

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: <u>SUPERVISIÓN CABLEBUS L3</u>	
Autoriza: _____	

Elaboró	Autorizó.	Enterado.
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

Contenido

1. RESUMEN	4
2. ANTECEDENTES	8
3. OBJETO	8
4. ALCANCES	8
5. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 30	8
6. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO	10
6.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE	10
6.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	10
6.3 ENSAYES DE LABORATORIO	11
6.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA	11
6.5 MODELO GEOMECAÁNICO	13
7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN	13
7.1 CARGAS ACTUANTES	14
7.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN	14
7.3 ESTADO LÍMITE DE FALLA	14
7.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO	16
8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	18
8.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS	18
8.2 PILAS	18
8.3 EXCAVACIÓN	20
8.4 MINAS	21
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
10. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA	25
11. ANEXO 2. PERFIL DE SOPNDEOS	27
12. ANEXO 3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO	38
13. ANEXO 4. PRUEBAS DE FICÓMETRO EN MÁSTIL CENTRAL DE ESTACIÓN 5	63
14. ANEXO 5. ESTUDIO GEOFÍSICO, GEORADAR	67
15. ANEXO 6. CARGAS ACTUANTES	98
16. ANEXO 7. MEMORIA DE CÁLCULO	104

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús	9
--	---

Índice de Tablas

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3	9
Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño	13
Tabla 3 Valores de N_{max} y N_{min}	15
Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación	16
Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para	17
Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas de cimen	17
Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para dado	18

Índice de Figuras

Figura 1. Croquis de localización y ubicación de sondeos. T-30, T-31 y E-5	
Figura 2. Zonificación geotécnica de la Ciudad de México	
Figura 3. Corte estratigráfico y solución de cimentación. T-30, T-31 y E-5	
Figura 4. Procedimiento de excavación, T-30	

Figura 5. Localización de la exploración de georadar y ubicación de las anomalías detectadas. T-30, T-31 y E-5

Figura 6. Radagramas interpretados de las líneas 1, 2, 3 y 4. T-30, T-31 y E-5

Figura 7. Radagramas interpretados de las líneas 5 a 13. T-30, T-31 y E-5

1. Resumen

Antecedentes. Con el propósito de cumplir con los términos de referencia del proyecto “CONSTRUCCIÓN CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES - LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3” DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO. El consorcio solicito a la empresa INGENIEROS CUEVAS ASOCIADOS, realizar el presente estudio de mecánica de suelos para la Torre 30.

Para definir las condiciones estratigráficas del sitio, en la Torre 30 se realizó un sondeo de penetración estándar (SPT-1, T-30), a una profundidad máxima 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.

Para complementar la información geotécnica para esta Torre, se tomaron en cuenta los sondeos realizados en la Torre 31 y Estación 5. En la Torre 31, un sondeo de penetración estándar (SPT-1, T-31) a una profundidad de 35.1 m. Por su parte, en la Estación 5 se ejecutaron dos sondeos de avance controlado (SAC-1, E-5 y SAC-2, E-5), a 35.0 m de profundidad, así como un sondeo mixto (SM-1, E-5), igualmente a 35.0 m de profundidad. En el sondeo mixto se alternaron las técnicas de avance controlado y 3 pruebas de ficómetro, a las profundidades medias de 16.0, 25.5 y 30.5 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.

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.

Con la finalidad de complementar la exploración geotécnica y exploración de anomalías en el suelo, asociadas a minas o rellenos, se realizó un estudio geofísico con georadar, con un análisis foto geológico, que abarca la zona de la Estación 5, Torre 30 a una profundidad de 20.0 m, con 13 líneas que suman 510.50 m lineales de exploración.

Además de los resultados obtenidos de la exploración geotécnica realizada en el laboratorio y su interpretación estratigráfica, para determinar las condiciones de trabajo se emplearán para la revisión del diseño geotécnico de la cimentación para trabajar adecuadamente durante su vida útil.

Información geotécnica disponible. El sitio se localiza en la denominada “Zona de Lomas”, definida por la sierra de Monte Alto y la Sierra de las Cruces. Esta zona está constituida por abanicos volcánicos, caracterizándose por la acumulación de material piroclástico en la parte superficial, así mismo, se pueden encontrar materiales compactos a muy compactos, formados por depósitos de tobas amarillentas formadas por vidrio pumítico fino a grueso. **En esta zona también es frecuente la presencia de cavernas o 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.**

Interpretación estratigráfica (con profundidades referidas al nivel de brocal del SPT-1, T-30):

De 0.0 a 3.6 m. Relleno, compuesto con arena limosa, con gravillas y algunos restos de construcción, color café claro. En estado muy suelto a semicompacto, con un número de golpes entre 2 y 26. El contenido natural de agua varía entre 14.9 y 35.4 %. El porcentaje de finos es del 18%, el porcentaje de arena es del 60% y el porcentaje de gravas, de 22%.

De 3.6 a 15.8 m. Relleno heterogéneo para rehabilitación de antiguas minas: Arena pumítica y andesítica, limosa (SM), con gravas pumíticas, de tonalidades café grisáceo y café claro a oscuro. El estado en el que se encuentra este material es muy heterogéneo, suelto a muy compacto, con un número de golpes de 3 a algunos sub estratos con más de 50 golpes. El contenido natural de agua varía entre 8.2 y 36.0 %. El porcentaje de finos tiene una gran variación entre 10 y 50 %, el porcentaje de arena varía entre 48 y 56 % y el porcentaje de gravas varía entre 2 y 34%.

De 15.8 a 18.0 m. Arena pumítica color gris claro, limosa, con gravas pumíticas, en estado semicompacto a compacto, con un número de golpes de 26 a 34. El contenido natural de agua varía entre 55 y 77.0 %. El porcentaje de finos es del 15%, el porcentaje de arena es 71 %, mientras que el porcentaje de gravas es de 14%.

De 18.0 a 28.8 m. Toba areno limosa (SM) y areno arcillosa (SC), color café amarillento y café claro, con gravillas aisladas pumíticas. El origen de la arena es pumítica y andesítica. En estado compacto a muy compacto, con un número de golpes entre 31 y más de 50. El contenido natural de agua varía entre 20.8 y 35.2 %. El porcentaje de finos varía entre 26 y 51 %, el porcentaje de arena se encuentra entre 48 y 66 % y el porcentaje de gravas varía entre 1 y 8%.

De 28.8 a 34.9 m (máxima profundidad explorada). Toba areno limosa (SM) y areno arcillosa (SC), color café claro y café oscuro, con gravas andesíticas y pumíticas. El origen de la arena es andesítica y pumítica. En estado compacto a muy compacto, con un número de golpes entre 41 y más de 50. El contenido natural de agua varía entre 12.3 y 16.9%. El porcentaje de finos es del 22 %, el porcentaje de arena se encuentra entre 48 y 66 % y el porcentaje de gravas es del 16%.

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

Minas. Durante los trabajos de ejecución del sondeo (SPT-1, T-30), se presentaron pérdidas parciales de agua hasta los 20.0 m. En el sondeo (SAC-1, E-5), no se presentaron pérdidas de agua. En el sondeo (SM-1, E-5) se tuvieron solo pérdidas parciales de agua, con detección de una fisura entre 9.4 y 9.5 m. En el sondeo (SAC-2, E-5), se detectó una cavidad entre 8.7 y 9.5 m.

Por su parte, en el sondeo (SPT-1, T-31) se detectó una cavidad ente 4.3 y 7.4 m, con un descenso importante en el número de golpes hasta 15.2 m, que corresponde con **un Relleno heterogéneo para rehabilitación de antiguas minas:** Arena pumítica y andesítica, limosa (SM), con gravas pumíticas, de tonalidades café grisáceo y café claro a oscuro. El estado en el que se encuentra este material es muy heterogéneo, de muy suelto a muy compacto, con un número de golpes de peso de herramienta a algunos sub estratos con más de 50 golpes. El contenido natural de agua varía entre 6.1 y 36.0 %. El porcentaje de finos tiene una gran variación entre 3.0 y 50 %, el porcentaje de arena varía entre 48 y 95% y el porcentaje de gravas varía entre 0.0 y 34%.

Por su parte, en el estudio geofísico se presenta un análisis foto geológico, donde se aprecia claramente que la explotación de las arenas pumíticas en esta zona, fue a cielo abierto, con grandes extensiones de explotación, mismas que en fotos más recientes, se ven rellenas. Así mismo, se concluye que la profundidad de las anomalías asociadas a las zonas de migración de minas, y/o rellenos heterogéneos se presentan con una disposición muy variable, desde los 5.0 y 11.5 m.

Tomando en cuenta lo anterior, para el diseño de la cimentación de la Torre 30 se considera que el piso de las antiguas minas, se presenta a una profundidad media de 15.0 m.

La estabilidad de las estructuras proyectadas está sustentada en el uso de pilas de cimentación desplantadas por debajo de las alteraciones que ha sufrido el suelo en esta zona. Sin embargo, para garantizar el buen comportamiento y evitar la migración de las antiguas minas detectadas, se deberá realizar una rehabilitación total de estas. Para solventar esta situación, se deberá abrir una "puerta" en la zona de la Torre 31, para poder acceder a la antigua mina. Posteriormente se procederá como sigue:

- 1) Se ingresará a la antigua mina para detectar el área de afectación.
- 2) Se limpiará el piso de la antigua mina, retirando basura, lodo o materia vegetal. Enseguida se acomodarán los bloques más grandes, dejando entre ellos espacio para el relleno fluido. Así mismo, se colocarán costales rellenos de material de banco, acomodados en toda el área de extensión de la antigua mina.
- 3) Relleno de los espacios restantes, mediante relleno de material de banco, para cubrir todos los espacios dejados por los bloques y costaleras. Este relleno deberá ser suficiente para que pueda llegar a todos los espacios.

Coefficiente sísmico. Tomando en cuenta la posición de la Torre 30, el coeficiente sísmico elástico es de 0.326, con una aceleración espectral, $a_0 = 0.11$. Se considerarán los factores de hiperestaticidad, importancia, irregularidad y de diseño.

Solución de cimentación. Tomando en cuenta la importancia de la estructura; que es considerada TIPO A1, obliga a una solución de cimentación profunda a base de 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 cavernas, la profundidad de las pilas aquí recomendada deberá ser ajustada, así como los valores de la capacidad de carga.**

La solución de cimentación para Torre 30 será con pilas desplantadas al nivel -29.0 m de proyecto; respecto al nivel +/- 0.0 m de la Estación 5.

Para el diseño de la cimentación, se considera que la longitud efectiva de las pilas se desarrolla a partir de 15.0 m de profundidad.

Capacidad de carga. La capacidad de carga reducida de la cimentación se presenta en el cuerpo de este informe, para pilas de diferentes diámetros.

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

Fe de hechos. Antes de iniciar los trabajos es necesario que se realice un levantamiento del estado físico de las estructuras cercanas al sitio en estudio, que sea certificado por un notario; permitiendo así, deslindar responsabilidades por daños asociados a la construcción de la estructura en cuestión. Los resultados aquí presentados son aplicables exclusivamente al predio en estudio, en el que se consideraron las condiciones estratigráficas del sitio y las características particulares del proyecto. Los cambios que se generen en el proyecto podrán modificar las recomendaciones presentadas en este informe.

2. Antecedentes

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 presente estudio de mecánica de suelos para las Torre 30, 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.

3. Objeto

Realizar el estudio geotécnico para la Torre 30. Con base en los resultados de la exploración geotécnica, geofísica y 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, productos de las imposiciones de cargas. Para la Torre 30 con coordenadas X=478,874.6777; Y=2,145,891.5539, que se erigirá dentro de la segunda sección del Bosque de Chapultepec, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX (Fig. 1). En la zona se presentan abundantes árboles.

4. 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).

5. Características generales y ubicación de la Torre 30

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 la zona centro – poniente de la Ciudad de México limitado a Tlalpan, oriente con la alcaldía de Benito Juárez y Cuauhtémoc con los municipios mexiquenses de Tecamachalco y Naucalpan de cada una de las 6 estaciones se describe en la siguiente

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

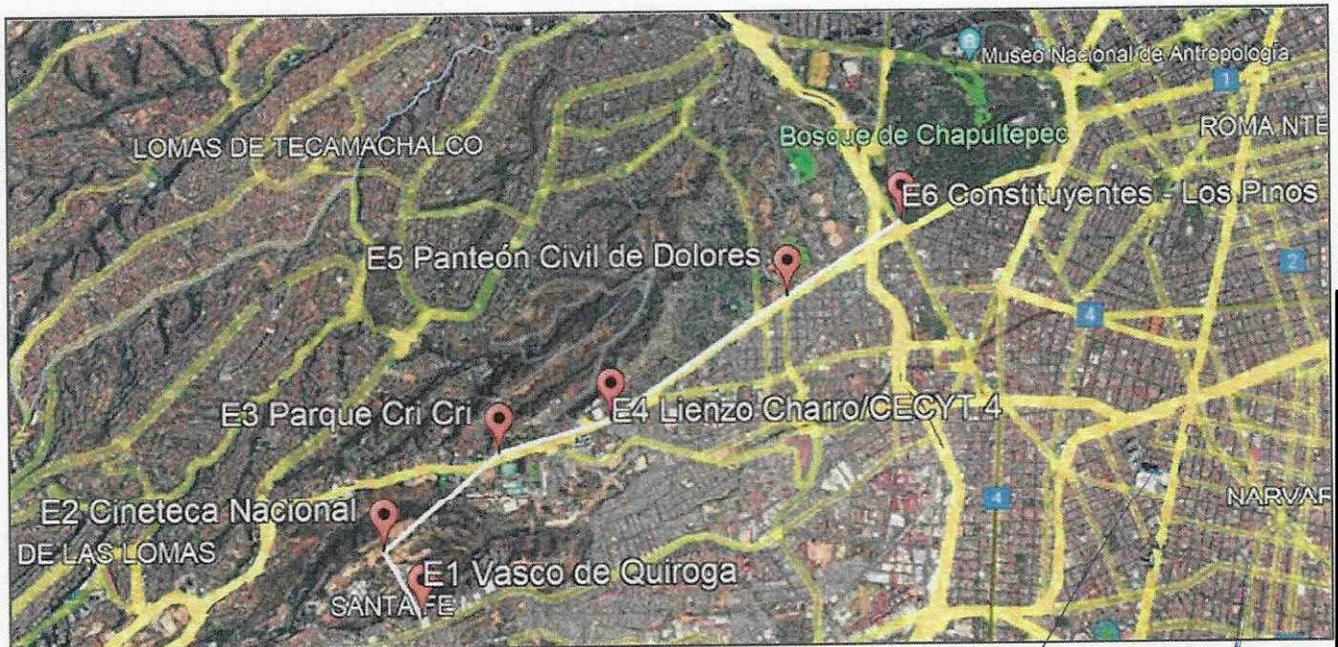


Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús

La Torre 30 con coordenadas X=478,874.6777; Y=2,145,891 del de
Bosque de Chapultepec, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX. L
10.6 m.

6. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO

6.1 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 cavernas o minas antiguas que ha dejado la explotación subterránea o superficial de materiales de construcción en el pasado, las cuales pueden ocasionar problemas geotécnicos a las cimentaciones que en esa zona se construyan.**

6.2 Exploración geotécnica

Para definir las condiciones estratigráficas del sitio, en la Torre 30 se realizó un sondeo de penetración estándar (SPT-1, T-30), a una profundidad máxima 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).

Para complementar la información geotécnica para esta Torre, se tomaron en cuenta los sondeos realizados en la Torre 31 y Estación 5. En la Torre 31, un sondeo de penetración estándar (SPT-1, T-31) a una profundidad de 35.1 m. Por su parte, en la Estación 5 se ejecutaron dos sondeos de avance controlado (SAC-1, E-5 y SAC-2, E-5), a 35.0 m de profundidad, así como un sondeo mixto (SM-1, E-5), igualmente a 35.0 m de profundidad. En el sondeo mixto se alternaron las técnicas de avance controlado y 3 pruebas de ficómetro, a las profundidades medias de 16.0, 25.5 y 30.5 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.

El ficómetro consiste en una sonda cilíndrica de acero denticulada, de 970 mm de longitud y 6.1 cm de diámetro, con ranuras longitudinales que permiten su expansión y penetración en el suelo, al inflar una membrana ubicada en el interior de la sonda. Posteriormente a la inyección de agua se realiza el ascenso y extracción, provocando su desplazamiento y midiendo la resistencia a la adherencia- fricción entre la sonda y el terreno.

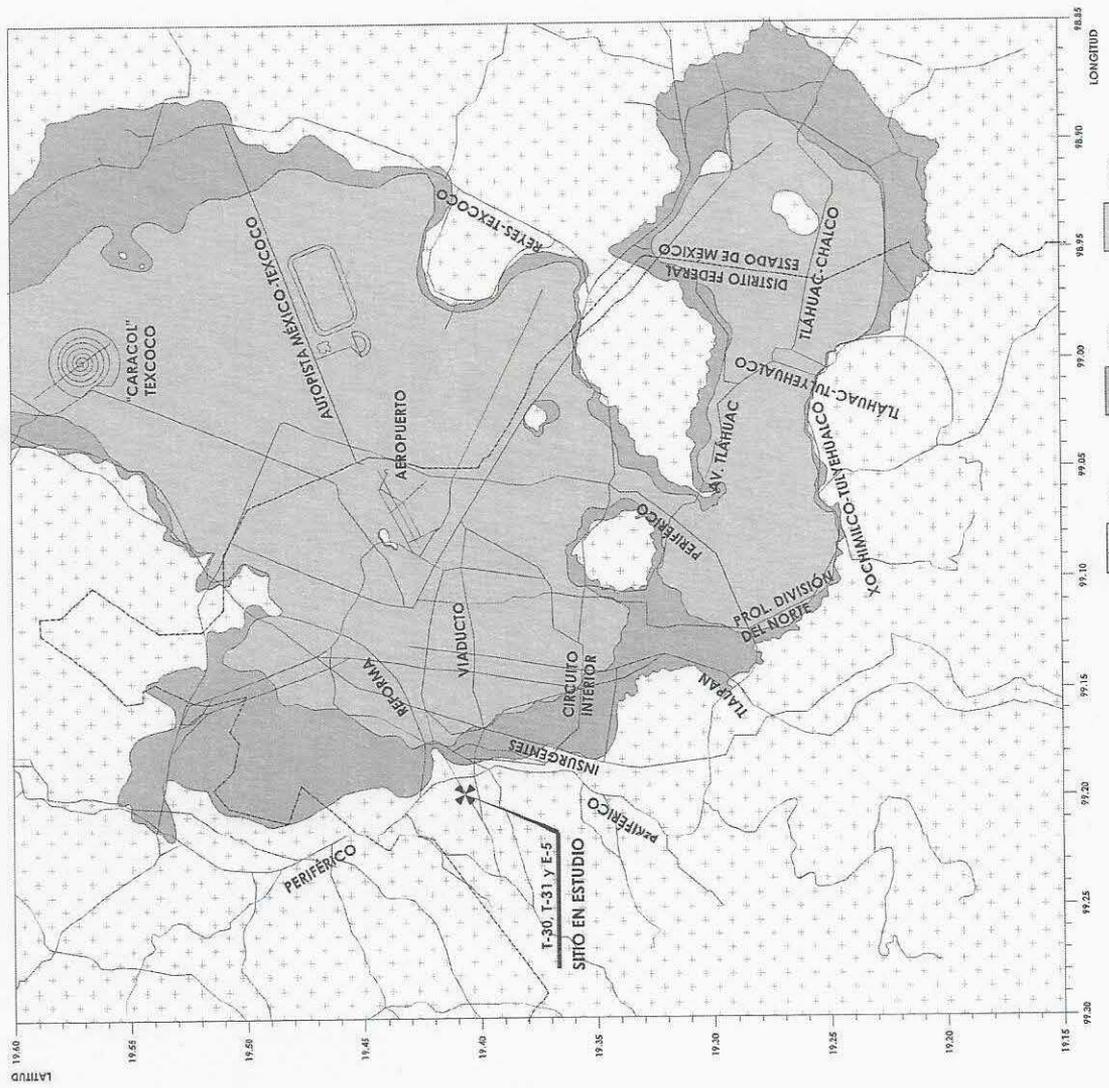
Con la finalidad de complementar la exploración geotécnica y explorar la posible presencia de minas o rellenos, se realizó un estudio geofísico mediante la técnica de resistividad eléctrica, así como un análisis foto geológico, que abarca la zona de la Estación 5, Torre 30 y Torre 31, a una profundidad máxima de 20.0 m, con 13 líneas que suman 510.50 m lineales de exploración.

CAMERENLINA 3. VASO DE QUIMBOA - LOS PINOS
CROSSIN DE LOCALIZACION



SECCION DE ESTACIONAMIENTO

SEMANTOLOGIA



LONGITUD

98.55
98.60
98.65
98.70
98.75
98.80
98.85

LATITUD

19.15
19.20
19.25
19.30
19.35
19.40
19.45
19.50
19.55
19.60

20m 8
20m 8
20m 8

(NTC Para diseño y construcción de cimentaciones, Diciembre 2017)



NO. LICENCIACION	FECHA	APROBADO	USO DEL
GOBIERNO DEL ESTADO DE QUERETARO SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES DIRECCION GENERAL DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES			
CONSTRUCCION DEL CROQUIS DE TRANSPORTES SUSTENTABLE INTERNO PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LA LINEA DE FERROCARRIL QUERETARO-TLAXCAYOTEPEC DE LA CIUDAD DE MEXICO.			
PROYECTO: ... ESCALA: ... FECHA: ... AUTORIZADO: ... INGENIERO: ...			

6.3 Ensayes de laboratorio

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

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

En la Figura 1 se presenta el croquis de localización y 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 y los tomados en cuenta para esta Torre. 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 realizadas en el mástil central de la Estación, en el Anexo 5 se presentan el estudio de georadar ejecutado en la zona. En el Anexo 6 se presentan las cargas actuantes para una torre tipo, concéntrica en el Anexo 7 se presenta la memoria de cálculo de la cimentación.

6.4 Interpretación estratigráfica

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

Corte estratigráfico A-A' y solución de cimentación, con profundidades referidas al SPT-1, T-30, (Fig. 3):

De 0.0 a 3.6 m. Relleno, compuesto con arena limosa, con gravillas y algunos restos de construcción, color café claro. En estado muy suelto a semicompacto, con un número de golpes entre 2 y 26. El contenido natural de agua varía entre 14.9 y 35.4 %. El porcentaje de finos es del 18%, el porcentaje de arena es del 60% y el porcentaje de gravas, de 22%.

De 3.6 a 15.8 m. Relleno heterogéneo para rehabilitación de antiguas minas: Arena pumítica y andesítica, limosa (SM), con gravas pumíticas, de tonalidades café grisáceo y café claro a oscuro. El estado en el que se encuentra este material es muy heterogéneo, suelto a muy compacto, con un número de golpes entre 3 y 26, algunos sub estratos con más de 50 golpes. El contenido natural de agua varía entre 14.9 y 35.4 %, el porcentaje de finos tiene una gran variación entre 10 y 50 %, el porcentaje de arena varía entre 60 y 71 %, el porcentaje de gravas varía entre 2 y 34%.

De 15.8 a 18.0 m. Arena pumítica color gris claro, limosa, con gravas pumíticas, compacto, con un número de golpes de 26 a 34. El contenido natural de agua varía entre 14.9 y 35.4 %, el porcentaje de finos es del 15%, el porcentaje de arena es 71 %, mientras que el porcentaje de gravas es del 14%.

De 18.0 a 28.8 m. Toba arena limosa (SM) y arena arcillosa (SC), color café amarillento y café oscuro, con gravillas aisladas pumíticas. El origen de la arena es pumítica y andesítica. En estado compacto a muy compacto, con un número de golpes entre 31 y más de 50. El contenido natural de agua varía entre 14.9 y 35.4 %.

35.2 %. El porcentaje de finos varía entre 26 y 51 %, el porcentaje de arena se encuentra entre 48 y 66 % y el porcentaje de gravas varía entre 1 y 8%.

De 28.8 a 34.9 m (máxima profundidad explorada). Toba areno limosa (SM), color café claro y café oscuro, con gravas andesíticas y pumíticas. El origen de la arena es andesítico, con poca arena pumítica. En estado compacto a muy compacto, con un número de golpes entre 41 y más de 50. El contenido natural de agua se encuentra entre 12.3 y 16.9%. El porcentaje de finos es del 22%, el porcentaje de arena del 62%, mientras que el porcentaje de gravas es del 16%.

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 sondeo (SPT-1, T-30), se presentaron pérdidas parciales de agua hasta los 20.0 m. En el sondeo (SAC-1, E-5), no se presentaron pérdidas de agua. En el sondeo (SM-1, E-5) se tuvieron solo pérdidas parciales de agua, con detección de una fisura entre 9.4 y 9.5 m. En el sondeo (SAC-2, E-5), se detectó una cavidad entre 8.7 y 9.5 m.

Por su parte, en el sondeo (SPT-1, T-31), se detectó una cavidad ente 4.3 y 7.4 m, con un descenso importante en el número de golpes hasta 15.2 m, que corresponde con un **Relleno heterogéneo para rehabilitación de antiguas minas**: Arena pumítica y andesítica, limosa (SM), con gravas pumíticas, de tonalidades café grisáceo y café claro a oscuro. El estado en el que se encuentra este material es muy heterogéneo, de muy suelto a muy compacto, con un número de golpes de peso de herramienta a algunos sub estratos con más de 50 golpes. El contenido natural de agua varía entre 6.1 y 36.0 %. El porcentaje de finos tiene una gran variación entre 3.0 y 50 %, el porcentaje de arena varía entre 48 y 95% y el porcentaje de gravas varía entre 0.0 y 34%.

Por su parte, en el estudio geofísico se presenta un análisis foto geológico, donde se aprecia claramente que la explotación de las arenas pumíticas en esta zona, fue a cielo abierto, con grandes extensiones de explotación, mismas que en fotos más recientes, se ven rellenas. Así mismo, se concluye que la profundidad de las anomalías asociadas a las zonas de migración de minas, y/o rellenos heterogéneos se presentan con una disposición muy variable, desde los 5.0 y 11.5 m.

La estabilidad de las estructuras proyectadas está sustentada en el uso de pilas de cimentación desplantadas por debajo de las alteraciones que ha sufrido el suelo e  garantizar el buen comportamiento y evitar la migración de las antiguas minas. Se propone  realizar una rehabilitación total de estas. Para solventar esta situación, se  zona de la Torre 31, para poder acceder a la antigua mina. Posteriormente 

- 1) Se ingresará a la antigua mina para detectar el área de afectación.
- 2) Se limpiará el piso de la antigua mina, retirando basura, lodo  acomodarán los bloques más grandes, dejando entre ellos espacio  se colocarán costales rellenos de material de banco, acomodados  la antigua mina.

- 3) Relleno de los espacios restantes, mediante relleno de suelo cemento fluido, que ocupará todos los espacios dejados por los bloques y costaleras. Este relleno se colocará con presión mínima, para que pueda llegar a todos los espacios.

Tomando en cuenta lo anterior, para el diseño de la cimentación se considera que el piso de las antiguas minas, se presenta a una profundidad media de 15.0 m (Fig. 3).

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

6.5 Modelo geomecánico

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, geofísica y laboratorio realizados en las Torres 30, 31 y Estación 5:

Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño

Unidad	Profundidad(m)	γ (t/m ³)	c (t/m ²)	ϕ°	E (kg/cm ²)	Observaciones
1	0.0 a 3.6	1.65	0.5	10	60	De acuerdo con los resultados de la exploración geotécnica y geofísica, se considera la presencia de una mina subterránea de 6.0 m de altura, así como de rellenos utilizados para regenerar estas.
2	3.6 a 4.0	1.65	1.0	20	150	
3	4.0 a 10.0	1.65	Antigua mina			
4	10.0 a 15.8	1.65	Relleno para rehabilitación de antiguas minas			
5	15.8 a 18.0	1.3	4.0	30	300	
6	18.0 a 28.8	1.7	6.0	35	600	
7	28.8 a 34.9	1.7	11	39	1,000	

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

Cabe mencionar que, las propiedades de resistencia y deformabilidad en las pruebas de resistencia y deformabilidad en laboratorio, si se realizaron pruebas de ficómetro o presiómetro, se determinaron mediante los resultados de las pruebas de golpes N (Ref. 4), de la prueba de penetración estándar, presentes en la memoria de cálculo y 2.

7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

Datos del proyecto. La Torre 30 con coordenadas X=478,874.6777; Y=2,140.0000, se encuentra en la segunda sección del Bosque de Chapultepec, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX. Las Torres 30 y 31 son concéntricas, con altura de 10.6 m.

Para esta Torre 30, se toma en cuenta el nivel +/- 0.0 m de proyecto para la Estación 5, que coincide con el nivel de piso terminado del andén y corresponde con la elevación 2,313.95 m.

7.1 Cargas actuantes

Las cargas actuantes para esta torre en particular aún no se tienen determinadas; sin embargo, por parte del área de estructuras se emitió una memoria de cargas, correspondiente a una torre tipo concéntrica. Y se presentan en el Anexo 5. **Resulta muy importante mencionar que, una vez que se tenga el análisis estructural propio de esta torre, se deberá hacer la comparación correspondiente con las capacidades de carga aquí presentadas.**

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

7.2 Solución de cimentación

Solución de cimentación. Tomando en cuenta la importancia de la estructura; que es considerada TIPO A1, obliga a una solución de cimentación profunda a base de 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 cavernas, la profundidad de las pilas aquí recomendada deberá ser ajustada, así como los valores de la capacidad de carga.**

La solución de cimentación para la Torre 30, será con pilas desplantadas al nivel -29.0 m de proyecto, respecto al nivel +/- 0.0 m de la Estación 5 (Fig. 3). Para el diseño de la cimentación de la Torre 30 se considera que la longitud efectiva de las pilas, se desarrolla a partir de 15.0 m de profundidad.

7.3 Estado límite de falla

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

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

Donde:

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

Con:

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

Donde:

- p'_v esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 13.0 t/m²

- N_q^* factor de capacidad de carga
 F_R factor de resistencia, igual a 0.35
 P_v esfuerzos totales al nivel de desplante, igual a 13.0 t/m²

Con:

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

Cuando

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

O bien

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

Cuando

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

Donde:

- L_e longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 6.0 m
 B diámetro de la pila, m.
 ϕ ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 35°

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

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

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

Por su parte, la capacidad de carga por fricción se determinó mediante la siguiente expresión (Ref. 2):

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

Donde:

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

Con

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

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

$$C_{te} = C_f + 0.65 W_p \quad (9)$$

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)	Cp (t)	Cf (t)	R (t)	Cte (t)
1.0	42.0	409.1	51.2	418.3	78.5
1.2	60.5	526.8	61.5	527.7	100.8
1.4	82.4	656.5	71.7	645.8	125.3

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

7.4 Estado límite de servicio

La deformación total que sufrirá cada pila, estará compuesta por la deformación propia del elemento; primer término de la expresión, más la correspondiente a la del suelo de sustento; su magnitud se determinó con la expresión siguiente (Ref. 4):

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

Donde:

- δ deformación total de la pila, cm
- L longitud de la pila, igual a 2,230 cm
- D diámetro de la pila, cm
- E_s módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 600 kg/cm²
- E_c módulo de elasticidad del concreto, igual a 261,916 kg/cm², para

Realizando compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio

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

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):

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

Donde:

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

Realizando compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actuantes:

$$k_v = \frac{\frac{R}{1.4} + W_p}{\delta} \quad (14)$$

Al sustituir los valores correspondientes en las expresiones (11) y (14), se obtienen los valores siguientes de asentamientos y módulos de reacción vertical:

Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas

D (m)	δ (cm)	k_v (t/cm)	k_v (kg/cm ³)
1.0	2.68	127.16	16.19
1.2	2.82	154.93	13.70
1.4	2.98	182.55	11.86

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

$$k_h = 0.2768 k_2 \frac{z}{B} \quad (15)$$

Donde

k_h módulo de reacción horizontal, (kg/cm³)
 k_3 coeficiente de Terzaghi para suelos friccionantes, lb/pulg³
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 de cime

Profundidad (m)	Nivel de proyecto (m)	N	z (m)	k2	kh (Kg/cm ³)		
					B (m)		
					1.0	1.2	1.4
2.0 a 4.0	-6.7 a -8.7	4	1	2.4	0.07	0.06	0.05
4.0 a 10	-8.7 a -14.7	0	5	0.0	0.00	0.00	0.00
8.0 a 15.8	-14.7 a -20.5	6	10.9	6.1	1.84	1.53	1.31
15.8 a 18.0	-20.5 a -22.7	29	14.9	46.0	18.97	15.81	13.55
18.0 a 24.3	-22.7 a -29.0	50	19.15	80.0	42.41	35.34	30.29

Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para dado

Profundidad (m)	Nivel de proyecto (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm ³)
					B (m)
					4.50
0.0 a 2.0	-4.71 a -6.71	6	1	6.10	0.04

8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

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

8.1 Preparación de áreas

- Una vez que se tenga el área liberada, se realizará el trasplante de todos los árboles que se encuentren dentro del área de afectación.
- Concluidos los trabajos anteriores, se procederá con los trabajos de preparación de las pilas de cimentación.

8.2 Pilas

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

- Trazo y ubicación topográfica de la posición de cada una de las pilas, para garantizar la posición de cada uno de los elementos de cimentación.

- b) Enseguida se realizará la perforación en seco, hasta el nivel de desplante de proyecto. **Es importante mencionar que cada una de las pilas con diámetro mínimo de 1.0 m, deberán ser inspeccionada en toda su longitud, por un supervisor geotécnico y verificar el estado de las paredes y fondo, en busca de indicios de cavernas adicionales a las ya consideradas.**
- c) Durante la perforación de las pilas, se deberá reducir las vibraciones lo máximo posible y evitar el movimiento y posicionamiento brusco de equipo pesado.
- d) El concreto para la construcción de las pilas será de una $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$; el tamaño de agregado máximo será de 1 1/2 pulg. El acero de refuerzo tendrá un f_y de $4,200 \text{ kg/cm}^2$.
- e) Para garantizar el recubrimiento mínimo de 7.5 cm, es indispensable el empleo de silletas y "poyos" de concreto o plástico; sus dimensiones serán de 7.5x7.5x10.0 cm y se colocarán longitudinalmente a cada 2.0 m.
- f) **Debido a que detectó plenamente la existencia de una antigua mina y el relleno para su regeneración, se deberá tener en campo un ademe perdible que se colocará desde el nivel de terreno existente, hasta el nivel -21.0 m de proyecto, 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.

- g) 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.

- h) El armado se rigidizará para evitar excesivas deformaciones que pudiesen complicar su colocación dentro de la perforación. Para la liga estructural se recomienda que el armado tenga una longitud adicional de por lo menos 0.5 m, o la que el diseño estructural recomiende.
- i) Las pilas se colarán con el procedimiento tradicional de tubo Tremie; al inicio del colado la tubería se colocará 20.0 cm por encima del nivel de desplante y se utilizará un tapón deslizante “diablo” para evitar la segregación y contaminación del concreto; durante el colado se deberá garantizar que la tubería se encuentre embebida por lo menos 1.0 m dentro del concreto, subiendo la tubería conforme asciende el nivel del concreto. El revenimiento del concreto será como mínimo de 23.0 cm. El colado se llevará por lo menos 0.50 m por arriba del lecho bajo del dado de cimentación o la longitud que determine el área de estructuras.
- j) El descabece para la liga estructural se realizará mediante la demolición del concreto contaminado con martillo eléctrico, empezando en la periferia hasta llegar al núcleo, en forma descendente; en los últimos 20 cm se hará con maceta y cincel.
- k) El criterio de aceptación o tolerancias para la construcción de las pilas es el siguiente:
- 1) *Localización.* En el posicionamiento de la cabeza del apoyo, la desviación aceptada debe ser menor del 4% del diámetro del apoyo o de 8 cm en cualquier dirección, cualquiera que sea el valor más bajo. El diseño estructural deberá de tomar en cuenta esta excentricidad.
 - 2) *Verticalidad.* La tolerancia permisible está comprendida entre el 1 y 2 % de la longitud final 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.

Es indispensable llevar un registro en donde se anote: 1) la ubicación del apoyo; 2) cuando terminó la perforación y la profundidad alcanzada; 4) fecha y hora en que se inicia la pila deberá ser liberada por un supervisor, una vez que se revisaron las condiciones

8.3 Excavación

De acuerdo con el preliminar del diseño estructural, los dados de cimentación para las torres tienen sección rectangular de 5.0 x 4.5 m, con un peralte de 2.0 m. Para poder alojar este elemento, se realizará la excavación con dimensiones mínimas de 5.4 x 4.9 m en planta para poder alojar la cimbra.

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

análisis de estabilidad, consideran una sobrecarga de 1.5 t/m^2 en la corona, por lo que se deberá evitar la concentración de esfuerzos en esta zona.

- 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 o bien, con relleno con calidad de terraplén, colocado en capas de 25 cm suelto y compactado al 95% de su P.V.S.M.

8.4 Minas

Durante los trabajos de ejecución del sondeo (SPT-1, T-30), se presentaron pérdidas parciales de agua hasta los 20.0 m. En el sondeo (SAC-1, E-5), no se presentaron pérdidas de agua. En el sondeo (SM-1, E-5) se tuvieron solo pérdidas parciales de agua, con detección de una fisura entre 9.4 y 9.5 m. En el sondeo (SAC-2, E-5), se detectó una cavidad entre 8.7 y 9.5 m.

Por su parte, en el sondeo (SPT-1, T-31), se detectó una cavidad ente 4.3 y 7.4 m, con un descenso importante en el número de golpes hasta 15.2 m, que corresponde con un **Relleno heterogéneo para rehabilitación de antiguas minas**: Arena pumítica y andesítica, limosa (SM), con gravas pumíticas, de tonalidades café grisáceo y café claro a oscuro. El estado en el que se encuentra este material es muy heterogéneo, de muy suelto a muy compacto, con un número de golpes de peso de herramienta a algunos sub estratos con más de 50 golpes. El contenido natural de agua varía entre 6.1 y 36.0 %. El porcentaje de finos tiene una gran variación entre 3.0 y 50 %, el porcentaje de arena varía entre 48 y 95% y el porcentaje de gravas varía entre 0.0 y 34%.

Por su parte, en el estudio geofísico se presenta un análisis foto geológico, donde se aprecia claramente que la explotación de las arenas pumíticas en esta zona, fue a cielo abierto, con grandes extensiones de explotación, mismas que en fotos más recientes, se ven rellenas. Así mismo, se concluye que la profundidad de las anomalías asociadas a las zonas de migración de minas, y/o rellenos heterogéneos se presentan con una disposición muy variable, desde los 5.0 y 11.5 m.

Tomando en cuenta lo anterior, para el diseño de la cimentación de la Torre 30 y las antiguas minas, se presenta a una profundidad media de 15.0 m.

- a) Durante los trabajos de perforación de pilas, el operador deberá prestar especial atención a los cambios de presión y velocidad, así como a la caída repentina de la herramienta.
- b) Ya que las pilas se proyectan con un diámetro de 1.0 m, una vez que se haya terminado cada una de estas, se tendrá que hacer una inspección visual en toda la longitud. Esto se logrará mediante el descenso a un supervisor por medio de la misma perforadora, asegurándose al barretón, con un arnés de seguridad, una de las pilas deberá ser verificada y liberada por un supervisor de mecánica de suelos.

c) En caso de que se presenten cavernas y/u oquedades importantes, diferentes a las consideradas en este informe, se deberá colocar un ademe en estas zonas, para que las pilas puedan colarse sin problema, este ademe será perdible. En caso de detectar fisuras, se revisará en su momento la posibilidad de realizar inyecciones.

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.

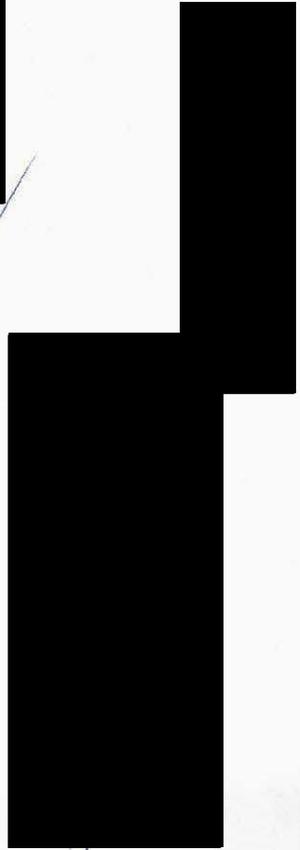
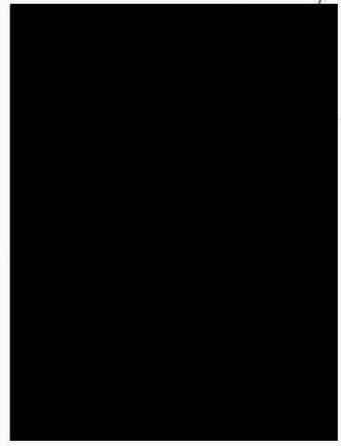
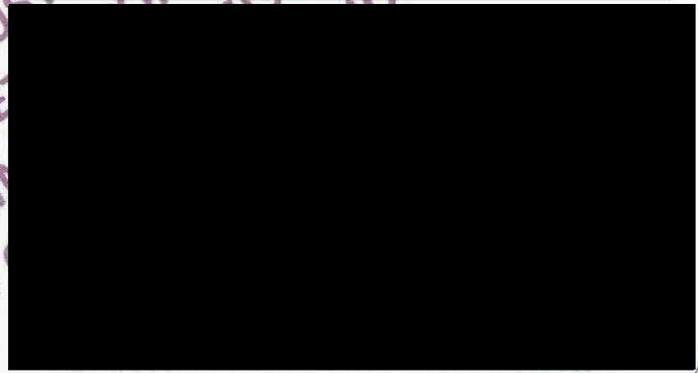
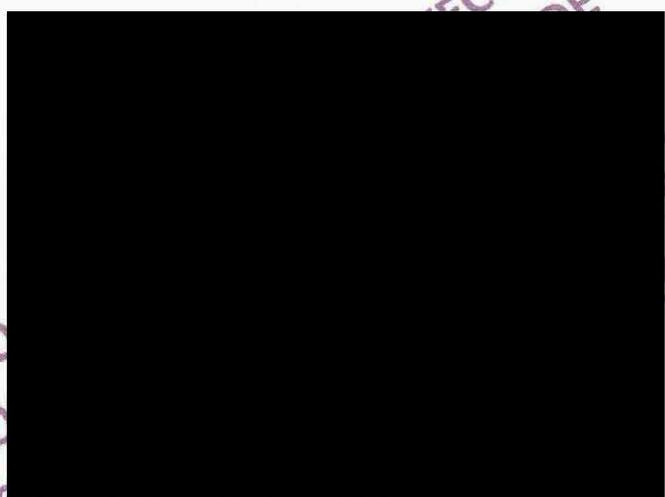
e) La estabilidad de las estructuras proyectadas está sustentado en el uso de pilas de cimentación desplantadas por debajo de las alteraciones que ha sufrido el suelo en esta zona. Sin embargo, para garantizar el buen comportamiento y evitar la migración de las antiguas minas detectadas, se deberá realizar una rehabilitación total de estas. Para solventar esta situación, se deberá abrir una "puerta" en la zona de la Torre 31, para poder acceder a la antigua mina. Posteriormente se procederá como sigue:

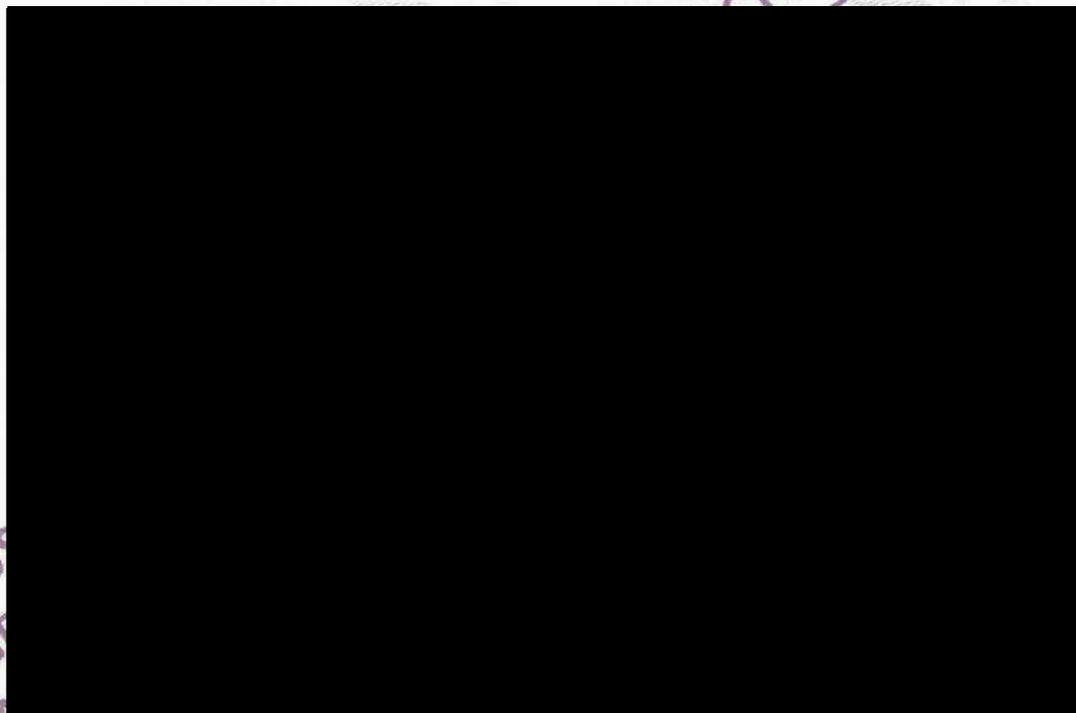
- 1) Se ingresará a la antigua mina para detectar el área de afectación.
- 2) Se limpiará el piso de la antigua mina, retirando basura, lodo o materia vegetal. Enseguida se acomodarán los bloques más grandes, dejando entre ellos espacio para el relleno fluido. Así mismo, se colocarán costales rellenos de material de banco, acomodados en toda el área de extensión de la antigua mina.
- 3) Relleno de los espacios restantes, mediante relleno de suelo cemento fluido, que ocupará todos los espacios dejados por los bloques y costaleras. Este relleno se colocará con presión mínima, para que pueda llegar a todos los espacios.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

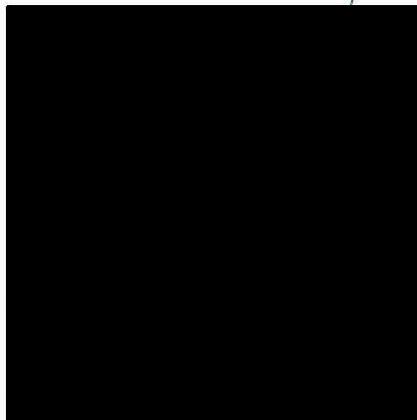
1. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Cimentaciones**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
2. Tamez, E. **Manual de diseño geotécnico Vol. 1**. Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, México, agosto 1987.
3. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, 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, 1990.
6. Rico. Del Castillo, **La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Vol. II**, Ed. McGraw-Hill, 1999.

PARA USO EXCLUSIVO
INTEGRAL DE LA "CO
TRANSPORTE SUP
QUIROGA A ME
CABLEBÚS LÍ
PÚBLICO

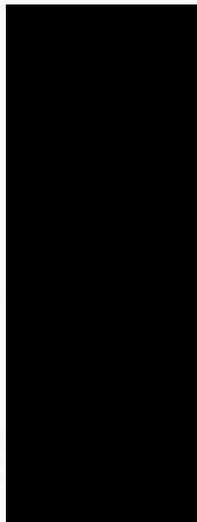


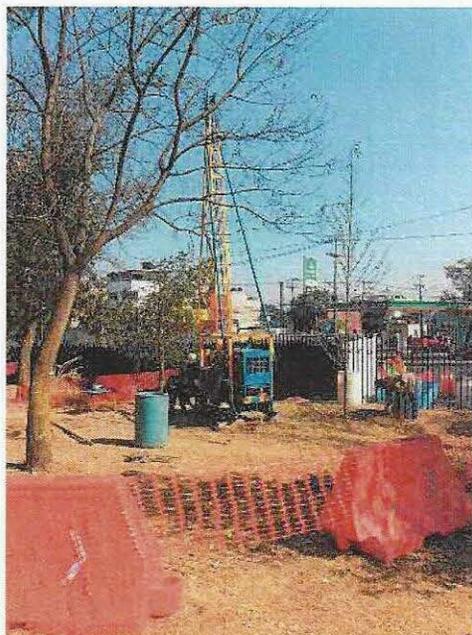


PARA US
INTEGR
TRA
QUIROG
CABLEBÚS L
PÚBLICO CABLE



10. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA





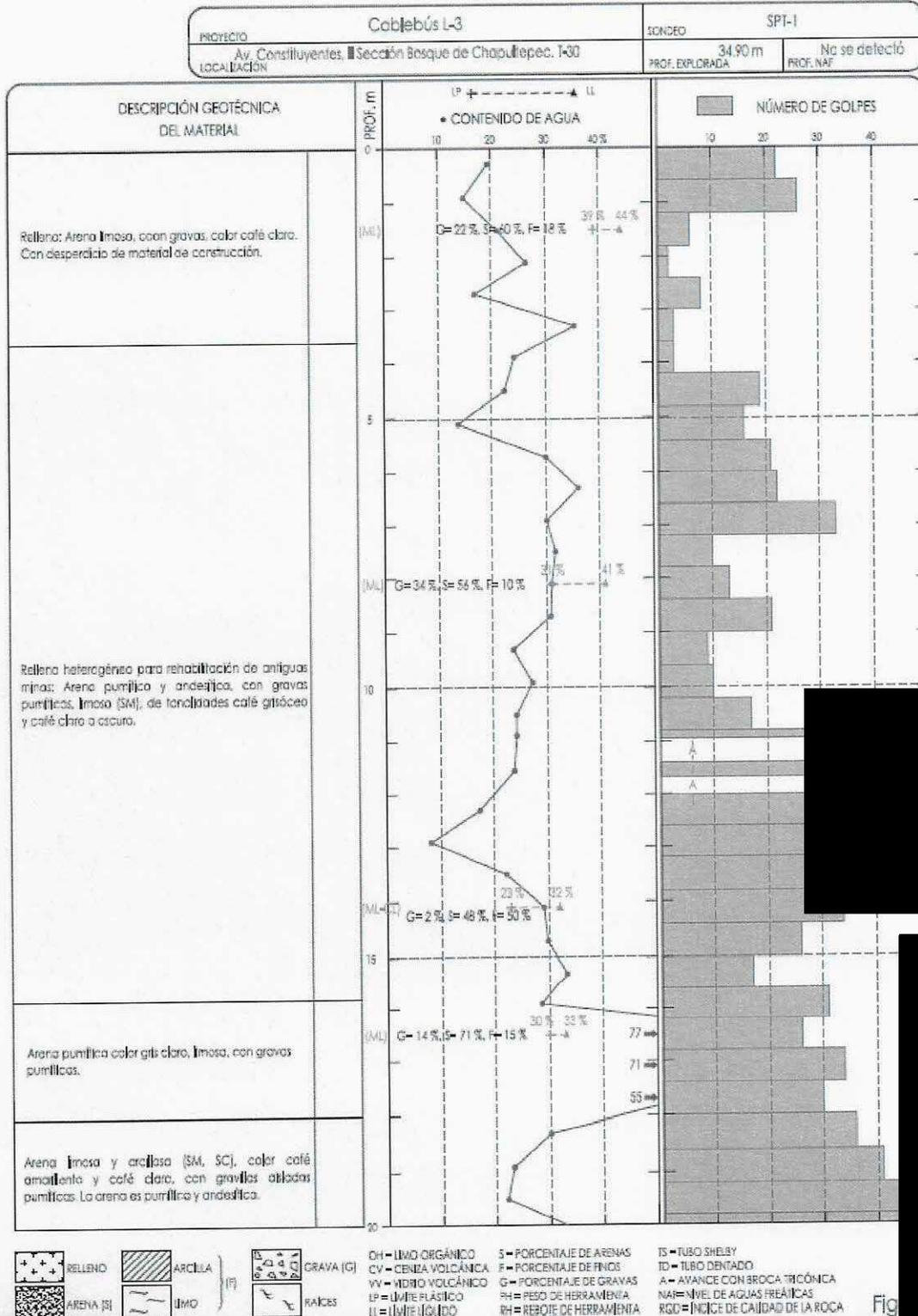
Fotografías 1 y 2. Posicionamiento del equipo y ejecución del sondeo, SPT-1, T-30.



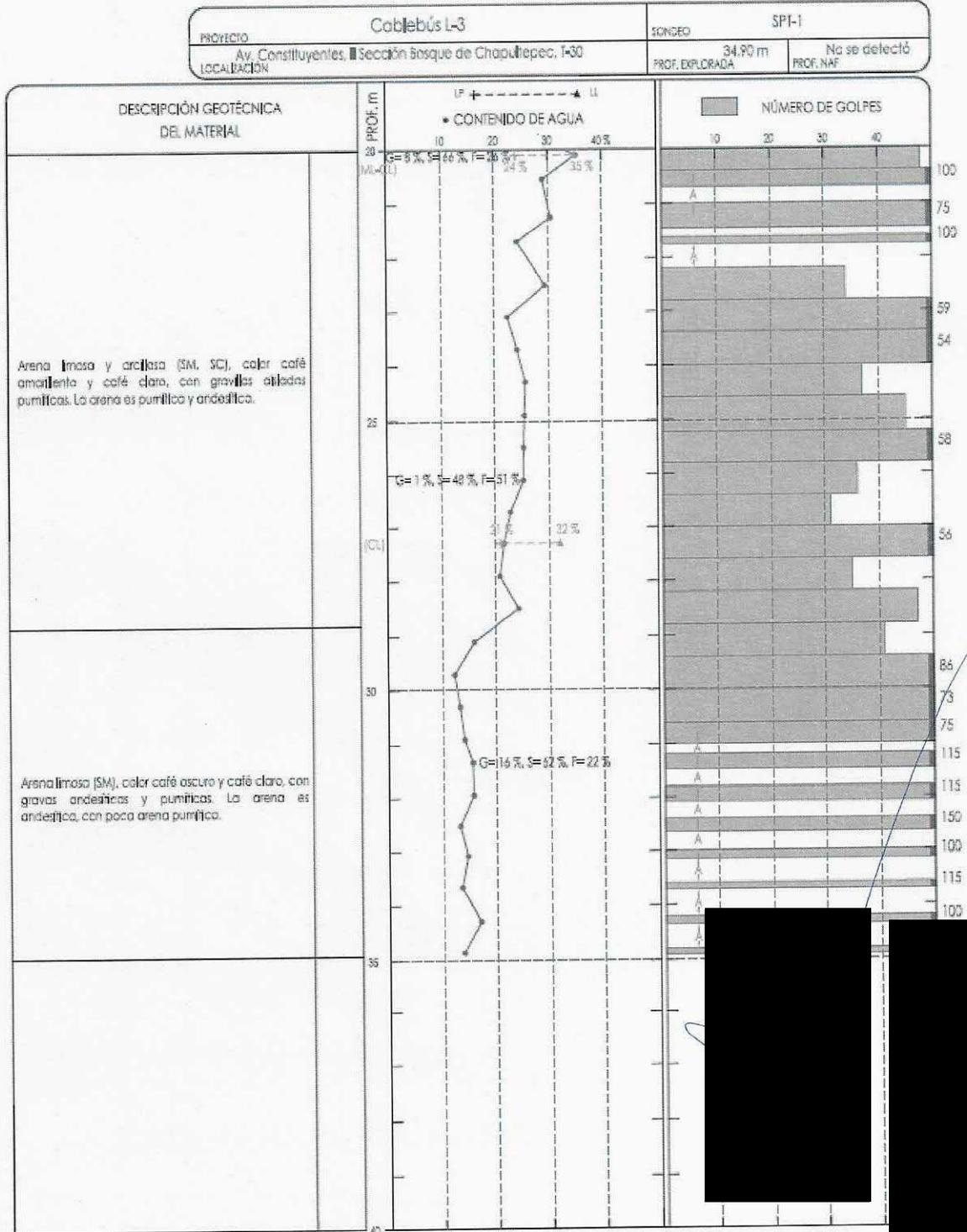
Fotografías 3 y 4. Muestras alteradas recuperadas en sondeo SPT-1, T-30

11. ANEXO 2. PERFIL DE SONDEOS

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR



SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR



<p>RELLENO</p> <p>ARENA (S)</p>	<p>ARCILLA</p> <p> Limo</p>	<p>GRAVA (G)</p> <p>RAICES</p>	<p>OH = LIMO ORGÁNICO</p> <p>CV = CENIZA VOLCÁNICA</p> <p>VV = HIDRO VOLCÁNICO</p> <p>LP = LIMITE PLÁSTICO</p> <p>LL = LIMITE LÍQUIDO</p> <p>S = PORCENTAJE DE ARENAS</p> <p>F = PORCENTAJE DE FINOS</p> <p>G = PORCENTAJE DE GRAVAS</p> <p>PH = PESO DE HERRAMIENTA</p> <p>RH = REGÍTE DE HERRAMIENTA</p> <p>TS = TUBO SHELBY</p> <p>TD = TUBO DENTADO</p> <p>A = AVANCE CON BROCA TRICÓNICA</p> <p>NAI = NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS</p> <p>RCO = ÍNDICE DE CAJIDAD DE LA ROCA</p>
---------------------------------	-----------------------------	--------------------------------	---

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Jacob Suárez / Brian M.	EQUIPO	MOBL
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, II Sección Bosque de Chapultepec, E-5	FECHA	11/02/2023	SONDEO	8AC-1

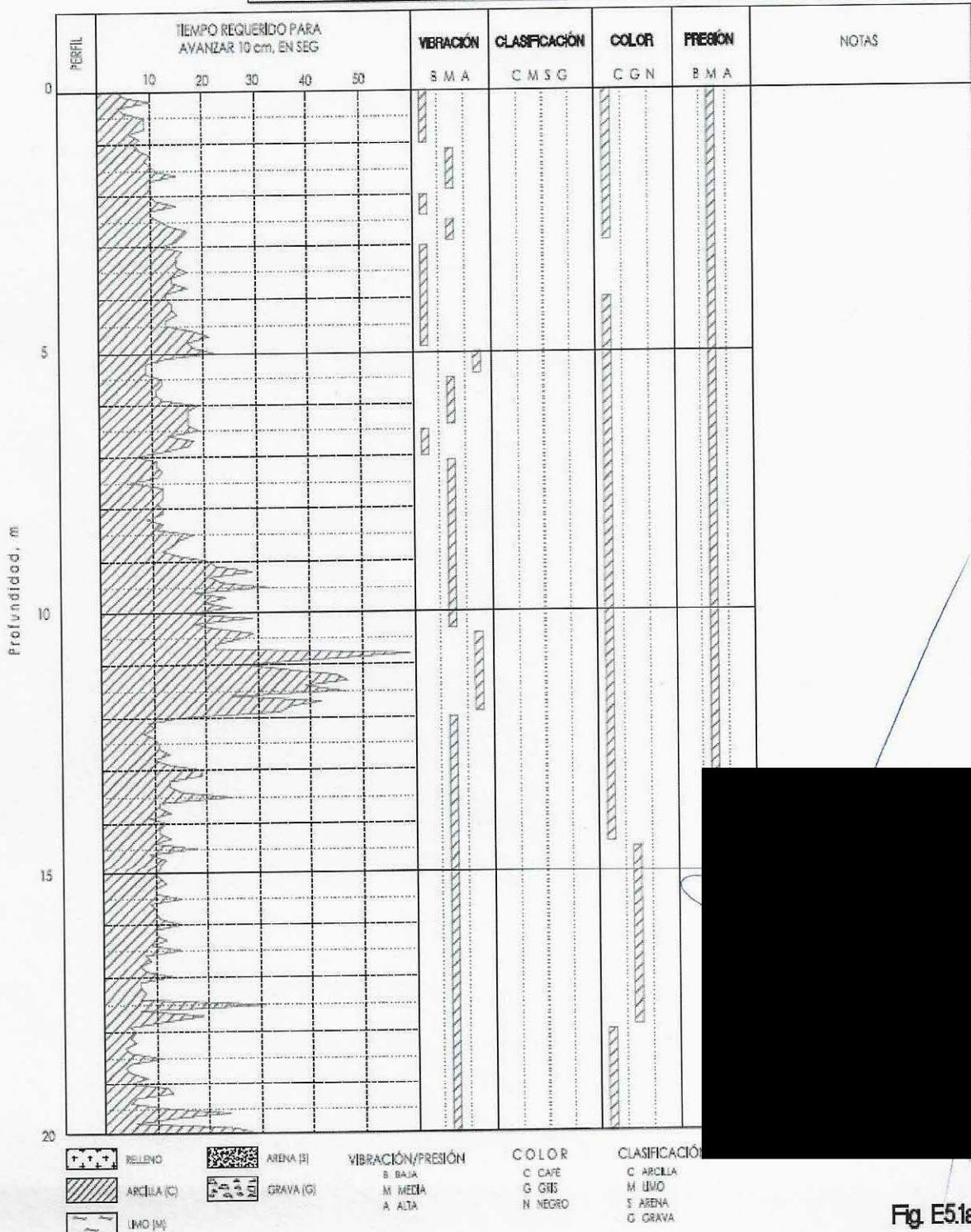


Fig. E5.1a

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Jacob Suárez / Brian M.	EQUIPO	MOBL
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, II Sección Insique de Chapultepec, E-5	FECHA	11/02/2023	SONDEO	8AC-1

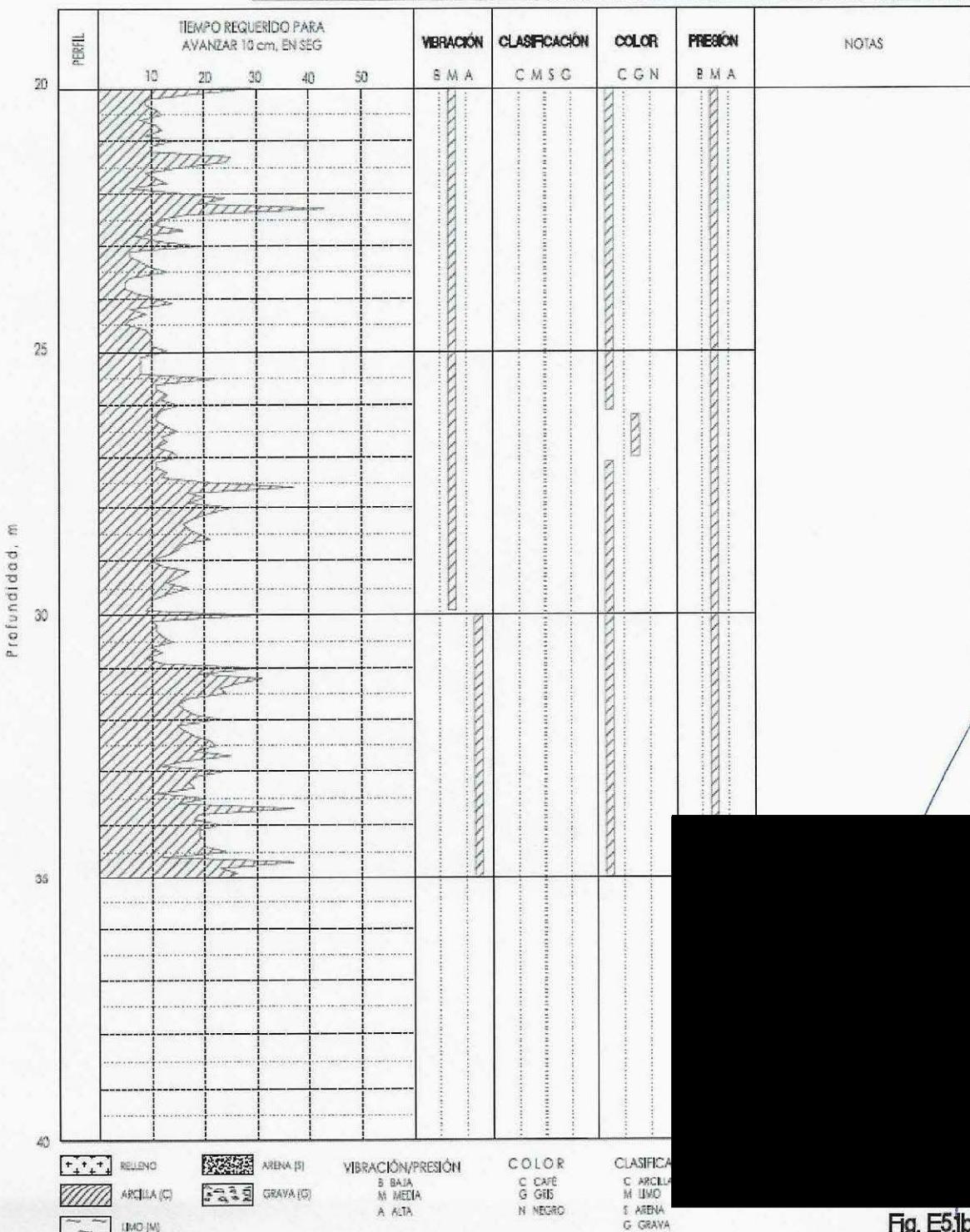


Fig. E5.1b

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Edilberto Galicia	EQUIPO	MOBIL
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, I Sección Bosque de Chapultepec, E-5	FECHA	06/02/2023	SONDEO	SAC-2

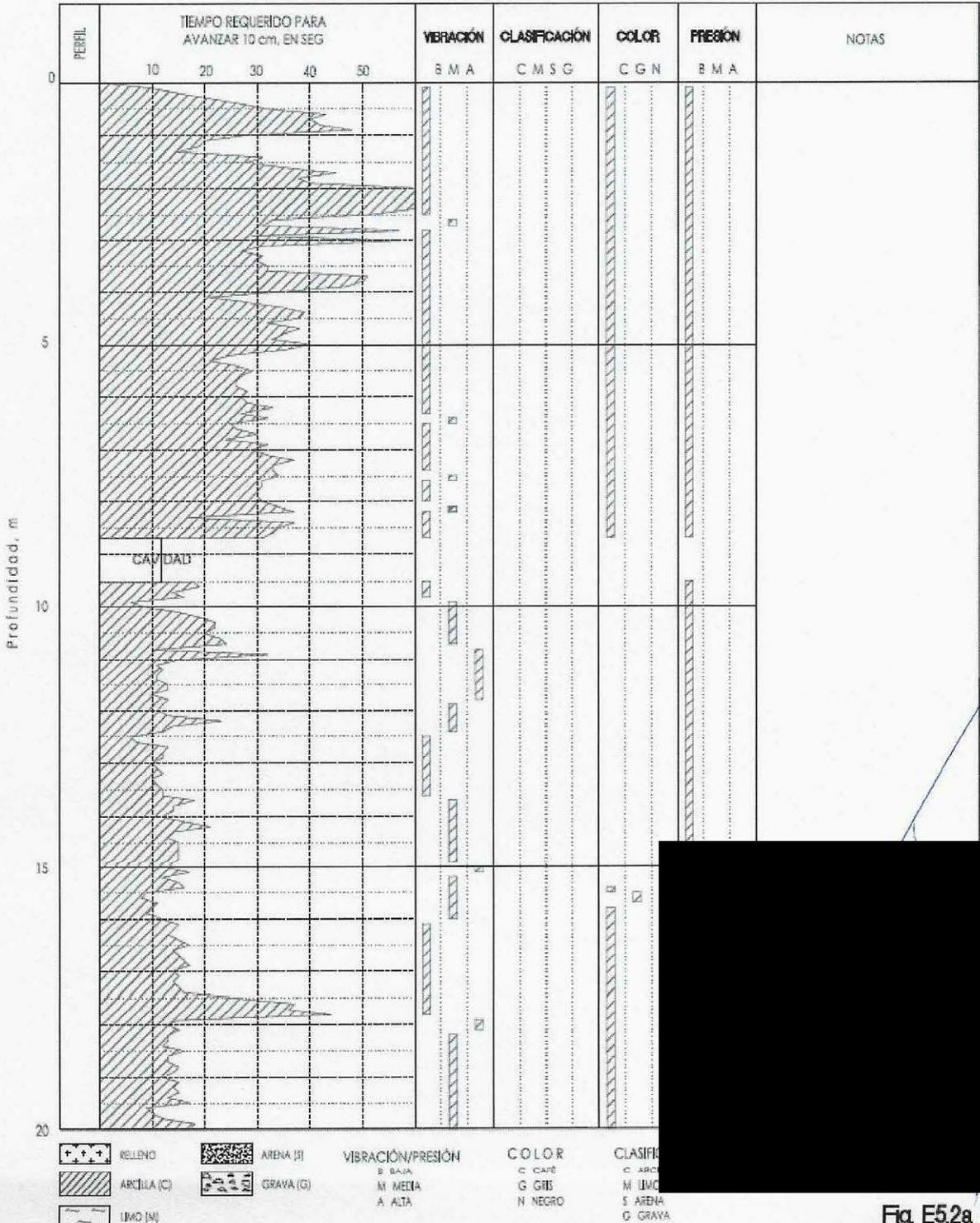


Fig. E5.2a

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Edilberto Gelica	EQUIPO	MOBIL
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, II Sección Bosque de Chapultepec, E-5	FECHA	06/02/2023	SONDEO	8AC-2

