- ④ De 13.2 a 16.2 m. Arena limosa color olivo. (SM) en estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua, varía entre 29 y 37%.
- ⑤ De 16.2 a 17.4 m. Arena pumilica color gris claro, en estado muy compacto, con un número de golpes N entre 46 y 50. El contenido natural de agua, es en promedio de 60%. El porcentaje de finos es del 34% y el porcentaje de arena es de 51%.
- ⑥ De 17.4 a 32.4 m. Limo de baja plasticidad (ML), arenoso, café claro, con gravas, en estado compacto a muy compacto, con un número de golpes N, entre 32 y más de 50. El contenido natural de agua, varía entre 24 y 37%. El porcentaje de finos varía entre 51 y 84%, mientras que el porcentaje de arena varía entre 16 y 48% y el porcentaje de gravas es del 1.3%.
- ⑦ De 32.4 a 34.9 m. Arena limosa (SM), con gravas color café claro, en estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua, varía entre 19 y 25%. El porcentaje de finos es del 27% y el porcentaje de arena es del 54% y el porcentaje de gravas es del 18%.

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, SPT y SAC, no se detectaron indicios de la presencia de minas antiguas o fracturas en la masa de suelo, sin pérdidas de fluido de perforación o caída repentina de barras: Por otro lado, cabe mencionar que en este punto no se realizó exploración geofísica.

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 estas longitudes, la aportación vertical y lateral se considera nula.



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

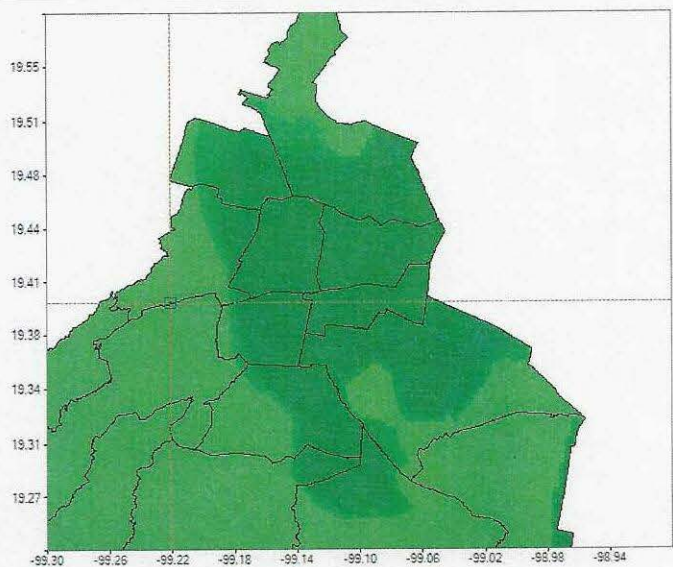
**Minas.** Durante los trabajos de exploración, SPT y SAC, no se detectaron indicios de la presencia de minas antiguas o fracturas en la masa de suelo, sin pérdidas de fluido de perforación o caída repentina de barras.

Por otro lado, cabe mencionar que en este punto no se realizó exploración geofísica.

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 estas longitudes, la aportación vertical y lateral se considera nula.

**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.

Coordenada: 19.397122 -99.221071 Cambiar Actual



Coordenada: 19.509780, -98.915010 Lomas ( $T_s \leq 0.3s$ ) ( $T_s > 0.3s$ ) Transición y Lago

Espectro 2016

Factor de importancia (Grupo) A1  
 Factor de irregularidad 1.0  
 F. comportamiento sísmico (C) 1.0  
 F. de hiperestaticidad ( $k_1$ ) 1.0

Mostrar EPU

Propiedad	Valor
Latitud	19.397122
Longitud	-99.221071
$T_s$	0.490
$a_0$	0.119
c	0.326
$T_a$	0.350
$T_b$	1.383
k	1.500
$a_{max}$	0.280

Mostrar datos



### 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)	S.U.C.S	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	c (t/m <sup>2</sup> )	$\phi^\circ$	E (kg/cm <sup>2</sup> )	Observaciones
1	0.0 a 0.6	Relleno	1.60	1	10	30	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 estas longitudes, la aportación vertical y lateral se considera nula.
2	0.6 a 9.0	ML arenoso con gravas	1.70	0	34	1,100	
3	9.0 a 13.2	SC	1.75	7.9	37	1,200	
4	13.2 a 16.2	SM	1.75	7.9	37	700	
5	16.2 a 17.4	Pum	1.30	10	30	500	
6	17.4 a 20.4	ML arenoso	1.70	12	30	700	
7	20.4 a 21.0		1.70	10	30	320	
8	21.0 a 27.0		1.70	12	30	800	
9	27.0 a 32.4		1.70	12	30	1,200	
10	32.4 a 34.9	SM	1.75	10	39	1,200	

$\gamma$ : peso volumétrico; c: cohesión;  $\phi$ : 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 15; con coordenadas X=476,788.4217; Y= 2,144,784.8210 se proyecta en un área verde a las afueras del "Parque Cri-Cri", Av. Constituyentes S/N, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX. La zona presenta abundantes árboles y un registro. Esta torre es del tipo concéntrica y tendrá una altura de 31.47 m.

### 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 una torre tipo concéntrica se presenta en el Anexo 5. 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 la capacidad de carga.**

**La solución de cimentación será con pilas desplantadas a 22.0 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 4.5 m de sección y 2.0 m de peralte, por lo que las pilas tendrán una longitud efectiva de 20.0 m.**

### 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 24.0 t/m<sup>2</sup>
- $N_q^*$  factor de capacidad de carga
- $F_R$  factor de resistencia, igual a 0.35
- $P_v$  esfuerzos totales al nivel de desplante, igual a 24.0 t/m<sup>2</sup>

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

$$\frac{L_e}{B} > 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \quad (7)$$

Donde:

- Le longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 4.0 m
- B diámetro de la pila, m.
- $\phi$  ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 30°

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  $N_{\min}$

$\phi$	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
- $\beta_i$  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.



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

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)	Wp (t)	C <sub>p</sub> (t)	C <sub>f</sub> (t)	R (t)	C <sub>te</sub> (t)
1.0	37.7	284.1	218.8	465.2	243.3
1.2	54.3	377.1	262.6	585.4	297.9
1.4	73.9	482.2	306.4	714.7	354.4

Las capacidades de carga reducida, R, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a compresión y las capacidades a la tensión, C<sub>te</sub>, 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/m<sup>2</sup>, 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 2,000 cm
- D diámetro de la pila, cm
- E<sub>s</sub> módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 800 kg/cm<sup>2</sup>
- E<sub>c</sub> módulo de elasticidad del concreto, igual a 280,000 kg/cm<sup>2</sup>, para f'c= 400 kg/cm<sup>2</sup>

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<sub>v</sub> 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 <sub>v</sub> (t/cm)	k <sub>v</sub> (kg/cm <sup>3</sup> )
1.0	1.51	244.61	31.15
1.2	1.62	291.94	25.81
1.4	1.73	337.27	21.91

**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<sub>h</sub>      módulo de reacción horizontal, (kg/cm<sup>3</sup>)
- k<sub>2</sub>      coeficiente de Terzaghi para suelos friccionantes, lb/pulg<sup>3</sup>
- 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 <sup>3</sup> )		
				B (m)		
				1.0	1.2	1.4
2.0 a 3.5	117	0.75	115	2.39	1.99	1.71
3.5 a 5.0	58	2.25	94	5.85	4.88	4.18
5.0 a 8.0	0	4.5	0	0.00	0.00	0.00
8.0 a 9.5	58	6.75	94	17.56	14.64	12.54
9.5 a 13.5	165	9.5	115	30.24	25.20	21.60
13.5 a 15.0	82	12.25	115	38.99	32.50	27.85
15.0 a 18.0	0	14.5	0	0.00	0.00	0.00
18.0 a 19.5	33	16.75	52	24.11	20.09	17.22
19.5 a 20.4	67	17.95	106	52.67	43.89	37.62
20.4 a 21.0	32	18.7	51	26.40	22.00	18.80
21.0 a 22.0	77	19.5	114	61.53	51.28	43.95

Tabla 7. Módulos estáticos de reacción horizontal para dado

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm <sup>3</sup> )
				B (m)
				4.50
0.0 a 0.6	3	0.3	0.00	0.00
0.6 a 2.0	117	1.3	115	0.92

**Propuesta de cimentación.** La propuesta de cimentación es con 4 pilas de 1.0 m de diámetro, con una separación de 3.0 m entre ellas. 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.

## 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 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.

### 7.1 Preparación de áreas

La Torre 15 se ubica en un área verde a las afueras del "Parque Cri-Cri", donde se presentan diversos árboles y una palmera muy cerca del centro de la Torre, así mismo, se presenta un registro justo en el centro de la Torre.

- Los trabajos iniciarán con el trasplante de todos los árboles que se encuentren dentro del área de afectación para la construcción de la Torre. Así mismo, se deberá identificar el uso del registro que se ubica en el centro y determinar si es de drenaje o alguna otra instalación, para poder determinar su cancelación o desvío, fuera del área de afectación.
- Concluidos los trabajos anteriores, se procederá con los trabajos de perforación de pilas de cimentación.

### 7.2 Pilas

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

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.
- b) Enseguida se realizará la perforación en seco, hasta la profundidad de desplante de proyecto; 15.0 m; respecto al nivel de brocal (terreno existente). 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 del fondo y paredes de las pilas y poder liberarlas certificando la no existencia de cavidades, fisuras, fracturas, etc.

- c) El concreto para la construcción de las pilas será de una  $f'_c = 400 \text{ kg/cm}^2$ ; el tamaño de agregado máximo será de 1 1/2 pulg. El acero de refuerzo tendrá un  $f_y$  de  $4,200 \text{ kg/cm}^2$ .
- d) 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.
- 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.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

- 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 concluye el colado. Cada pila deberá ser liberada por un supervisor, una vez que se revisaron las condiciones de las paredes y piso.
- k) La integridad de pilas se verificará de manera obligada mediante pruebas no destructivas de “baja deformación”. Los ensayos de integridad deberán ser realizados por métodos reconocidos, se podrán emplear métodos geofísicos como pulso simple o combinado, pozo-abajo, pozos cruzados, gama-gama o térmicos. **De acuerdo con las NTC cimentaciones (Ref. 1), se deberán realizar pruebas de integridad en el 100% de las pilas, ya que las torres y estaciones se tratan de estructuras del grupo A1.**

### 7.3 Excavación

De acuerdo con el preliminar del diseño estructural, el dado de cimentación tiene una sección rectangular de 4.5 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 4.9 x 4.9 m en planta para poder alojar la cimbra.

- a) Tomando en cuenta las condiciones geotécnicas del sitio en estudio, se podrá realizar la excavación hasta la máxima profundidad, 2.0 m, con taludes con una inclinación de 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de mortero (Fig. 4). Se deberá evitar la colocación de cargas en la corona de los cortes.
- b) 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.

- c) Posteriormente se realizará el colado del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la superestructura.
- d) El espacio entre el perímetro del dado y los taludes de la excavación será relleno con relleno fluido.

#### 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.**

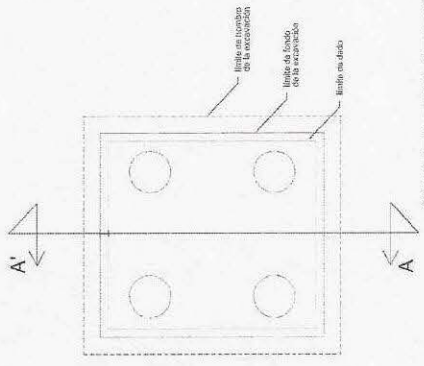
c) En caso de que se presenten minas subterráneas y/u oquedades importantes, se deberá tener en campo lámina para crear un encamisado en caso de que efectivamente se presenten antiguas minas en esta zona. Esta camisa se colocará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Fotos 1 y 2).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



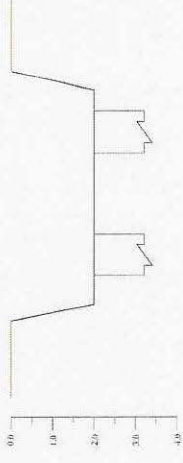
CONDICIONES DE ESTACIONAMIENTO

IMBIBICION

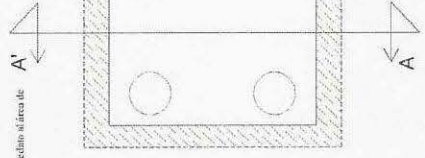
NOTAS



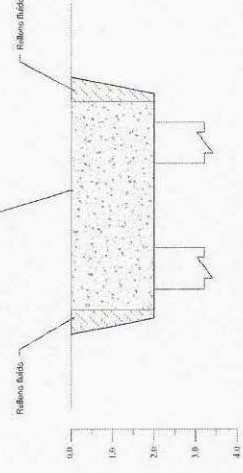
Corte A-A'



5) Cobrir las pilas, se retirará la excavación hasta 2.0 m de profundidad, con taludes con una inclinación de 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes con impermeabilizante, con zanjado de drenaje.



Corte A-A'



6) Al llegar a la profundidad máxima para el dado: 2.0 m, se retirará el descabezado de las pilas de cimentación y en el fondo de la excavación se colocará una planilla de acero tipo chapa con una 150-150 kg/cm<sup>2</sup>, para proveer con el habilitado del acero de refuerzo para el dado de cimentación.

7) Posteriormente se realizará el colado del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la superestructura.

8) El espacio entre el perimetro del dado y las columnas de la excavación será relleno con relleno fluido. O bien, con material con calidad de hormo, compactado al 95% de su P.V.S.M.

- 1) Una vez que se tenga el área liberada y se hayan implantado los alfileres dentro del área de afectado y el registro establecido, se dará paso a la construcción de las pilas.
- 2) Se realizará la perforación y el colado de las pilas de cimentación. Previo a la perforación por un supervisor en presencia de los nuevos verificadores, las paredes y fondo de las perforaciones. Esta inspección se logrará adoptando alguna de las medidas siguientes:

- A) Haciendo descender a un supervisor por medio de la misma perforadora, asegurándose al bajar, con un arnés. Cada uno de las pilas deberá ser verificada y liberada por un supervisor de montaje de cuerdas.
- B) Se podrá recurrir a algún otro tipo de inspección, siempre y cuando estos métodos ya se hayan empleado en 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 certifiando la no existencia de cavidades, fisuras, fracturas, etc.

3) En caso de que se presenten mismas situaciones tipo cavidades, impermeables, se deberá tener en cuenta limpiar para crear un sustrato en caso de que efectivamente se presenten anteriores antes en esta zona. Esta acción se colocará el diámetro del acero para cada una de las pilas (Ver ítem 1 y 2 del estudio, apartado 7.4). Esta última acción se colocará como ademe, prohibido, para poder realizar el colado de los elementos de cimentación. La última se estudia al armado, con sus respectivos procedimientos para garantizar el cumplimiento de proyecto.

4) En caso de que se presenten condiciones diferentes a las consideradas en el estudio, se dará aviso inmediato al área de geotécnica, para revisar nuevamente la profundidad de desplazar y las espesores de capa.



**GOBIERNO DE CHIRIQUÍ**  
 MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE  
 DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE

**PROYECTO:** Construcción de la línea A, VACIO DE ORDENADA - LOS PINOS  
**FECHA:** 15/05/2023

**PROYECTO:** Construcción de la línea A, VACIO DE ORDENADA - LOS PINOS  
**FECHA:** 15/05/2023

**PROYECTO:** Construcción de la línea A, VACIO DE ORDENADA - LOS PINOS  
**FECHA:** 15/05/2023



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

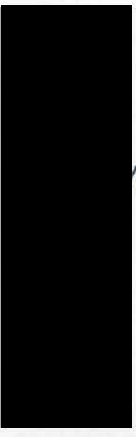
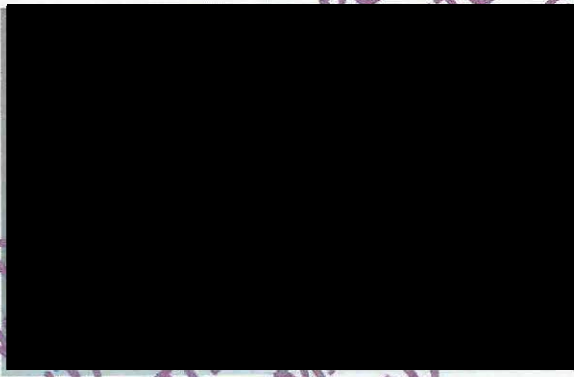
1. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Cimentaciones**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
2. Tamez, E. **Manual de diseño geotécnico Vol. 1**. Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, 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 2009.



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

PROYECTO DE (S),  
TORRE  
"RICO"  
PARA USO EXCLUSIVO DE  
INTEGRAL DE LA "CON  
TRANSPORTE SUSTENTABLE  
QUIROGA A METRO  
CABLEBÚS LÍNEA  
PÚBLICO C

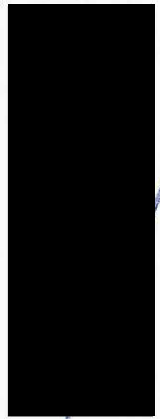


Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



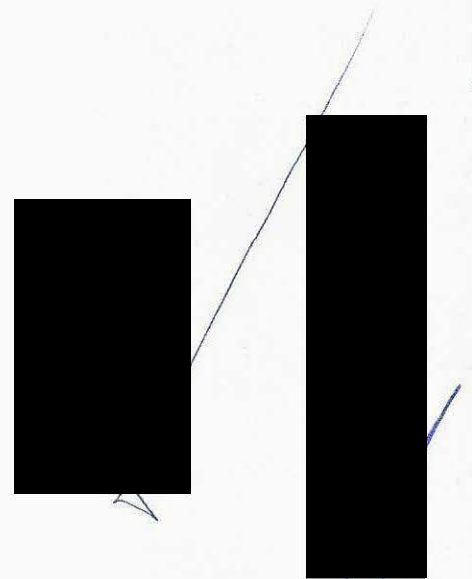
PARA USO  
INTEGRAL  
TRANSPARENTE  
QUIROGA  
CABLEBÚS L-3  
PÚBLICO CABLEBÚS



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**9. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA**

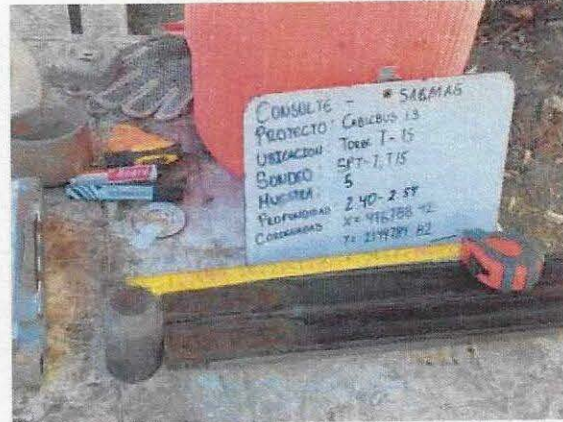


Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



Fotografía 7. Muestra alterada 4 recuperada con el penetrómetro estándar.



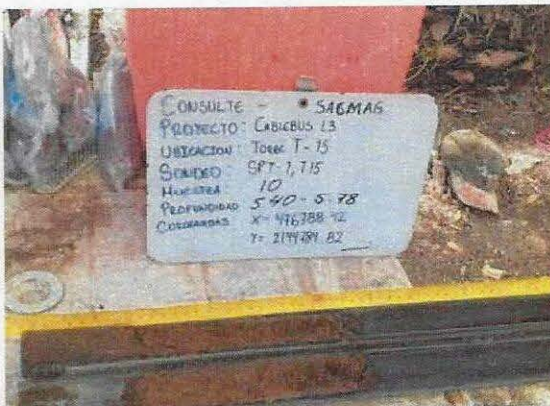
Fotografía 8. Muestra alterada 5 recuperada con el penetrómetro estándar.



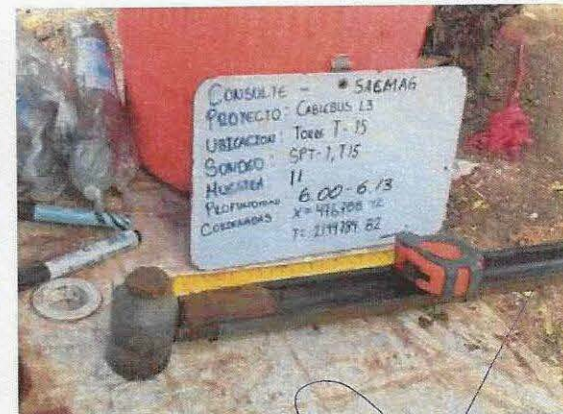
Fotografía 9. Muestra alterada 6 recuperada con el penetrómetro estándar.



Fotografía 10. Muestra alterada 9 recuperada con el penetrómetro estándar.



Fotografía 11. Muestra alterada 10 recuperada con el penetrómetro estándar.



Fotografía 12. Muestra alterada 11 recuperada con el penetrómetro estándar.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



Fotografía 1. Posicionamiento de maquinaria para ejecución de sondeo de penetración estándar (SPT).



Fotografía 2. Posicionamiento de maquinaria para ejecución de sondeo SPT.



Fotografía 3. Ejecución del sondeo SPT-01



Fotografía 4. Vista panorámica de los trabajos de exploración.



Fotografía 5. Muestra alterada 2 recuperada con el penetrómetro estándar.



Fotografía 6. Muestra alterada 3 recuperada con el penetrómetro estándar.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

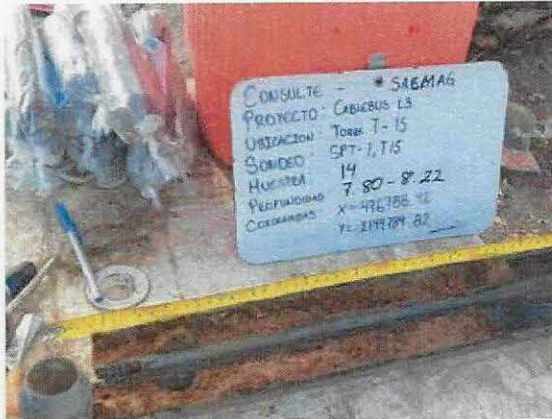
Revisión 0 – Abril 2023



Fotografía 13. Muestra alterada 12 recuperada con el penetrómetro estándar.



Fotografía 14. Muestra alterada 13 recuperada con el penetrómetro estándar.



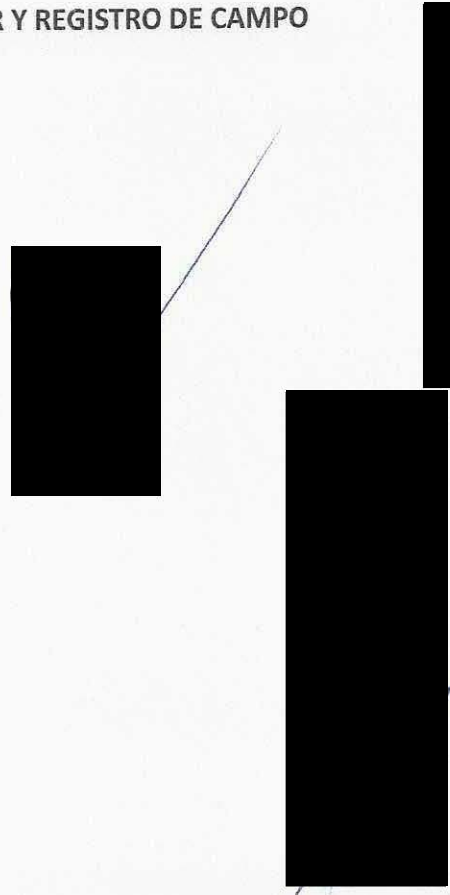
Fotografía 15. Muestra alterada 14 recuperada con el penetrómetro estándar.



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

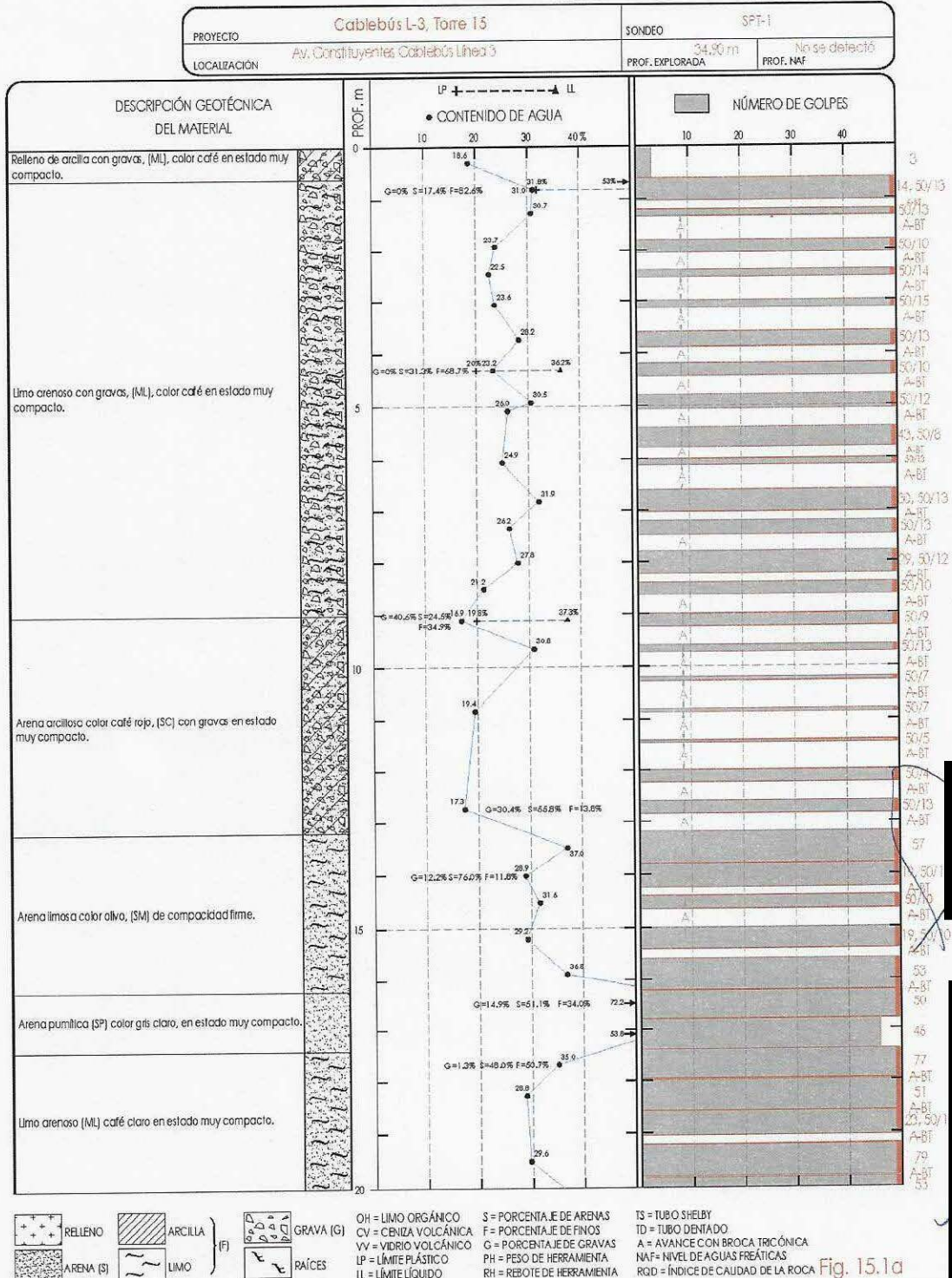
**10. ANEXO 2. PERFIL DE SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y REGISTRO DE CAMPO**



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

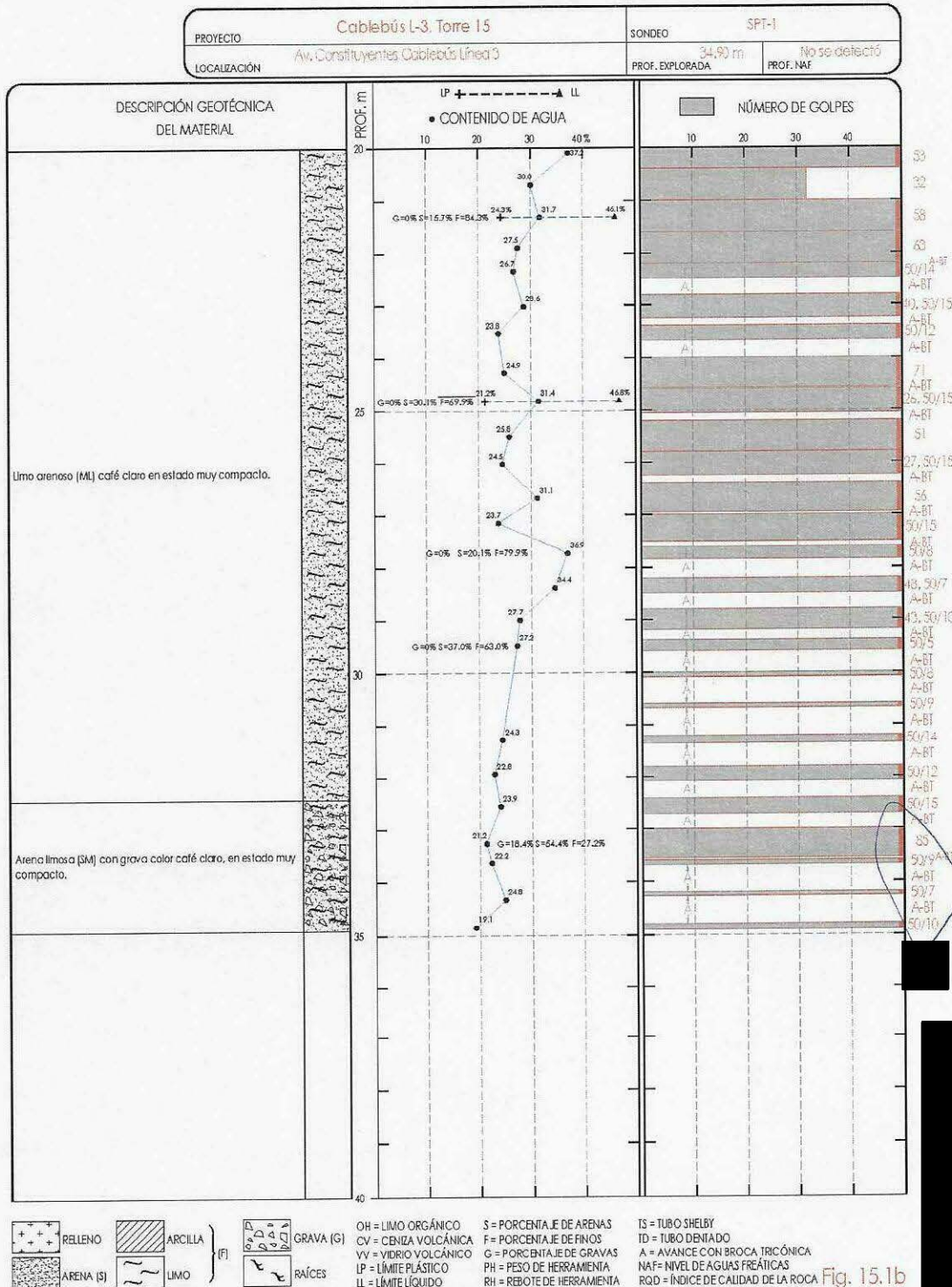
**SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR**