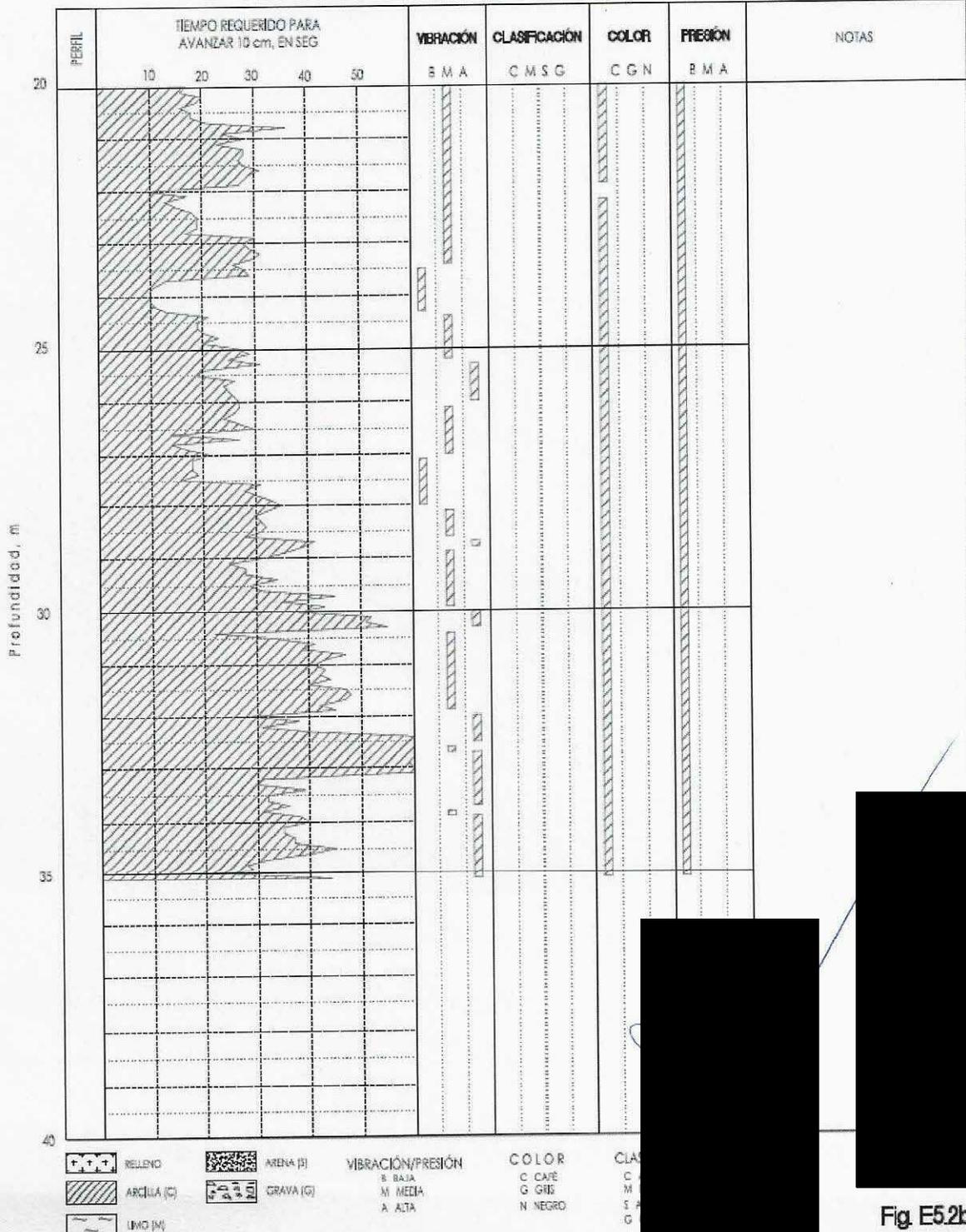


Fig. E5.2b

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Enilberto Gatica	EQUIPO	MOBIL
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, I Sección Bosque de Chapultepec, E-5	FECHA	06/02/2023	SONDEO	SM-1

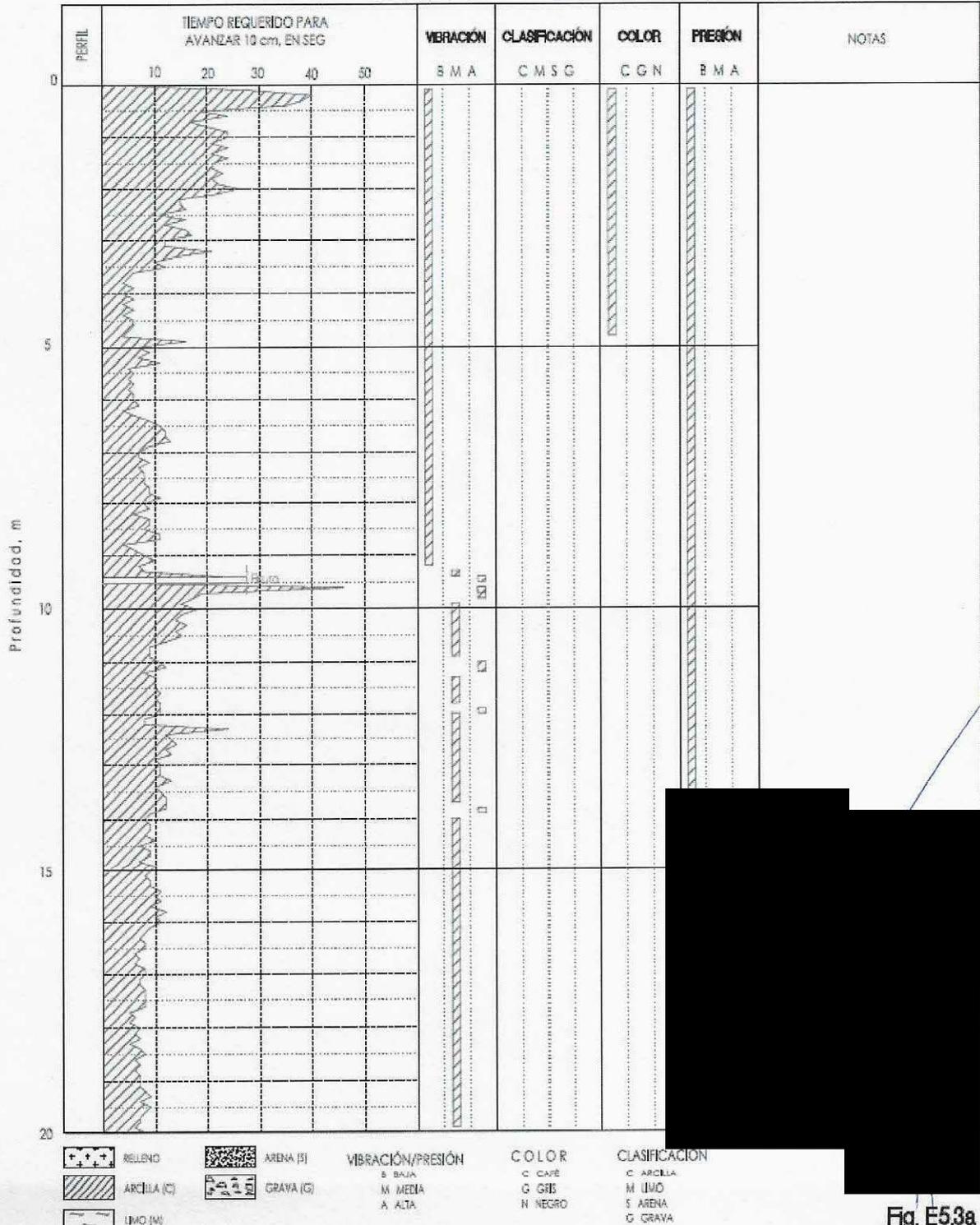


Fig. E5.3a

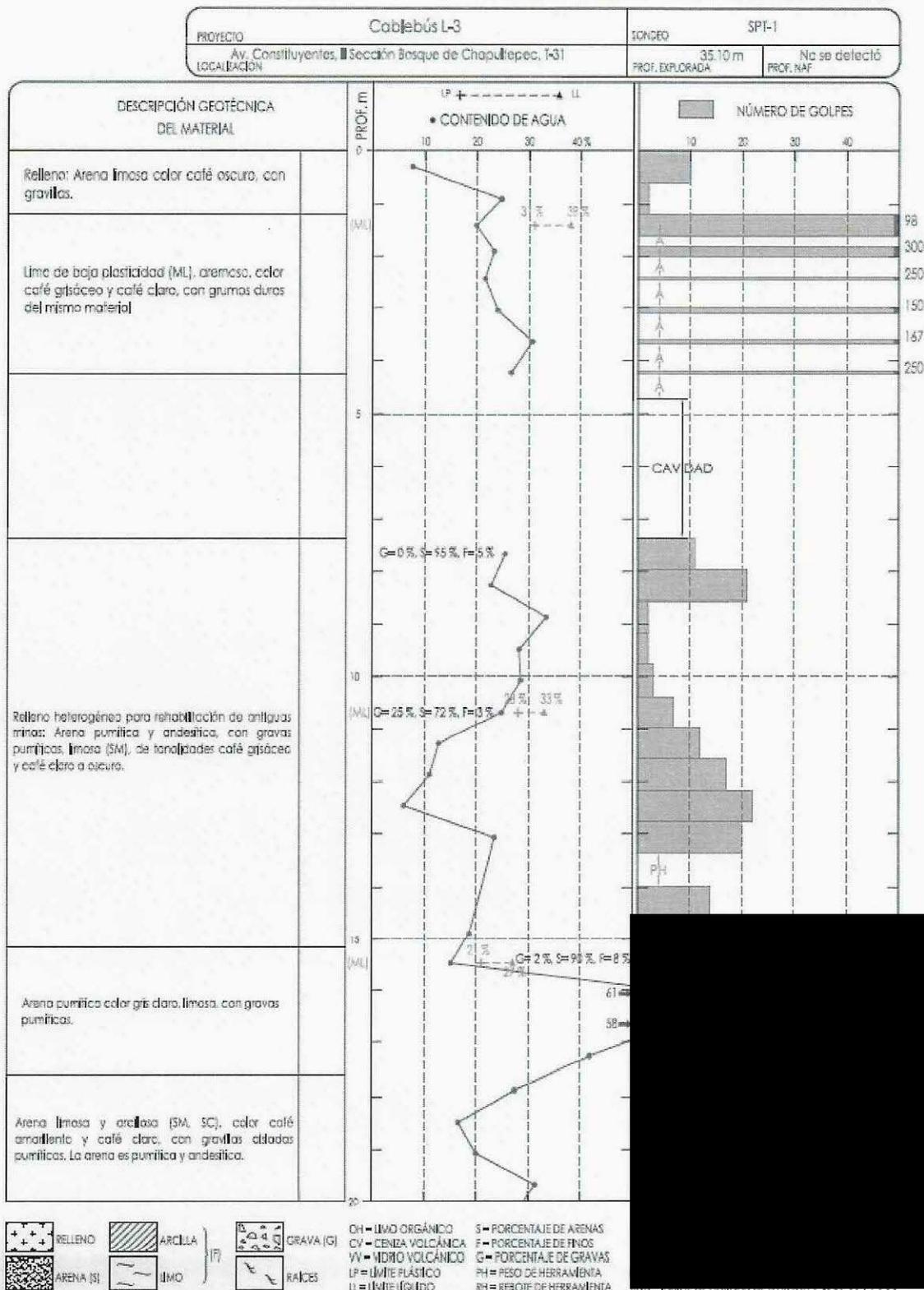
SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Edilberto Galicia	EQUIPO	MOBIL
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, II Sección Bosque de Chapultepec, E-5	FECHA	08/02/2023	SONDEO	SM-1



Fig. E5.3b

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR



SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

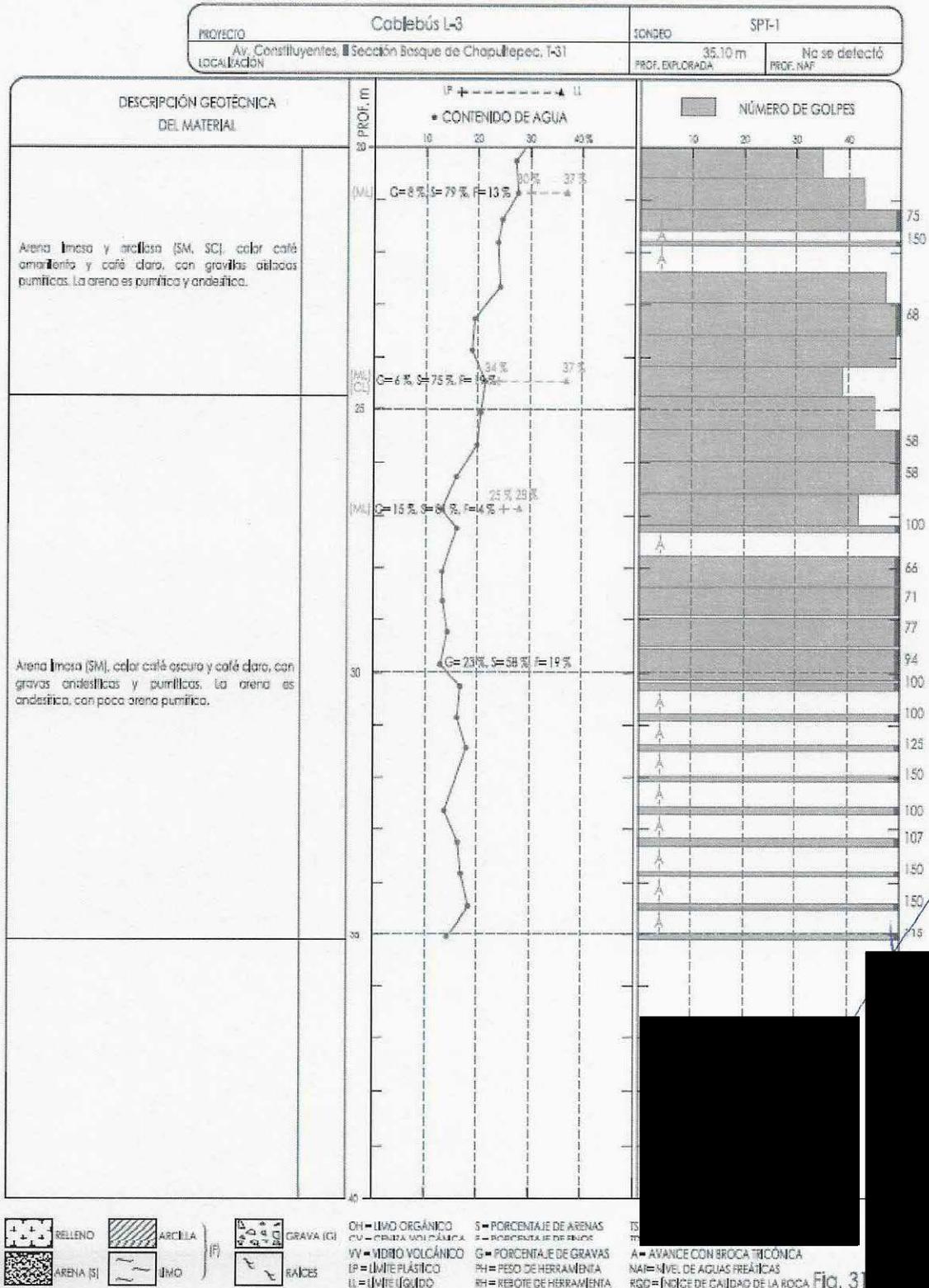
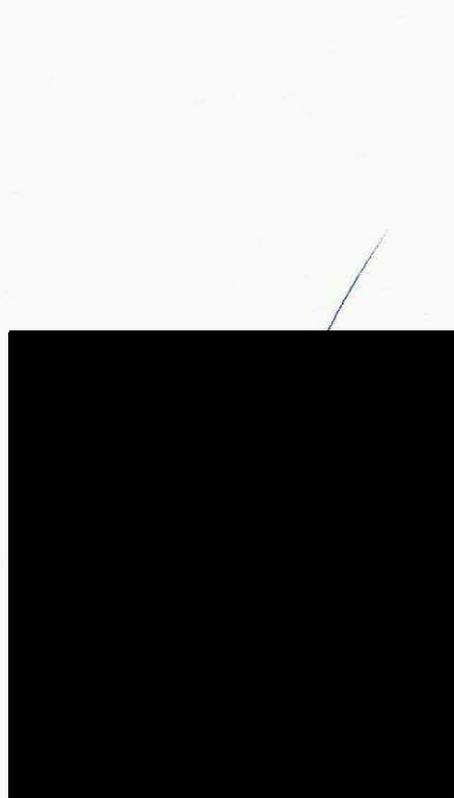


Fig. 31

12. ANEXO 3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO





entidad mexicana de acreditación a.c.

ACREDITA
A

PEP INGENIERÍA DE SUELOS, S.A. DE C.V.

ADOLFO DUGLOS SALINAS No. 81, COL. SANTA MARTHA ACATITLA NORTE,
C.P. 09140, CIUDAD DE MÉXICO, MÉXICO.

Como Laboratorio de Ensayo

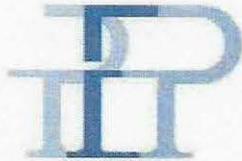
De acuerdo a los requisitos establecidos en la norma [REDACTED]
[REDACTED] para las actividades de evaluación de la conformidad en:

Construcción*

[REDACTED]

El cumplimiento de los requisitos de la Norma [REDACTED] 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 [REDACTED] están escritos en un lenguaje que corresponde con las operaciones de un laboratorio y satisfacen los principios de la Norma [REDACTED] "Sistemas de Gestión de la Calidad- Requisitos" y además son afines a sus requisitos pertinentes."

[REDACTED] de acreditación vigente
[REDACTED] no evidencia de acreditación
Para verificar el estatus de la vigencia de este certificado, consulta



PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclós Salinas No. 81
Santa María Acatitla Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237

Clasificación visual y al tacto

Referencia: M823/18		Fecha: 03-16-2023		Número: 001	
Cliente: Ingenieros Cuervos Asociados					
Dirección: [REDACTED]					
Proyector: [REDACTED]					
Ubicación: Torre 30					
Alcance: [REDACTED]					
Fecha de inicio	Fecha de fin	Procedencia:	Tipo de material:	Para ser empleado en:	Número de Sondas
Dato no proporcionado	Dato no proporcionado	Dato no proporcionado	Dato no proporcionado	Dato no proporcionado	--
No	Profundidad (m)		Clasificación		
Muestra	de	a			
1	0	0.60	Arcilla con arena y gravilla color café oscuro		
2	0.60	1.20	Arena con limo y gravilla color café claro		
3	1.20	1.80	Arena limosa y gravilla pumilica color café claro		
4	1.80	2.40	Arcilla con arena contaminada con labirinto rojo		
5	2.40	3.00	Arcilla color café con gravilla contaminada con labirinto rojo		
6	3.00	3.60	Limo arcilloso color café contaminado con labirinto rojo		
7	3.60	4.20	Arcilla con arena y gravilla pumilica color café		
8	4.20	4.80	Arcilla color café claro		
9	4.80	5.40	Arcilla con limo y gravilla color café claro		
10	5.40	6.00	Arena con arcilla color café claro		
11	6.00	6.60	Arcilla con arena y gravilla pumilica color café claro		
12	6.60	7.20	Arcilla con gravilla pumilica color café claro		
13	7.20	7.80	Arcilla con gravilla pumilica color café oscuro		
14	7.80	8.40	Arena mal graduada color café y gravilla pumilica		
15	8.40	9.00	Arcilla con arena color café		
16	9.00	9.60	Arcilla con gravilla pumilica color café claro		
17	9.60	10.20	Arcilla con arena y gravilla pumilica café oscuro		
18	10.20	10.80	Arcilla con arena y gravilla pumilica café claro		
19	10.80	11.40	Arcilla con gravilla pumilica color café claro		
20	11.40	12.00	Arcilla color café claro		
21	12.00	12.60	Arcilla con arena pumilica color café claro		
22	12.60	13.20	Arena pumilica con arena color gris oscuro		
23	13.20	13.80	Arcilla color café oscuro		
24	13.80	14.40	Arcilla con limo y gravilla pumilica color café		
25	14.40	15.00	Arcilla con gravilla pumilica color café		
26	15.00	15.60	Arena pumilica con limo color café claro		
27	15.60	16.20	Arcilla con arena y gravilla pumilica color café		
28	16.20	16.80	Arena limosa y gravilla pumilica color gris claro		
29	16.80	17.40	Arena y gravilla pumilica color gris claro		
30	17.40	18.00	Arena pumilica color gris claro		
31	18.00	18.60	Limo con arena pumilica color café		
32	18.60	19.20	Limo con arena pumilica color café		
33	19.20	19.80	Limo con arena y gravilla pumilica color café		
34	19.80	20.40	Arena arcillosa y gravilla pumilica color café oscuro		
35	20.40	21.00	Arcilla limosa color café claro		
36	21.00	21.60	Arcilla con arena pumilica color café		
37	21.60	22.20	Arcilla con arena pumilica color café claro		
38	22.20	22.80	Arcilla con arena y gravilla pumilica color café claro		
39	22.80	23.40	Arcilla color café claro		
40	23.40	24.00	Arcilla limosa con poca gravilla color café		



PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclós Salinas No. 81
Santa Martha Acatitla Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237

Clasificación visual y al tacto

Referencia: MS23113		Fecha: 05-feb-2023		Número: 001	
Cliente: Ingenieros Cuevas Asociados					
Dirección: [Redacted]					
Proyecto: [Redacted]					
Ubicación: Torre 30.					
Ar'n: [Redacted]					
Fecha de muestreo:	Muestreada en:	Procedencia:	Tipo de material:	Para ser empleado en:	Número de Sondeo
Dato no proporcionado	Dato no proporcionado	Dato no proporcionado	Dato no proporcionado	Dato no proporcionado	--
No Muestra	Profundidad (m)		Clasificación	[Redacted]	
de	a				
41	24.00	24.60	Arcilla color café claro		
42	24.60	25.20	Arcilla color café claro		
43	25.20	25.80	Arcilla color café oscuro		
44	25.80	26.40	Arcilla color café claro		
45	26.40	27.00	Limo con arena pumítica color café claro		
46	27.00	27.60	Arcilla con arena pumítica color café claro		
47	27.60	28.20	Arena con limo y gravilla pumítica color café		
48	28.20	28.80	Arena con limo y gravilla pumítica color café		
49	28.80	29.40	Arena con gravilla pumítica color café claro		
50	29.40	30.00	Arena con arcilla y grava color café claro		
51	30.00	30.60	Arena y gravilla pumítica color café de tonalidad rojiza		
52	30.60	31.20	Arena con limo y grava color café de tonalidad rojiza		
53	31.20	31.80	Arena arcillosa con grava color café de tonalidad rojiza		
54	31.80	32.40	Arena con gravilla pumítica color café claro		
55	32.40	33.00	Arena con grava pumítica color gris claro		
56	33.00	33.60	Arena con grava pumítica color gris claro		
57	33.60	34.20	Arena con grava pumítica color gris claro		
58	34.20	34.80	Arena pumítica con limo y grava color gris claro		
59	34.80	35.40	Arena pumítica con grava color gris claro		



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MIEMBRO INSTITUCIONAL



CNEC MEXICO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORÍA
Registro No. 7079



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T30-001=R00

Revisión 0 – Marzo/2023

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclós Salinas No. 81
Santa María Acatitla Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepstelo@pprodigy.net.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MEMBER INSTITUTIONAL



CIMEC MEXICO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORÍA
registro No. 7079



Instituto de Vivienda
del Estado Federal

Informe de contenido de agua de material térreo

Referencia: MS23/1/B

Fecha de Informe: 02-mar-2023

Número de Informe: 001

Cliente: [Redacted]

Dirección: Calle Práxide Teopencelco No. 9, Col Santa Cecilia, Tlaxtepan de Baz, C.P. 54130, Estado de México.

Proyecto: Cablebús Constituyentes.

Ubicación: Torre 30.

Al'c: [Redacted]

Fecha de muestreo	Dato no proporcionado											
	18-feb-2023	27-feb-2023										
Masa del recipiente + muestra húmeda, en g (W1)	175,37	193,46	111,43	152,00	167,08	170,65	127,56	159,57	183,96	196,15		
Masa del recipiente + muestra seca, en g (W2)	152,57	172,51	93,33	127,80	148,06	135,33	108,00	136,68	172,97	158,95		
Masa del agua, en g (Ww)	22,80	20,95	18,10	24,40	19,02	35,32	19,56	22,91	20,99	37,20		
Masa del recipiente, en g (Wr)	35,16	32,14	21,12	35,13	35,21	35,63	27,24	34,40	21,38	34,88		
W2 - Masa del recipiente, en g (Ww)	117,41	140,37	72,21	92,47	112,85	99,70	80,75	102,28	151,59	124,07		
Contenido de agua, en % (W)	19,4	14,9	25,1	26,4	16,9	35,4	24,2	22,4	13,8	30,0		

Observaciones Muestreos en Obra. Proveniente de: Cablebús Constituyentes. Profundidad: (Muestra 1) de 0,00 a 0,60; (muestra 2) de 0,60 a 1,20; (muestra 3) de 1,20 a 1,80; (muestra 4) de 1,80 a 2,40; (muestra 5) de 2,40 a 3,00; (muestra 6) de 3,00 a 3,60; (muestra 7) de 3,60 a 4,20; (muestra 8) de 4,20 a 4,80; (muestra 9) de 4,80 a 5,40 y (muestra 10) de 5,40 a 6,00.

Normas de referencia: [Redacted]

Procedimientos utilizados: [Redacted]

Cliente
Realizó muestreo



CNEC MÉXICO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORÍA
Registro No. 3079



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MIEMBRO INSTITUCIONAL

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.
Adolfo Duclós Salinas No. 81
Santa Martha Acattila Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5753-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepauelo@prodigy.net.mx

Informe de contenido de agua de material térreo

Referencia: #523/18 Fecha de informe: 02-mar-2023 Número de Informe: 001

Dirección: [Redacted]
Proyecto: Cablebús Constituyentes.
Ubicación: Torre 30.
Al/n: [Redacted]

Fecha de muestreo	Dato no procesado											
	18-feb-2023	27-feb-2023										
Número de muestra	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Masa del recipiente + muestra húmeda, en g (W1)	174.90	164.21	161.34	106.96	137.02	146.43	162.68	197.40	159.51	99.81		
Masa del recipiente + muestra seca, en g (W2)	138.13	134.34	131.03	89.98	109.72	125.00	135.14	167.55	133.11	84.81		
Masa del agua, en g (Ww)	36.77	29.87	30.31	16.98	27.30	21.43	27.54	29.85	26.70	15.00		
Masa del recipiente, en g (Wr)	35.92	35.17	35.28	35.19	20.96	34.84	34.42	44.50	27.26	21.75		
W2 - Masa del recipiente, en g (Ws)	102.21	99.17	95.75	54.79	88.76	90.16	100.72	123.06	105.95	63.08		
Contenido de agua, en % (W)	36.0	30.1	31.7	31.0	30.8	23.8	27.3	24.3	24.3	23.8		

Observaciones: Muestreado en: Obra. Proveniente de: Cablebús Constituyentes. Profundidad: (Muestra 11) de 6.90 a 6.60. (muestra 12) de 6.60 a 7.20. (muestra 13) de 7.20 a 7.80. (muestra 14), de 7.80 a 8.40. (muestra 15) de 8.40 a 9.00. (muestra 16) de 9.00 a 9.60. (muestra 17) de 9.60 a 10.20. (muestra 18) de 10.20 a 10.80. (muestra 19) de 10.80 a 11.40. (muestra 20) de 11.40 a 12.00.

Normas de referencia:
[Redacted]

Realizó muestreo: [Redacted]

Ciente: [Redacted]

Los resultados reportados se basan únicamente en las muestras ensayadas.
Prohibida la reproducción de este documento.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E4E5-T30-001=R00

Revisión 0 – Marzo/2023

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duchos Satinas No. 81
Santa Martha Acatitla Norte, Ciudad de México, C.F. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1542-9237
www.pepingenieria.com • pepsuete@prodigy.net.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MEMBRO INSTITUCIONAL



CMIC MEXICO
MEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORÍA
Registro No. 7079



Informe de contenido de agua de material térreo

Referencia: M423118

Fecha de Informe: 02-mar-2023

Múmero de Informe: 001

Ci: [Redacted]

Dirección: [Redacted]

Proyecto: Cablebús Camellayterites.

Ubicación: Torre 30, [Redacted]

Fecha de muestreo	Dato no preparado									
Fecha de recepción de muestra	18-feb-2023									
Fecha de ensayo	27-feb-2023									
Número de muestra	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Masa del recipiente + muestra húmeda, en g (W1)	230.38	213.56	149.22	72.66	166.62	165.62	178.33	165.79	117.76	156.51
Masa del recipiente + muestra seca, en g (W2)	201.97	200.07	124.26	62.39	136.39	132.99	146.29	113.69	79.67	112.87
Masa del agua, en g (Ww)	29.02	13.49	21.96	10.27	30.23	32.73	32.04	51.90	37.81	43.64
Masa del recipiente, en g (Wf)	35.00	34.76	25.29	27.10	35.02	34.63	34.33	46.57	26.83	34.87
W2 - Masa del recipiente, en g	166.97	165.31	98.97	35.29	101.37	98.26	111.96	67.23	53.04	78.94
Contenido de agua, en % (W)	17.4	8.2	22.2	29.1	29.8	33.3				

Observaciones Muestreado en Obra. Proveniente de Cablebus Camellayterites. Profundidad: (Muestra 21) de 12.00 a 12.60, (muestra 22) de 12.60 a 13.20, (muestra 25) de 14.40 a 15.00, (muestra 26) de 15.00 a 15.60, (muestra 27) de 16.00 a 16.20, (muestra 28) de 16.20 a 16.80, (muestra 29) de 16.80 a 17.40, (muestra 30) de 17.40 a 18.00.

Ciente
Realizó muestreo

Los resultados reportados aparecen únicamente las muestras muestreadas.
Prohíbe la reproducción de este documento.

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclós Salinas No. 81
Santa Martha Acatitla Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingeneria.com • pepsuete@prodigy.net.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MEMBRO INSTITUCIONAL



CNEC MÉXICO
MEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORÍA
Registro No. 7079



Informe de contenido de agua de material térreo

Referencia: M523/1/B

Fecha de Informe: 02-mar-2023

Número de Informe: 001

Cliente:

Dirección:

Proyecto:

Ubicación:

A:

Fecha de muestreo	Datos no proporcionados											
	18-feb-2023	27-feb-2023										
Fecha de recepción de muestra												
Fecha de ensayo												
Número de muestra	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
Masa del recipiente + muestra húmeda, en g (W1)	181,24	152,75	125,15	123,49	121,22	162,47	145,06	153,50	168,89	189,22		
Masa del recipiente + muestra seca, en g (W2)	147,26	128,02	107,39	98,35	100,09	129,45	126,20	124,73	142,93	158,39		
Masa del agua, en g (Ww)	33,98	24,73	17,76	25,14	21,13	33,02	19,86	28,77	25,96	29,83		
Masa del recipiente, en g (Wf)	34,25	21,40	26,98	28,91	27,23	21,07	44,11	26,76	27,20	35,21		
W2 - Masa del recipiente, en g (Ws)	113,01	106,62	80,41	71,44	72,86	108,38	82,09	97,97	115,73	123,18		
Contenido de agua, en % (W)	30,1	23,2	22,1	35,2	29,0	30,5	24,2	29,4	22,4	24,2		

Observaciones: Muestreado en: Obra. Proveniente de: Cablebús Constituyentes. Profundidad: (Muestra 31) de 18,80 a 19,20, (muestra 32) de 19,20 a 19,60, (muestra 33) de 20,40 a 20,70, (muestra 36) de 21,00 a 21,45, (muestra 37) de 21,60 a 21,75, (muestra 38) de 22,20 a 22,80, (muestra 39) de 22,80 a 23,40, (muestra 40) de 23,40 a 24,00.

Cliente

Realizó muestreo

MAAC-118-CONHCE-2003 Muestreo de estructuras, terrenos y materiales de prueba (Capítulo 11)

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclos Salinas No. 81
Santa Martha Acanitla Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingeneria.com • pepsueto@prodigy.net.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MIEMBRO INSTITUCIONAL



CNEC MÉXICO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORÍA
Registro No. 7079



Informe de contenido de agua de material térreo

Referencia: MS23/118

Fecha de informe: 07-mar-2023

Número de informe: 001

Cliente: [Redacted]

Dirección: [Redacted]

Proyecto: Cablebús Constituyentes.

Ubicación: Torre 30.

Af' h: [Redacted]

Fecha de muestreo	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
Masa del recipiente + muestra húmeda, en g (W1)	168.57	162.74	189.23	190.26	121.64	167.41	166.70	191.70	156.46	155.17
Masa del recipiente + muestra seca, en g (W2)	153.22	135.07	159.37	161.04	102.63	142.47	142.61	163.35	141.32	141.20
Masa del agua, en g (Ww)	25.35	27.67	33.86	29.22	19.01	24.94	24.09	28.35	15.14	13.97
Masa del recipiente, en g (W1)	34.63	26.68	21.29	44.88	19.15	26.92	26.95	45.97	46.40	27.65
W2 - Masa del recipiente, en g (W2)	98.69	108.39	134.08	116.16	83.48	115.55	115.66	117.38	94.92	113.55
Contenido de agua, en % (W)	25.7	25.5	25.3	25.2	22.8	21.6	20.8	24.2	16.0	12.3

Observaciones Muestreado en: Obra. Proveniente de: Cablebús Constituyentes. Profundidad: (Muestra 41) de 24.00 a 24.80, (muestra 42) de 24.60 a 25.20, (muestra 43) de 26.40 a 27.00, (muestra 44) de 27.00 a 27.60, (muestra 45) de 27.60 a 28.20, (muestra 46) de 28.20 a 28.80, (muestra 47) de 28.80 a 29.40, (muestra 48) de 29.40 a 30.00, (muestra 49) de 30.00 a 30.60, (muestra 50) de 30.60 a 31.20.

Nombre de referencia: [Redacted]

Cliente: [Redacted]

Realizó muestreo: [Redacted]

13. Muestreo de estructuras firmes y metálicas de puente (Código N.º REP-PC-02, REP-PC-03, REP-PC-04, REP-PC-05)

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclos Salinas No. 81
Santa Martha Acañita Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingeneria.com • pepsuelo@prodigy.net.mx



Informe de contenido de agua de material térreo

Referencia: MS23/16
 C.H. [Redacted]
 Dirección: [Redacted]
 Proyecto: Cablebús Consultantes.
 Ubicación: Torre 30.
 Fecha de informe: 02-mar-2023
 Número de informe: 001

Fecha de muestreo	Data no preparada											
	18-feb-2023	27-feb-2023										
Fecha de recepción de muestra:												
Fecha de ensayo												
Número de muestra	51	52	53	54	55	56	57	58	59			
Masa del recipiente + muestra húmeda, en g (W1)	161.46	146.70	71.38	91.82	149.04	104.46	90.29	98.76	128.61			
Masa del recipiente + muestra seca, en g (W2)	144.74	132.57	64.27	81.70	133.78	93.65	81.80	87.22	115.67			
Masa del agua, en g (Ww)	16.72	16.13	7.12	10.12	15.26	10.81	8.49	11.54	12.94			
Masa del recipiente, en g (Wr)	19.16	18.39	18.58	17.40	18.40	19.67	19.07	18.97	22.24			
Ww - Masa del recipiente, en g (Ww')	125.58	114.18	45.69	64.30	115.38	73.98	62.73	68.25	93.43			
Contenido de agua, en % (W)	13.3	14.1	15.6	15.7	13.2	14.6	13.5	16.9	13.8			

Observaciones Muestreado en: Obra. Proveniente de: Cablebús Consultantes. Profundidad: (Muestra 51) de 30.00 a 30.60, (muestra 52) de 30.60 a 31.20, (muestra 53) de 31.20 a 31.45, (muestra 54), de 31.80 a 32.40, (muestra 55) de 32.40 a 32.85, (muestra 56) de 33.00 a 33.15, (muestra 57) de 33.15 a 33.30, (muestra 58) de 33.30 a 33.45, (muestra 59) de 33.45 a 34.00, (muestra 60) de 34.00 a 34.35, (muestra 61) de 34.35 a 34.90

Cliente: [Redacted]
 Realizó muestreo: [Redacted]
 Los resultados reportados expresan únicamente las muestras ensayadas.
 [Redacted]

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duques Salinas No. 81
Santa Martha Acahita Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepsuelo@prodigy.net.mx



MEXICAN CONCRETE INSTITUTE
MIEMBRO INSTITUCIONAL



CNCM-MEMBRADO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSTRUCCIÓN
Registro No. 7079



Informe de límites de consistencia

Referencia: [Redacted] Fecha: 02-mar-2023 Número: 001

Cliente: [Redacted]

Dirección: [Redacted]

Proyecto: [Redacted]

Ubicación: Torre 30

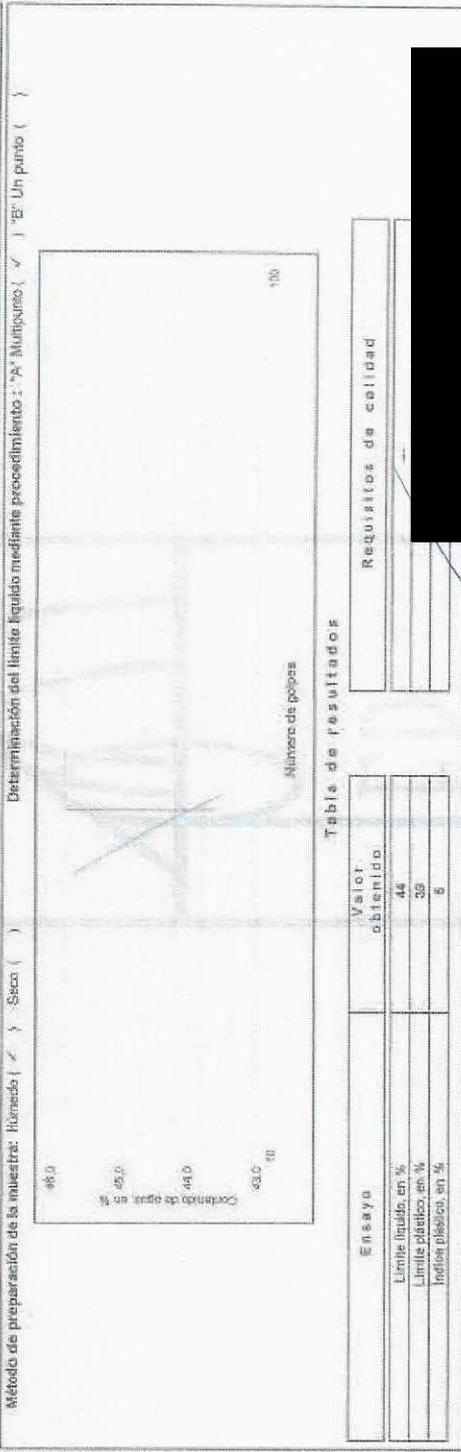
Alt. m: [Redacted]

Fecha de muestreo: [Redacted] Tipo de material: [Redacted] Para ser empleado en: [Redacted] Número de muestra: [Redacted]

Dato no proporcionado: [Redacted] Límite de consistencia: [Redacted] Dato no proporcionado: [Redacted] 1 (2)

Procedencia: [Redacted] Tipo de muestra: [Redacted] Dato no proporcionado: [Redacted]

Cantidad: [Redacted]



Observaciones: Muestreo realizado por el cliente. Fecha de recepción: 15-feb-2023
Profundidad: De 1,20 a 1,30

Una muestra representativa en peso determinado le muestra amonada
Presión de reproducción de esta documentación.

Norma de referencia
NMX-C-116-2012-003 Muestreo de estructuras tensionadas y métodos de
NMX-C-116-2012-003 Métodos de muestreo (capítulo 1, párrafo 7.2)
NMX-C-001-2002 Tercer de métodos especiales de muestreo - MDS
NMX-C-001-2002 Tercer de métodos especiales de muestreo - MDS

DGT, JIBP/MS

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.
Adolfo Duclos Salinas No. 81
Santa Martha Acartita Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepaero@prodigy.net.mx



CNEC MEXICO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORIA
Registra No. 7879



Informe de límites de consistencia

Referencia: M5231/B
Número: 692

Fecha: 02/03/2023

Dirección: [Redacted]

Proyector: Cablebús Compañías

Operación: Torre 30

Alt.: [Redacted]

Fecha de muestra: [Redacted]

Dato no proporcionado: Obra

Procedencia:	Tipos de material:	Para ser ensayado en:	Número de muestra:
Cablebús Compañías	Límite para compactación estándar	Datos no proporcionados	2 (14)

Método de preparación de la muestra: Húmedo (✓) / Seco ()

Determinación del límite líquido mediante procedimiento: "A" Multipista (✓) / "B" Un punto ()



Tabla de resultados

Observaciones: Muestra realizada por el cliente. Fecha de recepción: 18-feb-2023. Procedimiento: DG 7.50 a 9.40

Los resultados reportados aparecen únicamente si muestra ensayada.
Procedimiento de preparación de esta muestra:
Norma en referencia:
NMX-C-416-2019 (NMX-C-416-2019) Método de preparación de muestras de suelos (Capítulo 2, 3 y 4)
NMX-C-417-2019 (NMX-C-417-2019) Método de ensayos de muestras (Capítulo 7, Sección 7.2.1)
NMX-C-418-2019 (NMX-C-418-2019) Método de ensayos de muestras (Capítulo 7, Sección 7.2.2)
NMX-C-408-2019 (NMX-C-408-2019) Límites de consistencia de suelos - Método de ensayo
Procedimiento utilizado:
PER-103001, PER-103002, PER-103003, PER-103004 y PER-103007.

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclos Salinas No. 81
Santa Martha Acarilla Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepsuvelo@prodigy.net.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MEMBERO INSTITUCIONAL



CNEC MEXICO
MEMBERO DE LA CAMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSTRUCCION
Registrado No. 707P



Informe de límites de consistencia

Referencia: 1542023
Fecha: 02-mar-2023

Cliente: [Redacted] Número: 003

Director: [Redacted]

Proyector: [Redacted]

Ubicación: Torre 30.

Altura: [Redacted]

Muestreado en: [Redacted]

Fecha de muestreo: [Redacted]

Dato no reportado: [Redacted]

Procedencia: Cables Constructivos

Procedencia: [Redacted]

Para ser empleado en: Dato no reportado

Número de muestra: 3 (23)

Método de preparación de la muestra: Húmedo (✓) Seco ()

Determinación del límite líquido mediante procedimiento: "3" Multipunto (✓) "1" Un punto ()

Tabla de resultados

Ensayo	Valor obtenido	Requisitos de calidad
Límite líquido, en %	30	
Límite plástico, en %	23	
Índice plástico, en %	5	

Observaciones: Muestreo realizado por el cliente. Fecha de recepción: 16-feb-2023. Procedencia: Ds 13.02 a 14.40.

Los resultados reportados a partir de este momento le nuestro estándar.
Propiedad de reproducción de este documento.
Remite a referencia
NMX-C-410-2013 Norma Mexicana de ensayos de prueba (Pruebas 2.3 y 4)
NMX-C-410-2013 Norma Mexicana de ensayos (Capítulo 3, Ítem 7.2.3)
NMX-C-410-2013 Norma Mexicana de ensayos de prueba (Capítulo 3, Ítem 7.2.3)
NMX-C-410-2013 Norma Mexicana de ensayos de prueba (Capítulo 3, Ítem 7.2.3)
NMX-C-410-2013 Norma Mexicana de ensayos de prueba (Capítulo 3, Ítem 7.2.3)
Procedimiento utilizado
NMX-C-410-2013 Norma Mexicana de ensayos de prueba (Capítulo 3, Ítem 7.2.3)
PEP-IND-07-001-001

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Ducloux Salinas No. 81
Santa Martha Acatlán Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
01-551-5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepsuelo@prodigy.net.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MIEMBRO INSTITUCIONAL



CNIIC MEXICO
MIEMBRO DE LA CÁMARA MEXICANA
DE EMPRESAS DE CONSULTORIA
Registro No. 7079



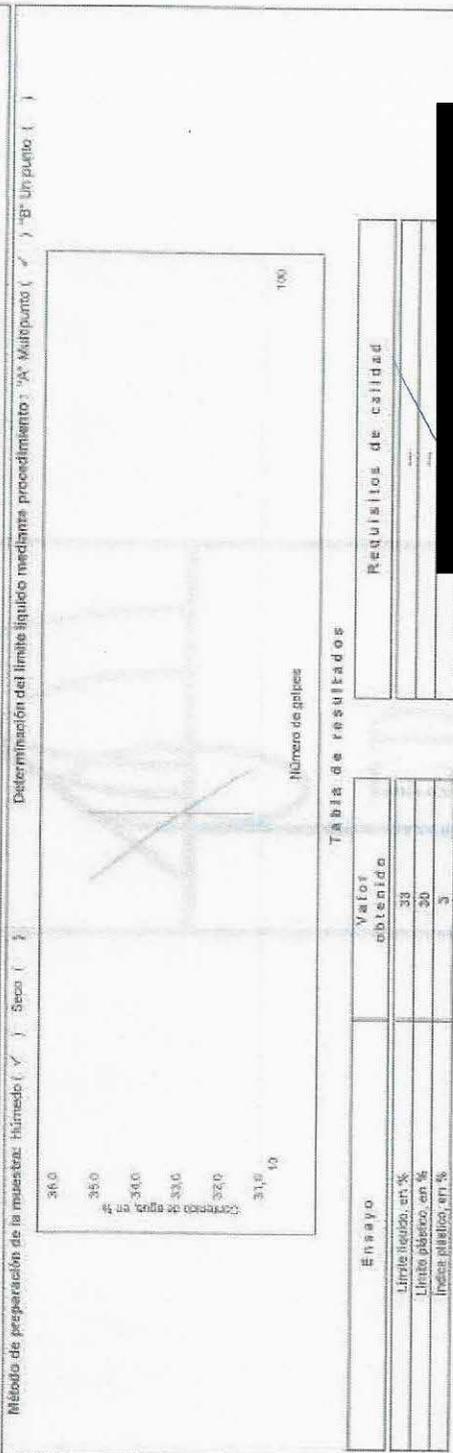
Informe de límites de consistencia

Referencia: M5231/B1
Fecha: 02/04/2023
Número: 004

Cliente: [Redacted]
Dirección: [Redacted]
Proyecto: Cobaltos Consultorias
Ubicación: Torre 30

Al: [Redacted]
Fecha de muestreo: [Redacted]
Fecha de ensayo: [Redacted]
Tipo de material: [Redacted]
Procedencia: Cobaltos Consultorias

Fecha de muestreo en: [Redacted]
Tipo de muestra: [Redacted]
Método de preparación de la muestra: [Redacted]
Número de muestra: 4 (28)



Los resultados reportados representan únicamente la muestra enviada.
Fueron permitidos los cambios de este documento.
Norma de referencia
NMX-C-001-2018 (ASTM D-2938) Método de ensayo de muestras de suelos (Capítulo 2, 3 y 6)
NMX-C-002-2018 (ASTM D-2938) Método de ensayo de muestras de suelos (Capítulo 7, tabla 7.2)
NMX-C-003-2018 (ASTM D-2938) Método de ensayo de muestras de suelos (Capítulo 8, tabla 8.2)
NMX-C-004-2018 (ASTM D-2938) Método de ensayo de muestras de suelos (Capítulo 9, tabla 9.2)
NMX-C-005-2018 (ASTM D-2938) Método de ensayo de muestras de suelos (Capítulo 10, tabla 10.2)
NMX-C-006-2018 (ASTM D-2938) Método de ensayo de muestras de suelos (Capítulo 11, tabla 11.2)
NMX-C-007-2018 (ASTM D-2938) Método de ensayo de muestras de suelos (Capítulo 12, tabla 12.2)
NMX-C-008-2018 (ASTM D-2938) Método de ensayo de muestras de suelos (Capítulo 13, tabla 13.2)
NMX-C-009-2018 (ASTM D-2938) Método de ensayo de muestras de suelos (Capítulo 14, tabla 14.2)
NMX-C-010-2018 (ASTM D-2938) Método de ensayo de muestras de suelos (Capítulo 15, tabla 15.2)

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duales Salinas No. 81
Santa Martha Acatitla Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepsueto@pepfigy.net.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MIEMBRO INSTITUCIONAL



CIMEC MEXICO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORIA
Registro No. 7078



Informe de límites de consistencia

Referencia: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T30-001=R00

Fecha: 28-mar-2023

Módelo: 005

Cliente: [Redacted]

Dirección: [Redacted]

Proyecto: Cables de Consistencia

Ubicación: [Redacted]

Altura: [Redacted]

Ficha: [Redacted]

Dato de proporción: [Redacted]

Estadía en: [Redacted]

Cabeza: [Redacted]

Procedencia: [Redacted]

Tipo de material: [Redacted]

Para ser empleado en: [Redacted]

Numero de muestra: [Redacted]

Dato de proporción: [Redacted]

Numero de muestra: [Redacted]

Método de preparación de la muestra: número () Geop ()

Determinación del límite líquido mediante procedimiento: "A" Multipunto () "B" Un punto ()



Tabla de resultados

Ensayo	Valor obtenido	Requisitos de calidad
Límite líquido, en %	35	
Límite plástico, en %	24	
Índice plástico, en %	11	

Observaciones: Muestra pasada por el diámetro. Fecha de recepción: 18-abr-2023
Profundidad: De 19.80 a 20.40.

Los resultados reportados representan únicamente la muestra ensayada.
Prohibida la reproducción sin esta documentación.

Norma de referencia:
IMGC-416 CIRCULAR 2020 Método de ensayos líquidos y viscosos de suelos (Capítulo 2, 3 y 4)
RAMO C-407 CIRCULAR 2018 Método de ensayos de muestras (Capítulo 7, inciso 7.1.2)
IMGC-401 CIRCULAR 2002 Tiempo de respuesta atenuada e inalterable - Método de ensayo
IMGC-403 CIRCULAR 2018 Límites de consistencia de suelos - Método de ensayo

PEP-PS50-S2-PP-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T30-001=R00

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Ductos Salinas No. 81
Santa Martha Acuña Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • (552-9237
www.pepingenieria.com • pep@pep.com.mx



MEMBER OF THE BOARD NATIONAL
OF ENGINEERS OF CONSULTORS
REGISTRATION No. 7079



Informe de límites de consistencia

Referencia: MDS/30/01
 Cliente: [Redacted]
 Dirección: [Redacted]
 Proyecto: Cablebús Constituyente
 Ubicación: Torre 30
 A11: [Redacted]
 Fecha de muestreo: [Redacted]
 Datos no proporcionados: Otros
 Muestra en: [Redacted]
 Procedencia: Calidad Constituyentes
 Tipo de material: Arete de las comprimidas sobre cada caso
 Para ser empleado en: Dato no proporcionado
 Número de muestra: 5 (A5)
 Fecha: 02 mar 2023
 Número: 005

Método de preparación de la muestra: Húmedo () Seco ()
 Determinación del límite líquido mediante procedimiento: "A" Multipunto () "B" Un punto ()



Ensayo	Valor obtenido	Requisitos de calidad
Límite líquido, en %	32	
Límite plástico, en %	24	
Índice plástico, en %	11	

Observaciones: Muestreo realizado por el cliente. Fecha de recepción: 18-feb-2023.
 Profundidad: De 27.00 a 27.80

Los resultados se proporcionan en el momento de la muestra en el momento.
 Prohibida la reproducción de esta documentación.
 Norma de referencia:
 NMX-C-431-CON-COES-2002 Métodos de ensayos de suelos y métodos de ensayos (Capítulo 2, 5 y 4)
 NMX-C-487-CON-COES-2019 Métodos de ensayos de materiales (Capítulo 7, Anexo 7.2)
 NMX-C-431-CON-COES-2002 Toma de muestra de suelos y ensayos - Método de prueba
 NMX-C-487-CON-COES-2019 Límites de consistencia de suelos - Método de ensayo.
 PEP Ingenieria de Suelos
 PEP-INGENIERIA DE SUELOS, S.A. DE C.V. PEP-INGENIERIA DE SUELOS, S.A. DE C.V.

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclós Salinas No. 81
Santa Martha Acuña Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepueto@prodigi.net.mx



AMERICAS CONCRETE INSTITUTE
MIEMBRO INSTITUCIONAL



CAMERA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONJUNTOS
Registre No. 70293

Informe de límites de consistencia

Referencia: 4523-018
Fecha: 02-mar-2023

Cliente: [Redacted]
Dirección: [Redacted]
Proyecto: Ciénegas Conducciones
Ubicación: Torre 30
Al: [Redacted]

Fecha de muestra: [Redacted]
Tipo de muestra: [Redacted]
Tipo de material: [Redacted]
Para ser empleado en: [Redacted]
Número de muestreo: [Redacted]

Procedencia: [Redacted]
Objetos Constituyentes: [Redacted]

Método de preparación de la muestra: [Redacted]

Determinación del límite líquido mediante procedimiento: "A" Multipunto (✓) "B" Un punto ()

Ensayo	Valor obtenido	Requisitos de calidad
Límite líquido, en %	21	---
Límite plástico, en %	18	---
Índice plástico, en %	3	---

Muestra realizada por el cliente. Fecha de recepción: 18-Feb-2023.
Profundidad: De 31.20 a 31.48.

Los resultados reproducibles, aseguran la confiabilidad de los datos.
Prohibida la reproducción de este documento.

Norma de referencia:
NMX-C-433-2018-0303 Método de ensayos para la obtención de límites de plasticidad de arena (Cachibol 2, 3 y 4)
NMX-C-433-2018-0304 Método de ensayos para la obtención de límites de plasticidad de arcilla (Cachibol 7)
NMX-C-433-2018-0305 Método de ensayos para la obtención de límites de plasticidad de arcilla (Cachibol 7.2)
NMX-C-433-2018-0306 Método de ensayos para la obtención de límites de plasticidad de arcilla (Cachibol 7.3)
NMX-C-433-2018-0307 Método de ensayos para la obtención de límites de plasticidad de arcilla (Cachibol 7.4)
NMX-C-433-2018-0308 Método de ensayos para la obtención de límites de plasticidad de arcilla (Cachibol 7.5)

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclós Salinas No. 81
Santa Martha Acantilla Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5736-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepsoil@prodigy.net.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MEXICO INSTITUCIONAL



CENETEX MEXICO
ASOCIACIÓN DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONCRETO
Registro No. 7197



Informe de composición granular

Referencia: M527116
Fecha: 12-mar-2023
Número: 061

Cliente: [Redacted]

Dirección: [Redacted]

Proyecto: Cablebús Corchobayén

Ubicación: Torre 30

ACT: [Redacted]

Fecha de muestreo: [Redacted]

Muestra en: [Redacted]

Uso no proporcional: [Redacted]

Procedencia: [Redacted]

Cantidad: [Redacted]

Tipo de material: [Redacted]

Para ser empleada en: [Redacted]

Dado no proporcionado: [Redacted]

Número de muestras: [Redacted]

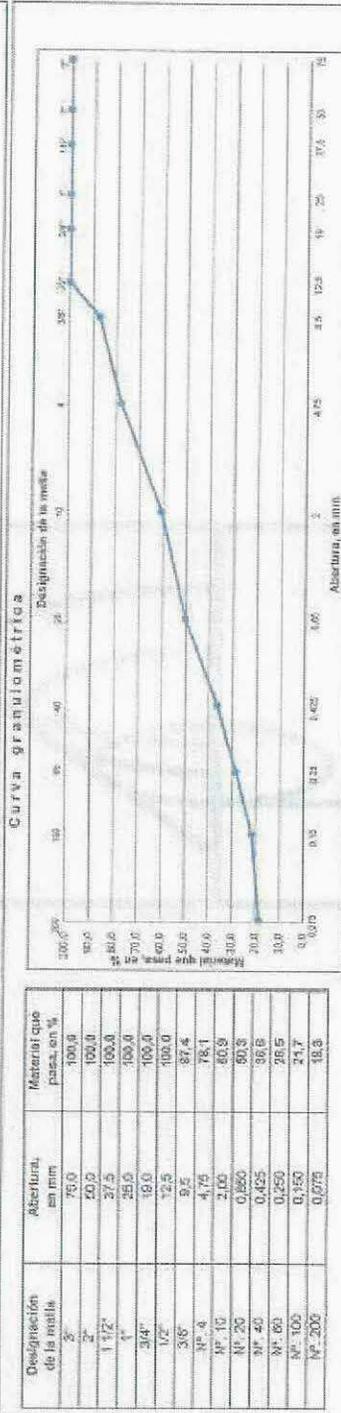


Tabla de resultados

Ensayo	Valor obtenida	Requisitos de calidad
Finos en %	18.3	
Areña en %	80.8	
Grava en %	21.3	

Observaciones: Muestreo realizado por el cliente. Fecha de recepción: 18 feb-2023
Profundidad: De 1.30 a 1.40.

Los resultados reportados representan únicamente la muestra ensayada.
Prohibida la reproducción de este documento.
Norma 48 sobre arena
MX-C-410-08/02/CE-2003 Método de ensayos de laboratorio para determinar el contenido de finos (capítulo 3 y 4)
MX-C-485-08/02/CE-2019 Método de ensayos de laboratorio para determinar el contenido de arena y grava
MX-C-483-08/02/CE-2002 Forma de muestra estándar e requisitos de laboratorio - Método de prueba
MX-C-480-08/02/CE-2014 Normas para los tipos de agregados. Determinación de la composición granulométrica
Procedimientos de ensayo
INSTITUCIONAL DE CONCRETO MEXICO INSTITUCIONAL, CENETEX MEXICO, ASOCIACIÓN DE LA CÁMARA NACIONAL DE EMPRESAS DE CONCRETO Y PEP-INGENIERIA

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.
Adolfo Diezlos Salinas No. 81
Santa Martha Acacahua Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-3766 • 5738-4162 • (55)-9237
www.pepingenieria.com • pepsueldo@prodigy.net.mx

CINCO MEXICO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORIA
Región No. 7079

OPENROAD CONCRETE INSTITUTION
MIEMBRO INSTITUCIONAL

Informe de composición granular

Referencia: [Redacted] Fecha: 03/03/2023

Alumbrón: 022

Cliente: [Redacted]

Dirección: [Redacted]

Proyecto: [Redacted]

Ubicación: Torre 30

Realizado en: [Redacted]

Ilustrado en: [Redacted]

Procedimientos: [Redacted]

Cabezas/Consignantes: [Redacted]

Tipo de material: [Redacted]

Para ser empleado en: [Redacted]

Debido a: [Redacted]

Número de muestra: [Redacted]

3 (14)

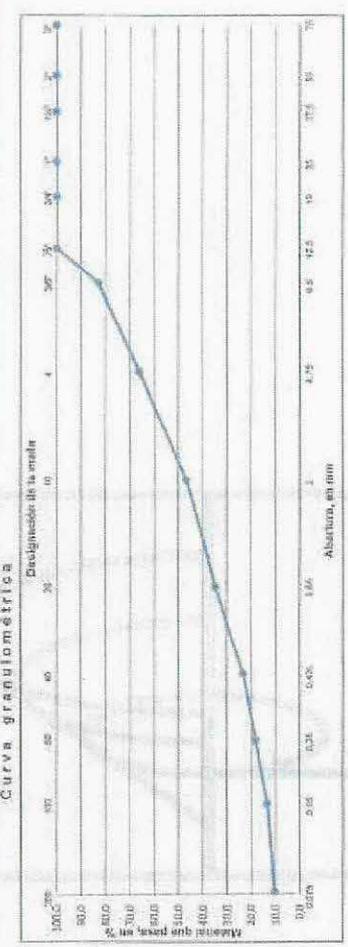


Tabla de resultados

Ensayo	Valor obtenido	Requisitos de calidad
Fines, en %	10.6	---
Arena, en %	85.7	---
Grava, en %	33.7	---

Observaciones: Muestreo realizado por el cliente. Fecha de recepción: 18/feb/2023
Profundidad: De 7.00 a 0.40

Los resultados reportados aquí son únicamente para fines informativos.
Prohibida la reproducción de este documento.

Norma de referencia:
NMX-C-425-2014 Norma de especificaciones técnicas y métodos de prueba (Capítulo 1 y 3)
NMX-C-425-2014 Norma de especificaciones técnicas y métodos de prueba (Capítulo 1 y 2)
NMX-C-425-2014 Norma de especificaciones técnicas y métodos de prueba (Capítulo 1 y 3)
NMX-C-425-2014 Norma de especificaciones técnicas y métodos de prueba (Capítulo 1 y 3)

PEP-03/03/2023

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duels Salinas No. 81
Santa Martha Acantla, Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5735-2766 • 3738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepsuelo@pepingenieria.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MEMBERO INSTITUCIONAL



CEMEX MEXICO
MEMBERO DE LA CÁMARA ASOCIADA
DE EMPRESAS DE CONSTRUCCIÓN
Pagadero No. 7070



Informe de composición granular

Referencia: MS267/B

Fecha: 02-mar-2023

Minimo: 000

Numero de muestra: 3 (30)

Para ser empleado en: Dato no proporcionado

Dato no proporcionado

Procedencia: Arena limada con pocas grasas

Cabezas Conostroytas

Fecha de muestreo en: Otra

Dato no proporcionado

Material que pasa en %

Designación de la malla	Abertura en mm	Material que pasa en %
2"	75.0	100.0
1 1/2"	50.0	100.0
1"	37.5	100.0
3/4"	19.0	100.0
1/2"	12.5	100.0
3/8"	9.5	97.4
Nº 4	4.75	92.6
Nº 10	2.00	79.1
Nº 20	0.850	71.5
Nº 40	0.425	59.0
Nº 60	0.250	49.0
Nº 100	0.150	39.5
Nº 200	0.075	32.8

Curva granulométrica

Tabla de resultados

Ensayo	Valor obtenido	Requisitos de calidad
Fines, en %	32.8	---
Arena, en %	60.0	---
Grava, en %	7.4	---

Observaciones: Muestreo realizado por el cliente. Fecha de muestreo: 18-feb-2023. Procedimiento: DN 11.40 a 11.87.

Los resultados reportados representan únicamente la muestra ensayada. Prohibida su reproducción de esta información.

Norma de referencia: NMX-C-415-SSA-2015-2016 Métodos de ensayo de arena y grava (CPT-145-7) NMX-C-407-SSA-2015-2016 Métodos de ensayo de grava (CPT-145-7) NMX-C-331-SSA-2015-2016 Método de ensayo de grava y agregado NMX-C-408-SSA-2015-2016 Método de ensayo de agregado. Cadena de custodia para Proceso de ensayo al trabajo.

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclos Salinas, No. 81
Santa Martha Acastilla Nare, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5734-4162 • 1532-9237
www.pepingeneria.com • pepsuels@prodigy.net.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MEMBER INSTITUTION



CNEC AMÉRICO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSTRUCCIÓN
Registro No. 7070



Asociación Mexicana
de Ingenieros Civiles

Informe de composición granular

Proyecto: Cablebús Conatilyumbas
Ubicación: Torre 30
Número: 1056
Fecha: 02-mar-2023

Cliente: [Redacted]
Dirección: [Redacted]
Propósito: Cablebús Conatilyumbas
ALTA

Fecha de muestreo: [Redacted]
Tipo de material: Arena, arcilla y pocas gravas
Procedencia: Cablebús Conatilyumbas
Para ser empleado en: Otro no especificado
Número de muestra(s): 5 (28)

Dato no proporcionado: [Redacted]

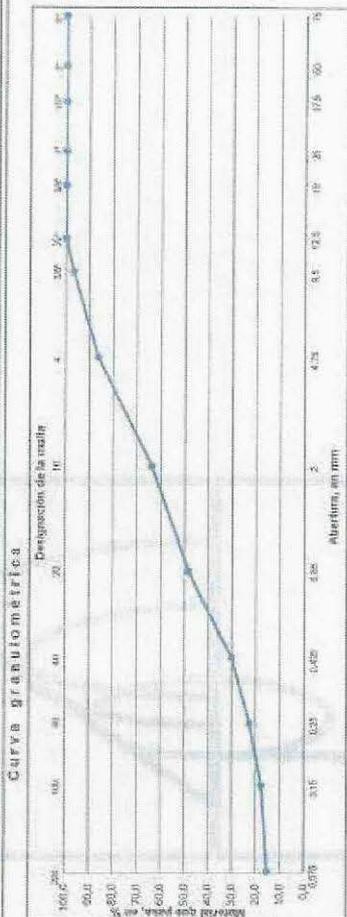


Tabla de resultados

Ensayo	Valor obtenido	Requisitos de calidad
Fines, en %	15.2	
Arilla, en %	7.1	
Grava, en %	19.7	

Observaciones: Muestra resabada por el viento. Fecha de recepción: 18-feb-2023
Procedencia: De 10.00 a 16.00

Los resultados reportados representan únicamente el estado en el momento de la prueba.
Prácticamente la representación de este documento.
Norma de referencia: NMX-C-419-CONCRETO-2003 Muestreo de agregados para y métodos de prueba (Capítulos 1 y 5)
NMX-C-419-CONCRETO-2003 Métodos de ensayo (Capítulo 7, 11, 16, 17, 21)
NMX-C-451-CONCRETO-2002 Especificación de agregados para concreto - Método de prueba
NMX-C-488-CONCRETO-2014 Especificación para cementos - Determinación de la composición

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.



PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.
Adolfo Ductos Salinas No. 81
Santa Martha Acañilla Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepsu@pepindia.com

Informe de composición granular

Referencia: MDS211.R
Número: 006

Fecha: 03-mar-2023

Cliente: [Redacted]

Dirección: [Redacted]

Proyecto: Cablebús-Corredor Sur

Ubicación: Torre 30

Ad: [Redacted]

Fecha de muestreo: [Redacted]

Dato no proporcionado: [Redacted]

Muestreado en: [Redacted]

Otra: [Redacted]

Procedencia: [Redacted]

Cables Consultantes: [Redacted]

Tipo de material: [Redacted]

Para ser empleado en: [Redacted]

Dato no proporcionado: [Redacted]

Número de muestra: [Redacted]

B (54): [Redacted]

CURVA GRANULOMÉTRICA

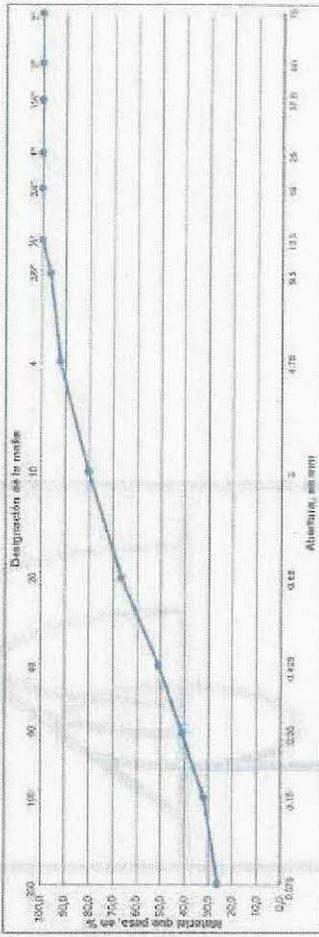


Tabla de resultados

Ensayo	Valor obtenido	Requisitos de calidad
Finos, en %	26.3	[Redacted]
Arena, en %	68.1	[Redacted]
Grava, en %	7.6	[Redacted]

Observaciones: Muestreo realizado por el cliente. Fecha de recepción: 18-feb-2023.
Procedimiento: De 19.00 a 20:00.

Los histogramas reportados en los anexos adjuntos únicamente tienen fines informativos.
No se garantiza la exactitud de los datos.
No se garantiza la exactitud de los datos.
No se garantiza la exactitud de los datos.

Se usó el método [Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]

03/03/2023

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclos Salinas No. 81
Santa Martha Acuña Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5733-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pep@pep.com • pep@pep.com



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MEMBER INSTITUTIONAL



CMIC MEXICO
MEMBER OF THE CANADIAN NATIONAL
DE EMPLOYERS OF CONSULTANTS
SINCE 1967



INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES Y ENGENIERIA

Informe de composición granular

Referencia: [Redacted] Fecha: 03-mar-2023

Ciudad: [Redacted] Número: 003

Dirección: [Redacted]

Proyecto: Cablebús Constituyentes

Ubicación: Torre 30

Alt.: [Redacted]

Fecha de muestreo: Muestreada en: Procedencia: Tipo de material: Para ser empleado en: Número de muestra: 7 (45)

Dato no proporcionado: Otro: Cablebús Constituyentes: Ancha arena: Dato no proporcionado

Curva granulométrica

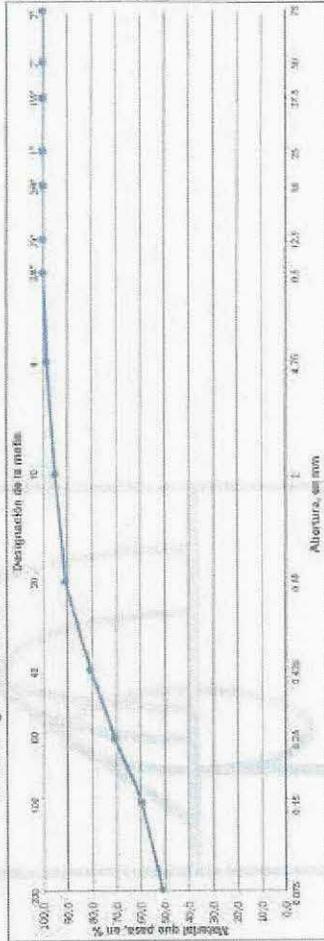


Tabla de resultados

Ensayo	valor obtenido	Requisitos de calidad
Fines, en %	51.1	-
Arena, en %	47.5	-
Grava, en %	1.4	-

Observaciones: Muestras retiradas por el cliente. Fecha de recepción: 18-Abr-2023
Profundidad: Cw 25.40 a 27.00.

Las muestras recibidas en el laboratorio se encuentran en su estado original.
Prohibida la reproducción de este documento.
Hacia sus señas.

INSTRUMENTACIÓN: Muestreo de suelos por el cliente.
Método de ensayo: Método de ensayo por tamizado.
Fecha de ensayo: 18-Abr-2023.
Laboratorio: GAMI INGENIERIA E INSTALACIONES, S.A. DE C.V.
Calle: Adolfo Duclos Salinas No. 81, Santa Martha Acuña Norte, Ciudad de México, C.P. 09140.
Teléfono: (01-55) 5733-2766.

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.
Adolfo Duclós Salinas No. 81
Santa Martha Acuña Norte, Ciudad de México, C.P. 06140
(01-55) 5733-2766 • 5733-4162 • 1523-9237
www.pepingenieria.com • pep@pep.com • pep@pep.com

CINCO ARQUITECTOS
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONDUCTORES
Registro No. 1979

AMERICAL CONSULTING INSTITUTE
MEMBRO INSTITUCIONAL

Informe de composición granular

Referencia: [Redacted] Fecha: 03-mar-2023

Cliente: [Redacted] Número: [Redacted]

Dirección: [Redacted]

Proyecto: Cabilación Consolida. Ubicación: Torre 30

AT: [Redacted]

Fecha de muestreo: [Redacted] Muestra en: [Redacted]

Dato de propiedad: [Redacted] Tipo de material: Arena limpia con grava

Procedencia: Colectas Consolidadas

Para ser empleado en: Dato no proporcionado

Numero de muestra: 3 (53)

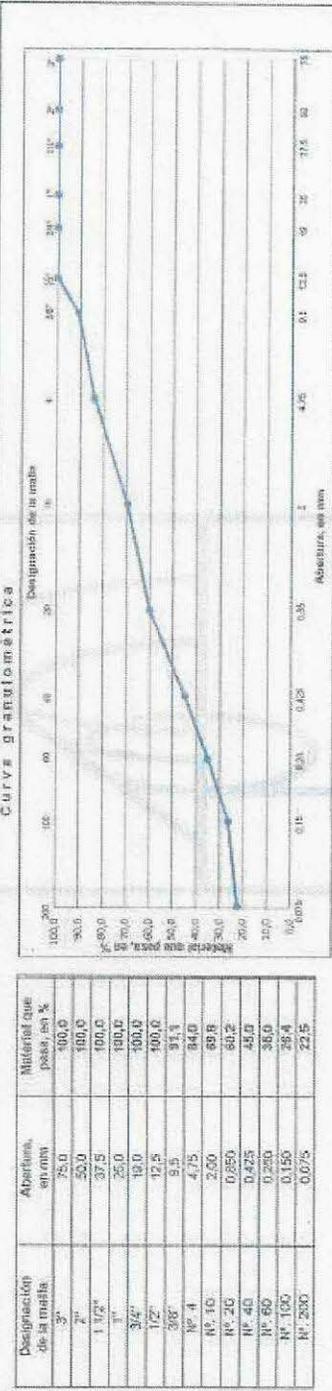


Tabla de resultados

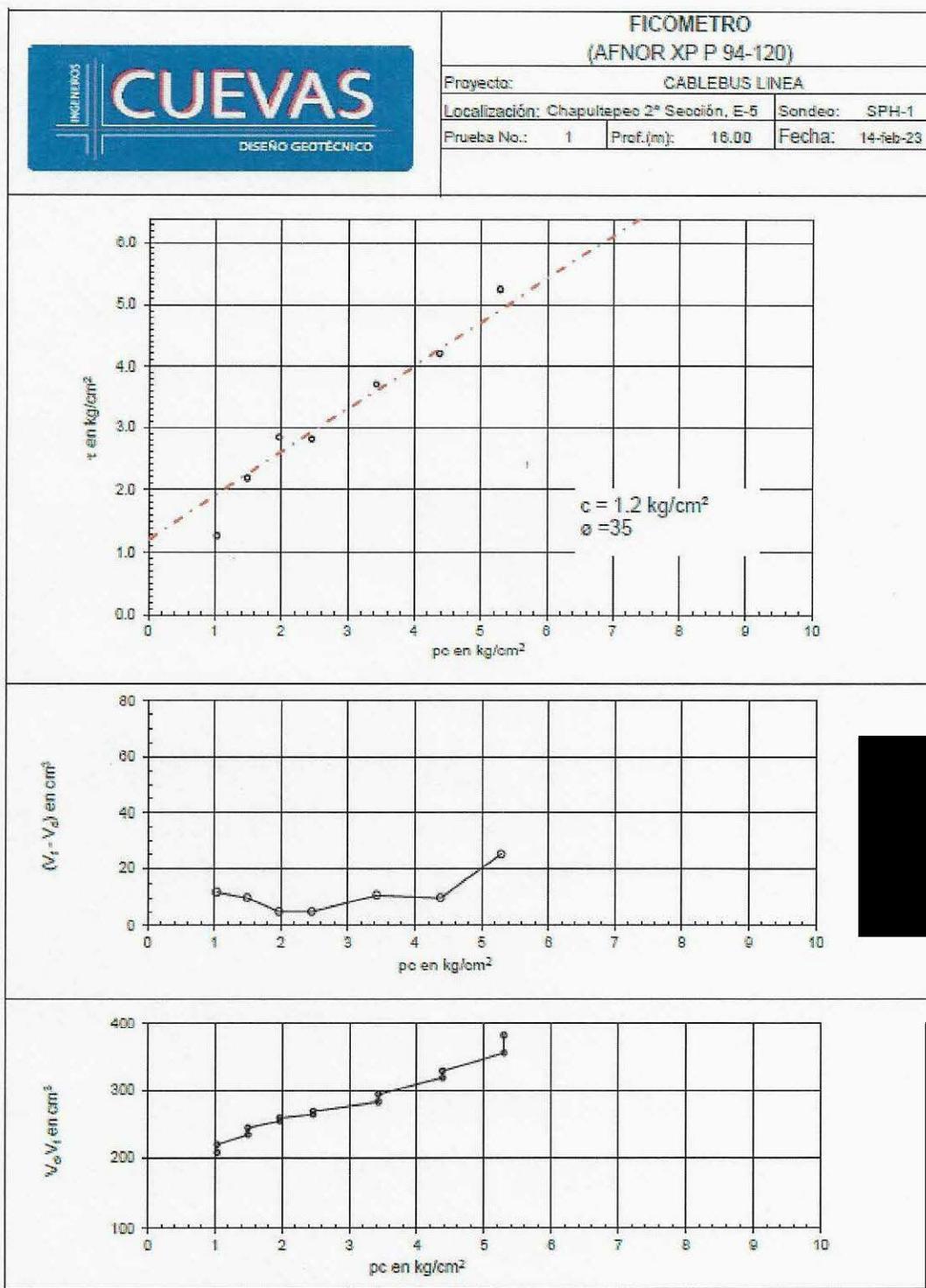
Ensayo	Valor obtenido	Requisitos de calidad
Fines, en %	22.5	
Arena, en %	61.5	
Grava, en %	16.0	

Observaciones: Muestra realizada por el cliente. Fecha de recepción: 15-feb-2023. Productividad: Pa 3, 30, 0, 31, 45.

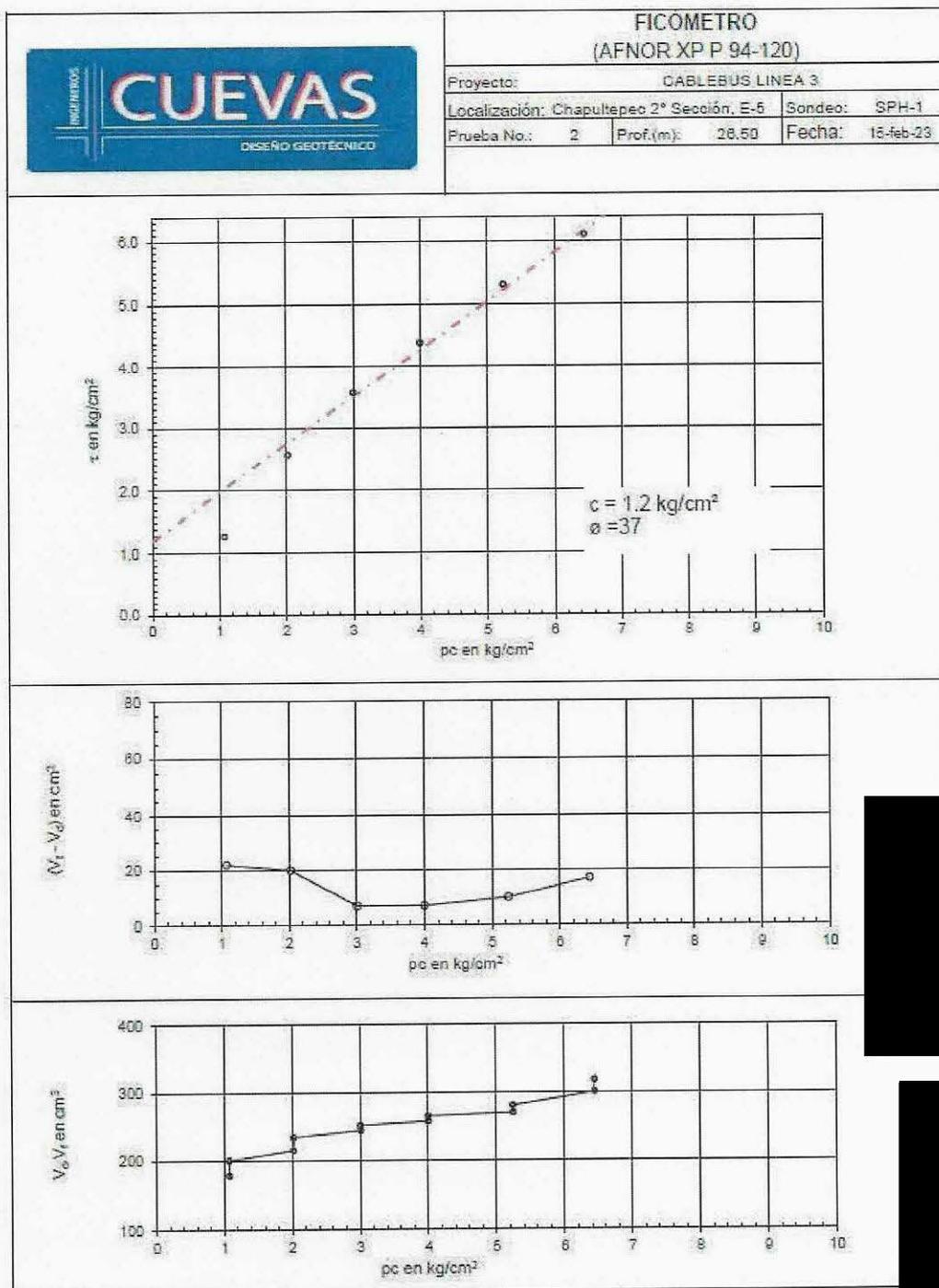
Los resultados reportados en este informe involucran la muestra ensayada. Por favor, la especificación para este documento.

Norma de referencia:
 - NMX-C-474-CANCOE-2003 Método de ensayo de suelos y métodos de prueba (CEN/ISO 2 y 3)
 - NMX-C-474-CANCOE-2016 Método de ensayo de suelos (CEN/ISO 7, Anexo 1.2)
 - NMX-C-474-CANCOE-2005 Norma de prueba para arena limpia (CEN/ISO 2 y 3)
 - NMX-C-474-CANCOE-2014 Método de ensayo de suelos (CEN/ISO 2 y 3)

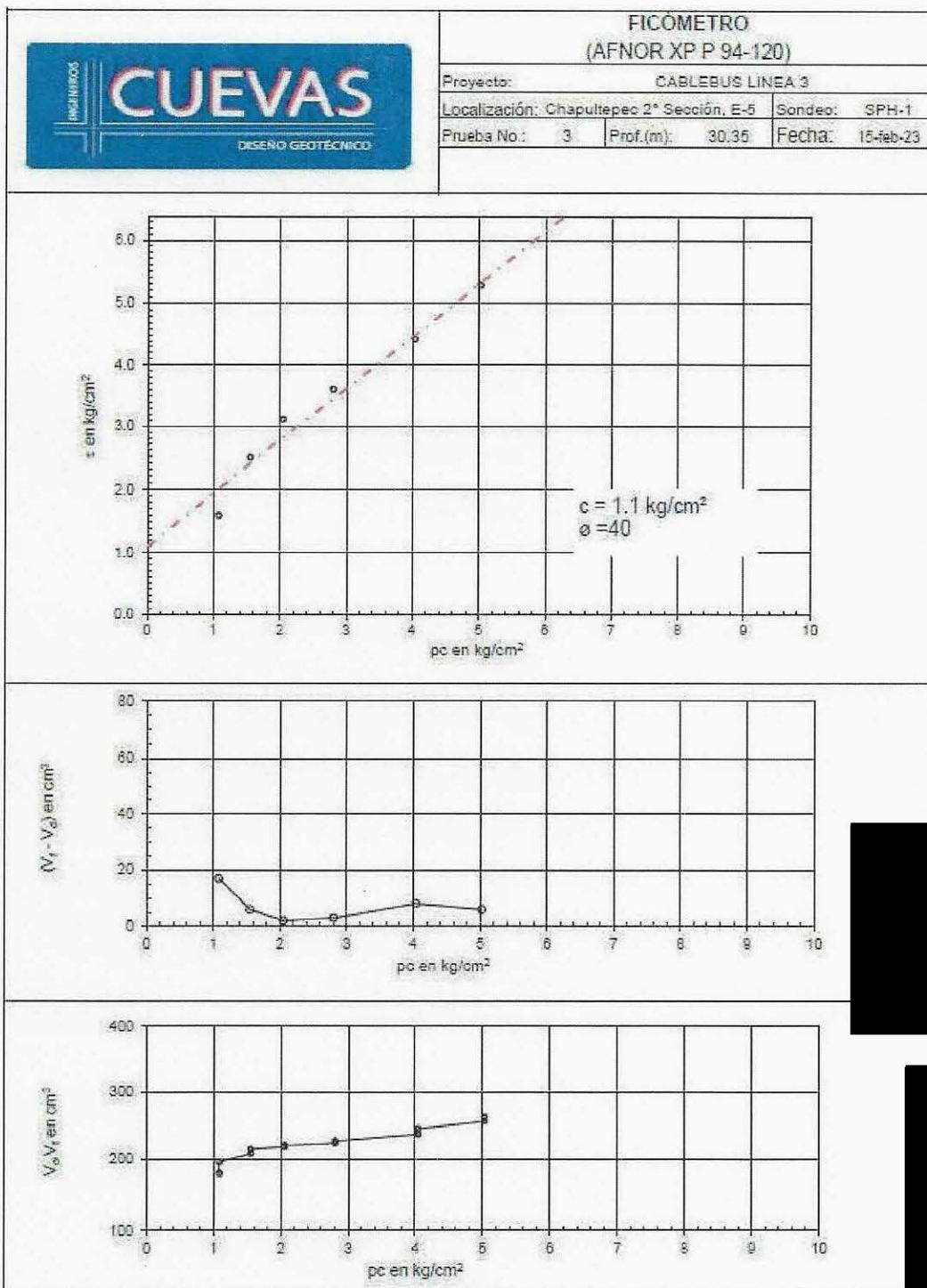
13. ANEXO 4. PRUEBAS DE FICÓMETRO EN MÁSTIL CENTRAL DE ESTACIÓN 5



Gráfica 1. Resultados de prueba de ficómetro, 16.0 m



Gráfica 2. Resultados de prueba de ficómetro, 26.5 m



Gráfica 3. Resultados de prueba de ficómetro, 30.35 m

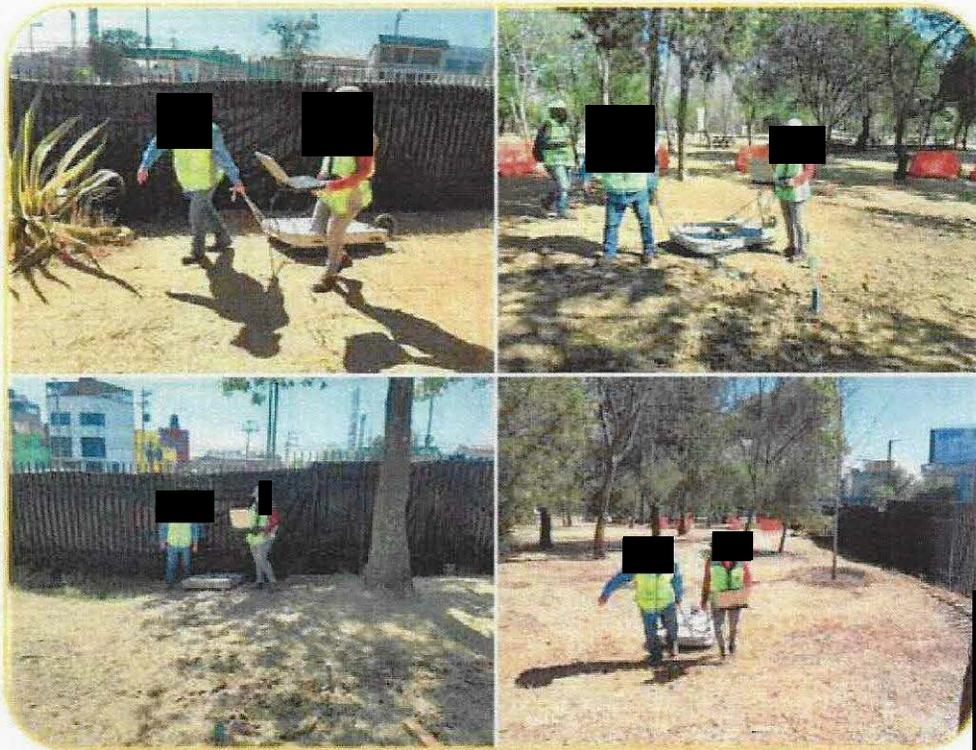
14. ANEXO 5. ESTUDIO GEOFÍSICO, GEORADAR



SERGBEN

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

**ESTUDIO FOTOGEOLÓGICO Y GEOFÍSICO DE GEORADAR PARA LA
ESTACIÓN 05 "PANTEÓN DOLORES" DEL CABLE BUS L 03,
AVE. CONSTITUYENTES S/N, ALCALDÍA MIGUEL HIDALGO,
CIUDAD DE MÉXICO.**



ELABORADO POR:



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

PARA:

**GAMI INGENIERÍA E
INSTALACIONES S.A. DE C.V.**



FEBRERO 28 DEL 2023.

INDICE GENERAL

1. GENERALIDADES

1.1 OBJETIVOS

1.2 ACTIVIDADES REALIZADAS.

2. GEOLOGÍA

2.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

2.2 GEOLOGÍA LOCAL

2.3 FOTOINTERPRETACION

3. RESULTADOS

4. CONCLUSIONES

ANEXO 1 MÉTODO DE GEORADAR

ANEXO 2 FOTOGRÁFICO

ANEXO 3 PLANOS

INFINGEORADAR EST05 PANTEÓN DOLORES CABLEBUS L03.DOC/RED SISSA /M01/INFIN 2023 / GAMI / EST 05 PANTEON DOLORES / INFIMAL

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

ESTUDIO FOTOGEOLOGICO Y GEOFISICO DE GEORADAR PARA LA ESTACION 05 "PANTEÓN DOLORES" DEL CABLE BUS L 03. AVE. CONSTITUYENTES S/N. ALC. M. HIDALGO. CIUDAD DE MEXICO

1. GENERALIDADES

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

Esta parte poniente de la Ciudad de México, es un área que antiguamente se caracterizó por la presencia de bancos de materiales para la extracción de arenas pumíticas tanto de forma superficial como de forma subterránea, esto se llevó desde finales del siglo 19 hasta mediados de la década de los años sesenta del siglo pasado, además que en el Atlas de Riesgo de la Ciudad de México la consideran como de alto riesgo por la probable presencia de cavidades.

Es por ello que la empresa **GAMI INGENIERÍA E INSTALACIONES S.A. de C.V.**, quien es la responsable del proyecto, ingeniería y construcción nos solicitó la realización de un Estudio Geofísico en el predio que ocupara la Estación 05 "Panteón Dolores", ubicada en una porción de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec, este estudio deberá definir las condiciones litológicas del subsuelo del predio y su potencial presencia de cavidades en el área donde se desplantara la estación.

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

1.1 OBJETIVOS

El objetivo del presente estudio es el definir la distribución de los materiales del subsuelo, así como definir la potencial presencia de cavidades bajo el área de la Estación 05 Panteón Dolores y las Torres 30 y 31.

1.2 ACTIVIDADES REALIZADAS

- Reconocimiento del sitio

En la primera etapa del estudio se efectuó una visita preliminar al sitio, para las condiciones del predio, así como identificar los materiales que afloran en el área que planea cimentar la Estación 05 Panteón Dolores, así como las Torres 30 y 31.

Como parte de las actividades realizadas se hizo un reconocimiento físico de la zona donde se ubica el predio, que permitiera conocer e identificar los posibles materiales que afloran en la zona, así como se correlacionaron los resultados con los obtenidos en la mecánica de suelos que se realizó en esta área.

Dentro de la exploración en sitios donde el potencial de presencia de cavidades es la recopilación y análisis fotogeológico de las fotografías aéreas antiguas para determinar evolución del predio en los últimos 83 años. Se lograron consultar los años de 1936, 1945, 1959 y 2019. (Fotografías 1 a 5).

Para de esta manera conocer las condiciones antiguas y actuales del predio identificar los materiales que afloran en el área, y así saber las condiciones del subsuelo esta área de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

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

ESTUDIO FOTOGEOLOGICO Y GEOFISICO DE GEORADAR PARA LA ESTACION 05 PANTEON DOLORES DEL CABLE BUS L 03, AVE. CONSTITUYENTES S/N, ALC. M.HIDALGO, CIUDAD DE MEXICO

Exploración Geofísica

El método de exploración que se uso fue el de georadar con una antena de 100 MHz, la cual nos permitió tener una profundidad de exploración de 20 m reales, ya que debido al tipo de material no se pudo profundizar más, así como un perfil continuo de información sin dejar zonas sin explorar.

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

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

Ya en el predio que ha sido usado como las oficinas de la presidencia de la república, el cual hasta el momento de hacer la exploración geofísica este se encuentra en operación, por lo que se tuvo que sujetar a los espacios disponibles para la realización de la exploración geofísica.

Teniendo de referencia el plano del sembrado del proyecto de la estación 06 del Cable bus se hicieron líneas en los espacios disponibles en la parte de arriba del predio (Zona de máquinas y cisterna), y ya en la zona baja del predio se hicieron líneas sobre la parte externa de la huella de la estación, al centro o eje de la misma y transversales en la zonas donde se ubican los apoyos principales de la misma, sin tocar arboles y/o plantas de los jardines. Se realizaron en total 13 (TRECE) líneas de georadar, que incluyo también el área de las Torres 30 y 31. (Ver Plano 1 y Fotografías 6 a 31).

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

No. DE LÍNEA	DISTANCIA (m)	No. DE LÍNEA	DISTANCIA (m)
1	82.80	8	20.35
2	82.10	9	19.65
3	82.05	10	20.50
4	82.00	11	19.75
5	20.50	12	20.50
6	20.55	13	20.25
7	19.50		
Total 1	389.50	Total 2	121.00
Gran Total 1 + 2		510.50	

Es decir en total se realizaron 510.50 metros lineales de exploración con georadar.

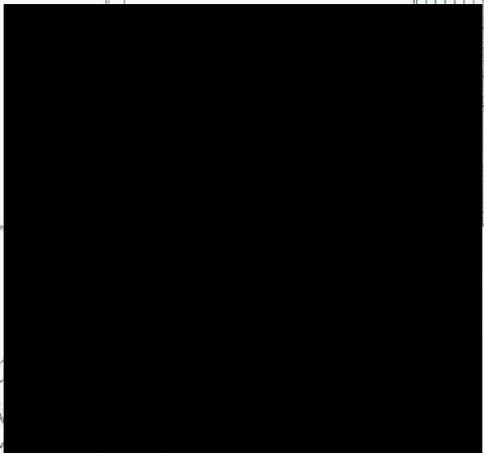
DAEMERIS LÍNEA 3, VASO DE CIRCUITOS - LES PINES
ERRORES DE LOCALIZACIÓN



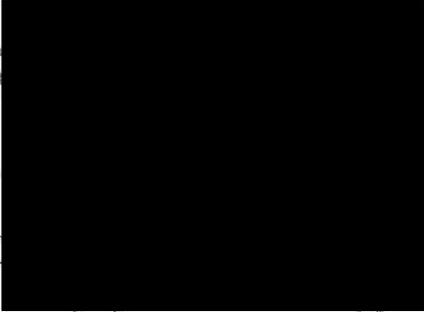
CIRCUITO DE ESTACIONAMIENTO

IMPEDIMENTOS

- LOCALIZACIÓN DE LA ESTACION DE TRANSITO
- UBICACION DE FORMALES DE VEHICULOS
- UBICACION DE FORMALES DE VEHICULOS
- UBICACION DE FORMALES DE VEHICULOS



	SECRETARÍA DE ECONOMÍA Subsecretaría de Infraestructura y Servicios Públicos
PROYECTO	DAEMERIS LÍNEA 3, VASO DE CIRCUITOS - LES PINES
PROYECTANTE	DAEMERIS LÍNEA 3, VASO DE CIRCUITOS - LES PINES
PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE SUSTENTABLE DAEMERIS LÍNEA 3, VASO DE CIRCUITOS - LES PINES
PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE SUSTENTABLE DAEMERIS LÍNEA 3, VASO DE CIRCUITOS - LES PINES
PROYECTO DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA	CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRANSPORTE SUSTENTABLE DAEMERIS LÍNEA 3, VASO DE CIRCUITOS - LES PINES



- Procesamiento e interpretación de la información

En el presente texto se describen los resultados obtenidos y en los Planos 2 y 3 se ilustran cada una de las líneas realizadas, con su ubicación, y su correspondiente radagrama, procesado e interpretado, asociando los resultados a los materiales del subsuelo. La información recolectada en cada una de las líneas, pasó por una serie de procesos y análisis, para llegar a determinar la distribución de los diferentes materiales explorados y del subsuelo, así como de las anomalías asociadas a las diferentes condiciones del concreto analizado.

Se usó el siguiente software para el procesamiento de la información: Ground Vision V1.4.3. (Sweden 2004 y 2013), Reflex V 3.5 (Germany 2005), RadExplorer V 1.41 (Rusia 2018), IXGPR V2.3 (USA 2007), Mala Vision (Sweden 2022).

Finalmente se analizaron cada una de las líneas realizadas y obtuvieron una serie de áreas donde se ubicaron la posible presencia de algunas heterogeneidades sobre las líneas exploradas con georadar, marcándose sobre la línea correspondiente atendiendo a su ubicación en cada uno de los planos generados.

Es de suma importancia aclarar que la exploración geofísica es una tipo de exploración INDIRECTA, ya que se basa en la medición de propiedades físicas del subsuelo para posteriormente hacer una modelado matemático del comportamiento del mismo, y finalmente una interpretación de estos modelos matemáticos, pudiendo existir una serie de factores externos y ajenos a las mediciones geofísicas que pueden alterar esta interpretación.

Es muy certera la exploración geofísica cuando se tiene información adicional (Mecánica de Suelos, Fotografías aéreas, otros estudios, etc.) para hacer una interpretación correcta al modelo matemático.

También es importante recordar algo que se llama anisotropía de los materiales que significa que existen cambios importantes en la señal y/o valores de medición cuando se realizan mediciones en líneas ortogonales y no hay una coincidencia clara en los espesores modelados, ya que el medio no es homogéneo e isótropo, que también lo vemos en algunas de las líneas de georadar realizadas en este proyecto.

Como se mencionó de manera breve en la exploración con georadar se usa una señal electromagnética en la cual se mide la longitud de onda de la señal la cual depende de la frecuencia de la antena que se use y del material explorado, en este caso se usó 100MHz, la cual tiene una longitud de onda de unos 0.6 a 0.8m por lo que objetos de pequeñas dimensiones no son detectados.

En el Anexo 1, se presenta una breve descripción del método empleado, incluye los principios físicos del georadar en los cuales se fundamenta, el equipo empleado y un breve apartado que describe el procesamiento de la información.

El Anexo 2 muestra las fotografías tomadas durante el proceso de levantamiento de georadar en campo.

El Anexo 3 corresponde a los planos generados.

CALLE DE LINEAS Y VECES DE CONFINAMIENTO DE LOS PISOS
 COPIOSO DE LOCALIZACIÓN



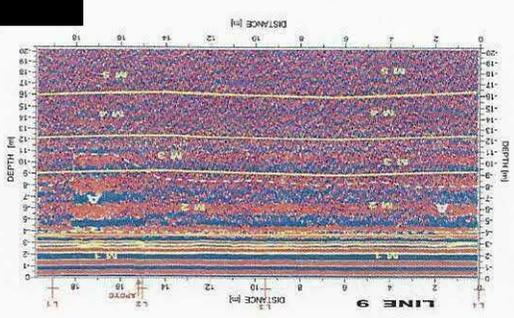
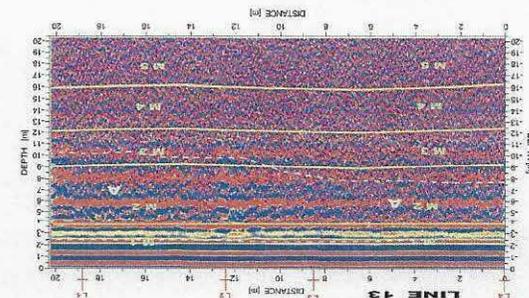
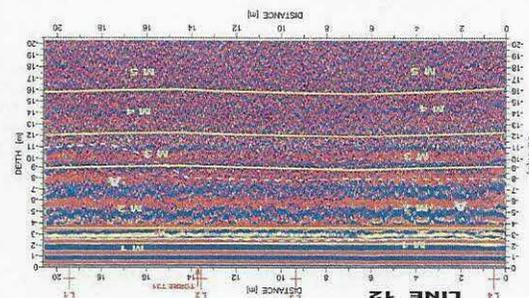
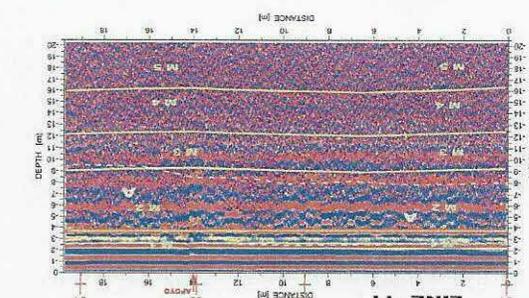
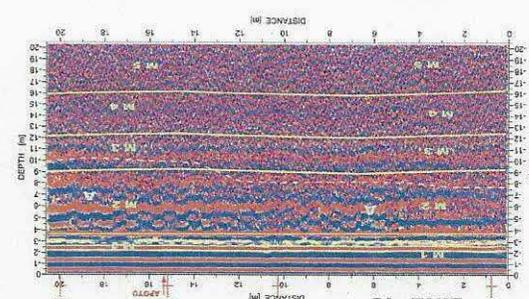
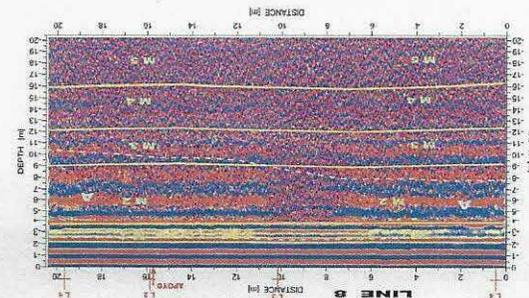
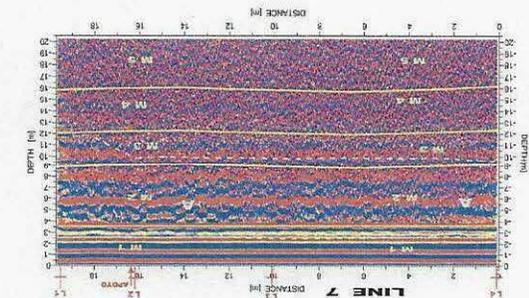
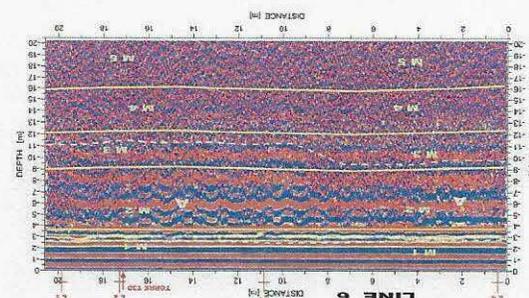
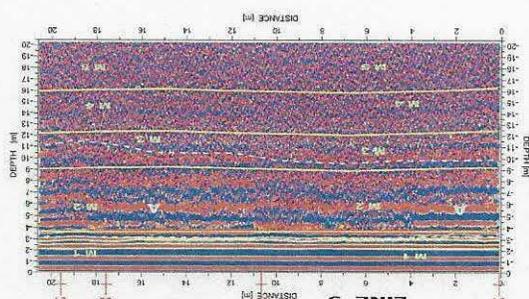
DESGRUE DE ESTACIONAMIENTO

LEYENDA

Color Verde	Área Verde
Color Azul	Área Azul
Color Rojo	Área Roja
Color Naranja	Área Naranja
Color Amarillo	Área Amarilla
Color Gris	Área Gris
Color Negro	Área Negra
Color Blanco	Área Blanca

SIMBOLOGIA

—	Carretera
—	Carretera de Calle



INTEGRACION	FECHA	PROYECTO	VALOR
GOBIERNO DE BOGOTÁ	2014	CONSTRUCCION DEL COMPLEJO DE TRANSPORTES AUTOSTACIONALES DE LINEAS 5 Y 13 DEL SISTEMA DE TRANSPORTES PÚBLICOS CABLEBUSES	
SECRETARIA DE PLANEACION Y DESARROLLO URBANO			
SECRETARIA DE TRANSPORTES			
SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS			
SECRETARIA DE ECONOMIA			
SECRETARIA DE EDUCACION			
SECRETARIA DE SALUD			
SECRETARIA DE CULTURA			
SECRETARIA DE RECREACION Y DEPORTES			
SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO			
SECRETARIA DE TRABAJO Y PROTECCION SOCIAL			
SECRETARIA DE VIVIENDA Y CIUDADES			
SECRETARIA DE ENERGIA			
SECRETARIA DE AMBIENTE			
SECRETARIA DE DEFENSA Y SEGURIDAD			
SECRETARIA DE JUSTICIA Y DERECHO			
SECRETARIA DE SALUD PUBLICA			
SECRETARIA DE ECONOMIA LOCAL			
SECRETARIA DE PLANEACION Y DESARROLLO URBANO			
SECRETARIA DE TRANSPORTES			
SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS			
SECRETARIA DE ECONOMIA			
SECRETARIA DE EDUCACION			
SECRETARIA DE SALUD			
SECRETARIA DE CULTURA			
SECRETARIA DE RECREACION Y DEPORTES			
SECRETARIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO			
SECRETARIA DE TRABAJO Y PROTECCION SOCIAL			
SECRETARIA DE VIVIENDA Y CIUDADES			
SECRETARIA DE ENERGIA			
SECRETARIA DE AMBIENTE			
SECRETARIA DE DEFENSA Y SEGURIDAD			
SECRETARIA DE JUSTICIA Y DERECHO			
SECRETARIA DE SALUD PUBLICA			
SECRETARIA DE ECONOMIA LOCAL			

2. GEOLÓGIA

2.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.

La zona de estudio se ubica al poniente de la ZMCM, misma que se conforma por las 16 delegaciones del Distrito Federal y los Municipios conurbados del Estado de México. Fisiográficamente, la ZMCM se localiza en la porción sur de la Cuenca de México, la cual se caracteriza por la presencia de una altiplanicie de origen lacustre, endorreica; ubicada a más de 2,200 msnm, cercada por sierras de origen volcánico que se levantan a más de 1,000 m sobre la parte baja de la Cuenca.

A su vez, la Cuenca de México se ubica en la porción central de la Provincia Geológica de la Faja Volcánica Transmexicana. La Cuenca se constituye por una depresión azolvada (conocida de manera errónea como Valle de México), a manera de gigantesca presa, y delimitado por las sierras de Pachuca, Tepotzotlán, Guadalupe, Patlachique y Tepozán hacia el norte; de las Cruces al poniente, Nevada y de Río Frío al oriente y Chichináutzin al sur. Su origen se asocia al levantamiento de la corteza en los inicios del Terciario, y su fracturamiento en bloques, con los consecuentes eventos de intensa actividad volcánica iniciados durante el Mioceno Temprano (hace unos 24 millones de años), con la extravasación de las Series Volcánicas de la Sierra de Pachuca, al norte. La última sierra en levantarse, con lo cual se cerró la cuenca, fue la de Chichináutzin, desde hace aproximadamente 800,000 años.

En el Reciente, la actividad volcánica se manifiesta dentro de la Cuenca de México con el levantamiento de la Sierra de Chichináutzin, aunque este fenómeno se asocia, ahora, a la subducción de la placa tectónica marina Rivera, bajo la Placa Norteamericana. La Sierra de Chichináutzin se considera como un campo monogenético (aparatos que tiene un solo evento eruptivo, que puede durar varios años, usualmente entre 5 y 15) en actividad, baste señalar que el Volcán Xitle, ubicado en su ladera noroccidental, hizo erupción hace apenas 2,400 años, es decir, ya en tiempos históricos.

La constante actividad volcánica en la Cuenca durante el Cuaternario, con abundantes emisiones de piroclásticos que se depositaron tanto en ambientes secos al pie de las sierras, como en agua, dieron origen a sus asolvamientos. Los últimos materiales que se depositaron corresponden con las conocidas arcillas blandas de la Ciudad de México.

En las zonas altas que bordean al valle hacia la porción poniente y sur existen coladas lávicas andesíticas y domos de la Formación Las Cruces, y los depósitos piroclásticos característicos de la Formación Tarango, así como derrames basálticos y depósitos de escoria (tezonle) de la Sierra de Chichináutzin.

Al pie de las sierras, a manera de abanicos, se depositaron grandes volúmenes de materiales arrastrados por los ríos y arroyos, de composición muy diversa y con estratificaciones paralela y cruzada o con estructura lenticular, con procesos de corte y rellenamiento de paleocanales, que se interpretan como la dinámica erosiva que se ajustaba a períodos de lluvias con intervalos de sequía.

En las partes bajas de la cuenca y, principalmente hacia el centro, es posible detectar potentes depósitos lacustres constituidos por ceniza volcánica desvitrificada, intercalada con arena fina de pómez, arena fina lítica y limo; estos depósitos aparecen intercalados con estratos de origen aluvial en la vecindad de conos de deyección o directamente en contacto con formaciones pétreas de las zonas altas.

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

ESTUDIO FOTOGEOLOGICO Y GEOFÍSICO DE GEORADAR PARA LA ESTACIÓN 03 PANTEÓN DOLOROSA DEL CABLE BUS L-03, AVE. CONSTITUYENTES S/N, ALC. M.HIDALGO, CIUDAD DE MEXICO.

Las estructuras geológicas mayores que fácilmente se reconocen en el mapa, y en el campo, son fallas y fracturas paralelas de dirección NE – SW, sobre las cuales han labrado sus cauces los escurrimientos que bajan de la Sierra de Las Cruces, por ejemplo, de los ríos y arroyos Magdalena, Atzoyapan, Becerra, Tacubaya, Borracho, Del Muerto, El Moral entre otros más. En esta sierra también se reconocen fracturas y fallas menores que cortan a las anteriores de manera más o menos perpendicular, sobre las que arroyos tributarios labran su cauce para descargar a los principales.

La unidad litológica que tiene mayor importancia en la porción poniente de la ZMCM, tanto por su distribución como por sus implicaciones geotécnicas, es la Formación Tarango. La Formación Tarango se distribuye al pie de la Sierra de las Cruces, desde San Bernabé – San Jerónimo – San Angel, al sur del Distrito Federal, hasta las cercanías de Tepozotlán, Edo. De México, al norte. Dicha unidad de roca alberga un amplio conjunto litológico que incluye tobas de matriz limosa, arenosa y limo-arenosa ("tepetates"), horizontes de arena pumítica, lahar, ignimbrita, brechas volcánicas, aglomerados y depósitos híbridos (materiales volcánicos depositados directamente sobre cuerpos de agua, fluviales y lacustres).

Los diversos materiales de la Formación Tarango se depositaron a manera de abanicos volcánicos en torno a los centros eruptivos mayores, con capas gruesas y horizontes estratificados de forma regular, irregular, lenticular, con discordancias angulares y erosionales. Al depositarse al pie de elevaciones, estos paquetes se inclinan hacia el oriente entre 4 y 10 grados, pero al rellenar paleotopografías es factible encontrarlos con inclinaciones mayores y, aun, horizontales.

Cabe señalar que las erupciones más violentas de los conos de la Sierra de las Cruces dieron origen a las emisiones de arenas pumítica, por lo cual tienen distribución uniforme a lo largo de varios kilómetros. Estas arenas de pómez se encuentran interestratificadas con el resto de las unidades litológicas de la Formación. Comúnmente son identificables de uno a tres horizontes de este tipo, sin embargo, en casos excepcionales se han reportado hasta cuatro horizontes de estas arenas en una sola barranca. El espesor promedio de sus horizontes varía entre 0.8 y 2.5m. El espesor de esta Formación Tarango varía de punto a punto, pero se estima del orden de 300 a 400m.

Dado el lapso de tiempo que transcurrió entre el depósito de una y otra de las emisiones de sus piroclásticos, hubo períodos de tranquilidad en los que se erosionaron sus estratos formándose paleocanales que frecuentemente se rellenaron con aglomerados provenientes de macizos rocosos andesíticos.

Sobre esta formación se han acumulado aluviones de arena, grava y arcilla en estado suelto, y suelos residuales; en ocasiones, el hombre ha colaborado con el relleno de depresiones naturales (barrancas) o antrópicas (bancos de materiales) al depositar residuos (deshecho de las minas o de cortes para la apertura de caminos), cascajo y basura.

La morfología que presenta la Formación Tarango es de lomeríos orientados SW-NE, delimitados por arroyos que escurren a través de cañadas y barrancas, generalmente angostas y profundas, en forma de "V" cerrada.

La zona poniente de la ZMCM se caracteriza por la presencia de cañadas y lomeríos paralelos de dirección SW – NE. Los ríos y arroyos que escurren por dichas barrancas labran su cauce siguiendo fallas y fracturas mayores, verticales a subverticales, algunas de carácter regional, como en los casos de los ríos Magdalena, Barranca del Muerto, Tacubaya, Becerra

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

ESTUDIO FOTOGEOLOGICO Y GEOFISICO DE GEORADAR PARA LA ESTACION 05 "PANTEON DOLORES DEL CABLE BUS L 03, AVE. CONSTITUYENTES S/N, ALG. M.HIDALGO, CIUDAD DE MEXICO.

Moral entre otros, cuya traza de falla se han interpretado que cruza totalmente el Distrito Federal y se prolonga hacia el oriente dentro de los estados de México e Hidalgo.

Los contactos son usualmente sensiblemente paralelos a los planos de estratificación; sin embargo, los periodos de calma entre erupción y erupción, sin depósito de materiales, con erosión permanente, así como el corte y relleno de paleocanales, implican la presencia de discordancias que ponen en contacto materiales depositados en diferentes edades.

2.2 GEOLOGÍA DEL SITIO

El predio donde se proyecta la construcción de la Estación 05 del Cable bus se encuentra en una porción del Bosque de Chapultepec 2ª sección, y solo aflora el terreno natural constituido por un suelo vegetal y residual. Por su ubicación le subyace una alternancia de materiales que pertenecen a la Formación Tarango, la cual esta constituida por una secuencia y alternancia de Tobas ya sea de predominancias arcillosas, limosas, pumíticas y/o arenosas francas, así como cualquiera de sus combinaciones. Esta formación tiene una amplia distribución en la parte poniente del Valle de México, donde se localiza la zona de estudio.

2.3 FOTOINTERPRETACION.

Se localizaron fotografías de los periodos 1936, 1939, 1945 y 2009 (Fotografías 1 a 5), al ubicar el área de la futura estación en las fotografías aéreas antiguas se definió lo siguiente:

En el año de 1936 (Fotografía 1); se observa en el predio donde se planea la construcción de la Estación 05 "Panteón Dolores" que existen una importante explotación superficial de arenas de tipo pumíticas, pero por la forma semicircular que no descarta que también se hallan desarrollado cavidades para dicha explotación, y justo por esa forma no se puede identificar en donde exactamente se encuentran las bocaminas. La huella del predio de estación esta justo sobre cuatro de estas grandes áreas de explotación. Se observa también que del otro lado de la Ave. Constituyentes (en ese entonces Madereros) también hay una gran explotación de minas de arena.

Para 1939 (Fotografía 2); se observan que los límites de estas cuatro zonas han crecido y sobre Constituyentes se abre una nueva zona. La ubicación puede tener algún error por el error de paralaje del vuelo, pero la torre T30 se ubica en una zona donde hubo estas excavaciones tanto superficiales como de forma subterránea.

En 1945 (Fotografía 3); se puede ver que la zona ubicada en casi centro de la huella de la estación 05 está desapareciendo, se ve que hay una serie de árboles pequeños, quizá una reforestación del área junto con un relleno de las antiguas zonas de explotación. En la zona del otro lado de Constituyentes apenas y se alcanza a ver algún vestigio de las antiguas excavaciones, pero ya tienen casas encima.

Ya en 1959 (Fotografía 4); se observa que no existen vestigios de aquellas grandes excavaciones de la explotación de minas de arenas pumíticas, se ve el área reforestada, siendo un poco observadores y habiendo visto otras fotografías aéreas donde estas zonas alargadas blanquecinas entre los árboles corresponden a los rastros materiales de relleno que se colocaron sobre estas antiguas excavaciones. Del otro lado de Constituyentes se observa que ya todo está construido sobre las antiguas excavaciones de la minas.

Para el 2019 (Fotografía 5); en predio se encuentra como hasta en la actualidad, se le sobrepone el trazo de la estación del Cable Bus Estación 05 Panteón Dolores. Por cierto algo curioso es que hay menos árboles en toda el área que en 1959.

3. RESULTADOS

Se realizaron un total de 13 (Trece) líneas, se ubicaron las líneas de acuerdo la retícula y a la zona de cimentación de la estructura y adecuándose a los espacios disponibles en el momento de la realización de la exploración geofísica. (Fotografías 6 a 31 y Plano 1).

Después del procesamiento de la información obtenida en campo y para su interpretación se basó en los resultados de la mecánica de suelos proporcionada por Ingenieros Cuevas, S.C., en donde se identifica una estratigrafía constituida por 5 (Cinco) diferentes estratos hasta los 35m de la exploración con el georadar.

Ya que el objetivo del estudio es definir la potencial presencia de cavidades en el subsuelo de la base de la torre se sabe que se realizó una la mecánica de suelos (Sondeos SPT-1 T30 y SPT-1 T31) en donde se identifica un estrato de Toba Pumítica, entre 9 a 12m, por lo que es importante en esta zona identificar en los radagramas anomalías que se pudieran asociar a la presencia de cavidades a esa profundidad y/o rasgos que indiquen fracturamiento y/o zonas de colapsos en proceso asociadas a la presencia de cavidades a esa profundidad en estos materiales.

Después del procesamiento de la información obtenida en campo y de su interpretación se definieron DOS grupos de anomalías geofísicas asociadas la primera al tipo de material y la segunda a la ubicación de anomalías asociadas a posibles cavidades en el área explorada.

A continuación se describen cada una de estos materiales:

PRIMER GRUPO: Estas son anomalías asociadas la respuesta de los diferentes materiales del subsuelo, en donde se definieron básicamente tres tipos de material:

El material **M1**, es un material constituido por un relleno heterogéneo, suelo vegetal y una Toba Limosa muy alterada con arenas y gravas que se distribuye superficialmente en todo el predio. Este material al estar constituido por otros materiales diferentes presenta una compactación variable pero predominantemente baja, por lo que deberá retirarse por el lugar a la cimentación. Tiene un espesor de 3.0 a 3.5m.

El **M2** corresponde a un material que de acuerdo a la mecánica de suelos se asocia a una Toba Limosa pero con arenas finas, que casi sería la misma que la anterior, pero la respuesta del georadar es diferente. Se presenta entre los 3.5m a 9.0m de profundidad en términos generales en todas las líneas exploradas.

En los radagramas está muy lejos de ser homogénea, realmente se observa errática y sumamente heterogénea, se observan señales totalmente cóncavas producto del colapso de techos de cavidades y de la colocación de rellenos para cubrirlas. Su distribución y comportamiento vertical y lateral es totalmente aleatorio, aun cuando se presenta en posición casi horizontal, tiene un espesor de casi de 5 m en promedio.

Tanto los materiales **M1** como el **M2** se definen por las descripciones en los sondeos de la mecánica de suelos, pero ya integrándolo con los resultados de la mecánica de suelos con los resultados del georadar y de las fotografías aéreas antiguas, estos dos materiales corresponde más a materiales de relleno que fueron colocados en las antiguas excavaciones de los accesos a las minas, relleniéndose con materiales similares de tipo limo arenosos.

Seguramente pudieron quedar "apófisis" o remanentes de terreno natural aislados que al perforar en esos sitios puede una pensar que el terreno restante tiene las mismas características y continuidad, pero no es así.

Teóricamente a partir de aquí lo siguiente debería ser el Terreno Natural presentando una señal más o menos homogénea correspondiente a los materiales de la formación Tarango, se pueden observar en los radagramas procesados e interpretados que existe una uniformidad en las ondas, y en algunos casos se empieza a amortiguar la señal lo cual indica que el terreno es más compacto y/o ligeramente arcillosos y/o limoso.

El M3; se asocia a una Toba Arenosa Pumítica con algo de limos pero principalmente pumítica, se presenta en las 13 Líneas exploradas, de acuerdo a la mecánica de suelos este horizonte va de 9 a 12.5m de profundidad. Se observa en los radagramas procesados e interpretados que existe un importante amortiguamiento en la señal del georadar producto que encima la señal de georadar se ha disipado mucho por la heterogeneidad de los materiales que le sobreyacen.

El material M4, de acuerdo a la mecánica de suelos se asocia a un paquete de Toba Arena Limosa, se presenta prácticamente en todas las 13 líneas realizadas conformando el cuarto estrato. Se ve muy tenuemente en los radagramas, se presenta en posición casi exactamente horizontal, teniendo un espesor de casi de 4m en términos generales, presentándose entre los 12.0 a 16.0m de profundidad.

Finalmente el material M5; se asocia a una alternancia de Tobas Arcillo Limosa y Arenosa en algunos casos, presentándose en las 13 Líneas exploradas, se pueden observar en los radagramas procesados e interpretados prácticamente se pierde la señal del georadar en este material por la profundidad y el amortiguamiento de la señal en los materiales que sobreyacen, aparentemente más compacto que los materiales arriba descritos, se presenta a partir de los 16m de profundidad.

SEGUNDO GRUPO; En este caso en particular de la Estación 05 "Panteón Dolores" se presenta en todas las líneas de georadar anomalías dentro de los Materiales 1, 2 y 3 en donde se observa que la señal de georadar es totalmente caótica, presentando repetidamente con una especie de cúpula y/o concavidad, así como zonas irregulares de "estratificación" (continuidad de la ondas) se ve interrumpida y/o desplazada en el plano vertical, esto se debe justo a que existen cavidades bajo el subsuelo del área explorada. Por los antecedentes de las fotografías aéreas analizadas, se observa que se explotaron y posteriormente rellenaron las excavaciones, lo cual no quiere decir que se rellenaron las cavidades.

Por el comportamiento de la señal del georadar se infiere que al presentar anomalías no exactamente en el horizonte de las Tobas Pumíticas (M3) sino en los materiales que le sobreyacen esto quiere decir que las cavidades están migrando (Con el tiempo los techos de las cavidades se colapsan, rellenan parte de la antigua mina y nuevamente vuelve a colapsar el techo y se genera otro "relleno" interno de la mina, pero el agujero se va haciendo más grande. (Ver Figura 1)

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

ESTUDIO FOTOGEOLOGICO Y GEOFISICO DE GEORADAR PARA LA ESTACION 05 "PANTEON DOLORES"
DEL CABLEBUS L-3 AV. CONSTITUYENTES S/N AL C. HIDALGO, CIUDAD DE MEXICO

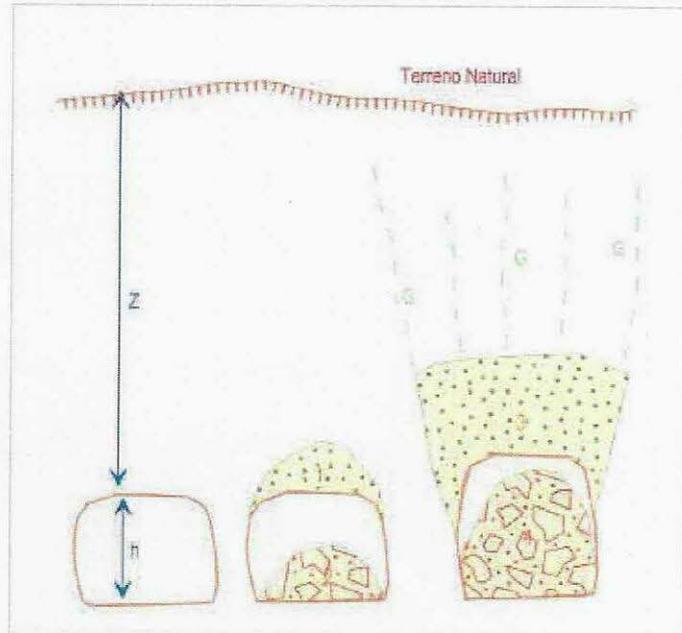


Figura 1: Aquí se ejemplifica como una cavidad y/o mina migra hacia la superficie producto de la erosión, humedad y el tiempo, primero existe la cavidad, se erosiona y empieza a colapsar su techo generando un hueco arriba del estrato de explotación (1 y 2), más tarde vuelve a colapsar el techo y genera un hueco más arriba del anterior y "rellena" de forma muy irregular el hueco haciéndose más grande hacia arriba, dejando abajo el horizonte explotable y un hueco mayor arriba. Al casi llegar a la superficie se van generando grietas en el terreno y también asentamientos tipo vados en la superficie que precede al colapso del suelo.

Por el tipo de anomalías encontradas y los antecedentes de las fotografías aéreas que se observa en los radagramas que especificar en donde hay una cavidad como tal no es justo por la condición que se explica en la figura 1.

Ahora bien es sabido que esta zona de la 2ª Sección de Chapultepec ha sido desde siempre muy complicada geotécnicamente por sus vestigios de cavidades. A continuación se hace una presentación de una publicación de la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, del Simposio "Cimentaciones en Zonas Minadas de la Ciudad de México", Marzo de 1976, México, de la experiencia que se tuvo cuando se planeó la construcción del Lago Mayor en 1964.

En ese entonces se hizo un mapeo subterráneo de las cavidades que existían por la Dirección General de Obras Hidráulicas del D.D.F., a este levantamiento topográfico de las minas se le sobrepusieron con el proyecto del Lago Mayor que es lo que se muestra. (Figura 2)

Estas minas se rellenaron solo en la huella de lo que sería el lago, pero seguramente existieron fallas en ese relleno ya que desde ese entonces 1964 han existido dos eventos en los que el piso del Lago Mayor se colapsó y se fugó toda el agua hacia las antiguas minas parcialmente rellenas. El último sucedió en 2006.

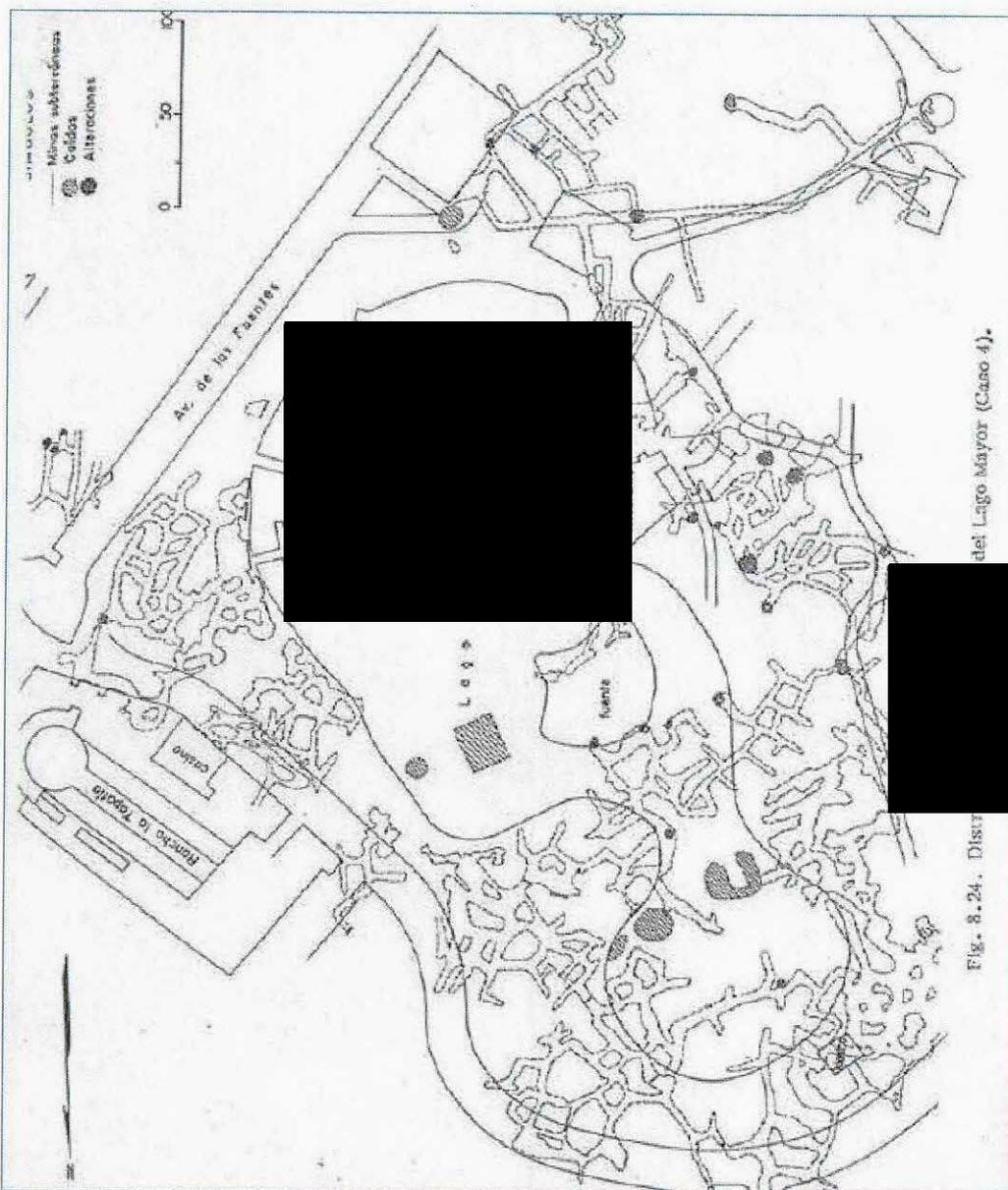


Figura 2: Esta es una figura tomada de la publicación de la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, de Simposio de Marzo de 1976, México, (Pag.94). Obsérvese la proyección de la topografía de minas subterráneas proyectadas en la huella de lo que sería el Lago Mayor de la 2ª Sección de Chapultepec.

Ahora bien en esto se localiza muy cerca del proyecto de la Estación 05 del Cable Bus Línea 03, por lo que se usó la fotografía aérea de 1945 en donde se muestra la ubicación de la Estación 05 y el área donde posteriormente se construyó el Lago Mayor en 1964. (Figura 3).

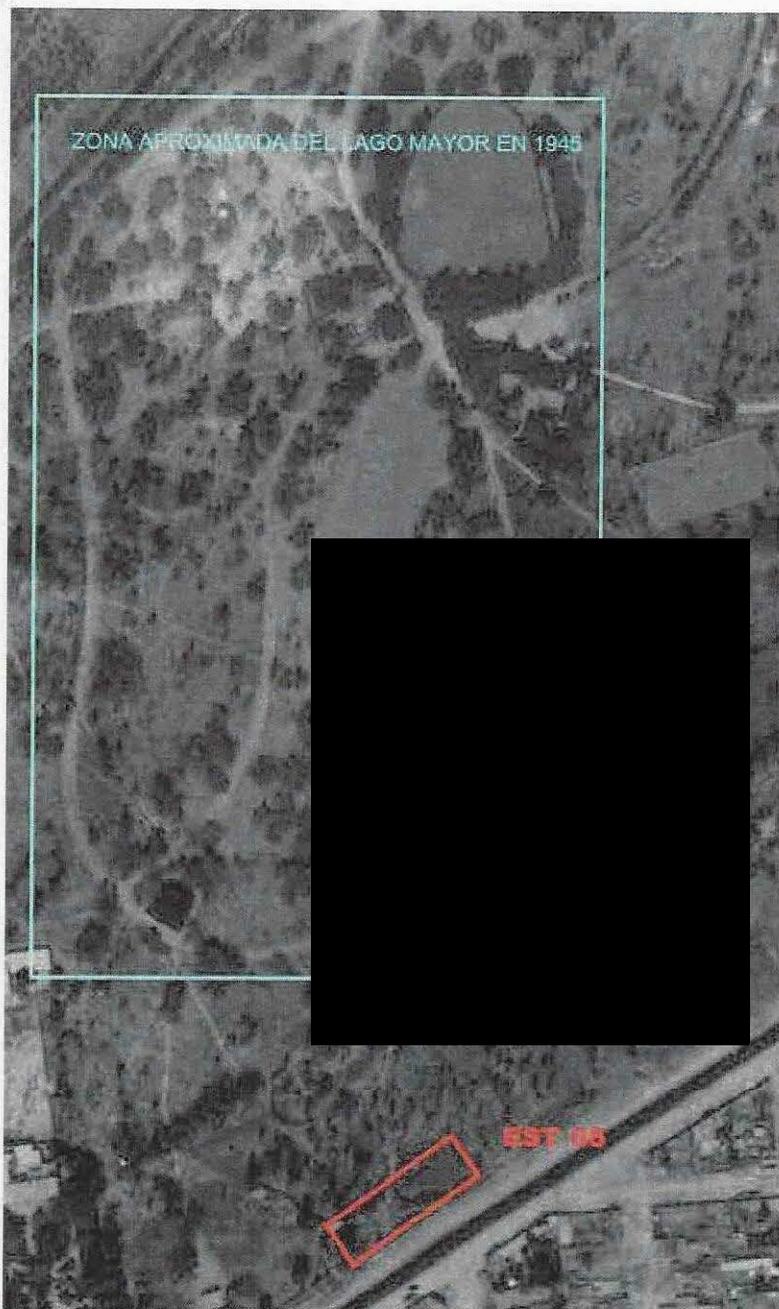


Figura 3: Esta es la fotografía área de 1945 en donde se ubica en rojo la Estación 05 y en azul la zona en 1964 ocuparía el Lago Mayor de la 2ª Sección de Chapultepec, nótese que en el área del futuro lago NO SE OBSERVAN las zonas de explotación de minas como en la estación, pudiera ser que la zona de la estación fue la entrada a esa zona. Sin dejar de ver la figura 2 la cantidad de minas en el área del lago.

SERGBEN INGENIERIA DEL SUBSUELO, S.A. DE C.V. 13

ESTUDIO FOTOGEOLOGICO Y GEOFISICO DE GEORADAR PARA LA ESTACION 05 "PANTEON DOLORES"
DEL CABLE BUS L 03, AVE. CONSTITUYENTES S/N, ALC. M. HIDALGO, CIUDAD DE MEXICO.

En el reporte de 1964 se comenta que estas cavidades se encontraban hasta los 7.0m de profundidad que corresponde a la posición que actualmente se reporta en la mecánica de suelos de las torres T 30 y T31.

Viendo la densidad de minas e la figura 1 y suponiendo que pudiera estar más o menos así en la zona que ocupara la Estación 05, es justo por ello que en las anomalías que se definen con el georadar no pueden identificarse o hacer una diferenciación de donde empieza y donde termina una mina, se ve como una gran zona.

Lo cual no quiere decir que abajo exista un gran hueco con ausencia de material, sino todo lo contrario, justo por el proceso de migración de las cavidades y colapsos el material que se encuentra es muy heterogéneo y discontinuo pero no ausente.

Algo que también se puede ver en los radagramas de los plano 2 y 3 es que la profundidad de las anomalías es variable, que bien puede ser que efectivamente el estrato de Toba Pumítica no se horizontal, pero seguramente esto está más asociado a la cantidad de material colapsado que se encuentra en la zona de la antigua mina más a que varíe la profundidad del estrato de la Tobas Pumíticas.

Esta variación se observa que va de los 5.0 a 11 ó 12m de profundidad. Normalmente en el plano 1 de los demás proyectos del CABLE BUS Línea 03 se ha colocado la profundidad hasta la cual llega la anomalía asociada a posibles cavidades pero en este caso no, justo por esa erradicidad que se observa en los planos 2 y 3.

Claro que esto tiene implicaciones mayores al proyecto, se sabe que las Torres T 30 y T31 serán desplantadas en pilas de por lo menos 1.0m de diámetro, hasta 24m de profundidad. Encontrándose seguramente problemas en esos primeros 3 a 11m de profundidad con material inestable y que seguramente se tendrá que usar ademe en esa parte para las pilas. Lo que habrá que considerar es la estructura como tal de la estación, hasta que profundidad cimentarse, ya que el terreno no es muy apropiado para ello, pero ya la mecánica de suelos decidirá hasta donde será la cimentación de la estación.