RELLENO	ARCILLA	} (F)	GRAVA (G)	OH = LIMO ORGÁNICO	S = PORCENTAJE DE ARENAS	TS = TUBO SHELBY
ARENA (S)	LIMO		RAÍCES	CV = CENIZA VOLCÁNICA	F = PORCENTAJE DE FINOS	TD = TUBO DENTADO
			VV	VV = VIDRIO VOLCÁNICO	G = PORCENTAJE DE GRAVAS	A = AVANCE CON BROCA TRICÓNICA
				IP = LÍMITE PLÁSTICO	PH = PESO DE HERRAMIENTA	NAF = NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS
				LL = LÍMITE LÍQUIDO	RH = REBOTE DE HERRAMIENTA	RGD = ÍNDICE DE CAUDAD DE LA ROCA



**SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR**

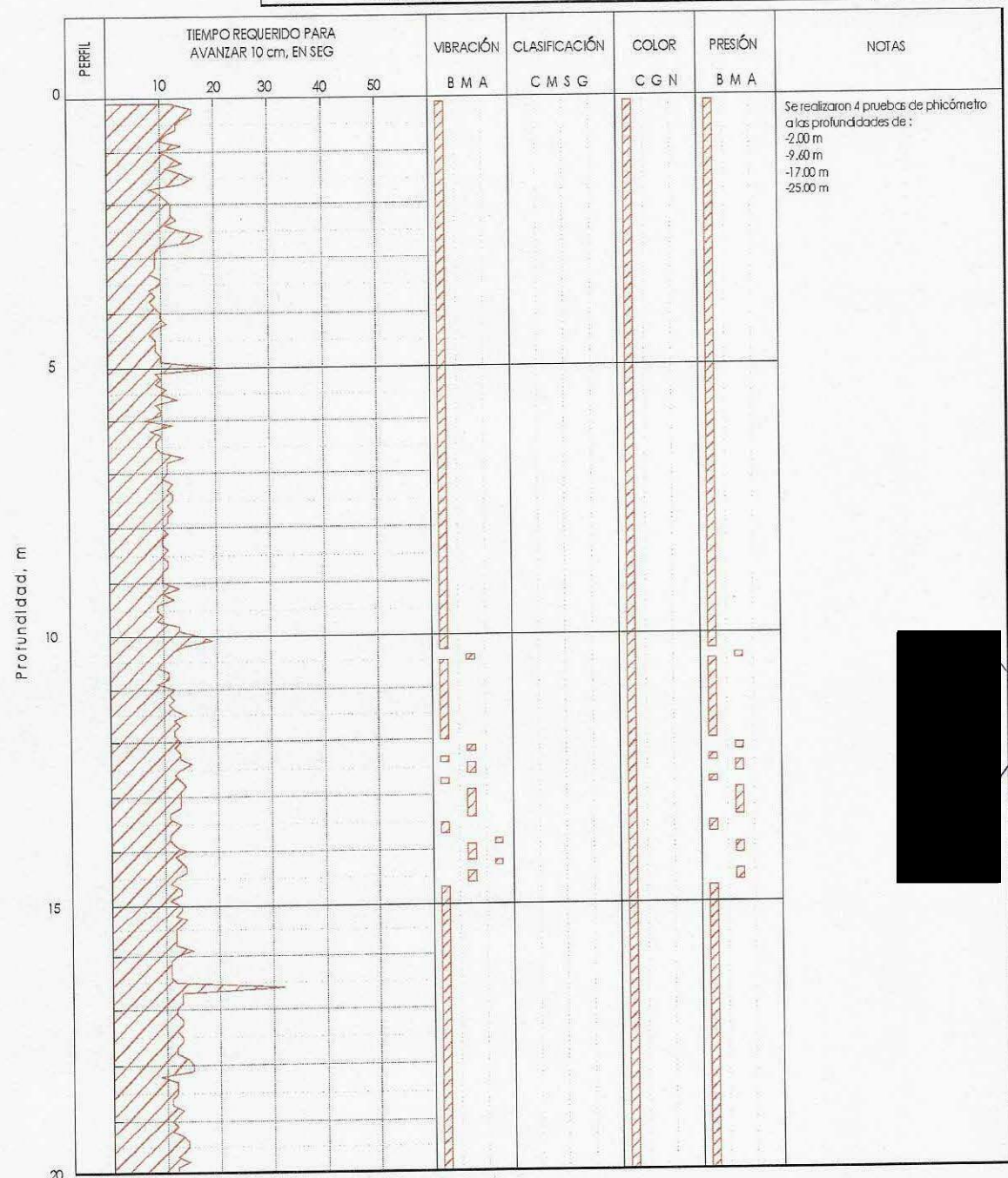


Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**SONDEO DE AVANCE CONTROLADO**

OBRA	CABLEBÚS L-3, T-15	OPERADOR/SUPERVISOR	Guillermo / Pablo Valdéz	EQUIPO	Ly-34
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes Cablebús Línea 3	FECHA	28/02/2023	SONDEO	SAC-1



RELLENO	ARENA (S)	VIBRACIÓN/PRESIÓN B BAJA M MEDIA A ALTA	COLOR C CAFÉ G GRIS N NEGRO	CLASIFICACIÓN C ARCILLA M LIMO S ARENA G GRAVA
ARCILLA (C)	GRAVA (G)			
LIMO (M)				

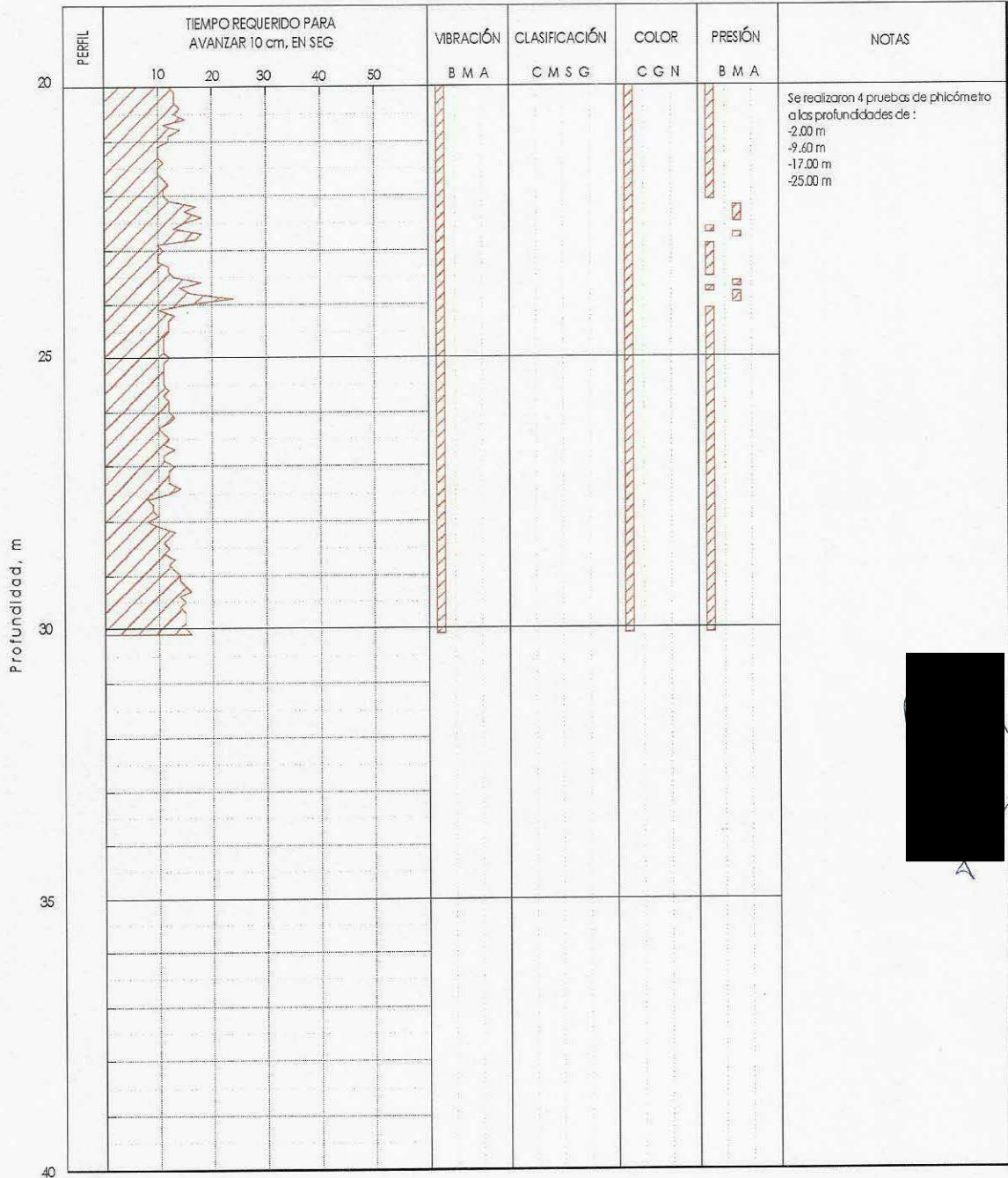
Fig. 15.2a

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**SONDEO DE AVANCE CONTROLADO**

OBRA	CABLEBÚS L-3, T-15	OPERADOR/SUPERVISOR	Guillermo / Pablo Valdéz	EQUIPO	Ly-34
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes Cablebús Línea 3	FECHA	28/02/2023	SONDEO	SAC-1



RELLENO	ARENA (S)	<b>VIBRACIÓN/PRESIÓN</b>	<b>COLOR</b>	<b>CLASIFICACIÓN</b>
ARCILLA (C)	GRAVA (G)	B BAJA	C CAFÉ	C ARCILLA
LIMO (M)		M MEDIA	G GRIS	M LIMO
		A ALTA	N NEGRO	S ARENA
				G GRAVA

Fig. 15.2b

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001-R00

Revisión 0 - Abril 2023

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR  
REGISTRO DE CAMPO

PROYECTO: Cablebus Línea 3  
UBICACIÓN: Torre 15 T-15  
NO. DE PROYECTO: [ ]  
SONDEO: SPT-1, T15  
MÁQUINA: Ly-34  
PROF. NAT: No se detecta  
FECHA INICIO: 21-02-23  
PROF. ESPESURA: 34.40 m  
FECHA TERMINACIÓN: 27-02-23  
HOJA: 41

22-20-12

22-20-22

22-20-22

Prof. (m)	Muestra No.	No de golpes	Z Recup.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	Perfil	Número de golpes
						0 10 20 30 40
0.00-0.60	1	2-1-2-7	338	Arcilla arenosa café clara	1	72
0.60-1.03	2	3-14-50/13	7283	Limo arenoso café clara	1	15
1.03-1.70	-	ABT-2	816	-	2	150
1.70-1.33	3	50/13	115	Limo arenoso café clara	2	107
1.33-1.80	-	ABT-2	157	Avance	3	100
1.80-2.05	4	7-10	150	Limo arenoso café clara	3	115
2.05-2.40	-	ABT-2	-	Avance	4	150
2.40-2.54	5	59/14	107	Limo arenoso café clara 4grms Común	4	175
2.54-3.00	-	-	-	ABT-2 15/16	5	137
3.00-3.15	6	59/15	100	Limo arenoso café clara	6	115
3.15-3.60	-	ABT	-	ABT	7	88
3.60-3.88	7	33-34/13	115	Limo arenoso café clara 4grms Común	8	115
3.88-4.10	-	ABT	-	Avance	9	92
4.10-4.45	8	38-50/10	150	Limo arenoso café clara 4grms Común	10	150
4.45-4.80	-	-	-	ABT-2 15/16	11	167
4.80-5.07	9	35-59/12	128	Limo arenoso café clara	12	115
5.07-5.40	-	ABT	-	Avance	13	115
5.40-5.78	10	20-43-59/8	137	Arcilla arenosa café oscura	14	115
5.78-6.00	-	ABT	-	ABT-2 15/16	15	115
6.00-6.13	11	50/13	115	Arcilla arenosa café oscura 4grms Común	16	115
6.13-6.60	-	ABT	-	Avance	17	115
6.60-7.05	12	21-30-59/13	88	Limo arenoso café oscura	18	115
7.05-7.20	-	ABT	-	ABT-2 15/16	19	115
7.20-7.48	13	23-59/13	115	Arcilla arenosa café oscura	20	115
7.48-7.80	-	ABT	-	ABT-2 15/16	21	115
7.80-8.22	14	20-29-59/29	274	Arcilla arenosa café oscura	22	115
8.22-8.40	-	ABT	-	ABT-2 15/16	23	115
8.40-8.60	15	42-59/10	150	Arcilla arenosa café oscura	24	115
8.60-9.00	-	ABT	-	ABT-2 15/16	25	115
9.00-9.29	16	42-59/9	167	Arcilla arenosa café oscura 4grms Común	26	115
9.29-9.60	-	ABT	-	Avance	27	115
9.60-9.73	17	59/13	115	Arcilla arenosa café oscura 4grms Común	28	115
9.73-10.20	-	ABT	-	Avance	29	115
10.20-10.27	18	50/7	214	Sin recuperación	30	115
10.27-10.87	-	ABT	-	Avance	31	115
10.87-11.40	19	50/2	216	Arena limosa café oscura 4grms Común	32	115
11.40-11.45	20	59/2	305	Sin recuperación	33	115
11.45-12.00	-	ABT	-	Avance	34	115
12.00-12.29	21	27-59/4	375	Sin recuperación de Muestra	35	115



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

**SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR  
REGISTRO DE CAMPO**

PROYECTO <b>Cablebús L3</b>	SONDEO <b>SPT-T-15</b>	HOJA <b>21</b>
UBICACIÓN <b>Torre 15 T-15</b>	PROF. NAT. <b>No detectado</b>	REC. EXPLOSIÓN <b>34.90</b>
ING. DE PROYECTO	FECHA INICIO <b>21-02-23</b>	FECHA TERMINACIÓN <b>27-02-23</b>
NACIONA <b>L-34</b>		

Prof. (m)	Muestra Nº	No de golpes	M	Recup.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	Número de golpes				Prof. (m)
						0	10	20	30	
12.29-12.60	-	ABT	-	-	Avance					53
12.60-12.80	19	5-50/3	115	4	Arena Media limosa café oscuro.					58
12.80-13.20	-	ABT	-	-	Avance					67
13.20-13.80	20	23-25-32-27	57	49	Limo arenoso café oscuro y gravales punitivos.					107
13.80-14.24	21	17-19-50/14	73	44	PS(3.4m) Arena Media gruesa punitiva café clara / gravales y gravillas limosa PI(10cm) Limo arenoso café oscuro					125
14.24-14.46	-	ABT	-	-	Avance					71
14.46-14.65	22	27-50/10	150	21	Limo arenoso café oscuro.					76
14.65-15.00	-	ABT	-	-	Avance					51
15.00-15.40	23	3-19-50/10	94	7	Limo arenoso café oscuro.					77
15.40-15.60	-	ABT	-	-	Avance					56
15.60-16.18	24	4-19-34-50/15	135	15	PS(28cm) Limo arenoso café oscuro PI(17cm) Arena Media gruesa punitiva poca limosa café clara					100
16.18-16.20	-	ABT	-	-	Avance					188
16.20-16.20	25	17-22-21-22-50	35	35	Arena media punitiva café clara poca limosa					155
16.80-17.40	26	16-17-24-34	46	45	Arena media punitiva café clara poca limosa					118
17.40-17.97	27	26-35-40-20	72	34	Arena media punitiva café clara poca limosa					300
17.97-18.00	-	ABT	-	-	Avance					188
18.00-18.58	28	14-18-33-50/15	127	27	Limo arenoso café oscuro y gravales punitivos					107
18.58-18.60	-	ABT	-	-	Avance					125
18.60-19.05	29	16-23-50/15	73	16	sin recuperación					160
19.05-19.20	-	ABT	-	-	Avance					85
19.20-19.78	29	30-38-41-50/15	79	44	Limo arenoso café oscuro.					167
19.78-19.80	-	ABT	-	-	Avance					214
19.80-20.40	30	28-36-17-22-50	40	52	Limo arenoso café oscuro.					150
20.40-21.00	31	7-13-14-27-30-24	30	24	Limo poca arenosa café oscuro					
21.00-21.60	32	23-24-34-40-38-43	38	43	Limo poca arenosa café oscuro					
21.60-22.14	33	11-22-41-39-46-30	63	20	Limo poca arenosa café oscuro					
22.14-22.20	-	ABT	-	-	Avance					
22.20-22.49	34	32-50/14	107	19	Limo poca arenosa café oscuro					
22.49-22.80	-	ABT	-	-	Avance					
22.80-23.25	35	21-40-50/15	90	35	Limo poca arenosa café oscuro					
23.25-23.40	-	ABT	-	-	Avance					
23.40-23.47	36	33-50/12	125	27	Limo arenoso café oscuro.					
23.47-24.00	-	ABT	-	-	Avance					

24-02-23

23-02-23

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

Σ SUMA DE GOLPES EN 30cm CENTRALES

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

**SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR**  
REGISTRO DE CAMPO

PROYECTO Cablebús L3	SONDEO SPTL-T-15	HOJA 3/5
UBICACIÓN Torre 15 T-15	PROF. INDICADA No se detecta	PROF. EXPLORADA 34.80
NO. DE PROYECTO	FECHA INICIO 21-02-23	FECHA TERMINACIÓN 27-02-23
	VIGILANCIA Ly-34	

Prof. (m)	Muestra No.	No de golpes	M	Recuper.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	Número de golpes				
						0	10	20	30	40
24.00-24.57	26-31-4057	71	29	71	Limo arcilloso café oscuro.					
24.57-24.60	ABT	-	-	-	Avance					
24.60-25.05	28-26-59/15	76	36	76	Limo arcilloso café oscuro.					
25.05-25.20	ABT	-	-	-	Avance					
25.20-25.80	39-14-22-29-42	51	42	51	Limo arcilloso café oscuro					
25.80-26.25	40-21-27-57/15	77	37	77	Limo arcilloso café oscuro					
26.25-26.40	ABT	-	-	-	Avance					
26.40-26.95	41-18-21-35-70	56	38	56	Limo arcilloso café oscuro					
26.95-27.00	ABT	-	-	-	Avance					
27.00-27.30	42-24-30/15	100	37	100	Limo arcilloso café oscuro					
27.30-27.60	ABT	-	-	-	Avance					
27.60-27.83	43-39-50/18	188	14	188	Limo arcilloso café oscuro.					
27.83-28.20	ABT	-	-	-	Avance					
28.20-28.59	44-37-48-59/7	135	25	135	Limo arcilloso café oscuro.					
28.59-28.80	ABT	-	-	-	Avance					
28.80-29.20	45-35-43-59/10	118	25	118	Limo arcilloso café oscuro.					
29.20-29.40	ABT	-	-	-	Avance					
29.40-29.60	46-49-54/5	300	20	300	Arena limosa con gravillas café oscuro.					
29.60-30.00	ABT	-	-	-	Avance					
30.00-30.08	50/8	188	50	188	sin recuperación.					
30.08-30.60	ABT	-	-	-	Avance					
30.60-30.69	50/4	167	50	167	sin recuperación					
30.69-31.00	ABT	-	-	-	Avance					
31.00-31.34	47-50/14	107	14	107	Limo arcilloso café oscuro y gravillas x gravillas.					
31.34-31.80	ABT	-	-	-	Avance					
31.80-32.07	48-41-59/12	125	21	125	Limo arcilloso café oscuro					
32.07-32.40	ABT	-	-	-	Avance					
32.40-32.70	49-37-50/15	100	28	100	Arena limosa café oscuro y gravillas					
32.70-33.00	ABT	-	-	-	Avance					
33.00-33.55	50-34-40-45-50	85	35	85	Arena fina mediana limosa café oscuro con gravas y gravillas pumiticas.					
33.55-33.60	ABT	-	-	-	Avance					
33.60-33.69	51-50/9	167	6	167	Arena fina limosa café oscuro					
33.69-34.20	ABT	-	-	-	Avance					
34.20-34.27	52-50/7	214	6	214	Limo arcilloso café oscuro.					
34.27-34.80	ABT	-	-	-	Avance					
34.80-34.80	53-50/10	150	6	150	Limo arcilloso café oscuro					

25-02-23

27-02-23

LIMO (M)   
  ARCILLA (C)   
  ARENA (S)   
  GRAVA (G)   
  RAÍCES   
  RELLENOS   

Σ SUMA DE GOLPES EN 30cm CENTRALES

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**SONDEO DE AVANCE CONTROLADO  
REGISTRO DE CAMPO**

PROYECTO <b>Cablebus L3</b>	SONDEO <b>SM-T-15</b>	HOJA <b>11</b>
UBICACION <b>Torre 15, T-15</b>	PROF. NAF <b>Nos detectado</b>	PROF. EXPLORADA <b>m</b>
ING. DE PROYECTO <b>Ing. Oscar Pelaez</b>	FECHA <b>28/02/23</b>	HORA TERMINO <b>A ALTA</b>

Prof. (m)	(seg)	Velocidad Perforación (cm/min)	Prof. (m)	(seg)	Velocidad Perforación (cm/min)	Prof. (m)	(seg)	Velocidad Perforación (cm/min)	Prof. (m)	(seg)	Velocidad Perforación (cm/min)	Prof. (m)	(seg)	Velocidad Perforación (cm/min)	Prof. (m)	(seg)	Velocidad Perforación (cm/min)	Prof. (m)	(seg)	Velocidad Perforación (cm/min)	Prof. (m)	(seg)	Velocidad Perforación (cm/min)	Prof. (m)	(seg)	Velocidad Perforación (cm/min)	
0	n.c.a.		4	10	BBC	8	10	BBC	12	13	BBC	16	12	BBC													
.1	12	BBC	.1	10	BBC	.1	11	BBC	.1	12	MMC	.1	11	BBC													
.2	16	BBC	.2	11	BBC	.2	10	BBC	.2	13	MMC	.2	11	BBC													
.3	16	BBC	.3	9	BBC	.3	10	BBC	.3	13	BBC	.3	11	BBC													
.4	14	BBC	.4	8	BBC	.4	11	BBC	.4	15	MMC	.4	11	BBC													
.5	13	BBC	.5	9	BBC	.5	10	BBC	.5	13	MMC	.5	12	BBC													
.6	13	BBC	.6	9	BBC	.6	11	BBC	.6	12	MMC	.6	12	BBC													
.7	11	BBC	.7	9	BBC	.7	11	BBC	.7	13	BBC	.7	13	BBC													
.8	10	BBC	.8	10	BBC	.8	10	BBC	.8	14	BBC	.8	13	BBC													
.9	14	BBC	.9	10	BBC	.9	10	BBC	.9	13	MMC	.9	13	BBC													
1	10	BBC	1	21	BBC	1	10	BBC	1	13	MMC	1	17	BBC													
.1	12	BBC	.1	9	BBC	.1	13	BBC	.1	13	MMC	.1	12	BBC													
.2	4	BBC	.2	10	BBC	.2	10	BBC	.2	13	MMC	.2	13	BBC													
.3	11	BBC	.3	9	BBC	.3	12	BBC	.3	11	MMC	.3	13	BBC													
.4	14	BBC	.4	11	BBC	.4	9	BBC	.4	11	MMC	.4	12	BBC													
.5	16	BBC	.5	10	BBC	.5	9	BBC	.5	13	BBC	.5	13	BBC													
.6	14	BBC	.6	13	BBC	.6	10	BBC	.6	12	BBC	.6	13	BBC													
.7	8	BBC	.7	9	BBC	.7	9	BBC	.7	11	BBC	.7	12	BBC													
.8	10	BBC	.8	10	BBC	.8	13	BBC	.8	11	BBC	.8	12	BBC													
.9	11	BBC	.9	10	BBC	.9	13	BBC	.9	12	MMC	.9	14	BBC													
2	12	BBC	2	6	BBC	2	17	BBC	2	14	MMC	2	18	BBC													
.1	12	BBC	.1	12	BBC	.1	19	BBC	.1	12	MMC	.1	15	BBC													
.2	12	BBC	.2	8	BBC	.2	14	BBC	.2	13	BBC	.2	9	BBC													
.3	13	BBC	.3	10	BBC	.3	12	BBC	.3	14	BBC	.3	12	BBC													
.4	11	BBC	.4	9	BBC	.4	11	MMC	.4	14	MMC	.4	12	BBC													
.5	14	BBC	.5	9	BBC	.5	10	BBC	.5	12	MMC	.5	12	BBC													
.6	18	BBC	.6	10	BBC	.6	9	BBC	.6	11	MMC	.6	11	BBC													
.7	16	BBC	.7	14	BBC	.7	11	BBC	.7	13	BBC	.7	11	BBC													
.8	10	BBC	.8	11	BBC	.8	11	BBC	.8	13	BBC	.8	13	BBC													
.9	9	BBC	.9	11	BBC	.9	9	BBC	.9	11	BBC	.9	12	BBC													
3	9	BBC	3	11	BBC	3	12	BBC	3	13	BBC	3	19	BBC													
.1	9	BBC	.1	10	BBC	.1	11	BBC	.1	13	BBC	.1	12	BBC													
.2	9	BBC	.2	12	BBC	.2	12	BBC	.2	12	BBC	.2	11	BBC													
.3	8	BBC	.3	11	BBC	.3	11	BBC	.3	14	BBC	.3	13	BBC													
.4	10	BBC	.4	12	BBC	.4	12	BBC	.4	13	BBC	.4	14	BBC													
.5	10	BBC	.5	12	BBC	.5	14	BBC	.5	12	BBC	.5	14	BBC													
.6	8	BBC	.6	11	BBC	.6	12	BBC	.6	12	BBC	.6	13	BBC													
.7	9	BBC	.7	12	BBC	.7	13	BBC	.7	12	BBC	.7	12	BBC													
.8	8	BBC	.8	11	BBC	.8	12	BBC	.8	12	BBC	.8	14	BBC													
.9	9	BBC	.9	11	BBC	.9	12	BBC	.9	15	BBC	.9	12	BBC													

— LIMOS (M) — ARCILLA (C) — ARENA (S) — GRAVA (G) — RAICES — RELLENO

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

SONDEOS DE AVANCE CONTROLADO  
REGISTRO DE CAMPO

PROYECTO <b>Cable bus L3</b>	SONDEO <b>SM-1-T-15</b>	HOJA <b>2/2</b>
UBICACIÓN <b>Torre 15, T15</b>	MÁQUINA <b>Ly-34</b>	B BAJA
IND. DE PROYECTO <b>Ing. Oscar Pelaez</b>	FECHA <b>28.02.23</b>	M MEDIA
	HORA INICIO <b>No se detecta</b>	A ALTA
	HORA TÉRMINO <b>30.10m</b>	

Prof. (m)	(seg)	Vibración (seg)	Vibración (seg)	Prof. (m)	(seg)	Vibración (seg)	Vibración (seg)	Prof. (m)	(seg)	Vibración (seg)	Vibración (seg)	Prof. (m)	(seg)	Vibración (seg)	Vibración (seg)	Prof. (m)	(seg)	Vibración (seg)	Vibración (seg)	Prof. (m)	(seg)	Vibración (seg)	Vibración (seg)
20	2	BBC	24	16	BBC	28	8	BBC	SE Realizan														
.1	13	BBC	.1	10	BBC	.1	10	BBC															
.2	13	BBC	.2	13	BBC	.2	13	BBC	4 Probas														
.3	13	BBC	.3	12	BBC	.3	12	BBC	de Phicometro														
.4	4	BBC	.4	12	BBC	.4	11	BBC	a las profundida-														
.5	13	BBC	.5	17	BBC	.5	12	BBC	des de														
.6	15	BBC	.6	11	BBC	.6	11	BBC															
.7	11	BBC	.7	11	BBC	.7	13	BBC	Pba 1 72.00m														
.8	14	BBC	.8	11	BBC	.8	12	BBC	Pba 2 59.60m														
.9	12	BBC	.9	11	BBC	.9	13	BBC	Pba 3 17.00m														
21	12	BBC	25	12	BBC	29	14	BBC	Pba 4 25.00m														
.1	10	BBC	.1	11	BBC	.1	14	BBC															
.2	10	BBC	.2	11	BBC	.2	15	BBC															
.3	10	BBC	.3	11	BBC	.3	16	BBC															
.4	11	BBC	.4	11	BBC	.4	14	BBC															
.5	10	BBC	.5	11	BBC	.5	15	BBC															
.6	10	BBC	.6	12	BBC	.6	14	BBC															
.7	11	BBC	.7	11	BBC	.7	15	BBC															
.8	12	BBC	.8	12	BBC	.8	15	BBC															
.9	11	BBC	.9	12	BBC	.9	15	BBC															
22	11	BBC	26	12	BBC	30	15	BBC															
.1	12	BBC	.1	13	BBC	.1	16	BBC															
.2	17	BBC	.2	12	BBC	.2																	
.3	15	BBC	.3	10	BBC	.3																	
.4	18	BBC	.4	11	BBC	.4																	
.5	15	BBC	.5	12	BBC	.5																	
.6	13	BBC	.6	11	BBC	.6																	
.7	18	BBC	.7	13	BBC	.7																	
.8	17	BBC	.8	11	BBC	.8																	
.9	10	BBC	.9	11	BBC	.9																	
23	11	BBC	27	13	BBC																		
.1	10	BBC	.1	12	BBC	.1																	
.2	10	BBC	.2	12	BBC	.2																	
.3	12	BBC	.3	12	BBC	.3																	
.4	12	BBC	.4	14	BBC	.4																	
.5	13	BBC	.5	12	BBC	.5																	
.6	18	BBC	.6	8	BBC	.6																	
.7	14	BBC	.7	9	BBC	.7																	
.8	16	BBC	.8	9	BBC	.8																	
.9	24	BBC	.9	10	BBC	.9																	

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



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**11. ANEXO 3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO**



entidad mexicana de acreditación a.c.

ACREDITA  
A

**CONSULTORES EN TECNOLOGÍA DE  
SUELOS, S.A. DE C.V.**

**CONSULTE**

**PROGRESO, NO. EXT. 115, 3ER PISO, ESCANDÓN I SECCIÓN, C.P. 11800,  
MIGUEL HIDALGO, CIUDAD DE 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:*

**Construcción\***

**Acreditación No: C-1505-292/22  
Vigente a partir del: 2022/04/21**

*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."*

  
**María Isabel López Martínez**  
Directora Ejecutiva



\* El presente documento no tiene validez sin su anexo técnico correspondiente 22LP0440.  
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.

acreditación

Clave: **DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00**

Revisión 0 – Abril 2023



**CONSULTE S.A de C.V**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**INFORME DE CONTENIDO DE AGUA (NMX-C-475-ONNCE-2013)**

Ensayo No.	Muestra No.	Profundidad (m)		Cápsula No.	W <sub>r</sub>	W <sub>s</sub>	Masa constante (Diferencia a 0.1 %)		W <sub>2</sub>	W <sub>a</sub>	W <sub>s</sub>	Contenido de agua w <sub>p</sub> (%)	TE	DI	TM	Descripción visual y el tacto de la muestra
		De	a				W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>								
0957	1	0.00	0.60	008	82.07	166.39	153.81	152.77	153.77	13.16	70.79	18.6	jt	n	a	Arcilla con arena fina, color gris oscuro.
0958	2	0.60	1.03	027	86.04	194.40	161.19	161.14	161.14	23.36	75.10	31.0	ht	l	m	Limo con arena fina, color olivo.
0959	3	1.20	1.33	007	87.69	171.36	151.74	151.70	151.70	10.66	64.01	30.7	ht	l	m	Limo con arena fina, color olivo.
0960	4	1.80	2.05	026	86.24	145.04	133.83	133.79	133.79	11.25	47.55	23.7	ht	l	m	Limo con arena fina, color olivo.
0961	5	2.40	2.54	094	84.86	143.37	132.65	132.61	132.61	10.76	47.75	22.5	ht	l	m	Limo con arena fina y grumos del mismo material, color olivo.
0962	6	3.00	3.15	040	85.49	140.70	135.07	135.00	135.00	11.67	49.54	23.6	ht	l	m	Limo con arena fina y grumos del mismo material, color olivo.
0963	7	3.60	3.85	063	84.42	155.30	140.29	140.25	140.25	15.73	55.83	26.2	ht	l	m	Limo con arena fina, color olivo.
0964	8	4.20	4.45	001	84.12	153.22	144.31	144.27	144.27	13.95	60.15	29.2	ht	l	m	Limo con arena fina, color olivo.
0965	9	4.80	5.07	031	87.86	141.56	128.96	128.92	128.92	12.74	41.74	30.5	ht	l	m	Limo con arena fina, color olivo.
0966	10	5.40	4.79	051	85.92	145.94	132.59	132.55	132.55	12.39	47.63	26.0	ht	l	m	Limo con arena fina, color olivo.
0967	11	6.00	6.13	065	85.86	163.75	152.12	152.08	152.08	16.67	67.02	24.9	ht	l	m	Limo con arena fina, color olivo.
0968	12	6.60	7.03	077	85.73	138.00	125.99	125.95	125.95	12.65	59.62	31.9	jt	l	m	Arcilla con arena fina y gravas, color rojo claro.
0969	13	7.20	7.48	036	86.54	153.17	139.41	139.37	139.37	13.80	52.73	26.2	jt	l	m	Arcilla con arena fina y gravas, color rojo claro.
0970	14	7.80	8.22	042	84.92	134.66	123.89	123.85	123.85	10.31	38.93	27.8	jt	l	m	Arcilla con arena fina y gravas, color rojo claro.
0971	15	8.40	8.64	024	85.02	234.15	208.08	208.04	208.04	26.11	123.01	21.2	jt	l	m	Arcilla con arena fina y gravas, color rojo claro.

PROCEDIMIENTO NMX-C-475-ONNCE-2013 El muestra no se encuentra dentro del alcance de los actividades del Laboratorio.

\* LOS RESULTADOS EN NEGRO SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LAS MUESTRAS REFERIDAS EN ESTE INFORME

Equipo utilizado: BA-95; HD-92; DE-01  
Observaciones: El color de los materiales se describió con base en la carta de colores de Munsell  
Muestra 9, saturada

$$w\% = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_c} (100) = \frac{W_c}{W_c} (100)$$

Blanco 1  
Blanco 2

Página	1 de 4
Código	FFC-C-02
No. Revisión	03
Fecha de emisión	31/08/2022
Emisor en vigor	01/08/2022

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACIÓN DEL COORDINADOR DE CALIDAD  
Proyecto: TORRE 15, 3er piso, colonia Escandón, C.P. 11900, Alcatrazes Miguel Alemán, Ciudad de México. T. 55-2127-2886, 55-2127-2863  
consulte@grupo-indi.com.mx www.grupo-indi.com.mx

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



CONSULTE S.A de C.V  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME DE CONTENIDO DE AGUA (NMX-C-475-ONNCE-2013)

Ensayo No.	Muestra No.	Profundidad (m)		Cápsula No.	Wt	W <sub>1</sub>	Masa constante diferencia a 0.1 % (g)		W <sub>2</sub>	W <sub>a</sub>	W <sub>s</sub>	Contenido de agua w (%)	TE	DI	TN	Descripción visual y el tacto de la muestra
		De	a				W <sub>21</sub>	W <sub>2c</sub>								
0672	16	9.00	9.24	071	85.14	154.94	144.88	144.84	144.84	10.10	59.70	16.9	h <sub>h</sub>	l	m	Limo con arena fina, gruesa y media, color olivo
0673	17	9.60	9.73	033	83.65	138.19	125.39	125.35	125.35	12.94	41.70	30.8	h <sub>h</sub>	l	m	Limo con arena fina, gruesa y media, color olivo
0674	18	10.00	10.97	052	84.90	152.38	142.25	142.21	142.21	11.09	57.51	19.4	h <sub>h</sub>	l	m	Limo con arena fina, gruesa y media, color olivo
0675	19	12.00	12.88	057	86.12	155.82	145.34	145.36	145.30	10.22	59.19	17.9	h <sub>h</sub>	l	m	Limo con arena fina, gruesa y media, color olivo
0676	20	13.20	13.90	001	84.94	152.27	134.11	134.07	134.07	18.20	45.13	37.0	h <sub>h</sub>	l	m	Limo con arena fina, gruesa y media, color olivo
0677	21	13.80	14.24	017	86.67	258.22	219.29	219.18	219.19	38.99	121.52	28.9	h <sub>h</sub>	l	m	Limo con arena fina a media, color olivo
0678	22	14.40	14.65	056	85.66	151.96	136.04	136.00	136.00	15.96	50.34	31.6	h <sub>h</sub>	l	m	Limo con arena fina a media, color olivo
0679	23	15.00	15.40	033	84.49	150.30	135.45	135.41	135.41	14.89	50.92	29.2	h <sub>h</sub>	l	m	Limo con arena fina a media, color olivo
0680	24	15.60	16.18	039	83.99	164.60	142.97	142.93	142.93	21.67	58.94	36.6	h <sub>h</sub>	l	m	Limo con arena fina a media, color olivo
0681	25	16.20	16.80	058	83.42	141.95	116.92	116.89	116.89	24.17	33.46	72.2	h <sub>h</sub>	r	n	Arena purulenta con escaso limo, color blanco
0682	26	16.80	17.40	041	86.29	142.89	122.85	122.81	122.81	19.58	36.42	53.8	h <sub>h</sub>	r	n	Arena purulenta con escaso limo, color blanco
0683	27	17.40	17.97	009	86.39	179.95	165.06	165.02	165.02	24.00	68.63	35.0	h <sub>h</sub>	l	m	Limo con arena media a fina, color café claro
0684	28	18.00	18.58	027	88.06	185.82	162.80	162.85	162.85	22.17	76.85	28.8	h <sub>h</sub>	l	m	Limo con arena media a fina, color café claro
0685	29	19.20	19.78	074	84.98	163.41	160.59	160.36	160.36	23.46	75.97	29.6	h <sub>h</sub>	l	m	Limo con arena media a fina, color café claro
0686	30	19.80	20.40	013	84.82	149.15	125.19	125.14	125.14	15.01	40.32	37.2	h <sub>h</sub>	l	m	Limo con arena media a fina, color café claro

El presente no se advierte sobre el alcance de las actividades de laboratorio. \* LOS RESULTADOS PARA TODOS LOS REQUERIMIENTOS Y LAS MEDIDAS REFERIDAS EN ESTE INFORME

Equipo utilizado: EA-05 HD-02, 02, 01  
Observaciones: El color de los materiales se describió con base en la carta de colores de Munsell. Las muestras n° 17, 19 y 23, se observan saturada.

$$w_{95} = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_r} (100) = \frac{W_a}{W_s} (100)$$

Página	2 de 4
Clave	PRYCL3-GI-I-S2
No. de muestra	25
Fecha de emisión	07/08/2022
Emisión en vigor	07/08/2022

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN PERMISO AUTORIZADO DEL COORDINADOR DE CALIDAD  
Proyecto #15, 3er piso colonia Escarabón, C.P. 11800, alcaldía Miguel Alemán, Ciudad de México. T. 55-2127-2888, 55-2127-2887  
consulte@grupo-indi.com.mx www.grupo-indi.com.mx

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



CONSULTE S.A de C.V  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME DE CONTENIDO DE AGUA (NMX-C-475-ONNCE-2013)

Ensayo No.	Muestra No.	Profundidad (m)		Cápsula No.	W <sub>r</sub>	W <sub>1</sub>	Masa constante diferencia s. 0.1 % (g)		W <sub>2</sub>	W <sub>a</sub>	W <sub>s</sub>	Contenido de agua w <sub>r</sub> (%)	TE	DI	TN	Descripción visual y al tacto de la muestra
		De	a				W21	W2c								
0987	31	20.40	21.00	069	88.07	153.41	135.50	135.56	135.56	14.85	43.49	30.0	h <sub>1</sub>	l	m	Limo con arena media a fina, color café claro
0988	32	21.00	21.60	045	87.08	145.94	131.97	131.80	131.80	14.11	44.45	31.7	h <sub>1</sub>	l	l	Limo con arena media a fina y grumos del mismo, color blanco.
0989	33	21.60	22.19	070	84.08	142.89	130.25	130.21	130.21	12.89	46.13	27.5	h <sub>1</sub>	l	m	Limo con arena media fina, color café claro
0990	34	22.20	22.49	092	84.87	150.41	136.62	136.58	136.58	13.83	51.71	26.7	h <sub>1</sub>	l	m	Limo con arena media fina, color café claro
0991	35	22.80	23.25	099	85.35	136.06	124.82	124.78	124.78	11.28	39.43	28.6	h <sub>1</sub>	l	m	Limo con arena fina a media, color café claro
0992	36	23.40	23.67	075	85.18	147.78	135.70	135.74	135.74	12.04	50.50	23.8	h <sub>1</sub>	l	m	Limo con arena fina a media, color café claro.
0993	37	24.00	24.57	063	84.59	133.85	123.44	123.40	123.40	9.60	38.81	24.9	h <sub>1</sub>	l	m	Limo con arena fina a media, color café claro
0994	38	24.60	25.05	064	85.58	130.16	119.54	119.58	119.58	10.66	34.00	31.4	h <sub>1</sub>	l	m	Limo con arena media a fina, color café claro
0995	39	25.20	25.80	034	84.82	145.89	134.19	134.15	134.15	12.74	49.33	25.8	h <sub>1</sub>	l	m	Limo con arena media a fina, color café claro.
0996	40	25.80	26.25	073	85.92	149.97	137.27	137.23	137.23	12.74	51.91	24.5	h <sub>1</sub>	l	m	Limo con arena media a fina, color café claro.
0997	41	26.40	26.95	065	86.17	190.89	172.26	172.22	172.22	26.77	86.05	31.1	h <sub>1</sub>	l	m	Limo con arena media a fina, color café claro.
0998	42	27.00	27.30	031	84.32	153.80	140.63	140.59	140.59	13.21	55.77	23.7	h <sub>1</sub>	l	m	Limo con arena media a fina, color café claro.
0999	43	27.60	27.93	047	83.77	136.82	122.57	122.53	122.53	14.29	38.78	36.9	h <sub>1</sub>	l	m	Limo con arena media a fina, color café claro.
1000	44	28.20	28.57	091	83.95	138.98	123.28	123.24	123.24	13.74	39.89	34.4	h <sub>1</sub>	l	m	Limo con arena media a fina, color café claro.
1001	45	28.80	29.20	012	85.10	152.44	137.86	137.82	137.82	14.62	52.72	27.7	h <sub>1</sub>	l	m	Limo con arena media a fina, color café claro.

El contenido de agua se determinó de acuerdo al método de los líquidos de Tolueno.  
 El equipo utilizado: BA-09, HD-02, DE-01  
 Observaciones: El color de los materiales se describió con base en la carta de colores de Munsell.  
 $w_r\% = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_c} (100) = \frac{W_c}{W_2} (100)$

Prohibida la reproducción parcial o total sin previa autorización del Coordinador de Calidad.  
 Proyect #15, 3er. piso, colonia Escamela, C.P. 11800, alcaldía Miguel Alemán, Ciudad de México. T 55-2137-2086, 55-2137-2083  
 consulte@grupo-indi.com.mx www.grupo-indi.com.mx

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**CONSULTE S.A. de C.V.**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**INFORME DE CONTENIDO DE AGUA (NMX-C-475-ONNCE-2013)**

Ensayo No.	Muestra No.	Profundidad (m)		Cápsula No.	W <sub>r</sub>	W <sub>1</sub>	Masa constante diferencia ± 0.1 % (g)		W <sub>2</sub>	W <sub>a</sub>	W <sub>s</sub>	Contenido de agua w (%)	TE	DI	TM	Descripción visual y el tacto de la muestra	
		De	a				W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>									(g)
1002	45	23.40	23.80	018	86.01	153.32	138.95	138.91	138.91	14.41	52.59	27.2	h <sub>1</sub>	1	m	Limo con arena media a fina, color café claro.	
1003	47	21.20	31.34	050	84.54	152.47	139.23	139.19	139.19	13.28	54.65	24.8	h <sub>1</sub>	1	m	Limo con arena media a fina, color café claro.	
1004	48	21.80	32.07	078	84.34	183.87	165.54	165.50	165.50	18.47	81.18	22.8	h <sub>1</sub>	1	m	Limo con arena media a fina, color café claro.	
1005	49	32.40	32.70	029	85.16	145.72	134.10	134.06	134.06	11.57	48.93	23.9	h <sub>1</sub>	1	m	Limo con arena gruesa a fina, color café claro.	
1006	50	33.00	33.55	011	85.87	163.70	147.63	147.59	147.59	13.11	61.72	21.2	h <sub>1</sub>	1	m	Limo con arena media a fina, color café claro.	
1007	51	33.60	33.69	005	84.65	148.80	135.54	135.50	135.50	11.30	50.85	22.2	h <sub>1</sub>	1	m	Limo con arena media a fina, color café claro.	
1008	52	34.40	34.27	067	85.06	180.63	161.69	161.65	161.65	18.30	76.59	24.8	h <sub>1</sub>	1	m	Limo con arena media a fina, color café claro.	
1009	53	34.80	34.90	049	84.52	165.07	153.03	152.99	152.99	13.08	68.47	19.1	h <sub>1</sub>	1	m	Limo con arena media a fina, color café claro.	
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

MOVIMIENTO VÁLIDO FFCC-82 Empleado de la encuesta de datos del sitio de las instalaciones del Laboratorio \* 1.00 RESULTADOS EN FLECO DE REFERENCIA UNIFORMEMENTE A LOS MUESTROS REFERENCIAS EN ESTE INFORME

Equipo utilizado: BA-03, HD-02, DE-01  
 Observación: El color de los materiales se describe con base en la carta de colores de Munsell. Las muestras N° 49 y 50, se observan saturadas.

$$w\% = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_c} (100) = \frac{W_1}{W_c} (100)$$

Revisó: [Redacted] Jefe de Laboratorio

Pluma	4 g/4
Clase	FFCC-82
No. Revisión	03
Fecha de emisión	05/06/2022
Fecha de report	05/06/2022

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACIÓN DEL COORDINADOR DE CALIDAD  
 Programa #115, 3er. piso, colonia Escobedo, C.P. 11500, alcaldía Miguel Alemán, Ciudad de México. T. 55-2137-2886, 55-2137-2885, 55-2137-2883  
 consulte@grupo-indi.com.mx www.grupo-indi.com.mx

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**CONSULTE S.A de C.V**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

INFORME DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NMX-C-496-ONNCE-2014)									
No. de servicio:	P23-1111	No. de ensayo:	0972	Masa después del cuarteo (Pm3), g:	35.46 g				
No. de sonda:	SPT-1 T-15	Masa de la muestra inicial:	59.70 g	Fechas					
No. de muestra:	16	Masa total retenida N°4 (Pm1):	24.24 g	Muestreo:	22/02/2023	Ensayo:	06/03/2023		
Profundidad (m):	9.00-9.24	Masa que pasa N°4 (Pm2):	35.46 g	Recepción:	01/03/2023	Informe:	07/03/2023		
Malla N°	Masa retenida (g)	% Masa retenida parcial	% Retenido Acumulado	% Material que pasa	Malla N°	Masa retenida (g)	% Masa retenida parcial	% Retenido Acumulado	% Material que pasa
75.0 mm (3")	—	—	—	—	2 mm (No.10)	3.97	6.6	47.3	52.7
50.0 mm (2")	—	—	—	—	0.85 mm (No.20)	3.73	6.2	53.5	46.5
37.5 mm (1½")	—	—	—	—	0.425 mm (No.40)	2.46	4.1	57.6	42.4
25.0 mm (1")	0.00	0.0	0.0	100.0	0.25 mm (No.60)	1.69	2.8	60.5	39.5
19.0 mm (¾")	9.48	15.9	15.9	84.1	0.15 mm (No.100)	1.48	2.5	62.9	37.1
12.5 mm (½")	2.62	4.4	20.3	79.7	0.075 mm (No.200)	1.27	2.1	65.1	34.9
9.5 mm (¾")	4.38	7.3	27.6	72.4	Charola	20.86	34.9	100.0	0.0
6.3 mm (¼")	6.11	10.2	37.8	62.2					
4.75 mm (N° 4)	1.65	2.8	40.6	59.4					

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

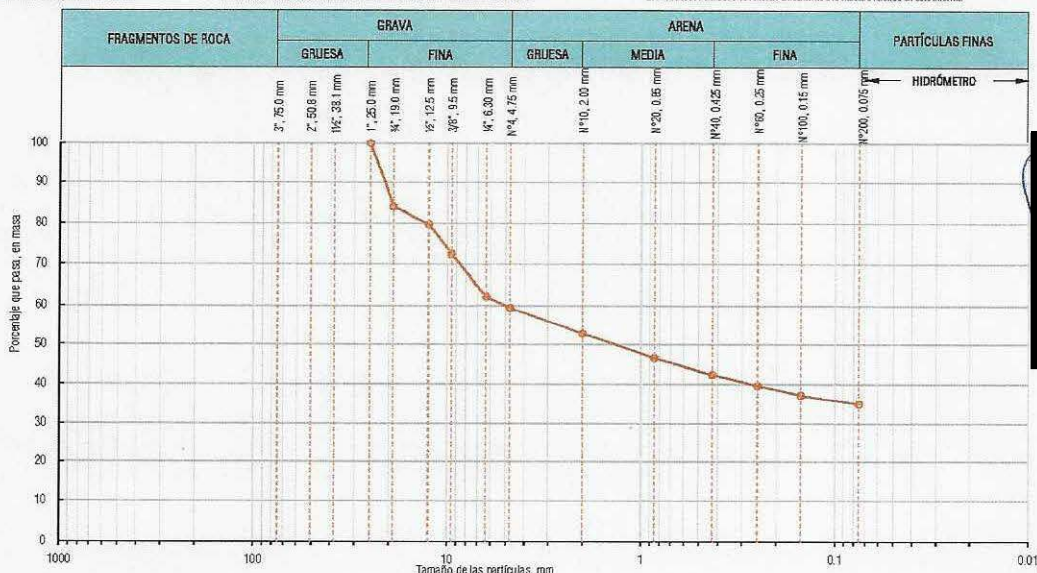
$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Descripción de la muestra:		Grava arcillosa con arena, color café. La fracción fina es una arcilla de alta plasticidad.					
D10:	—	Grava:	40.6%	C <sub>u</sub> :	—	Para grava	Para arena
D30:	—	Arena:	24.5%	C <sub>c</sub> :	—	Cu: mayor a 4	Cc: mayor a 6
D60:	5.05	Fino:	34.9%	Clasificación SUCS:	GC	Cc: entre 1 y 3	Cc: entre 1 y 3

Procedimiento aplicado: FT-LC-03

El muestreo no se encuentra dentro del alcance de las actividades del Laboratorio.

Los resultados enviados se refieren únicamente a la muestra retenida en este informe.



Equipo utilizado: BA-01, HO-01, MA-20 A MA-30, MA-33, MA-34, AG-01.

Observación:

Elaboró

Revisó

Página:	1 de 4
Clave:	FT-LC-03
No. Revisión:	03
Fecha de emisión:	03/08/2022
Entrada en vigor:	03/08/2022

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACIÓN DEL COORDINADOR DE CALIDAD.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**CONSULTE S.A de C.V**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

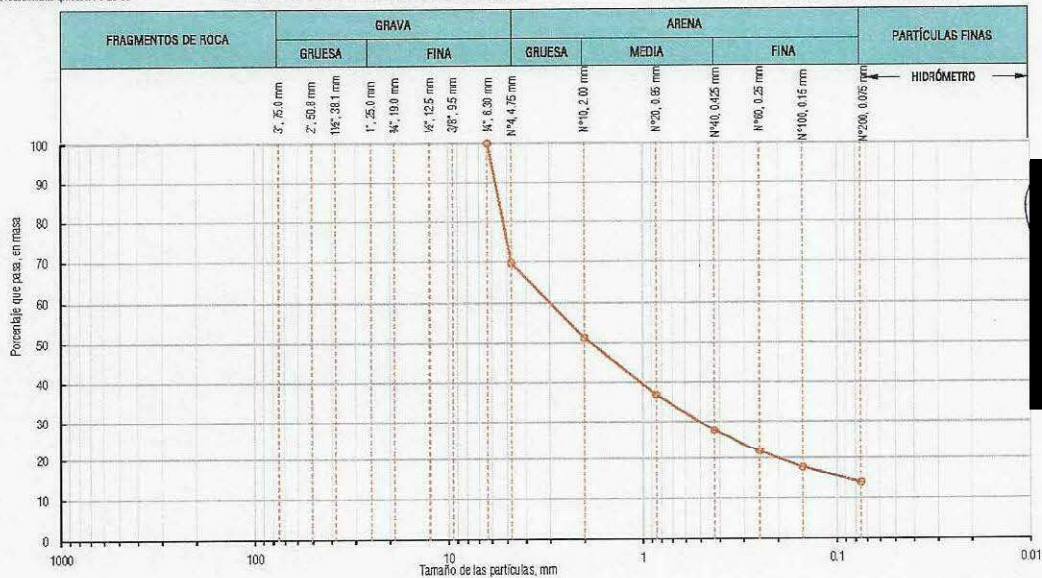
INFORME DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NMX-C-496-ONNCE-2014)									
No. de servicio:	P23-1111	No. de ensayo:	0975	Masa después del cuarteo (Pm3), g:	41.18 g				
No. de sondeo:	SPT-1 T-15	Masa de la muestra inicial:	59.18 g	Fechas					
No. de muestra:	19	Masa total retenida N°4 (Pm1):	18.00 g	Muestreo:	22/02/2023	Ensayo:	06/03/2023		
Profundidad (m):	12.60-12.88	Masa que pasa N°4 (Pm2):	41.18 g	Recepción:	01/03/2023	Informe:	07/03/2023		
Malla N°	Masa retenida (g)	% Masa retenida parcial	% Retenido Acumulado	% Material que pasa	Malla N°	Masa retenida (g)	% Masa retenida parcial	% Retenido Acumulado	% Material que pasa
75.0 mm (3")	—	—	—	—	2 mm (No.10)	10.85	18.3	48.7	51.3
50.0 mm (2")	—	—	—	—	0.85 mm (No.20)	8.62	14.6	63.3	36.7
37.5 mm (1 1/2")	—	—	—	—	0.425 mm (No.40)	5.40	9.1	72.4	27.6
25.0 mm (1")	—	—	—	—	0.25 mm (No.60)	3.43	5.8	78.2	21.8
19.0 mm (3/4")	—	—	—	—	0.15 mm (No.100)	2.50	4.2	82.5	17.5
12.5 mm (1/2")	—	—	—	—	0.075 mm (No.200)	2.20	3.7	86.2	13.8
9.5 mm (3/8")	—	—	—	—	Charola	8.18	13.8	100.0	0.0
6.3 mm (1/4")	0.00	0.0	0.0	100.0	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$				
4.75 mm (N° 4)	18.00	30.4	30.4	69.6					

Descripción de la muestra:		Arena limosa con grava, color olivo. La fracción fina se clasificó de forma visual y al tacto.					
D10:	—	Grava:	30.4%	Cu:	—	Para grava:	Para arena:
D30:	0.51	Arena:	55.8%	Cc:	—	Cu mayor a 4	Cu mayor a 6
D60:	3.02	Fino:	13.8%	Clasificación SUCS:	SM	Cc: entre 1 y 3	Cc: entre 1 y 3

Procedimiento aplicado: FT-LC-03

El muestreo no se encuentra dentro del alcance de las actividades del Laboratorio.

Los resultados analizados se refieren únicamente a la muestra retenida en este informe.



Equipo utilizado: BA-01, HC-01, MA-24 A MA-30, MA-33, MA-34, AG-01.

Observación:

Elaboró:

Página:	2 de 4	PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACIÓN DEL COORDINADOR DE CALIDAD. Progreso #115, 3er. piso, colonia Escandón, C.P. 11800, alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México. T. 55-2127-2855, 55-2127-2886, 55-2127-2893 consulte@grupo-sacmag.com.mx www.grupo-sacmag.com.mx
Clave:	FT-LC-03	
No. Revisión:	03	
Fecha de emisión:	03/08/2022	
Entrada en vigor:	03/08/2022	



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**CONSULTE S.A de C.V**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**INFORME DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NMX-C-496-ONNCOE-2014)**

No. de servicio:	P23-1111	No. de ensayo:	0901	Masa después del cuarteo (Pm3), g:	28.49 g				
No. de sondeo:	SPT-1 T-15	Masa de la muestra inicial:	33.46 g	Fechas					
No. de muestra:	25	Masa total retenida N°4 (Pm1):	4.97 g	Muestreo:	22/02/2023	Ensayo:	06/03/2023		
Profundidad (m):	16.20-16.80	Masa que pasa N°4 (Pm2):	28.49 g	Recepción:	01/03/2023	Informe:	07/03/2023		
Malla N°	Masa retenida (g)	% Masa retenida parcial	% Retenido Acumulado	% Material que pasa	Malla N°	Masa retenida (g)	% Masa retenida parcial	% Retenido Acumulado	% Material que pasa
75.0 mm (3")	---	---	---	---	2 mm (No.10)	4.43	13.2	28.1	71.9
50.0 mm (2")	---	---	---	---	0.85 mm (No.20)	3.86	11.5	39.6	60.4
37.5 mm (1 1/2")	---	---	---	---	0.425 mm (No.40)	2.68	8.0	47.6	52.4
25.0 mm (1")	---	---	---	---	0.25 mm (No.60)	2.03	6.1	53.7	46.3
19.0 mm (3/4")	---	---	---	---	0.15 mm (No.100)	1.99	5.9	59.7	40.3
12.5 mm (1/2")	---	---	---	---	0.075 mm (No.200)	2.11	6.3	66.0	34.0
9.5 mm (3/8")	---	---	---	---	Charola	11.39	34.0	100.0	0.0
6.3 mm (1/4")	0.00	0.0	0.0	100.0					
4.75 mm (N° 4)	4.97	14.9	14.9	85.1					

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

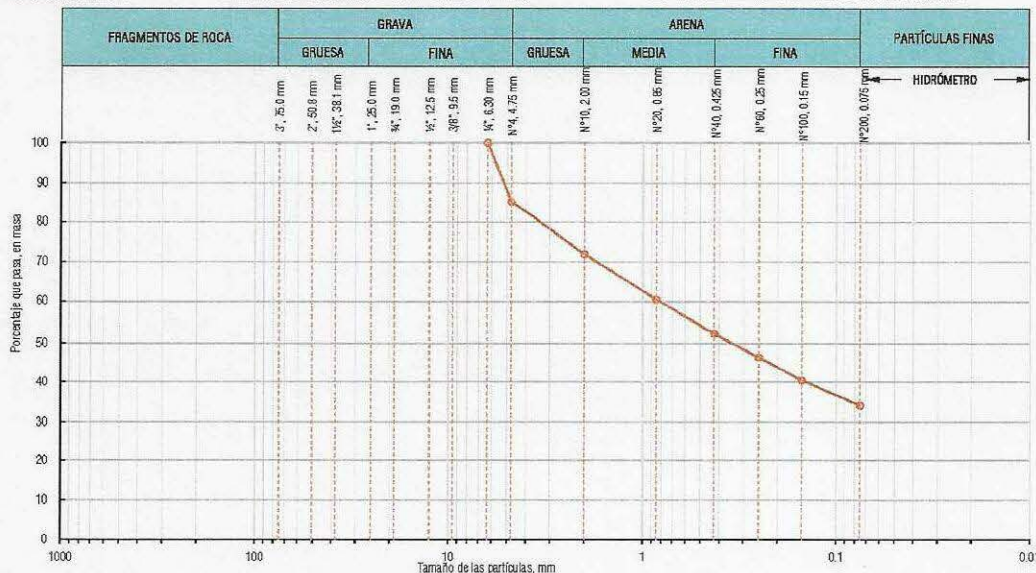
$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Descripción de la muestra:	Arena limosa, color blanco. La fracción fina se clasificó de forma visual y al tacto.						
D10:	---	Grava:	14.9%	C <sub>u</sub> :	---	Para grava:	Para arena:
D30:	---	Arena:	51.1%	C <sub>c</sub> :	---	C <sub>u</sub> mayor a 4	C <sub>c</sub> mayor a 6
D60:	0.82	Fino:	34.0%	Clasificación SUCS:	SM	C <sub>c</sub> entre 1 y 3	C <sub>c</sub> entre 1 y 3

Procedimiento aplicado: FT-LC-03

El muestreo no se encuentra dentro del alcance de las actividades del Laboratorio.

Los resultados analizados se reflejan únicamente a la muestra retenida en este informe.



Equipo utilizado: BA-01, HD-01, MA-24 A MA-30, MA-33, MA-34, AG-01.