3. CONCLUSIONES

Del presente estudio se desprenden las siguientes conclusiones.

- Se realizó un análisis de fotografías aéreas en los periodos de 1936, 1939, 1945, 1959 y 2019; encontrándose lo siguiente:
- De esta fotogeología se observa que en el predio existieron desde 1936 una importante zona de explotación de minas superficiales y de manera subterránea, se observan cuatro grandes zonas que se ubican en la huella de la estación 05 del Cable Bus.
- A partir de 1945 se observa un proceso de relleno de las zonas de explotación a cielo abierto, y para 1959 ya está totalmente rellena la zona, apenas se ven algunas zonas de relleno, mostrándose una insipiente reforestación del área.
- La exploración con georadar realizada se llevó hasta 20m de profundidad, ya que el tipo de material y su heterogeneidad no permitió una mayor profundidad de exploración.
- Se observa en los radagramas de las 13 líneas realizadas que existen zonas con deformaciones en la señal del georadar, lo cual nos evidencia la presencia de anomalías en los diferentes materiales del subsuelo, pero teniendo el antecedente de este tipo de anomalías en otros proyectos se le asocia este tipo de anomalías a la posible presencia de cavidades en el subsuelo.
- En la mecánica de suelos se identificó un horizonte de tobas pumíticas que se ubica a una profundidad de 12m en la parte de la torre 30, mientras que en la torre 31 se manifiesta un horizonte de tobas desde los 4 a 11m, por lo que de haber cavidades se esperaría que se manifiesten a partir de ahí hacia arriba.
- En los radagramas de 13 líneas realizadas se colocaron los contactos litológicos de acuerdo con la mecánica de suelos, así como a la respuesta de la señal del georadar en esos puntos. Se observa que estos muestran una gran heterogeneidad en la zona de los materiales M1, M2 y M3, siendo esta última la que corresponde con la Toba Pumítica, pero lo importante radica en que en todas las líneas se muestra una gran anomalía que se marcó con una línea discontinua color azul en los planos 2 y 3, definiendo grandes zonas de heterogeneidad del subsuelo, que son producto de la migración de las cavidades a la superficie. (Figura1).
- Se buscó el antecedente de lo que sucedió desde 1964 con el proyecto y construcción del Lago Mayor de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec, en donde se encontraron un importante número de cavidades, estas se mapearon y se colocaron bajo la huella del proyecto del Lago Mayor, observándose la densidad de minas en el subsuelo y que se ubicaban hasta los 7.0m de profundidad, que corresponde con lo encontrado actualmente en la mecánica de suelos de las torres 30 y 31 (Figura2)

- *Tratando de ver la magnitud de este problema de minas subterráneas se ubicó en la fotografía aérea de 1945 la zona donde después se localizaría el Lago Mayor y se colocó también la ubicación de la estación 05, observándose en la zona del Lago no hay evidencia de bocaminas y/o rascaderos superficiales, y solo en la zona de la estación se ve esto, por lo que quizá la entrada a este gran grupo de minas subterráneas estuvo en lo que ahora será la estación 05 del Cable Bus. (Figura 3).*
- *La profundidad de estas anomalías asociadas a las zonas de colapso y rellenos heterogéneos se observan con un comportamiento muy variable ya que van desde los 5.0 hasta los 11.5m.*
- *Con estos resultados de la exploración del subsuelo realizada con georadar y específicamente en la zona de la Estación 05 "Panteón Dolores" y de las Torres T30 y T31 de la Línea 3 del Cable Bus, SE PUEDE CONCLUIR QUE SI EXISTEN ANOMALÍAS QUE SE ASOCIAN A LA PRESENCIA DE POSIBLES CAVIDADES Y/O ZONAS EN PROCESO DE COLAPSO.*
- *La cimentación de la estructura debe de ser por debajo de esta profundidad (12.0m) y tomara en cuenta eventualidades como posibles hundimientos en las anomalías someras a la hora de colocar equipos pesados en las zonas afectadas.*
- *Estos resultados pueden tener implicaciones mayores al proyecto, se sabe que las Torres T 30 y T31 serán desplantadas en pilas de por lo menos 1.0m de diámetro, hasta 24m de profundidad. Encontrándose seguramente problemas en esos primeros 3 a 11m de profundidad con material inestable y que seguramente se tendrá que usar ademe en esa parte para las pilas.*
- *Lo que habrá que considerar es la estructura como tal de la estación, hasta que profundidad cimentarse, ya que el terreno no es muy apropiado para ello, pero ya la mecánica de suelos y estructuristas decidirán hasta donde será la cimentación de la estación y en qué condiciones.*
- *Estos resultados solo son válidos única y exclusivamente para el área explorada en la Estación 05 "Panteón Dolores" específicamente, ya que es sabido que en el área hay una alta probabilidad de tener cavidades y/o minas subterráneas en su subsuelo.*
- *De ser necesario se requerirá de hacer alguna verificación de exploración directa para verificar el estado del subsuelo y las condiciones geomecánicas y determinar si es apto o no para soportar la estructura a construir ahí.*

Bibliografía.

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

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

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

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

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

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

Software MALA VISION GuidelineGeo ABEN MALA (Sweden 2022).

Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. Simposio Cimentaciones en Zonas Minadas de la Ciudad de México, Marzo de 1976, México.

ANEXO 1

MÉTODO DE GEORADAR

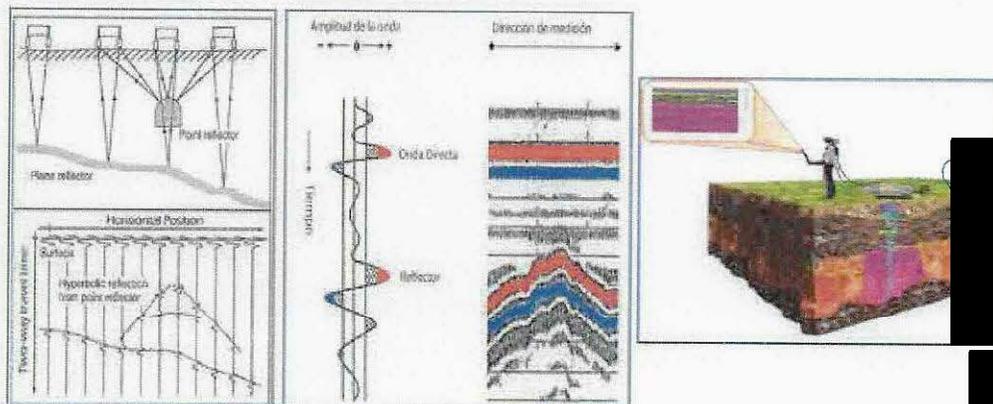
INTRODUCCION:

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

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

PRINCIPIOS TEORICOS

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



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

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

PROCESAMIENTO E INTERPRETACION DE DATOS

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

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

PARAMETROS DE CAMPO

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

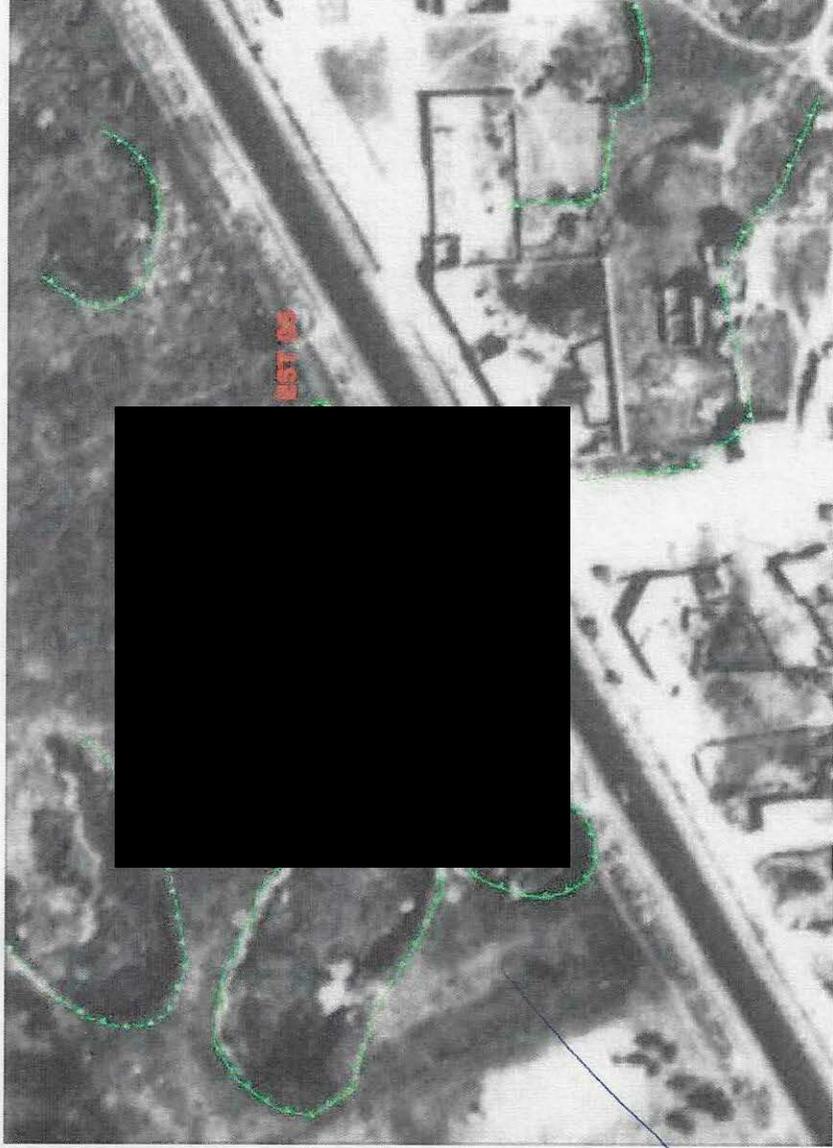
EQUIPO EMPLEADO

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

ANEXO 2
FOTOGRAFICO

SERGBEN INGENIERIA D

ESTUDIO FOTOGEOLOGICO Y GEOFISICO DE GEORADAR PARA LA ESTACION
DEL CABLE BUS L 03, AVE. CONSTITUYENTES SIN, ALC.



FOTOGRAFIA 1

Se observa en el predio donde se planea la construcción de la Estación 05 "Parroteón Dolores" que existen una importante explotación superficial de arenas que se encuentran en forma semicircular de no descartar que también se hallan desarrollado cavidades para dicha explotación, y justo por esa forma no se puede observar la huella del proyecto de estación esta, justo sobre cuatro de estas grandes áreas de explotación. Se observa en el otro lado de la Ave. Constituyentes (en ese entonces Madereros) también hay una gran explotación de minas de arena.



52 12 11 145 211 18 62



FOTOGRAFÍA 2

estas cuatro zonas han crecido y sobre Constituyentes se abre una nueva zona. La ubicación puede tener algún error por el error de torre T30 se ubica en una zona donde hubo este tipo de excavaciones tanto superficiales como de forma subterránea

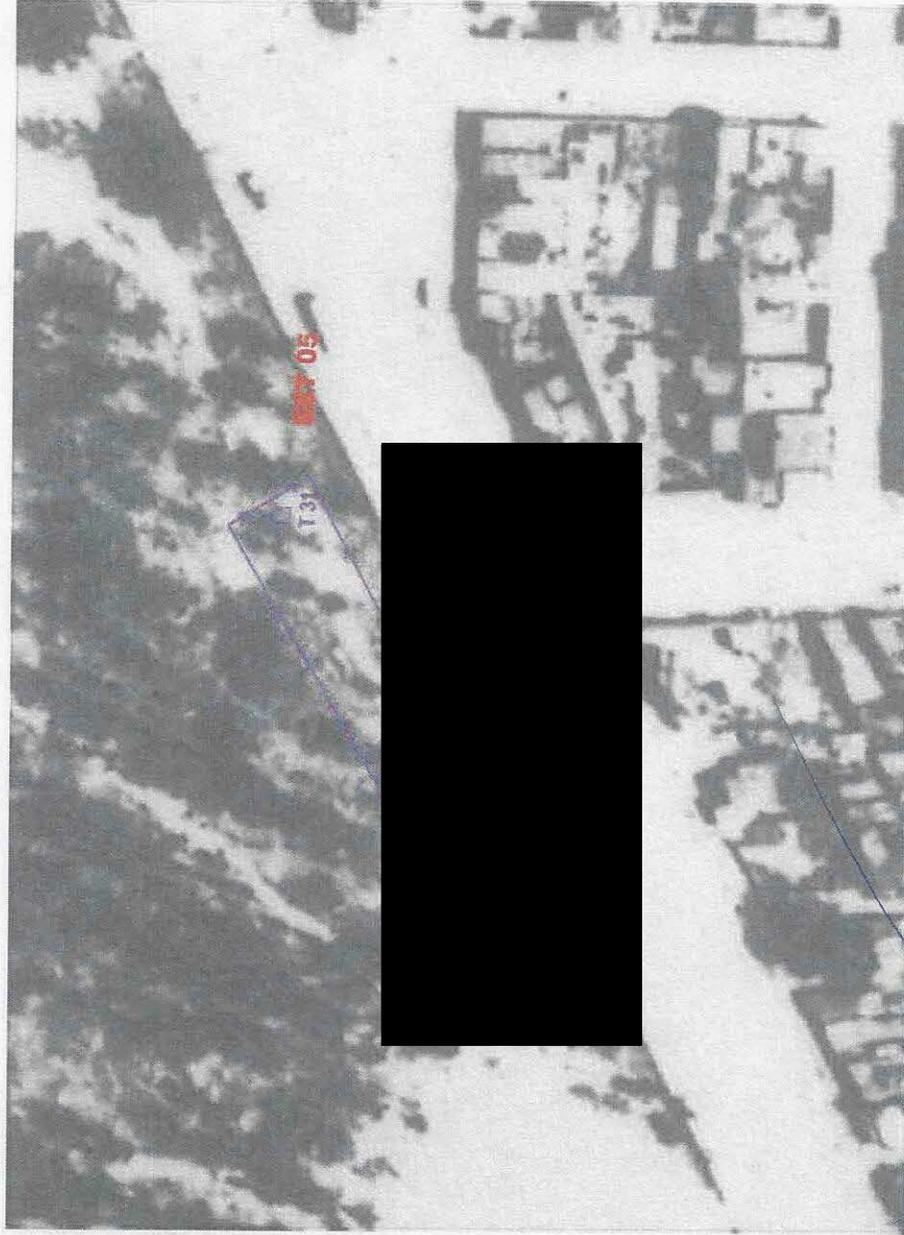




FOTOGRAFÍA 3

la zona ubicada en casi centro de la huella de la estación 05, está desapareciendo, se ve que hay una serie de árboles pequeños, quizá una área junto con un relleno de las antiguas zonas de explotación. En la zona del otro lado de Constituyentes apenas u se alcanza a ver algún vestigio de las antiguas excavaciones, pero ya tienen casas encima.

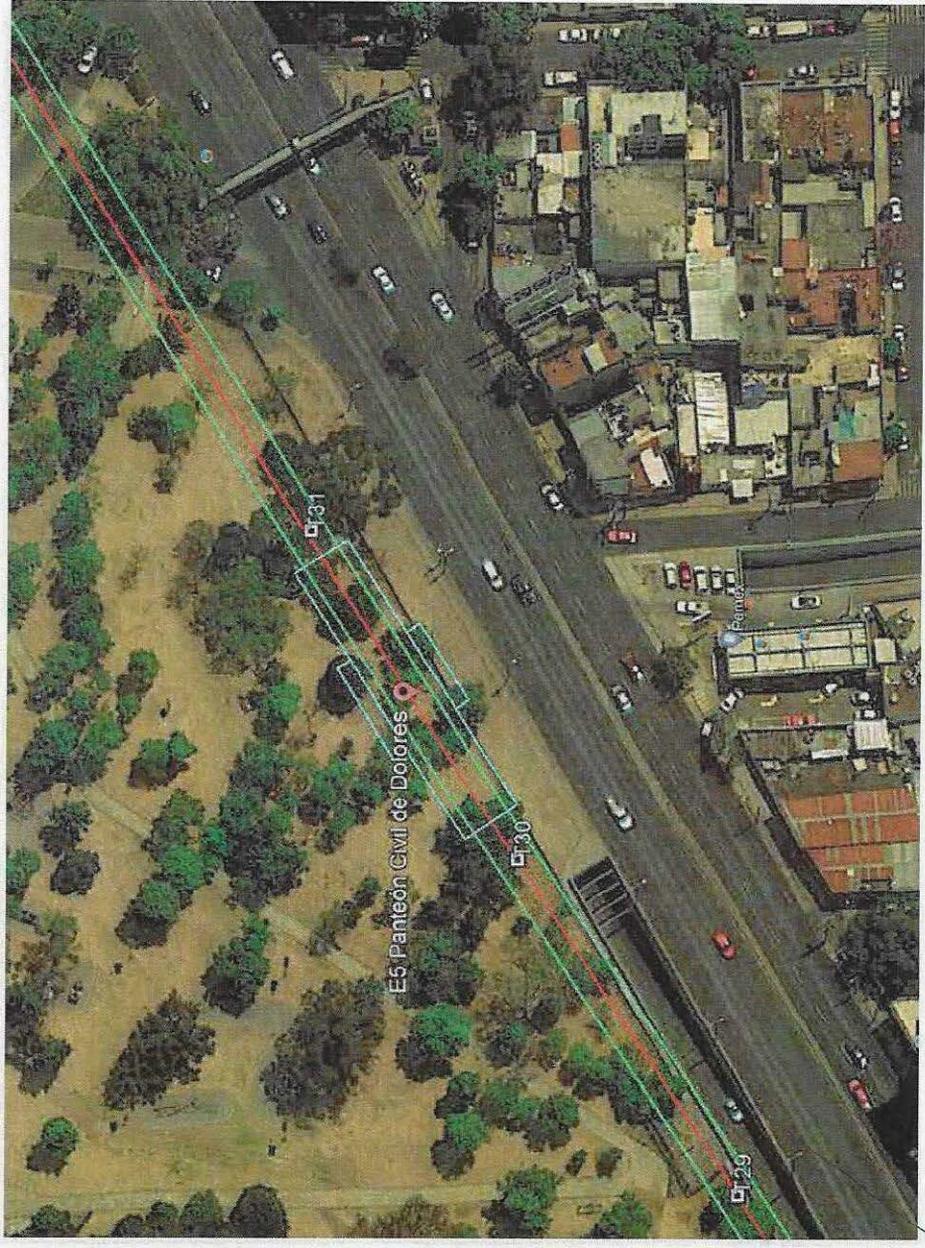




FOTOGRAFÍA 4

gios de aquellas grandes excavaciones de la explotación de minas de arenas pumíticas, se ve el área reforzada, siendo un poco
las áreas así las zonas alargadas blancuecinas entre los árboles, son los rastros materiales de relleno que se colocaron sobre estas
otro lugar de. Constituido sobre las antiguas excavaciones de la minas.





FOTOGRAFIA 5

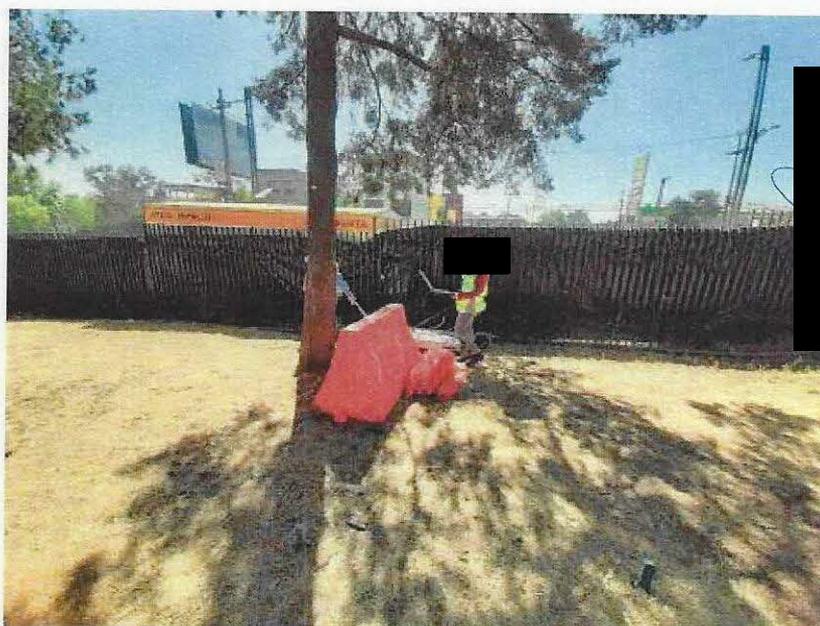
a el 2019 en predio se encuentra como hasta en la actualidad, se le sobrepone el trazado de la estación del Cable Bus Estación 05 Panteón Dolores. Por cierto algo curioso es que hay menos árboles que en 1959.





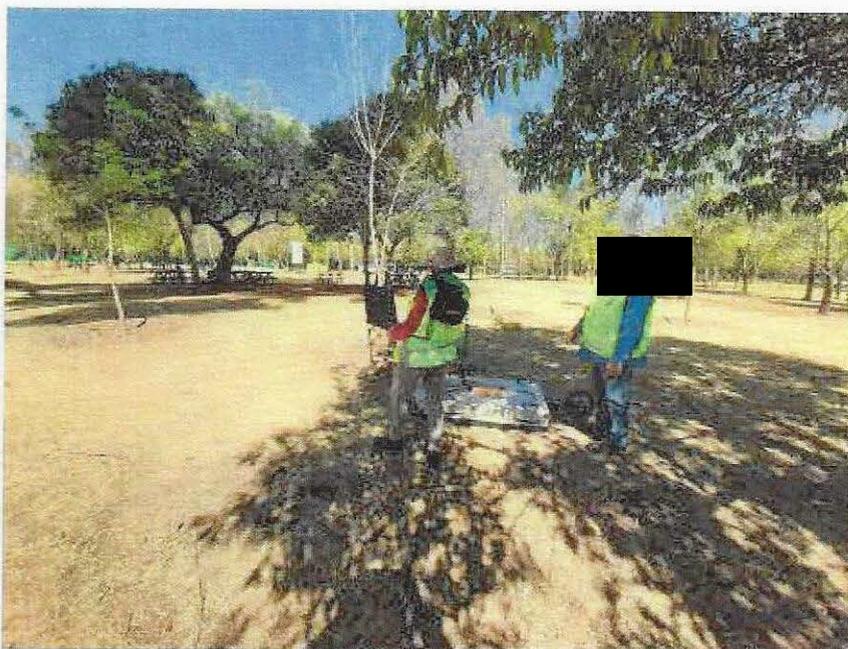
FOTOGRAFÍA 6

Cable Bus Línea 3 Estación 05 Panteón Dolores, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 1.



FOTOGRAFÍA 7

Cable Bus Línea 3 Estación 05 Panteón Dolores, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 1.



FOTOGRAFÍA 8

Cable Bus Línea 3 Estación 05 Panteón Dolores, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 2.



FOTOGRAFÍA 9

Cable Bus Línea 3 Estación 05 Panteón Dolores, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 2.



FOTOGRAFÍA 10

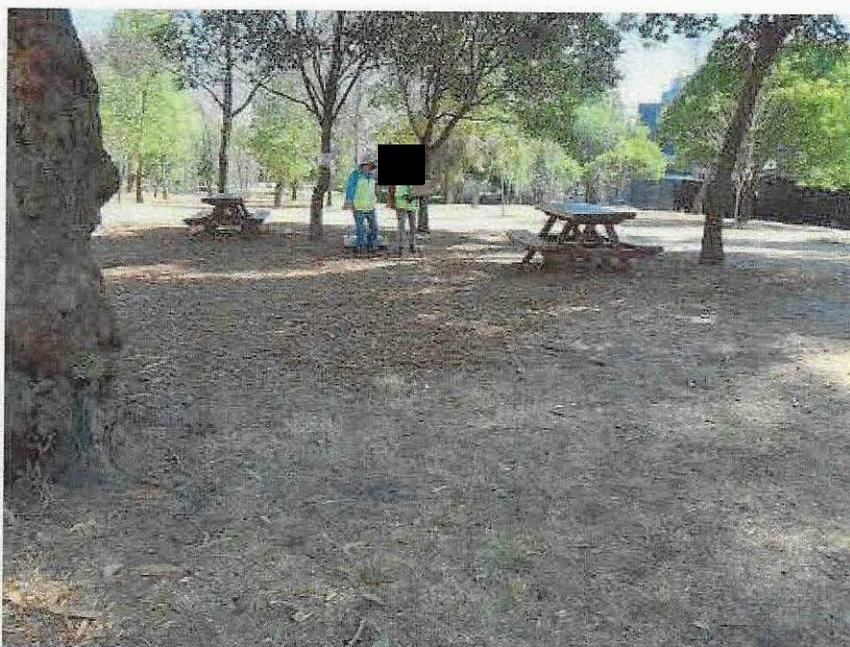
Cable Bus Línea 3 05 Panteón Dolores, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 3.



FOTOGRAFÍA 11

Cable Bus Línea 3 Estación 05 Panteón Dolores, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 3.





FOTOGRAFÍA 12

Cable Bus Línea 3 Estación 05 Panteón Dolores, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 4.



FOTOGRAFÍA 13

Cable Bus Línea 3 Estación 05 Panteón Dolores, Exploración con Georadar, antena 100 MHz

ANEXO 3
PLANOS

SERGBEN INGENIERÍA DEL SUBSUELO

ESTUDIO FOTOGEOLOGICO Y GEOFISICO DE GEORADAR PARA LA ESTACION
DEL CABLE BUS L 03, AVE. CONSTITUYENTES S/N, ALC. M. HIDALGO

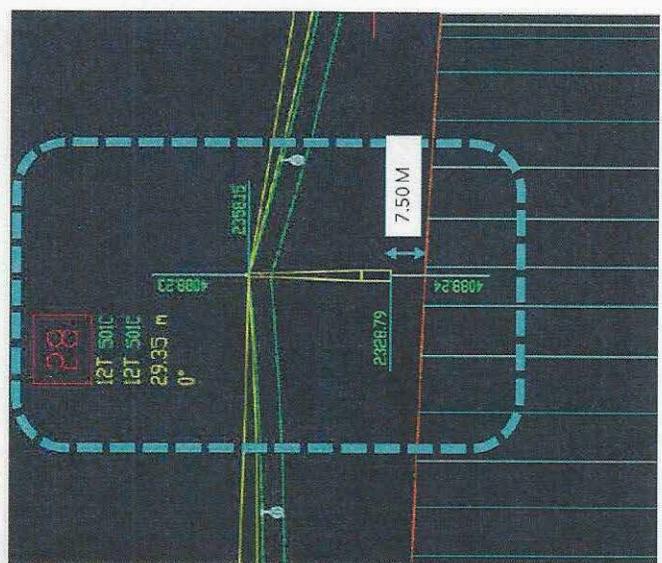
15. ANEXO 6. CARGAS ACTUANTES

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T30-001=R00

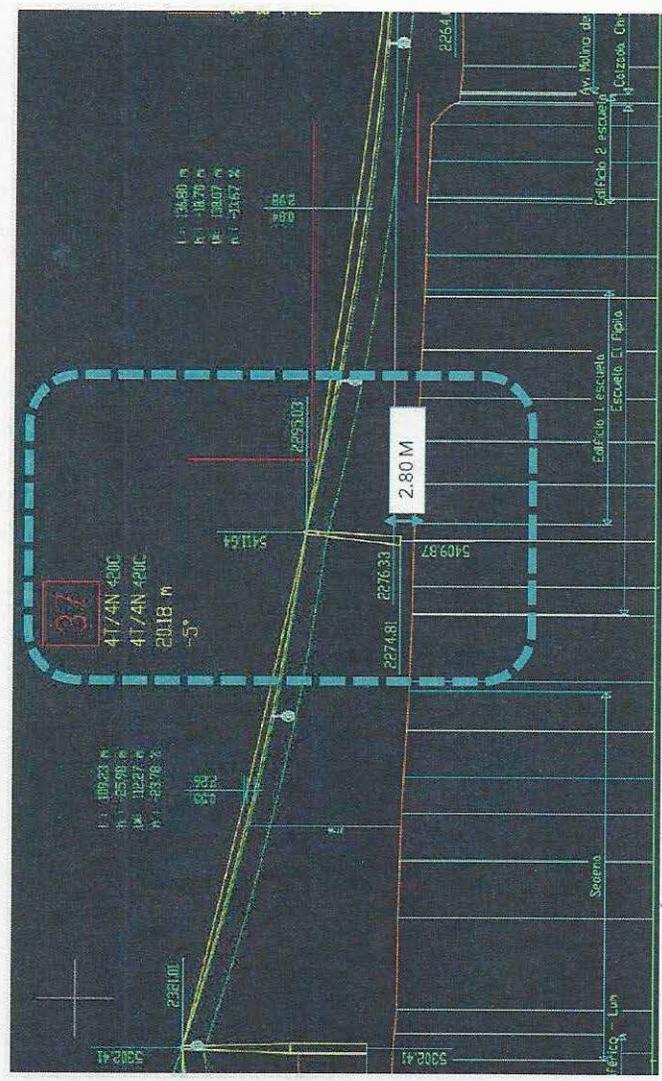
Revisión 0 – Marzo/2023

TORRES CONSIDERACIONES

TORRES TIPO

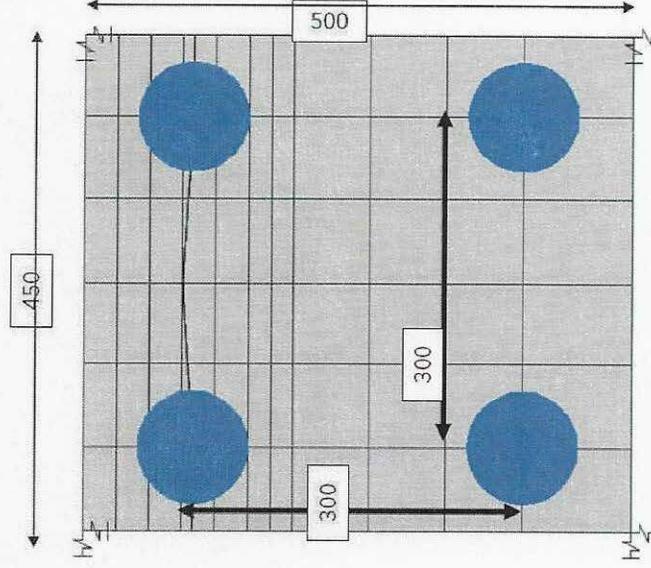


TORRE CONCENTRICA



TORRE INCLINADA

TORRES CONSIDERACIONES



- 4 PILAS DE 1 M DE DIAMETRO
- CABEZAL DE 2 M DE PERALTE

TIPOLOGIA DE CIMENTACION

Clave: DGOT-PRYCL3-GH-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T30-001=R00

Revisión 0 – Marzo/2023

TORRES CONSIDERACIONES

13.12.2022 17:08:41
0.1

Doppelmayr
Project [Job]: 10-INDO Chapultepec Station 2 [WAA0006193]

Detailed support reactions CTF (global) (characteristic values)

Actions	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Permanent actions	0.0	0.0	-227	-1.5	3.8	0.0
Variable actions						
Rope loads (O, tension and dynamic effects included)	-14.1	0.0	-188	-120	-414	-26.0
Rope loads (O)	-11.6	0.0	-181	-92	-337	-18.3
Rope loads (OO)	-2.5	0.0	-7	-23	-177	-8.4
Rope loads (OO on the tower)	-4.5	0.0	-104.1	-0.1	-270	0.0
Signal cables without ice	-8.3	0.0	-87.0	-0.1	-244	0.0
Signal cables with ice	-13.9	0.0	-43.0	-2.1	-327	7.7
Wind (O)	-11.0	0.0	-32.6	-0.0	-814	-0.0
Wind (OO)	0.0	-32.6	0.0	813	0.0	-7.5
Wind (OO on the tower)	12.1	0.0	0.0	0.0	-489	0.0
Wind (OO on the cable tower)	0.0	-122	0.0	-2500	0.0	8.7
Wind actions (OO on the tower)	58.1	0.0	0.0	0.0	-472	0.0
Wind actions (OO on the cable tower)	0.0	-99	0.0	-316	0.0	0.0
Snow	0.0	0.0	-0.9	0.0	318	0.0
Swancatcher, snow creeping (as load on tower)	0.0	0.0	-10.3	0.0	0.0	0.0
Swancatcher, snow creeping (as load on cable tower)						
Accidental actions						
Additional action						
Severance of a signal cable						
Derailment (O)	-8.0	0.0	-205	-261	-130	100
Derailment (OO)	-5.1	0.0	-244	-62	-179	112
Derailment (OO on the tower)	7.7	0.0	-211	-188	-218	81.8
Derailment (OO on the cable tower)	-12.6	0.0	-133	-320	-314	-23.2
Derailment / Derailment (OO)	-3.1	0.0	-27.8	-168	-148	18.2
Swancatcher, snow creeping	-3.1	0.0	-51.7	-165	-148	-18.2
Swancatcher, snow creeping (as load on tower)	-3.1	0.0	-51.7	-165	-148	-18.2
Swancatcher, snow creeping (as load on cable tower)	52.6	180	-33.7	-3282	870	-2.3
Systemic actions	0.0	180	-33.7	-3282	870	-2.3
Rope loads with carriers not considered	-14.1	0.0	-188	-120	-414	-26.0
Rope loads with carriers not considered (as load on tower)	-14.1	0.0	-188	-120	-414	-26.0
Rope loads with carriers not considered (as load on cable tower)	-14.1	0.0	-188	-120	-414	-26.0
Wind actions on carriers not considered (AC)	0.0	-147	0.0	3810	0.0	-1.1

13.12.2022 07:08:52
0.1

Doppelmayr
Project [Job]: 10-INDO Chapultepec Station 2 [WAA0006193]

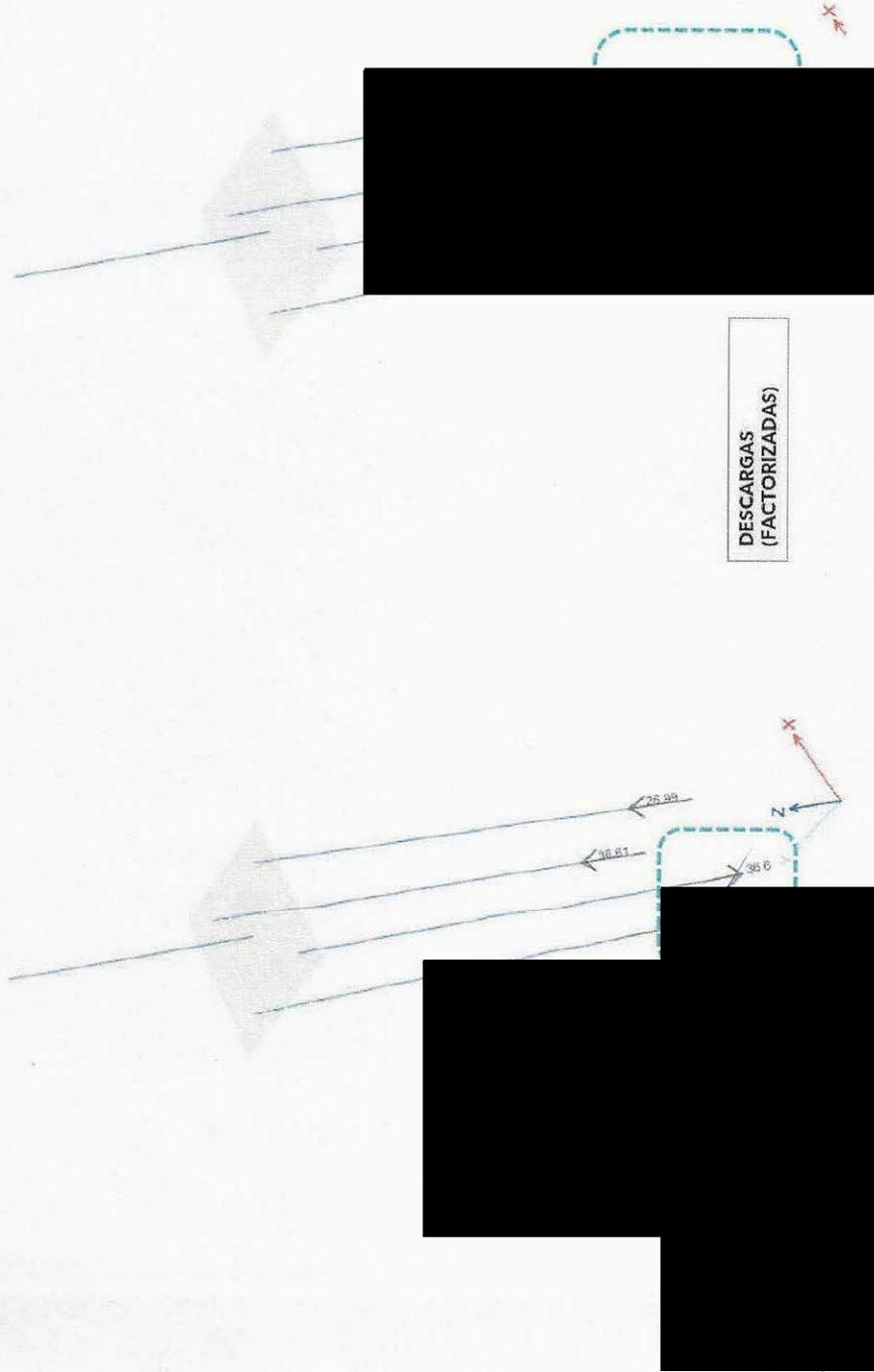
Detailed support reactions CTF (global) (characteristic values)

Actions	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Permanent actions	0.0	0.0	-227	-1.5	3.8	0.0
Variable actions						
Rope loads (O, tension and dynamic effects included)	17.6	0.0	-131	133	-235	-78.1
Rope loads (O)	-15.4	0.0	-119	13.8	-193	-41.0
Rope loads (OO)	-3.3	0.0	-149	1.6	-410	-17.3
Rope loads (OO on the tower)	-18.3	0.0	-102	0.5	-147	-1.7
Rope loads (OO on the cable tower)	9.4	0.0	-35.5	0.0	-183	0.0
Signal cables without ice	-8.7	0.0	-21.8	-0.6	-241	-4.1
Signal cables with ice	-13.7	0.0	-10.9	-2.6	-311	16.1
Wind (O)	0.0	-257	0.0	669	0.0	-83.9
Wind (OO)	18.1	0.0	1.2	0.0	-234	0.0
Wind (OO on the tower)	0.0	107	0.0	253	0.0	5.8
Wind (OO on the cable tower)	0.0	-107	0.0	-253	0.0	-5.8
Wind actions (OO on the tower)	-88.9	0.0	8.8	0.0	-1172	0.0
Wind actions (OO on the cable tower)	93.2	0.0	-8.8	0.0	1172	0.0
Snow	0.0	-7.0	0.0	-239	0.0	-21.8
Swancatcher, snow creeping (as load on tower)	0.0	0.0	-9.8	0.0	0.0	0.0
Swancatcher, snow creeping (as load on cable tower)	0.0	0.0	-9.8	0.0	0.0	0.0
Accidental actions						
Severance of a signal cable						
Derailment (O)	-4.3	0.0	-138	-121	-102	87.9
Derailment (OO)	-1.2	0.0	-158	-30.7	-117	73.5
Derailment (OO on the tower)	-4.2	0.0	-158	-139	-243	-42.8
Derailment (OO on the cable tower)	-0.5	0.0	-4	263	-35	35.8
Derailment / Derailment (OO)	-5.7	0.0	-33.3	-167	-203	18.3
Swancatcher, snow creeping	-5.7	0.0	-33.3	-167	-203	18.3
Swancatcher, snow creeping (as load on tower)	-5.7	0.0	-33.3	-167	-203	18.3
Swancatcher, snow creeping (as load on cable tower)	-5.7	0.0	-33.3	-167	-203	18.3
Systemic actions	48.4	160	-32.0	-3005	134	-2.7
Rope loads with carriers not considered	-14.1	0.0	-188	-120	-414	-26.0
Rope loads with carriers not considered (as load on tower)	-14.1	0.0	-188	-120	-414	-26.0
Rope loads with carriers not considered (as load on cable tower)	-14.1	0.0	-188	-120	-414	-26.0
Wind actions on carriers not considered (AC)	0.0	-124	0.0	3162	0.0	-2.5

TORRE CONCENTRICA

TORRE INCLINADA

TORRE CONCENTRICA DESCARGAS

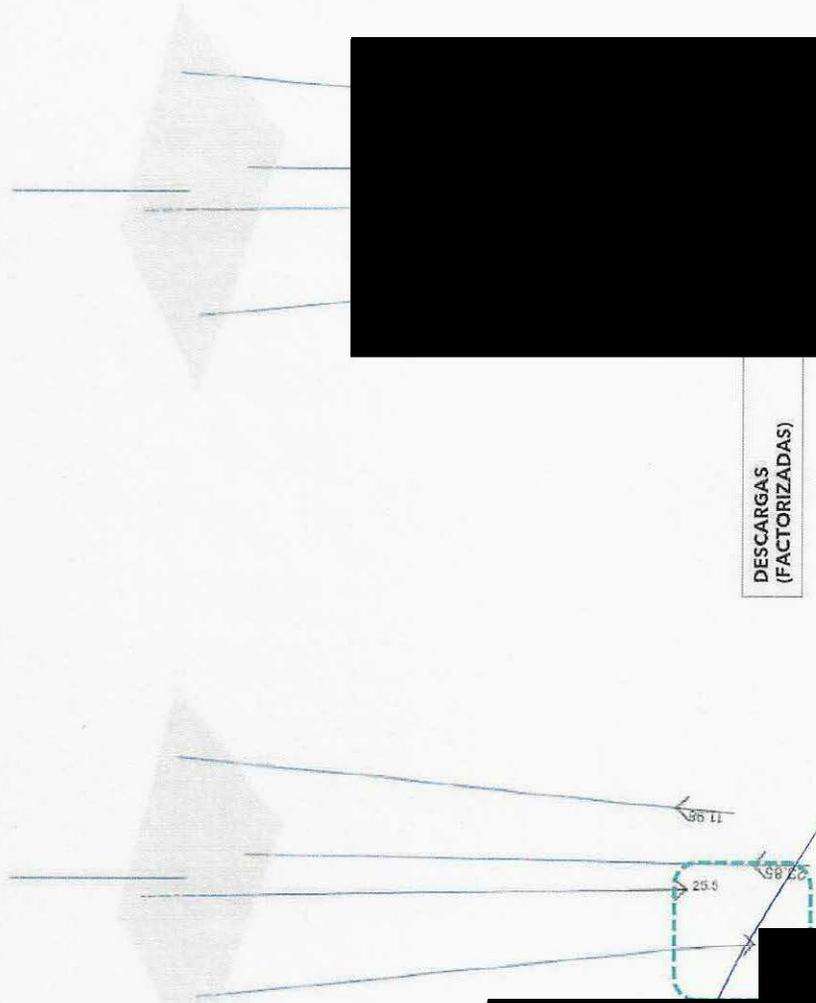


Clave: DGOT-PRYCL3-GH-S2-GEO_MDS-INP-E4E5-T30-001=R00

Revisión 0 - Marzo/2023

TORRE INCLINADA DESCARGAS

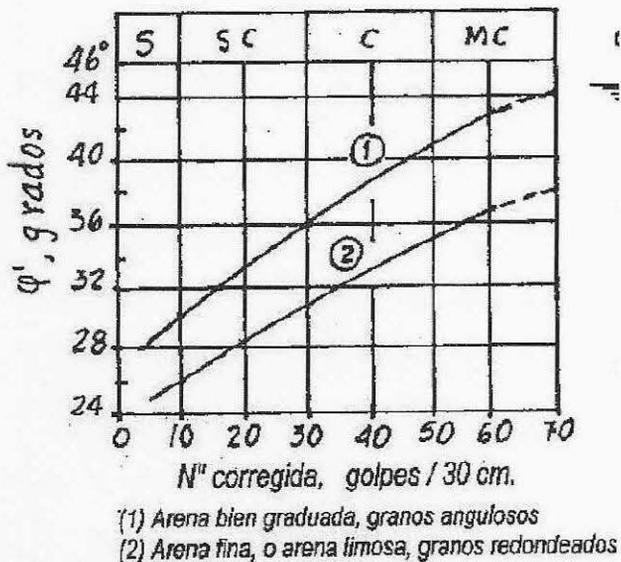
1



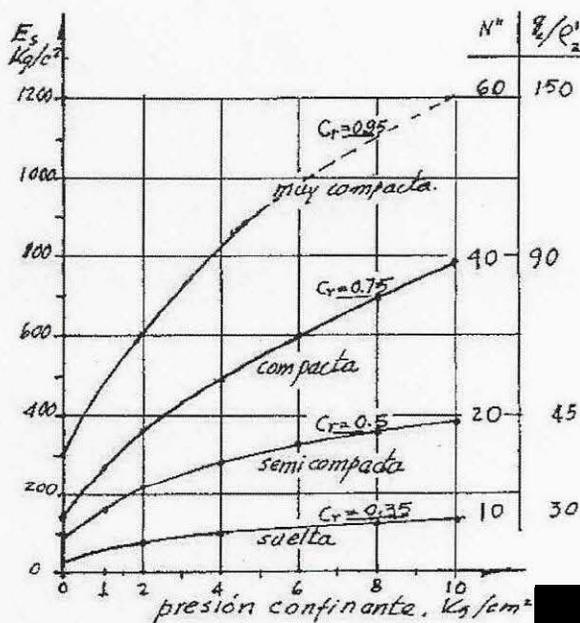
DESCARGAS
(FACTORIZADAS)

TENSION

16. 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 Young, E.

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR PUNTA, NTC CIMENTACIONES 2017

$$C_p = (P'_v N_q^* F_{Rq} + P_v) A_p$$

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

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

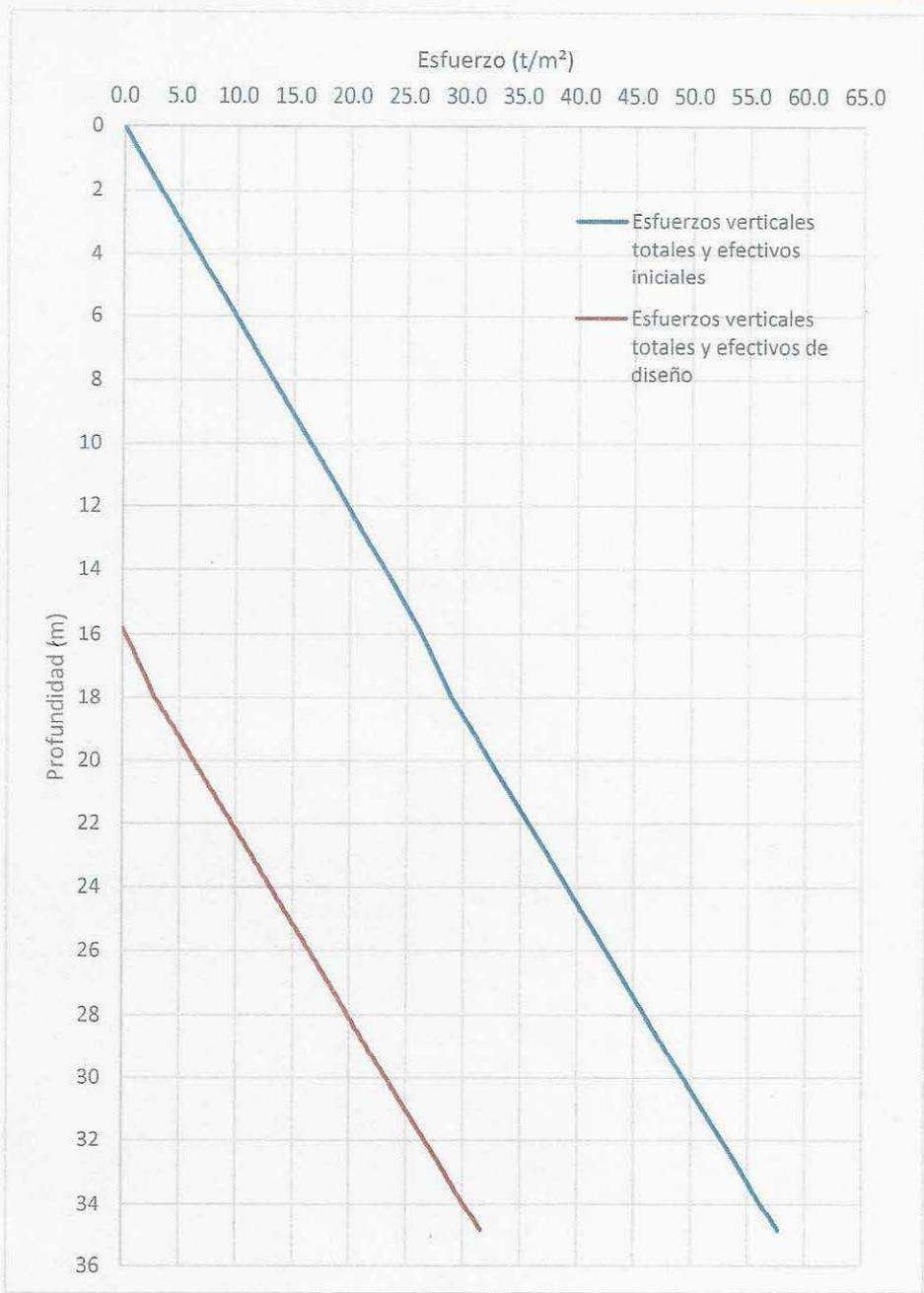
D (m)	Ap (m²)	L (m)	Wp (t)	Le (m)	Le/B	φ	Nmax	Nmin	Nq*	P'v (t/m²)	FR	Pv (t/m²)	Cp (t)
1.0	0.785	22.3	42.03	6.0	6.00	35	132.00	39.00	111.62	13.00	0.35	13.00	409.09
1.2	1.131		60.53		5.00				99.52				526.80
1.4	1.539		82.39		4.29				90.87				656.49

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR FUSTE, NTC CIMENTACIONES 2017

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

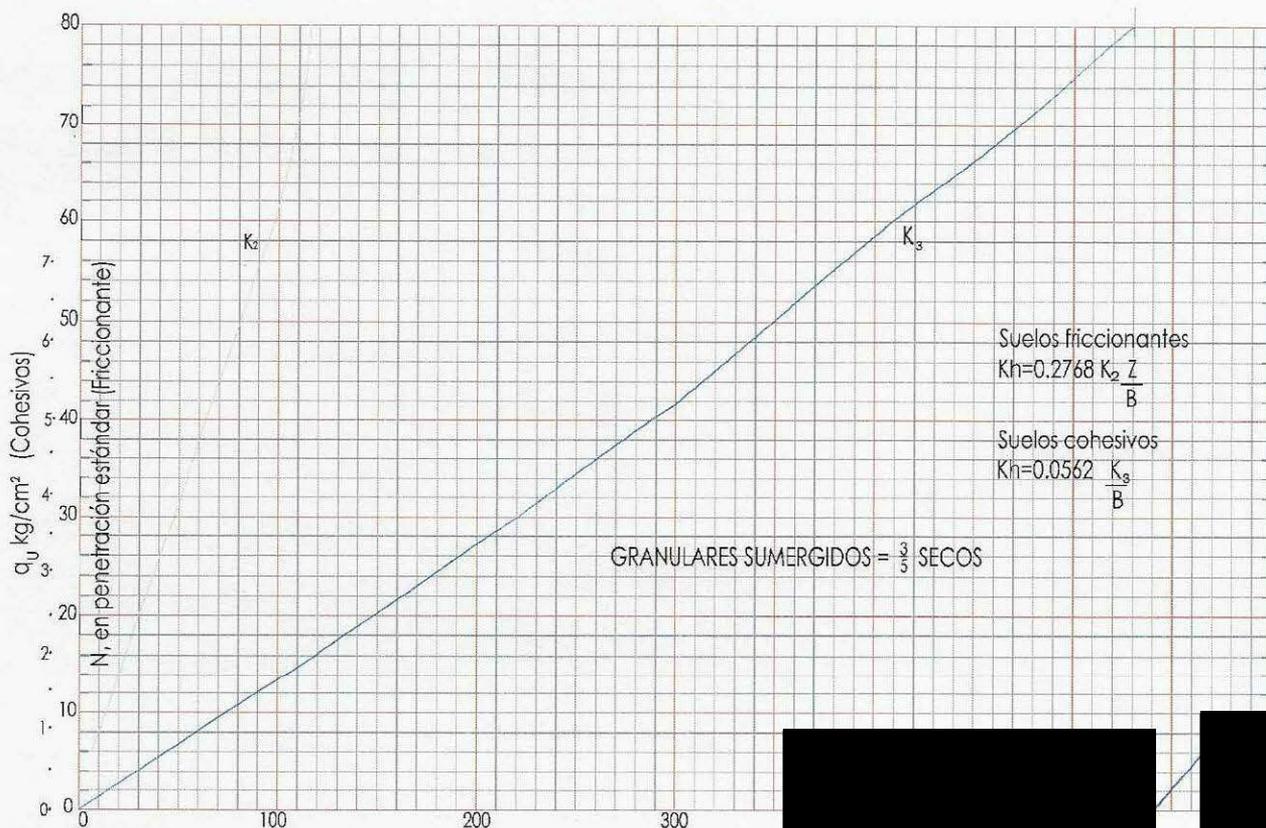
Profundidad (m)	γ (t/m³)	Poz (t/m²)	Uoz (t/m²)	P'oz (t/m²)	P'vi (t/m²)	Li (m)	βi	(P'vi)(Li)βi
0	1.65	0.00	0.00	0.00				
1.8	1.65	2.97	0.00	2.97				
3.6	1.65	5.94	0.00	5.94				
3.6	1.65	5.94	0.00	5.94				
3.8	1.65	6.27	0.00	6.27				
4	1.65	6.60	0.00	6.60				
4	1.65	6.60	0.00	6.60				
7	1.65	11.55	0.00	11.55				
10	1.65	16.50	0.00	16.50				
10	1.65	16.50	0.00	16.50				
12.9	1.65	21.29	0.00	21.29				
15.80	1.65	26.07	0.00	26.07				
15.80	1.3	26.07	0.00	26.07	0.00	2.20	0.57	1.80
16.9	1.3	27.50	0.00	27.50	1.43			
18	1.3	28.93	0.00	28.93	2.86	6.30	0.45	23.28
18	1.7	28.93	0.00	28.93	2.86			
21.15	1.7	34.29	0.00	34.29	8.22			
Df	24.30	39.64	0.00	39.64	12.57			
28.80	1.7	47.29	0.00	47.29				
28.80	1.7	47.29	0.00	47.29				
31.85	1.7	52.48	0.00	52.48				
34.90	1.7	57.66	0.00	57.66				

D (m)	Pp (m)	FR	Cf (t)
1.0	3.142	0.65	51.2
1.2	3.770		61.5
1.4	4.398		71.7



Gráfica 1. Esfuerzos verticales totales y efectivos

ASENTAMIENTOS EN PILAS										
$\delta = \frac{\left(\left(\frac{C_p - W_p}{1.4} + W_p \right) + 0.66 \frac{C_f}{1.4} \right) L}{10 A_p E_c} + \frac{0.36 \left(\frac{C_p - W_p}{1.4} + W_p \right) D}{10 A_p E_s}$ $k_v = \frac{R}{\frac{1.4}{\delta} + W_p}$										
Cp (t)	Wp (t)	Cf (t)	L (cm)	Ap (m ²)	Ec (kg/cm ²)	D (cm)	Es (kg/cm ²)	δ (cm)	R (t)	k (t/cm)
409.1	42.0	51.2	2230	0.785	261916.0171	100	600	2.68	418.3	127.16
526.8	60.5	61.5		1.131		120		2.82	527.7	154.93
656.5	82.4	71.7		1.539		140		2.98	645.8	182.55



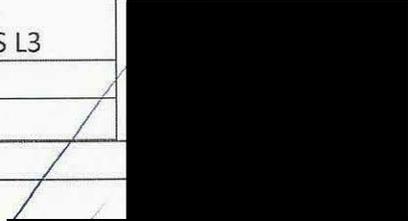
Gráfica para el cálculo del módulo de reacción (RICO. DEL CASTILLO. La ingeniería de suelos en las v... tag... usa.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T31-001=R00

Revisión 0 – Marzo/2023

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

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

Elaboró	Autorizó.
Ing. Antonio López Trejo Ing. Jorge Rojas Rodríguez	



Contenido

1. RESUMEN	4
2. ANTECEDENTES	8
3. OBJETO	8
4. ALCANCES	8
5. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LAS TORRES 31	8
6. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO	10
6.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE	10
6.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA	10
6.3 ENSAYES DE LABORATORIO	11
6.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA	11
6.5 MODELO GEOMECÁNICO	13
7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN	14
7.1 CARGAS ACTUANTES	14
7.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN	14
7.3 ESTADO LÍMITE DE FALLA	15
7.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO	16
8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	18
8.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS	18
8.2 PILAS	19
8.3 EXCAVACIÓN	21
8.4 MINAS	21
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
10. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA	26
11. ANEXO 2. PERFIL DE SONDEOS	28
12. ANEXO 3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO	39
13. ANEXO 4. PRUEBAS DE FICÓMETRO	63
14. ANEXO 5. ESTUDIO GEOFÍSICO, GEORADAR	67
15. ANEXO 6. CARGAS ACTUANTES	98
16. ANEXO 7. MEMORIA DE CÁLCULO	104

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús	9
--	---

Índice de Tablas

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3	9
Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño	13
Tabla 3 Valores de N_{max} y N_{min}	15
Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación	16
Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas	17
Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas de cimentación	18
Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para dado de cimentación	18

Índice de Figuras

Figura 1. Croquis de localización y ubicación de sondeos. T-30, T-31 y E-5
Figura 2. Zonificación geotécnica de la Ciudad de México
Figura 3. Corte estratigráfico y solución de cimentación. T-30, T-31 y E-5
Figura 4. Procedimiento constructivo T-31

Figura 5. Localización de la exploración de georadar y ubicación de las anomalías detectadas. T-30, T-31 y E-5

Figura 6. Radagramas interpretados de las líneas 1, 2, 3 y 4. T-30, T-31 y E-5

Figura 7. Radagramas interpretados de las líneas 5 a 13. T-30, T-31 y E-5

1. Resumen

Antecedentes. Con el propósito de cumplir con los términos de referencia del proyecto “CONSTRUCCIÓN CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES - LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3” DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO. El consorcio solicitó a la empresa INGENIEROS CUEVAS ASOCIADOS, realizar el presente estudio de mecánica de suelos para la Torre 31.

Para definir las condiciones estratigráficas del sitio, En la Torre 31, un sondeo de penetración estándar (SPT-1, T-31) a una profundidad de 35.1 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, se tomaron en cuenta los sondeos realizados en la Torre 30 y Estación 5. En la Torre 30 se realizó un sondeo de penetración estándar (SPT-1, T-30), a una profundidad máxima de 34.9 m. Por su parte, en la Estación 5 se ejecutaron dos sondeos de avance controlado (SAC-1, E-5 y SAC-2, E-5), a 35.0 m de profundidad, así como un sondeo mixto (SM-1, E-5), igualmente a 35.0 m de profundidad. En el sondeo mixto se alternaron las técnicas de avance controlado y 3 pruebas de ficómetro, a las profundidades medias de 16.0, 25.5 y 30.5 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.

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.

Con la finalidad de complementar la exploración geotécnica y explorar la posición del terreno y del suelo, asociadas a minas o rellenos, se realizó un estudio geofísico mediante análisis foto geológico, que abarca la zona de la Estación 5, Torre 30 y Torre 31, con 13 líneas que suman 510.50 m lineales de exploración.

Además de los resultados obtenidos de la exploración geotécnica realizada, los resultados de laboratorio y su interpretación estratigráfica, para determinar las propiedades de los suelos se emplearán para la revisión del diseño geotécnico de la cimentación propuesta para trabajar adecuadamente durante su vida útil.

Información geotécnica disponible. El sitio se localiza en la denominada “Zona de 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 cavernas o 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.**

Interpretación estratigráfica (con profundidades referidas el nivel de brocal del SPT-1, T-31):

De 0.0 a 1.2 m. Relleno, compuesto con arena limosa, con gravillas y algunos restos de construcción, color café claro. En estado muy suelto, con un número de golpes entre 2 y 10. El contenido natural de agua varía entre 7.6 y 24.7 %.

De 1.2 a 4.3 m. Toba limo arenosa (ML), color café grisáceo y café claro, con grumos duros del mismo material. En estado muy compacto, con un número de golpes de más de 50. El contenido natural de agua varía entre 19.9 y 30.7 %. Se destaca que este material no se presenta en el sondeo realizado en la Torre 30.

De 4.3 a 7.4 m. Se presenta una cavidad, asociada a una antigua mina. Se desconoce hasta ahora su extensión.

De 7.4 a 15.2 m. Relleno heterogéneo para rehabilitación de antiguas minas: Arena pumítica y andesítica, limosa (SM), con gravas pumíticas, de tonalidades café grisáceo y café claro a oscuro. El estado en el que se encuentra este material es muy heterogéneo, de muy suelto a semicompacto, con un número de golpes de peso de herramienta a 30. El contenido natural de agua varía entre 6.1 y 33.4 %. El porcentaje de finos tiene una variación entre 3.0 y 5 %, el porcentaje de arena varía entre 72 y 95% y el porcentaje de gravas varía entre 0.0 y 25 %.

De 15.2 a 18.2 m. Arena pumítica color gris claro, poco limosa, con gravas pumíticas, en estado semicompacto, con un número de golpes de 24 a 34. El contenido natural de agua varía entre 15.2 y 61 %. El porcentaje de finos es del 8%, el porcentaje de arena es del 90%, mientras que el porcentaje de gravas es del 2%.

De 18.2 a 24.8 m. Toba areno limosa (SM) y areno arcillosa (SC), color café amarillento y café claro, con gravillas aisladas pumíticas. El origen de la arena es pumítica y andesítica. En estado muy compacto, con un número de golpes entre 35 y más de 50. El contenido natural de agua varía entre 31.3 %. El porcentaje de finos varía entre 13 y 19%, el porcentaje de arena se encuentra entre 58 y 81%, el porcentaje de gravas varía entre 6 y 8%.

De 24.8 a 35.1 m (máxima profundidad explorada). Toba areno limosa (SM), color café claro y café grisáceo, con gravas andesíticas y pumíticas. El origen de la arena es andesítico, con poca arena pumítica. En estado muy compacto a muy compacto, con un número de golpes entre 42 y más de 50. El contenido natural de agua encuentra entre 13.1 y 20.6 %. El porcentaje de finos varía entre 4 y 19%, el porcentaje de arena se encuentra entre 58 y 81%, mientras que el porcentaje de gravas se encuentra entre 15 y 23%.

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 sondeo (SPT-1, T-30), se presentaron pérdidas parciales de agua hasta los 20.0 m. En el sondeo (SAC-1, E-5), no se presentaron pérdidas de agua. Por su parte, en el sondeo (SM-1, E-5) se tuvieron solo pérdidas parciales de agua, con detección de una fisura entre 9.4 y 9.5 m. En el sondeo (SAC-2, E-5), se detectó una cavidad entre 8.7 y 9.5 m.

Por su parte, en sondeo (SPT-1, T-31), se detectó una cavidad ente 4.3 y 7.4 m, con un descenso importante en el número de golpes hasta 15.2 m, que corresponde con **un Relleno heterogéneo para rehabilitación de antiguas minas:** Arena pumítica y andesítica, limosa (SM), con gravas pumíticas, de tonalidades café grisáceo y café claro a oscuro. El estado en el que se encuentra este material es muy heterogéneo, de muy suelto a muy compacto, con un número de golpes de peso de herramienta a algunos sub estratos con más de 50 golpes. El contenido natural de agua varía entre 6.1 y 36.0 %. El porcentaje de finos tiene una gran variación entre 3.0 y 50 %, el porcentaje de arena varía entre 48 y 95% y el porcentaje de gravas varía entre 0.0 y 34%.

Por su parte, en el estudio geofísico se presenta un análisis foto geológico, donde se aprecia claramente que la explotación de las arenas pumíticas en esta zona, fue a cielo abierto, con grandes extensiones de explotación, mismas que en fotos más recientes, se ven rellenas. Así mismo, se concluye que la profundidad de las anomalías asociadas a las zonas de migración de minas, y/o rellenos heterogéneos se presentan con una disposición muy variable, desde los 5.0 y 11.5 m.

Tomando en cuenta lo anterior, para el diseño de la cimentación de la Torres 31 se considera que el piso de las antiguas minas, se presenta a una profundidad media de 15.0 m.

La estabilidad de las estructuras proyectadas está sustentada en el uso de pilas de cimentación desplantadas por debajo de las alteraciones que ha sufrido el suelo en esta zona. Sin embargo, para garantizar el buen comportamiento y evitar la migración de las antiguas minas detectadas, se deberá realizar una rehabilitación total de estas. Para solventar esta situación, se deberá abrir una "puerta" en la zona de la Torre 31, para poder acceder a la antigua mina. Posteriormente se procederá como sigue:

- 1) Se ingresará a la antigua mina para detectar el área de afectación.
- 2) Se limpiará el piso de la antigua mina, retirando basura, lodo y material suelto. Se colocará una guía se acomodarán los bloques más grandes, dejando entre ellos espacios para el tránsito. Así mismo, se colocarán costales rellenos de material de banco, acomodados en los espacios de migración de la antigua mina.
- 3) Relleno de los espacios restantes, mediante relleno de suelo cementado. Este relleno de todos los espacios dejados por los bloques y costaleras. Este relleno se colocará con presión mínima, para que pueda llegar a todos los espacios.

Coefficiente sísmico. Tomando en cuenta la posición de la Torre y el software SASID, el coeficiente sísmico elástico es de 0.326, con una aceleración espectral, $a_0 = 0.119$. Queda a juicio del ingeniero estructuralista

factores de hiperestaticidad, importancia, irregularidad y de sobre-resistencia para la obtención del espectro de diseño.

Solución de cimentación. Tomando en cuenta la importancia de la estructura; que es considerada TIPO A1, obliga a una solución de cimentación profunda a base de 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 cavernas, la profundidad de las pilas aquí recomendada deberá ser ajustada, así como los valores de la capacidad de carga.**

La solución de cimentación para la Torre 31 será con pilas desplantadas al nivel -29.0 m de proyecto; respecto al nivel +/- 0.0 m de la Estación 5.

Para el diseño de la cimentación de la Torre 31, se considera que la longitud efectiva de las pilas, se desarrolla a partir de 15.0 m de profundidad.

Capacidad de carga. La capacidad de carga reducida de la cimentación se presenta en el cuerpo de este informe, para pilas de diferentes diámetros.

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

Fe de hechos. Antes de iniciar los trabajos es necesario que se realice un levantamiento del estado físico de las estructuras cercanas al sitio en estudio, que sea certificado por un notario; permitiendo así, deslindar responsabilidades por daños asociados a la construcción de la estructura en cuestión. Los resultados aquí presentados son aplicables exclusivamente al predio en estudio, en el que se consideraron las condiciones estratigráficas del sitio y las características particulares del proyecto. Los cambios que se generen en el proyecto podrán modificar las recomendaciones presentadas en este informe.

2. Antecedentes

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 presente estudio de mecánica de suelos para la Torre 31, 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.

3. Objeto

Realizar el estudio geotécnico para la zona donde se erigirá la Torre 31. Con base en los resultados de la exploración geotécnica, geofísica y 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, productos de las imposiciones de cargas. Para la Torre 31 con coordenadas X=478,925.9847; Y= 2,145,924.8728, que se erigirá dentro de la segunda sección del Bosque de Chapultepec, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX (Fig. 1). En la zona se presentan abundantes árboles.

4. 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).