Observación:

Elaboró

Laboratista

Página:	3 de 4	PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACIÓN DEL COORDINADOR DE CALIDAD. Progreso #115, 3er. piso, colonia Escandón, C.P. 11800, alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México. T. 55-2127-2855, 55-2127-2896, 55-2127-2893 consulte@grupo-sacmag.com.mx www.grupo-sacmag.com.mx
Clave:	FT-LC-03	
No. Revisión:	03	
Fecha de emisión:	03/08/2022	
Entrada en vigor:	03/08/2022	

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



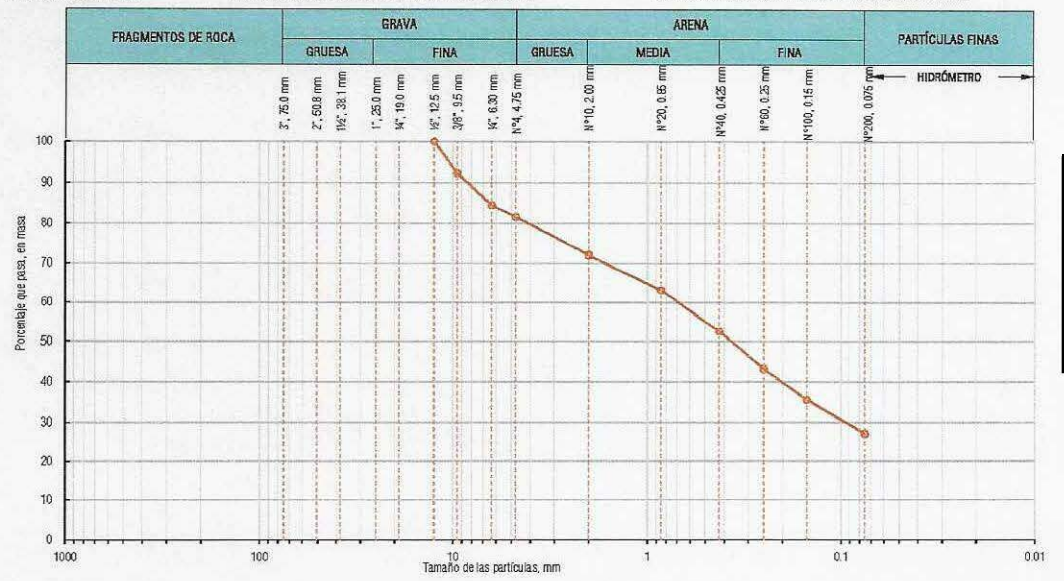
**CONSULTE S.A de C.V**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

INFORME DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NMX-C-496-ONNCE-2014)									
No. de servicio:	P23-1111	No. de ensayo:		1006	Masa después del cuarteo (Pm3), g:		50.36 g		
No. de sondeo:	SPT-1 T-15	Masa de la muestra inicial:		61.72 g	Fechas				
No. de muestra:	50	Masa total retenida N°4 (Pm1):		11.36 g	Muestreo:	22/02/2023	Ensayo:	05/03/2023	
Profundidad (m):	33.00-33.55	Masa que pasa N°4 (Pm2):		50.36 g	Recepción:	01/03/2023	Informe:	07/03/2023	
Malla N°	Masa retenida (g)	% Masa retenida parcial	% Retenido Acumulado	% Material que pasa	Malla N°	Masa retenida (g)	% Masa retenida parcial	% Retenido Acumulado	% Material que pasa
75.0 mm (3")	—	—	—	—	2 mm (No.10)	5.98	9.7	28.1	71.9
50.0 mm (2")	—	—	—	—	0.85 mm (No.20)	5.36	8.7	36.8	63.2
37.5 mm (1½")	—	—	—	—	0.425 mm (No.40)	6.64	10.8	47.5	52.5
25.0 mm (1")	—	—	—	—	0.25 mm (No.60)	5.81	9.4	57.0	43.0
19.0 mm (¾")	—	—	—	—	0.15 mm (No.100)	4.74	7.7	64.6	35.4
12.5 mm (½")	0.00	0.0	0.0	100.0	0.075 mm (No.200)	5.02	8.1	72.8	27.2
9.5 mm (¾")	4.81	7.8	7.8	92.2	Charola	16.81	27.2	100.0	0.0
6.3 mm (¼")	4.69	7.6	15.4	84.6					
4.75 mm (N° 4)	1.86	3.0	18.4	81.6					

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$$

Descripción de la muestra:						
Arena limosa con grava, color café claro. La fracción fina se clasificó de forma visual y al tacto.						
D10:	—	Grava:	18.4%	C <sub>u</sub> :	—	Para grava
D30:	0.09	Arena:	54.4%	C <sub>c</sub> :	—	Para arena
D60:	0.69	Fino:	27.2%	Clasificación SUCS:	SM	C <sub>u</sub> : mayor a 4 C <sub>c</sub> : entre 1 y 3

Procedimiento aplicado: FT-LC-03. El muestreo no se encuentra dentro del alcance de las actividades del Laboratorio. Los resultados omitidos se refieren únicamente a la muestra retenida en este informe.



Equipo utilizado: BA-01, HO-01, MA-22 A MA-30, MA-33, MA-34, AG-01

Observación: \_\_\_\_\_

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**CONSULTE S.A de C.V**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**INFORME DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (NMX-C-493-ONNCE-2018)**

N° de servicio	N° de sondeo:	SPT-1 T-15	N° de muestra:	2	Profundidad (m):	0.60-1.03	N° de ensayo:	0958
P23-1111	Fecha muestreo:	22/02/2023	Fecha recepción:	01/03/2023	Fecha de ensayo:	03/03/2023	Fecha de Informe:	06/03/2023

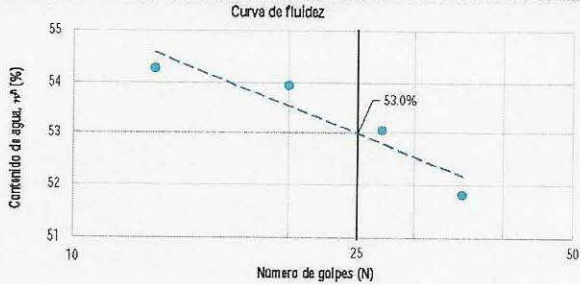
**CONTENIDO DE AGUA DEL LÍMITE LÍQUIDO (MÉTODO MULTIPUNTO)**

Prueba N°	Cápsula N°	Masa cápsula (m <sub>cap</sub> )	N° de golpes (N)	masa cápsula + masa suelo hamedo (m <sub>cap</sub> +m <sub>sh</sub> )	masa cápsula + masa suelo seco (m <sub>cap</sub> +m <sub>ss</sub> )	masa agua (m <sub>agua</sub> )	masa solidos (m <sub>solidos</sub> )	Contenido de agua % <sup>w</sup>
1	022	12.00 g	35	21.67 g	18.37 g	3.30 g	6.37 g	51.8 %
2	024	15.57 g	27	25.58 g	22.11 g	3.47 g	6.54 g	53.1 %
3	012	12.12 g	20	22.08 g	18.59 g	3.49 g	6.47 g	53.9 %
4	035	12.16 g	13	22.08 g	18.59 g	3.49 g	6.43 g	54.3 %

**CONTENIDO DE AGUA DEL LÍMITE PLÁSTICO**

Prueba N°	Cápsula N°	Masa cápsula (m <sub>cap</sub> )	masa cápsula + masa suelo hamedo (m <sub>cap</sub> +m <sub>sh</sub> )	masa cápsula + masa suelo seco (m <sub>cap</sub> +m <sub>ss</sub> )	masa agua (m <sub>agua</sub> )	masa solidos (m <sub>solidos</sub> )	Contenido de agua % <sup>w</sup>	Contenido de agua promedio % <sup>w</sup> <sub>LP</sub>
1	071	15.56 g	22.59 g	20.90 g	1.69 g	5.34 g	31.6 %	31.8 %
2	067	11.99 g	19.89 g	17.98 g	1.91 g	5.99 g	31.9 %	

Procedimiento aplicado: PT-LC-04. El muestreo no se encuentra dentro del alcance de las actividades del Laboratorio. Los resultados analíticos se refieren únicamente a la muestra referida en este informe.

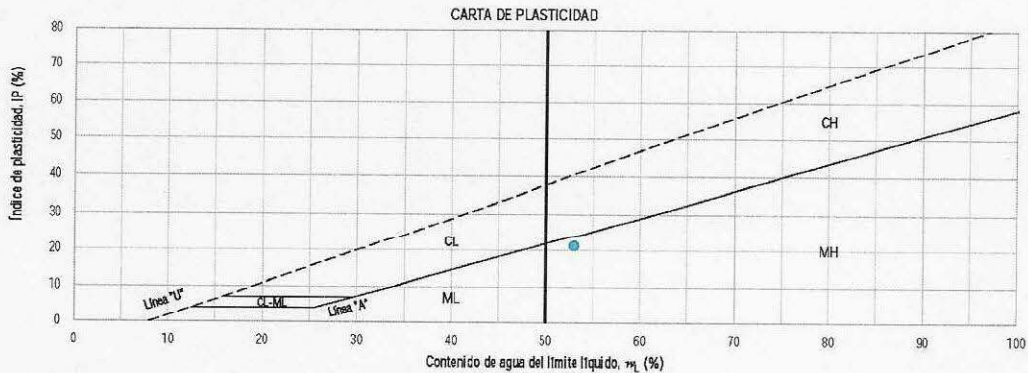


Límite líquido, % <sub>LL</sub> *	Límite plástico, % <sub>LP</sub> *
53.0 %	31.8 %

Índice de plasticidad, IP (%)*	Simbología SUCS
21.2 %	MH

Descripción de la muestra
Limo de alta plasticidad color olivo

$$\%w = \frac{(m_{cap} + m_{sh}) - (m_{cap} - m_{ss})}{(m_{cap} + m_{ss}) - (m_{cap})} = \frac{m_{agua}}{m_{sólido}} \times 100$$



Observaciones: \_\_\_\_\_

Equipo utilizado: CO-02, RP-01, MA-12, HO-1, BA-03, ES-02, CV-01, PV-02

Página:	1 de 5
Clave:	FT-LC-04
No. Revisión:	03
Fecha de emisión:	03/09/2022
Entrada en vigor:	03/08/2022

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACIÓN DEL COORDINADOR DE CALIDAD.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



CONSULTE S.A de C.V  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (NMX-C-493-ONNCE-2018)

N° de servicio	N° de sondeo:	SPT-1 T-15	N° de muestras:	8	Profundidad (m):	4.20-4.45	N° de ensayo:	0954
P23-1111	Fecha muestreo:	22/02/2023	Fecha recepción:	01/03/2023	Fecha de ensayo:	03/03/2023	Fecha de informe:	06/03/2023

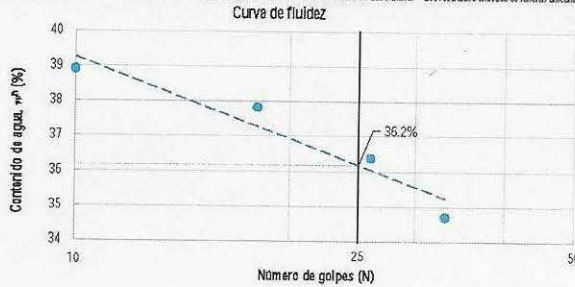
CONTENIDO DE AGUA DEL LÍMITE LÍQUIDO (MÉTODO MULTIPUNTO)

Prueba N°	Cápsula N°	Masa capsula (m <sub>cap</sub> )	N° de golpes (N)	masa capsula + masa suelo húmedo (m <sub>cap</sub> +m <sub>sh</sub> )	masa capsula + masa suelo seco (m <sub>cap</sub> +m <sub>ss</sub> )	masa agua (m <sub>agua</sub> )	masa sólidos (m <sub>sólidos</sub> )	Contenido de agua w <sub>L</sub> %
1	051	15.44 g	33	25.53 g	22.93 g	2.60 g	7.49 g	34.7 %
2	002	15.99 g	26	25.36 g	22.86 g	2.50 g	6.87 g	36.4 %
3	034	16.01 g	18	26.21 g	23.41 g	2.80 g	7.40 g	37.8 %
4	028	12.06 g	10	22.09 g	19.28 g	2.81 g	7.22 g	38.9 %

CONTENIDO DE AGUA DEL LÍMITE PLÁSTICO

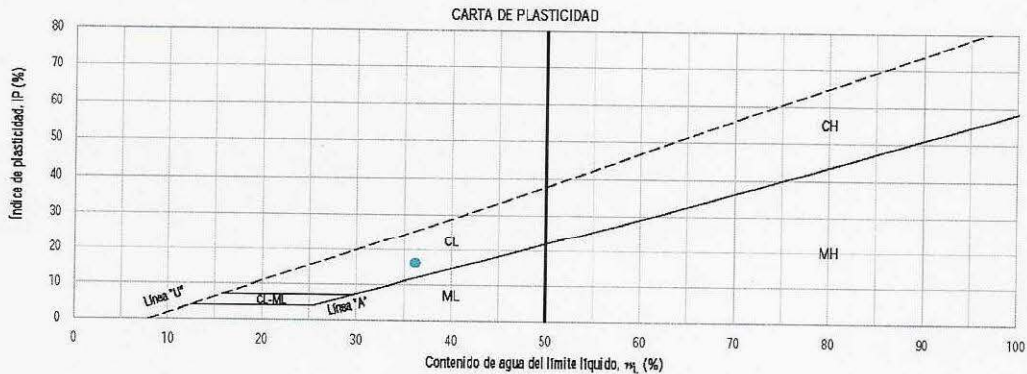
Prueba N°	Cápsula N°	Masa capsula (m <sub>cap</sub> )	masa capsula + masa suelo húmedo (m <sub>cap</sub> +m <sub>sh</sub> )	masa capsula + masa suelo seco (m <sub>cap</sub> +m <sub>ss</sub> )	masa agua (m <sub>agua</sub> )	masa sólidos (m <sub>sólidos</sub> )	Contenido de agua w <sub>p</sub> %	Contenido de agua promedio w <sub>p</sub> LP
1	032	12.07 g	20.18 g	18.83 g	1.35 g	6.76 g	20.0 %	20.0%
2	045	15.70 g	23.30 g	22.03 g	1.27 g	6.33 g	20.1 %	

Procedimiento aplicado: FT-LC-04. El muestreo no se ejecutó dentro del alcance de las actividades del Laboratorio. Los resultados emitidos se refieren únicamente a la muestra referida en esta informe.



Límite líquido, w <sub>L</sub> %*	Límite plástico, w <sub>p</sub> %*
36.2 %	20.0 %
Índice de plasticidad, IP (%)*	Símbologa SUCS
16.2 %	CL
Descripción de la muestra	
Arcilla de baja plasticidad color olivo	

$$w\% = \frac{(m_{cap} + m_{sh}) - (m_{cap} + m_{ss})}{(m_{cap} + m_{ss}) - (m_{cap})} = \frac{m_{agua}}{m_{sólido}} \times 100$$



Observaciones: \_\_\_\_\_

Equipo utilizado: CO-02, RP-01, MA-12, HO-1, BA-03, ES-02, CV-01, PV-02

Página:	2 de 5
Clave:	FT-LC-04
No. Revisión:	03
Fecha de emisión:	03/08/2022
Entrada en vigor:	03/09/2022

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACIÓN DEL COORDINADOR DE CALIDAD.

Progreso #115, 3er. piso, colonia Escandón, C.P. 11800, alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México, T. 55-2127-2885, 55-2127-2886, 55-2127-2833  
consulte@grupo-sacmag.com.mx www.grupo-sacmag.com.mx

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-IMP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



CONSULTE S.A de C.V  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

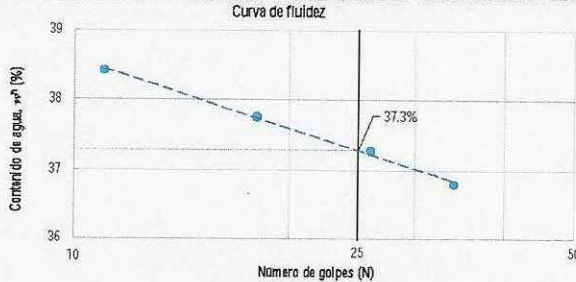
**INFORME DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (NMX-C-493-ONNCE-2018)**

N° de servicio	N° de sondeo:	SPT-1 T-15	N° de muestra:	16	Profundidad (m):	9.00-9.24	N° de ensayo:	0972
P23-1111	Fecha muestreo:	22/02/2023	Fecha recepción:	01/03/2023	Fecha de ensayo:	03/03/2023	Fecha de informe:	06/03/2023

CONTENIDO DE AGUA DEL LÍMITE LÍQUIDO (MÉTODO MULTIPUNTO)								
Prueba N°	Cápsula N°	Masa cápsula (m <sub>cap</sub> )	N° de golpes (N)	masa cápsula + masa suelo húmedo (m <sub>cap</sub> +m <sub>sh</sub> )	masa cápsula + masa suelo seco (m <sub>cap</sub> +m <sub>ss</sub> )	masa agua (m <sub>agua</sub> )	masa sólidos (m <sub>sólidos</sub> )	Contenido de agua w <sub>L</sub> %
1	055	16.29 g	34	26.03 g	23.41 g	2.62 g	7.12 g	36.8 %
2	027	15.77 g	26	25.86 g	23.12 g	2.74 g	7.35 g	37.3 %
3	043	12.65 g	18	21.67 g	19.20 g	2.47 g	6.54 g	37.8 %
4	038	15.07 g	11	24.51 g	21.89 g	2.62 g	6.82 g	38.4 %

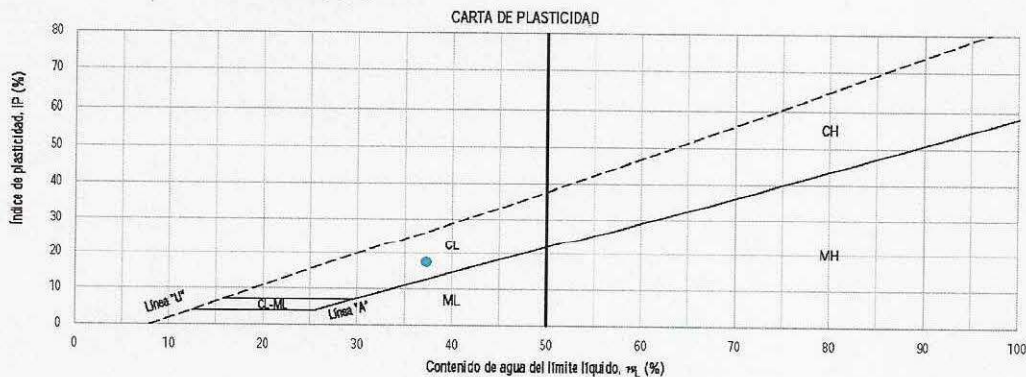
CONTENIDO DE AGUA DEL LÍMITE PLÁSTICO								
Prueba N°	Cápsula N°	Masa cápsula (m <sub>cap</sub> )	masa cápsula + masa suelo húmedo (m <sub>cap</sub> +m <sub>sh</sub> )	masa cápsula + masa suelo seco (m <sub>cap</sub> +m <sub>ss</sub> )	masa agua (m <sub>agua</sub> )	masa sólidos (m <sub>sólidos</sub> )	Contenido de agua w <sub>P</sub> %	Contenido de agua promedio w <sub>P</sub> P %
1	010	12.15 g	17.90 g	16.95 g	0.95 g	4.80 g	19.8 %	19.8 %
2	031	15.14 g	21.89 g	20.77 g	1.12 g	5.63 g	19.9 %	

Procedimiento aplicado: FT-LC-04. El muestreo se ejecuta dentro del alcance de las actividades del Laboratorio. Los resultados obtenidos se refieren únicamente a la muestra referida en este informe.



Límite líquido, w <sub>LL</sub> %	Límite plástico, w <sub>LP</sub> %
37.3 %	19.8 %
Índice de plasticidad, IP (%)	Simbología SUCS
17.4 %	CL
Descripción de la muestra	
Arcilla de baja plasticidad color olivo	

$$w\omega = \frac{(m_{cap} + m_{sh}) - (m_{cap} + m_{ss})}{(m_{cap} + m_{ss}) - (m_{cap})} = \frac{m_{agua}}{m_{sólido}} \times 100$$



Observaciones: \_\_\_\_\_

Equipo utilizado: CO-02, RP-01, MA-12, HO-1, BA-03, ES-02, CV-01, PV-02

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**CONSULTE S.A de C.V  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**INFORME DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (NMX-C-493-ONNCE-2018)**

N° de servicio:	N° de sondeo:	SPT-1 T-15	N° de muestra:	32	Profundidad (m):	21.00-21.60	N° de ensayo:	0988
P23-1111	Fecha muestreo:	22/02/2023	Fecha recepción:	01/03/2023	Fecha de ensayo:	03/03/2023	Fecha de informe:	06/03/2023

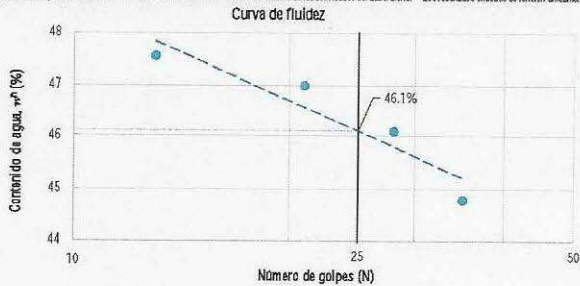
**CONTENIDO DE AGUA DEL LÍMITE LÍQUIDO (MÉTODO MULTIPUNTO)**

Prueba N°	Cápsula N°	Masa cápsula (m <sub>cap</sub> )	N° de golpes (N)	masa cápsula + masa suelo húmedo (m <sub>cap</sub> +m <sub>sh</sub> )	masa cápsula + masa suelo seco (m <sub>cap</sub> +m <sub>ss</sub> )	masa agua (m <sub>agua</sub> )	masa sólidos (m <sub>sólidos</sub> )	Contenido de agua w <sup>*</sup>
1	040	16.29 g	35	25.44 g	22.61 g	2.83 g	6.32 g	44.8 %
2	007	16.98 g	28	25.95 g	23.12 g	2.83 g	6.14 g	46.1 %
3	014	12.70 g	21	22.21 g	19.17 g	3.04 g	6.47 g	47.0 %
4	066	10.92 g	13	19.92 g	17.02 g	2.90 g	6.10 g	47.5 %

**CONTENIDO DE AGUA DEL LÍMITE PLÁSTICO**

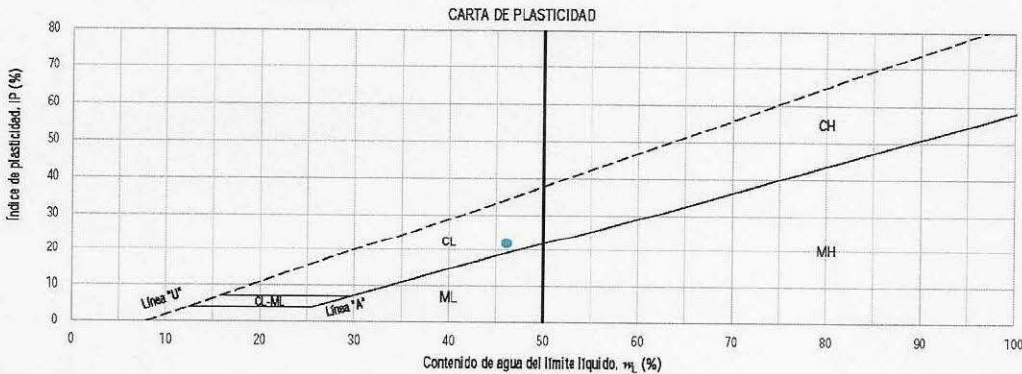
Prueba N°	Cápsula N°	Masa cápsula (m <sub>cap</sub> )	masa cápsula + masa suelo húmedo (m <sub>cap</sub> +m <sub>sh</sub> )	masa cápsula + masa suelo seco (m <sub>cap</sub> +m <sub>ss</sub> )	masa agua (m <sub>agua</sub> )	masa sólidos (m <sub>sólidos</sub> )	Contenido de agua w <sup>*</sup>	Contenido de agua promedio w <sup>IP</sup>
1	020	12.75 g	22.36 g	20.49 g	1.87 g	7.74 g	24.2 %	24.3 %
2	015	11.71 g	21.04 g	19.21 g	1.83 g	7.50 g	24.4 %	

Procedimiento aplicado: FT-LC-04. El muestreo no se encuentra dentro del alcance de las actividades del Laboratorio. Los resultados analizados se refieren únicamente a la muestra referida en este informe.



Límite líquido, w <sub>L</sub> <sup>*</sup>	Límite plástico, w <sub>IP</sub> <sup>*</sup>
46.1 %	24.3 %
Índice de plasticidad, IP (%) <sup>*</sup>	Símbología SUCS
21.8 %	CL
Descripción de la muestra	
Arcilla de baja plasticidad color blanco	

$$w_L = \frac{(m_{cap} + m_{sh}) - (m_{cap} - m_{ss})}{(m_{cap} + m_{ss}) - (m_{cap})} = \frac{m_{agua}}{m_{sólidos}} \times 100$$



Observaciones: \_\_\_\_\_

Equipo utilizado: \_\_\_\_\_ CO-02, RP-01, MA-12, HO-1, BA-03, ES-02, CV-01, PV-02

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



CONSULTE S.A de C.V  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

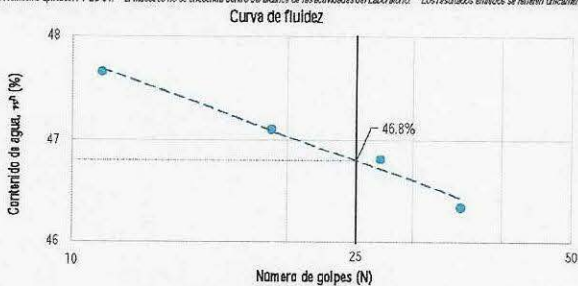
**INFORME DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (NMX-C-493-ONNCC-2018)**

N° de servicio:	N° de sonda:	SPT-1 T-15	N° de muestra:	38	Profundidad (m):	24.60-25.05	N° de ensayo:	0994
P23-1111	Fecha muestreo:	22/02/2023	Fecha recepción:	01/03/2023	Fecha de ensayo:	03/03/2023	Fecha de informe:	06/03/2023

CONTENIDO DE AGUA DEL LÍMITE LÍQUIDO (MÉTODO MULTIPUNTO)								
Prueba N°	Cápsula N°	Masa cápsula (m <sub>cap</sub> )	N° de golpes (N)	masa cápsula + masa suelo húmedo (m <sub>cap</sub> +m <sub>sh</sub> )	masa cápsula + masa suelo seco (m <sub>cap</sub> +m <sub>ss</sub> )	masa agua (m <sub>agua</sub> )	masa sólidos (m <sub>sólido</sub> )	Contenido de agua w <sub>L</sub> %
1	060	11.77 g	35	21.78 g	18.61 g	3.17 g	6.84 g	46.3 %
2	049	15.93 g	27	24.68 g	21.89 g	2.79 g	5.96 g	46.8 %
3	025	12.25 g	19	21.93 g	18.83 g	3.10 g	6.58 g	47.1 %
4	070	16.32 g	11	26.11 g	22.95 g	3.16 g	6.63 g	47.7 %

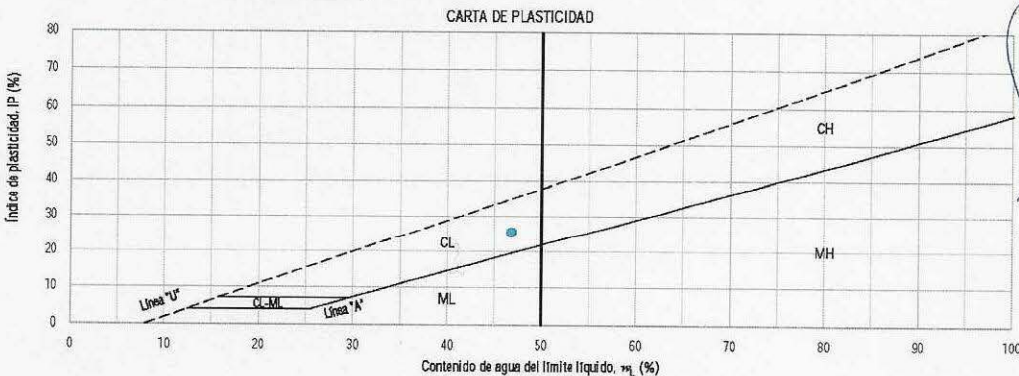
CONTENIDO DE AGUA DEL LÍMITE PLÁSTICO								
Prueba N°	Cápsula N°	Masa cápsula (m <sub>cap</sub> )	masa cápsula + masa suelo húmedo (m <sub>cap</sub> +m <sub>sh</sub> )	masa cápsula + masa suelo seco (m <sub>cap</sub> +m <sub>ss</sub> )	masa agua (m <sub>agua</sub> )	masa sólidos (m <sub>sólido</sub> )	Contenido de agua w <sub>P</sub> %	Contenido de agua promedio w <sub>P</sub> %
1	073	12.54 g	20.38 g	19.00 g	1.38 g	6.46 g	21.4 %	21.2 %
2	001	12.00 g	19.35 g	18.07 g	1.28 g	6.07 g	21.1 %	

Procedimiento aplicado: PFLC-04. El muestreo no se encuentra dentro del alcance de las actividades del Laboratorio. Los resultados emitidos se refieren únicamente a la muestra referida en este informe.