5. Características generales y ubicación de las Torres 31

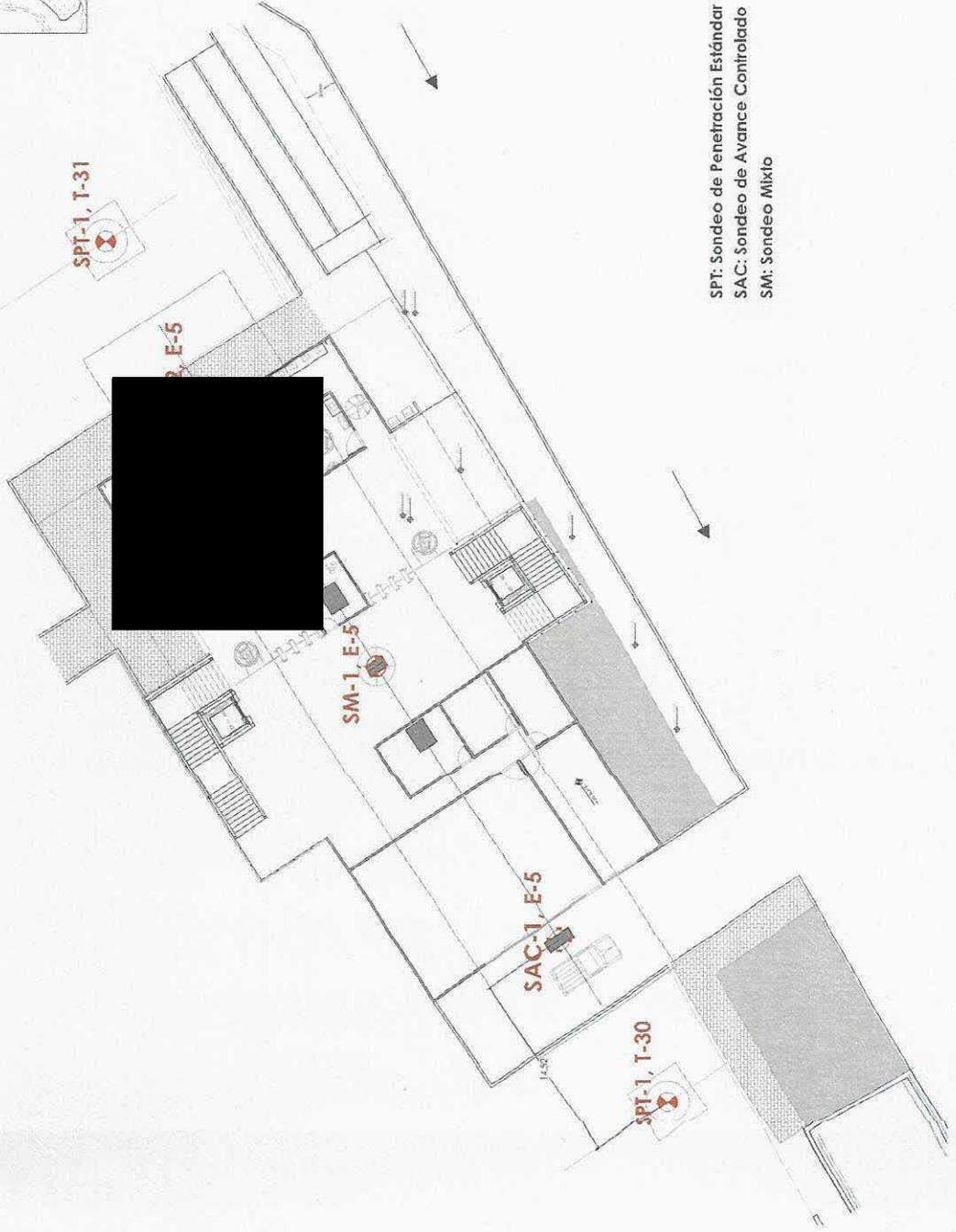
La línea 3 de Cablebús está compuesta por 6 estaciones, cada una con su propia edificación. La longitud proyectada de la línea es de 5.42 km y brindará una capacidad de transporte máxima/final de 3000 pasajeros/hora en cada sentido.

El proyecto será realizado en la demarcación territorial de Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo zona centro – poniente de la Ciudad de México limitado al sur con Tlalpan, oriente con la alcaldía de Benito Juárez y Cuauhtémoc, al n con los municipios mexiquenses de Tecamachalco y Naucalpan de Juárez de cada una de las 6 estaciones se describe en la siguiente tabla:

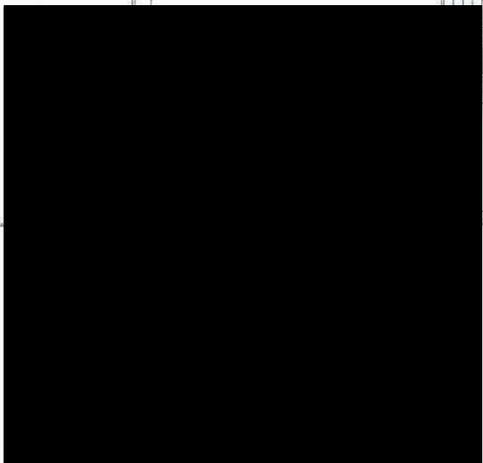


CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

TORRE 30, TORRE 31 Y ESTACIÓN 5
SITIO EN ESTUDIO



SPT: Sondeo de Penetración Estándar
SAC: Sondeo de Avance Controlado
SM: Sondeo Mixto



INDICACIONES	FECHA	PROYECTO	USUARIO
 <p>GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO</p> <p>SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y EQUIPAMIENTO URBANO</p> <p>SECRETARÍA DE PLANEACIÓN Y POLÍTICAS PÚBLICAS</p> <p>SECRETARÍA DE ECONOMÍA</p> <p>SECRETARÍA DE FOMENTO ECONÓMICO</p> <p>SECRETARÍA DE ENERGÍA</p> <p>SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES</p> <p>SECRETARÍA DE TRANSPORTES</p> <p>SECRETARÍA DE VIVIENDA Y OBRAS PÚBLICAS</p>			
<p>INFORMACIÓN DEL PROYECTO:</p> <p>PROYECTO: CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE CURVEDO - LOS PINOS</p> <p>FECHA: 15/05/2013</p> <p>PROYECTISTA: INGENIERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y EQUIPAMIENTO URBANO</p> <p>PROYECTO: CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE CURVEDO - LOS PINOS</p> <p>FECHA: 15/05/2013</p> <p>PROYECTISTA: INGENIERÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y EQUIPAMIENTO URBANO</p>			

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T31-001=R00

Revisión 0 – Marzo/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

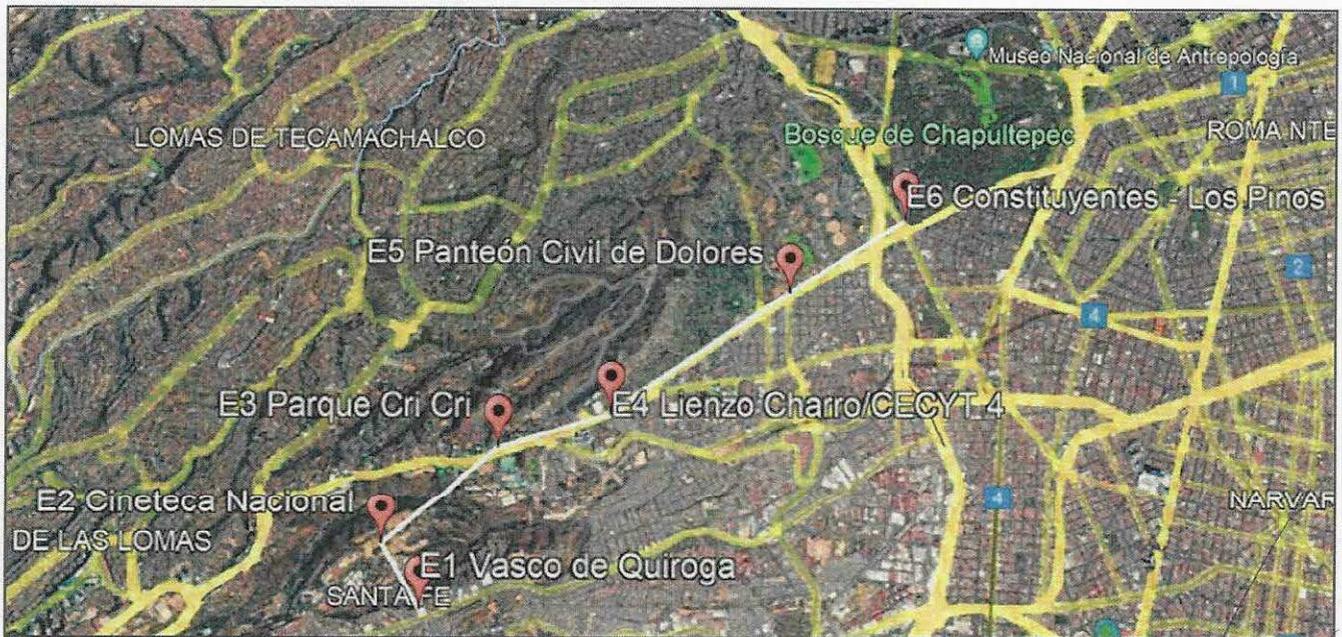


Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús

La Torre 31 con coordenadas X=478,925.9847; Y= 2,145,924.8728 se erigirá en el Bosque de Chapultepec, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX. La Torre 31 es del tipo de torre de 12.0 m.

6. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO

6.1 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 cavernas o minas antiguas que ha dejado la explotación subterránea o superficial de materiales de construcción en el pasado, las cuales pueden ocasionar problemas geotécnicos a las cimentaciones que en esa zona se construyan.**

6.2 Exploración geotécnica

Para definir las condiciones estratigráficas del sitio, En la Torre 31, un sondeo de penetración estándar (SPT-1, T-31) a una profundidad de 35.1 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, se tomaron en cuenta los sondeos realizados en la Torre 30 y Estación 5. En la Torre 30 se realizó un sondeo de penetración estándar (SPT-1, T-30), a una profundidad máxima de 34.9 m. Por su parte, en la Estación 5 se ejecutaron dos sondeos de avance controlado (SAC-1, E-5 y SAC-2, E-5), a 35.0 m de profundidad, así como un sondeo mixto (SM-1, E-5), igualmente a 35.0 m de profundidad. En el sondeo mixto se alternaron las técnicas de avance controlado y 3 pruebas de ficómetro, a las profundidades medias de 16.0, 25.5 y 30.5 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.

El ficómetro consiste en una sonda cilíndrica de acero denticulada, de 970 mm de longitud y un diámetro de 6.1 cm, con ranuras longitudinales que permiten su expansión y penetración. Se infla una membrana ubicada en el interior de la sonda. Posteriormente a la inyección de agua se aplica una fuerza ascendente de extracción, provocando su desplazamiento y midiendo el tiempo de extracción. El tiempo de extracción indica la adherencia- fricción entre la sonda y el terreno.

Con la finalidad de complementar la exploración geotécnica y explorar la posible presencia de anomalías en el suelo, asociadas a minas o rellenos, se realizó un estudio geofísico mediante la técnica de georadar y un análisis foto geológico, que abarca la zona de la Estación 5, Torre 30 y Torre 31, a una profundidad de 20.0 m, con 13 líneas que suman 510.50 m lineales de exploración.

6.3 Ensayes de laboratorio

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

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

En la Figura 1 se presenta el croquis de localización y 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 y los tomados en cuenta de la Torre 30 y Estación 5. 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 realizadas en el mástil central de la Estación, en el Anexo 5 se presentan el estudio de georadar ejecutado en la zona. 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.

6.4 Interpretación estratigráfica

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

Corte estratigráfico A-A' y solución de cimentación, con profundidades referidas al SPT-1, T-31, (Fig. 3):

De 0.0 a 1.2 m. Relleno, compuesto con arena limosa, con gravillas y algunos restos de construcción, color café claro. En estado muy suelto, con un número de golpes entre 2 y 10. El contenido natural de agua varía entre 7.6 y 24.7 %.

De 1.2 a 4.3 m. Toba limo arenosa (ML), color café grisáceo y café claro, con grumos duros del mismo material. En estado muy compacto, con un número de golpes de más de 50. El contenido natural de agua varía entre 19.9 y 30.7 %. Se destaca que este material no se presenta en el sondeo T-31.

De 4.3 a 7.4 m. Se presenta una cavidad, asociada a una antigua mina. Se presenta una cavidad de su extensión.

De 7.4 a 15.2 m. Relleno heterogéneo para rehabilitación de antiguas minas: material limoso (SM), con gravas pumíticas, de tonalidades café grisáceo y café claro a oscuro. Este material se encuentra este material es muy heterogéneo, de muy suelto a semicompacto, con un número de golpes de peso de herramienta a 30. El contenido natural de agua varía entre 6.1 y 33.4 %. El porcentaje de finos varía entre 3.0 y 5 %, el porcentaje de arena varía entre 72 y 95% y el porcentaje de gravas varía entre 0.0 y 25 %.

De 15.2 a 18.2 m. Arena pumítica color gris claro, poco limosa, con gravas pumíticas, en estado semicompacto, con un número de golpes de 24 a 34. El contenido natural de agua varía entre 15.2 y 61.2 %.

porcentaje de finos es del 8%, el porcentaje de arena es del 90%, mientras que el porcentaje de gravas es del 2%.

De 18.2 a 24.8 m. Toba areno limosa (SM) y areno arcillosa (SC), color café amarillento y café claro, con gravillas aisladas pumíticas. El origen de la arena es pumítica y andesítica. En estado compacto a muy compacto, con un número de golpes entre 35 y más de 50. El contenido natural de agua varía entre 16.6 y 31.3 %. El porcentaje de finos varía entre 13 y 19%, el porcentaje de arena se encuentra entre 75 y 79% y el porcentaje de gravas varía entre 6 y 8%.

De 24.8 a 35.1 m (máxima profundidad explorada). Toba areno limosa (SM), color café claro y café oscuro, con gravas andesíticas y pumíticas. El origen de la arena es andesítico, con poca arena pumítica. En estado compacto a muy compacto, con un número de golpes entre 42 y más de 50. El contenido natural de agua se encuentra entre 13.1 y 20.6 %. El porcentaje de finos varía entre 4 y 19%, el porcentaje de arena está entre 58 y 81%, mientras que el porcentaje de gravas se encuentra entre 15 y 23%.

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 sondeo (SPT-1, T-30), se presentaron pérdidas parciales de agua hasta los 20.0 m. En el sondeo (SAC-1, E-5), no se presentaron pérdidas de agua. Por su parte, en el sondeo (SM-1, E-5) se tuvieron solo pérdidas parciales de agua, con detección de una fisura entre 9.4 y 9.5 m. En el sondeo (SAC-2, E-5), se detectó una cavidad entre 8.7 y 9.5 m.

Por su parte, en sondeo (SPT-1, T-31), se detectó una cavidad ente 4.3 y 7.4 m, con un descenso importante en el número de golpes hasta 15.2 m, que corresponde con un **Relleno heterogéneo para rehabilitación de antiguas minas**: Arena pumítica y andesítica, limosa (SM), con gravas pumíticas, de tonalidades café grisáceo y café claro a oscuro. El estado en el que se encuentra este material es muy heterogéneo, de muy suelto a muy compacto, con un número de golpes de peso de herramienta a algunos sub estratos con más de 50 golpes. El contenido natural de agua varía entre 6.1 y 36.0 %. El porcentaje de finos tiene una gran variación entre 3.0 y 50 %, el porcentaje de arena varía entre 48 y 95% y el porcentaje de gravas varía entre 0.0 y 34%.

Por su parte, en el estudio geofísico se presenta un análisis foto geológico, donde se aprecia claramente que la explotación de las arenas pumíticas en esta zona, fue a cielo abierto, con grandes extensiones de explotación, mismas que en fotos más recientes, se ven rellenas. Así mismo, se detectó la presencia de las anomalías asociadas a las zonas de migración de minas, y/o rellenos heterogéneos con una disposición muy variable, desde los 5.0 y 11.5 m.

La estabilidad de las estructuras proyectadas está sustentada en el uso de pilotes que se ven afectados y desplantados por debajo de las alteraciones que ha sufrido el suelo en esta zona. Se debe garantizar el buen comportamiento y evitar la migración de las antiguas minas, por lo que se debe realizar una rehabilitación total de estas. Para solventar esta situación, se debe proceder a la rehabilitación de la zona de la Torre 31, para poder acceder a la antigua mina. Posteriormente se procederá como sigue:

- 1) Se ingresará a la antigua mina para detectar el área de afectación.

- 2) Se limpiará el piso de la antigua mina, retirando basura, lodo o materia vegetal. Enseguida se acomodarán los bloques más grandes, dejando entre ellos espacio para el relleno fluido. Así mismo, se colocarán costales rellenos de material de banco, acomodados en toda el área de extensión de la antigua mina.
- 3) Relleno de los espacios restantes, mediante relleno de suelo cemento fluido, que ocupará todos los espacios dejados por los bloques y costaleras. Este relleno se colocará con presión mínima, para que pueda llegar a todos los espacios.

Tomando en cuenta lo anterior, para el diseño de la cimentación se considera que el piso de las antiguas minas, se presenta a una profundidad media de 15.0 m (Fig. 3).

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

6.5 Modelo geomecánico

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, geofísica y laboratorio realizados en las Torres 30, 31 y Estación 5:

Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño

Unidad	Profundidad(m)	γ (t/m ³)	c (t/m ²)	ϕ°	E (kg/cm ²)	Observaciones
1	0.0 a 1.2	1.65	0.5	10	60	De acuerdo con los resultados de la exploración geotécnica y geofísica se considera la presencia de una mina subterránea de 6.0 m de altura, así como de rellenos utilizados para estas.
2	1.2 a 4.3	1.65	1.0	20	150	
3	4.3 a 10.0	1.65	Antigua mina			
4	10.0 a 15.2	1.65	Relleno para rehabilitación de antiguas minas			
5	15.2 a 18.2	1.3	4.0	30	300	
6	18.2 a 24.7	1.7	6.0	35	600	
7	24. a 35.1	1.7	11	39	1,000	

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

Cabe mencionar que, las propiedades de resistencia y deformabilidad en las cuales 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, en las gráficas 1 y 2.

7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

Datos del proyecto. La Torre 31 con coordenadas $X=478,925.9847$; $Y=2,145,924.8728$ se erigirá dentro de la segunda sección del Bosque de Chapultepec, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX. La Torre 31 es del tipo concéntrica, con altura de 12.0 m.

El nivel +/- 0.0 m de proyecto para la Estación 5 coincide con el nivel de piso terminado del andén y corresponde con la elevación 2,313.95 m. Los niveles para la Torre 31, igualmente estarán referidos a los niveles de proyecto de la Estación 5.

7.1 Cargas actuantes

Las cargas actuantes para estas torres en particular aún no se tienen determinadas; sin embargo, por parte del área de estructuras se emitió una memoria de cargas, correspondiente a una torre tipo concéntrica. Y se presentan en el Anexo 5. *Resulta muy importante mencionar que, una vez que se tenga el análisis estructural propio de esta torre, se deberá hacer la comparación correspondiente con las capacidades de carga aquí presentadas.*

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

7.2 Solución de cimentación

Solución de cimentación. Tomando en cuenta la importancia de la estructura; que es considerada TIPO A obliga a una solución de cimentación profunda a base de pilas de sección circular de 1.0 m de diámetro con un diámetro 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 cavernas, la profundidad de las pilas aquí recomendada deberá ser ajustada, así como los valores de la capacidad de carga.

La solución de cimentación para la Torre 31, será con pilas desplantadas al nivel -29.0 m de proyecto respecto al nivel +/- 0.0 m de la Estación 5 (Fig. 3). Para el diseño de la cimentación, la longitud efectiva de las pilas se desarrolla a partir de 15.0 m de profundidad.

7.3 Estado límite de falla

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

$$R = C_p + C_f - W_p \tag{1}$$

Donde:

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

Con:

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

Donde:

- p'_v esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 11.5 t/m²
- N_q^{*} factor de capacidad de carga
- F_R factor de resistencia, igual a 0.35
- P_v esfuerzos totales al nivel de desplante, igual a 11.5 t/m²

Con:

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

Cuando

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

O bien

$$N_q^* = N_{m\acute{a}x} \tag{5}$$

Cuando

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

Donde:

- L_e longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 4.4 m
- B diámetro de la pila, m.
- φ ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 35°

Los valores de N_{máx} y N_{mín}, se presentan en la Tabla 3, función del valor del ángulo de fricción interna de desplante:

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

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

Por su parte, la capacidad de carga por fricción se determinó mediante la siguiente expresión (Ref. 2):

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

Donde:

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

Con

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

Capacidad a la tensión. Los efectos de tensión en la torre; que se presenten a nivel de cimentación, 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:

$$C_{te} = C_f + 0.65 W_p \quad (9)$$

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)	Cp (t)	Cf (t)	R (t)	Cte (t)
1.0	39.0	300.7	40.2	301.9	65.6
1.2	56.2	392.6	48.3	384.6	84.8
1.4	76.5	495.0	56.3	474.8	106.1

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

7.4 Estado límite de servicio

La deformación total que sufrirá cada pila, estará compuesta por la deformación propia del elemento; término de la expresión, más la correspondiente a la del suelo de sustento; su magnitud se determinó expresión siguiente (Ref. 4):

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

Donde:

- δ deformación total de la pila, cm
- L longitud de la pila, igual a 2,070 cm

- D diámetro de la pila, cm
 E_s módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 600 kg/cm²
 E_c módulo de elasticidad del concreto, igual a 261,916 kg/cm², para f'c= 350 kg/cm²

Realizando compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actuantes:

$$\delta = \frac{\left(\frac{C_p - W_p}{1.4} + W_p\right) + 0.66 \frac{C_f}{1.4}}{10 A_p E_c} L + \frac{0.36 \left(\frac{C_p - W_p}{1.4} + W_p\right) D}{10 A_p E_s} \quad (11)$$

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):

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

Donde:

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

Realizando compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actuantes:

$$k_v = \frac{\frac{R}{1.4} + W_p}{\delta} \quad (14)$$

Al sustituir los valores correspondientes en las expresiones (11) y (14), se obtienen los valores siguientes de asentamientos y módulos de reacción vertical:

Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas

D (m)	δ (cm)	k _v (t/cm)	k _v (kg/cm ³)
1.0	1.97	129.11	16.44
1.2	2.11	156.82	13.87
1.4	2.26	184.33	11.97

Módulos de reacción horizontal. Para la revisión estructural de las pilas se continúa, se presenta el módulo de reacción horizontal (Ref. 6):

Para suelos friccionantes

$$k_h = 0.2768 k_2 \frac{z}{B}$$

Donde

- k_h módulo de reacción horizontal, (kg/cm³)
 k₃ coeficiente de Terzaghi para suelos friccionantes, lb/pulg³

- B diámetro del cimientto, 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 de cimentación

Profundidad (m)	Nivel de proyecto (m)	N	z (m)	k2	kh (Kg/cm ³)		
					B (m)		
					1.0	1.2	1.4
2.0 a 4.0	-8.35 a -10.5	6	1	6.1	0.17	0.14	0.12
4.0 a 10	-10.35 a -16.35	0	5	0.0	0.00	0.00	0.00
8.0 a 15.2	-16.35 a -21.5	6	10.6	6.1	1.79	1.49	1.28
15.2 a 18.2	-21.5 a -24.5	29	14.7	46.0	18.72	15.60	13.37
18.2 a 22.7	-24.5 a -29.0	50	18.45	80.0	40.86	34.05	29.18

Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para dado de cimentación

Profundidad (m)	Nivel de proyecto (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm ³)
					B (m)
					4.50
0.0 a 2.0	-6.35 a -8.35	6	1	6.10	0.04

8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

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

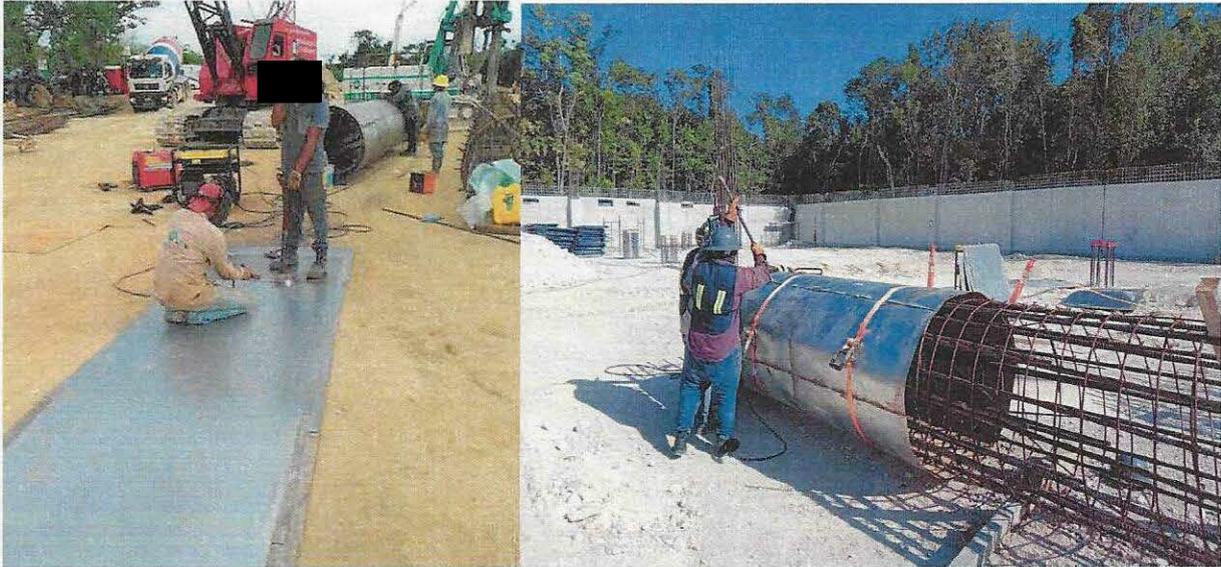
8.1 Preparación de áreas

- Una vez que se tenga el área liberada, se realizará el trasplante de todos los árboles que se encuentren dentro del área de afectación.
- Concluidos los trabajos anteriores, se procederá con los trabajos de perforación de pilas de cimentación.

8.2 Pilas

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

- a) Trazo y ubicación topográfica de la posición de cada una de las pilas, para garantizar la posición de cada uno de los elementos de cimentación.
- b) Enseguida se realizará la perforación en seco, hasta el nivel de desplante de proyecto. **Es importante mencionar que cada una de las pilas con diámetro mínimo de 1.0 m, deberán ser inspeccionada en toda su longitud, por un supervisor geotécnico y verificar el estado de las paredes y fondo, en busca de indicios de cavernas adicionales a las ya consideradas.**
- c) Durante la perforación de las pilas, se deberá reducir las vibraciones lo máximo posible y evitar el movimiento y posicionamiento brusco de equipo pesado.
- d) El concreto para la construcción de las pilas será de una $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$; el tamaño de agregado máximo será de 1 1/2 pulg. El acero de refuerzo tendrá un f_y de $4,200 \text{ kg/cm}^2$.
- e) Para garantizar el recubrimiento mínimo de 7.5 cm, es indispensable el empleo de silletas y "poyos" de concreto o plástico; sus dimensiones serán de 7.5x7.5x10.0 cm y se colocarán longitudinalmente a cada 2.0 m.
- f) **Debido a que detectó plenamente la existencia de una antigua mina y el relleno para su regeneración, se deberá colocar un ademe perdible desde el nivel de terreno existente, hasta el nivel -21.0 m de proyecto, 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.

- g) 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.
- h) El armado se rigidizará para evitar excesivas deformaciones que pudiesen complicar su colocación dentro de la perforación. Para la liga estructural se recomienda que el armado tenga una longitud adicional de por lo menos 0.5 m, o la que el diseño estructural recomiende.
- i) Las pilas se colarán con el procedimiento tradicional de tubo Tremie; al inicio del colado la tubería se colocará 20.0 cm por encima del nivel de desplante y se utilizará un tapón deslizante “diablo” para evitar la segregación y contaminación del concreto; durante el colado se deberá garantizar que la tubería se encuentre embebida por lo menos 1.0 m dentro del concreto, subiendo la tubería conforme asciende el nivel del concreto. El revenimiento del concreto será como mínimo de 23.0 cm. El colado se llevará por lo menos 0.50 m por arriba del lecho bajo del dado de cimentación o la longitud que determine el área de estructuras.
- j) El descabece para la liga estructural se realizará mediante la demolición con martillo eléctrico, empezando en la periferia hasta llegar al núcleo, en los últimos 20 cm se hará con maceta y cincel.
- k) El criterio de aceptación o tolerancias para la construcción de las pilas es el
- 1) *Localización.* En el posicionamiento de la cabeza del apoyo, la desviación a 4% del diámetro del apoyo o de 8 cm en cualquier dirección, cualquiera que 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.

Es indispensable llevar un registro en donde se anote: 1) la ubicación del apoyo; 2) la fecha y hora en que se terminó la perforación y la profundidad alcanzada; 4) fecha y hora en que se inicia y concluye el colado. **Cada pila deberá ser liberada por un supervisor, una vez que se revisaron las condiciones de las paredes y piso.**

8.3 Excavación

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

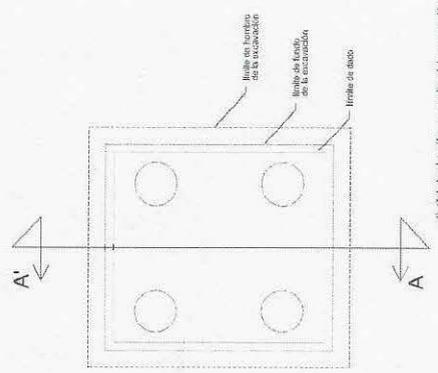
- a) Se realizará la excavación hasta 2.0 m de profundidad, con taludes con una inclinación de 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de mortero (Fig. 4). Los análisis de estabilidad, consideran una sobrecarga de 1.5 t/m² en la corona, por lo que se deberá evitar la concentración de esfuerzos en esta zona.
- b) Al llegar a la profundidad máxima 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 $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$, para proceder con el habilitado del acero de refuerzo para el dado de cimentación.
- c) Posteriormente se realizará el colado del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la superestructura.
- d) El espacio entre el perímetro del dado y los taludes de la excavación se deberá cubrir con un fluido o bien, con relleno con calidad de terraplén, colocado en capas de 15 cm, compactado al 95% de su P.V.S.M.

8.4 Minas

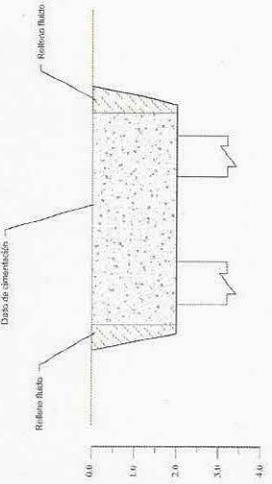
Durante los trabajos de ejecución del sondeo (SPT-1, T-30), se presentaron pérdidas de agua en los 20.0 m. En el sondeo (SAC-1, E-5), no se presentaron pérdidas de agua, solo tuvieron solo pérdidas parciales de agua, con detección de una fisura entre los 15.0 y 18.0 m. En el sondeo (E-5), se detectó una cavidad entre 8.7 y 9.5 m.



CONCEPCIÓN	FECHA	ACTUACIÓN	USO
PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA ANTIGUA MINA DE LOS PRINCES	15/05/2018	REVISIÓN	PROYECTO
PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA ANTIGUA MINA DE LOS PRINCES	15/05/2018	REVISIÓN	PROYECTO
PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA ANTIGUA MINA DE LOS PRINCES	15/05/2018	REVISIÓN	PROYECTO

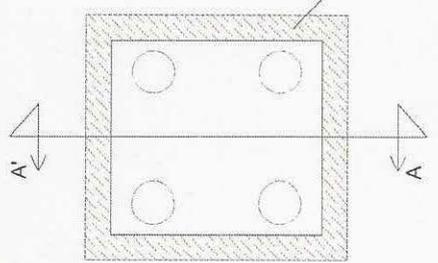


4) Se debe la olla, se realizará la excavación hasta 2,0 m de profundidad con taludado con una inclinación de 70º respecto a la horizontal, procurando la estabilidad considerando una sobrecarga de 1,5 t/m² en la zona de los cortes, por lo que se deberá evitar la colocación de equipos pesados en esta zona.



Corte A-A'

- 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 planchuela de concreto sobre una f=0-50 kg/cm², para proveer con el habilitado del acero de refuerzo para el dado de cimentación.
- Posteriormente se realizará el colado del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la superestructura.
- El espacio entre el sistema del dado y los taludes de la excavación será rellamado con relleno filtrado. O bien, con material con calidad de banco, compactado al 95% de su P.V.S.M.



Corte A-A'

- Una vez que se tenga el dato, deberá y se procederá con el replanteo de todos los hitos presentes en la zona de abastecimiento.
- Posteriormente se realizará la verificación del estado de las pilas de cimentación. Pasará inspección por el supervisor en presencia del dueño, verificando las condiciones de las mismas. De acuerdo a los resultados de la inspección se procederá a la reparación de una antigua mina y el relleno para su regeneración, se deberá colocar un adorno perimetral desde el nivel de terreno existente, hasta el nivel 2,0 m de proyecto, para la conformación de ese adorno se deberá tener un campo de láminas calibre 12, para ser un encamisado. Esta cámara se colocará durante el colado del acero para cada una de las pilas de cimentación. La cámara se realizará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recibimiento de Proyecto.
- En caso de que se presenten condiciones diferentes a las consideradas en el estudio, se dará aviso inmediato al área de proyectos, para re-estudiar la profundidad de despiece y las espesuras de riego.

MINAS

Durante los trabajos de ejecución del sondaje (SPT-1, T-30), se presentaron pérdidas para En el sondaje (SAC-1, E-5), no se presentaron pérdidas de agua. En el sondaje (SM-1, E-5) se presentó pérdida de agua, con deflexión de una fluencia entre 0,4 y 0,5 m. En el sondaje (SAC-2, E-5, R-7 y R-5).

Por su parte, en el sondaje (SPT-1, T-31), se detectó una cavidad entre 4,3 y 7,4 m, con un número de golpes hasta 1,2 m, que corresponde con un Relleno heterogéneo para riego. Este tipo de relleno se presenta en las minas antiguas, donde el nivel de agua es superior al que se encuentra en algunas sub-estructuras con más de 50 años. El contenido natural de agua en este tipo de relleno puede variar entre 30 y 50%. El porcentaje de fines tiene una gran variación entre 30 y 50%, el porcentaje de arena puede variar entre 0,0 y 3,0%.

Por su parte, en el estudio geológico se presentó un análisis foto geológico, donde se observó que las arenas presentes en esta zona, fue a cielo abierto, con grandes extensiones de migración de arenas, y/o riellos heterogéneos; presencia con una dispersión muy variable, desde los 5,0 y 11,5 m.

Tomando en cuenta lo anterior, para el diseño de la cimentación de la Torre 31 se considera que el tipo de las antiguas minas, se presenta a una profundidad media de 1,50 m.

La estabilidad de las estructuras proyectadas está sustentado en el uso de pilas de cimentación desplazadas por debajo de las alerías que ha sufrido el suelo en esta zona. Sin embargo, para garantizar el buen comportamiento y evitar la migración de las antiguas minas deterioradas, se deberá realizar una rehabilitación total de las pilas de cimentación. Así mismo, se deberá tener una "puerta" en la zona de la Torre 31, para poder acceder a la antigua mina. Posteriormente se procederá como sigue:

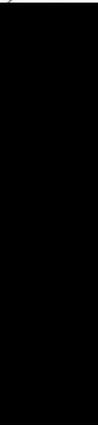
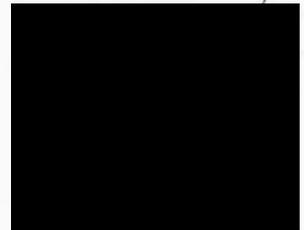
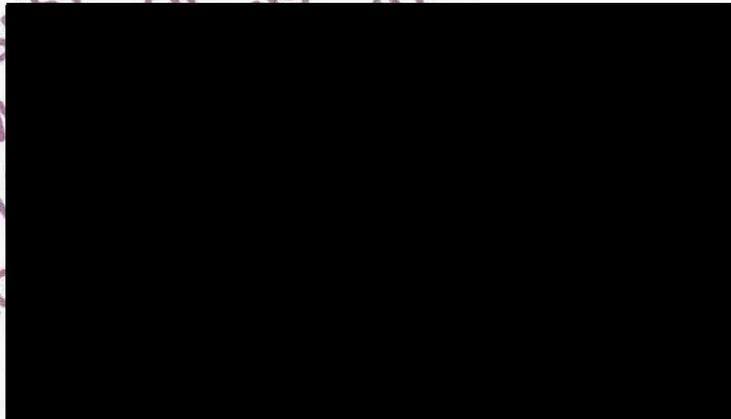
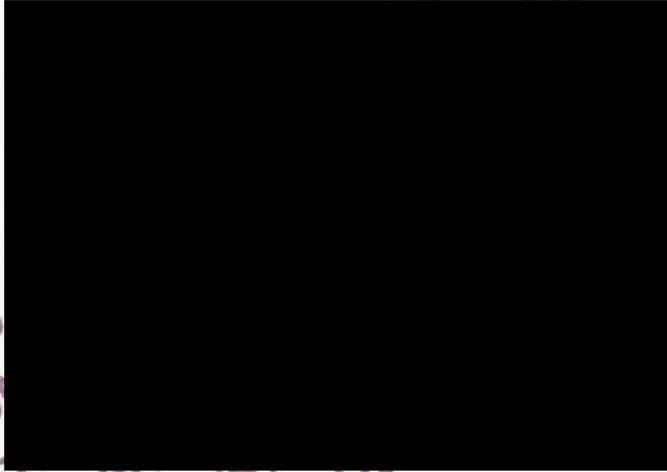
- Se llegará a la antigua mina para detectar el tipo de afectación.
- Se limpiará el piso de la antigua mina, retirando losa, todo o materia vegetal. El material se usará para los bloques más grandes, dejados entre ellos espacio para el relleno filtrado. Así mismo, se colocará costales rellenos de material de banco, acomodados en toda el área de extensión de la antigua mina.
- Relleno de los costales rellenos, mediante relleno de suelo compactado, todo lo que ocupan todos los costales dejados por los bloques y costales. Este relleno se colocará con presión mínima, para que pueda llegar a todos los espacios.

- 3) Relleno de los espacios restantes, mediante relleno de suelo cemento fluido, que ocupará todos los espacios dejados por los bloques y costaleras. Este relleno se colocará con presión mínima, para que pueda llegar a todos los espacios.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

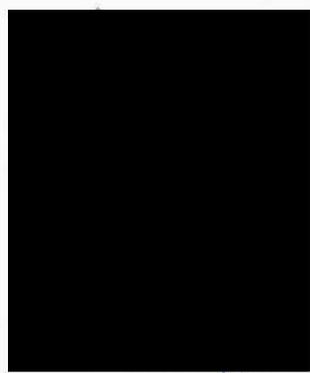
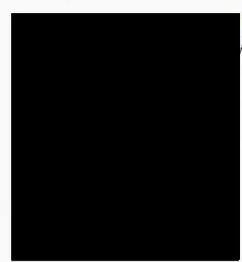
1. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Cimentaciones**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
2. Tamez, E. **Manual de diseño geotécnico Vol. 1**. Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, México, agosto 1987.
3. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
4. Tamez, E. **Ingeniería de Cimentaciones**, Ed. tgc geotecnia 2001.
5. Zeevaert L. **Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions**. Van Nostrand Reinhold 2ª.
6. Rico. Del Castillo, **La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Vol. II**, Ed. Limusa, México 2009.

PARA USO EXCLUSIVO
INTEGRAL DE LA "COM
TRANSPORTE S
QUIROGA A M
CABLEBÚS
PÚBLICO

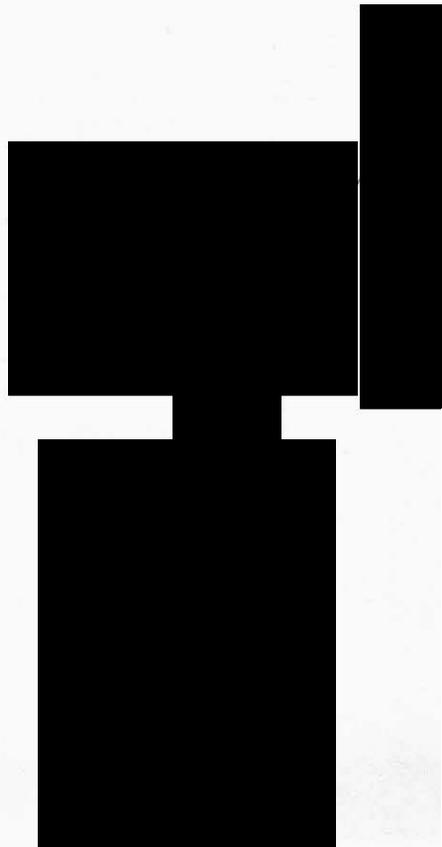


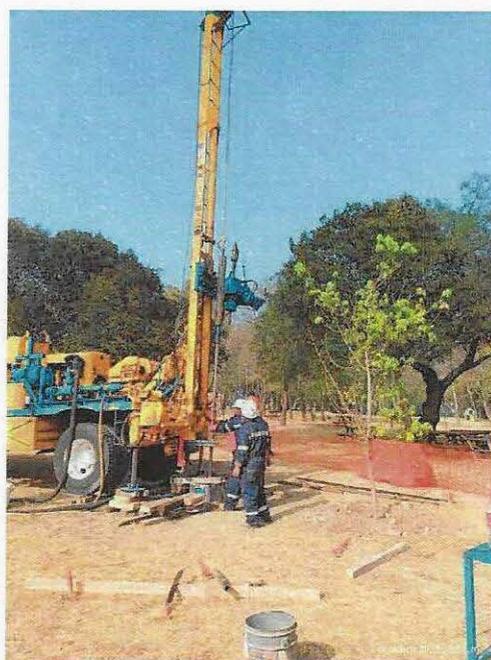
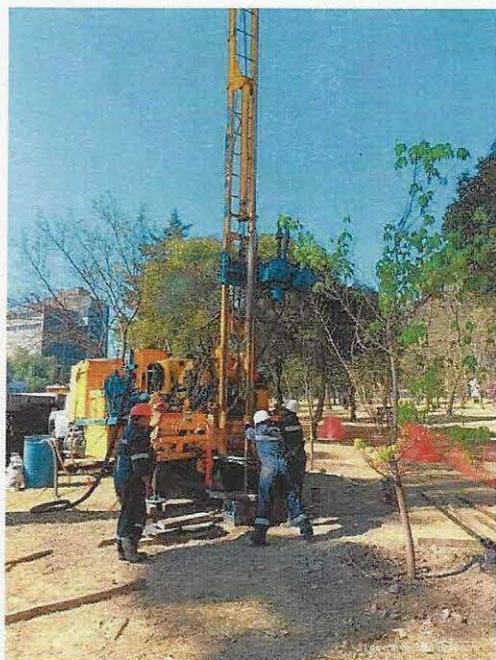


PARA US
INTEGR
TR
QU
CABLEB
PÚBLICO



10. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA





Fotografías 11 y 12. Ejecución del sondeo de penetración estándar, SPT-1, T-31.



Fotografías 13 y 14. Muestras alteradas recuperadas en el sondeo SPT-1, T-31.

11. ANEXO 2. PERFIL DE SONDEOS

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

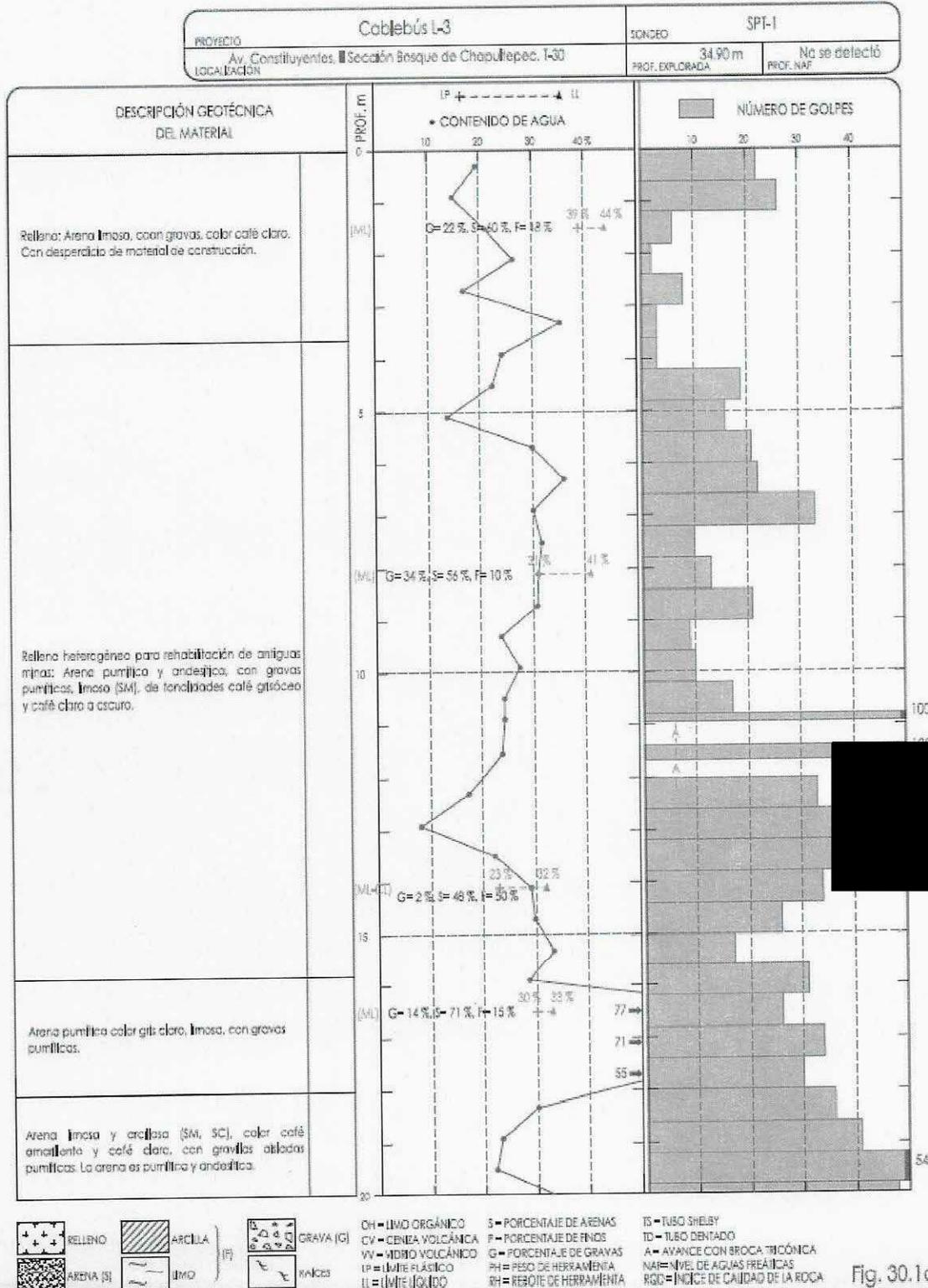


Fig. 30.1a

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

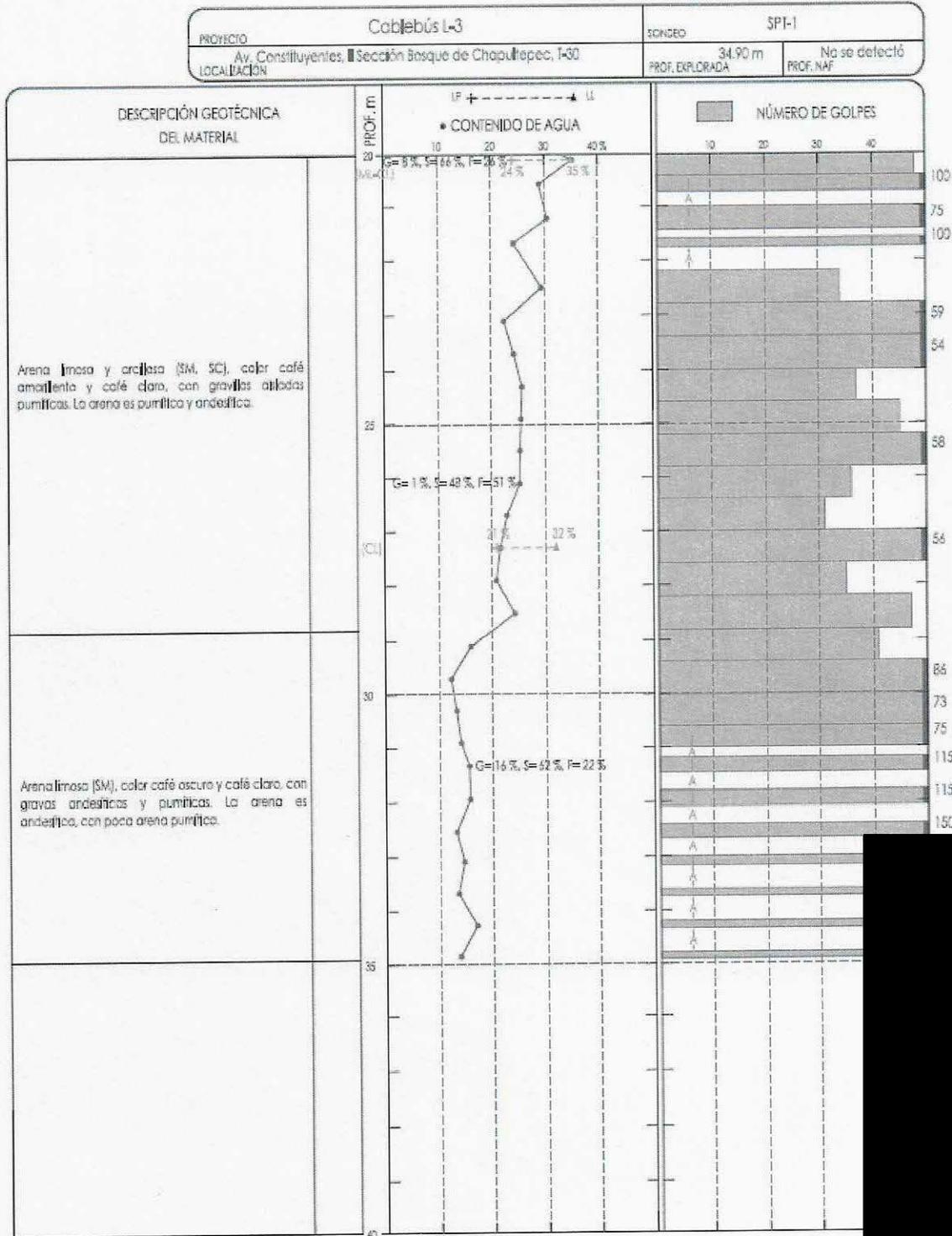


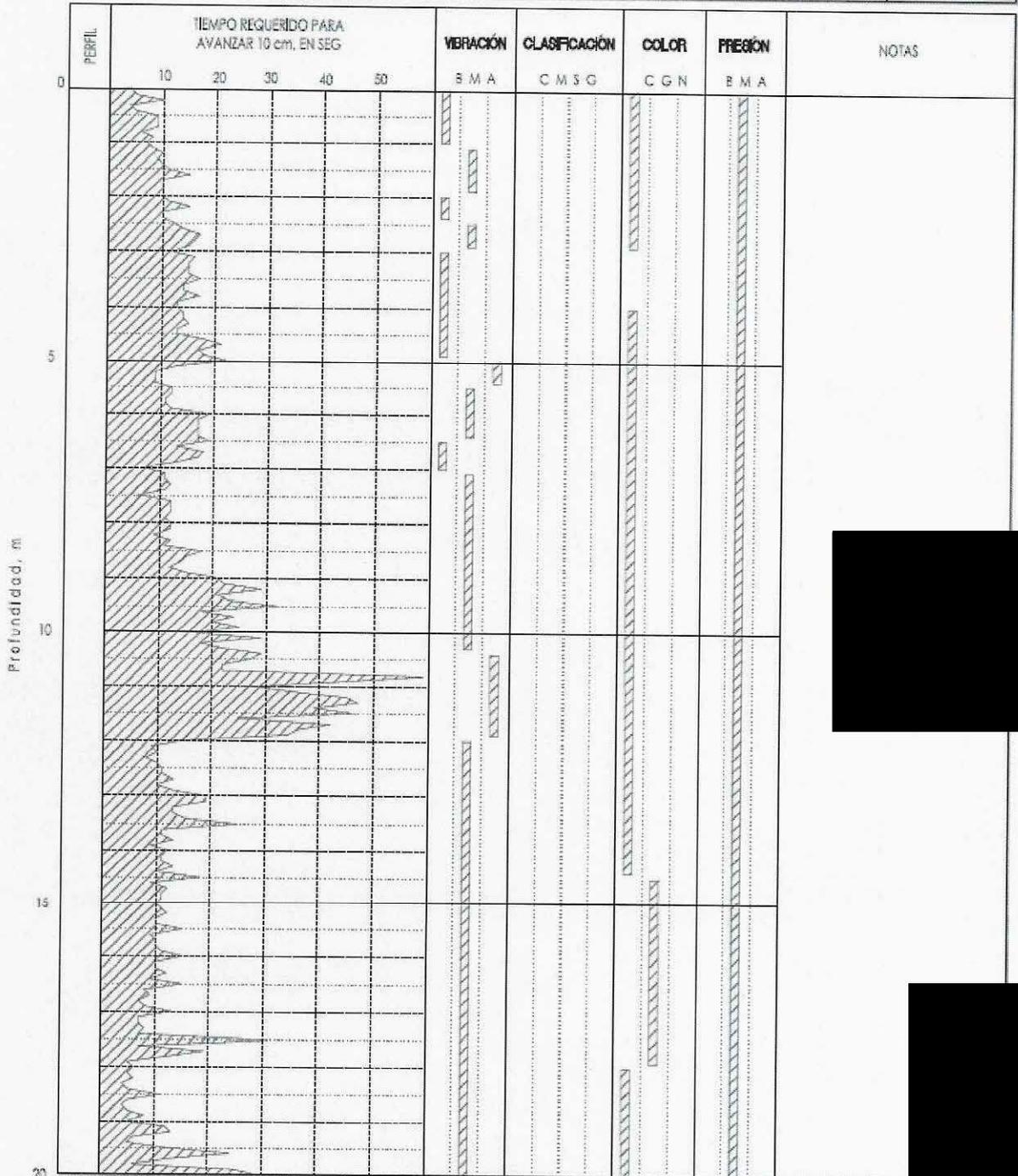
Fig. 30.1b

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E5E6-T31-001=R00

Revisión 0 – Marzo/2023

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Jacob Suárez / Brian M.	EQUIPO	MOBIL
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, II Sección Bosque de Chapultepec, E-5	FECHA	11/02/2023	SONDEO	8AC-1



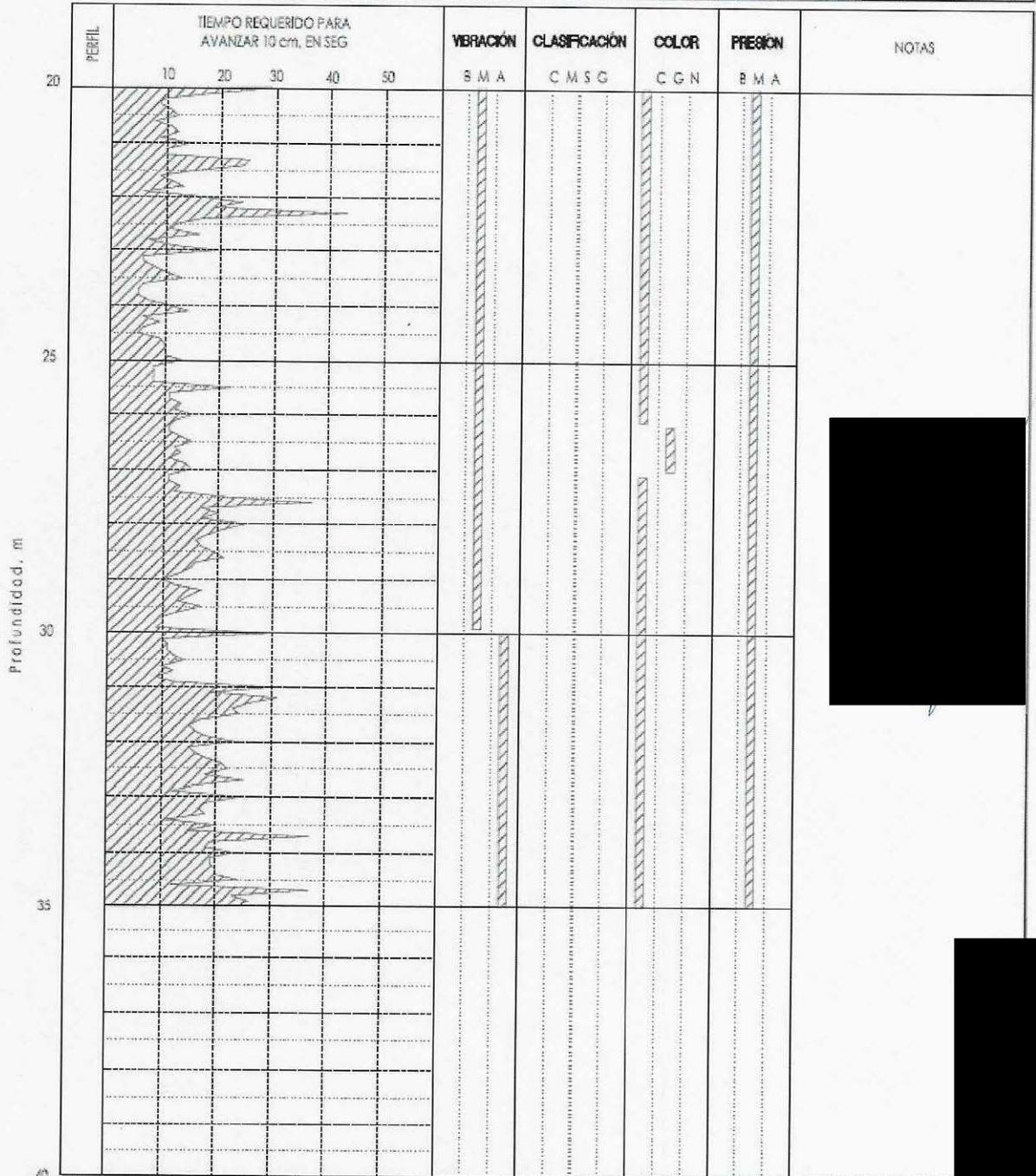
RELIEVO	ARENA (A)	VIBRACIÓN/PRESIÓN B BAJA M MEDIA A ALTA	COLOR C CAFÉ	CLASIFICACIÓN C ARCILLA M LIMO S ARENA G GRAVA
ARCILLA (C)	GRAVA (G)		G GRIS	
LIMO (M)			N NEGRO	

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T31-001=R00

Revisión 0 – Marzo/2023

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Jacob Suárez / Brian M.	EQUIPO	MOBIL
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, II Sección Bosque de Chapultepec, E-5	FECHA	11/02/2023	SONDEO	SAC-1



	RELLENO		ARENA (A)	VIBRACIÓN/PRESIÓN	COLOR	CLASIFICACIÓN
	ARCILLA (C)		GRAVA (G)	S BAJA	C CAFÉ	C ARCILLA
	LIMO (M)			M MEDIA	G GRIS	M LIMO
				A ALTA	N NEGRO	S ARENA
						G GRAVA

Fig

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Edilberto Cárlica	EQUIPO	MOBIL
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, I Sección Bosque de Chapultepec, E-5	FECHA	06/02/2023	SONDEO	SAC- 2

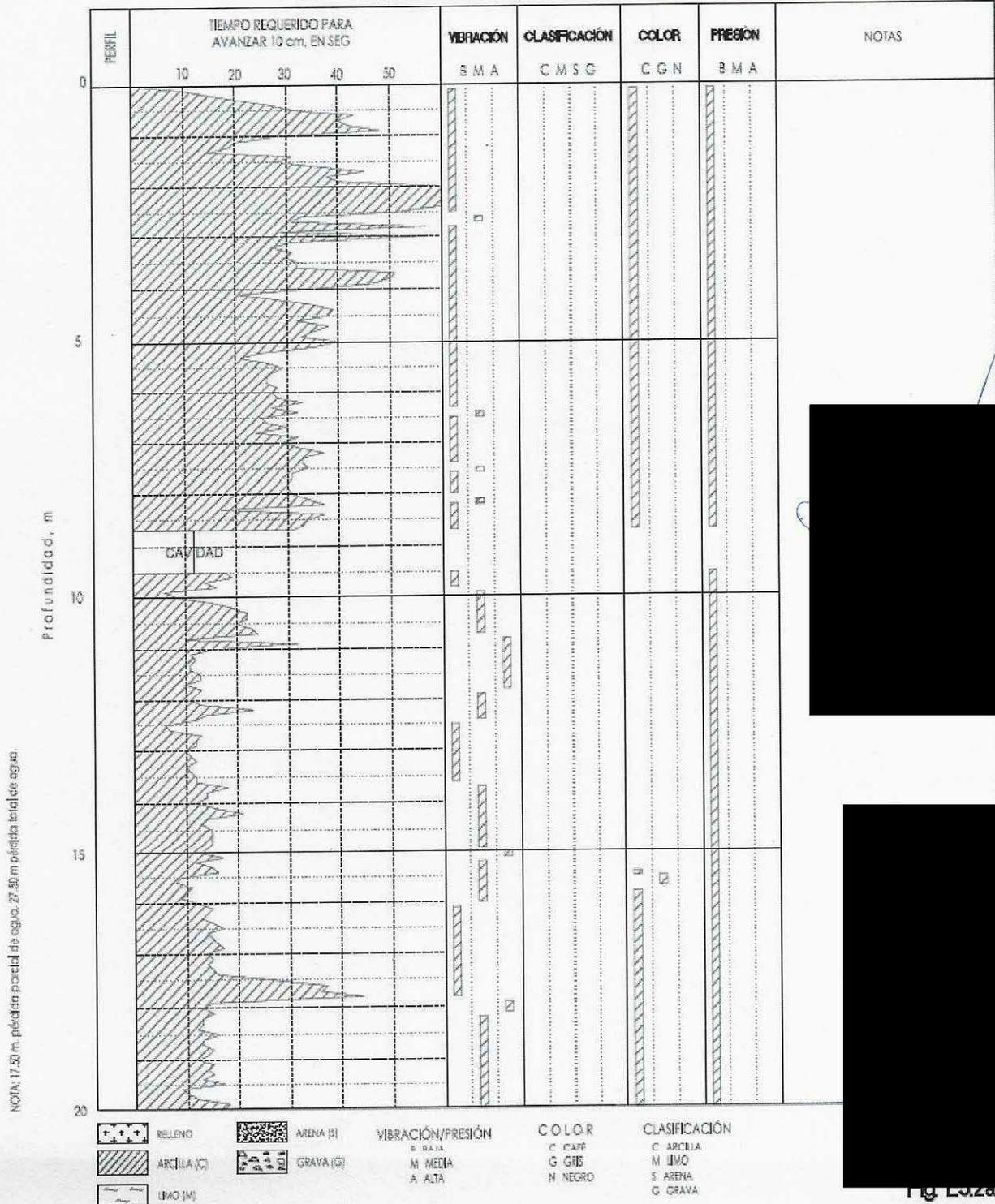


Fig. E3.2a

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Edilberto Gatica	GRUPO	MOBIL
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, II Sección Bosque de Chapultepec, E-5	FECHA	06/02/2023	SONDEO	BAC-2

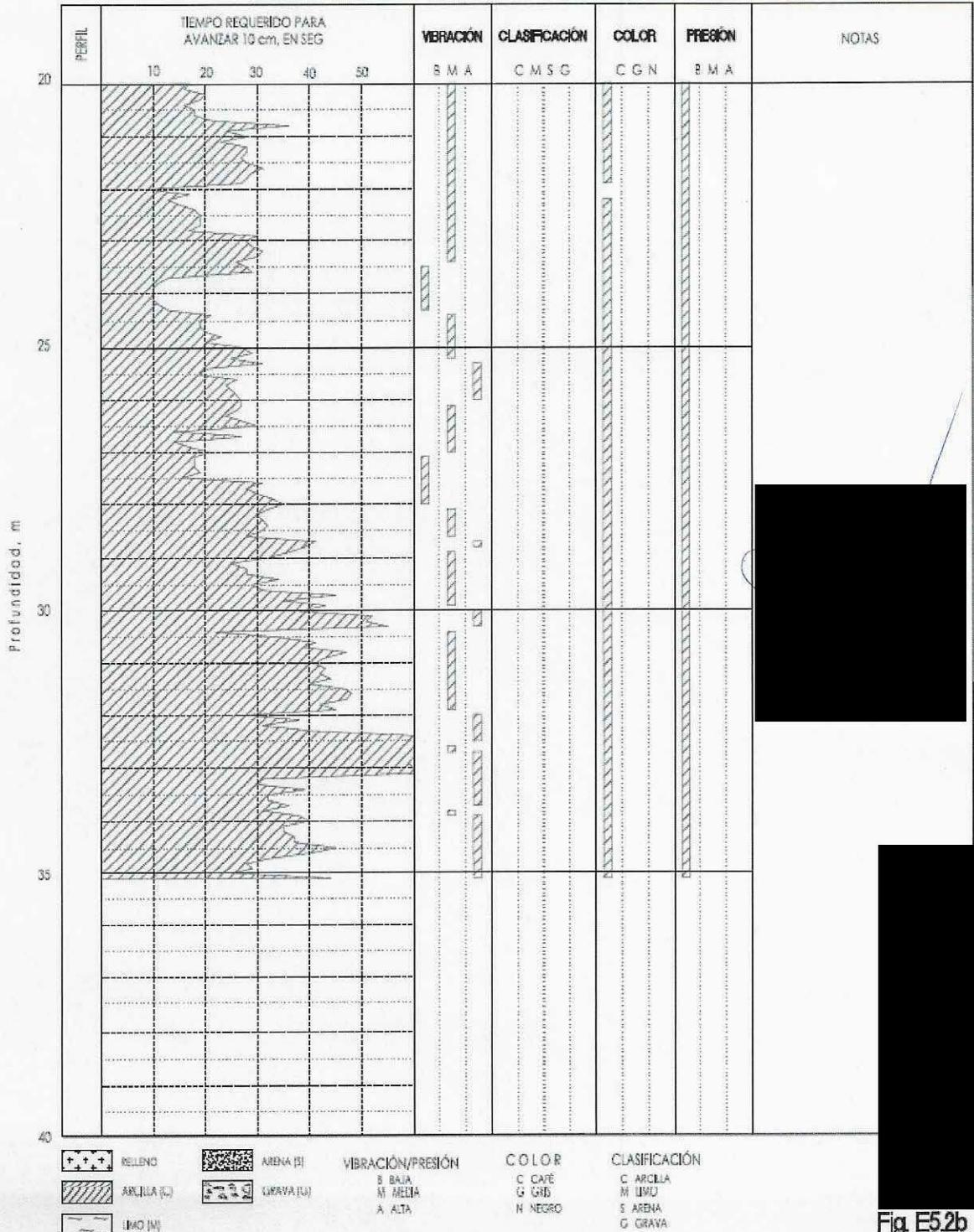
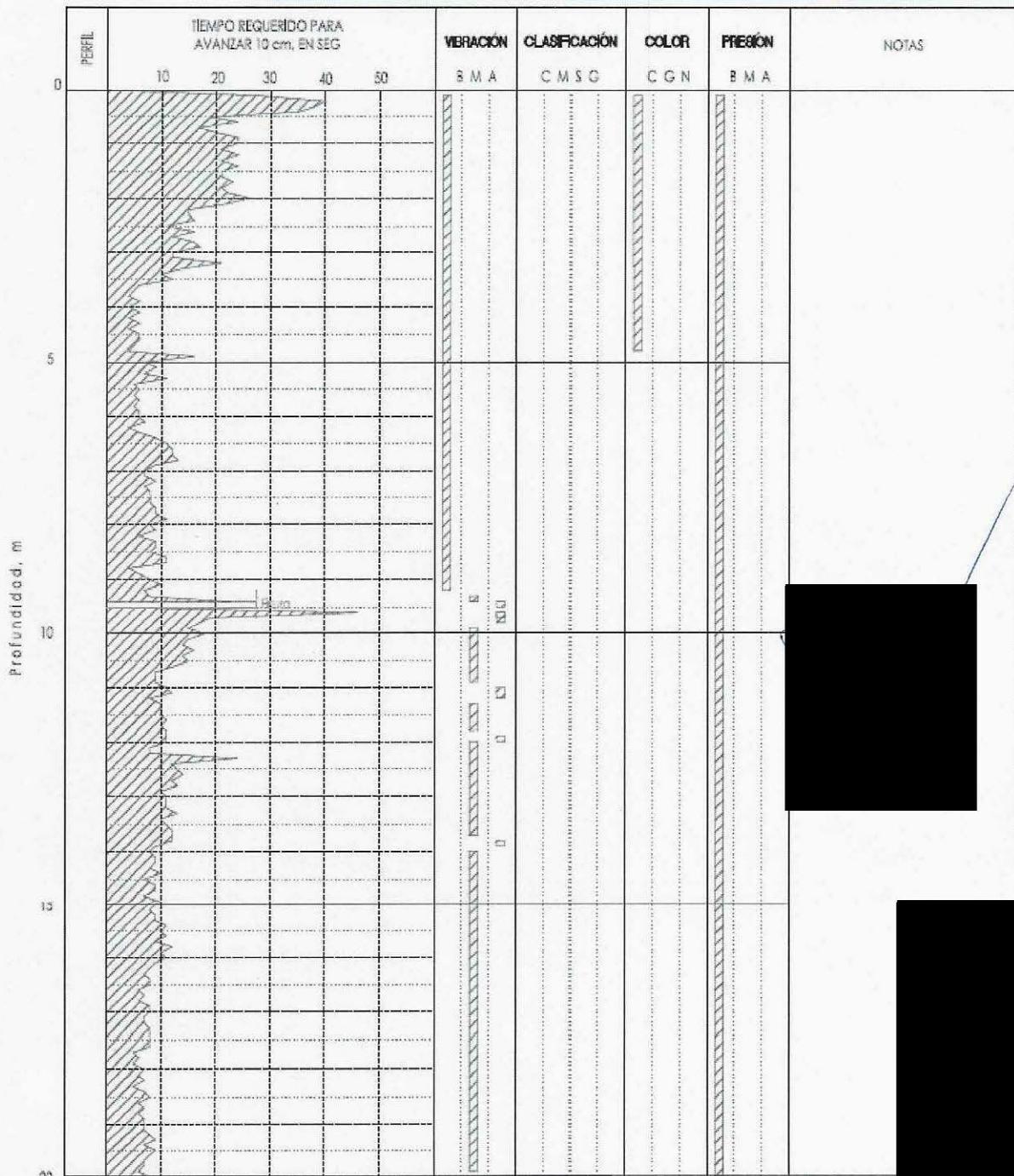


Fig E5.2b

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

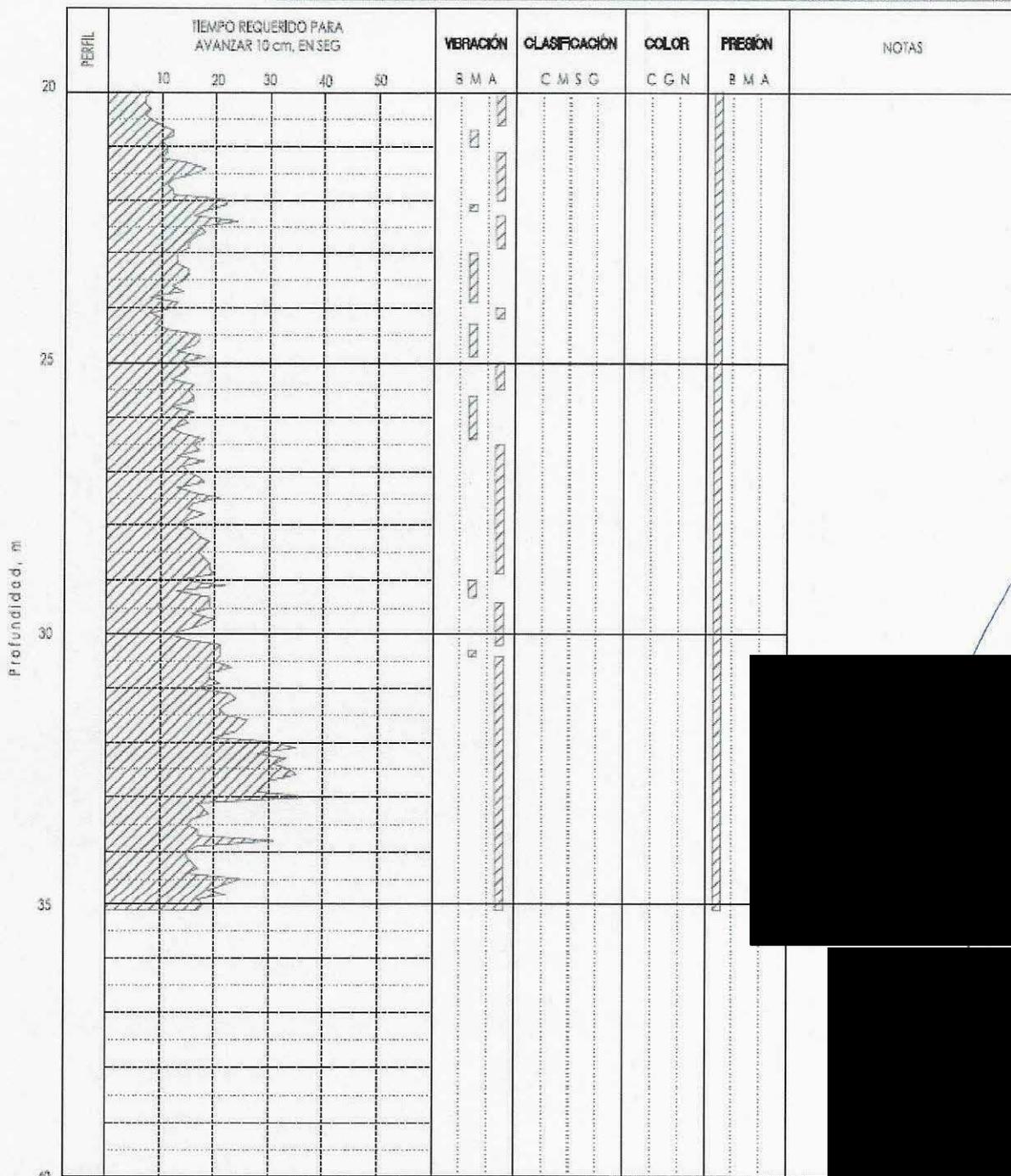
OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Edilberto Gatica	EQUIPO	MOBIL
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, | Sección Bosque de Chapultepec, E-5	FECHA	06/02/2023	SONDEO	SM-1



RELLENO	ARENA (S)	VIBRACIÓN/PRESIÓN B BAJA M MEDIA A ALTA	COLOR C CLAY G GRIS N NEGRO	CLASIFICACIÓN C ARCILLA M LIMO S ARENA G GRAYA
ARCILLA (C)	GRAVA (G)			
LIMO (M)				

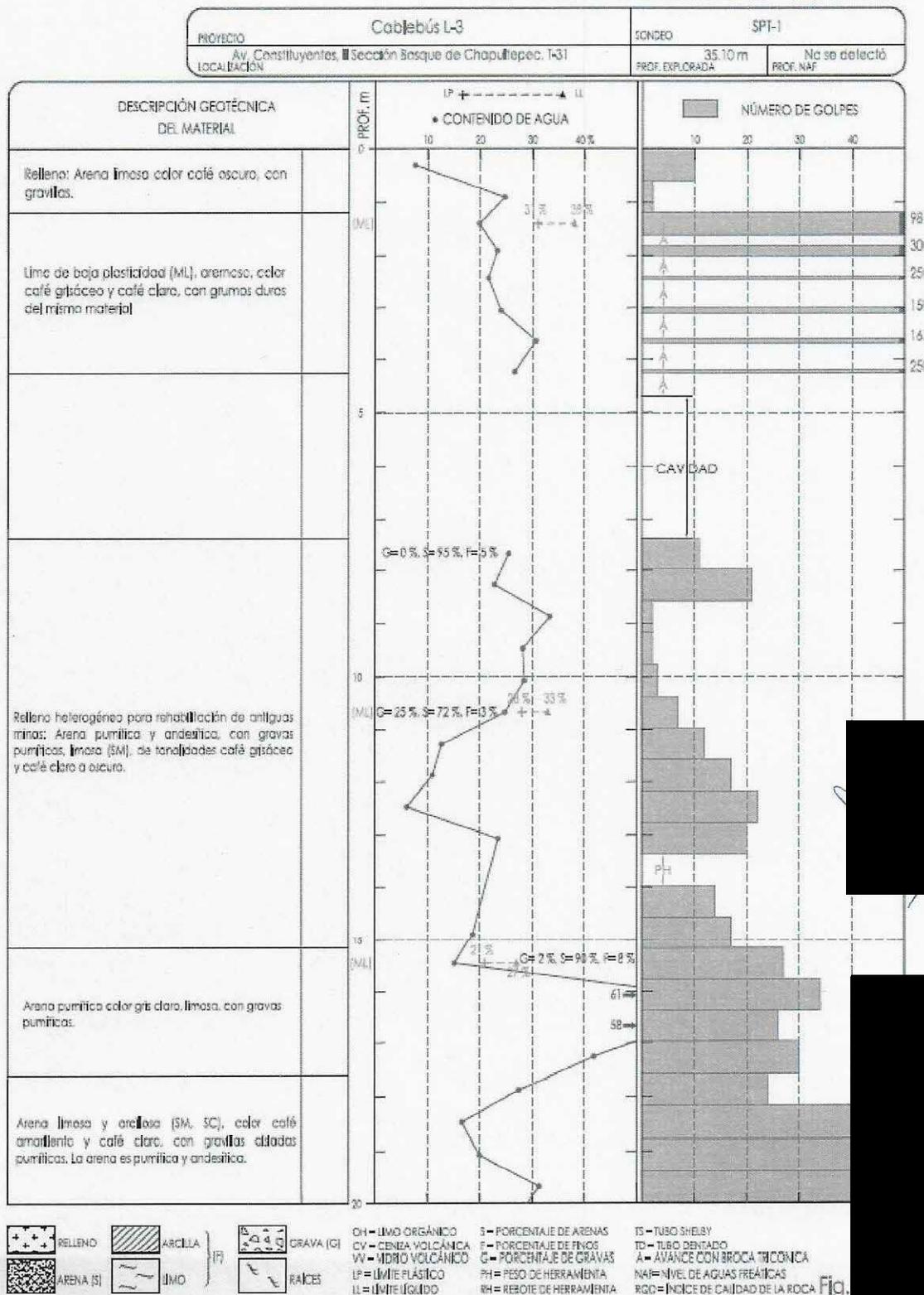
SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Ediberto Gatica	EQUIPO	MOBIL
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, II Sección Bosque de Chapultepec, E-5	FECHA	06/02/2023	SONDEO	SM-1

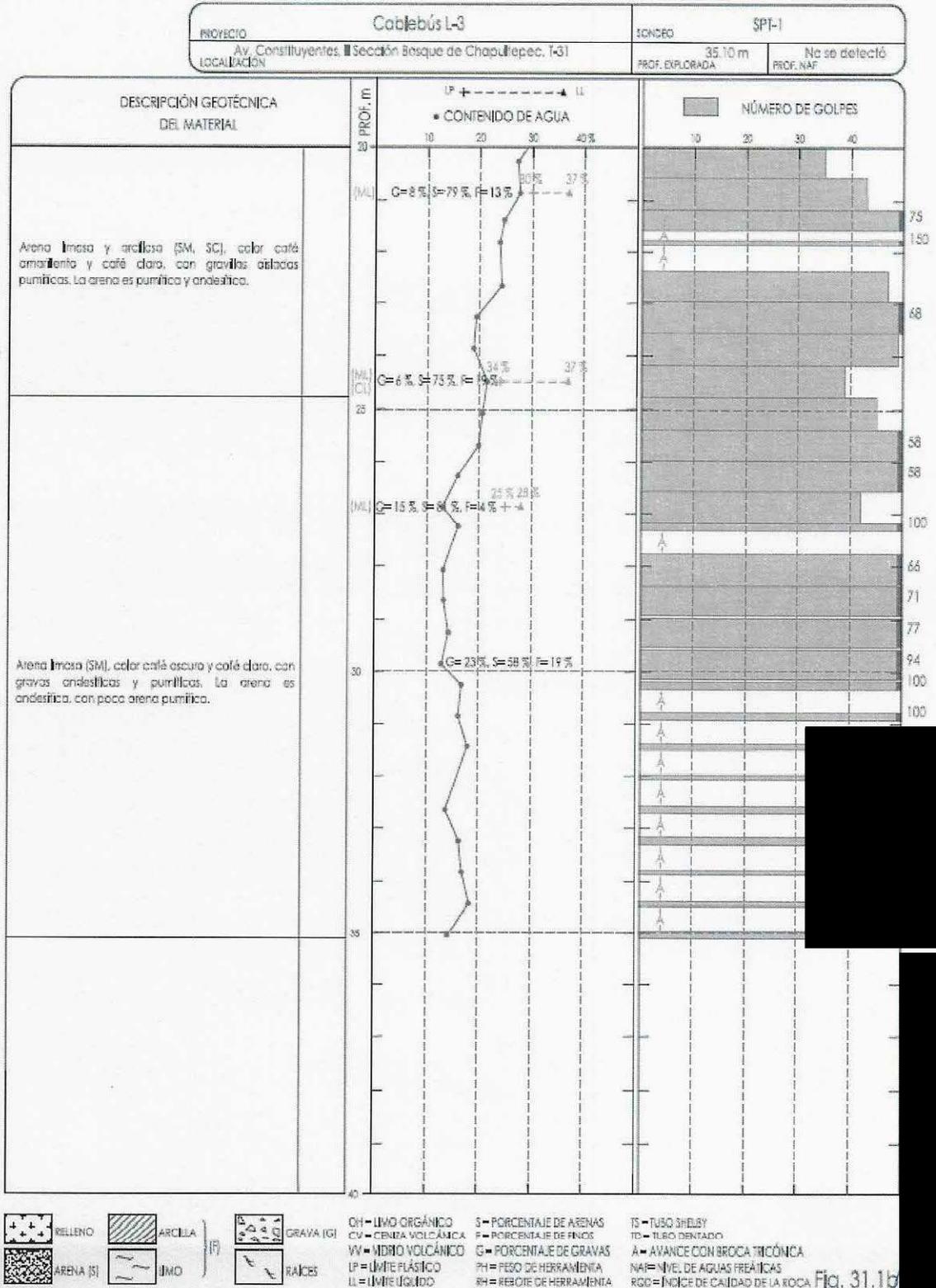


RELLENO	ARENA (S)	VIBRACIÓN/PRESIÓN B BAJA M MEDIA A ALTA	COLOR C CAFE G GRIS N NEGRO	CLASIFICACIÓN C ARCILLA M LIMO S ARENA G GRAVA
ARCILLA (C)	GRAVA (G)			
LIMO (M)				

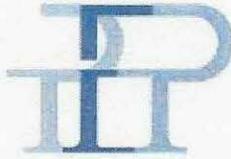
SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR



SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR



12. ANEXO 3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO



PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Dueros Salinas No. 81
Santa Martha Acatitla Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • [Redacted]

Clasificación visual y al tacto

Referencia: MDS311A Fecha: 25-feb-2023 Número: 001

Cliente: [Redacted]
Dirección: [Redacted]
Proyecto: Cablebús Constituyentes
Ubicación: Torre 31
Alcance: [Redacted]

Fecha de muestreo:	Muestreada en:	Procedencia:	Tipo de material:	Para ser empleado en:	Número de Sondas
Dato no proporcionado	**				

No. Muestra	Profundidad (m)		Clasificación
	de	a	
1	0	0.8	Limo arenoso con grava color café oscuro
2	0.80	1.20	Limo arenoso con grava color café oscuro
3	1.20	1.60	Limo con arena color café claro
4	1.60	2.00	Limo arenoso color café claro
5	2.40	2.48	Limo arenoso color café claro
6	3.00	3.10	Limo arenoso color café claro
7	3.60	3.69	Arcilla limosa color café claro
8	4.20	4.28	Limo arenoso color café claro
9	7.37	7.97	Arcilla limosa color café claro
10	7.97	8.67	Arcilla arenosa color café oscuro
11	8.67	9.17	Arcilla arcillosa color café oscuro
12	9.17	9.77	Arcilla arenosa color café claro
13	9.77	10.37	Arcilla arcillosa color café oscuro
14	10.37	10.37	Arcilla limosa con grava color café
15	10.97	11.57	Arcilla arenosa color café claro
16	11.57	12.17	Arcilla arcillosa color café oscuro
17	12.17	12.77	Grava con arena color gris oscuro
18	12.77	13.77	Grava con arena color café claro
19	14.57	15.17	Arcilla color café claro
20	15.17	15.77	Arcilla limosa con gravas pumiceas color café claro
21	15.77	16.37	Arcilla pumicea color gris claro
22	16.37	16.97	Arcilla pumicea color gris claro
23	16.97	17.57	Arcilla pumicea color gris claro
24	17.57	18.17	Arcilla arenosa color café claro
25	18.17	18.77	Arcilla arenosa color café oscuro
26	18.77	19.37	Arcilla color café oscuro
27	19.37	19.97	Arcilla color café claro
28	19.97	20.57	Arcilla color café claro
29	20.57	21.17	Arcilla limosa color café
30	21.17	21.57	Arcilla color café claro
31	21.77	21.97	Arcilla arcillosa color café oscuro
32	22.37	22.97	Arcilla color café claro
33	22.97	23.57	Arcilla color café claro
34	23.57	24.17	Arcilla color café claro
35	24.17	24.77	Arcilla limosa color café
36	24.77	25.37	Arcilla arenosa color café claro
37	25.37	25.97	Arcilla color café claro
38	25.97	26.57	Arcilla arenosa color café claro
39	26.57	27.17	Arcilla pumicea limosa color gris
40	27.17	27.97	Arcilla con grava color café oscuro



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MEMBERO INSTITUCIONAL



ENCE MÉXICO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORÍA
Registro No. 7679



PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duchs Saínas No. 81
Santa Martha Acapulca Norte. Ciudad de México C.P. 09140
(01-55) 5753-2766 • 5758-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepsuels@prodigy.net.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MEMBER INSTITUTIONAL



CIMEC MEXICANO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORÍA
Registro No. 7079



Instituto de Vivienda
de Ciudad Juárez

Informe de contenido de agua de material térreo

Referencia: MS2317# Fecha de informe: 24-feb-2023 Número de Info me: C01

Cliente: [Redacted]

Dirección: [Redacted]

Proyecto: Cobertizo Constituyentes.

Ubicación: Torre 31

Atm: [Redacted]

Fecha de muestreo	Fecha de recepción de muestra	Fecha de ensayo	Número de muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Masa del recipiente + muestra húmeda, en g (W1)	77.32	114.03	130.38	96.91	76.96	122.98	113.44	97.64	134.10	118.34	134.10	112.31	99.73
Masa del recipiente + muestra seca, en g (W2)	74.30	96.33	138.58	83.68	69.37	103.31	97.45	73.70	112.31	99.73	112.31	21.79	15.61
Masa del agua, en g (Ww)	3.02	15.67	20.80	13.23	7.59	19.67	15.98	13.84	21.79	15.61	21.79	26.95	25.94
Masa del recipiente, en g (W1)	34.85	34.94	54.89	26.83	34.31	21.39	45.34	21.38	26.95	25.94	26.95	85.35	72.79
W2 - Masa del recipiente, en g (W2)	39.65	63.35	134.59	56.85	35.06	81.92	52.11	52.32	85.35	72.79	85.35	25.5	23.8
Contenido de agua, en % (W)	7.6	24.7	19.9	23.3	28.6	24.0	30.7	26.6	25.5	23.8	26.6	25.5	23.8

Observaciones: Profundidad: (Muestra 1) de 0.00 a 0.60, (muestra 2) de 0.60 a 1.20, (muestra 3) de 1.20 a 1.80, (muestra 4) de 1.80 a 2.40, (muestra 5) de 2.40 a 3.00, (muestra 6) de 3.00 a 3.60, (muestra 7) de 3.60 a 4.20, (muestra 8) de 4.20 a 4.80, (muestra 9) de 4.80 a 5.40, (muestra 10) de 5.40 a 6.00.

Cliente: [Redacted]

Realizó muestreo: [Redacted]

Los resultados reportados aplican únicamente las muestras analizadas.
Prohibida la reproducción de este documento.

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T31-001=R00

Revisión 0 – Marzo/2023

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Dueros Salinas No. 81
Santa Martha Acatilla Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepsuels@prodigy.net.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MEMBER INSTITUTIONAL



CMPC MEXICO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORIA
Registro No. 1679



Instituto de Ingeniería
de la UNAM

Informe de contenido de agua de material térreo

Referencia: MS2301A Fecha de informe: 24-feb-2023 Número de informe: 001

Cliente: [Redacted]

Dirección: [Redacted]

Proyecto: Cablebús Constituyentes.

Ubicación: Torre 31.

Ay't: [Redacted]

Fecha de muestreo	Fecha de recepción de muestra	Fecha de ensayo	Muestra	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
13-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023
17-feb-2023	17-feb-2023	17-feb-2023	17-feb-2023	17-feb-2023	17-feb-2023	17-feb-2023	17-feb-2023	17-feb-2023	17-feb-2023	17-feb-2023	17-feb-2023	17-feb-2023	17-feb-2023
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
86.33	124.16	65.38	163.06	142.35	75.08	78.04	62.06	64.33	145.81				
73.37	105.74	56.88	135.65	130.23	70.30	75.13	53.68	57.53	131.15				
12.96	17.42	8.50	27.41	12.12	4.78	2.91	8.38	6.80	14.66				
34.53	44.87	27.10	25.28	35.21	26.91	27.27	18.05	21.07	34.79				
38.84	51.87	29.78	110.37	95.02	43.39	47.86	35.63	36.46	96.36				
33.4	28.2	28.5	24.8	12.8	11.0	6.1	23.5	18.7	15.2				

Observaciones: Profundidad: (Muestra 11) de 6.57 a 9.17, (muestra 12) de 9.17 a 9.77, (muestra 13) de 9.77 a 10.37, (muestra 14) de 10.37 a 10.97, (muestra 15) de 10.97 a 11.57, (muestra 16) de 11.57 a 12.17, (muestra 17) de 12.17 a 12.77, (muestra 18) de 12.77 a 13.37, (muestra 19) de 14.57 a 15.17, (muestra 20) de 15.17 a 15.77.

Rea: [Redacted]

Con resultados expresados
Procedida a reproducción

PEP-FGEC-18-43-00

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E5E6-T31-001=R00

Revisión 0 – Marzo/2023

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Dueros Salinas No. 8J
Santa Martha Acatitla Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingeneria.com • pepsueto@prodigy.net.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MEMBER INSTITUTIONAL



CNFC MEXICO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORÍA
REGISTRO NO. 7078



Informe de contenido de agua de material térreo

Referencia: MS2311A Fecha de informe: 24-feb-2023 Número de informe: 001

Cliente: [Redacted]

Dirección: [Redacted]

Proyecto: Cabilibus Consultantías.

Ubicación: Torre 31.

Alt: [Redacted]

Fecha de muestra	Dato no preparado									
Fecha de recepción de muestra	13-feb-2023									
Fecha de ensayo	17-feb-2023									
Número de muestra	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Masa del recipiente + muestra húmeda, en g (W1)	114.83	86.65	92.28	119.88	139.12	102.70	132.23	120.19	157.53	137.41
Masa del recipiente + muestra seca, en g (W2)	79.15	82.70	71.30	99.91	124.18	93.25	108.89	104.40	129.36	118.97
Masa del agua, en g (Ww)	35.68	23.95	20.98	19.97	14.94	9.45	23.34	15.79	28.17	18.44
Masa del recipiente, en g (Wr)	21.10	21.55	21.12	27.00	34.40	45.97	34.27	46.36	27.25	44.08
W2 - Masa del recipiente, en g (Wes)	58.05	41.15	50.18	72.91	89.78	47.28	74.62	58.04	102.11	74.89
Contenido de agua, en % (W)	61.5	58.2	41.8	27.4	18.6	20.0	31.3	27.2		

Observaciones: Profundidad: (Muestra 21) de 15.77 a 16.37, (muestra 22) de 16.37 a 16.97, (muestra 23) de 16.97 a 17.57, (muestra 24) de 17.57 a 18.17, (muestra 25) de 18.17 a 18.77, (muestra 26) de 18.77 a 19.37, (muestra 27) de 19.37 a 19.97, (muestra 28) de 19.97 a 20.57, (muestra 29) de 20.57 a 21.17, (muestra 30) de 21.17 a 21.77.

Los resultados reportados amparan únicamente la reproducción de este documento. Prohibida la reproducción de este documento.

PEP-FC

Nombre de referencia:
TMS-G-118-CONMXCE/2023 Muestras de estructuras internas y interiores de pa...

Page 3 of 6

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T31-001=R00

Revisión 0 – Marzo/2023

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Dielos Salinas No. 81,
Santa Martha Acatlan Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • jstajueib@pepindia.net.mx



MARCHINI CONCRETE INSTITUTE
MEMBRO INSTITUCIONAL



CINEC MEXICO
MEMBRO DE LA CAMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORIA
Registro No. 7029



Informe de contenido de agua de material térrico

Referencia: M5231/A Fecha de informe: 24-feb-2023 Número de informe: 001

Cliente: [Redacted]

Dirección: [Redacted]

Proyecto: Cablebús Corralayentla

Ubicación: Torre 31

A/n: [Redacted]

Fecha de muestreo	Datos prospectados		Datos no prospectados		Datos no prospectados		Datos no prospectados		Datos no prospectados		Datos no prospectados	
	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023
Fecha de recepción de muestra	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023
Fecha de ensayo	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023	13-feb-2023	17-feb-2023
Número de muestra	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40		
Masa del recipiente + muestra húmeda, en g. (W1)	108.89	131.19	127.63	109.53	125.60	77.27	80.90	72.49	123.83	80.78		
Masa del recipiente + muestra seca, en g. (W2)	93.20	114.89	114.12	98.38	107.15	67.22	70.55	65.09	111.95	72.18		
Masa del agua, en g. (Ww)	15.69	16.50	13.51	13.15	18.45	10.05	10.35	7.40	11.87	8.60		
Masa del recipiente, en g. (W0)	27.10	46.54	44.53	28.68	21.45	18.41	19.41	18.88	21.29	18.75		
W2 - Masa del recipiente, en g. (W0)	66.02	68.15	69.59	59.70	85.70	48.81	52.14	46.11	90.67	53.43		
Contenido de agua, en % (W)	23.8	24.2	19.4	18.9	21.5	20.6	19.9					

Observaciones: Profundidad: (Muestra 31) de 21.77 a 21.87 (muestra 32) de 22.37 a 22.97 (muestra 33) de 22.87 a 23.57 (muestras 34) de 23.57 a 24.17 (muestras 35) de 24.17 a 24.77 (muestras 36) de 25.37 a 25.97 (muestras 37) de 26.57 a 26.97 (muestras 38) de 27.17 a 27.37 (muestras 39) de 27.37 a 27.47 (muestras 40) de 27.17 a 27.37

Cliente: [Redacted]

Con fecha: [Redacted]

Revisión: [Redacted]

PEP-PCP [Redacted]

Fig. 4 de 6

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T31-001=R00

Revisión 0 – Marzo/2023

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclós Salinas No. 81
Santa Martha Acapulca Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepsuelo@prodigy.net.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MEMBER INSTITUTIONAL



CNEC MEXICO
MEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORÍA
Registro No. 7079



Informe de contenido de agua de material térreo

Referencia: M5231VA Fecha de Informe: 24-feb-2023 Número de Informe: 001

Cliente: [Redacted]

Dirección: [Redacted]

Proyecto: Cielitas Constituyentes.

Ubicación: Torre 31.

At n: [Redacted]

Fecha de muestreo	Dato no proporcionado								
Fecha de recepción de muestra	13-feb-2023								
Fecha de ensayo	17-feb-2023								
Número de muestra	41	42	43	44	45	46	47	48	49
Masa del recipiente + muestra húmeda, en g (W1)	104.79	97.09	72.88	173.27	93.60	99.47	75.01	80.94	65.94
Masa del recipiente + muestra seca, en g (W2)	94.75	87.94	65.45	157.41	82.90	89.47	66.54	73.23	61.62
Masa del agua, en g (Ww)	10.04	9.15	6.63	15.86	10.80	10.00	8.47	7.71	4.32
Masa del recipiente, en g (Wr)	18.80	19.02	19.18	34.90	18.55	27.66	19.44	17.40	35.29
W2 - Masa del recipiente, en g (Wrs)	75.95	68.92	46.27	122.51	64.25	61.81	47.10	56.83	26.33
Contenido de agua, en % (W)	13.2	13.3	14.3	12.9	16.8	19.2	18.0	13.8	16.4

Observaciones: Profundidad: (Muestra 41) de 29.37 a 28.92, (muestra 42) de 26.37 a 26.62, (muestra 43) de 26.67 a 29.50, (muestra 44) de 29.67 a 30.12, (muestras 45) de 30.17 a 30.32, (muestra 46) de 30.77 a 31.12, (muestra 47) de 31.37 a 31.49, (muestra 48) de 32.57 a 32.72, (muestras 49) de 33.17 a 33.31 y (muestra 50) de 33.85 a 33.87.

Norma de referencia:
NMX-C-118-CENCODE-2003: Muestreo de estructuras, áreas, áreas y mallas de plancha (C)

Los resultados
Prohibidos a

PEP-FCCE

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T31-001=R00

Revisión 0 – Marzo/2023

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclos Salinas No. 81
Santa Martha Acapulca Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingeneria.com • pepauefo@prodigy.net.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MEMBER INSTITUTIONAL



CNEC MEXICO
MIEMBRO DE LA CAMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORIA
Registro No. 7073



Informe de contenido de agua de material térreo

Referencia: MS23/VA Fecha de informe: 24-feb-2023 Número de informe: 001

Cliente: [Redacted]

Dirección: [Redacted]

Proyecto: Cablebús Constituyentes

Ubicación: Torre 31

Altitud: [Redacted]

Fecha de muestreo	Con el procedimiento	Data de procesamiento	...	...	...	...	...	...	...
13-feb-2023	13-feb-2023	13-feb-2023	...	...	...	...	...	...	...
17-feb-2023	17-feb-2023	17-feb-2023	...	...	...	...	...	...	...
Número de muestra	51	52	...	...	...	...	...	...	...
Masa del recipiente + muestra húmeda, en g (W1)	87.56	100.72	...	...	...	...	...	...	...
Masa del recipiente + muestra seca, en g (W2)	76.72	90.82	...	...	...	...	...	...	...
Masa del agua, en g (WW)	10.84	9.90	...	...	...	...	...	...	...
Masa del recipiente, en g (W)	17.85	22.23	...	...	...	...	...	...	...
W2 - Masa del recipiente, en g (Ws)	58.87	68.69	...	...	...	...	...	...	...
Contenido de agua, en % (W)	18.4	14.3	...	...	...	...	...	...	...

Observaciones Profundidad: (Muestra 51) de 34.37 a 34.47 y (muestra 52) de 34.87 a 35.10.

Los resultados no
Preséntense la negro
PEP-02EC-18-

Normas de referencia:
NMX-C-416-CONOCES-2020 Muestreo de estructuras, técnicas y métodos de prueba

Fin de documento

Pág. 6 de 8

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Dueda Salinas No. 81
Santa Maritza Acuña Nuri, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepavelos@peplog.net.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MEMBER INSTITUTIONAL



CMC MEXICO
MEMBER OF THE CAMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSTRUCCION
Registro No. 2079



Informe de límites de consistencia

Referencia: [Redacted] Fecha: 24-03-2023

Cliente: [Redacted]

Dirección: [Redacted]

Proyecto: Cablebús Consiliayuntas

Ubicación: Torre 31

Afili: [Redacted]

Fecha de muestreo:	Muestreo en:	Procedencia:	Para ser empleado en:	Numero de muestra:
Dato no proporcionado	Dato no proporcionado	Dato no proporcionado	Dato no proporcionado	2 (14)

Método de preparación de la muestra: Humedo () / Seco ()

Determinación del límite líquido mediante procedimiento: "A" Multipunto () / "B" Un punto ()

Ensayo	Valor obtenido	Requisitos de calidad
Límite líquido en %	33	
Límite plástico en %	28	
Índice plástico en %	5	

Tabla de resultados

Número de golpes: 450

Observaciones: Muestreo realizado por el sitio. Frente a [Redacted] Profundidad: De 10 a 15 cm.

Los resultados obtenidos en este estudio son válidos para el uso que se le da en el proyecto.

Prohibida la reproducción de este documento.

Nombre del cliente: [Redacted]

Nombre del proyecto: [Redacted]

Nombre del sitio: [Redacted]

Nombre del contrato: [Redacted]

Nombre del cliente: [Redacted]

Nombre del proyecto: [Redacted]

Nombre del sitio: [Redacted]

Nombre del contrato: [Redacted]

Procedimiento utilizado: [Redacted]

Fecha de emisión: [Redacted]

Fecha de revisión: [Redacted]

Fecha de aprobación: [Redacted]

Fecha de entrega: [Redacted]

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T31-001=R00

Revisión 0 – Marzo/2023



PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclos Salinas No. 81
Santa María Acuitla Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 - 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepaefo@doppelmayr.com.mx

Informe de límites de consistencia

Referencia: 1623014
 Cliente: [Redacted]
 Dirección: [Redacted]
 Proveedor: Cablebús Constructivas.
 Ubicación: Torre 31.
 Fecha de muestreo: [Redacted]
 Lugar de muestreo: [Redacted]
 Tipo de material: [Redacted]
 Para ser ensayado en: [Redacted]
 Estado del espécimen: [Redacted]
 Número de muestra: 31201
 Fecha: 24 Feb 2023

Método de preparación de la muestra: Húmedo () Seco ()

Determinación del límite líquido mediante procedimiento: "A" Multiguante () "B" Un punto ()

Ensayo	Valor obtenido	Requisitos de calidad
Límite líquido, en %	27	
Límite plástico, en %	21	
Índice plástico, en %	6	

Tabla de resultados

Número de golpes: 100

Observaciones: [Redacted]

Muestreo realizado por: [Redacted]

Profundidad: 06 15.17

Los resultados reportados representan únicamente la muestra presentada en este documento.
 Otros ID: [Redacted]
 MDS-C-143-03-02-0709 Muestreo de estratificación
 MDS-C-143-03-02-0709 Muestreo de estratificación
 MDS-C-143-03-02-0709 Muestreo de estratificación
 MDS-C-143-03-02-0709 Muestreo de estratificación
 MDS-C-143-03-02-0709 Muestreo de estratificación

Instalación de obra: [Redacted]
 REP-PROJ-01, REP-RKS-01, REP-RMS-03, REP-RS-01, REP-RS-02, REP-RS-03, REP-RS-04, REP-RS-05, REP-RS-06, REP-RS-07, REP-RS-08, REP-RS-09, REP-RS-10, REP-RS-11, REP-RS-12, REP-RS-13, REP-RS-14, REP-RS-15, REP-RS-16, REP-RS-17, REP-RS-18, REP-RS-19, REP-RS-20, REP-RS-21, REP-RS-22, REP-RS-23, REP-RS-24, REP-RS-25, REP-RS-26, REP-RS-27, REP-RS-28, REP-RS-29, REP-RS-30, REP-RS-31, REP-RS-32, REP-RS-33, REP-RS-34, REP-RS-35, REP-RS-36, REP-RS-37, REP-RS-38, REP-RS-39, REP-RS-40, REP-RS-41, REP-RS-42, REP-RS-43, REP-RS-44, REP-RS-45, REP-RS-46, REP-RS-47, REP-RS-48, REP-RS-49, REP-RS-50, REP-RS-51, REP-RS-52, REP-RS-53, REP-RS-54, REP-RS-55, REP-RS-56, REP-RS-57, REP-RS-58, REP-RS-59, REP-RS-60, REP-RS-61, REP-RS-62, REP-RS-63, REP-RS-64, REP-RS-65, REP-RS-66, REP-RS-67, REP-RS-68, REP-RS-69, REP-RS-70, REP-RS-71, REP-RS-72, REP-RS-73, REP-RS-74, REP-RS-75, REP-RS-76, REP-RS-77, REP-RS-78, REP-RS-79, REP-RS-80, REP-RS-81, REP-RS-82, REP-RS-83, REP-RS-84, REP-RS-85, REP-RS-86, REP-RS-87, REP-RS-88, REP-RS-89, REP-RS-90, REP-RS-91, REP-RS-92, REP-RS-93, REP-RS-94, REP-RS-95, REP-RS-96, REP-RS-97, REP-RS-98, REP-RS-99, REP-RS-100

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.
Adolfo Ducloux Salinas No. 81
Santa Martha Acuña Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepstudio@providig.net.mx



CHEC MEXICO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORÍA
REGISTRADO 1098



Informe de límites de consistencia

Referencia: M53537/A Fecha: 24-03-2023 Número: 004

Cliente: [Redacted]

Dirección: [Redacted]

Proyecto: Cablebús Condesuyapas

Ubicación: Torre 31

Altura: [Redacted]

Fecha de muestreo en: [Redacted]

Dato no proporcionado	Cargo no proporcionado	Procedencia:	Tipo de material:	Para ser ensayado en:	Número de muestra:
		Dato no proporcionado	Limo de baja consistencia con casca	Cubo no proporcionado	4 (225)



Tabla de resultados

Ensayo	Valor obtenido	Requisitos de calidad
Límite líquido en %	37	[Redacted]
Límite plástico en %	30	[Redacted]
Índice de plasticidad	[Redacted]	[Redacted]

Observaciones:

Muestras real
Fricción:

Los resultados reportados incluyen Ensayos
previos a los reportados de estas características.

Norma de referencia:
NMX-C-419-CAMCOC-2003 Métodos de ensayo
NMX-C-467-CAMCOC-2003 Métodos de muestreo
NMX-C-431-CAMCOC-2002 Torre 30 muestra 934
NMX-C-467-CAMCOC-2018 Límites de consistencia

Procedimientos de ensayo:
PEP INGENIERIA DE SUELOS, S.A. DE C.V. REG. PROFESIONALES
PMP-143-03-07-0340

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclós Salinas No. 81
Santa Martha Acatlán Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingeneria.com • pepstudio@prodigy.net.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTES
MEMBERS INSTITUCIONAL



CENEC MEXICO
MIEMBRO DE LA UNAMANA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORIA
Registro No. 1079



Informe de límites de consistencia

Referencia: VED2019A Fecha: 24-06-2023 Muestra: C22E

Cliente: [REDACTED]

Dirección: [REDACTED]

Proyecto: Casabeus Constituyente.

Ubicación: Torre 31

Alto: [REDACTED]

Fecha de recepción de muestra: [REDACTED]

Dato no proporcionado Dato no proporcionado Dato no proporcionado Dato no proporcionado Dato no proporcionado

Factores de humedad en % Procedencia: Tipo de material: Para ser empleado en: Número de muestra n°:

Dato no proporcionado Dato no proporcionado Línea de alta consistencia (con volú) Dato no proporcionado B (30)

Método de preparación de la muestra: Humedo (✓) Seco () Determinación del límite líquido mediante procedimiento: "A" Multipunto (✓) "B" Un punto ()

Ensayo	Valor obtenido	Requisitos de calidad
Límite líquido, en %	37	
Límite plástico, en %	24	
Índice plástico, en %	13	

Observaciones: Muestra realizada a Profundidad (De 24)

Los resultados obtenidos representan únicamente el estado de la muestra.
Prohíbese la reproducción de este documento.
Fecha de emisión:
NMX-C-416/EN/CCE-2003 Muestras de suelo y otros
NMX-C-416/EN/CCE-2019 Método de preparación de
NMX-C-416/EN/CCE-2002 Termino de muestra líquido y
NMX-C-416/EN/CCE-2016 Límite de consistencia de
Procedimiento utilizado:
PEP-FGEC-01, PEP-FMS-02, PEP-FMS-03, PEP-FMS-05
PEP-FBMO-01-05-00

Página 1 de 1

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Ductos Sainas No. 81
Santo Marida Acafilla Norte, Ciudad de México, C.F. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1 552-9237
www.pepingenieria.com • pepuelo@prodigy.net.mx



AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MEMBRO INSTITUCIONAL



CNEC MEXICO
MEMBRO DE LA CAMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORIA
REGISTRO NO. 3079



Instituto Mexicano
de Estadística y Geografía

Informe de límites de consistencia

Referencia: US2023A
Fecha: 24-03-2023

Cliente: [Redacted]
Dirección: [Redacted]
Proyecto: Cablebús Comaltines
Ubicación: Torre 31
Alt.: [Redacted]

Fecha de entrega en: [Redacted]
Dato no proporcionado

Procedencia: [Redacted]
Dato no proporcionado

Tipo de material: [Redacted]
Para ser empleado en: [Redacted]
Dato no proporcionado

Número de muestra: 5 (38)

Método de preparación de la muestra: Húmedo () Seco ()

Determinación del límite líquido mediante procedimiento: "A" Multipunto () "B" Un punto ()

Húmero de golpes

20.5
29.0
25.5
20.0
27.5
22.0
26.5
28.0
10

Tabla de resultados

Ensayo	Valor obtenido	Requisitos de calidad
Límite líquido, en %	28	
Límite plástico, en %	25	
Índice plástico, en %	4	

Observaciones: Muestra no [Redacted]
Profundidad: [Redacted]

Los resultados representados en esta memoria
Prohibida la reproducción de este documento

Norma de referencia:
NMX-C-419-ONNORCE-2019 (Muestreo de suelos)
NMX-C-419-ONNORCE-2019 (Método de prueba)
NMX-C-421-ONNORCE-2022 (Prueba de muestra en
NMX-C-421-ONNORCE-2019) (Límites de consistencia)

Propietarios de los datos:
PEP-POBOLON, PEYFALSA-02, (RES-PM)-03, (PEP-
PEP-PA)-03-07-08-09

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Duclos Salinas No. 311
Santa María Acaztlá Norte, Ciudad de México, C.P. 06140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4182 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepaundio@prodigy.net.mx



AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS
MEMBER INSTITUTIONAL



CONIC MEXICO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS CONSTRUCTIVAS
Pajaro No. 1079



Informe de composición granular

Referencia: M323146
Fecha: 24/03/2023
Número: 001

Ciudad: [Redacted]
Proyecto: [Redacted]
Ubicación: Torre 31

Al: [Redacted]

Fecha de muestreo: [Redacted]
Tipo de material: [Redacted]
Arma pánamente glóbulos: [Redacted]

Para ser empleado en: [Redacted]
Número de muestra: 1 (R)

Procedencia: [Redacted]
Tipo de material: [Redacted]

Para ser empleado en: [Redacted]
Número de muestra: 1 (R)

Curva granulométrica

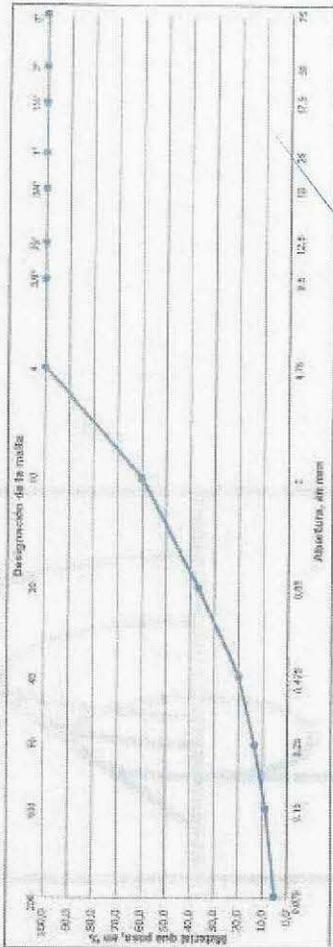


Tabla de resultados

Ensayo	Valor obtenido
Plum, en %	5.2
Argila, en %	84.8
Grava, en %	0.0

Observación: Muestra real: [Redacted]
Profundidad: 0

Los resultados reportados en esta carpeta de datos son el resultado de un análisis de laboratorio realizado en el laboratorio de suelos de la empresa constructora. Los resultados reportados en esta carpeta de datos son el resultado de un análisis de laboratorio realizado en el laboratorio de suelos de la empresa constructora. Los resultados reportados en esta carpeta de datos son el resultado de un análisis de laboratorio realizado en el laboratorio de suelos de la empresa constructora.

Elaborado por: [Redacted]
Revisado por: [Redacted]
PEP-PEED-06-0201

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T31-001=R00

Revisión 0 – Marzo/2023

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adelfo Duclós Saldaña No. 81
Santa Martha Acuña, Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepsof@prodigy.net.mx



Informe de composición granular

Fecha: 24-03-2023

Ciudad: [Redacted]

Dirección: [Redacted]

Proyecto: [Redacted]

Ubicación: Torre 31

Alto: [Redacted]

Fecha de muestreo: [Redacted]

Muestra en: [Redacted]

Dato no proporcionado: [Redacted]

Procedencia: [Redacted]

Dato no proporcionado: [Redacted]

Tipo de material: [Redacted]

Para ser empleado en: [Redacted]

Área patrocina: [Redacted]

Dato no proporcionado: [Redacted]

Numero de muestra: 3 (20)

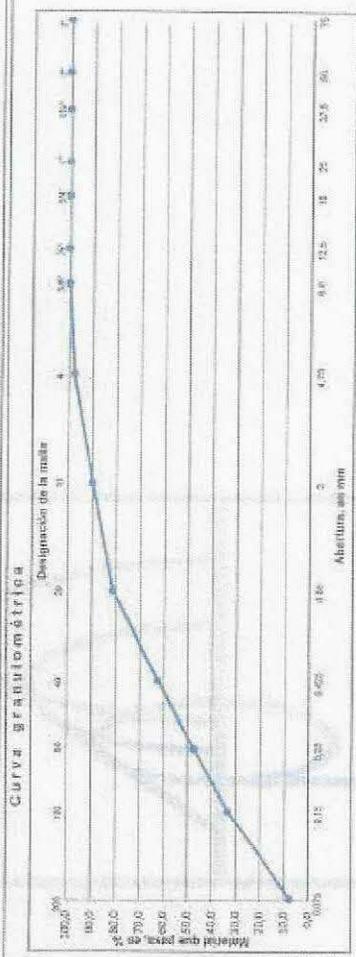


Tabla de resultados

Ensayo	Valor obtenido	Requisitos de calidad
Fines, en %	7.7	[Redacted]
Arco, en %	99.1	[Redacted]
Grava, en %	2.2	[Redacted]

Observaciones: Muestreo realizado por el cliente. Fecha de recepción: 13-03-2023. Escala: 1:100. Fecha de emisión: 24-03-2023.

Los resultados expresados aquí son únicamente para el proyecto mencionado.
Prohibida la reproducción de este documento.
Elaborado por: [Redacted]
Revisado por: [Redacted]
Aprobado por: [Redacted]
Fecha de emisión: 24-03-2023
Fecha de recepción: 13-03-2023
Fecha de muestreo: 24-03-2023
Muestra: [Redacted]
Procedencia: [Redacted]
PEP-INGENIERIA DE SUELOS

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Ducloux Salinas No. 81
Santa Maritza Acauitla Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4102 • 5532-9237
www.pepingeneria.com • pepinfo@prodigy.net.mx



CENIC MEXICO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSULTORÍA
registro No. 7070

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE
MIEMBRO INSTITUCIONAL

Informe de composición granular

Referencia: MS2311A

Número: 1023

Fecha: 24-Feb-2023

Ciudad:

Dirección:

Proyecto:

Ubicación: Torre 31

Alt.: [Redacted]

Fecha de muestreo: [Redacted]

Data no proporcionado

Muestra en: [Redacted]

Data no proporcionado

Precedencia: [Redacted]

Data no proporcionado

Tipo de material: Arena limosa

Para ser empleado en: [Redacted]

Data no proporcionado

Número de muestra: 4(23)

Designación de la muestra	Abertura, en mm	Muestra en: [Redacted]	Material que pasa, en %
3"	75.0	[Redacted]	100.0
2"	50.0	[Redacted]	100.0
1.5"	37.5	[Redacted]	100.0
1"	25.0	[Redacted]	100.0
3/4"	19.0	[Redacted]	100.0
1/2"	12.5	[Redacted]	100.0
3/8"	9.5	[Redacted]	100.0
Nº 4	4.75	[Redacted]	91.9
Nº 10	2.00	[Redacted]	78.8
Nº 20	0.850	[Redacted]	62.7
Nº 40	0.425	[Redacted]	44.1
Nº 80	0.250	[Redacted]	27.0
Nº 100	0.150	[Redacted]	23.7
Nº 200	0.075	[Redacted]	12.5

CURVA GRANULOMÉTRICA

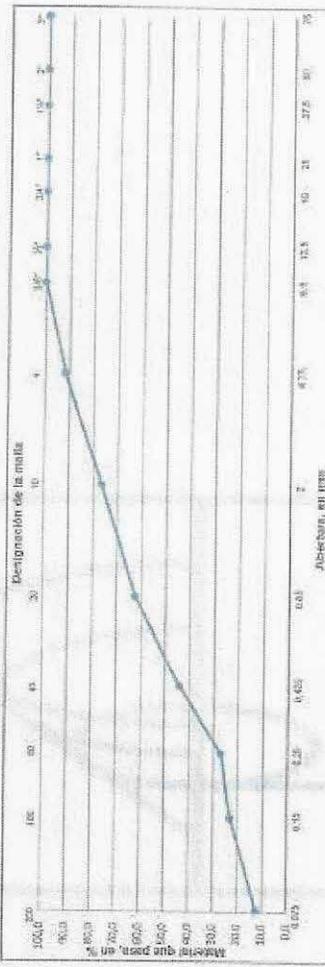


Tabla de resultados

Ensayo	Valor obtenido	Requisitos de calidad
Fines, en %	12.5	[Redacted]
Finos, en %	79.4	[Redacted]
Grava, en %	8.1	[Redacted]

Observaciones: Muestreo realizado por el cliente. Fecha de muestreo: 13-Feb-2023. Profundidad: De 20.57 a 21.17.

Los resultados reportados representan únicamente la muestra ensayada.
 No está representativa de todo el lote.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2000.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2001.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2002.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2003.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2004.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2005.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2006.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2007.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2008.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2009.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2010.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2011.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2012.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2013.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2014.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2015.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2016.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2017.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2018.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2019.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2020.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2021.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2022.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2023.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2024.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2025.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2026.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2027.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2028.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2029.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2030.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2031.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2032.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2033.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2034.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2035.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2036.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2037.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2038.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2039.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2040.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2041.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2042.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2043.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2044.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2045.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2046.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2047.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2048.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2049.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2050.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2051.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2052.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2053.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2054.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2055.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2056.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2057.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2058.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2059.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2060.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2061.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2062.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2063.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2064.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2065.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2066.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2067.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2068.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2069.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2070.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2071.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2072.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2073.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2074.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2075.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2076.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2077.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2078.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2079.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2080.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2081.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2082.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2083.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2084.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2085.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2086.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2087.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2088.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2089.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2090.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2091.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2092.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2093.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2094.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2095.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2096.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2097.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2098.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2099.
 No está de acuerdo con el estándar ASTM D 2100.

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Ducoles Salinas No. 81
Santo Martín Acuña Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2766 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingeneria.com • pepsaul@prodigy.net.mx



CIME-MEXICO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE INGENIERÍA
Regimen No. 7076

Informe de composición granular

Referencia: MSC24/CA
 Cliente: [Redacted]
 Dirección: [Redacted]
 Proyecto: Control de Calidad
 Ubicación: Torre 31
 AT: [Redacted]
 Fecha de muestreo: [Redacted]
 Muestreado en: [Redacted]
 Dato no proporcionado: Dato no proporcionado
 Procedencia: Dato no proporcionado
 Tipo de material: Arena para pavimentos granulares
 Para ser empleado en: Dato no proporcionado
 Número de muestras: 6 (3g)

Designación de la malla	Abertura, en mm	Material que pasa, en %
3"	75.0	100.0
2"	50.0	100.0
1 1/2"	37.5	100.0
1"	25.0	100.0
3/4"	19.0	100.0
1/2"	12.5	100.0
3/8"	9.5	100.0
Nº 4	4.75	84.6
Nº 10	2.00	67.2
Nº 20	0.850	66.3
Nº 40	0.425	39.1
Nº 60	0.250	16.9
Nº 100	0.150	7.9
Nº 200	0.075	4.2

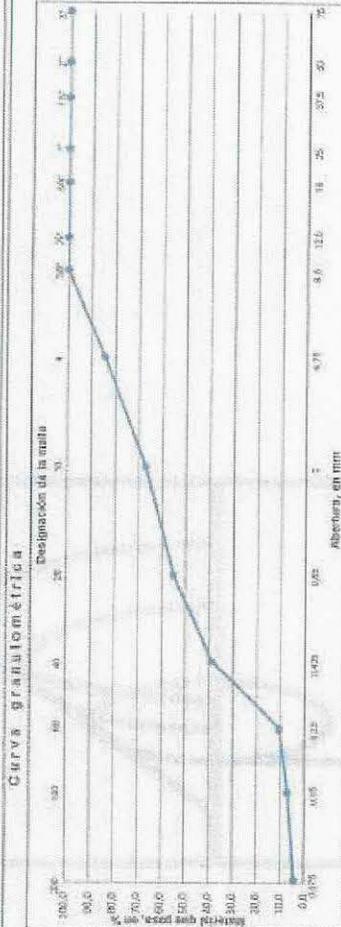


Tabla de resultados

Ensayo	Valor obtenido	Requisitos de calidad
Fines, en %	4.2	
Aren. en %	80.4	
Grava, en %	15.6	

Muestras recibidas por el cliente: Fecha de recepción: 13-Feb-2023
 Procedencia: De 26.57 a 27.17

Los resultados reportados aplican únicamente a las muestras ensayadas.
 Resulta la reproducción de una sóla muestra.
 Normas de referencia:
 ASTM D 4186-01 (Método de ensayo para determinar el contenido de agua y el límite líquido de los suelos finos)
 ASTM D 4253-01 (Método de ensayo para determinar el límite plástico de los suelos finos)
 ASTM D 4254-01 (Método de ensayo para determinar el índice de plasticidad de los suelos finos)
 ASTM D 4255-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de uniformidad de los suelos finos)
 ASTM D 4256-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de curvatura de los suelos finos)
 ASTM D 4257-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos finos)
 ASTM D 4258-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos gruesos)
 ASTM D 4259-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4260-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4261-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4262-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4263-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4264-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4265-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4266-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4267-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4268-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4269-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4270-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4271-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4272-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4273-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4274-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4275-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4276-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4277-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4278-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4279-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4280-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4281-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4282-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4283-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4284-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4285-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4286-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4287-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4288-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4289-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4290-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4291-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4292-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4293-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4294-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4295-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4296-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4297-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4298-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4299-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)
 ASTM D 4300-01 (Método de ensayo para determinar el coeficiente de gradación de los suelos muy gruesos)

PEP, INGENIERIA DE SUELOS, S.A. de C.V.

Adolfo Dulos Salinas No. 81
Santa Martha Acañita Norte, Ciudad de México, C.P. 09140
(01-55) 5733-2746 • 5738-4162 • 1552-9237
www.pepingenieria.com • pepsoil@prodigy.net.mx



CONEC MEXICO
MIEMBRO DE LA CÁMARA NACIONAL
DE EMPRESAS DE CONSTRUCCIÓN
Equipo No. 3910

Informe de composición granular

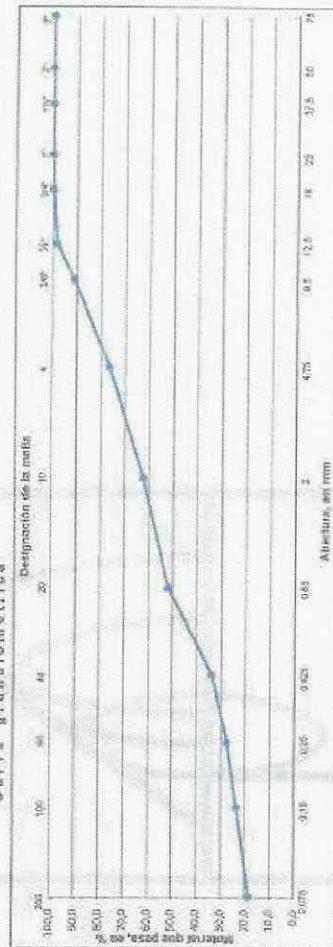
Referencia: M52011A

Módulo: 307

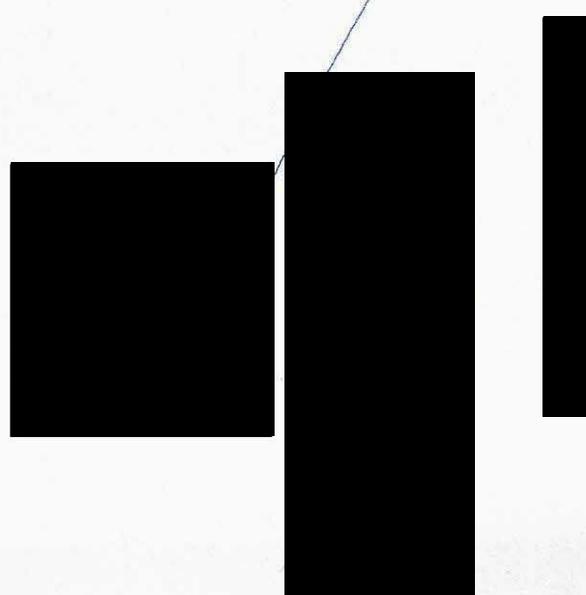
Fecha: 24-Feb-2023

Cliente:	
Dirección:	
Proyecto:	Cablebús Cerdeñueres.
Ubicación:	Torre 31
ACR:	
Fecha de muestreo:	Muestra en:
Data no proporcionado	Dato no proporcionado
Procedencia:	Tipo de material:
Dato no proporcionado	Arena gruesa con grava
	Para ser empleado en:
	Dato no proporcionado
	Número de muestras:
	7 (4)

CURVA GRANULOMÉTRICA



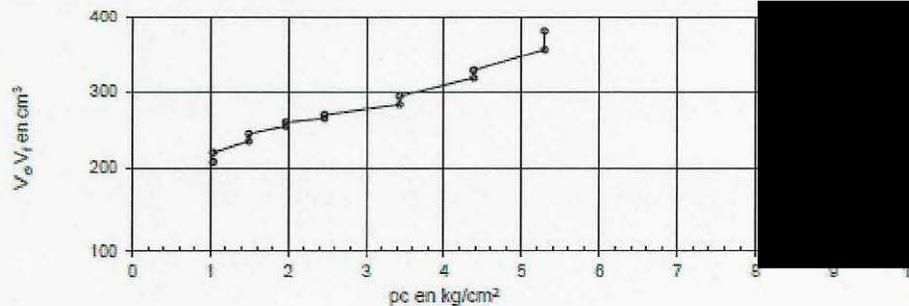
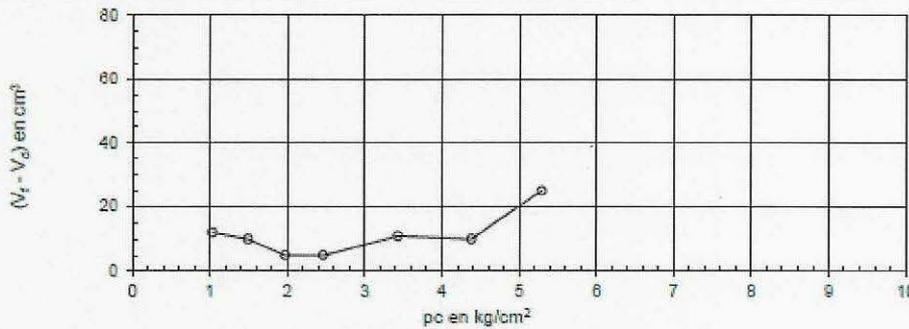
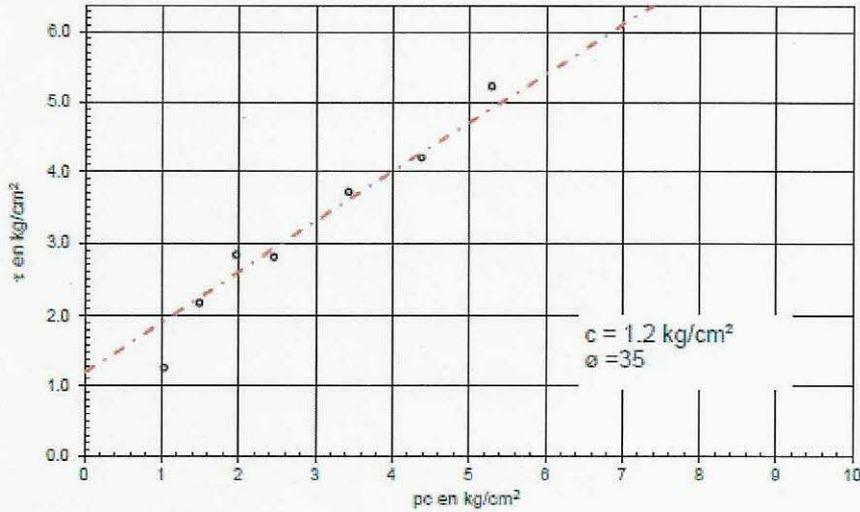
13. ANEXO 4. PRUEBAS DE FICÓMETRO



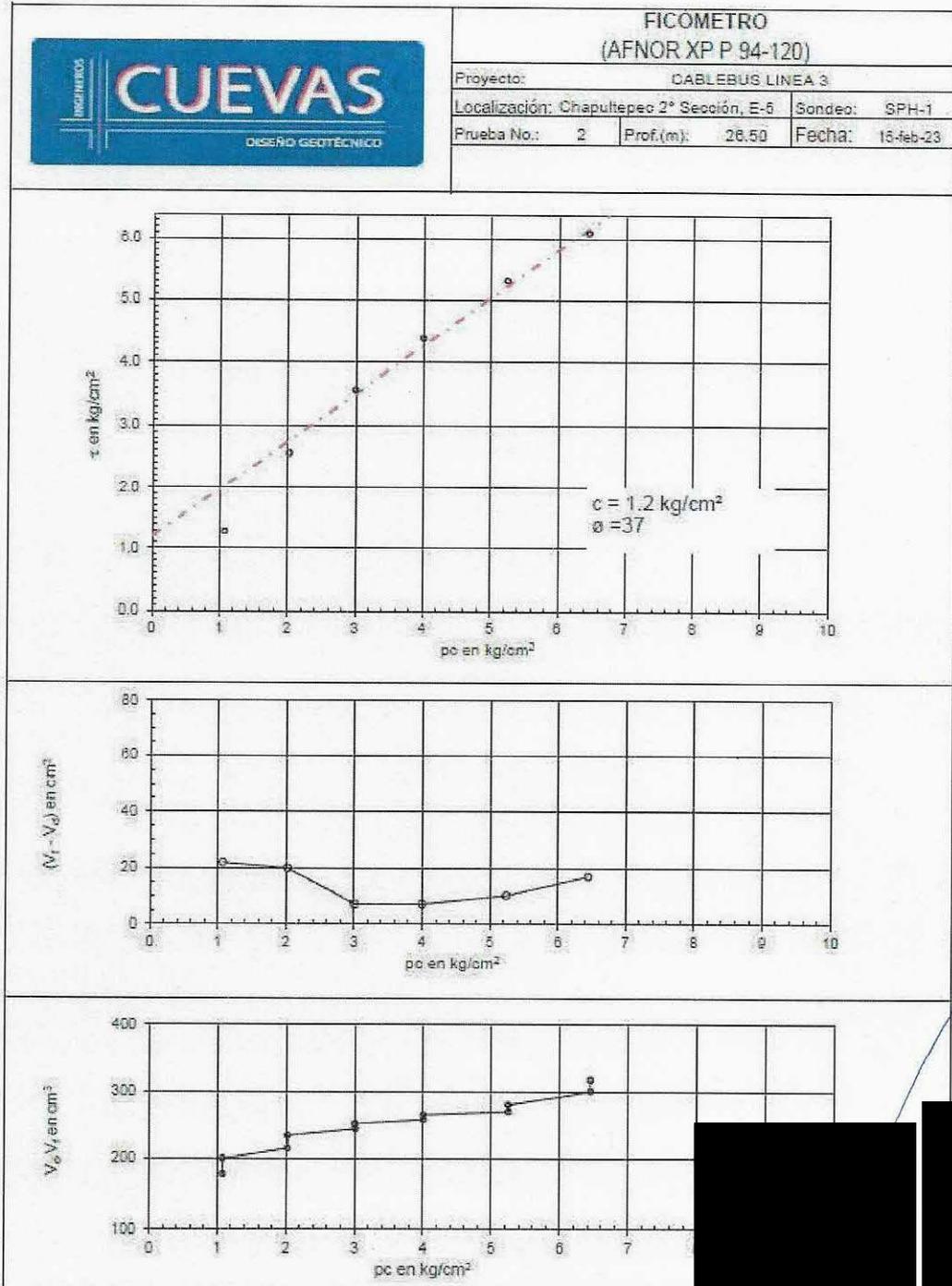


**FICÓMETRO
(AFNOR XP P 94-120)**

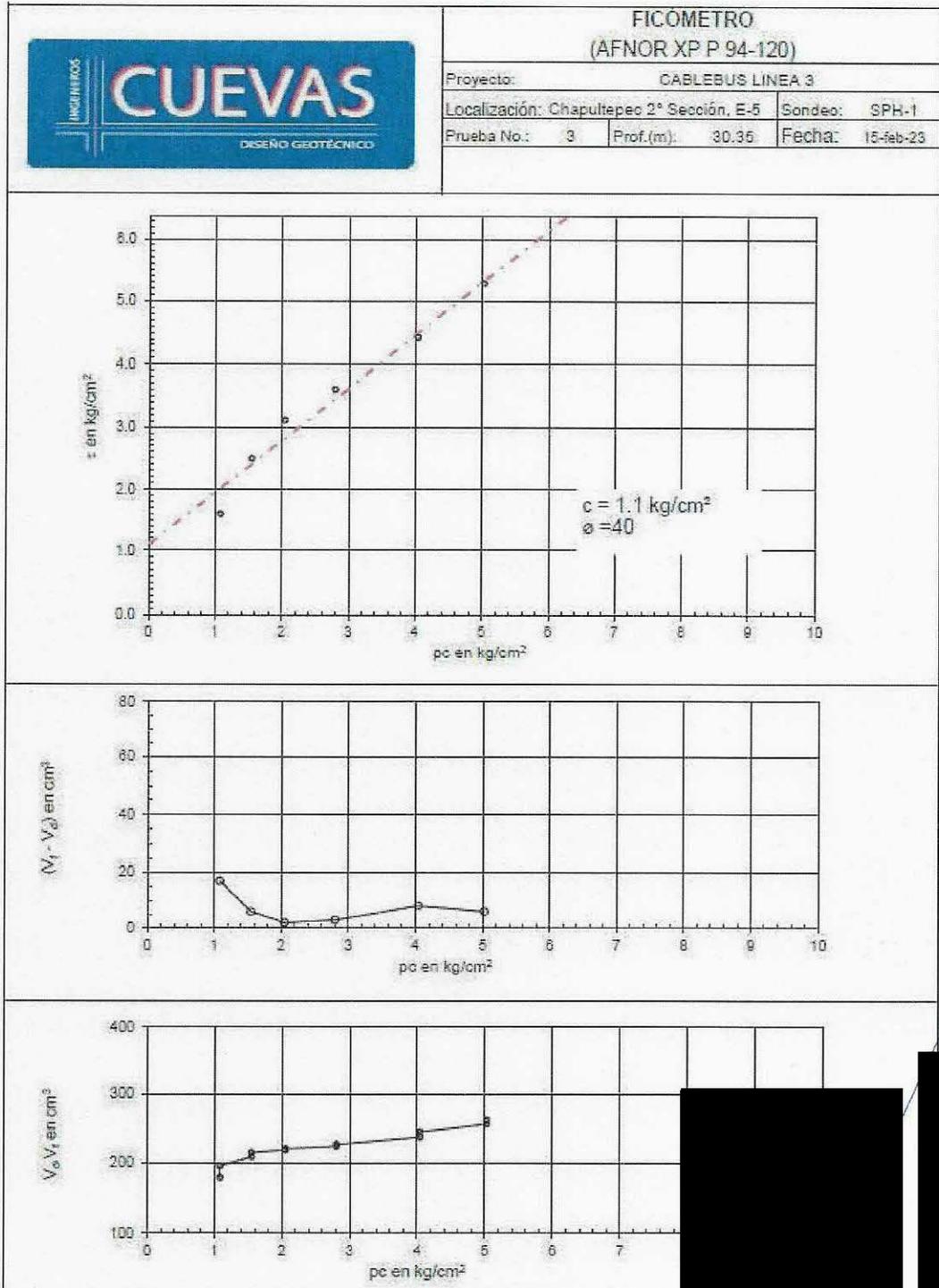
Proyecto:	CABLEBUS LINEA		
Localización:	Chapultepec 2° Sección, E-5	Sondeo:	SPH-1
Prueba No.:	1	Prof.(m):	16.00
		Fecha:	14-feb-23



Gráfica 1. Resultados de prueba de ficómetro, 16.0 m

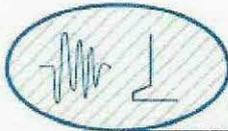


Gráfica 2. Resultados de prueba de ficómetro, 26.5 m



Gráfica 3. Resultados de prueba de ficómetro

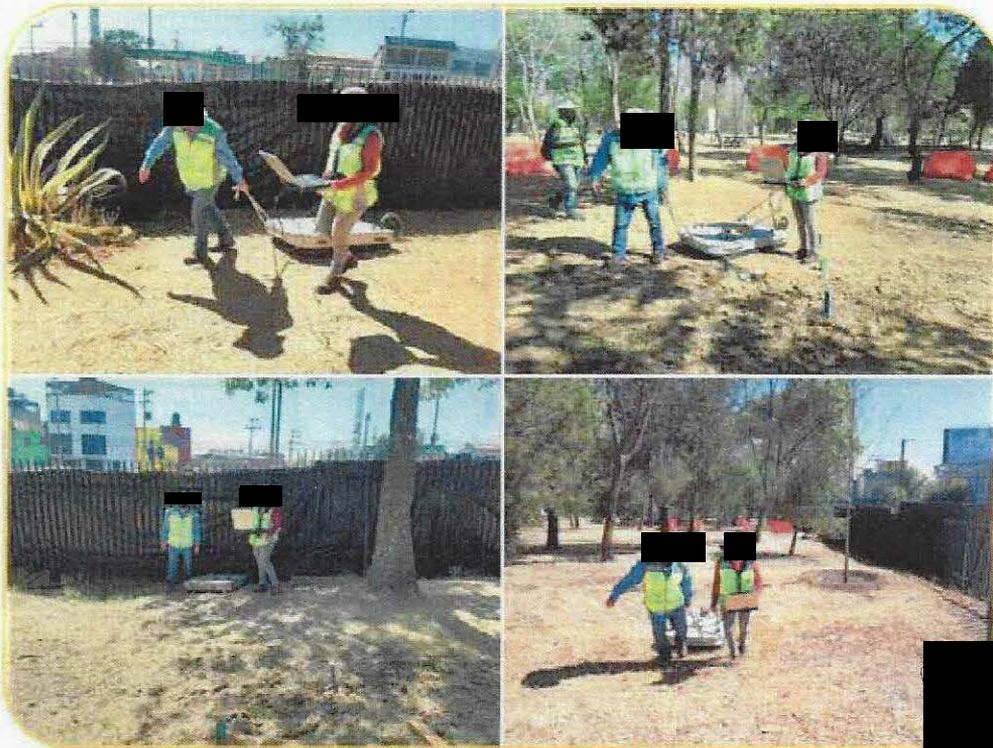
14. ANEXO 5. ESTUDIO GEOFÍSICO, GEORADAR



SERGBEN

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

**ESTUDIO FOTOGEOLOGÍCO Y GEOFÍSICO DE GEORADAR PARA LA
ESTACIÓN 05 "PANTEÓN DOLORES" DEL CABLE BUS L 03,
AVE. CONSTITUYENTES S/N, ALCALDÍA MIGUEL HIDALGO,
CIUDAD DE MÉXICO.**



ELABORA



SERGBEN
Ingeniería del Subsuelo, S. A.