Límite líquido, w <sub>L</sub> %*	Límite plástico, w <sub>P</sub> %*
46.8 %	21.2 %
Índice de plasticidad, IP (%)*	Simbología SUCS
25.6 %	CL
Descripción de la muestra	
Arcilla de baja plasticidad color café claro	

$$\% \omega = \frac{(m_{cap} + m_{sh}) - (m_{cap} + m_{ss})}{(m_{cap} + m_{ss}) - m_{cap}} = \frac{m_{agua}}{m_{sólido}} \times 100$$



Observaciones: \_\_\_\_\_

Equipo utilizado: CO-02, RP-01, MA-12, HO-1, BA-03, ES-02, CV-01, PV-02

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



CONSULTE S.A de C.V  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

INFORME DE PORCENTAJE DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 200 (NMX-C-084-ONNCE-2018)														
No. servicio:		P23-1111		No. de sondeo:		SPT-1 T-15		Uso de detergente:		NO		Coordenadas:	---	
Fecha de muestreo:		22/02/2023		Fecha de recepción:		01/03/2023		Fecha de ensayo:		06/03/2023		Fecha de informe:		06/03/2023
Ensayo No.	Muestra No.	Tipo de muestra	Profundidad (m)		Masa seca de la muestra (g)		Masa retenida (g)		Gravas (%)	Arenas (%)	[A] Finos (%)*	Descripción de la muestra		
			de	a	[B] Antes de lavado	[C] Después de lavado	Grava	Arena						
0958	2	SPT	0.60	1.05	75.10	13.03	0.00	13.03	0.0	17.4	<b>82.6</b>	Limo de alta plasticidad con arena, color olivo.		
0964	8	SPT	4.20	4.45	60.15	18.03	0.00	18.03	0.0	31.3	<b>68.7</b>	Arcilla arenosa de baja plasticidad, color olivo.		
0977	21	SPT	13.80	14.24	96.90	85.52	11.84	73.68	12.2	76.0	<b>11.8</b>	Arena con limo, color olivo.		
0983	27	SPT	17.40	17.87	137.42	67.70	1.80	65.98	1.3	48.0	<b>50.7</b>	Limo arenoso, color café claro.		
0988	32	SPT	21.00	21.60	44.45	6.96	0.00	6.96	0.0	15.7	<b>84.3</b>	Arcilla de baja plasticidad con arena, color blanco.		
0994	38	SPT	24.60	25.05	34.00	10.24	0.00	10.24	0.0	30.1	<b>69.9</b>	Arcilla de alta plasticidad arenosa, color café claro.		
0999	43	SPT	27.60	27.83	38.76	7.78	0.00	7.70	0.0	20.1	<b>79.9</b>	Limo con arena, color café claro.		
1002	46	SPT	29.40	29.60	52.90	19.59	0.00	19.59	0.0	37.0	<b>63.0</b>	Limo arenoso, color café claro.		
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---		

PROCEDIMIENTO APLICADO FT-LC-05

\* LOS RESULTADOS EMITIDOS SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LAS MUESTRAS REFERIDAS EN ESTE REPORTE

Equipo utilizado: HQ-01, BA-01, MA-32, MA-24, MA-09

Observaciones:

La muestra progresada inicialmente fue la No. 25, sin embargo, al no contar con material suficiente, se tomó la muestra 27.

$$A = \frac{B - C}{B} \times 100$$

Página	1 de 1
Clave	FT-LC-05
No. revisión	01
Fecha de impresión	07/06/2022
Entren en línea	01/06/2022

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, SIN PREVA AUTORIZACIÓN DEL COORDINADOR DEL CALIDAD.

Progreso #115, 3er. piso, colonia Escandón, C.P. 11600, alcaldía Miguel Alemán, Ciudad de México. T. 55-2127-2886, 55-2127-2896, 55-2127-2899  
consulte@grupo-sacmag.com.mx www.grupo-sacmag.com.mx



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-IMP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



CONSULTE S. A. de C. V.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



INFORME DE MASA VOLUMÉTRICA EN ESTADO NATURAL POR MÉTODO DE LA PARAFINA (M.MMP.1.08/03)

No. de servicio	Fecha de recepción	Fecha de ensayo	Ms	Mmp	Mmps	Vpms	Mp	Pp	Vp	Vm	γsat	
P23-1111	07/03/2023	06/03/2023	Masa de la muestra	Masa de la muestra + parafina	Masa de la muestra + parafina sumergida	Volumen de la muestra + parafina sumergida	Masa de la parafina	Densidad de la parafina	Volumen de la parafina	Volumen de la muestra	Masa volumétrica natural	
No. de sondeo	Fecha de muestreo	Fecha de Informe	Vpms	Mp								
SPT-1 T-15	22/02/2023	07/03/2023										
Ensayo No.	Muestra No.	Profundidad (m)		Ms (g)	Mmp (g)	Mmps (g)	Vpms (cm³)	Mp (g)	Pp	Vp (cm³)	Vm (cm³)	γsat (kg/m³)
		de	a	A	B	C	D	E	F	G	H	I
0964	8	4.20	4.45	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0968	12	6.60	7.03	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0972	16	9.00	9.24	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0981	25	16.20	16.80	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0988	32	21.00	21.60	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0994	38	24.60	25.05	---	---	---	---	---	---	---	---	---
0999	45	27.60	27.83	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

$D = B - C$

$G = \frac{E}{F}$

$I = \frac{A}{H}$

Equipo utilizado: \_\_\_\_\_  
Observaciones: \_\_\_\_\_

$E = B - A$

$H = D - G$

No se dispone de material que cumple con las características para la realización del ensayo.

Registro	1 de 1	PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN PREVALENTIA DE LA AUTORIZACIÓN DEL COORDINADOR DE CALIDAD
Clase	ET-IC-25	
No. Revisión	02	
Fecha de emisión	03/03/2023	Proyecto #115, Av. pta. Colón Escambrón, Alcaldía Miguel Alemán, Ciudad del México, C.P. 11800, T. 55-2127-2885, 55-2127-2886, 55-2127-2883
Emisión en vigor	03/03/2023	consulte@grupo-sacmag.com.mx www.grupo-sacmag.com.mx

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

**12. ANEXO 4. PRUEBAS DE FICÓMETRO**

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-IMP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ENSAYE DE PHICOMETRO**  
CEN TC 341/ARG 5 N 53 E  
CALIBRACIÓN Y CONTACTO DIENTES-SUELO

PROYECTO: Cablebus Línea 3

UBICACIÓN: Av. Constituyentes

SOLICITADO: Torre 15

FECHA: 28/02/2023

PROYECTO: 1

PROFUNDIDAD: 2.0 [m]

RAP: No identificado [m]

TITULO: 476785.4

OTM V: 2144784 E

OTM X: -

CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRIL

LONGITUD DE LA SONDA [m]: 0.23

DIÁMETRO DE LA SONDA [cm]: 5

TIPO DE MEMBRANA: Standard

herramienta de perforación: Edicor 217M

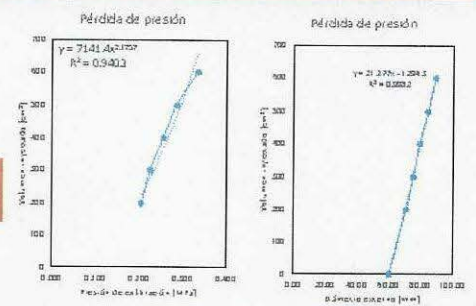
DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [cm]: 6.25

ALTURA DE LA CONSOLA [m]: 1

NIVEL DE LOS DÓS POR ENCIMA DE LAS CORDA b): 1

**Calibración de la sonda**

No.	Volumen inyectado V [cm³]	Presión P [MPa]	P <sub>1</sub> [MPa]	P <sub>2</sub> [MPa]	Diámetro 5° o 6° diámetro D <sub>50</sub> [mm]	P <sub>50</sub> [MPa]
0	0	0.00	0.000	0.005	60.42	0.055
1	200	2.00	0.200	0.205	70.84	0.255
2	300	2.20	0.220	0.225	75.32	0.275
3	400	2.30	0.230	0.235	79.18	0.305
4	500	2.80	0.280	0.285	84.30	0.335
5	600	3.30	0.330	0.335	88.95	0.385

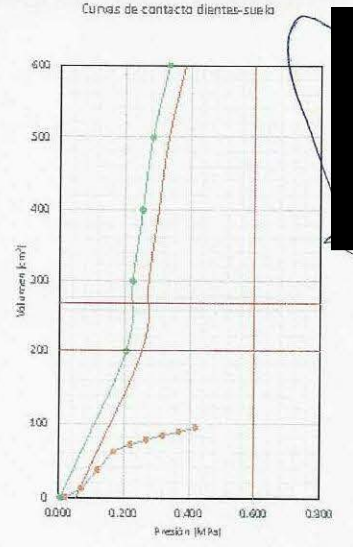


Control de control de las condiciones de operación de la sonda pieométrica

V [cm³]	M. Estándar d <sub>1</sub> [mm]	F <sub>1</sub> [MPa]	M. Referencia d <sub>2</sub> [mm]	F <sub>2</sub> [MPa]	Verificación	Recomendación
200	[68, 72]	0.180	[68, 72]	0.210	Soda ACEPTABLE	Limpieza de sonda
300	[73, 84]	0.210	[79, 84]	0.260	Soda ACEPTABLE	Soda ACEPTABLE

**Curvas de contacto dientes-suelo**

No.	Presión [MPa]	Volumen [cm³]	V <sub>10%</sub>	V <sub>20%</sub>	V <sub>30%</sub>	V <sub>40%</sub>	V <sub>50%</sub>	V <sub>60%</sub>	V <sub>70%</sub>	V <sub>80%</sub>	V <sub>90%</sub>	V <sub>100%</sub>	Orden de inserción	Curva	P [MPa]	V [cm³]
0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	0.020	0	
1	0.50	0.30	0.30	10	12	2	12	-	-	-	-	-	-	0.070	12	
2	1.00	1.00	0.300	35	37	2	25	1.000	-	-	-	-	-	0.120	37	
3	1.50	1.50	0.300	60	61	1	34	0.500	-	-	-	-	-	0.170	61	
4	2.00	2.00	0.300	70	71	1	10	1.000	Continuar	0.220	71	-	-	0.220	71	
5	2.50	2.50	0.300	76	77	1	6	1.000	Continuar	0.270	77	-	-	0.270	77	
6	3.00	3.00	0.300	82	83	1	6	1.000	Continuar	0.320	83	-	-	0.320	83	
7	3.50	3.50	0.300	87	88	1	5	1.000	Continuar	0.370	88	-	-	0.370	88	
8	4.00	4.00	0.300	93	94	1	6	1.000	Continuar	0.420	94	-	-	0.420	94	



**Coefficientes**

Es fundamental hacer la inspección visual de la curva en cada paso

c = 21.277  
 d = -1294.300  
 e = 0.047  
 d = 60.851  
 a = 2.174  
 b = 7141.4  
 a = 0.017  
 b = 0.460

**INCREMENTOS**

PL [MPa]	dP [bar]
[0.3, 1.0]	0.50
[1.0, >1.0]	1.00

El primer paso consiste de presión, por lo que se debe de hacer una  
 verificación cuando exista una diferencia de 0.05 MPa o 0.5 bar entre dos curvas del lado de cable

**Observaciones**

La medición de los diámetros del glicómetro en el depósito de prueba se  
 está haciendo por la sonda y regular el depósito de prueba. Por tanto, las  
 lecturas aquí presentadas son las medidas reales y no una reducción  
 de la zona inferior del depósito al caso del depósito de prueba  
 La prueba fue realizada a presión del sistema con el sistema de  
 operar con un sistema de referencia para la construcción, generación  
 del depósito de prueba  
 La construcción completa con la zona superior del depósito de  
 prueba se está haciendo de P<sub>1</sub> con una M<sub>1</sub> con

**DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL**

Descripción	Límite superior
STC (%)	-
W (%)	-
SL (%)	-
LL (%)	50/20

\* El llenado de la celda se hizo, evitar modificar cables en  
 ningún momento



**ENSAYE DE PHICÓMETRO  
CENTC 341 AWG 5 N53 E  
CALIBRACIÓN Y CONTACTO BIENES-SUELO**

PROYECTO: <b>Cablebus Línea 3</b>	PROYECTO	CARACTERÍSTICAS DE LA Sonda Y EL BARRIDO
UBICACIÓN: <b>Av. Constituyentes</b>	UBICACIÓN	LONGITUD DE LA Sonda [m] <b>0.23</b>
SOLUCIÓN: <b>Torre 15</b>	SOLUCIÓN	DIÁMETRO DE LA Sonda [cm] <b>5</b>
FECHA: <b>28/02/2023</b>	FECHA	TIPO DE MEMBRANA <b>Standard</b>
PROFUNDIDAD: <b>1</b>	PROFUNDIDAD	TIPO DE MEMBRANA
GRAD: <b>2.0</b>	GRAD	DIÁMETRO DE PESQUERACIÓN <b>30.00</b>
GRAD: <b>Identificado</b>	GRAD	DIÁMETRO DE PESQUERACIÓN [cm] <b>6.35</b>
		ALTURA DE LA CONSOLA [m] <b>1</b>
		NIVEL DEL CODO POR ENCIMA DE LA Sonda [m] <b>1</b>

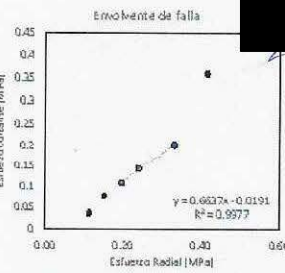
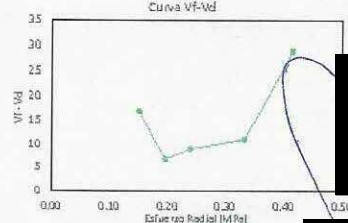
Prueba de phicómetro											
Fase	1	ΔL [mm]	T [s]	Fase	2	ΔL [mm]	T [s]	Fase	3	ΔL [mm]	T [s]
E <sub>1</sub> [Bar]	2.5	1	0.300	E <sub>1</sub> [Bar]	3.0	1	1.800	E <sub>1</sub> [Bar]	3.5	1	5.200
E <sub>2</sub> [Bar]	2.7	2	0.500	E <sub>2</sub> [Bar]	3.2	2	2.600	E <sub>2</sub> [Bar]	3.7	2	5.400
V <sub>100</sub> [cm³]	121	3	0.700	V <sub>100</sub> [cm³]	131	3	2.900	V <sub>100</sub> [cm³]	151	3	5.400
V <sub>200</sub> [cm³]	121	4	1.000	V <sub>200</sub> [cm³]	152	4	3.400	V <sub>200</sub> [cm³]	152	4	5.400
V <sub>300</sub> [cm³]	128	5	1.200	V <sub>300</sub> [cm³]	149	5	3.600	V <sub>300</sub> [cm³]	159	5	
V <sub>400</sub> [cm³]	7	6	1.600	V <sub>400</sub> [cm³]	17	6	3.600	V <sub>400</sub> [cm³]	7	6	
T <sub>1</sub> [s]	1.8	7	1.800	T <sub>1</sub> [s]	3.8	7	3.800	T <sub>1</sub> [s]	5.4	7	

Fase	4	ΔL [mm]	T [s]	Fase	5	ΔL [mm]	T [s]	Fase	6	ΔL [mm]	T [s]
E <sub>1</sub> [Bar]	4.0	1	6.900	E <sub>1</sub> [Bar]	5.0	1	9.900	E <sub>1</sub> [Bar]	6.0	1	14.500
E <sub>2</sub> [Bar]	4.2	2	7.100	E <sub>2</sub> [Bar]	5.2	2	10.100	E <sub>2</sub> [Bar]	6.2	2	15.300
V <sub>100</sub> [cm³]	162	3	7.100	V <sub>100</sub> [cm³]	176	3	10.100	V <sub>100</sub> [cm³]	197	3	15.500
V <sub>200</sub> [cm³]	163	4	7.100	V <sub>200</sub> [cm³]	177	4	10.100	V <sub>200</sub> [cm³]	199	4	16.500
V <sub>300</sub> [cm³]	172	5		V <sub>300</sub> [cm³]	188	5		V <sub>300</sub> [cm³]	228	5	17.700
V <sub>400</sub> [cm³]	9	6		V <sub>400</sub> [cm³]	11	6		V <sub>400</sub> [cm³]	29	6	18.100
T <sub>1</sub> [s]	7.1	7		T <sub>1</sub> [s]	10.1	7		T <sub>1</sub> [s]	18.6	7	18.600

Fase	7	ΔL [mm]	T [s]	Fase	8	ΔL [mm]	T [s]
E <sub>1</sub> [Bar]	7.0	1	20.200	E <sub>1</sub> [Bar]	8.0	1	
E <sub>2</sub> [Bar]	7.2	2	21.200	E <sub>2</sub> [Bar]	8.2	2	
V <sub>100</sub> [cm³]	231	3	21.800	V <sub>100</sub> [cm³]		3	
V <sub>200</sub> [cm³]	232	4	22.300	V <sub>200</sub> [cm³]		4	
V <sub>300</sub> [cm³]	247	5	22.300	V <sub>300</sub> [cm³]		5	
V <sub>400</sub> [cm³]	15	6	22.300	V <sub>400</sub> [cm³]	0	6	
T <sub>1</sub> [s]	22.3	7		T <sub>1</sub> [s]	0.0	7	



Interpretación de resultados											
No.	E <sub>1</sub> [MPa]	E <sub>2</sub> [MPa]	E <sub>3</sub> [MPa]	E [MPa]	V <sub>100</sub>	V <sub>200</sub> [cm³]	V <sub>300</sub> [cm³]	V <sub>400</sub> [cm³]	ΔL [mm]	T <sub>1</sub> [s]	γ [MPa]
1	0.25	0.020	0.157	0.11	121	121	128	7	0.007	1.800	0.11
2	0.30	0.020	0.169	0.15	131	132	149	17	0.008	3.800	0.15
3	0.35	0.020	0.174	0.20	151	152	159	7	0.008	5.400	0.20
4	0.40	0.020	0.180	0.24	162	163	172	9	0.009	7.300	0.24
5	0.50	0.020	0.198	0.29	176	177	188	11	0.009	10.100	0.29
6	0.60	0.020	0.205	0.41	197	199	228	29	0.012	18.600	0.41
7	0.70	0.020	0.213	0.51	231	232	247	15	0.012	22.300	0.51

c<sub>v</sub> [MPa] = 0.0000    m<sub>v</sub> [s] = 0.6637

**Observaciones:**  
 \*La inyección de los datos del phicómetro 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 indicativo de la característica de resistencia al depósito de suelo.  
 \*\*La prueba fue realizada a petición del cliente con el objetivo de contar con un parámetro indicativo para la caracterización geotécnica del depósito de suelo.  
 \*\*\*Se recomienda complementar la caracterización del depósito de suelo mediante ensayos de Phicómetro Manual.

DES PRECIPITACIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	
Estado:	Limo arenoso
FCU [kPa]:	-
γ <sub>s</sub> [kN/m³]:	-
γ <sub>sat</sub> [kN/m³]:	-
W <sub>L</sub> [%]:	30.00

La interpretación e integración de los parámetros geotécnicos aquí presentados en un modelo geotécnico, deberá realizarse por un Ingeniero Especialista en Geotecnia.

Resistencia al corte (kPa)	
c <sub>v</sub> [kPa] =	0
γ [kPa] =	34

\*El llenado se da en la zona de, sufrir modificaciones en campo, blanco o tarta.

**CABLEBUS LÍNEA 3**



**REPORTE FOTOGRÁFICO**  
**Phicómetro Prueba 1. Profundidad. 2.00m Torre 15**



Figura 1. Vista panorámica del sitio.



Figura 2. Inserción de la sonda del phicómetro.



Figura 3. Ejecución de prueba de phicómetro.



Figura 4. Sonda del phicómetro después de la prueba.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-IMP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

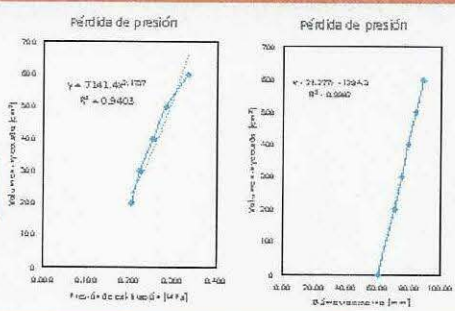


**ENSAJE DE PHICÓMETRO**  
**CEMTC 341 (W/C-5 N 53 E)**  
**CALIBRACIÓN Y CONTACTO DIENTES-SUELO**

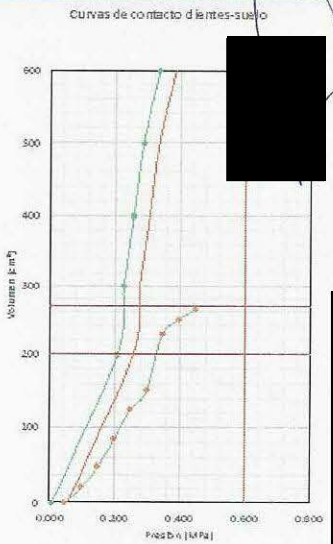
PROYECTO				CARACTERÍSTICAS DE LAS ONDA Y EL BARRERNO			
PROYECTO:	Cablebus Linea 3	UTIMX=	476788.42	LONGITUD DE LA ONDA (m):	0.23	TIPO DE MEMBRANA:	Standard
UBICACIÓN:	Ay Contrahantes Torre 15	UTIMY=	2144784.82	DIÁMETRO DE LA ONDA (cm):	6		
FECHA:	28/02/2023	UTIMZ=	-	ALTEZA DE LA CONSOLA (m):	1		
PROFUNDIDAD:	1			NIVEL DE LOTES POR ENCIMA DE LA SONDA (m):	6		
NAP:	R. Modificado [m]						

Calibración de la sonda							Curvas de calibración de la sonda picométrica	
No.	Volúmen Inyectado V [cm <sup>3</sup> ]	P. [kgf]	P. [MPa]	P. <sub>u</sub> [MPa]	Diferencia d <sub>u</sub> [mm]	P. <sub>u</sub> [MPa]		
0	0	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000		
1	200	2.00	0.200	0.200	70.84	0.200		
2	300	2.20	0.220	0.220	73.32	0.220		
3	400	2.30	0.230	0.230	79.18	0.230		
4	500	2.80	0.280	0.280	84.30	0.280		
5	600	3.30	0.330	0.330	89.50	0.330		

Criterio de control de las condiciones de operación de la sonda picométrica					
M. Estándar		M. Referencia			
V [cm <sup>3</sup> ]	d <sub>u</sub> [mm]	P. <sub>u</sub> [MPa]	d <sub>u</sub> [mm]	P. <sub>u</sub> [MPa]	Verificación
200	[18, 72]	0.180	[18, 72]	0.180	Cambio de sonda
300	[29, 84]	0.210	[29, 84]	0.200	Cambio de sonda



Contacto de dientes-suelo												Curvas de contacto dientes-suelo	
No.	P. <sub>u</sub>	P. <sub>u</sub>	P. <sub>u</sub>	V <sub>u</sub>	V <sub>u</sub>	ΔV <sub>u</sub> a	ΔV <sub>u</sub> b	ΔV <sub>u</sub> /ΔV <sub>u</sub>	Criterio de inserción	P. [MPa]	V. [cm <sup>3</sup> ]		
0	0.00	0.00	0.440	0	0	0	-	-	0.644	0			
1	0.30	0.30	0.840	18	23	3	23	0.11101	Continuar	0.894	25		
2	1.00	1.00	0.840	44	49	3	24	0.100	Continuar	0.141	49		
3	1.30	1.30	0.840	78	84	4	33	2.000	Continuar	0.194	84		
4	2.00	2.00	0.840	119	123	4	41	1.000	Continuar	0.284	123		
5	2.30	2.30	0.840	131	132	1	27	0.147	Continuar	0.294	131		
6	3.00	3.00	0.840	222	228	4	74	4.000	Continuar	0.344	228		
7	3.30	3.30	0.840	244	249	3	21	0.300	Continuar	0.394	249		
8	4.00	4.00	0.840	241	244	2	13	1.000	Continuar	0.444	244		



Es fundamental hacer la inspección visual de las curvas en cada paso

Coeficientes	
a =	21.277
b =	-1294.300
c =	0.947
d =	0.502
e =	1174
f =	741.4
g =	0.914
h =	0.872

El primer incremento de presión para la prueba de picómetro, se destacando así a una diferencia de 0.05 MPa o 0.5 bar sobre los cursos del lado derecho

INCREMENTOS	
PI [MPa]	0.50
AP [kgf]	1.00

**Observaciones:**  
\* De acuerdo con la información proporcionada por CONSULTE a la profundidad de ensayo se tienen múltiples convecciones a la penetración de sonda menores a 10 g/seg. Sin embargo, la gráfica de inserción de dientes atizada a material con movimiento inerte. Adicionalmente, al campo durante el tiempo que se hizo en la sonda se realizó al ensayo se encontraba molesta. Por tanto, los parámetros estimados deberán tomarse únicamente como un valor preliminar.

DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	
Descripción:	Arella arena e arcilla gruesa
SPU:	-
MP:	-
MS:	-
M <sub>u</sub> :	50.43

\* El llenado se da en las aristas, subterráneo cables en campo, blanco o verde

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ENSAYE DE PENETRÓMETRO  
CENTC 341 / WG 5 N 53 E  
CALIBRACIÓN Y CONTACTO DIENTE S-SUELO**

PROYECTO: Cablebús Torre 15

UBICACIÓN: Av. Constituyentes

SOLICITÓ: Torre 15

FECHA: 28/02/2023

PRUEBA: 2

PROFUNDIDAD: 2.5 [m]

PAR: No Identificado [m]

UTM X= 476768.42  
UTM Y= 2144784.82  
UTM Z= -

CARACTERÍSTICAS DE LA ONDA Y EL BARRERO

LONGITUD DE LA ONDA [m]: 0.23

DIÁMETRO DE LA ONDA [m]: 6

TIPO DE MEMBRANA: Standard

HEERRAMIENTA DE PERFORACIÓN: Bicón 1/2 1/2"

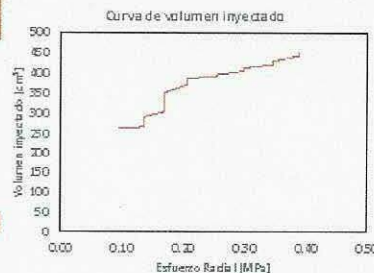
DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [cm]: 6.35

ALTURA DE LA CORONA [m]: 1

NIVEL DE LOS DODOS POR ENCIMA DE LA SUPERFICIE [m]: 6

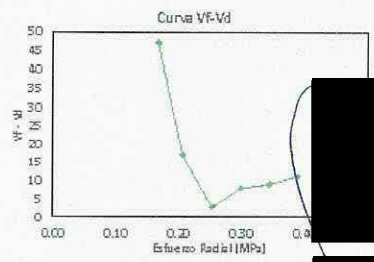
Fruto 1 de penetrómetro

Paso	1	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	2	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	3	ΔL [mm]	T [kN]
F <sub>1</sub> [bar]	2.5	1	0.300	F <sub>2</sub> [bar]	3.0	1	0.400	F <sub>3</sub> [bar]	3.5	1	3.500
F <sub>2</sub> [bar]	3.0	2	0.300	F <sub>4</sub> [bar]	3.5	2	0.800	F <sub>4</sub> [bar]	4.0	2	5.000
V <sub>200</sub> [cm³]	264	3	0.300	V <sub>300</sub> [cm³]	268	3	1.200	V <sub>300</sub> [cm³]	302	3	5.800
V <sub>400</sub> [cm³]	264	4		V <sub>400</sub> [cm³]	268	4	1.800	V <sub>400</sub> [cm³]	304	4	6.500
V <sub>5</sub> [cm³]	265	5		V <sub>5</sub> [cm³]	292	5	2.400	V <sub>5</sub> [cm³]	351	5	7.000
V <sub>6</sub> - V <sub>500</sub> [cm³]	1	6		V <sub>6</sub> - V <sub>500</sub> [cm³]	24	6	3.000	V <sub>6</sub> - V <sub>500</sub> [cm³]	47	6	7.400
T <sub>1</sub> [kN]	0.3	7		T <sub>1</sub> [kN]	3.4	7	3.400	T <sub>1</sub> [kN]	7.4	7	7.400



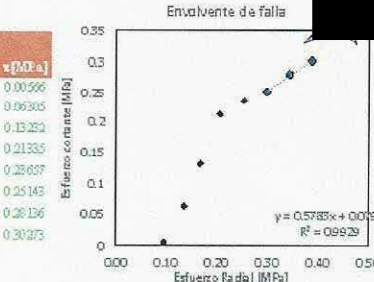
Fruto 2 de penetrómetro

Paso	4	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	5	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	6	ΔL [mm]	T [kN]
F <sub>1</sub> [bar]	4.0	1	10.600	F <sub>1</sub> [bar]	4.5	1	13.400	F <sub>1</sub> [bar]	5.0	1	14.600
F <sub>2</sub> [bar]	4.5	2	12.000	F <sub>2</sub> [bar]	5.0	2	13.800	F <sub>2</sub> [bar]	5.5	2	14.600
V <sub>200</sub> [cm³]	369	3	12.200	V <sub>300</sub> [cm³]	394	3	13.600	V <sub>300</sub> [cm³]	404	3	14.600
V <sub>400</sub> [cm³]	371	4	12.200	V <sub>400</sub> [cm³]	394	4	13.600	V <sub>400</sub> [cm³]	406	4	
V <sub>5</sub> [cm³]	388	5	12.200	V <sub>5</sub> [cm³]	397	5		V <sub>5</sub> [cm³]	414	5	
V <sub>6</sub> - V <sub>500</sub> [cm³]	17	6		V <sub>6</sub> - V <sub>500</sub> [cm³]	3	6		V <sub>6</sub> - V <sub>500</sub> [cm³]	9	6	
T <sub>1</sub> [kN]	12.2	7		T <sub>1</sub> [kN]	13.6	7		T <sub>1</sub> [kN]	14.6	7	



Fruto 3 de penetrómetro

Paso	7	ΔL [mm]	T [kN]	Paso	8	ΔL [mm]	T [kN]
F <sub>1</sub> [bar]	5.5	1	16.400	F <sub>1</sub> [bar]	6.0	1	17.900
F <sub>2</sub> [bar]	6.0	2	16.400	F <sub>2</sub> [bar]	6.5	2	18.000
V <sub>200</sub> [cm³]	421	3	16.500	V <sub>300</sub> [cm³]	442	3	18.000
V <sub>400</sub> [cm³]	422	4	16.500	V <sub>400</sub> [cm³]	444	4	18.000
V <sub>5</sub> [cm³]	431	5	16.500	V <sub>5</sub> [cm³]	435	5	
V <sub>6</sub> - V <sub>500</sub> [cm³]	9	6		V <sub>6</sub> - V <sub>500</sub> [cm³]	11	6	
T <sub>1</sub> [kN]	16.5	7		T <sub>1</sub> [kN]	18.0	7	



Interpretación de resultados

No.	F <sub>1</sub> [MPa]	F <sub>2</sub> [MPa]	F <sub>3</sub> [MPa]	F <sub>4</sub> [MPa]	V <sub>200</sub>	V <sub>300</sub> [cm³]	V <sub>400</sub>	V <sub>5</sub> - V <sub>500</sub> [cm³]	d <sub>1</sub> [m]	T <sub>1</sub> [kPa]	F <sub>1</sub> [kPa]	v [MPa]
1	0.25	0.046	0.199	0.10	264	264	265	1	0.073	0.300	0.18	0.00596
2	0.30	0.046	0.209	0.14	268	268	292	24	0.075	3.400	0.14	0.00305
3	0.35	0.046	0.220	0.17	302	304	351	47	0.077	7.400	0.17	0.13252
4	0.40	0.046	0.239	0.21	369	371	388	17	0.079	12.200	0.21	0.21335
5	0.45	0.046	0.241	0.25	394	394	397	3	0.080	13.600	0.25	0.23637
6	0.50	0.046	0.246	0.30	404	406	414	8	0.080	14.600	0.30	0.25149
7	0.55	0.046	0.251	0.35	421	422	431	9	0.081	16.500	0.35	0.28126
8	0.60	0.046	0.257	0.39	442	444	435	11	0.082	18.000	0.39	0.30273

c<sub>1</sub> [MPa] = 0.0790      m<sub>1</sub> [ ] = 0.5785

**Observaciones:**

\* De acuerdo con la información proporcionada por CONSULTE, a la profundidad de ensayo se encuentran suelos con más tendencia a la penetración extendida mayores a 30 golpes. Sin embargo, la gráfica de inserción de dientes atienda a materiales con resistencias menores. Adicionalmente, el comportamiento o cambio de región que la curva de falla se muestra al momento de ser más allá de 10 golpes. Por tanto, los parámetros obtenidos, deberán tomarse únicamente como un valor indicativo.

DE LAS GRUPOS GEOTÉCNICA DEL MATERIAL

D <sub>50</sub> [%]	Amilla, arena o gravas
SUC [ ]	-
U <sub>c</sub> [%]	-
U <sub>s</sub> [%]	-
U <sub>z</sub> [%]	-
U <sub>z</sub> [%]	30.23

La interpretación e interpretación de los parámetros se realizó con el apoyo de un especialista geotécnico, debiendo revisarse el presente informe en el momento de la construcción.

Resistencia por compresión

c <sub>1</sub> [MPa]	79
m <sub>1</sub> [ ]	30

\* El llenado de la celda de ensayo, evitar mojar el suelo en naranja, blanco o azul.

**CABLEBUS LÍNEA 3**



**REPORTE FOTOGRÁFICO  
Phicómetro Prueba 2. Profundidad. 9.60m Torre 15**



Figura 1. Vista panorámica del sitio.



Figura 2. Inserción de la sonda del phicómetro



Figura 3. Ejecución de prueba de phicómetro.



Figura 4. Sonda del phicómetro después de la prueba.



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-IMP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ENSAYE DE PHICÓMETRO**

CEN/TC 341 /WG 5 N 53 E

CALIBRACIÓN Y CONTACTO DIENTES-SUELO

PROYECTO: Cablebus Línea 3

UBICACIÓN: Av. Constituyentes

SITIO: Torre 15

FECHA: 01/03/2023

PRUEBA: 3

PROFUNDIDAD: 17.0 [m]

RAP: No identificada [m]

UTM X= 476786.4  
UTM Y= 2144784.8  
UTM Z= -

**CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRINÓ**

LONGITUD DE LA SONDA [m]: 0.23

DIÁMETRO DE LA SONDA [cm]: 6

TIPO DE MEMBRANA: Standard

**HEBRAMIENTA DE PERFORACIÓN:** Bicónica 2 1/2"

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [cm]: 6.35

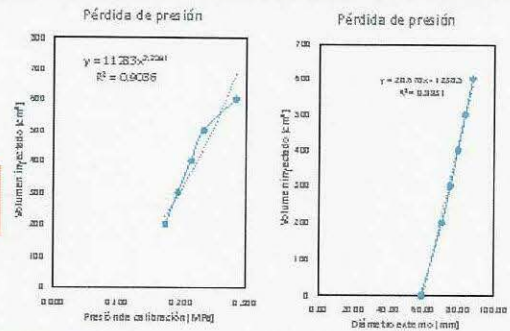
ALTURA DE LA CONSOLA [m]: 1

NIVEL DE Lodos POR ENCIMA DE LA SONDA [m]: 16

**Calibración de la sonda**

No.	Volumen inyectado V [cm <sup>3</sup> ]	P <sub>1</sub> [kg/cm <sup>2</sup> ]	P <sub>2</sub> [MPa]	P <sub>3</sub> [MPa]	P <sub>4</sub> [MPa]	D <sub>ext</sub> [mm]	P <sub>ext</sub> [MPa]
0	0	0.00	0.000	0.005	0.005	5890	0.055
1	200	1.70	0.170	0.175	0.175	7040	0.225
2	300	1.90	0.190	0.195	0.195	7530	0.245
3	400	2.10	0.210	0.215	0.215	7970	0.265
4	500	2.30	0.230	0.235	0.235	8390	0.285
5	600	2.80	0.280	0.285	0.285	8790	0.335

**Curvas de calibración de la sonda picométrica**



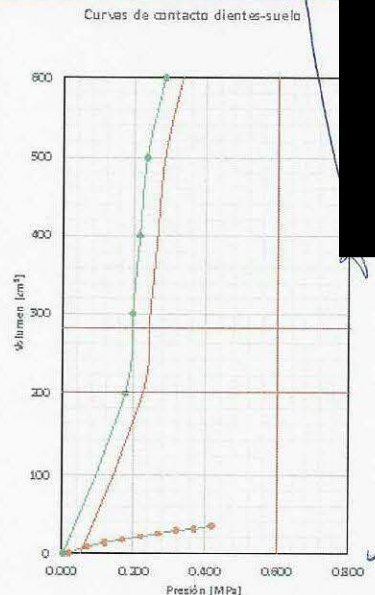
**Criterio de control de las condiciones de operación de la sonda picométrica**

V [cm <sup>3</sup> ]	M. Estándar		M. Reforzada		Verificación	Recomendación
	Δ [mm]	P <sub>1</sub> [MPa]	Δ [mm]	P <sub>1</sub> [MPa]		
200	[68, 72]	0.180	[68, 72]	0.220	Fecha ACEPTABLE	Limpieza de sonda
500	[79, 84]	0.240	[79, 84]	0.340	Fecha ACEPTABLE	Sonda ACEPTABLE

**Contacto dientes-suelo**

No.	Presión [kg/cm <sup>2</sup> ]		V <sub>ext</sub>	Volumen [cm <sup>3</sup> ]				Criterio de inserción	Curva	
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>		V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	ΔV <sub>1/2</sub>	ΔV <sub>2/3</sub>		F [MPa]	V [cm <sup>3</sup> ]
0	0.00	0.00	0.000	0	0	0	-	-	0.020	0
1	0.50	0.50	0.200	6	8	2	8	-	0.070	8
2	1.00	1.00	0.200	11	13	2	5	1.000	0.120	13
3	1.50	1.50	0.200	16	17	1	4	0.500	0.170	17
4	2.00	2.00	0.200	20	21	1	4	1.000	0.220	21
5	2.50	2.50	0.200	24	25	1	4	1.000	0.270	25
6	3.00	3.00	0.200	28	29	1	4	1.000	0.320	29
7	3.50	3.50	0.200	30	31	1	2	1.000	0.370	31
8	4.00	4.00	0.200	34	35	1	4	1.000	0.420	35

**Curvas de contacto dientes-suelo**



Es fundamental hacer la inspección visual de la curva en cada uso

**Coefficientes**

c = 20.678  
d<sub>1</sub> = -1238.500  
c = 0.046  
d<sub>2</sub> = 59.895  
a = 2.238  
b = 11.283  
a = 0.015  
b = 0.447

**INCREMENTOS**

EL [MPa]	ΔP [kg/cm <sup>2</sup> ]
[0.2, 1.0]	0.50
[1.0, >1.0]	1.00

El primer incremento de presión para la prueba de picómetro, se dará cuando exista una diferencia de 0.05MPa o 0.5 bar en los dos curvas dadas dentro

**Observaciones:**

\*La inserción de la sonda del picómetro en el depósito de suelo se realizó limitada por la altura y rigidez del depósito de suelo. Por tanto, los resultados aquí presentados obedecen a una situación como un indicador de la capacidad de resistencia al corte del depósito de suelo.

\*\*La prueba fue realizada a petición del cliente con el objeto de conocer un parámetro indicativo para la construcción posterior del depósito de suelo.

\*\*\*Se recomienda complementar la construcción del depósito de suelo mediante ensayos de Pruebas de Muestras.

**DE GRUPO DE GEOTÉCNICA DEL MATERIAL:**

Descripción	Asigna límites a los casos
POC	-
SP	-
SA	-
N <sub>ext</sub>	45

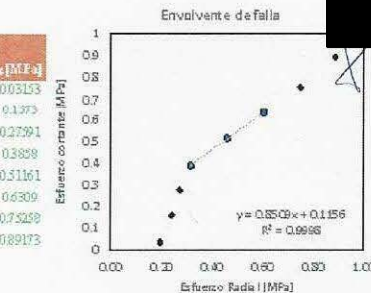
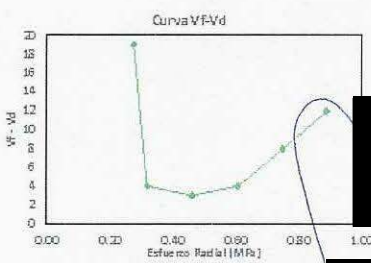
\* El llenado de la cámara anéxiga, evitar no diferenciarla con arena, limo o tierra



**ENSAYE DE PHICÓMETRO  
CENTC 341/WG 5 N51 E  
CALIBRACIÓN Y CONTACTO DIENTES-SUELO**

PROYECTO				CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRIL			
PROYECTO:	Cablebus Línea 2	UTM X=	476788	LONGITUD DE LA SONDA [m]:	0.23	UTM Y=	2144765
UBICACIÓN:	Av. Constituyentes	UTM Z=	2144765	DIÁMETRO DE LA SONDA [cm]:	6	TIPO DE MEMBRANA:	Standard
SOLUCIÓN:	Torre 15			HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN:	Bisnaga 2170"		
FECHA:	01/03/2023			DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [cm]:	6.25		
PRUEBA:	3			ALTURA DE LA CÓNDELA [m]:	1		
PROFUNDIDAD:	170 [m]			NIVEL DE DADOS POR ENCIMA DE LA SONDA [m]:	16		
RAF:	No Identificado [m]						

Prueba de phicómetro											
Fase	1	AL [mm]	T [kN]	Fase	2	AL [mm]	T [kN]	Fase	3	AL [mm]	T [kN]
$F_1$ [bar]	2.5	1	0.200	$F_1$ [bar]	3.0	1	2.200	$F_1$ [bar]	3.5	1	7.900
$F_2$ [bar]	2.5	2	0.200	$F_2$ [bar]	3.0	2	2.200	$F_2$ [bar]	3.7	2	8.900
$V_{1a}$ [cm³]	31	3	0.400	$V_{1a}$ [cm³]	33	3	3.100	$V_{1a}$ [cm³]	38	3	9.600
$V_{1ad}$ [cm³]	31	4	0.500	$V_{1ad}$ [cm³]	33	4	5.000	$V_{1ad}$ [cm³]	39	4	10.300
$V_1$ [cm³]	32	5	0.600	$V_1$ [cm³]	35	5	5.600	$V_1$ [cm³]	58	5	11.200
$V_1 - V_{1ad}$ [cm³]	1	6	0.900	$V_1 - V_{1ad}$ [cm³]	2	6	6.400	$V_1 - V_{1ad}$ [cm³]	19	6	11.800
$T_1$ [kN]	1.4	7	1.400	$T_1$ [kN]	7.0	7	7.000	$T_1$ [kN]	12.5	7	12.500
Fase	4	AL [mm]	T [kN]	Fase	5	AL [mm]	T [kN]	Fase	6	AL [mm]	T [kN]
$F_1$ [bar]	4.0	1	13.900	$F_1$ [bar]	5.5	1	20.300	$F_1$ [bar]	7.0	1	27.300
$F_2$ [bar]	4.2	2	15.400	$F_2$ [bar]	5.7	2	22.600	$F_2$ [bar]	7.2	2	28.700
$V_{1a}$ [cm³]	63	3	16.100	$V_{1a}$ [cm³]	73	3	22.600	$V_{1a}$ [cm³]	81	3	28.700
$V_{1ad}$ [cm³]	63	4	16.500	$V_{1ad}$ [cm³]	73	4	23.100	$V_{1ad}$ [cm³]	82	4	29.200
$V_1$ [cm³]	67	5	17.000	$V_1$ [cm³]	76	5	23.200	$V_1$ [cm³]	86	5	29.200
$V_1 - V_{1ad}$ [cm³]	4	6	17.300	$V_1 - V_{1ad}$ [cm³]	3	6	23.200	$V_1 - V_{1ad}$ [cm³]	4	6	29.200
$T_1$ [kN]	17.6	7	17.600	$T_1$ [kN]	23.5	7	23.500	$T_1$ [kN]	29.2	7	29.200
Fase	7	AL [mm]	T [kN]	Fase	8	AL [mm]	T [kN]				
$F_1$ [bar]	8.5	1	32.300	$F_1$ [bar]	10.0	1	39.100				
$F_2$ [bar]	8.7	2	33.600	$F_2$ [bar]	10.2	2	39.900				
$V_{1a}$ [cm³]	91	3	33.600	$V_{1a}$ [cm³]	106	3	40.100				
$V_{1ad}$ [cm³]	92	4	34.300	$V_{1ad}$ [cm³]	107	4	41.100				
$V_1$ [cm³]	100	5	34.300	$V_1$ [cm³]	119	5	41.300				
$V_1 - V_{1ad}$ [cm³]	8	6	35.100	$V_1 - V_{1ad}$ [cm³]	12	6	42.200				
$T_1$ [kN]	35.2	7	35.200	$T_1$ [kN]	42.3	7	42.300				



Interpretación de resultados												
No.	$T_1$ [MPa]	$F_1$ [MPa]	$F_2$ [MPa]	$F_3$ [MPa]	$V_{1a}$	$V_{1ad}$ [cm³]	$V_1$ [cm³]	$V_1 - V_{1ad}$ [cm³]	$q$ [MPa]	$T_1$ [kPa]	$T_1 / (V_1 - V_{1ad})$	$q$ [MPa]
1	0.25	0.020	0.075	0.20	31	31	32	1	0.061	1.400	0.20	0.03153
2	0.30	0.020	0.075	0.28	33	33	33	2	0.062	7.000	0.24	0.1373
3	0.35	0.020	0.075	0.28	38	39	38	19	0.065	12.500	0.28	0.27391
4	0.40	0.020	0.101	0.32	63	63	67	4	0.062	17.600	0.32	0.3828
5	0.55	0.020	0.137	0.46	73	73	76	3	0.064	23.500	0.46	0.51161
6	0.70	0.020	0.115	0.61	81	82	86	4	0.064	29.200	0.61	0.6309
7	0.85	0.020	0.121	0.75	91	92	100	8	0.065	35.200	0.75	0.73238
8	1.00	0.020	0.131	0.89	106	107	119	12	0.066	42.300	0.89	0.89173

$c_1$  [MPa] = 0.1156     $m_1$  [-] = 0.8309

**Observaciones:**  
 \* La inserción de los dientes del phicómetro en el depósito de arena se vio limitada por la forma y rigidez del depósito de arena. Por tanto, los resultados aquí presentados deberían considerarse como un indicativo de la cohesión inferior de este tipo de arena del depósito de arena.  
 \* La prueba fue realizada a presión del cilindro con el objetivo de contar con un parámetro indicativo para la caracterización geotécnica del depósito de arena.  
 \*\*\*Se recomienda complementar la caracterización del depósito de arena mediante ensayos de Penetración Manual.

DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	
Descripción:	Arena fina ca coherente
UTM X:	-
UTM Y:	-
UTM Z:	-
RAF:	43

La interpretación de los resultados de los ensayos aquí presentados se ha realizado de acuerdo a los datos de los ensayos y de la experiencia de los autores.

Resumen phicómetro	
$c_1$ [MPa]	116
$m_1$ [-]	40

\* El llenado se dio en arena seca, se debe modificar cuando se maneja blanco o húmedo.


<b>CABLEBUS LÍNEA 3</b>		
<b>REPORTE FOTOGRÁFICO</b> Phicómetro Prueba 3. Profundidad. 17.00m Torre 15		



Figura 1. Vista panorámica del sitio.



Figura 2. Inserción de la sonda del phicómetro.



Figura 3. Ejecución de prueba de phicómetro.



Figura 4. Sonda del phicómetro después de la prueba.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**ENSAYE DE PHICÓMETRO  
CEN/TC 341 / WG 5 N 53 E  
CALIBRACIÓN Y CONTACTO DIENTES-SUELO**

PROYECTO: Cablebus Torre 3

UBICACIÓN: Av. Constituyentes

SONDRO: Torre 15

FECHA: 02/03/2023

PRUEBA: 4

PROFUNDIDAD: 25.0 [m]

NAP: No. 0 edificio de [m]

UTM X= 478786.4  
UTM Y= 214476.4E  
UTM Z=

CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRIDO

LONGITUD DE LA SONDA [m]: 0.23

DIÁMETRO DE LA SONDA [cm]: 6

TIPO DE MEMBRANA: Standard

RESAMIENTA DE PERFORACIÓN: Bicónica 2 1/2"

DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [cm]: 6.35

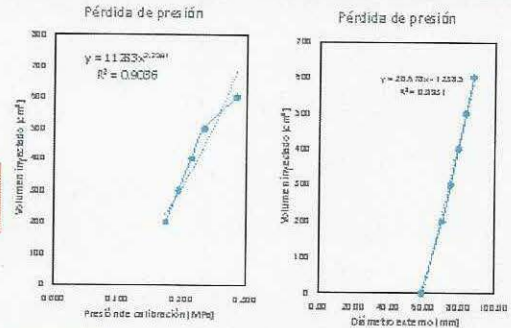
ALFURA DE LA CONSOLA [m]: 1

NIVEL DE LOS DOS POR ENCIMA DE LA SONDA [m]: 20

**Calibración de la sonda**

No.	Volumen Inyectado V [cm³]	Presión P <sub>0</sub> [bar]	P <sub>1</sub> [MPa]	P <sub>2</sub> [MPa]	P <sub>3</sub> [MPa]	D <sub>ext</sub> [mm]	P <sub>med</sub> [MPa]
0	0	0.00	0.000	0.005	0.010	5890	0.055
1	200	1.70	0.170	0.175	0.180	7040	0.225
2	300	1.90	0.190	0.195	0.200	7530	0.245
3	400	2.10	0.210	0.215	0.220	7970	0.265
4	500	2.30	0.230	0.235	0.240	8390	0.285
5	600	2.80	0.280	0.285	0.290	8790	0.335

**Curvas de calibración de la sonda piezométrica**



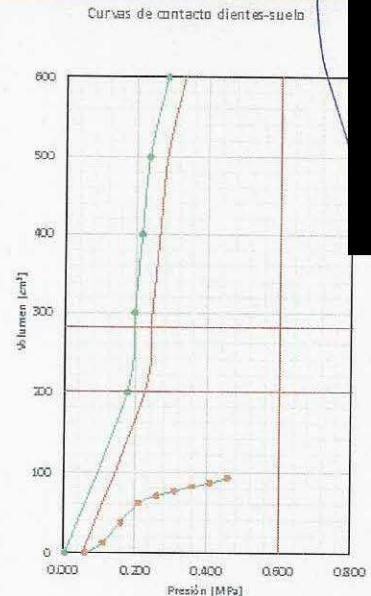
**Criterio de control de las condiciones de operación de la sonda piezométrica**

V [cm³]	M. Estándar		M. Referencia		Verificación	Recomendación
	d [mm]	T [MPa]	d [mm]	T [MPa]		
200	[68, 74]	0.188	[68, 74]	0.220	Sonda ACEPTABLE	Limpieza de sonda
500	[79, 84]	0.240	[79, 84]	0.330	Sonda ACEPTABLE	Sonda ACEPTABLE

**Contacto dientes-suelo**

No.	Presión [bar]		V <sub>0</sub>	Volumen [cm³]				Cambio de inserción	Curva	
	P <sub>0</sub>	P <sub>0.5</sub>		V <sub>0.5</sub>	ΔV <sub>0.5</sub>	ΔV <sub>1.0</sub>	ΔV <sub>1.5</sub> /ΔV <sub>1.0</sub>		P [MPa]	V [cm³]
0	0.00	0.00	0.000	0	0	0	-	0.000	0	
1	0.50	0.50	0.600	10	12	2	15	0.100	12	
2	1.00	1.00	0.600	35	37	2	25	1.000	37	
3	1.50	1.50	0.600	60	61	1	24	0.500	61	
4	2.00	2.00	0.600	70	71	1	10	1.000	71	
5	2.50	2.50	0.600	76	77	1	6	1.000	77	
6	3.00	3.00	0.600	82	83	1	6	1.000	83	
7	3.50	3.50	0.600	87	88	1	5	1.000	88	
8	4.00	4.00	0.600	93	94	1	6	1.000	94	

**Curvas de contacto dientes-suelo**



Es fundamental hacer la inspección visual de la curva en cada caso

**Coefficientes**

c = 20.678  
d = -1238.500  
e = 0.098  
f = 29.895  
g = 2.238  
h = 11.283  
i = 0.015  
j = 0.447

**INCREMENTOS**

PL [MPa]	ΔP [bar]
[0.3, 1.0]	0.50
[1.0, >1.0]	1.00

El primer incremento de presión, para la prueba de piezómetro, se da cuando existe una diferencia de 0.05MPa o 0.5 bar en la dos curvas del dado tamaño

**Observaciones:**

La inserción de la sonda del piezómetro analizado de suelo se vio limitada por la densidad del depósito de suelo. Por tanto, se recomienda que se realice el ensayo con el tipo de suelo indicado de la cota inferior a la cota superior del depósito de suelo.

\*\*La zona de fricción lateral y presión de contacto con el líquido de contacto en un punto de inyección para la construcción, no tiene el depósito de suelo.

\*\*\*Se recomienda complementar la construcción del depósito de suelo mediante un gas de Presión de Manual.

**DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL:**

Descripción: Limo arenoso color café  
FUS: -  
SH: -  
PL: -  
W<sub>L</sub>: 30/15

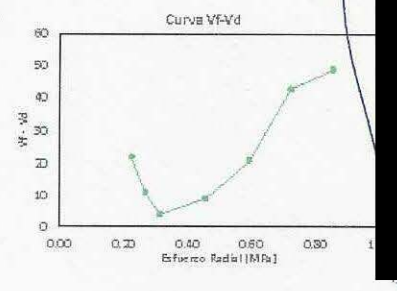
\*El llenado se da en calas en zigzag, evitar no dejar calas en un mismo plano o zona



**ENSAYE DE PIECÓMETRO  
CENTC 341 WGS N51 E  
CALIBRACIÓN Y CONTACTO DIENTE SUELO**

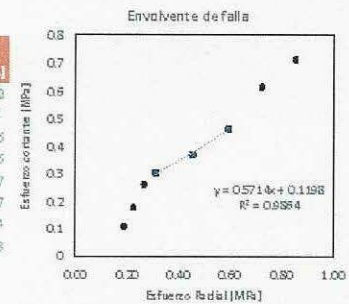
PROYECTO		CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRILE	
PROYECTO: <u>Cablebus Linea 3</u>		LONGITUD DE LA SONDA [m]:	0.23
UBICACIÓN: <u>Av. Constituyentes</u>	OTM#:	DIÁMETRO DE LA SONDA [cm]:	6
SOURCE: <u>Torre 15</u>	OTM#:	TIPO DE MEMORIA:	Standard
FECHA: <u>02/03/2023</u>	OTM#:		
PRUEBA: <u>4</u>	OTM#:	HEERRAMIENTA DE PERFORACIÓN:	Barrile 2 1/2"
PROFUNDIDAD: <u>25.0</u> [m]		DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [cm]:	6.35
RAE: <u>No Identificado</u> [m]		ALTURA DE LA CONSOLA [m]:	1
		NIVEL DE LOS DIENTES POR ENCIMA DE LA SONDA [m]:	2.0

Prueba de piecómetro											
Fase	P	ΔL [mm]	T [kN]	Fase	2	ΔL [mm]	T [kN]	Fase	3	ΔL [mm]	T [kN]
F <sub>1</sub> [bar]	2.5	1	1900	F <sub>1</sub> [bar]	3.0	1	6200	F <sub>1</sub> [bar]	3.5	1	10500
F <sub>2</sub> [bar]	3.1	2	2500	F <sub>2</sub> [bar]	3.6	2	6600	F <sub>2</sub> [bar]	4.1	2	10800
V <sub>100</sub> [cm³]	90	3	3200	V <sub>100</sub> [cm³]	102	3	7000	V <sub>100</sub> [cm³]	128	3	11200
V <sub>200</sub> [cm³]	91	4	3800	V <sub>200</sub> [cm³]	103	4	7400	V <sub>200</sub> [cm³]	129	4	11700
V <sub>3</sub> [cm³]	99	5	4300	V <sub>3</sub> [cm³]	125	5	7900	V <sub>3</sub> [cm³]	140	5	11900
V <sub>4</sub> - V <sub>3</sub> [cm³]	8	6	4700	V <sub>4</sub> - V <sub>3</sub> [cm³]	22	6	8300	V <sub>4</sub> - V <sub>3</sub> [cm³]	11	6	12500
T <sub>1</sub> [kN]	5.1	7	5100	T <sub>1</sub> [kN]	8.6	7	8600	T <sub>1</sub> [kN]	12.7	7	12700
Fase	4	ΔL [mm]	T [kN]	Fase	5	ΔL [mm]	T [kN]	Fase	6	ΔL [mm]	T [kN]
F <sub>1</sub> [bar]	4.0	1	14500	F <sub>1</sub> [bar]	5.5	1	18200	F <sub>1</sub> [bar]	7.0	1	22500
F <sub>2</sub> [bar]	4.6	2	14600	F <sub>2</sub> [bar]	6.1	2	18200	F <sub>2</sub> [bar]	7.6	2	23400
V <sub>100</sub> [cm³]	144	3	14600	V <sub>100</sub> [cm³]	156	3	18200	V <sub>100</sub> [cm³]	180	3	23400
V <sub>200</sub> [cm³]	145	4	14700	V <sub>200</sub> [cm³]	158	4		V <sub>200</sub> [cm³]	181	4	23400
V <sub>3</sub> [cm³]	149	5	14800	V <sub>3</sub> [cm³]	167	5		V <sub>3</sub> [cm³]	202	5	
V <sub>4</sub> - V <sub>3</sub> [cm³]	4	6	14800	V <sub>4</sub> - V <sub>3</sub> [cm³]	9	6		V <sub>4</sub> - V <sub>3</sub> [cm³]	21	6	
T <sub>1</sub> [kN]	14.8	7	14800	T <sub>1</sub> [kN]	18.2	7		T <sub>1</sub> [kN]	23.4	7	
Fase	7	ΔL [mm]	T [kN]	Fase	8	ΔL [mm]	T [kN]				
F <sub>1</sub> [bar]	8.5	1	28000	F <sub>1</sub> [bar]	10.0	1	35700				
F <sub>2</sub> [bar]	9.1	2	29000	F <sub>2</sub> [bar]	10.6	2	36900				
V <sub>100</sub> [cm³]	218	3	30500	V <sub>100</sub> [cm³]	274	3	38100				
V <sub>200</sub> [cm³]	219	4	31100	V <sub>200</sub> [cm³]	276	4	38100				
V <sub>3</sub> [cm³]	262	5	31600	V <sub>3</sub> [cm³]	325	5	38600				
V <sub>4</sub> - V <sub>3</sub> [cm³]	43	6	32300	V <sub>4</sub> - V <sub>3</sub> [cm³]	49	6	38900				
T <sub>1</sub> [kN]	32.5	7	32300	T <sub>1</sub> [kN]	39.0	7	39000				



Interpretación de resultados												
No.	F <sub>1</sub> [MPa]	F <sub>2</sub> [MPa]	F <sub>3</sub> [MPa]	F <sub>4</sub> [MPa]	V <sub>100</sub>	V <sub>200</sub> [cm³]	V <sub>3</sub> [cm³]	V <sub>4</sub> - V <sub>3</sub> [cm³]	d [mm]	T <sub>1</sub> [kPa]	F <sub>1</sub> [kPa]	q [kPa]
1	0.25	0.060	0.121	0.19	90	91	99	8	0.065	5100	0.19	0.10913
2	0.30	0.060	0.134	0.23	102	103	125	22	0.066	6600	0.23	0.1305
3	0.35	0.060	0.141	0.27	128	129	140	11	0.067	7000	0.27	0.26365
4	0.40	0.060	0.145	0.32	144	145	149	4	0.067	7400	0.32	0.30325
5	0.55	0.060	0.152	0.46	156	158	167	9	0.068	7900	0.46	0.37057
6	0.70	0.060	0.166	0.59	180	181	202	21	0.070	8300	0.59	0.46487
7	0.85	0.060	0.186	0.72	218	219	262	43	0.073	8600	0.72	0.61984
8	1.00	0.060	0.205	0.86	274	276	325	49	0.076	8900	0.86	0.71383

c<sub>1</sub> [MPa] = 0.1198    m<sub>1</sub> [-] = 0.5714



**Observaciones:**  
\*La intención de los datos del piecómetro en el depósito de suelo es ser limitada por la densidad y siglas del depósito de suelo. Por tanto, los resultados aquí presentados deberán considerarse como un indicativo de la coh. inferior de mantención al suelo del depósito de suelo.  
\*\*La prueba fue realizada a petición del cliente con el objetivo de contar con un parámetro indicativo para la caracterización geotécnica del depósito de suelo.  
\*\*\*Es necesario complementar la caracterización del depósito de suelo mediante ensayos de Piecómetro Manual.

DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	
Descripción:	Limo arenoso color café
SUCS:	-
USP:	-
USL:	-
USL:	-
USL:	30d5

En integración e interpretación de los parámetros mecánicos aquí presentados en un modelo geotécnico, deberá realizarse un ajuste en la cohesión.

Resistencia piecométrica	
c <sub>1</sub> [kPa]	120
φ [-]	30

\* El llamado a ser de ellas en un caso, evitar modificar cillas en tamaño, Marco o tipo

**CABLEBUS LÍNEA 3**

**REPORTE FOTOGRÁFICO**  
Phicómetro Prueba 4. Profundidad. 25.00m Torre 15



Figura 1. Vista panorámica del sitio.



Figura 2. Inserción de la sonda del phicómetro.



Figura 3. Ejecución de prueba de phicómetro.



Figura 4. Sonda del phicómetro después de la prueba.

**13. ANEXO 5. CARGAS ACTUANTES EN UNA TORRE TIPO CONCÉNTRICA**

De acuerdo con el análisis estructural de la Torre 37; que es una torre concéntrica, se presentan las cargas siguientes a nivel de cimentación, mismas que ya consideran el peso del dado de cimentación. Estas cargas se tomarán en cuenta como tipo, para las torres concéntricas.