**GAMI INGENIERÍA E
INSTALACIONES S.A. DE C.V.**



FEBRERO 28 D

INDICE GENERAL

- 1. GENERALIDADES**
 - 1.1 OBJETIVOS
 - 1.2 ACTIVIDADES REALIZADAS.
- 2. GEOLOGÍA**
 - 2.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL
 - 2.2 GEOLOGÍA LOCAL
 - 2.3 FOTOINTERPRETACION
- 3. RESULTADOS**
- 4. CONCLUSIONES**

ANEXO 1 MÉTODO DE GEORADAR

ANEXO 2 FOTOGRÁFICO

ANEXO 3 PLANOS

INF/INGEORADAR EST05 PANTEÓN DOLORES CABLEBUS L03.DOC/RED SISSA /M01/INFIN 2023 / GAMI / EST 05 PANT
DOLORES / INFINAL

SERGBEN INGENI

ESTUDIO FOTOGEOLÓGICO Y GEOFÍSICO DE GEORADAR PARA L
DEL CABLE BUS L 03, AVE. CONSTITUYENTES S/N, ALC. M.HIDALGO, CIUDAD DE MEX

1. GENERALIDADES

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

Esta parte poniente de la Ciudad de México, es un área que antiguamente se caracterizó por la presencia de bancos de materiales para la extracción de arenas pumíticas tanto de forma superficial como de forma subterránea, esto se llevó desde finales del siglo 19 hasta mediados de la década de los años sesenta del siglo pasado, además que en el Atlas de Riesgo de la Ciudad de México la consideran como de alto riesgo por la probable presencia de cavidades.

Es por ello que la empresa **GAMI INGENIERÍA E INSTALACIONES S.A. de C.V.**, quien es la responsable del proyecto, ingeniería y construcción nos solicitó la realización de un Estudio Geofísico en el predio que ocupara la Estación 05 "Panteón Dolores", ubicada en una porción de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec, este estudio deberá definir las condiciones litológicas del subsuelo del predio y su potencial presencia de cavidades en el área donde se desplantara la estación.

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

1.1 OBJETIVOS

El objetivo del presente estudio es el definir la distribución de los materiales del subsuelo, así como definir la potencial presencia de cavidades bajo el área de la Estación 05 Panteón Dolores y las Torres 30 y 31.

1.2 ACTIVIDADES REALIZADAS

- Reconocimiento del sitio

En la primera etapa del estudio se efectuó una visita preliminar al sitio, para conocer las condiciones del predio, así como identificar los materiales que afloran en el área donde se planea cimentar la Estación 05 Panteón Dolores, así como las Torres 30 y 31.

Como parte de las actividades realizadas se hizo un reconocimiento físico de la zona donde se ubica el predio, que permitiera conocer e identificar los posibles materiales que afloran en la zona, así como se correlacionaron los resultados con los obtenidos en la mecánica de suelos que se realizó en esta área.

Dentro de la exploración en sitios donde el potencial de presencia de cavidades se realizó la recopilación y análisis fotogeológico de las fotografías aéreas antiguas para determinar la evolución del predio en los últimos 83 años. Se lograron consultar los años de 1936, 1945, 1959 y 2019. (Fotografías 1 a 5).

Para de esta manera conocer las condiciones antiguas y actuales del predio se realizó la identificación de los materiales que afloran en el área, y así saber las condiciones del subsuelo en esta área de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec.

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

ESTUDIO FOTOGEOLOGICO Y GEOFISICO DE GEORADAR PARA LA ESTACION 05 "PANTEÓN DOLORÉS"
DEL CABLE BUS L 03, AVE. CONSTITUYENTES S/N, ALC. M. HIDALGO, CIUDAD DE MEXICO

Exploración Geofísica

El método de exploración que se uso fue el de georadar con una antena de 100 MHz, la cual nos permitió tener una profundidad de exploración de 20 m reales, ya que debido al tipo de material no se pudo profundizar más, así como un perfil continuo de información sin dejar zonas sin explorar.

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

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

Ya en el predio que ha sido usado como las oficinas de la presidencia de la república, el cual hasta el momento de hacer la exploración geofísica este se encuentra en operación, por lo que se tuvo que sujetar a los espacios disponibles para la realización de la exploración geofísica.

Teniendo de referencia el plano del sembrado del proyecto de la estación 06 del Cable bus se hicieron líneas en los espacios disponibles en la parte de arriba del predio (Zona de máquinas y cisterna), y ya en la zona baja del predio se hicieron líneas sobre la parte externa de la huella de la estación, al centro o eje de la misma y transversales en la zonas donde se ubican los apoyos principales de la misma, sin tocar arboles y/o plantas de los jardines. Se realizaron en total 13 (TRECE) líneas de georadar, que incluyo también el área de las Torres 30 y 31. (Ver Plano 1 y Fotografías 6 a 31).

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

No. DE LÍNEA	DISTANCIA (m)	No. DE LÍNEA	DISTANCIA (m)
1	82.80	8	20.35
2	82.10	9	19.65
3	82.05	10	20.50
4	82.00	11	19.75
5	20.50	12	20.50
6	20.55	13	20.25
7	19.50		
Total 1	389.50	Total 2	121.00
Gran Total 1 + 2			510.50

Es decir en total se realizaron 510.50 metros lineales

SERGBEN INGENIERÍA

E.C.V.

- **Procesamiento e interpretación de la información**

En el presente texto se describen los resultados obtenidos y en los Planos 2 y 3 se ilustran cada una de las líneas realizadas, con su ubicación, y su correspondiente radagrama, procesado e interpretado, asociando los resultados a los materiales del subsuelo. La información recolectada en cada una de las líneas, pasó por una serie de procesos y análisis, para llegar a determinar la distribución de los diferentes materiales explorados y del subsuelo, así como de las anomalías asociadas a las diferentes condiciones del concreto analizado.

Se usó el siguiente software para el procesado de la información: Ground Vision V1.4.3. (Sweden 2004 y 2013), Reflex V 3.5 (Germany 2005), RadExplorer V 1.41 (Rusia 2018), IXGPR V2.3 (USA 2007), Mala Vision (Sweden 2022).

Finalmente se analizaron cada una de las líneas realizadas y obtuvieron una serie de áreas donde se ubicaron la posible presencia de algunas heterogeneidades sobre las líneas exploradas con georadar, marcándose sobre la línea correspondiente atendiendo a su ubicación en cada uno de los planos generados.

Es de suma importancia aclarar que la exploración geofísica es una tipo de exploración INDIRECTA, ya que se basa en la medición de propiedades físicas del subsuelo para posteriormente hacer una modelado matemático del comportamiento del mismo, y finalmente una interpretación de estos modelos matemáticos, pudiendo existir una serie de factores externos y ajenos a las mediciones geofísicas que pueden alterar esta interpretación.

Es muy certera la exploración geofísica cuando se tiene información adicional (Mecánica de Suelos, Fotografías aéreas, otros estudios, etc.) para hacer una interpretación correcta al modelo matemático.

También es importante recordar algo que se llama anisotropía de los materiales que significa que existen cambios importantes en la señal y/o valores de medición cuando se realizan mediciones en líneas ortogonales y no hay una coincidencia clara en los espesores modelados, ya que el medio no es homogéneo e isótropo, que también lo vemos en algunas de las líneas de georadar realizadas en este proyecto.

Como se mencionó de manera breve en la exploración con georadar se usa una señal electromagnética en la cual se mide la longitud de onda de la señal la cual depende de la frecuencia de la antena que se use y del material explorado, en este caso se usó una de 100MHz, la cual tiene una longitud de onda de unos 0.6 a 0.8m por lo que objetos de menores dimensiones no son detectados.

En el Anexo 1, se presenta una breve descripción del método empleado, incluye los principios físicos del georadar en los cuales se fundamenta, el equipo emp un breve apartado que describe el procesamiento de la información.

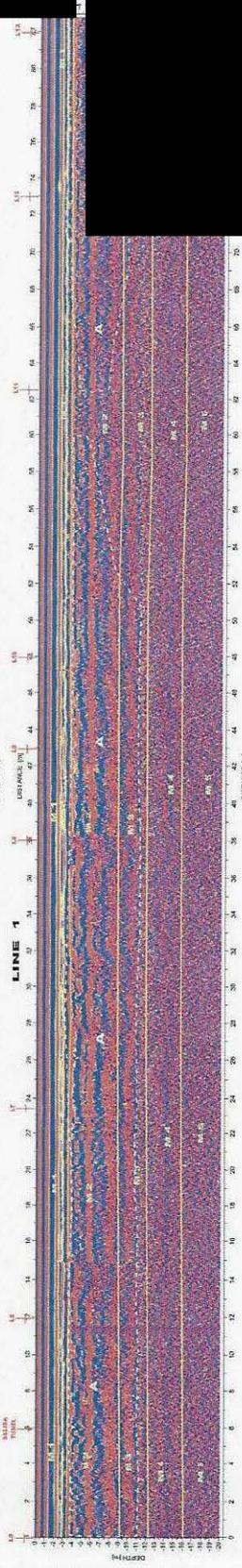
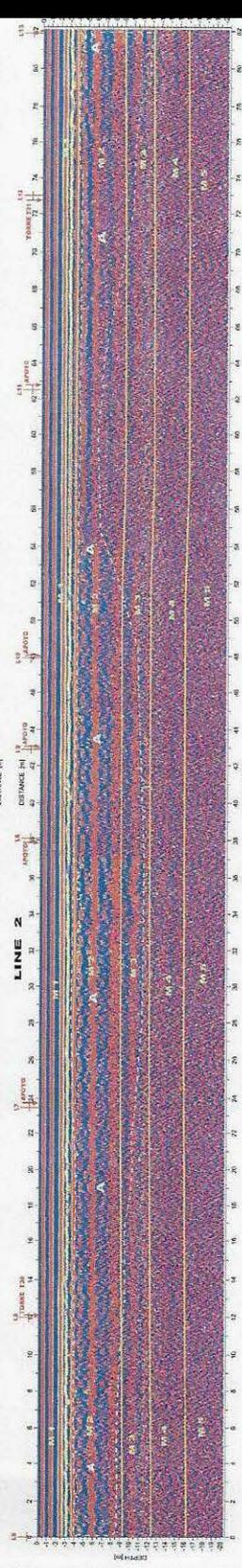
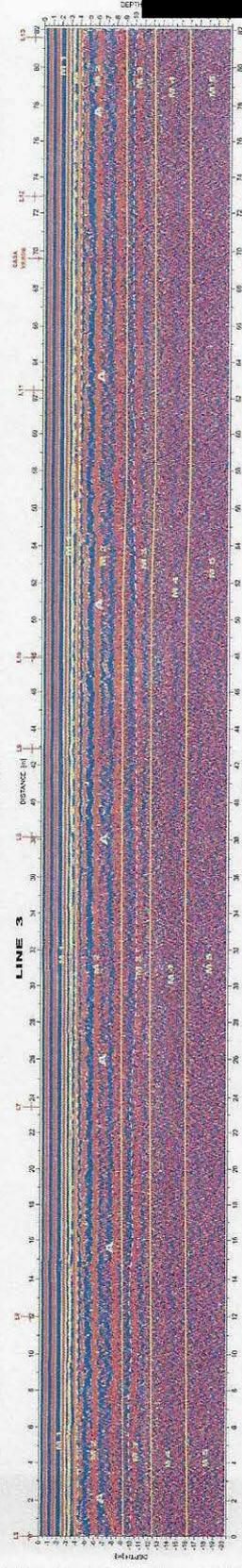
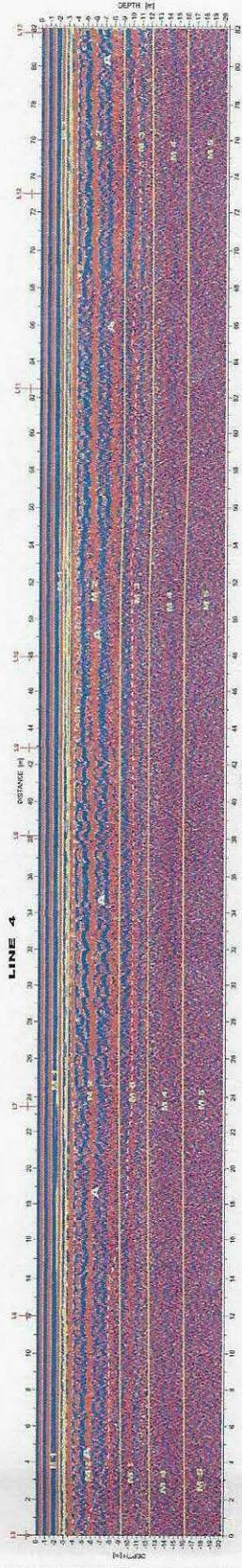
El Anexo 2 muestra las fotografías tomadas durante el pro georadar en campo.

El Anexo 3 corresponde a los planos generados.



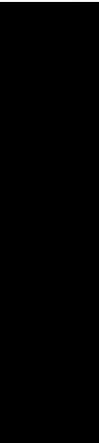
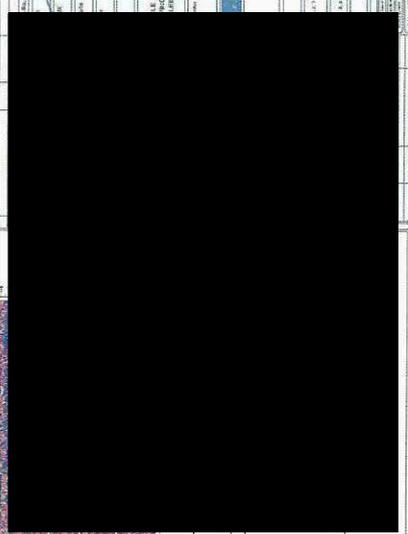
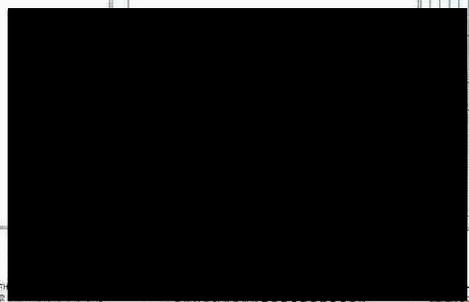
CIRCUITO DE ESTACIONAMIENTO

SIMBOLOGIA



SIMBOL

—	Reflector
—	Concavidad
—	Convexidad
—	Topografía
—	Topografía



CABLES DE LÍNEA 3. VASCO DE CARRIZAL - LOS PINOS
CIRCUITO DE LOCALIZACIÓN



PROYECTO DEL ESTABLECIMIENTO

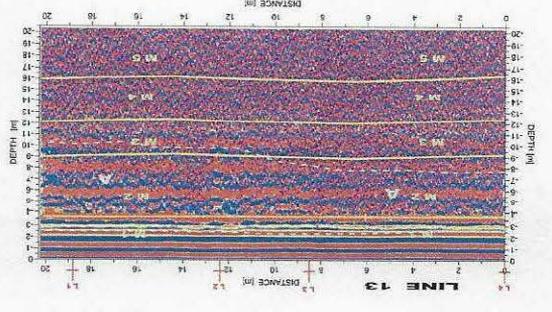
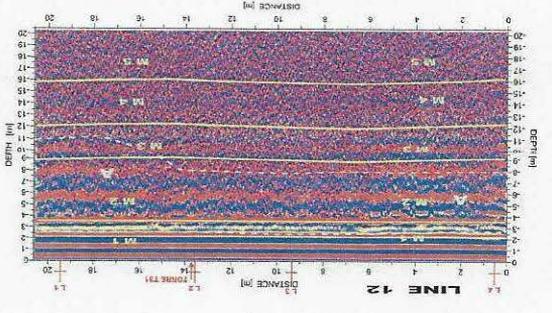
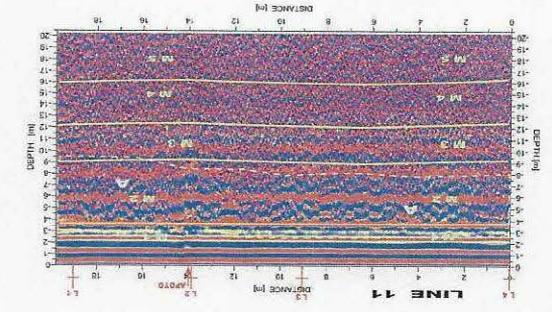
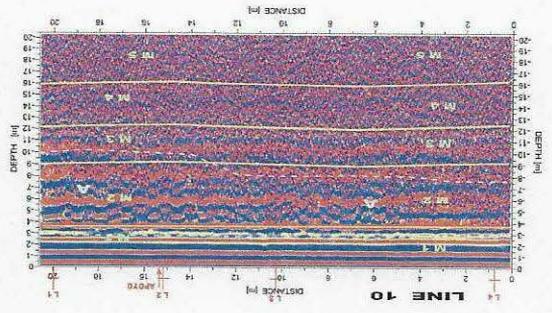
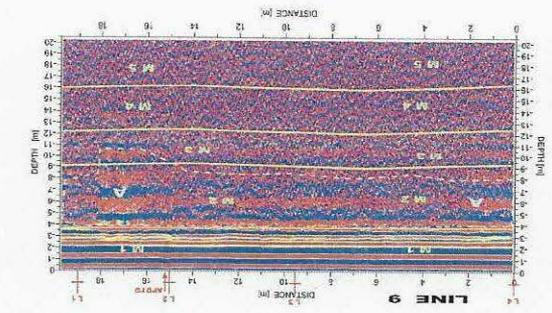
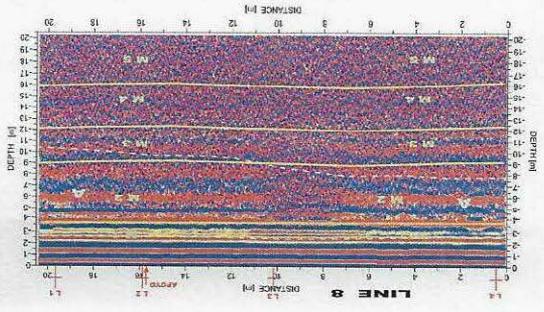
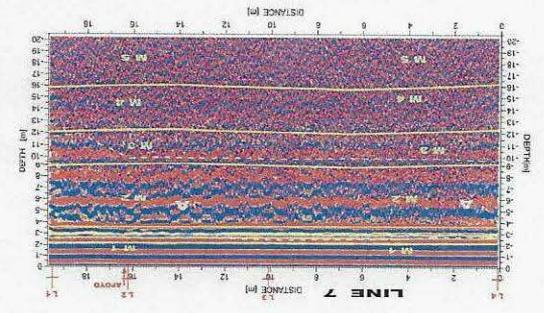
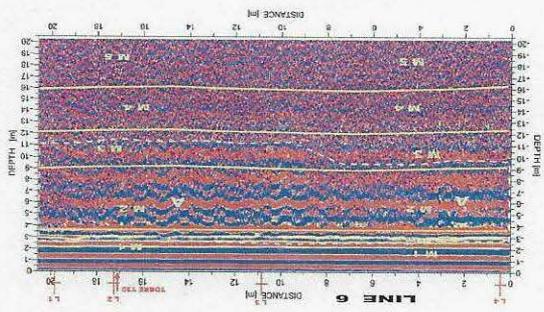
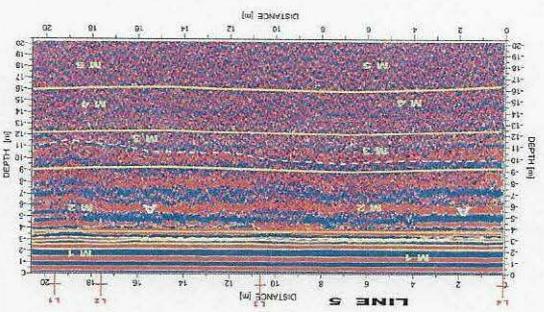


LEYENDA

[Symbol]	Señal de tránsito

SIMBOLOGÍA

[Symbol]	Carretera



PROYECTO	ESTABLECIMIENTO	VERBA
FECHA	15/05/2018	
ENCARGADO	ING. JUAN CARLOS GONZALEZ	
CLIENTE	COMISIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	
OBJETIVO	Realizar estudios de campo de ondas sísmicas para la caracterización de las condiciones de suelo en el sitio de instalación de la línea de transmisión de energía eléctrica.	
PROPÓSITO	Proporcionar datos para el diseño de la línea de transmisión.	
COORDINADOR	ING. JUAN CARLOS GONZALEZ	
CONSEJO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA		
CABLES DE LÍNEA 3. VASCO DE CARRIZAL - LOS PINOS		
CIRCUITO DE LOCALIZACIÓN		
ESTADO	BOGOTÁ	
PAÍS	COLOMBIA	
ESCALA	1:1000	
PROYECTADO POR	ING. JUAN CARLOS GONZALEZ	
REVISADO POR	ING. JUAN CARLOS GONZALEZ	
APROBADO POR	ING. JUAN CARLOS GONZALEZ	
FECHA DE APROBACIÓN	15/05/2018	
ESTADO DE LA OBRA	TERMINADA	
OTROS DATOS		

2. GEOLÓGIA

2.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.

La zona de estudio se ubica al poniente de la ZMCM, misma que se conforma por las 16 delegaciones del Distrito Federal y los Municipios conurbados del Estado de México. Fisiográficamente, la ZMCM se localiza en la porción sur de la Cuenca de México, la cual se caracteriza por la presencia de una altiplanicie de origen lacustre, endorreica; ubicada a más de 2,200 msnm, cercada por sierras de origen volcánico que se levantan a más de 1,000 m sobre la parte baja de la Cuenca.

A su vez, la Cuenca de México se ubica en la porción central de la Provincia Geológica de la Faja Volcánica Transmexicana. La Cuenca se constituye por una depresión azolvada (conocida de manera errónea como Valle de México), a manera de gigantesca presa, y delimitado por las sierras de Pachuca, Tepotzotlán, Guadalupe, Patlachique y Tepozán hacia el norte; de las Cruces al poniente, Nevada y de Río Frío al oriente y Chichináutzin al sur. Su origen se asocia al levantamiento de la corteza en los inicios del Terciario, y su fracturamiento en bloques, con los consecuentes eventos de intensa actividad volcánica iniciados durante el Mioceno Temprano (hace unos 24 millones de años), con la extravasación de las Series Volcánicas de la Sierra de Pachuca, al norte. La última sierra en levantarse, con lo cual se cerró la cuenca, fue la de Chichináutzin, desde hace aproximadamente 800,000 años.

En el Reciente, la actividad volcánica se manifiesta dentro de la Cuenca de México con el levantamiento de la Sierra de Chichináutzin, aunque este fenómeno se asocia, ahora, a la subducción de la placa tectónica marina Rivera, bajo la Placa Norteamericana. La Sierra Chichináutzin se considera como un campo monogenético (aparatos que tiene un solo evento eruptivo, que puede durar varios años, usualmente entre 5 y 15) en actividad, baste señalar que el Volcán Xitle, ubicado en su ladera noroccidental, hizo erupción hace apenas 2,400 años, es decir, ya en tiempos históricos.

La constante actividad volcánica en la Cuenca durante el Cuaternario, con abundantes emisiones de piroclásticos que se depositaron tanto en ambientes secos al pie de las sierras, como en agua, dieron origen a su asolvamientos. Los últimos materiales que se depositaron corresponden con las conocidas arcillas blandas de la Ciudad de México.

En las zonas altas que bordean al valle hacia la porción poniente y sur existen coladas lávicas andesíticas y domos de la Formación Las Cruces, y los depósitos piroclásticos característicos de la Formación Tarango, así como derrames basálticos y depósitos de escorias (tezontle) de la Sierra de Chichináutzin.

Al pie de las sierras, a manera de abanicos, se depositaron grandes volúmenes de materiales arrastrados por los ríos y arroyos, de composición muy diversa y con estratificaciones paralela y cruzada o con estructura lenticular, con procesos de corte y relleno de paleocanales, que se interpretan como la dinámica erosiva que se ajustaba a periodos de lluvias con intervalos de sequía.

En las partes bajas de la cuenca y, principalmente hacia el centro, es posible detectar potentes depósitos lacustres constituidos por ceniza volcánica desvitrificada, intercalada con arena fina de pómez, arena fina lítica y limo; estos depósitos aparecen intercalados con estratos de origen aluvial en la vecindad de conos de deyección o directamente en contacto con formaciones pétreas de las zonas altas.

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

ESTUDIO FOTOGEOLOGICO Y GEOFISICO DE GEORADAR PARA LA ESTACION 05 "PANTEON DOLORES"
DEL CABLE BUS L 03, AVE. CONSTITUYENTES S/N, ALC. M.HIDALGO, CIUDAD DE MEXICO.

Las estructuras geológicas mayores que fácilmente se reconocen en el mapa, y en el campo, son fallas y fracturas paralelas de dirección NE – SW, sobre las cuales han labrado sus cauces los escurrimientos que bajan de la Sierra de Las Cruces, por ejemplo, de los ríos y arroyos Magdalena, Atzoyapan, Becerra, Tacubaya, Borracho, Del Muerto, El Moral entre otros más. En esta sierra también se reconocen fracturas y fallas menores que cortan a las anteriores de manera más o menos perpendicular, sobre las que arroyos tributarios labran su cauce para descargar a los principales.

La unidad litológica que tiene mayor importancia en la porción poniente de la ZMCM, tanto por su distribución como por sus implicaciones geotécnicas, es la Formación Tarango. La Formación Tarango se distribuye al pie de la Sierra de las Cruces, desde San Bernabé – San Jerónimo – San Ángel, al sur del Distrito Federal, hasta las cercanías de Tepozotlán, Edo. De México, al norte. Dicha unidad de roca alberga un amplio conjunto litológico que incluye tobas de matriz limosa, arenosa y limo-arenosa ("tepetates"), horizontes de arena pumítica, lahar, ignimbrita, brechas volcánicas, aglomerados y depósitos híbridos (materiales volcánicos depositados directamente sobre cuerpos de agua, fluviales y lacustres).

Los diversos materiales de la Formación Tarango se depositaron a manera de abanicos volcánicos en torno a los centros eruptivos mayores, con capas gruesas y horizontes estratificados de forma regular, irregular, lenticular, con discordancias angulares y erosionales. Al depositarse al pie de elevaciones, estos paquetes se inclinan hacia el oriente entre 4 y 10 grados, pero al rellenar paleotopografías es factible encontrarlos con inclinaciones mayores y, aun, horizontales.

Cabe señalar que las erupciones más violentas de los conos de la Sierra de las Cruces dieron origen a las emisiones de arenas pumítica, por lo cual tienen distribución uniforme a lo largo de varios kilómetros. Estas arenas de pómez se encuentran interestratificadas con el resto de las unidades litológicas de la Formación. Comúnmente son identificables de uno a dos horizontes de este tipo, sin embargo, en casos excepcionales se han reportado hasta tres y cuatro horizontes de estas arenas en una sola barranca. El espesor promedio de sus horizontes varía entre 0.8 y 2.5m. El espesor de esta Formación Tarango varía de punto a punto, pero se estima del orden de 300 a 400m.

Dado el lapso de tiempo que transcurrió entre el depósito de una y otra de las emisiones de sus piroclásticos, hubo periodos de tranquilidad en los que se erosionaron sus estratos, formándose paleocanales que frecuentemente se rellenaron con aglomerados provenientes de macizos rocosos andesíticos.

Sobre esta formación se han acumulado aluviones de arena, grava y arcilla en estado suelto, y suelos residuales; en ocasiones, el hombre ha colaborado con el relleno de depresiones naturales (barrancas) o antrópicas (bancos de materiales) al depositar rezaga (deshecho de las minas o de cortes para la apertura de caminos), cascajo y basura.

La morfología que presenta la Formación Tarango es de lomas y cerros con crestas SW - NE delimitados por arroyos que escurren a través de cañadas y barrancas profundas y angostas y profundas, en forma de "V" cerrada.

La zona poniente de la ZMCM se caracteriza por la presencia de lomas y cerros con crestas paralelos de dirección SW – NE. Los ríos y arroyos que escurren por ellas se formaron al labraron su cauce siguiendo fallas y fracturas mayores, verticales a subverticales, con carácter regional, como en los casos de los ríos Magdalena, Barranca del Muerto, Tacubaya, Becerra, El

Moral entre otros, cuya traza de falla se han interpretado que cruza totalmente el Distrito Federal y se prolonga hacia el oriente dentro de los estados de México e Hidalgo.

Los contactos son usualmente sensiblemente paralelos a los planos de estratificación; sin embargo, los periodos de calma entre erupción y erupción, sin depósito de materiales, con erosión permanente, así como el corte y relleno de paleocanales, implican la presencia de discordancias que ponen en contacto materiales depositados en diferentes edades.

2.2 GEOLOGÍA DEL SITIO

El predio donde se proyecta la construcción de la Estación 05 del Cable bus se encuentra en una porción del Bosque de Chapultepec 2ª sección, y solo aflora el terreno natural constituido por un suelo vegetal y residual. Por su ubicación le subyace una alternancia de materiales que pertenecen a la Formación Tarango, la cual esta constituida por una secuencia y alternancia de Tobas ya sea de predominancias arcillosas, limosas, pumíticas y/o arenosas francas, así como cualquiera de sus combinaciones. Esta formación tiene una amplia distribución en la parte poniente del Valle de México, donde se localiza la zona de estudio.

2.3 FOTOINTERPRETACION.

Se localizaron fotografías de los periodos 1936, 1939, 1945 y 2009 (Fotografías 1 a 5), al ubicar el área de la futura estación en las fotografías aéreas antiguas se definió lo siguiente:

En el año de 1936 (Fotografía 1); se observa en el predio donde de planea la construcción de la Estación 05 "Panteón Dolores" que existen una importante explotación superficial de arenas de tipo pumíticas, pero por la forma semicircular que no descubre también se hallan desarrollado cavidades para dicha explotación, y justo por esa forma puede identificar en donde exactamente se encuentran las bocaminas. La huella del predio de estación esta justo sobre cuatro de estas grandes áreas de explotación. Se observa también que del otro lado de la Ave. Constituyentes (en ese entonces Madereros) hay una gran explotación de minas de arena.

Para 1939 (Fotografía 2); se observan que los límites de estas cuatro zonas han crecido y sobre Constituyentes se abre una nueva zona. La ubicación puede tener algún error por el error de paralaje del vuelo, pero la torre T30 se ubica en una zona donde hubo este tipo de excavaciones tanto superficiales como de forma subterránea

En 1945 (Fotografía 3); se puede ver que la zona ubicada en casi centro de la huella de la estación 05 está desapareciendo, se ve que hay una serie de árboles pequeños, quizá una reforestación del área junto con un relleno de las antiguas zonas de explotación. En la zona del otro lado de Constituyentes apenas y se alcanza a ver algún vestigio de las antiguas excavaciones, pero ya tienen casas encima.

Ya en 1959 (Fotografía 4); se observa que no existen vestigios de aquellas grandes excavaciones de la explotación de minas de arenas pumíticas, se ve el área reforestada, siendo un poco observadores y habiendo visto otras fotografías áreas donde estas zonas alargadas blanquecinas entre los árboles corresponden a los rastros materiales de relleno que se colocaron sobre estas antiguas excavaciones. Del otro lado de Constituyentes se observa que ya todo está construido sobre las antiguas excavaciones de la minas.

Para el 2019 (Fotografía 5); en predio se encuentra como hasta en la actualidad, se le sobrepone el trazo de la estación del Cable Bus Estación 05 Panteón Dolores. Por cierto algo curioso es que hay menos árboles en toda el área que en 1959.

SERGBEN INGENIERIA DEL SUBSUELO, S.A. DE C.V. 8

ESTUDIO FOTOGEOLOGICO Y GEOFISICO DE GEORADAR PARA LA ESTACION 05 "PANTEON DOLORES"
DEL CABLE BUS L-3, AVE. CONSTITUYENTES SIN. ALC. M. HIDALGO, CIUDAD DE MEXICO

3. RESULTADOS

Se realizaron un total de 13 (Trece) líneas, se ubicaron las líneas de acuerdo a la retícula y a la zona de cimentación de la estructura y adecuándose a los espacios disponibles en el momento de la realización de la exploración geofísica. (Fotografías 6 a 31 y Plano 1).

Después del procesamiento de la información obtenida en campo y para su interpretación se basó en los resultados de la mecánica de suelos proporcionada por Ingenieros Cuevas, S.C., en donde se identifica una estratigrafía constituida por 5 (Cinco) diferentes estratos hasta los 35m de la exploración con el georadar.

Ya que el objetivo del estudio es definir la potencial presencia de cavidades en el subsuelo de la base de la torre se sabe que se realizó una la mecánica de suelos (Sondeos SPT-1 T30 y SPT-1 T31) en donde se identifica un estrato de Toba Pumítica, entre 9 a 12m, por lo que es importante en esta zona identificar en los radagramas anomalías que se pudieran asociar a la presencia de cavidades a esa profundidad y/o rasgos que indiquen fracturamiento y/o zonas de colapsos en proceso asociadas a la presencia de cavidades a esa profundidad en estos materiales.

Después del procesamiento de la información obtenida en campo y de su interpretación se definieron DOS grupos de anomalías geofísicas asociadas la primera al tipo de material y la segunda a la ubicación de anomalías asociadas a posibles cavidades en el área explorada.

A continuación se describen cada una de estos materiales:

PRIMER GRUPO: Estas son anomalías asociadas a la respuesta de los diferentes materiales del subsuelo, en donde se definieron básicamente tres tipos de material:

El material **M1**; es un material constituido por un relleno heterogéneo, suelo vegetal una Toba Limosa muy alterada con arenas y gravas que se distribuye superficialmente todo el predio. Este material al estar constituido por otros materiales diferentes presenta una compactación variable pero predominantemente baja, por lo que deberá retirarse para el lugar a la cimentación. Tiene un espesor de 3.0 a 3.5m.

El **M2** corresponde a un material que de acuerdo a la mecánica de suelos este se asocia a una Toba Limosa pero con arenas finas, que casi sería la misma que la anterior, pero la respuesta del georadar es diferente. Se presenta entre los 3.5m a 9.0m de profundidad en términos generales en todas las líneas exploradas.

En los radagramas está muy lejos de ser homogénea, realmente se observa errática y sumamente heterogénea, se observan señales totalmente cóncavas producto del colapso de techos de cavidades y de la colocación de rellenos para cubrirlas. Su distribución y comportamiento vertical y lateral es totalmente aleatorio, aun cuando se presenta en posición casi horizontal, tiene un espesor de casi de 5 m en promedio.

Tanto los materiales **M1** como el **M2** se definen por las descripciones en los sondeos de la mecánica de suelos, pero ya integrándolo con los resultados de la mecánica de suelos con los resultados del georadar y de las fotografías aéreas antiguas, estos dos materiales corresponden más a materiales de relleno que fueron colocados en las antiguas excavaciones de los accesos a las minas, rellenándose con materiales similares de tipo limo arenosos.

Seguramente pudieron quedar "apófisis" o remanentes de terreno natural aislados que al perforar en esos sitios puede una pensar que el terreno restante tiene las mismas características y continuidad, pero no es así.

Teóricamente a partir de aquí lo siguiente debería ser el Terreno Natural presentando una señal más o menos homogénea correspondiente a los materiales de la formación Tarango, se pueden observar en los radagramas procesados e interpretados que existe una uniformidad en las ondas, y en algunos casos se empieza a amortiguar la señal lo cual indica que el terreno es más compacto y/o ligeramente arcillosos y/o limoso.

El M3; se asocia a una Toba Arenosa Pumítica con algo de limos pero principalmente pumítica, se presenta en las 13 Líneas exploradas, de acuerdo a la mecánica de suelos este horizonte va de 9 a 12.5m de profundidad. Se observa en los radagramas procesados e interpretados que existe un importante amortiguamiento en la señal del georadar producto que encima la señal de georadar se ha disipado mucho por la heterogeneidad de los materiales que le sobreyacen.

El material M4, de acuerdo a la mecánica de suelos se asocia a un paquete de Toba Arena Limosa, se presenta prácticamente en todas las líneas realizadas conformando el cuarto estrato. Se ve muy tenuemente en los radagramas, se presenta en posición casi exactamente horizontal, teniendo un espesor de casi de 4m en términos generales, presentándose entre los 12.0 a 16.0m de profundidad.

Finalmente el material M5; se asocia a una alternancia de Tobas Arcillo Limosa y Arenosa en algunos casos, presentándose en las 13 Líneas exploradas, se pueden observar en los radagramas procesados e interpretados prácticamente se pierde la señal del georadar en este material por la profundidad y el amortiguamiento de la señal en los materiales que sobreyacen, aparentemente más compacto que los materiales arriba descritos, se presenta a partir de los 16m de profundidad.

SEGUNDO GRUPO; En este caso en particular de la Estación 05 "Panteón Dolores" se presenta en todas las líneas de georadar anomalías dentro de los Materiales 1, 2 y 3 en donde se observa que la señal de georadar es totalmente caótica, presentando repetidamente zonas con una especie de cúpula y/o concavidad, así como zonas irregulares donde la "estratificación" (continuidad de la ondas) se ve interrumpida y/o desplazada en el sentido vertical, esto se debe justo a que existen cavidades bajo el subsuelo del área explorada, de acuerdo por los antecedentes de las fotografías aéreas analizadas, se observa que se explotaron, se extendieron y posteriormente rellenaron las excavaciones, lo cual no quiere decir que hay un relleno de las cavidades.

Por el comportamiento de la señal del georadar se infiere que al presentarse las anomalías no exactamente en el horizonte de las Tobas Pumíticas (M3) sino en los materiales que le sobreyacen esto quiere decir que las cavidades están migrando (Con el tiempo los techos de las cavidades se colapsan, rellenan parte de la antigua mina y nuevamente vuelve a colapsar el techo y se genera otro "relleno" interno de la mina, pero el agujero se va haciendo más grande. (Ver Figura 1)

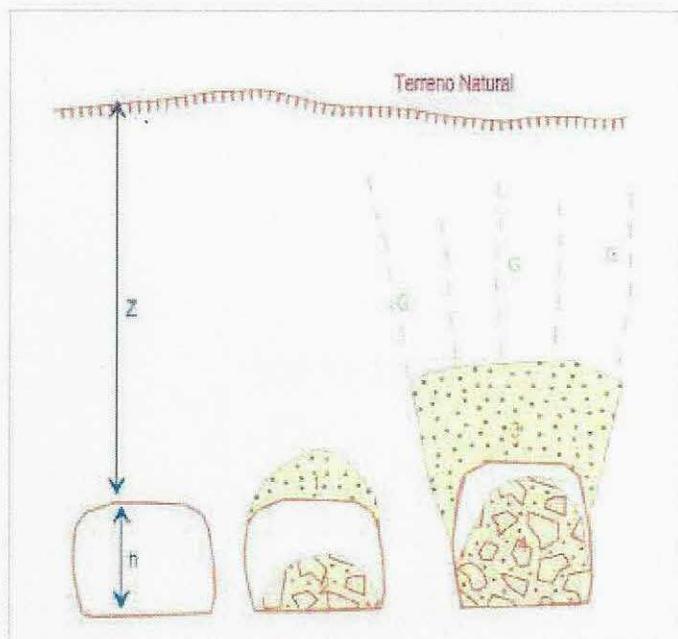


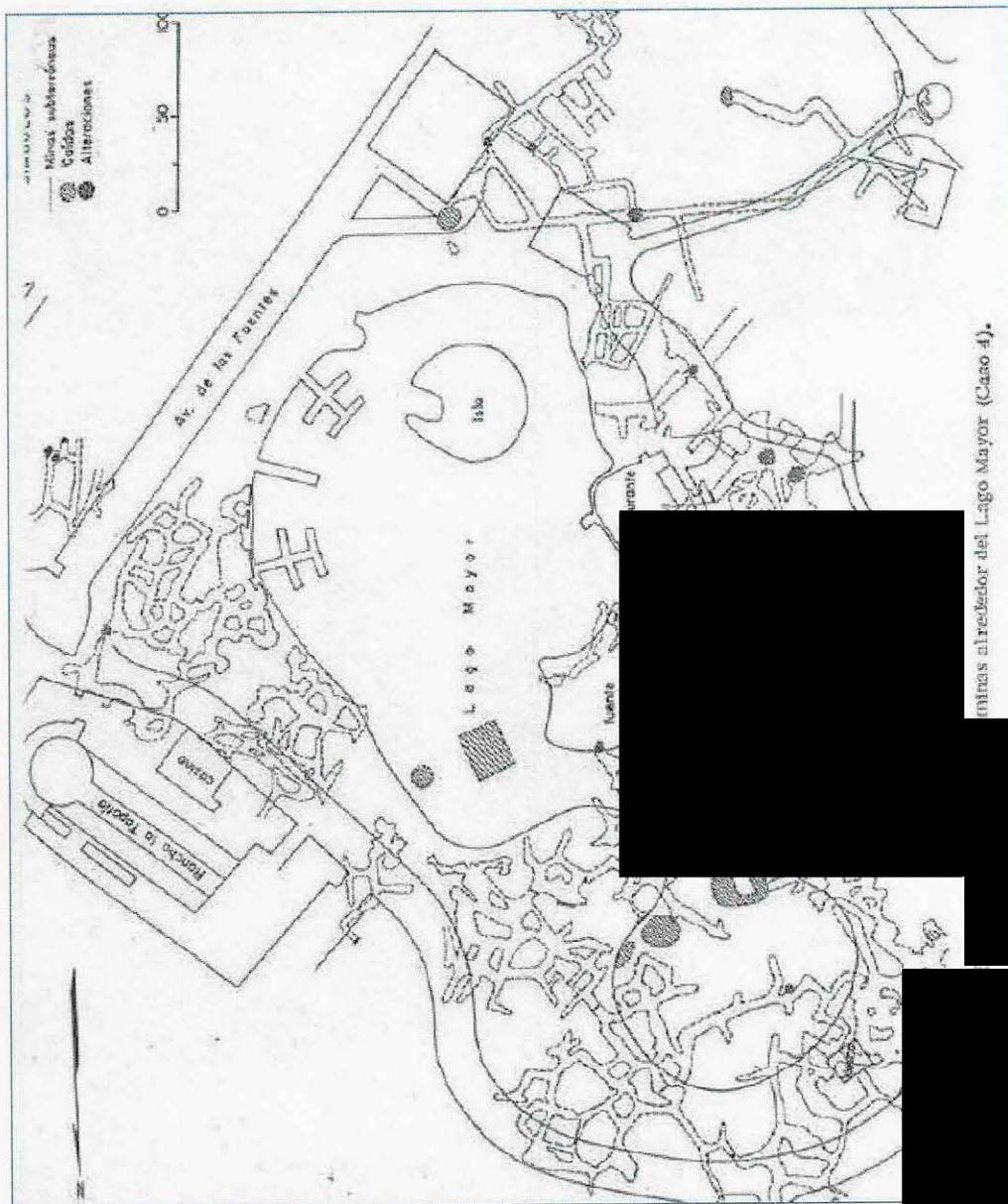
Figura 1: Aquí se ejemplifica como una cavidad y/o mina migra hacia la superficie producto de la erosión, humedad y el tiempo, primero existe la cavidad, se erosiona y empieza a colapsar su techo generando un hueco arriba del estrato de explotación (1 y 2), más tarde vuelve a colapsar el techo y genera un hueco más arriba del anterior y "rellena" de forma muy irregular el hueco haciéndose más grande hasta que el hueco se vuelve muy irregular, dejando abajo el horizonte explotable y un hueco mayor arriba. Al casi llegar a la superficie se van generando grietas en el terreno y también asentamientos tipo vados en la superficie que le sucede al colapso del suelo.

Por el tipo de anomalías encontradas y los antecedentes de las fotografías aéreas que se observa en los radagramas que especificar en donde hay una cavidad como tal no es posible justo por la condición que se explica en la figura 1.

Ahora bien es sabido que esta zona de la 2ª Sección de Chapultepec ha sido de siempre muy complicada geotécnicamente por sus vestigios de cavidades. A continuación se hace una presentación de una publicación de la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, Simposio "Cimentaciones en Zonas Minadas de la Ciudad de México", Marzo de 1976, México, de la experiencia que se tuvo cuando se planeó la construcción del Lago Mayor en 1964.

En ese entonces se hizo un mapeo subterráneo de las cavidades que existían por la Dirección General de Obras Hidráulicas del D.D.F., a este levantamiento topográfico de las minas se le sobrepusieron con el proyecto del Lago Mayor que es lo que se muestra. (Figura 1)

Estas minas se rellenaron solo en la huella de lo que sería el lago, pero seguramente existieron fallas en ese relleno ya que desde ese entonces 1964 han existido dos eventos los que el piso del Lago Mayor se colapsado y se fugado toda el agua hacia las antiguas minas parcialmente rellenas. El último sucedió en 2006.



Minas alrededor del Lago Mayor (Caso 4).

Figura 2: Esta es una figura tomada de la publicación de la Sociedad Mexicana de Mecánica de Simposio de Marzo de 1976, México, (Pag.94). Obsérvese la proyección de la topografía subterráneas proyectadas en la huella de lo que sería el Lago Mayor de la 2ª Sección de Chapu

Ahora bien en esto se localiza muy cerca del proyecto de la Estación 05 del C Línea 03, por lo que se usó la fotografía aérea de 1945 en donde se muestra la ubicación Estación 05 y el área donde posteriormente se construyó el Lago Mayor en 1964. (Fig

SERGIDEN INGENIERIA DEL SUBSUELO, S.A. DE

ESTUDIO FOTOGEOLOGICO Y GEOFISICO DE GEORADAR PARA LA ESTACION 05 "PANTEON DOLORES" DEL CABLE BUS L 03. AVE. CONSTITUYENTES S/N. ALC. M.HIDALGO, CIUDAD DE MEXICO.



Figura 3: Esta es la fotografía área de 1945 en donde se ubica en rojo la Estación 05 y en azul la zona en 1964 ocuparía el Lago Mayor de la 2ª Sección de Chapultepec, nótese que en el área del futuro NO SE OBSERVAN las zonas de explotación de minas como en la estación; pudiera ser que la zona de la estación fue la entrada a esa zona. Sin dejar de ver la figura 2 la cantidad de minas en el área del

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

ESTUDIO FOTOGEOLOGICO Y GEOFISICO DE GEORADAR PARA LA ESTACION 05 "PANTEON DOL DEL CABLE BUS L 03, AVE. CONSTITUYENTES S/N, ALC. M. HIDALGO, CIUDAD DE MEXICO

En el reporte de 1964 se comenta que estas cavidades se encontraban hasta los 7.0m de profundidad que corresponde a la posición que actualmente se reporta en la mecánica de suelos de las torres T 30 y T31.

Viendo la densidad de minas e la figura 1 y suponiendo que pudiera estar más o menos así en la zona que ocupara la Estación 05, es justo por ello que en las anomalías que se definen con el georadar no pueden identificarse o hacer una diferenciación de donde empieza y donde termina una mina, se ve como una gran zona.

Lo cual no quiere decir que abajo exista un gran hueco con ausencia de material, sino todo lo contrario, justo por el proceso de migración de las cavidades y colapsos el material que se encuentra es muy heterogéneo y discontinuo pero no ausente.

Algo que también se puede ver en los radagramas de los planos 2 y 3 es que la profundidad de las anomalías es variable, que bien puede ser que efectivamente el estrato de Toba Pumítica no se horizontal, pero seguramente esto está más asociado a la cantidad de material colapsado que se encuentra en la zona de la antigua mina más a que varíe la profundidad del estrato de la Toba Pumítica.

Esta variación se observa que va de los 5.0 a 11 ó 12m de profundidad. Normalmente en el plano 1 de los demás proyectos del CABLE BUS Línea 03 se ha colocado la profundidad hasta la cual llega la anomalía asociada a posibles cavidades pero en este caso no, justo por esa erraticidad que se observa en los planos 2 y 3.

Claro que esto tiene implicaciones mayores al proyecto, se sabe que las Torres T 30 y T31 serán desplantadas en pilas de por lo menos 1.0m de diámetro, hasta 24m de profundidad. Encontrándose seguramente problemas en esos primeros 3 a 11m de profundidad con material inestable y que seguramente se tendrá que usar ademe en esa parte para las pilas. Lo que habrá que considerar es la estructura como tal de la estación, hasta que profundidad cimentarse, ya que el terreno no es muy apropiado para ello, pero ya la mecánica de suelos decidirá hasta donde será la cimentación de la estación.

3. CONCLUSIONES

Del presente estudio se desprenden las siguientes conclusiones.

- Se realizó un análisis de fotografías aéreas en los periodos de 1936, 1939, 1945, 1959 y 2019; encontrándose lo siguiente:
- De esta fotogeología se observa que en el predio existieron desde 1936 una importante zona de explotación de minas superficiales y de manera subterránea, se observan cuatro grandes zonas que se ubican en la huella de la estación 05 del Cable Bus.
- A partir de 1945 se observa un proceso de relleno de las zonas de explotación a cielo abierto, y para 1959 ya está totalmente rellena la zona, apenas se ven algunas zonas de relleno, mostrándose una insipiente reforestación del área.
- La exploración con georadar realizada se llevó hasta 20m de profundidad, ya que el tipo de material y su heterogeneidad no permitió una mayor profundidad de exploración.
- Se observa en los radagramas de las 13 líneas realizadas que existen zonas con deformaciones en la señal del georadar, lo cual nos evidencia la presencia de anomalías en los diferentes materiales del subsuelo, pero teniendo el antecedente de este tipo de anomalías en otros proyectos se le asocia este tipo de anomalías a la posible presencia de cavidades en el subsuelo.
- En la mecánica de suelos se identificó un horizonte de tobas pumíticas que van de 9 a 12m en la parte de la torre 30, mientras que en la torre 31 se manifiesta una cavidad desde los 4 a 11m, por lo que de haber cavidades se esperaría que existieran anomalías a partir de ahí hacia arriba.
- En los radagramas de 13 líneas realizadas se colocaron los contactos litológicos de acuerdo con la mecánica de suelos, así como a la respuesta de la señal del georadar en esos puntos. Se observa que estos muestran una gran heterogeneidad en la zona de los materiales M1, M2 y M3, siendo esta última la que corresponde con la Toba Pumítica, pero lo importante radica en que en todas las líneas se muestra una gran anomalía que se marcó con una línea discontinua color azul en los planos 2 definiendo grandes zonas de heterogeneidad del subsuelo, que son producto de la migración de las cavidades a la superficie. (Figura 1).
- Se buscó el antecedente de lo que sucedió desde 1964 con el proyecto y construcción del Lago Mayor de la 2ª Sección del Bosque de Chapultepec, en donde se encontró un importante número de cavidades, estas se mapearon en la zona del proyecto del Lago Mayor, observándose la densidad de cavidades que se ubicaban hasta los 7.0m de profundidad, que corresponde a la zona actualmente en la mecánica de suelos de las torres 30 y 31.

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

ESTUDIO FOTOGEOLOGICO Y GEOFISICO DE GEORADAR PARA LA ESTACION 05 "PANTEON DOLORES"
DEL CABLE BUS L 03, AVE. CONSTITUYENTES S/N, ALC. M.HIDALGO, CIUDAD DE MEXICO.

- *Tratando de ver la magnitud de este problema de minas subterráneas se ubicó en la fotografía aérea de 1945 la zona donde después se localizaría el Lago Mayor y se colocó también la ubicación de la estación 05, observándose en la zona del Lago no hay evidencia de bocaminas y/o rascaderos superficiales, y solo en la zona de la estación se ve esto, por lo que quizá la entrada a este gran grupo de minas subterráneas estuvo en lo que ahora será la estación 05 del Cable Bus. (Figura 3).*
- *La profundidad de estas anomalías asociadas a las zonas de colapso y rellenos heterogéneos se observan con un comportamiento muy variable ya que van desde los 5.0 hasta los 11.5m.*
- *Con estos resultados de la exploración del subsuelo realizada con georadar y específicamente en la zona de la Estación 05 "Panteón Dolores" y de las Torres T30 y T31 de la Línea 3 del Cable Bus, SE PUEDE CONCLUIR QUE SI EXISTEN ANOMALÍAS QUE SE ASOCIAN A LA PRESENCIA DE POSIBLES CAVIDADES Y/O ZONAS EN PROCESO DE COLAPSO.*
- *La cimentación de la estructura debe de ser por debajo de esta profundidad (12.0m) y tomara en cuenta eventualidades como posibles hundimientos en las anomalías someras a la hora de colocar equipos pesados en las zonas afectadas.*
- *Estos resultados pueden tener implicaciones mayores al proyecto, se sabe que las Torres T 30 y T31 serán desplantadas en pilas de por lo menos 1.0m de diámetro, hasta 24m de profundidad. Encontrándose seguramente problemas en esos primeros 3 a 11m de profundidad con material inestable y que seguramente se tendrá que usar ademe en esa parte para las pilas.*
- *Lo que habrá que considerar es la estructura como tal de la estación, hasta que profundidad cimentarse, ya que el terreno no es muy apropiado para ello, pero ya la mecánica de suelos y estructuristas decidirán hasta donde será la cimentación de la estación y en qué condiciones.*
- *Estos resultados solo son válidos única y exclusivamente para el área explorada en la Estación 05 "Panteón Dolores" específicamente, ya que es sabido que en el área hay una alta probabilidad de tener cavidades y/o minas subterráneas en su subsuelo.*
- *De ser necesario se requerirá de hacer alguna verificación de estas anomalías con exploración directa para verificar el estado del subsuelo y sus condiciones geomecánicas y determinar si es apto o no para soportar la estructura que se proyecta construir ahí.*

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

ESTUDIO FOTOGEOLOGICO Y GEOFISICO DE GEORADAR PARA LA ESTACION 05 "PANTEON DOLORES"
DEL CABLE BUS L.03, AVE. CONSTITUYENTES S/N, ALC. M.HIDALGO, CIUDAD DE MEXICO.

Bibliografía.

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

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

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

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

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

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

Software MALA VISION GuidelineGeo ABEN MALA (Sweden 2022).

Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. Simposio Cimentaciones en Zonas Minadas de la Ciudad de México, Marzo de 1976, México.

ANEXO 1

MÉTODO DE GEORADAR

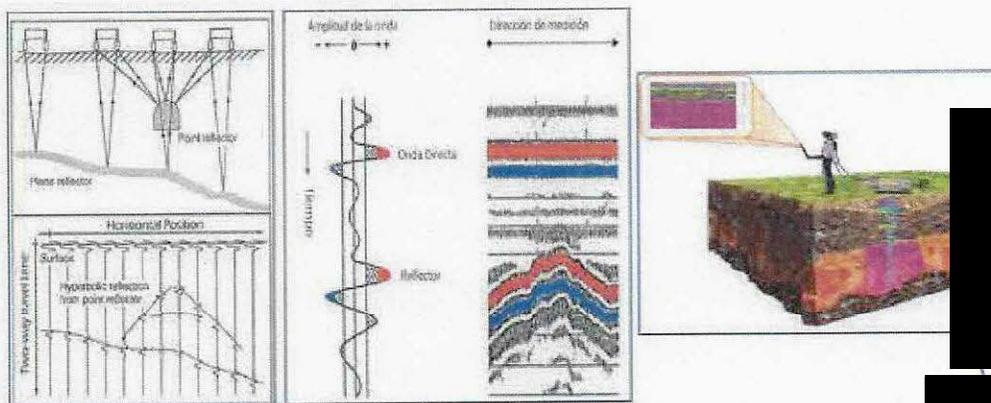
INTRODUCCION:

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

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

PRINCIPIOS TEORICOS

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



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

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

PROCESAMIENTO E INTERPRETACION DE DATOS

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

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

PARAMETROS DE CAMPO

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

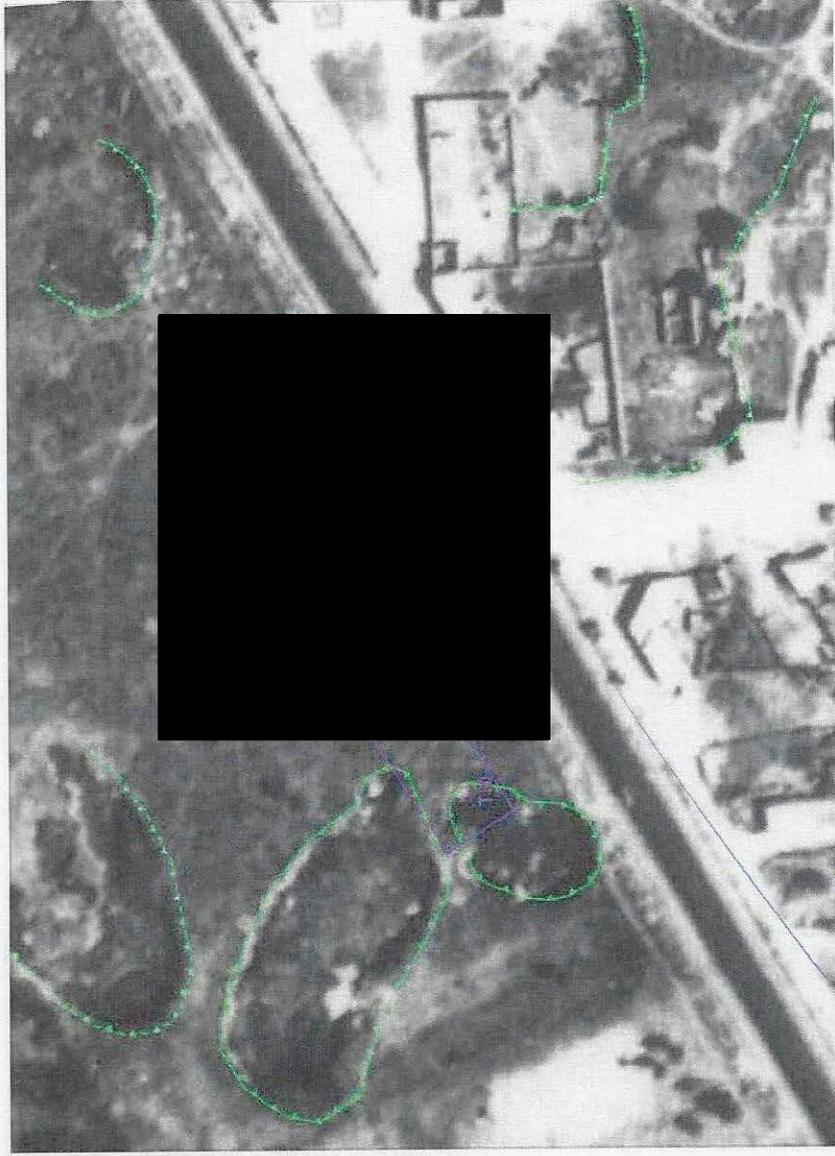
EQUIPO EMPLEADO

- Georadar Mca MALA GEOSCIENCE MOD. X3M (Fotografía 32)
- Antena de 100 M Hz.
- Computadora portátil para la captura de datos.

ANEXO 2
FOTOGRAFICO

SERGBEN INGENIERIA

ESTUDIO FOTOGEOLOGICO Y GEOFISICO DE GEORADAR PARA LA
DEL CABLE BUS L03, AVE. CONSTITUYENTES 300, 4



FOTOGRAFIA 1

1996, se observa en el predio donde de planea la construcción de la Estación 05, "Panteón Dolores" que existen una importante explotación superficial de arenas artificiales, pero por la forma semicircular de no descarta que también se hallan desarrollados cavidades para dicha explotación, y justo por esa forma no se puede conocer exactamente se encuentran las bocaminas. La huella del proyecto de estación está justo sobre cuatro de estas grandes áreas de explotación. Se observa también que del otro lado de la Ave. Constituyentes (en ese entonces Madereros) también hay una gran explotación de minas de arena.



03/10/2023 11:41 AM



FOTOGRAFÍA 2

1939 se observan que los límites de estas cuatro zonas han crecido y sobre Constituyentes se abre una nueva zona. La ubicación puede tener algún error por el error de paralelaje del vuelo, pero la torre T30 se ubica en una zona donde hubo este tipo de excavaciones tanto superficiales como de forma subterránea





FOTOGRAFÍA 3

se puede ver que la zona ubicada en casi centro de la huella de la estación 05 está desapareciendo, se ve que hay una serie de árboles pequeños, quizá una reforestación del área junto con un relleno de las antiguas zonas de explotación. En la zona del otro lado de Constituyentes apenas u se alcanza a ver algún vestigio de las antiguas excavaciones, pero ya tienen casas encima.





FOTOGRAFÍA 4

1969 se observa que no existen vestigios de aquellas grandes excavaciones de la explotación de minas de arenas pumíticas, se ve el área reforestada, siendo un poco adores y habiendo visto otras fotografías áreas así las zonas alargadas blanquecinas entre los árboles, son los rastros materiales de relleno que se colocaron sobre estas antiguas excavaciones. Del otro lado de Constituyentes se observa que ya todo está construido sobre las antiguas excavaciones de la minas.





FOTOGRAFIA 5

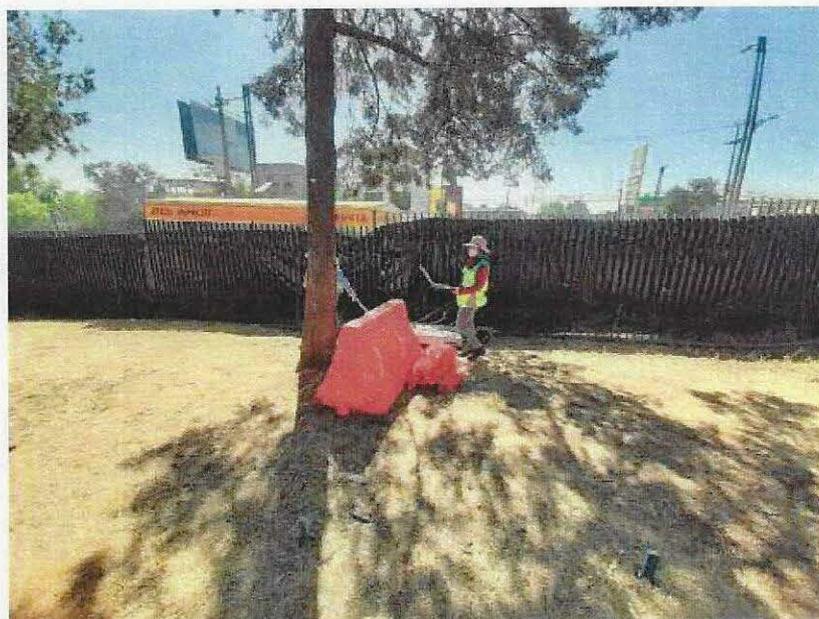
Para el 2019 en predio se encuentra como hasta en la actualidad, se le sobrepone el trazo de la estación del Cable Bus Estación 05 Panteón Dolores. Por cierto algo curioso es que hay menos árboles que en 1959.





FOTOGRAFÍA 6

Cable Bus Línea 3 Estación 05 Panteón Dolores, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 1.



FOTOGRAFÍA 7

Cable Bus Línea 3 Estación 05 Panteón Dolores, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 1.





FOTOGRAFÍA 8

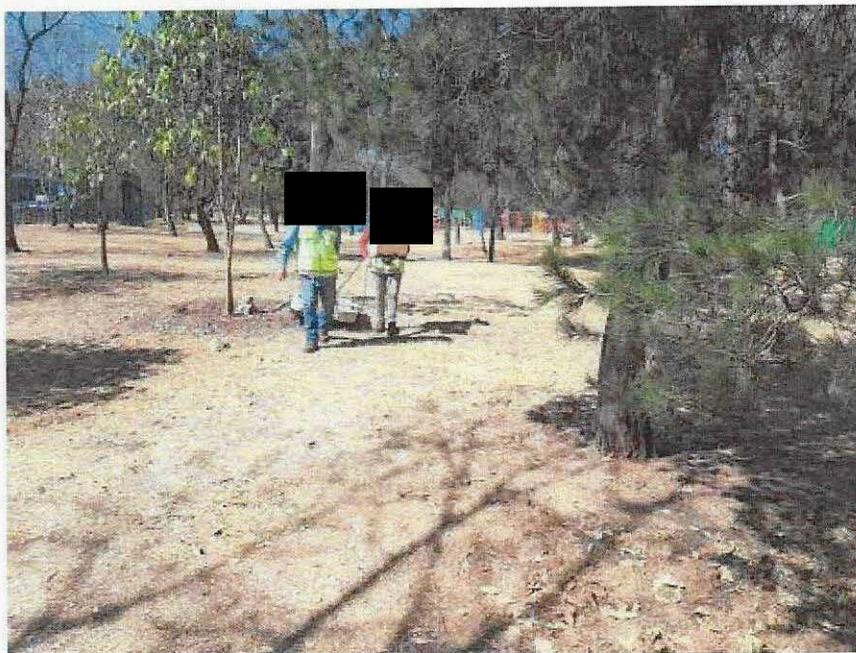
Cable Bus Línea 3 Estación 05 Panteón Dolores, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 2



FOTOGRAFÍA 9

Cable Bus Línea 3 Estación 05 Panteón Dolores, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 2.