**TORRE 37**



Combinación Gravitacional con factores

Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
Base	5	1	Combina		10.8294	0	198.5491	-2.9347	214.3148	-8.7492

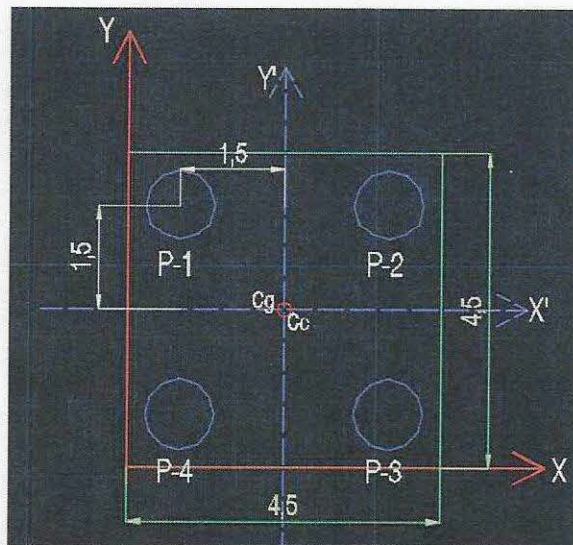
Combinación Sismo con factores

Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
Base	5	82	Combina	Max	35.1217	-9.8162	165.6727	288.0877	709.1602	-37.7216

Combinación Gravitacional sin factores

Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
Base	5	0DespZ	Combina		7.2196	0	144.7686	-1.8517	104.5352	-5.8328

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



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 (m²)	X (m)	Y (m)	AX (m³)	AY (m³)
1	0.785	0.75	3.75	0.58905	2.94524311
2	0.785	3.75	3.75	2.94524	2.94524311
3	0.785	3.75	0.75	2.94524	0.58904862
4	0.785	0.75	0.75	0.58905	0.58904862
				<b>3.142</b>	<b>7.1</b>
		<b>X=</b>	<b>2.25</b>	<b>m</b>	
		<b>Y=</b>	<b>2.25</b>	<b>m</b>	

Tabla 5.2

Centro de cargas		
<b>X=</b>	<b>2.25</b>	<b>m</b>
<b>Y=</b>	<b>2.25</b>	<b>m</b>
<b>eX=</b>	<b>0.0</b>	<b>m</b>
<b>eY=</b>	<b>0.0</b>	<b>m</b>

Tabla 5.3

Momentos de inercia, pilas				
Pila	Xi (m)	Yi (m)	(Xi)²	(Yi)²
1	1.5	1.50	2.25	2.25
2	1.5	1.50	2.25	2.25
3	1.5	1.50	2.25	2.25
4	1.5	1.50	2.25	2.25
			<b>Σ=</b>	<b>9.00</b>
			<b>Ix=</b>	<b>9.00</b>
			<b>Iy=</b>	<b>9.00</b>

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>0.00</td> <td>t-m</td> </tr> <tr> <td>Mve Y=</td> <td>0.00</td> <td>t-m</td> </tr> </table>					Mve X=	0.00	t-m	Mve Y=	0.00	t-m
Mve X=	0.00	t-m								
Mve Y=	0.00	t-m								
Pila	Xi (m)	Yi (m)	$\Delta\sigma_{est}$ (t)	P max (t)						
1	1.5	1.50	0.00	49.64						
2	1.5	1.50	0.00	49.64						
3	1.5	1.50	0.00	49.64						
4	1.5	1.50	0.00	49.64						

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 198.5491 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 288.0 t-m

$M_{vy}$  momento de volteo sísmico respecto al eje y, igual a 709.16 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															
<b>Pila</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Yi (m)</b>	<b>Δσs (t)</b>	<b>Pila</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Yi (m)</b>	<b>Δσs (t)</b>	<b>Pila</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Yi (m)</b>	<b>Δσs (t)</b>	<b>Pila</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Yi (m)</b>	<b>Δσs (t)</b>
1	1.500	1.500	-132.60	1	1.5	1.50	103.79	1	1.5	1.5	-83.47	1	1.500	1.5	12.56
2	1.500	1.500	103.79	2	1.5	1.5	-132.60	2	1.5	1.5	-12.56	2	1.500	1.5	83.47
3	1.500	1.500	132.60	3	1.5	1.5	-103.79	3	1.5	1.5	83.47	3	1.500	1.5	-12.56
4	1.500	1.500	-103.79	4	1.5	1.5	132.60	4	1.5	1.5	12.56	4	1.500	1.5	-83.47
<b>Pila</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Yi (m)</b>	<b>Δσs (t)</b>	<b>Pila</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Yi (m)</b>	<b>Δσs (t)</b>	<b>Pila</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Yi (m)</b>	<b>Δσs (t)</b>	<b>Pila</b>	<b>Xi (m)</b>	<b>Yi (m)</b>	<b>Δσs (t)</b>
1	1.500	1.500	-103.79	1	1.500	1.500	132.60	1	1.5	1.5	-12.56	1	1.5	1.5	83.5
2	1.500	1.500	132.60	2	1.500	1.500	-103.79	2	1.5	1.5	-83.47	2	1.5	1.5	12.6
3	1.500	1.500	103.79	3	1.500	1.500	-132.60	3	1.5	1.5	12.56	3	1.5	1.5	-83.5
4	1.500	1.500	-132.60	4	1.500	1.500	103.79	4	1.5	1.5	83.47	4	1.5	1.5	-12.6

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	132.60	-132.60
2	132.60	-132.60
3	132.60	-132.60
4	132.60	-132.60

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

$$P_{Tot_{fact}} = P_{max} \pm \Delta\sigma_s \quad (5.4)$$

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	182.24	-82.96
2	182.24	-82.96
3	182.24	-82.96
4	182.24	-82.96

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  $\Sigma Q.F.C < R$

D (m)	R (t)	Ptot max (t)	C <sub>te</sub> (t)	Ptot min (t)
1.0	465.2	182.24	243.3	82.96

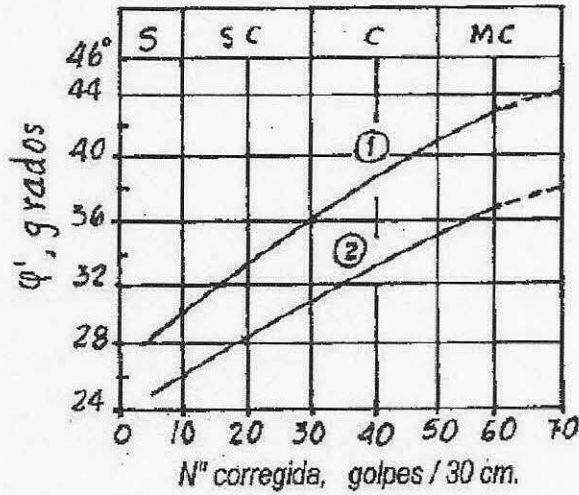
Como se puede observar, se cumple con la desigualdad para las cargas actuantes a compresión y tensión.

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

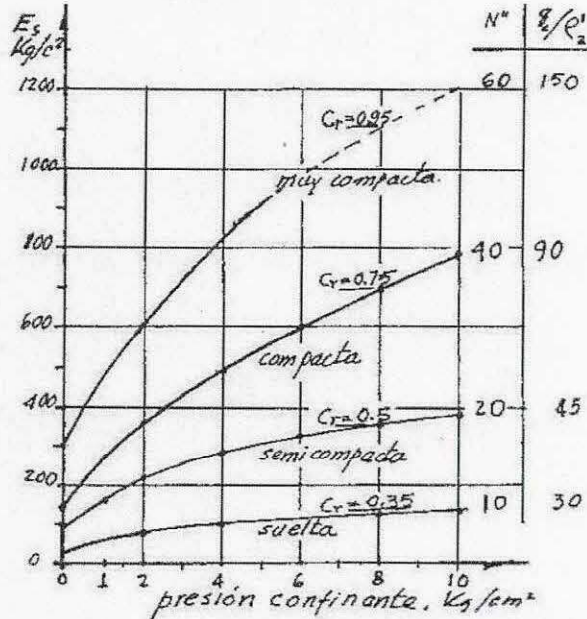
Δ de cargas serv por excent. Estática					
		Mve X=	0.00	t-m	
		Mve Y=	0.00	t-m	
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δ <sub>oest</sub> (t)	Δ <sub>oest</sub> (t)	P max (t)
1	1.5	1.5	0.00	17.73	53.92
2	1.5	1.5	0.00	17.73	53.92
3	1.5	1.5	0.00	17.73	53.92
4	1.5	1.5	0.00	17.73	53.92

14. ANEXO 6. MEMORIA DE CÁLCULO



(1) Arena bien graduada, granos angulosos  
(2) Arena fina, o arena limosa, granos redondeados

(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,  $\phi$  y Módulo de Young, E.

Tabla 6.1

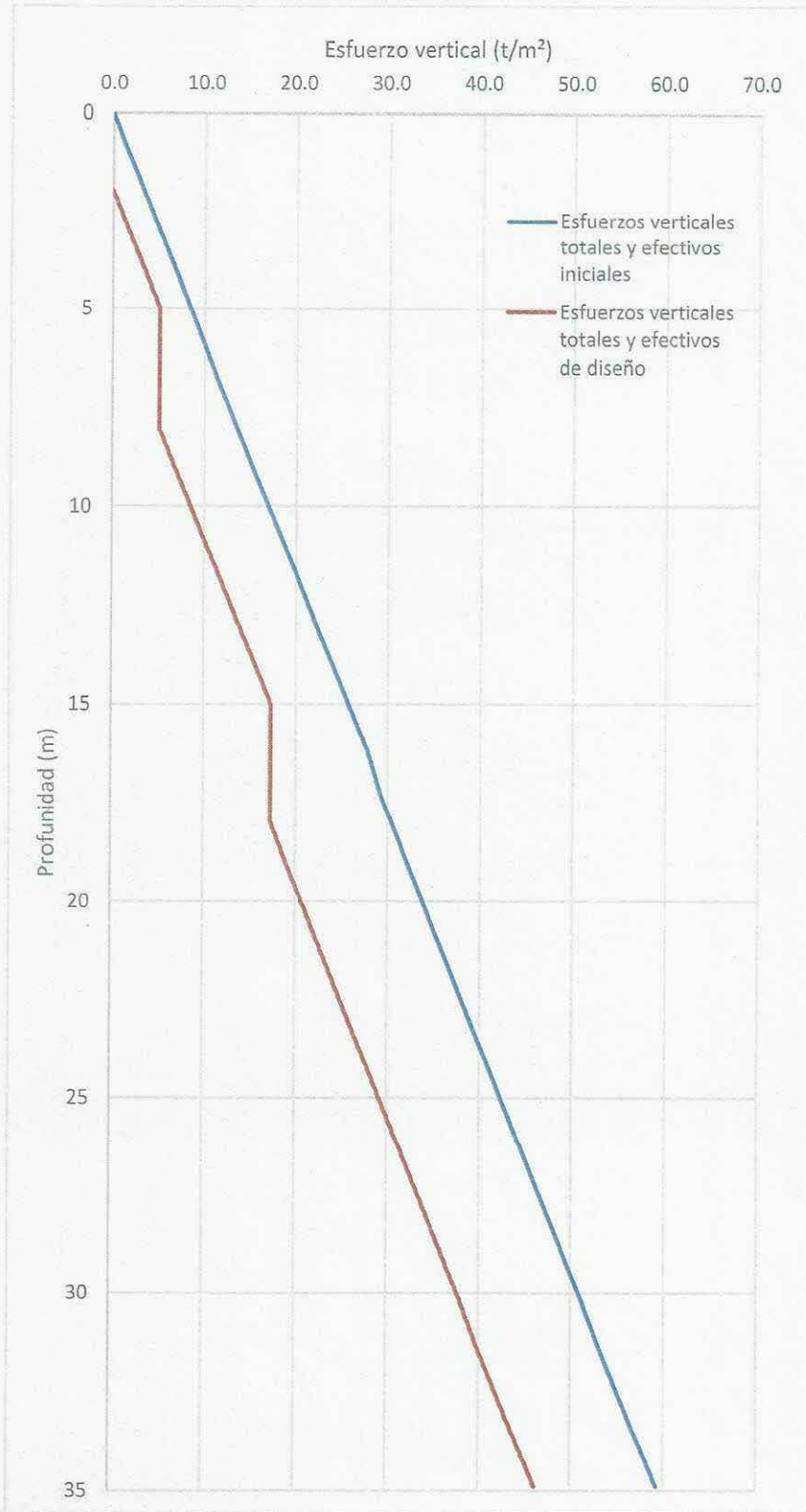
CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR PUNTA, NTC CIMENTACIONES 2017													
$C_p = (P'_v N^*_q F_{R'} + P_v) A_p$													
$N_q^* = N_{min} + L_e \frac{N_{max} - N_{min}}{4B \tan(45^\circ + \frac{\phi}{2})} \quad \rightarrow \quad \frac{L_e}{B} \leq 4 \tan(45^\circ + \frac{\phi}{2})$													
$N_q^* = N_{max} \quad \rightarrow \quad \frac{L_e}{B} > 4 \tan(45^\circ + \frac{\phi}{2})$													
D (m)	Ap (m²)	L (m)	Wp (t)	Le (m)	Le/B	$\phi$	Nmax	Nmin	Nq*	P'v (t/m²)	FR	Pv (t/m²)	Cp (t)
1.0	0.785	20.0	37.70	4.0	4.00	30	55	20	40.21	24.00	0.35	24.00	284.11
1.2	1.131		54.29		3.33				36.84				377.12
1.4	1.539		73.89		2.86				34.43				482.20

Tabla 6.2

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR FUSTE, NTC CIMENTACIONES 2017													
$C_f = P_p F_{R'} \sum_{i=1}^m \beta_i P'_{vi} L_i$													
$\beta_i = 1.5 - 0.24\sqrt{z}$ De 0.25 a 1.2													
Profundidad (m)	$\gamma$ (t/m³)	Poz (t/m²)	Uoz (t/m²)	P'oz (t/m²)	Poz (t/m²)	P'vi (t/m²)	Li (m)	$\beta_i$	(P'vi)Li				
0	1.6	0.00	0.00	0.00									
0.3	1.6	0.48	0.00	0.48									
0.6	1.6	0.96	0.00	0.96									
0.6	1.7	0.96	0.00	0.96									
1.3	1.7	2.15	0.00	2.15									
N dado	2	1.7	3.24	0.00	3.34	0.00	0.00	3	1.20	9.18			
	3.5	1.7	5.89	0.00	5.89	2.55	2.55						
	5	1.7	8.44	0.00	8.44	5.10	5.10						
	5	1.7	8.44	0.00	8.44	5.10	5.10	Mina					
	6.5	1.7	10.99	0.00	10.99	5.10	5.10						
	8	1.7	13.54	0.00	13.54	5.10	5.10						
	8	1.7	13.54	0.00	13.54	5.10	5.10	1	0.89	5.28			
	8.5	1.7	14.39	0.00	14.39	5.95	5.95						
	9	1.7	15.24	0.00	15.24	6.80	6.80						
	9	1.75	15.24	0.00	15.24	6.80	6.80	4.2	0.78	34.14			
	11.1	1.75	18.92	0.00	18.92	10.48	10.48						
	13.2	1.75	22.59	0.00	22.59	14.15	14.15						
	13.2	1.75	22.59	0.00	22.59	14.15	14.15	1.8	0.67	18.83			
	14.1	1.75	24.17	0.00	24.17	15.73	15.73						
	15	1.75	25.74	0.00	25.74	17.30	17.30						
	15	1.75	25.74	0.00	25.74	17.30	17.30	Mina					
	15.6	1.75	26.79	0.00	26.79	17.30	17.30						
	16.2	1.75	27.84	0.00	27.84	17.30	17.30						
	16.2	1.3	27.84	0.00	27.84	17.30	17.30	2.4	0.50	23.42			
	16.8	1.3	28.62	0.00	28.62	17.30	17.30						
	17.4	1.3	29.40	0.00	29.40	17.30	17.30						
	17.4	1.7	29.40	0.00	29.40	17.30	17.30	0.6	0.46	6.07			
	17.7	1.7	29.91	0.00	29.91	17.30	17.30						
	18	1.7	30.42	0.00	30.42	17.30	17.30						
	18	1.7	30.42	0.00	30.42	17.30	17.30	1	0.44	10.23			
	19.2	1.7	32.46	0.00	32.46	19.34	19.34						
	20.4	1.7	34.50	0.00	34.50	21.38	21.38						
	20.4	1.7	34.50	0.00	34.50	21.38	21.38	1	0.44	10.23			
	20.7	1.7	35.01	0.00	35.01	21.89	21.89						
	21	1.7	35.52	0.00	35.52	22.40	22.40						
	21	1.7	35.52	0.00	35.52	22.40	22.40	1	0.44	10.23			
	21.5	1.7	36.37	0.00	36.37	23.25	23.25						
	22	1.7	37.22	0.00	37.22	24.10	24.10						
	27	1.7	45.72	0.00	45.72	32.60	32.60	$\Sigma =$			107.16		
	27	1.7	45.72	0.00	45.72	32.60	32.60						
	29.7	1.7	50.31	0.00	50.31	37.19	37.19						
	32.4	1.7	54.90	0.00	54.90	41.78	41.78						
	32.4	1.75	54.90	0.00	54.90	41.78	41.78						
	33.65	1.75	57.09	0.00	57.09	43.97	43.97						
	34.9	1.75	59.28	0.00	59.28	46.16	46.16						

D (m)	Pp (m)	FR	Cf (t)
1.0	3.142	0.65	218.8
1.2	3.770		262.6
1.4	4.398		306.4



Gráfica 6.1. Esfuerzos totales y efectivos verticales



Tabla 6.2

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

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

$$k_v = \frac{R}{\frac{1.4}{\delta} + W_p}$$

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)
284.1	37.7	218.8	2000	0.785	280000	100	800	1.51	465.2	244.61
377.1	54.3	262.6		1.131		120		1.62	585.4	291.94
482.2	73.9	306.4		1.539		140		1.73	714.7	337.27

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

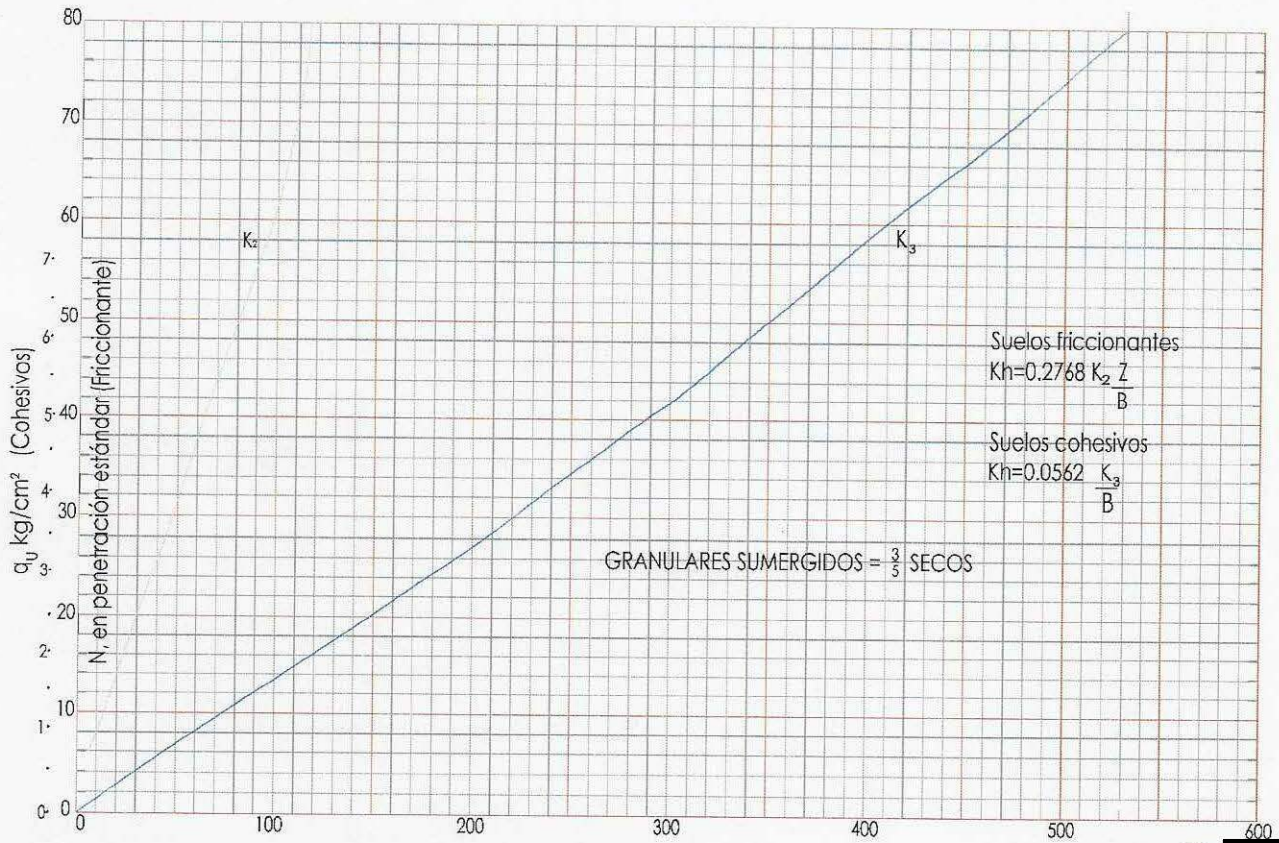
$$\delta = \frac{[(C_p) + (0.66(C_f))]L}{10A_p E_c} + \frac{0.36[C_p]D}{10A_p E_s}$$

**Cf1= 218.83 t**  
**P= 53.92 t**  
**Wp= 37.70 t**  
**Cp= 37.70 t**  
**Cf2= 53.92**  
**L= 20.00 m**  
**Ap= 0.785 m²**  
**Ec= 280000 kg/cm²**  
**Es= 800 kg/cm²**  
**D= 1.0 m**  
**δ= 0.28 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.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO\_MDS-INP-E3E4-T15-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



**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.)

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 checked="" type="checkbox"/> Solo para información	Fecha _____
<input type="checkbox"/> Obsoleto	Fecha _____
Copia Controlada para: <u>SUPERVISIÓN CABLEBÚS L3</u>	
Autoriza: _____	

Elaboró	Autorizó.	Enterado.
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

**Contenido**

1. ANTECEDENTES.....	3
2. OBJETO .....	3
3. ALCANCES .....	3
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 16 .....	3
5. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO .....	5
5.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE .....	5
5.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA .....	5
5.3 ENSAYES DE LABORATORIO.....	5
5.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA .....	5
5.5 MODELO GEOMECÁNICO .....	7
6. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN .....	8
6.1 CARGAS ACTUANTES .....	8
6.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN .....	8
6.3 ESTADO LÍMITE DE FALLA .....	9
6.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO .....	11
7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO .....	12
7.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS.....	13
7.2 PILAS .....	13
7.3 EXCAVACIÓN.....	15
7.4 MINAS.....	16
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	16
9. ANEXO 1. MEMORIA DE CÁLCULO .....	20

**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.....	7
Tabla 3 Valores de $N_{max}$ y $N_{min}$ .....	10
Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación .....	10
Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas.....	11
Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas.....	12
Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para dado .....	12

## 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 solicito a INGENIEROS CUEVAS ASOCIADOS, realizar el compendio para el presente estudio de mecánica de suelos para la Torre 16, originalmente realizado por la empresa LIEC S.A de C.V, realizar el 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 Torre 16. 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 16, denominada T-16, la cual tiene las coordenadas X=476,982.5606; Y= 2,144,849.7551 y se proyecta en un área verde ubicada en la intersección de Av. Constituyentes y Calle 10, 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 16

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 este 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 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

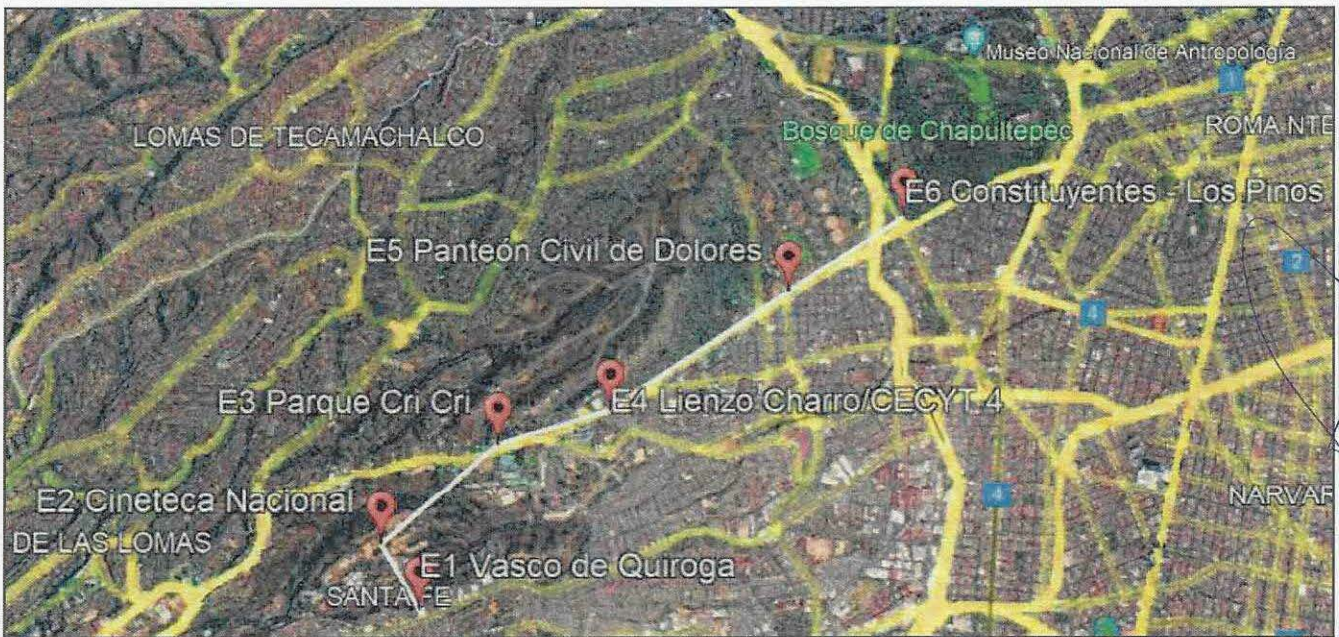


Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús

La Torre 16, con coordenadas X=476,982.5606; Y= 2,144,849.7551 y se proyecta en un área verde ubicada en la intersección de Av. Constituyentes y Calle 10, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX, donde hay diversos árboles. De acuerdo con la información del proyecto, esta torre es del tipo concéntrica y tiene una altura de 50.5 m.

## 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 (SPT-1, T-16), 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).

Así mismo, se realizó un sondeo de avance controlado (SAC-1, T-16) a una profundidad máxima de 35.0 m. El sondeo de avance controlado consiste en la medición del tiempo en segundos, para el avance de cada 10 cm de la perforación con broca tricónica de acero, de 2 15/16” de diámetro. Anotando la vibración, la presión y el color del lodo que se presenta durante la ejecución del sondeo. Los tiempos de avance ayudarán a identificar inconsistencias en la continuidad de la masa de suelo.

### 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
- Contenido de finos por lavado
- Límites de consistencia

### 5.4 Interpretación estratigráfica

Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio y los sondeos exploratorios realizados en esta torre, a continuación, se presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio, **con profundidades referidas al nivel de brocal del SPT, (Fig. 3):**

**De 0.0 a 1.2 m. Arcilla arenosa (CH)**, color café oscuro, de consistencia dura, con un número de golpes en la prueba de penetración estándar N, promedio de 18. El contenido natural de agua,  $\omega$ , en promedio de 23%. El porcentaje de finos es de 72%, 24% de arena y gravas, 3%.

**De 1.2 a 18.0 m. Arcilla arenosa (CL)**, color café claro, con algunas gravas, de consistencia dura a muy dura, con un número de golpes N, de 40 a más de 50. El contenido natural de agua,  $\omega$ , varía entre 17.1 a 30.7%. El porcentaje de finos varía de 72.4 a 66.9%, el porcentaje de arena se encuentra entre 18.6 y 28.1%, mientras que el porcentaje de gravas está entre 0 y 9.7%.

**De 18.0 a 20.4 m. Arcilla arenosa (CL)**, color gris claro, de consistencia muy dura, con un número de golpes N, de 47 a más de 50. La arena es pumítica. El contenido natural de agua,  $\omega$ , varía de 39.9 y 46.4%. El porcentaje de finos es del 64.68%, 34.96% de arena y el porcentaje de gravas es del 0.36%.

**De 20.4 a 35.0 m. Arcilla arenosa (CL)**, color café oscuro, de consistencia muy dura, con un número de golpes N, de 35 a más de 50. El contenido natural de agua,  $\omega$ , varía entre 20 y 37.7 %. El porcentaje de finos varía entre 66.1 y 77.9%, el porcentaje de arena se encuentra entre el 22.12 y el 33.9%.

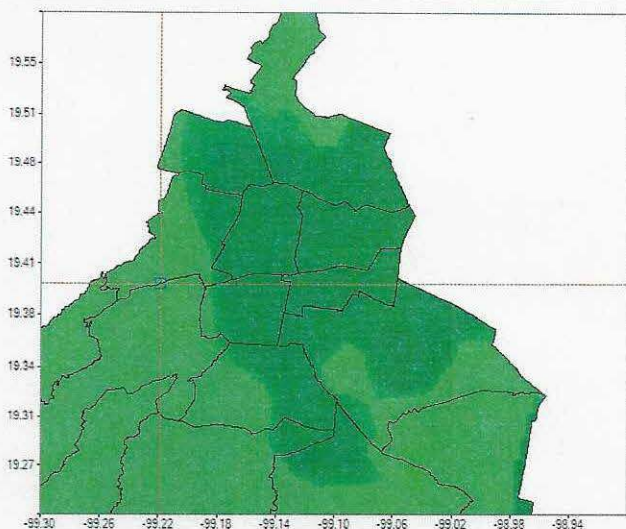
**Condiciones piezométricas.** Durante los trabajos de exploración no se detectó nivel freático. En esta zona se presenta a gran profundidad.

**Minas.** Durante la ejecución de los sondeos de penetración estándar y avance controlado, no se presentaron pérdidas de lodo bentonítico o caída repentina de barras. Sin embargo, tomando en cuenta toda la información de zonificación de minas en la zona, se consideran dos lechos de antiguas minas o cavidades. La primera de ellas, entre 5.0 y 8.0 m y la segunda, entre 18.0 y 20.4 m. En estas profundidades, la aportación lateral y vertical se considera nula.

**Coefficiente sísmico.** Tomando en cuenta la posición central de la Estación 2 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.



Coordenada: 19.397712 -99.219224 Cambiar Actual

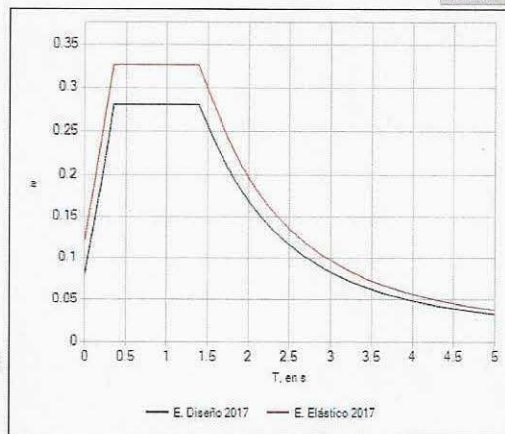


Coordenada: 19.345932, -96.927956 Lomas (Ts <= 0.5s) (Ts > 0.5s) Transición y Lago

**Espectro 2016**

Factor de importancia (Grupo) A1  
 Factor de irregularidad 1.0  
 F. comportamiento sísmico (Q) 1.0  
 F. de hiperelasticidad (h.1) 1.0  
 Mostrar EPU

Propiedad	Valor
Latitud	19.397712
Longitud	-99.219224
Ts	0.490
a0	0.119
c	0.326
Ta	0.350
Tb	1.383
k	1.500
amax	0.280



**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, pruebas de ficómetro y presiómetro realizados en torres cercanas y correlaciones con el número de golpes:

Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño

Unidad	Profundidad(m)	S.U.C.S	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	c (t/m <sup>2</sup> )	$\phi^\circ$	E (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0.0 a 1.2	CH Arenosa	1.55	4.0	15	100
2	1.2 a 5.0	CL arenosa café claro	1.70	3.5	32	900
	5.0 a 8.0		Mina u oquedad hipotética			
	8.0 a 10.7					750
	10.7 a 12.0		1.70	3.5	32	420
	12.0 a 16.0					900
	16.0 a 18.0				500	
3	18.0 a 20.4	CL con arena pumítica	Mina u oquedad hipotética			
4	20.4 a 24.0	CL arenosa café oscuro	1.75	6.0	30	400
	24.0 a 27.6					570
	27.6 a 28.8					400
	28.8 a 35.0					0.0

$\gamma$ : peso volumétrico; c: cohesión;  $\phi$ : ángulo de fricción interna

*Cabe mencionar que, las propiedades de resistencia y deformabilidad se determinaron con las pruebas de ficómetro y presiómetro realizadas en torres cercanas. Así mismo, se tomaron en cuenta 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

La Torre 16, con coordenadas X=476,982.5606; Y= 2,144,849.7551 y se proyecta en un área verde ubicada en la intersección de Av. Constituyentes y Calle 10, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX, donde hay diversos árboles. De acuerdo con la información del proyecto, esta torre es del tipo concéntrica y tiene una altura de 50.5 m.

### 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 una torre tipo concéntrica se presenta en el Anexo 4. 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. **En todo caso, el área de estructuras es quien deberá determinar el diámetro de pilas a emplear, de acuerdo con las capacidades de carga y al modelo estructural.**

### 6.2 Solución de cimentación

Tomando en cuenta la importancia de la estructura, que es considerada TIPO A1, la solución de cimentación consiste en pilas de sección circular de 1.0 m de diámetro como mínimo, con la finalidad de que estas pueda ser directamente inspeccionadas en su longitud y fondo, 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.**

**Minas.** Durante la ejecución de los sondeos de penetración estándar y avance controlado, no se presentaron pérdidas de lodo bentonítico o caída repentina de barras. Sin embargo, tomando en cuenta toda la información de zonificación de minas en la zona, se consideran dos lechos de antiguas minas o cavidades. La primera de ellas, entre 5.0 y 8.0 m y la segunda, entre 18.0 y 20.4 m. En estas profundidades, la aportación lateral y vertical se considera nula.

La solución de cimentación será con pilas desplantadas a 22.0 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 4.5 m de sección y 2.0 m de peralte, por lo que las pilas tendrán una longitud efectiva de 20.0 m.

### 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<sub>p</sub> capacidad de carga reducida por punta, t  
C<sub>f</sub> capacidad de carga reducida por fricción, t  
W<sub>p</sub> peso del elemento, t; t/m

Con:

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

Donde:

p'<sub>v</sub> esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 24.9 t/m<sup>2</sup>  
N<sub>q</sub><sup>\*</sup> factor de capacidad de carga  
F<sub>R</sub> factor de resistencia, igual a 0.35  
P<sub>v</sub> esfuerzos totales al nivel de desplante, igual a 24.9 t/m<sup>2</sup>

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

$$\frac{L_e}{B} > 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \quad (7)$$

Donde:

L<sub>e</sub> longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 1.6 m

- B diámetro de la pila, m.  
 $\phi$  ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 30°

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  $N_{\min}$

$\phi$	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  
 $\beta_i$  coeficiente de fricción  
 $\bar{p}_{vi}$  esfuerzos efectivos a la profundidad media del estrato de interés, t/m<sup>2</sup>

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	37.7	211.8	235.8	409.9	260.4
1.2	54.3	291.7	283.0	520.4	318.3
1.4	73.9	384.1	330.2	940.4	378.2

Las capacidades de carga reducida, R, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a compresión y las capacidades a la tensión, C<sub>te</sub>, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a tensión. Esta comparación se presenta en el Anexo 4, 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/m<sup>2</sup>, 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:

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

Donde:

- δ deformación total de la pila, cm
- L longitud de la pila, igual a 2,000 cm
- D diámetro de la pila, cm
- E<sub>s</sub> módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 400 kg/cm<sup>2</sup>
- E<sub>c</sub> **módulo de elasticidad del concreto, igual a 280,000 kg/cm<sup>2</sup>, para f'c= 400 kg/cm<sup>2</sup>**

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<sub>v</sub> 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 <sub>v</sub> (t/cm)	k <sub>v</sub> (kg/cm <sup>3</sup> )
1.0	2.11	156.98	19.99
1.2	2.36	180.26	15.94
1.4	2.63	202.19	13.13

**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/cm<sup>3</sup>)
- $k_2$  coeficientes de Terzaghi para suelos friccionantes, lb/pulg<sup>3</sup>
- B diámetro del cimient, 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 <sup>3</sup> )		
				B (m)		
				1.0	1.2	1.4
2.0 a 5.0	>80	1.5	115	4.77	3.98	3.41
5.0 a 8.0	-	4.5	0	0.00	0.00	0.00
8.0 a 10.7	75	7.35	113	22.99	19.16	16.42
10.7 a 12.0	41	9.35	65	16.82	14.02	12.02
12.0 a 16.0	>80	12	115	38.20	31.83	27.28
16.0 a 18.0	50	15	80	33.22	27.68	23.73
18.0 a 20.4	-	17.2	0	0.00	0.00	0.00
20.4 a 22.0	41	19.2	65	34.54	28.79	24.67

*Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para dado*

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm <sup>3</sup> )
				B (m)
				4.50
0.0 a 1.2	18	0.6	26	0.10
1.2 a 2.0	>80	1.6	115	1.13

**Propuesta de cimentación.** La propuesta de cimentación es con 4 pilas de 1.0 m de diámetro, con una separación de 3.0 m entre ellas. 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.

## 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 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.

### 7.1 Preparación de áreas

- a) El área en donde se desplantará esta torre se presentan diversos árboles, mismos que deberán ser trasplantados.
- a) Concluidos los trabajos anteriores, se procederá con los trabajos de perforación de pilas de cimentación.

### 7.2 Pilas

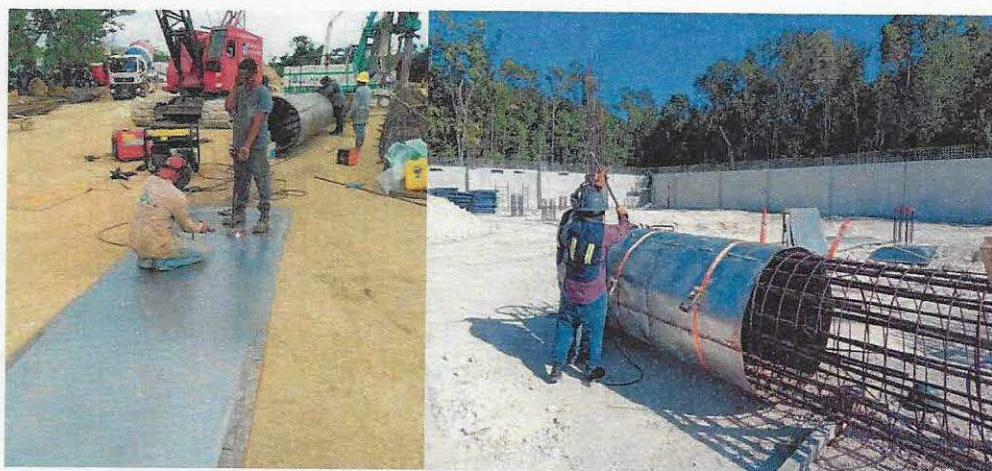
Con las áreas liberadas se procederá con los trabajos de perforación y colado de las pilas de cimentación, tomando en cuenta los puntos siguientes:

- 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.
- 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 del fondo y paredes de las pilas y poder liberarlas certificando la no existencia de cavidades, fisuras, fracturas, etc.

- c) El concreto para la construcción de las pilas será de una  $f'_c = 400 \text{ kg/cm}^2$ ; el tamaño de agregado máximo será de 1 1/2 pulg. El acero de refuerzo tendrá un  $f_y$  de  $4,200 \text{ kg/cm}^2$ .

- d) 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.
- e) **En caso de que efectivamente se presentan antiguas minas, fisuras u oquedades, se deberá colocar un ademe para poder realizar el colado de las pilas.** Para la conformación de este ademe se deberá tener en campo lámina calibre 20, para crear un encamisado. 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 sueldará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubrimiento de proyecto.



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

Así mismo, en caso de que se presente inestabilidad en las paredes de las perforaciones, se deberá colocar un ademe perdible.

- f) 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.
- g) 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.
- h) 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.



- i) 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.
- j) 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.
- k) 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.
- l) La integridad de pilas se verificará de manera obligada mediante pruebas no destructivas de "baja deformación". Los ensayos de integridad deberán ser realizados por métodos reconocidos, se podrán emplear métodos geofísicos como pulso simple o combinado, pozo-abajo, pozos cruzados, gama-gama o térmicos. **De acuerdo con las NTC cimentaciones (Ref. 1), se deberán realizar pruebas de integridad en el 100% de las pilas, ya que las torres y estaciones se tratan de estructuras del grupo A1.**

### 7.3 Excavación

De acuerdo con el preliminar del diseño estructural, el dado de cimentación tiene una sección rectangular de 4.5 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 4.9 x 4.9 m en planta para poder alojar la cimbra.

- a) Tomando en cuenta las condiciones geotécnicas del sitio en estudio, se podrá realizar la excavación hasta la máxima profundidad, 2.0 m, con taludes con una inclinación de 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de mortero (Fig. 4). Se deberá evitar la colocación de cargas en la corona de los cortes.

- b) 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.
- c) Posteriormente se realizará el colado del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la superestructura.
- d) El espacio entre el perímetro del dado y los taludes de la excavación será rellenado con relleno fluido.

#### 7.4 Minas

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.**

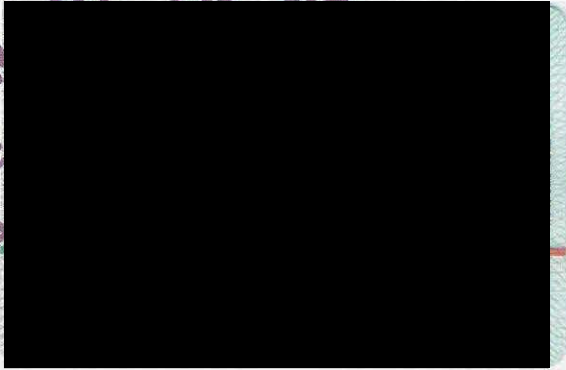
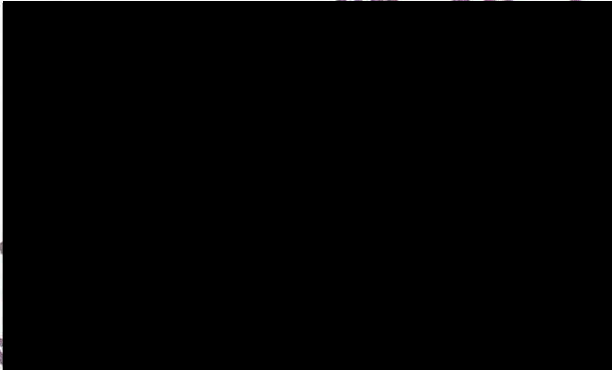
c) En caso de que se presenten minas subterráneas y/u oquedades importantes adicionales a lo considerado en este informe, se deberá dar aviso inmediato al área de mecánica de suelos, para que se tomen las medidas correctivas que se deben de realizar. Cualquier condición del suelo diferente a la considerada en este informe, deberá ser tomada en cuenta y revisar nuevamente las capacidades de carga y propuesta de desplante de las pilas, para garantizar el cumplimiento de los estados límite de falla y servicio.

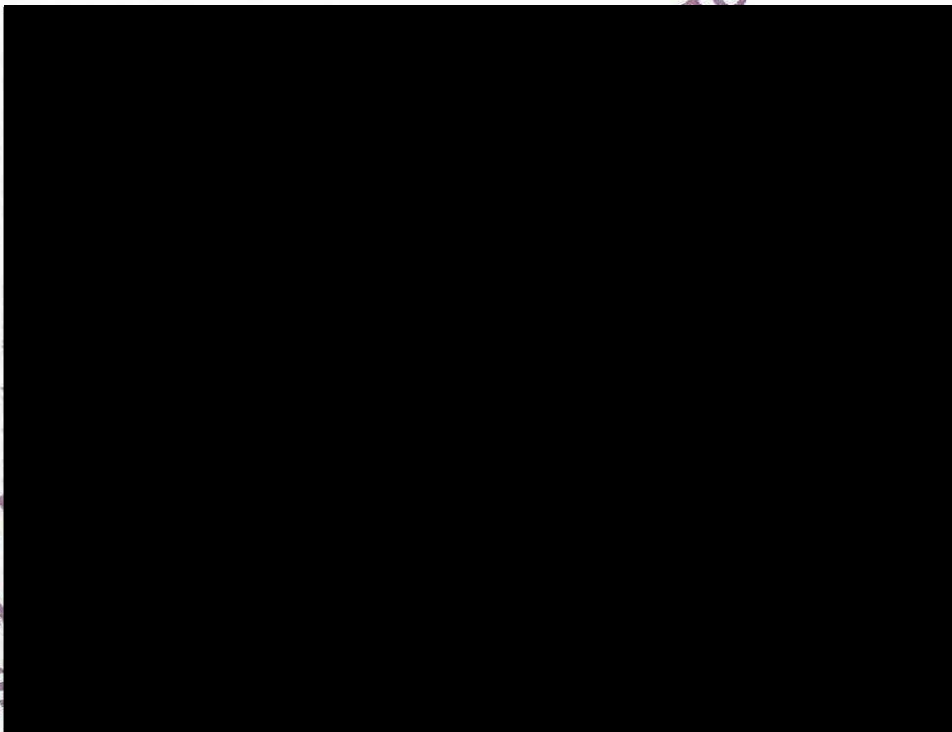
#### 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.

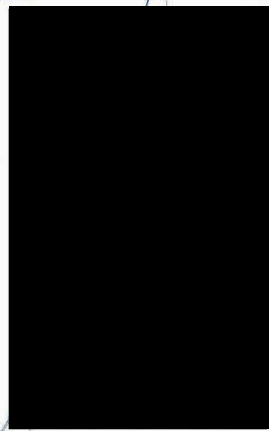
3. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
4. Tamez, E. **Ingeniería de Cimentaciones**, Ed. tgc geotecnia 2001.
5. Zeevaert L. **Foundation 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 2009

PROYECTO  
TO DE  
s),  
RTE  
"CO"  
PARA USO EXCLUSIVO  
INTEGRAL DE LA "COM  
TRANSPORTE SUSTENT  
QUIROGA A METR  
CABLEBÚS LÍNE  
PÚBLICO CA

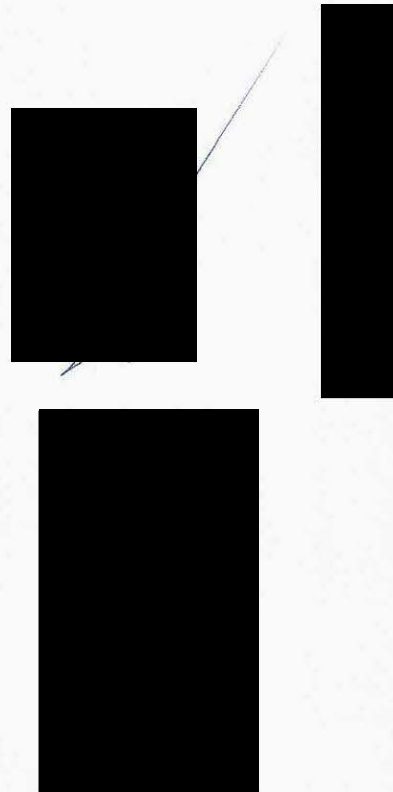


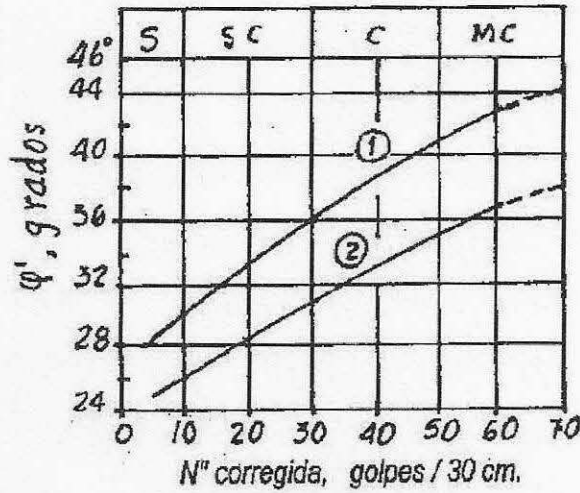


PARA USO  
INTEGRAL  
TRANS  
QUIROGA  
CABLEBÚS L-3  
PÚBLICO CABLE



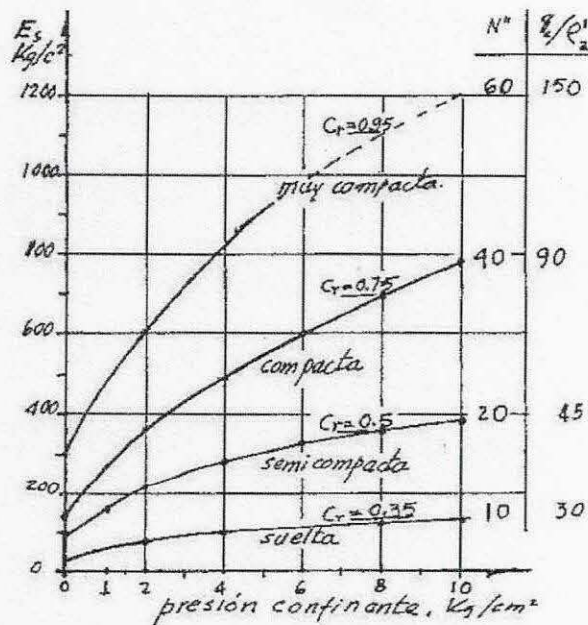
9. ANEXO 1. MEMORIA DE CÁLCULO





(1) Arena bien graduada, granos angulosos  
(2) Arena fina, o arena limosa, granos redondeados

(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,  $\phi$  y Módulo de Young, E.

Tabla 1.1

CAPACIDAD DEGRAGA REDUCIDA POR PUNTA, NTC CIMENTACIONES 2017

$$C_p = (P'_v N_q^* q F_{R'} + P_v) A_p$$

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

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

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	20.0	37.70	1.6	1.60	30	55	20	28.08	24.90	0.35	24.90	211.78
1.2	1.131		54.29		1.33				26.74				291.68
1.4	1.539		73.89		1.14				25.77				384.10

Tabla 1.2

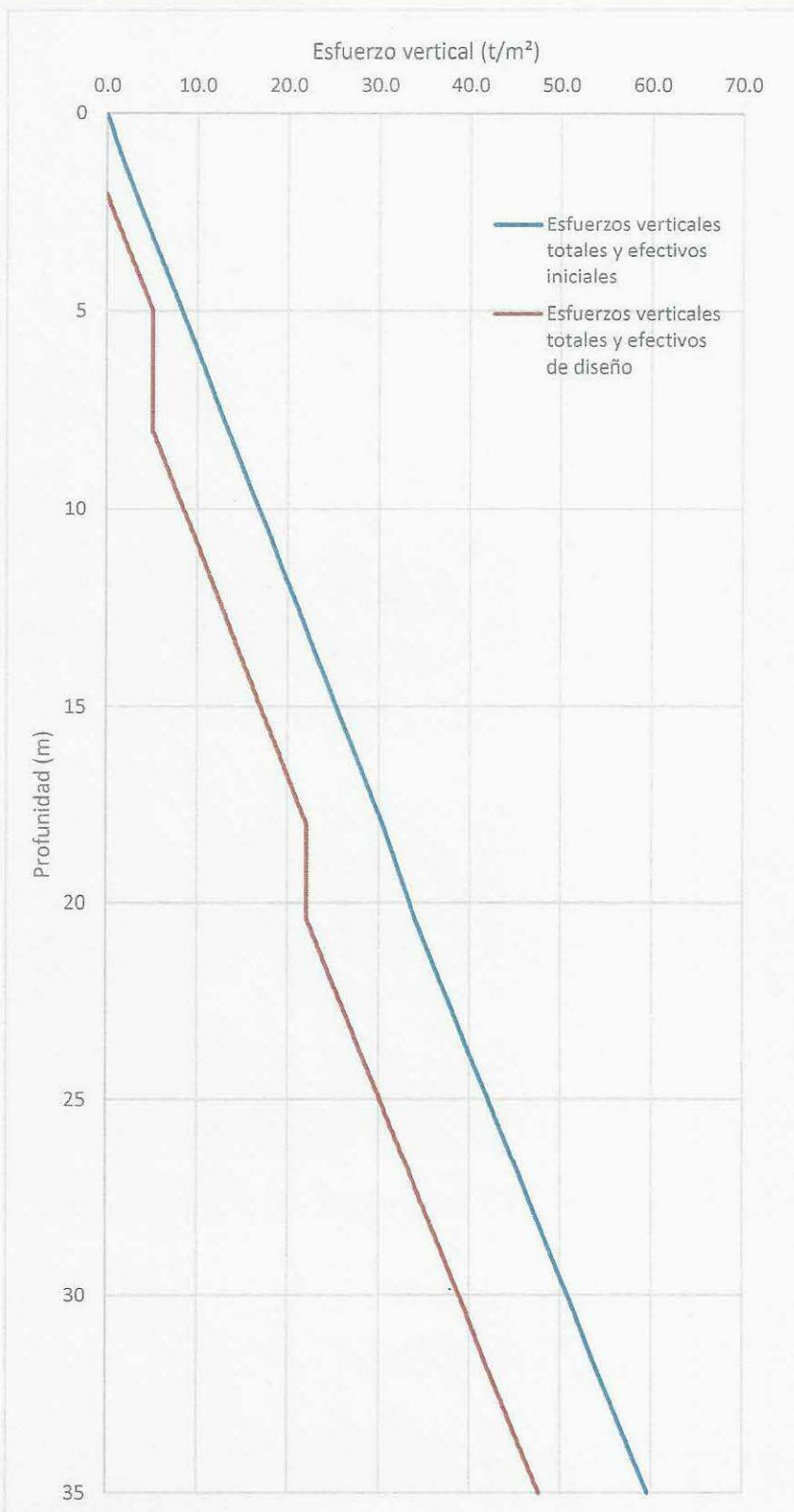
CAPACIDAD DEGRAGA REDUCIDA POR FUSTE, NTC CIMENTACIONES 2017

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

Prof (m)	N	S.U.C.S	γ (t/m³)	c (t/m²)	φ	E (Kg/cm²)	Poz (t/m²)	Uoz (t/m²)	P'oz (t/m²)	Poz (t/m²)	P'vi (t/m²)	Li (m)	βi	(P'vi)(Li)βi
0	18	CH arenosa	1.55	4	15	100	0.00	0.00	0.00					
0.6	18		1.55	4	15	100	0.93	0.00	0.93					
1.2	18		1.55	4	15	100	1.86	0.00	1.86					
1.2	109	CL café claro arenosa	1.7	3.5	32	900	1.86	0.00	1.86					
2	109		1.7	3.5	32	900	3.22	0.00	3.22	0.00	0.00			
3.1	109		1.7	3.5	32	900	5.09	0.00	5.09	1.87	1.87	3	1.20	6.73
5	109		1.7	3.5	32	900	8.32	0.00	8.32	5.10	5.10			
5	75		1.7	3.5	32	750	8.32	0.00	8.32	5.10	5.10			
6.5	75		1.7	3.5	32	750	10.87	0.00	10.87	5.10	5.10	3	Mina u oquedad 1	0.00
8	75		1.7	3.5	32	750	13.42	0.00	13.42	5.10	5.10			
8	75		1.7	3.5	32	750	13.42	0.00	13.42	5.10	5.10			
9.35	75		1.7	3.5	32	750	15.72	0.00	15.72	7.40	7.40	2.7	0.85	16.96
10.7	75		1.7	3.5	32	750	18.01	0.00	18.01	9.69	9.69			
10.7	41		1.7	3.5	32	420	18.01	0.00	18.01	9.69	9.69			
11.35	41		1.7	3.5	32	420	19.12	0.00	19.12	10.80	10.80	1.3	0.77	10.75
12	41		1.7	3.5	32	420	20.22	0.00	20.22	11.90	11.90			
12	134		1.7	3.5	32	900	20.22	0.00	20.22	11.90	11.90			
14	134		1.7	3.5	32	900	23.62	0.00	23.62	15.30	15.30	4	0.67	40.92
16	134	1.7	3.5	32	900	27.02	0.00	27.02	18.70	18.70				
16	50	1.7	3.5	32	500	27.02	0.00	27.02	18.70	18.70				
17	50	1.7	3.5	32	500	28.72	0.00	28.72	20.40	20.40	2	0.57	23.28	
18	50	1.7	3.5	32	500	30.42	0.00	30.42	22.10	22.10				
18	55	CL gris con A. pum	1.5	3.5	28	580	30.42	0.00	30.42	22.10	22.10			
19.2	55		1.5	5	28	580	32.22	0.00	32.22	22.10	22.10	2.4	Mina u oquedad 2	0.00
20.4	55		1.5	5	28	580	34.02	0.00	34.02	22.10	22.10			
20.4	41	CL café oscuro arenosa	1.75	6	30	400	34.02	0.00	34.02	22.10	22.10			
21.2	41		1.75	6	30	400	35.42	0.00	35.42	23.50	23.50	1.6	0.45	16.86
22	41		1.75	6	30	400	36.82	0.00	36.82	24.90	24.90			
24	41		1.75	6	30	400	40.32	0.00	40.32	28.40	28.40			
24	56		1.75	6	30	570	40.32	0.00	40.32	28.40	28.40			
25.8	56		1.75	6	30	570	43.47	0.00	43.47	31.55	31.55			
27.6	56		1.75	6	30	570	46.62	0.00	46.62	34.70	34.70			
27.6	40		1.75	6	30	400	46.62	0.00	46.62	34.70	34.70			
28.2	40		1.75	6	30	400	47.67	0.00	47.67	35.75	35.75			
28.8	40		1.75	6	30	400	48.72	0.00	48.72	36.80	36.80			
28.8	94	1.75	0	35	950	48.72	0.00	48.72	36.80	36.80				
31.9	94	1.75	0	35	950	54.15	0.00	54.15	42.23	42.23				
35	94	1.75	0	35	950	59.57	0.00	59.57	47.65	47.65				

D (m)	Pp (m)	FR	Cf (t)
1.0	3.142	0.65	235.8
1.2	3.770		283.0
1.4	4.398		330.2





Gráfica 6.1 Esfuerzos verticales totales y efectivos iniciales y de diseño

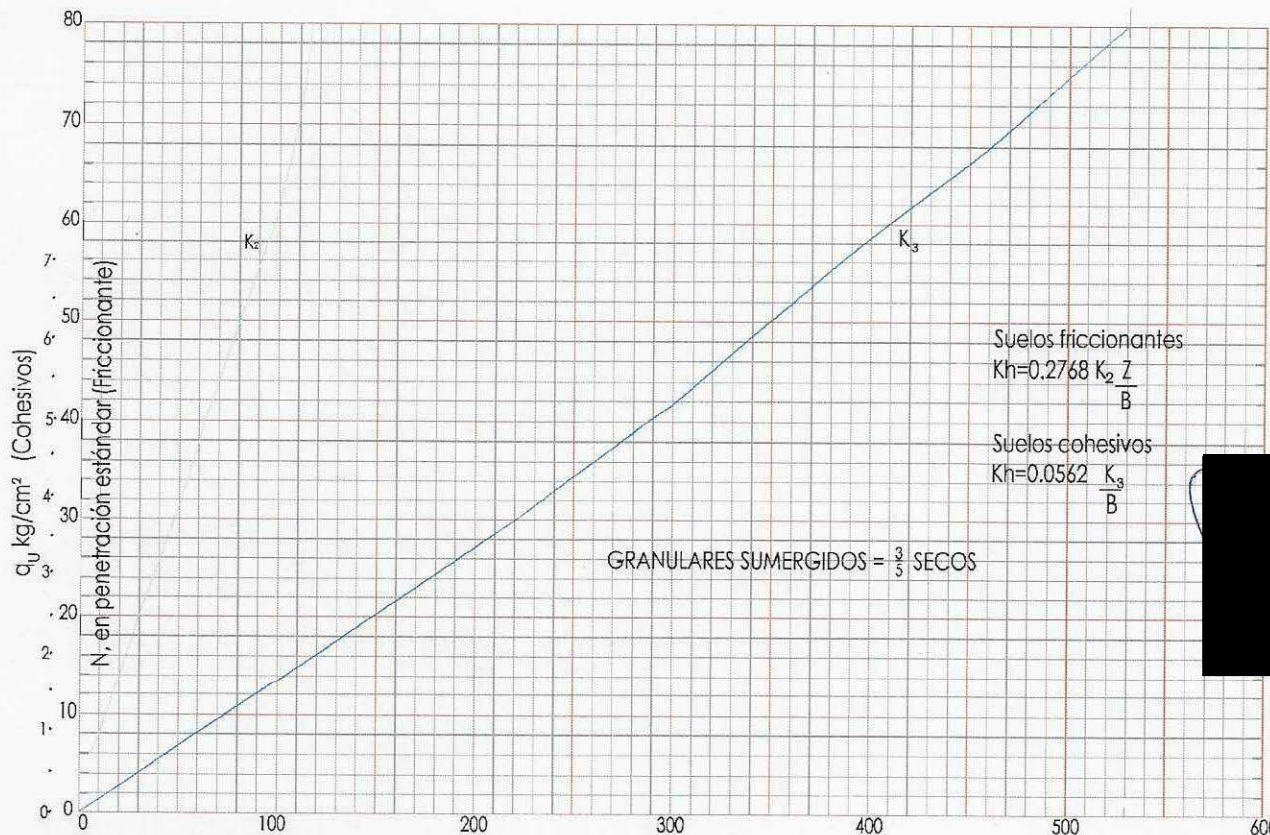
Tabla 1.3

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

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

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

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)
211.8	37.7	235.8	2000	0.785	280000	100	400	2.11	409.9	156.98
291.7	54.3	283.0		1.131		120		2.36	520.4	180.26
384.1	73.9	330.2		1.539		140		2.63	640.4	202.19



**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.)