FOTOGRAFÍA 10

Cable Bus Línea 3 05 Panteón Dolores, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 3.



FOTOGRAFÍA 11

Cable Bus Línea 3 Estación 05 Panteón Dolores, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 3.





FOTOGRAFÍA 12

Cable Bus Línea 3 Estación 05 Panteón Dolores, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 4.



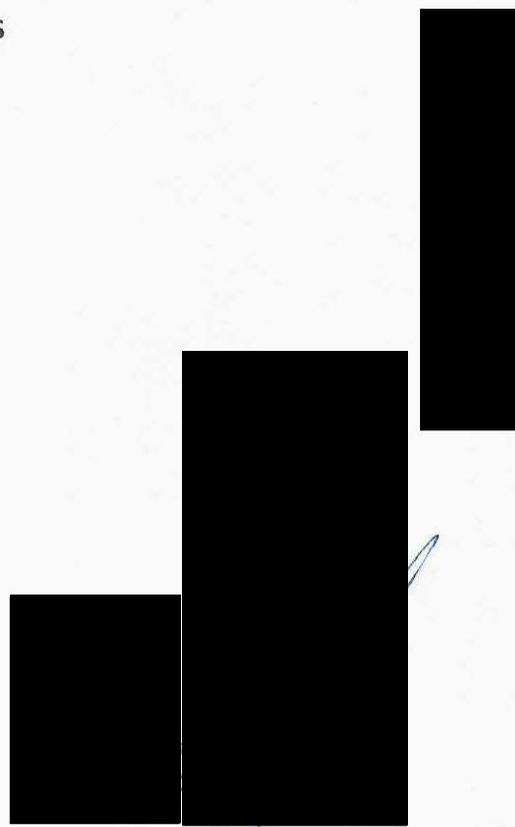
FOTOGRAFÍA 13

Cable Bus Línea 3 Estación 06 Panteón Dolores, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 4.



**ANEXO 3
PLANOS**

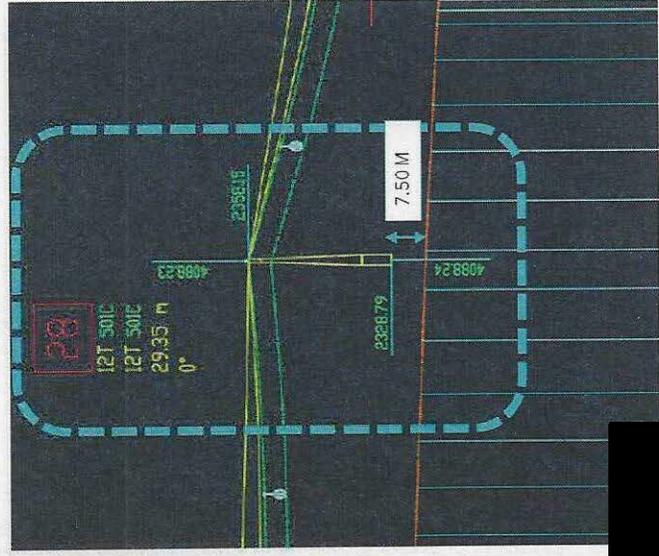
15. ANEXO 6. CARGAS ACTUANTES



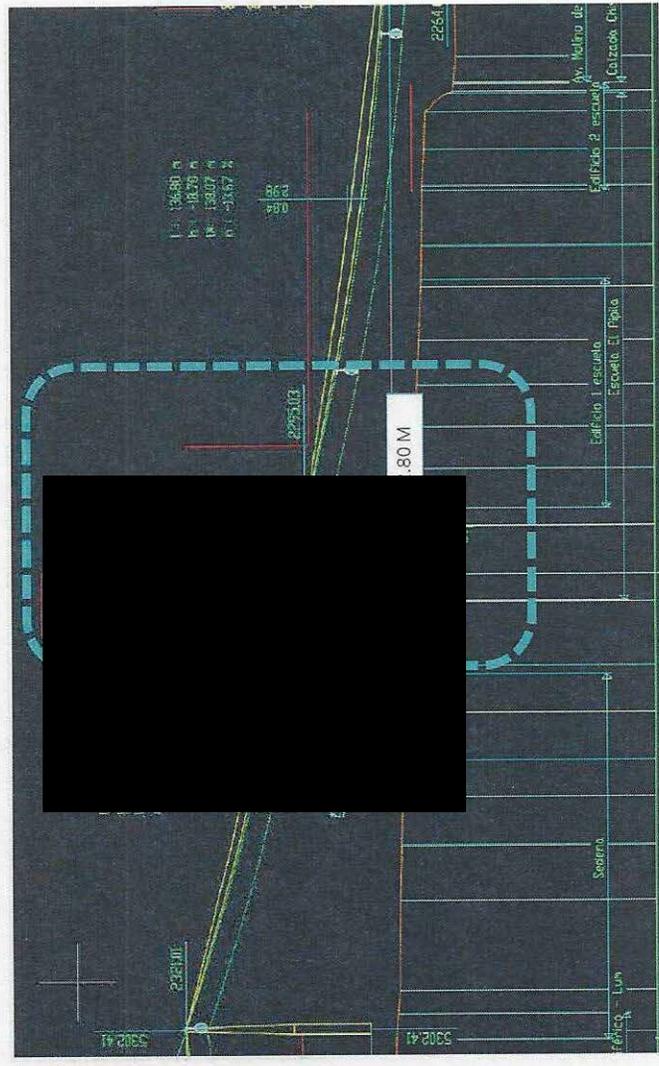
Clave: DGOT-PRYCL3-GH-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T31-001=R00 Revisión 0 – Marzo/2023

TORRES CONSIDERACIONES

TORRES TIPO

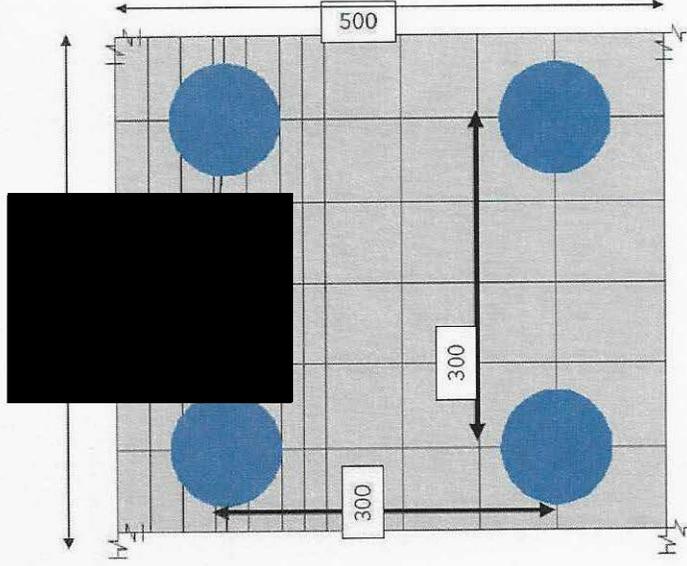


TORRE CONCENTRICA



TORRE INCLINADA

TORRES CONSIDERACIONES



- 4 PILAS DE 1 M DE DIAMETRO
- CABEZAL DE 2 M DE PERALTE

TIPOLOGIA DE CIMENTACION

Clave: DGOT-PRYCL3-GH-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T31-001=R00

Revisión 0 – Marzo/2023

TORRES CONSIDERACIONES

13.12.2022 07:00:41
CA
Tower 28

Doppelmayr
Project ID(s): 10-MGD Chihuahua Seccion 2 (WAA005183)

Detailed support reactions CTF global (characteristic values)

Actions	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Permanent actions	0.0	0.0	-238	-1.8	3.8	0.0
Selfweight						
Variable actions	14.1	0.0	168	1.29	-0.14	-0.0
Repairs (C) (floor and openings enclosures)	-11.5	0.0	-181	85.2	-337	15.3
Repairs (D)	-0.1	0.0	-233	-12.7	-85.4	23.0
Repairs (E)	-0.2	0.0	-241	0.2	-258	0.0
Repairs (F)	-3.3	0.0	-58.9	-0.1	-2.44	0.0
Signal cable without ice	-13.5	0.0	-22.0	-2.1	-4.27	7.7
Signal cable with ice	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
Wz (C)	0.0	-32.6	0.0	815	0.0	-7.5
Wz (D)	-12.1	0.0	0.0	0.0	-273	0.0
Wz (E)	12.1	0.0	0.0	0.0	273	0.0
Wz (F)	0.0	-42.2	0.0	2099	0.0	-0.7
Wind actions (D) on ice	68.1	0.0	0.0	0.0	-973	0.0
Wind actions (E) on ice	68.1	0.0	0.0	0.0	973	0.0
Wz (G)	0.0	-3.9	0.0	318	0.0	0.0
Wz (H)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Accidental actions						
Severance of a signal cable						
Displacement (C)	-19.2	0.0	-2.05	-2.01	14.30	123
Displacement (D)	-4.1	0.0	-2.0	189	16	933
Displacement (E)	7.7	0.0	-2.11	185	216	81.9
Displacement (F)	-12.5	0.0	-1.25	-489	-359	-49.3
Displacement (G)	-7.3	0.0	-1.73	-382	-215	183
Displacement (H)	-5.1	0.0	-0.517	165	-148	-162
Displacement (I)	-10.6	0.0	-1.0	-51.3	-307	8.3
Displacement (J)	-5.1	0.0	-0.517	165	-148	-162
Swatches, snow creasing	50.2	109	-33.7	-3242	976	2.3
Swatches	50.6	-199	317	3242	975	-2.0
Repairs with barriers not sheltered AC	-189	0.0	33.7	-976	-3253	1.9
Repairs with barriers not sheltered AC	-13.3	0.0	-158	-0.2	-391	0.0
Wind actions on barriers not sheltered AC	0.0	147	0.0	3810	0.0	1.1
Wind actions on barriers not sheltered AC	0.0	-147	0.0	-3810	0.0	-1.1

13.12.2022 07:00:52
CA
Tower 37

Doppelmayr
Project ID(s): 10-MGD Chihuahua Seccion 2 (WAA005183)

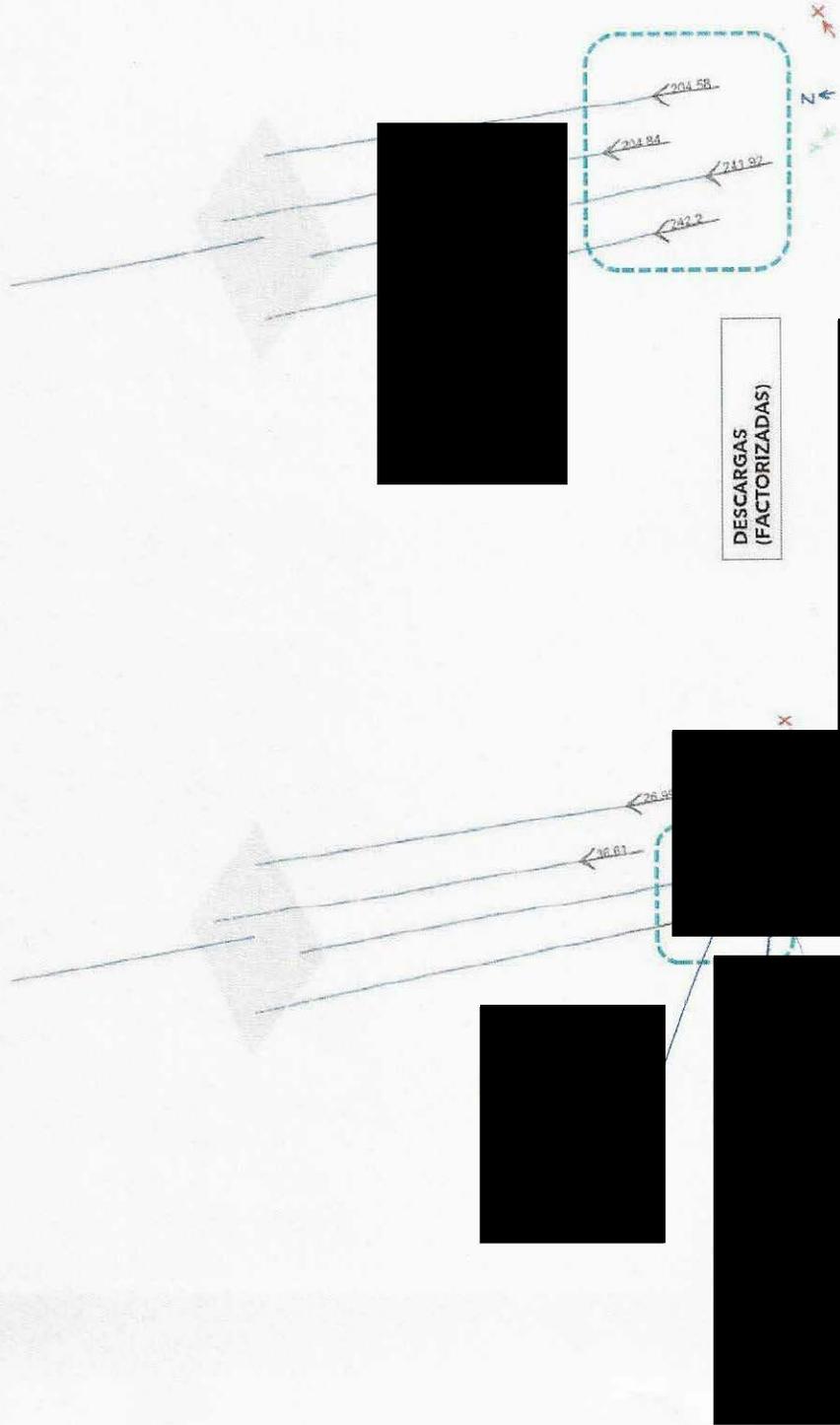
Detailed support reactions CTF global (characteristic values)

Actions	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
Permanent actions	0.0	0.0	-227	-1.5	27.6	0.0
Selfweight						
Variable actions	-17.6	0.0	-121	-43.3	-230	46.1
Repairs (C) (floor and openings enclosures)	-15.4	0.0	-119	33.8	-69	4.0
Repairs (D)	-31.3	0.0	-129	3.6	-147	11.7
Repairs (E)	-10.2	0.0	-302.5	0.0	-169	0.0
Repairs (F)	-9.4	0.0	-54.3	0.0	-151	0.0
Signal cable without ice	-3.7	0.0	33.8	-0.0	-2.51	-4.1
Signal cable with ice	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Wz (C)	0.0	-25.1	0.0	262	0.0	65.1
Wz (D)	0.0	-25.7	0.0	699	0.0	-49.9
Wz (E)	-13.2	0.0	1.2	0.0	-234	0.0
Wz (F)	0.0	107	0.0	-257	0.0	235
Wz (G)	0.0	-107	0.0	257	0.0	-235
Wz (H)	65.6	0.0	-6.8	0.0	1172	0.0
Wz (I)	0.0	7.0	0.0	-250	0.0	213
Wz (J)	0.0	-7.0	0.0	250	0.0	-213
Wz (K)	0.0	0.0	-2.3	7.0	251	0.0
Wz (L)	0.0	0.0	-2.3	7.0	251	0.0
Accidental actions						
Severance of a signal cable						
Displacement (C)	-11.9	0.0	-1.38	-121	-1065	81.7
Displacement (D)	-7.6	0.0	-135	-141	-122	51.7
Displacement (E)	-4.3	0.0	-158	-39.7	-1117	72.5
Displacement (F)	4.3	0.0	158	39.7	1117	-72.5
Displacement (G)	-10.3	0.0	-62.4	-264	-203	-35.0
Displacement (H)	-5.7	0.0	-53.2	-107	-82.9	12.1
Displacement (I)	-11.5	0.0	-68.5	-54	-185	-4.0
Displacement (J)	-5.7	0.0	33.3	107	82.9	12.2
Swatches, snow creasing	38.0	158	-33.7	-3095	976	2.3
Swatches	38.0	-158	33.7	3095	-976	-2.3
Repairs with barriers not sheltered AC	-164	48.0	32.0	-401	-4646	86.7
Repairs with barriers not sheltered AC	164	-48.0	-32.0	401	4646	-86.7
Wind actions on barriers not sheltered AC	-18.4	0.0	93.6	0.0	-274	0.0
Wind actions on barriers not sheltered AC	0.0	1.4	0.0	-1892	0.0	-233
Wind actions on barriers not sheltered AC	0.0	-1.4	0.0	1892	0.0	233

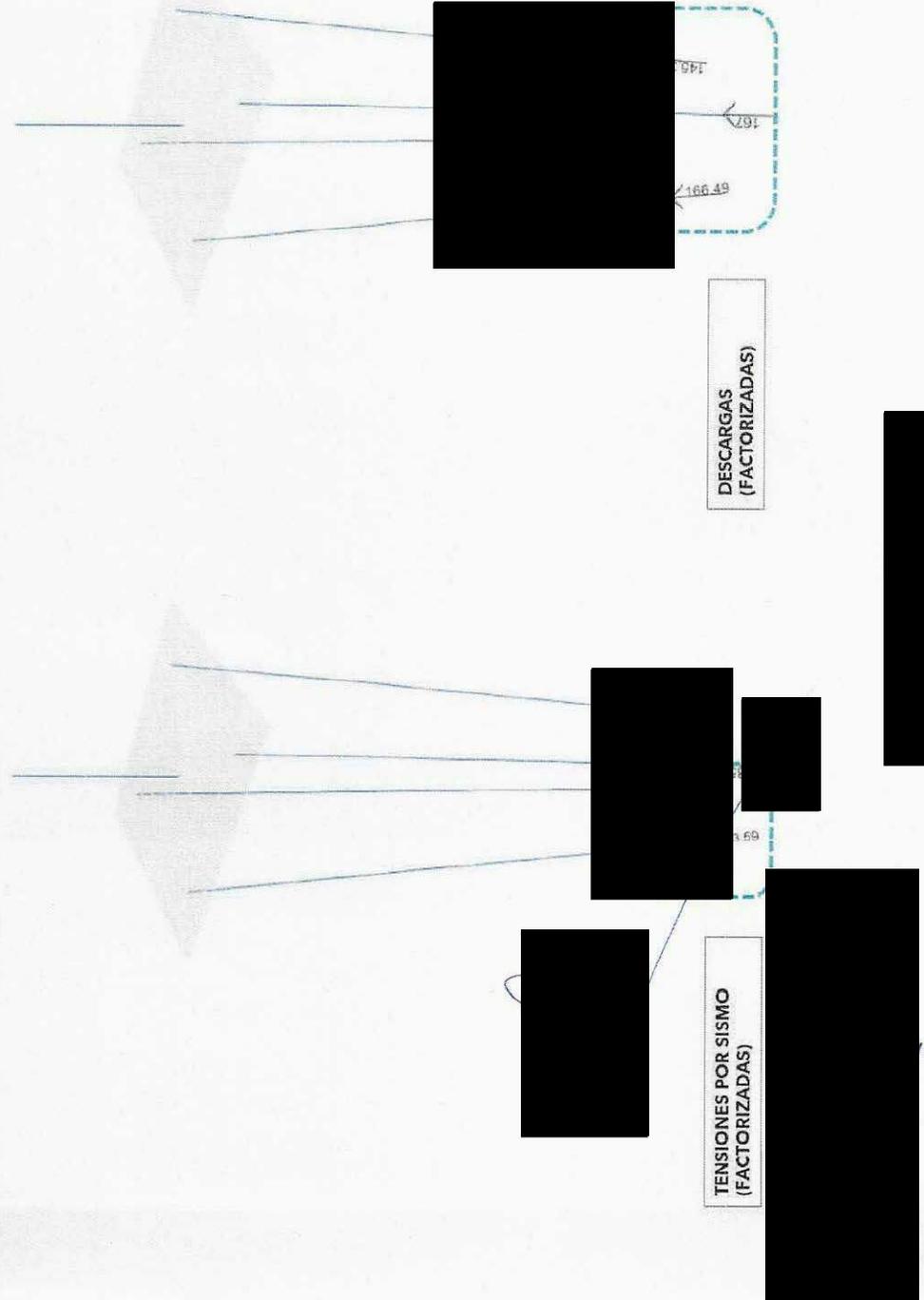
TORRE INCLINADA

CA

TORRE CONCENTRICA DESCARGAS



TORRE INCLINADA DESCARGAS



16. ANEXO 7. MEMORIA DE CÁLCULO

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T31-001=R00

Revisión 0 – Marzo/2023

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR PUNTA, NTC CIMENTACIONES 2017

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

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

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

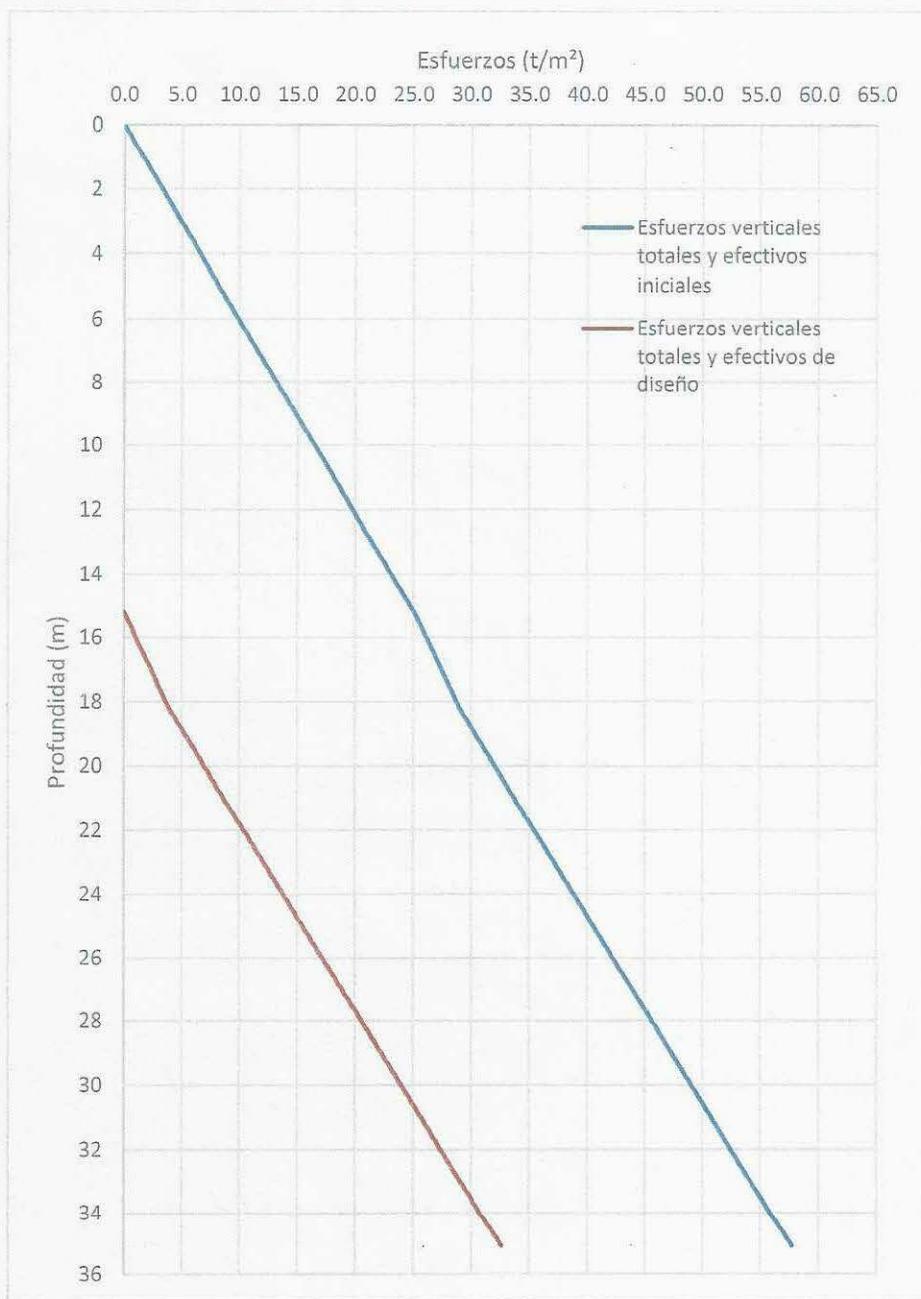
D (m)	Ap (m²)	L (m)	Wp (t)	Le (m)	Le/B	φ	Nmax	Nmin	Nq*	P'v (t/m²)	FR	Pv (t/m²)	Cp (t)
1.0	0.785	20.7	39.02	4.4	4.40	35	132.00	39.00	92.25	11.50	0.35	11.50	300.67
1.2	1.131		56.19		3.67				83.38				392.56
1.4	1.539		76.48		3.14				77.04				495.03

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR FUSTE, NTC CIMENTACIONES 2017

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

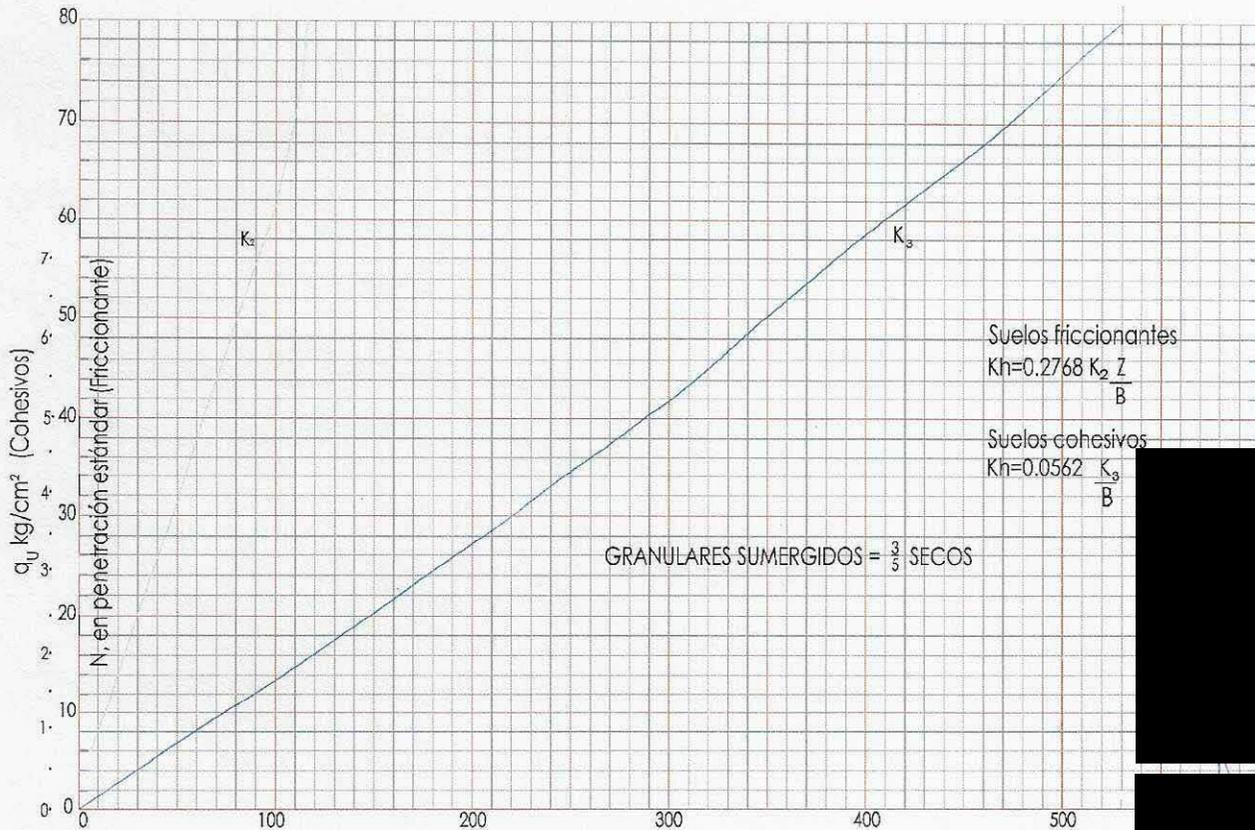
Profundidad (m)	γ (t/m³)	Poz (t/m²)	Uoz (t/m²)	P'oz (t/m²)	P'vi (t/m²)	Li (m)	βi	(P'vi)(Li)βi
0	1.65	0.00	0.00	0.00				
0.6	1.65	0.99	0.00	0.99				
1.2	1.65	1.98	0.00	1.98				
1.2	1.65	1.98	0.00	1.98				
2.75	1.65	4.54	0.00	4.54				
4.3	1.65	7.10	0.00	7.10				
4.3	1.65	7.10	0.00	7.10				
7.15	1.65	11.80	0.00	11.80				
10	1.65	16.50	0.00	16.50				
10	1.65	16.50	0.00	16.50				
12.6	1.65	20.79	0.00	20.79				
15.20	1.65	25.08	0.00	25.08				
15.20	1.3	25.08	0.00	25.08	0.00	3.00	0.58	3.39
16.7	1.3	27.03	0.00	27.03	1.95			
18.2	1.3	28.98	0.00	28.98	3.90			
18.2	1.7	28.98	0.00	28.98	3.90	4.50	0.47	16.31
20.45	1.7	32.81	0.00	32.81	7.73			
Df	22.70	36.63	0.00	36.63	11.55			
24.80	1.7	40.20	0.00	40.20				19.70
24.80	1.7	40.20	0.00	40.20				
29.95	1.7	48.96	0.00	48.96				
35.10	1.7	57.71	0.00	57.71				

D (m)	Pp (m)	FR	Cf (t)
1.0	3.142	0.65	40.2
1.2	3.770		48.3
1.4	4.398		56.3



Gráfica 1. Esfuerzos verticales totales y efectivos, iniciales y de diseño.

ASENTAMIENTOS EN PILAS											
$\delta = \frac{\left(\left(\frac{C_p - W_p}{1.4} + W_p \right) + 0.66 \frac{C_f}{1.4} \right) L}{10 A_p E_c} + \frac{0.36 \left(\frac{C_p - W_p}{1.4} + W_p \right) D}{10 A_p E_s}$ $k_v = \frac{R}{\delta} = \frac{1.4 + W_p}{\delta}$											
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)	
300.7	39.0	40.2	2070	0.785	261916.0171	100	600	1.97	301.9	129.11	
392.6	56.2	48.3		1.131		2.11		384.6	156.82		
495.0	76.5	56.3		1.539		2.26		474.9	184.33		



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

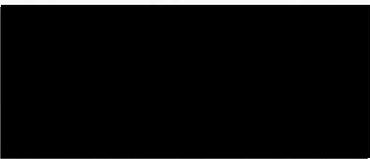
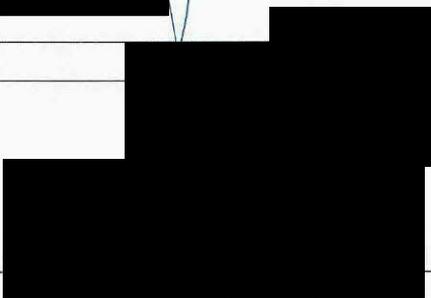
Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

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: <u>SUPERVISIÓN CABLEBUS L3</u>	
Autoriza: _____	



Elaboró	Autorizó.
	

Contenido

1. ANTECEDENTES.....	3
2. OBJETO	3
3. ALCANCES	3
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 32	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	16
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	23
11. ANEXO 3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO	33
12. ANEXO 4. CARGAS ACTUANTES EN UNA TORRE TIPO CONCÉNTRICA	50
13. ANEXO 5. MEMORIA DE CÁLCULO	56

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.....	13

Índice de Figuras

Figura 1. Croquis de localización y ubicación de sondeos, T-32	
Figura 2. Zonificación geotécnica de la Ciudad de México	
Figura 3. Corte estratigráfico y solución de cimentación, T-32	
Figura 4. Procedimiento de excavación, T-32	

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 32, originalmente elaborado por la empresa LIEC 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 32. 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 32, denominada T-32, la cual tiene las coordenadas X=479,007.8903; Y= 2,145,977.0304 y se proyecta dentro de la segunda sección del Bosque de Chapultepec, casi en la esquina de Av. Constituyentes y Calle Gral. Maria Mendivil, en un área verde, 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 32

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

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

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

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=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	

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

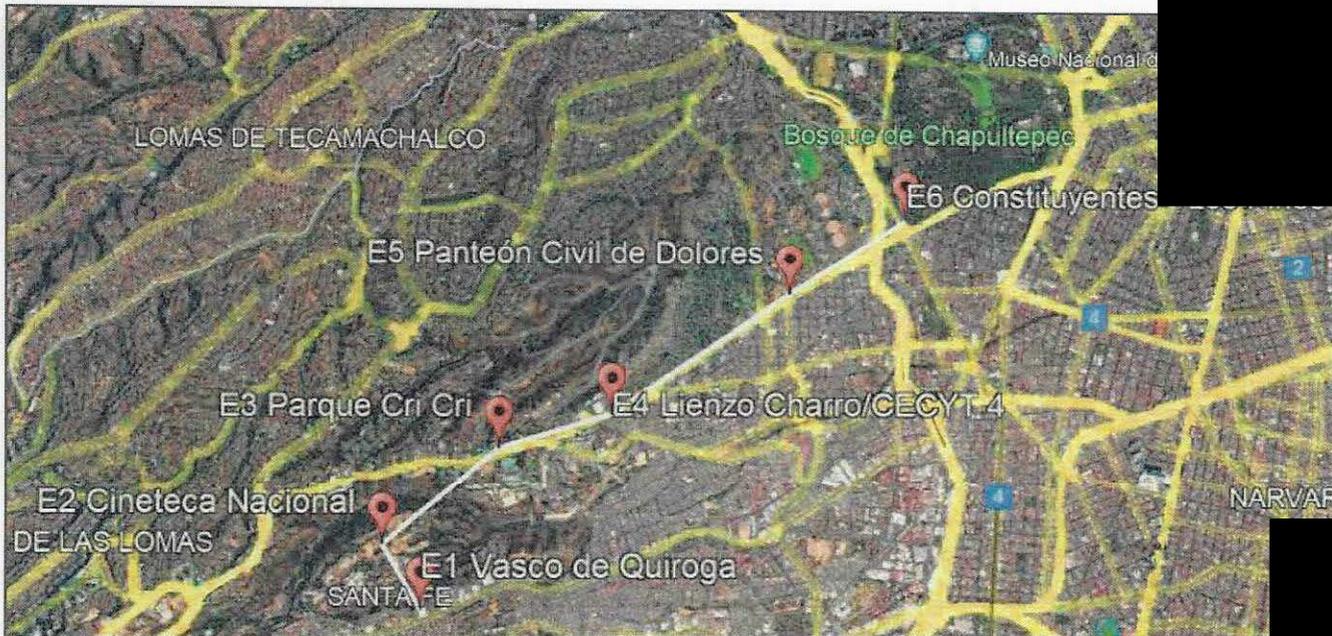


Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús

La Torre 32 con coordenadas: X=479,007.8903; Y= 2,145,977.0304, se proyecta dentro de la segunda sección del Bosque de Chapultepec, casi en la esquina de Av. Constituyentes y Calle Gral. Maria Mendivil, en una zona verde, Av. Constituyentes S/N, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX. La zona presenta abundantes árboles. Estas estaciones son del tipo concéntrica y tendrá una altura de 30.9 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-32), a una profundidad de 35.05 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).

Con los resultados del sondeo de penetración estándar, se programó la recuperación de muestras inalteradas mediante la técnica del tubo de pared delgada tipo Shelby, a las profundidades de 3.0, 5.0 y 10.0 m, sin embargo, la recuperación fue prácticamente nula, por lo que estas muestras no fueron ensayadas en el laboratorio.

Así mismo, se ejecutó un sondeo de avance controlado (SAC-1, T-32), a una profundidad 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

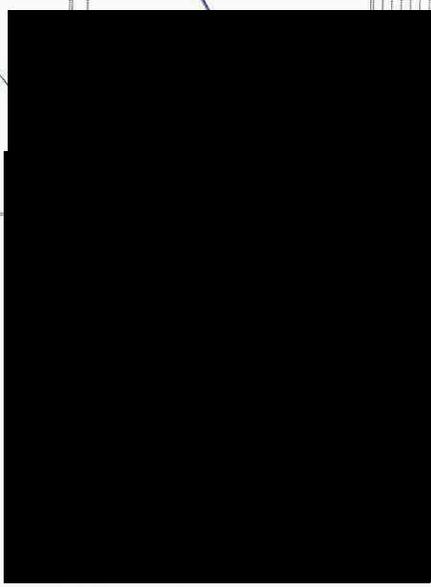
A las muestras obtenidas de los sondeos se les realizaron las siguientes pruebas:

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



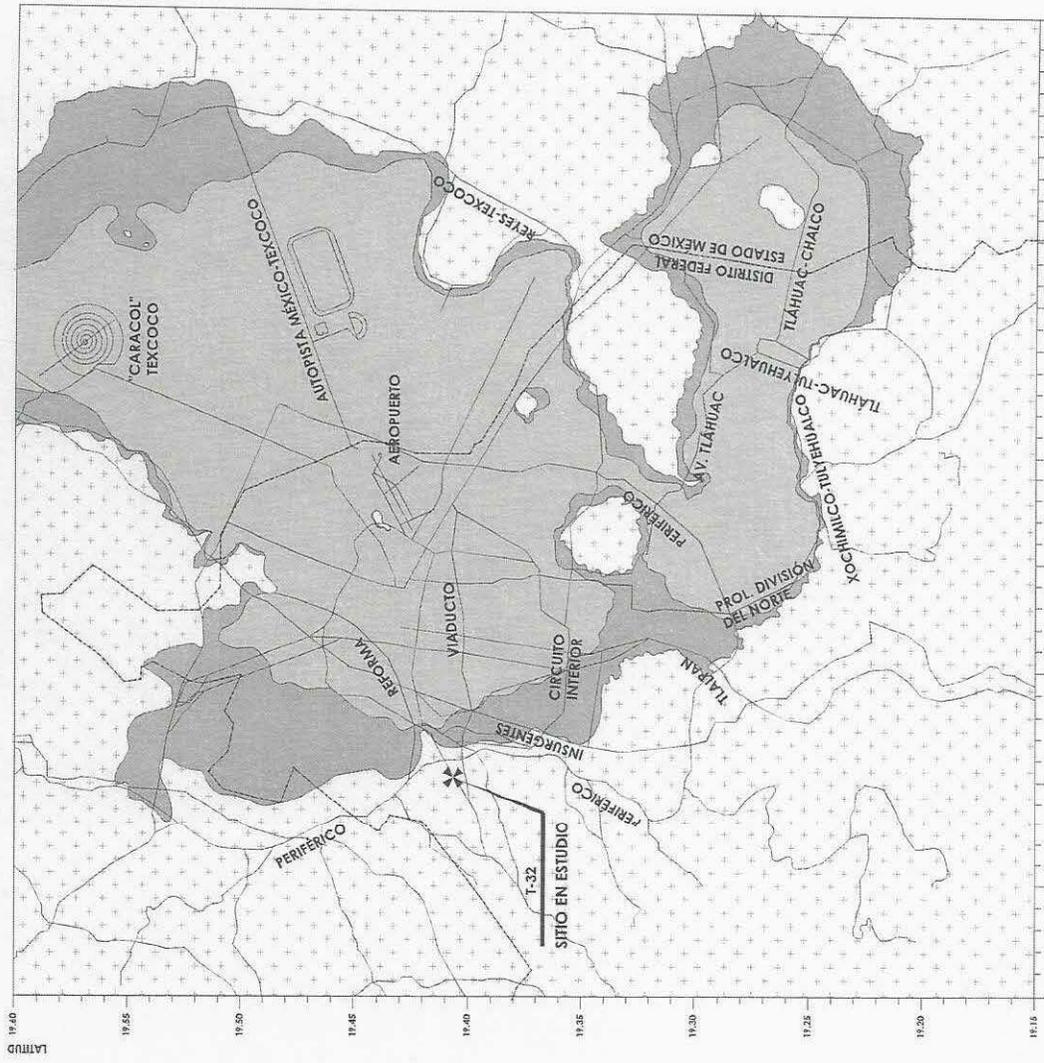
CIRCUITO DE ESTACIONAMIENTO

BIBLIOTECA



	INSTITUTO MEXICANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS COMISIÓN NACIONAL DE TRANSPORTE COMISIÓN NACIONAL DE SEGURIDAD VIAL COMISIÓN NACIONAL DE SEGURIDAD DE TRÁNSITO COMISIÓN NACIONAL DE SEGURIDAD DE VEHÍCULOS COMISIÓN NACIONAL DE SEGURIDAD DE EQUIPOS DE TRÁNSITO
DIRECCIÓN GENERAL DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO DIRECCIÓN GENERAL DE SEGURIDAD VIAL DIRECCIÓN GENERAL DE SEGURIDAD DE TRÁNSITO DIRECCIÓN GENERAL DE SEGURIDAD DE VEHÍCULOS DIRECCIÓN GENERAL DE SEGURIDAD DE EQUIPOS DE TRÁNSITO	DIRECCIÓN GENERAL DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO DIRECCIÓN GENERAL DE SEGURIDAD VIAL DIRECCIÓN GENERAL DE SEGURIDAD DE TRÁNSITO DIRECCIÓN GENERAL DE SEGURIDAD DE VEHÍCULOS DIRECCIÓN GENERAL DE SEGURIDAD DE EQUIPOS DE TRÁNSITO

escala gráfica
 0 1 2.5 5 10 15 20 km



LONGITUD
 98.85 98.90 98.95 99.00 99.05 99.10 99.15 99.20 99.25 99.30



Carretera
 Ferrocarril
 Canal
 Río
 Canal
 Río

(HTC Para obras y construcción de cimentaciones, 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 las cargas actuantes para una torre tipo concéntrica, en el Anexo 5 se presenta la memoria de cálculo de la cimentación.

5.4 Interpretación estratigráfica

Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio, los sondeos exploratorios realizados en esta torre y los sondeos y exploración geofísica realizados en las Torres 30, 31 y E-5, 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 15.0 m se presenta un relleno para la rehabilitación de antiguas minas de esta zona y presenta la siguiente sub estratificación: **De 0.0 a 10.20 m. Arcilla arenosa (CL)**, color café claro, de consistencia baja a muy dura, con una gran variación en el número de golpes en la prueba de penetración estándar N, entre 3 y 49. El contenido natural de agua, ω , en promedio de 25%. El porcentaje de finos varía entre 59 y 68%, mientras que el porcentaje de arena varía entre 21 y 33%.

De 10.20 a 12.60 m. Arena arcillosa (SC), color café oscuro, en estado semicompacto a compacto, con un número de golpes en la prueba de penetración estándar N, de 12 a 43. El contenido natural de agua, ω , en promedio de 15.4%. El porcentaje de finos es de 28%, mientras que el porcentaje de arena es de 58%.

De 12.60 a 15.00 m. Limo arenoso (ML), color café claro, de consistencia rígida a dura, con un número de golpes N, de 10 a 30. El contenido natural de agua, ω , en promedio de 28%. El porcentaje de finos varía entre 50 y 52%, mientras que el porcentaje de arena varía entre 47 y 48%.

De 15.00 a 25.90 m. Arcilla arenosa (CL), color café claro, de consistencia dura, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua, ω , es en promedio de 24%. El porcentaje de finos varía entre 51 y 64%, mientras que el porcentaje de arena varía entre 33 y 42%.

De 25.90 a 31.80 m. Arcilla arenosa con grava (CL), color café claro, de consistencia dura, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua, ω , promedio de 13%. El porcentaje de finos es de 45%, el porcentaje de arenas corresponde a 28% y el porcentaje de gravas es de 27%.

De 31.80 a 35.05. Arena arcillosa con grava (SC), color café claro, de compacidad muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua, ω , promedio de 14%. El porcentaje de finos varía de 33 a 38%, el porcentaje de arenas varía del 54 a 64% y el porcentaje de gravas varía de 9 a 11 %.

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

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

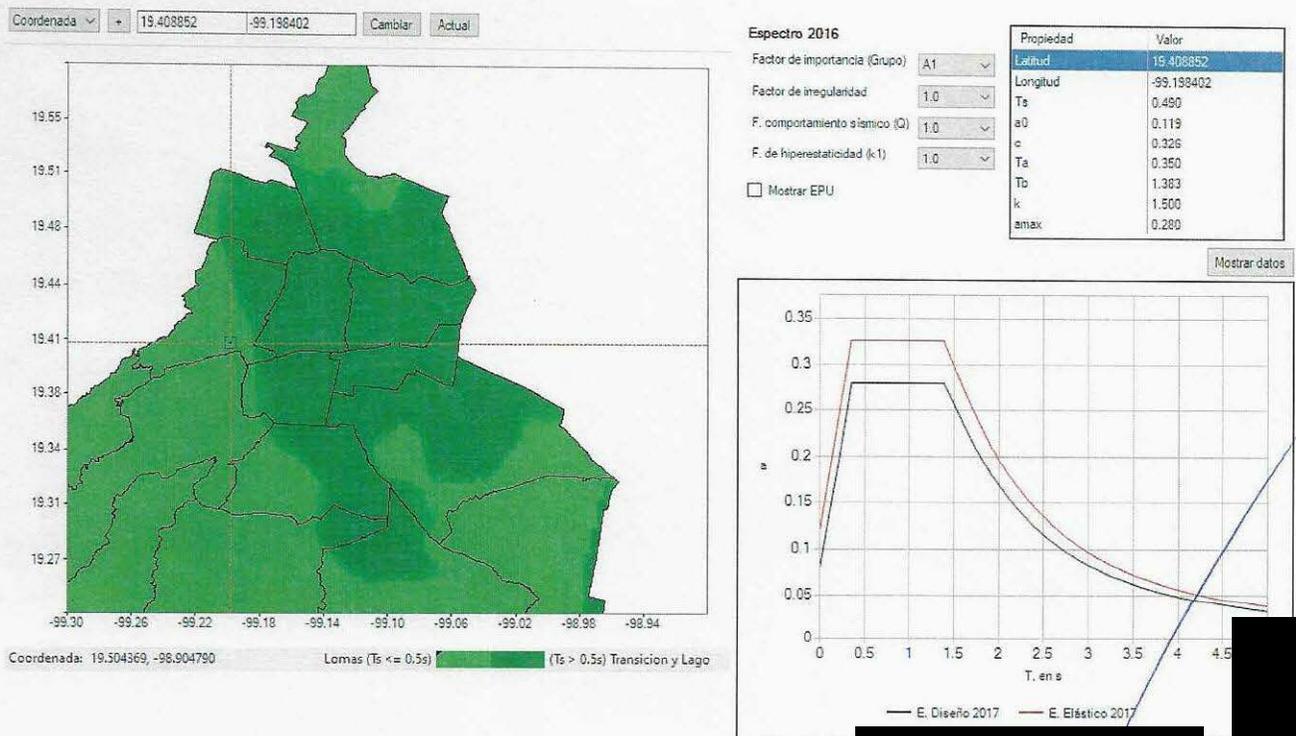
Revisión 0 – Abril 2023

Minas. Durante los trabajos de ejecución del SPT no se presentaron pérdidas de fluido de perforación o caída repentina de barras y en el SAC se presentaron pérdidas de fluido de perforación a los 3.0 m de profundidad, con retorno a los 12.0 m, no hubo caída repentina de barras.

Sin embargo, teniendo en cuenta la exploración geotécnica y geofísica realizada en las Torres 30 y 31 y en la Estación 5, se concluye que el material de 0.0 a 15.0 m detectado en el SPT-1, T-32, corresponde con un **Relleno heterogéneo para rehabilitación de antiguas minas.**

Tomando en cuenta lo anterior, para el diseño de la cimentación se considera que el piso de las antiguas minas, se presenta a una profundidad media de 15.0 m.

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 son resultado 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)	γ (t/m ³)	c (t/m ²)	ϕ°	E (kg/cm ²)	Observaciones
1	0.0 a 15.0	1.55	Relleno para rehabilitación de antiguas minas			De acuerdo con los resultados de la exploración geotécnica y geofísica, se considera la presencia de rellenos utilizados para regenerar estas.
2	15.0 a 26.0	1.70	20	30	650	
3	26.0 a 31.8	1.70	20	34	800	
	31.8 a 35.05	1.75	11	39	900	

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

Cabe mencionar que, las propiedades de resistencia y deformabilidad de los materiales, se determinaron tomando en cuenta las pruebas de ficómetro realizadas en las torres cercanas, así como 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 32 con coordenadas: X=479,009.6078; Y= 2,145,977.8837, se proyecta dentro de la segunda sección del Bosque de Chapultepec, casi en la esquina de Av. Constituyentes y Calle Gral. Maria Mendivil, en un área verde, Av. Constituyentes S/N, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX. La zona presenta abundantes árboles. Esta torre es del tipo concéntrica y tendrá una altura de 30.9 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, para 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 II, la solución de cimentación consiste en pilas de sección circular de 1.0 m de diámetro como mínimo, que trabajen por fricción en 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 no se presentaron pérdidas de fluido de perforación o caída repentina de barras y en el SAC se presentaron pérdidas de fluido de perforación a los 3.0 m de profundidad, con retorno a los 12.0 m, no hubo caída repentina de barras.

Sin embargo, teniendo en cuenta la exploración geotécnica y geofísica realizada en las Torres 30 y 31 y en la Estación 5, se concluye que el material de 0.0 a 15.0 m detectado en el SPT-1, T-32, corresponde con un **Relleno heterogéneo para rehabilitación de antiguas minas.**

Tomando en cuenta lo anterior, para el diseño de la cimentación se considera que el piso de las antiguas minas, se presenta a una profundidad media de 15.0 m.

La solución de cimentación será con pilas desplantadas a 26.5 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 24.5 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 se calcula de acuerdo a 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:

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

Donde:

p'_v esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 19.0 t/m²

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

- 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 19.0 t/m²

Con:

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

Cuando

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

O bien

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

Cuando

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

Donde:

- L_e longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 11.5 m
 B diámetro de la pila, m.
 ϕ ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 34°

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

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

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

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

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

Donde:

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

Con

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

Capacidad a la tensión. Los efectos de tensión en la torre; que se presenten a nivel de cimentación, 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	46.2	623.9	104.4	682.2	134.5
1.2	66.5	898.4	125.3	957.3	168.6
1.4	90.5	1,122.9	146.2	1,278.6	205.1

Las capacidades de carga reducida, R, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a compresión y las capacidades a la tensión, C_{te} , deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a tensión. Esta comparación se presenta en el Anexo 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/m², para evitar asentamientos inadmisibles por la reglamentación vigente.

6.4 Estado límite de servicio

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

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

Donde:

- δ deformación total de la pila, cm
- L longitud de la pila, igual a 2,450 cm
- D diámetro de la pila, cm
- E_s módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 8
- E_c módulo de elasticidad del concreto, igual a 280,000 kg

con

$$E_c = 14,000 \sqrt{f'c}$$

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

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

Donde:

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

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

Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas

D (m)	δ (cm)	k_v (t/cm)	k_v (kg/cm ³)
1.0	3.20	166.96	21.26
1.2	3.71	202.13	17.87
1.4	4.23	237.25	15.41

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:

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

Para suelos cohesivos:

$$k_h = 0.0562 \frac{k_3}{B} \quad (15)$$

Donde

- k_h módulo de reacción horizontal, (kg/cm³)
- k_2, k_3 coeficientes de Terzaghi para suelos friccionantes y cohesivos, lb/pulg³
- B diámetro del cemento, m
- z profundidad media del estrato en revisión, m.

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

Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	qu (kg/cm ²)	k3	kh (Kg/cm ³)		
						B (m)		
						1.0	1.2	1.4
2.0 a 10.2	3	-	-	0.86	52	0.29	0.24	0.21
10.2 a 15.0	10	10.6	13	-	-	3.81	3.18	2.72
15.0 a 26.0	62	18.5	100	-	-	51.21	42.67	36.58

Tabla 7. Módulos estáticos de reacción horizontal para dado

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	qu (kg/cm ²)	k3	kh (kg/cm ³)
						B (m)
						4.50
0.0 a 0.2	3	-	-	0.86	52.00	0.06

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 32 se ubica dentro de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec en un área verde, casi en la esquina de la Av. Constituyentes y la Calle Gral. Maria Mendivil, donde se presentan diversos árboles.

- Los trabajos iniciarán con el trasplante de todos los árboles que se encuentren en el área de afectación para la construcción de la Torre.
- Concluidos los trabajos anteriores, se procederá con los trabajos de perforación y colado de la cimentación.

7.2 Pilas

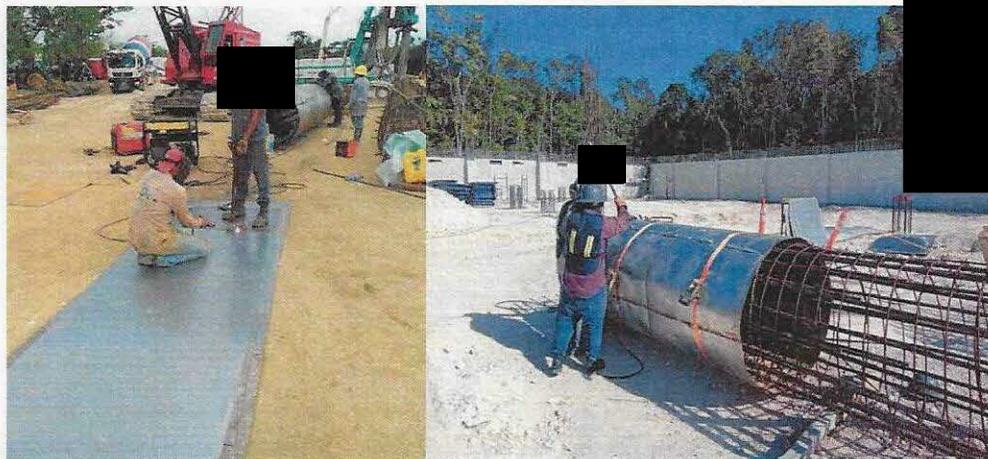
Con las áreas liberadas se procederá con los trabajos de perforación y colado de las pilas de cimentación, tomando en cuenta los puntos siguientes:

- Trazo y ubicación topográfica de la posición de cada una de las pilas, para garantizar la ubicación 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 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) **Debido a que detectó el relleno para la regeneración de una antigua mina, se deberá colocar un ademe perdible desde el nivel de terreno existente, hasta una profundidad de 15.0 m.** 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 cumplimiento del 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 el 5% del área en un espesor de 5 cm.
 - 4) *Acero de refuerzo.* La separación mínima entre varillas no debe ser menor de 1.5 veces el diámetro de la varilla ni menor de 1.5 veces el tamaño del agregado máximo.
- 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.

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

7.4 Minas

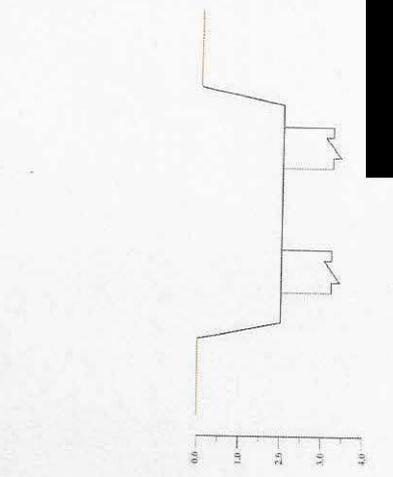
a) Durante los trabajos de perforación de pilas, el operador deberá prestar especial atención a los avances, cambios de presión y velocidad, así como a la caída repentina de la herramienta.

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. Es importante tomar alguna de las medidas siguientes:

- Haciendo descender a un supervisor por medio de la misma perforadora, así como el arnés con un arnés. **Cada una de las pilas deberá ser verificada y liberada por un supervisor de mecánica de suelos.**
- 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.**

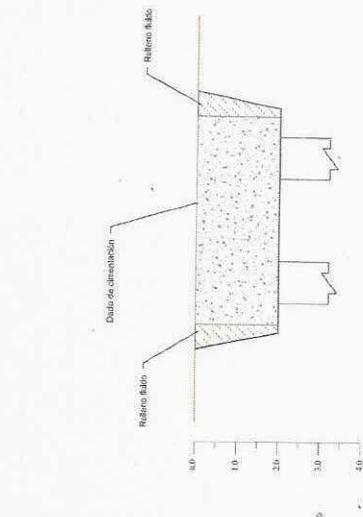
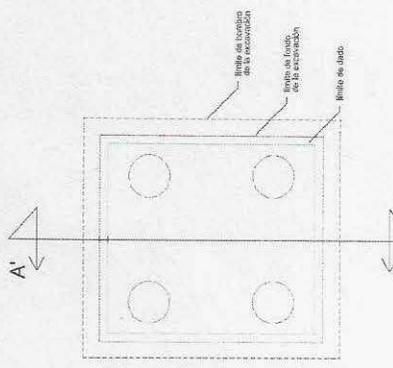


BRUNVICOLIA



Corte A-A'

5) Cuando las pilas se realicen la excavación hasta 2.0 m de profundidad con taludes con una inclinación de 70° respectiva a la horizontal, procurando las paredes con interpeñasco, con zancazo de muros.

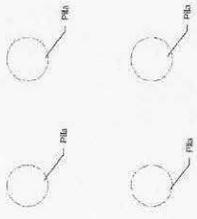


Corte A-A'

6) Al llegar a la profundidad máxima para el dado, 2.0 m, se realiza el desmoldo de las pilas de cimentación y en el fondo de la excavación se colocará una planilla de concreto plete con una $F_{cm}=100 \text{ kg/cm}^2$, para proceder con el habilitado del acero de refuerzo para el dado de cimentación.

6) Posteriormente se realizará el cobado del dado, habilitando las proporciones necesarias para la concreción con la superestructura.

7) El cobado sobre el refuerzo del dado y los taludes de la excavación, será refrendado con relleno fluido. O bien, con material con calidad de base, compactado al 95% de su P.V.M.



1) Una vez que se tenga el área liberada y se hayan respaldado los árboles dentro del área de acristado y el registro relleno, se daré paso a la construcción de las pilas.

2) Se realizará la perforación y el cobado de las pilas de cimentación. Para la perforación se usará los siguientes métodos de las medidas siguientes:

- A) Mediante la perforación con un inyector con medida de la misma perforadora, con perforación alforjada, con un arnés, todo una de las pilas deberá ser verificada e iluminada por un supervisor de mecánica de suelos.
- B) Se podrá realizar a algún otro tipo de perforación, 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 confirmando la no existencia de cavidades, fisuras, fractura, etc.

3) Debido a que se detecta la existencia de la existencia de una antigua mina se deberá conocer su alcance y determinar el tipo de material que se encuentre en el fondo de las pilas para poder tener un controlado. Para esto se deberá hacer el habilitado del acero para cada una de las pilas (Fotos 1 y 2, apartado 7.2 del informe). Para la misma se usará como talante posible, para poder realizar el cobado de los elementos de cimentación. La misma se usará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el funcionamiento de proyecto.

4) En caso de que se presenten condiciones diferentes a las contempladas en el estudio, se dará aviso inmediato al área de geotécnica, para realizar nuevamente la profundidad de la perforación y las capacidades de carga.

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS VENEZUELA INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS VENEZUELA	
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

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.

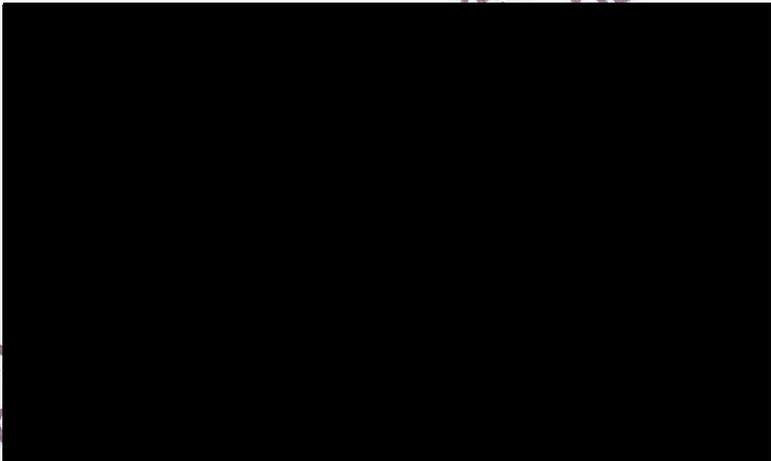
c) En caso de que se presenten minas subterráneas y/u oquedades importantes adicionales a lo considerado en este informe, se deberá dar aviso inmediato al área de mecánica de suelos, para que se tomen las medidas correctivas que se deben de realizar. Cualquier condición del suelo diferente a la considerada 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

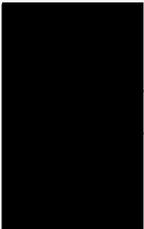
1. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Cimentaciones**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
2. Tamez, E. **Manual de diseño geotécnico Vol. 1**. Comisión de Vialidad y Transporte Urbano,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

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

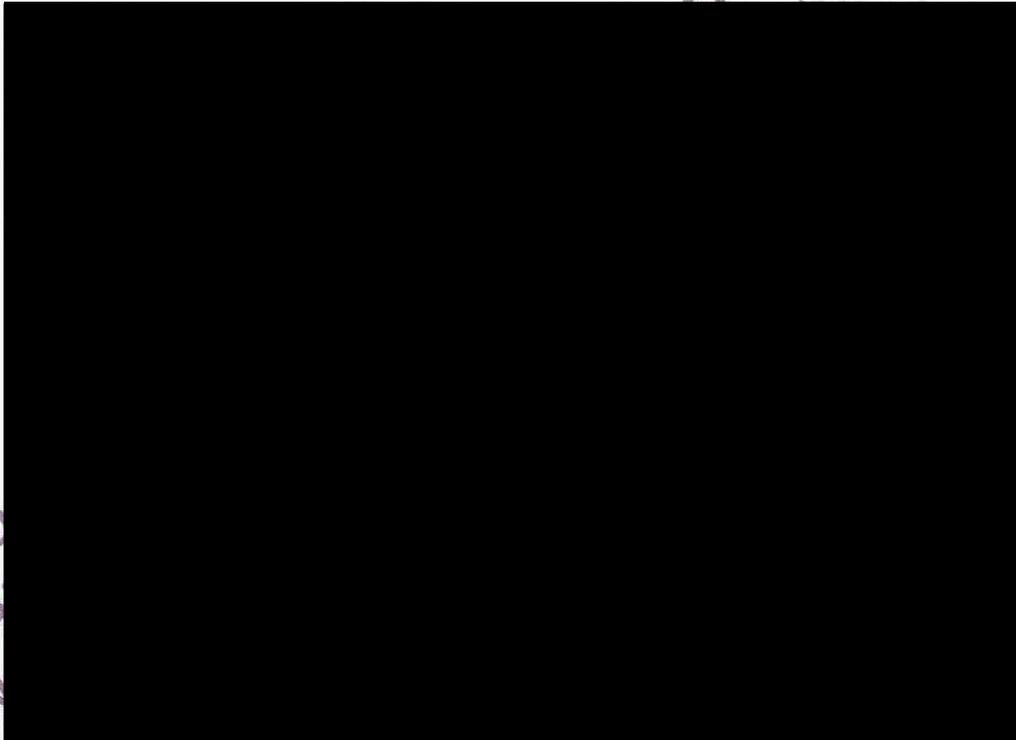


PARA USO EXCLUSIVO
INTEGRAL DE LA "C
TRANSPORTE SI
QUIROGA A M
CABLEBÚS L
PÚBLICO

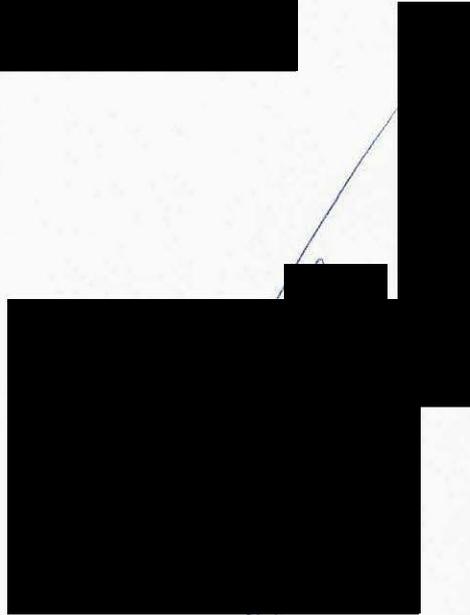


Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

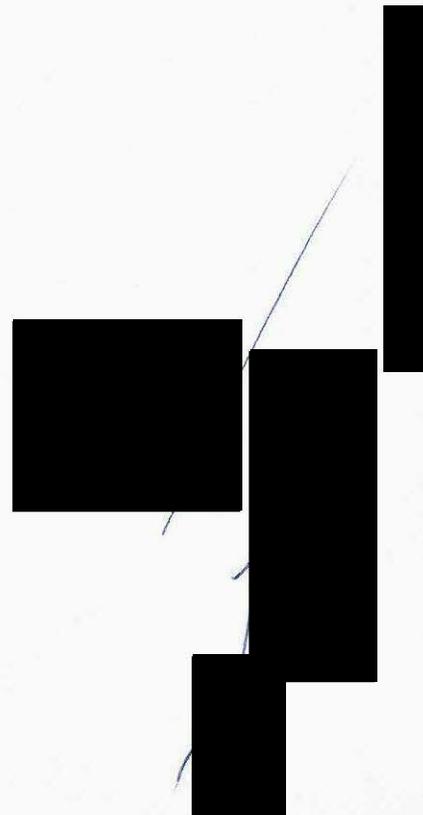
Revisión 0 – Abril 2023



PARA USO
INTEGRA
TRAN
QUIROS
CABLEBÚS
PÚBLICO CAB

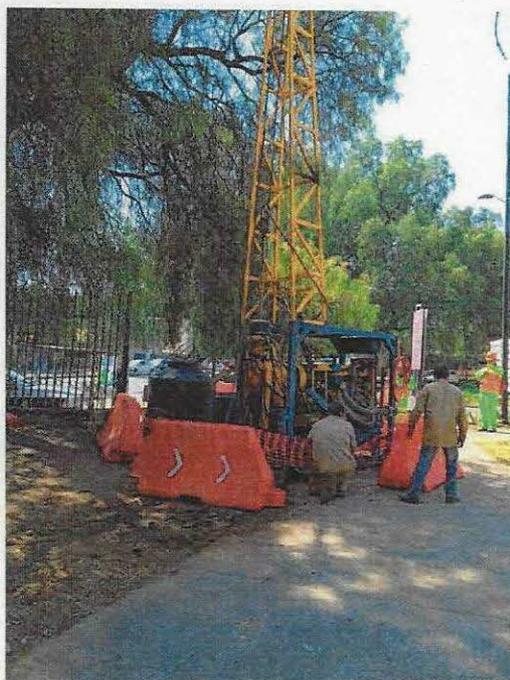


9. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA





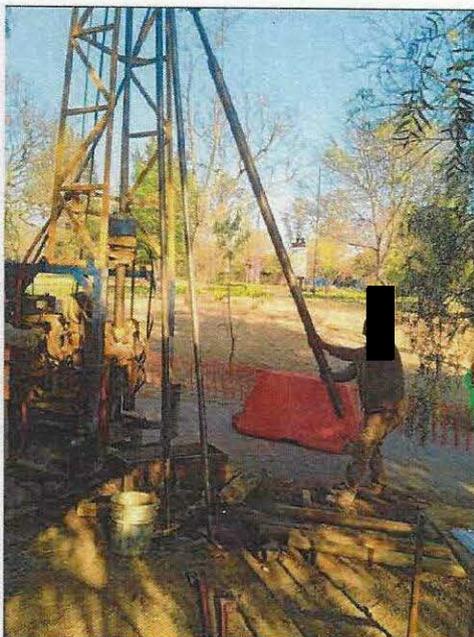
Fotografía 1. Llegada de la perforadora al sitio de exploración T-32 (SPT-1)



Fotografía 2. Inicio de sondeo de penetración estándar T-32 (



Fotografía 3. Avance de perforación T-33 (SPT-1).



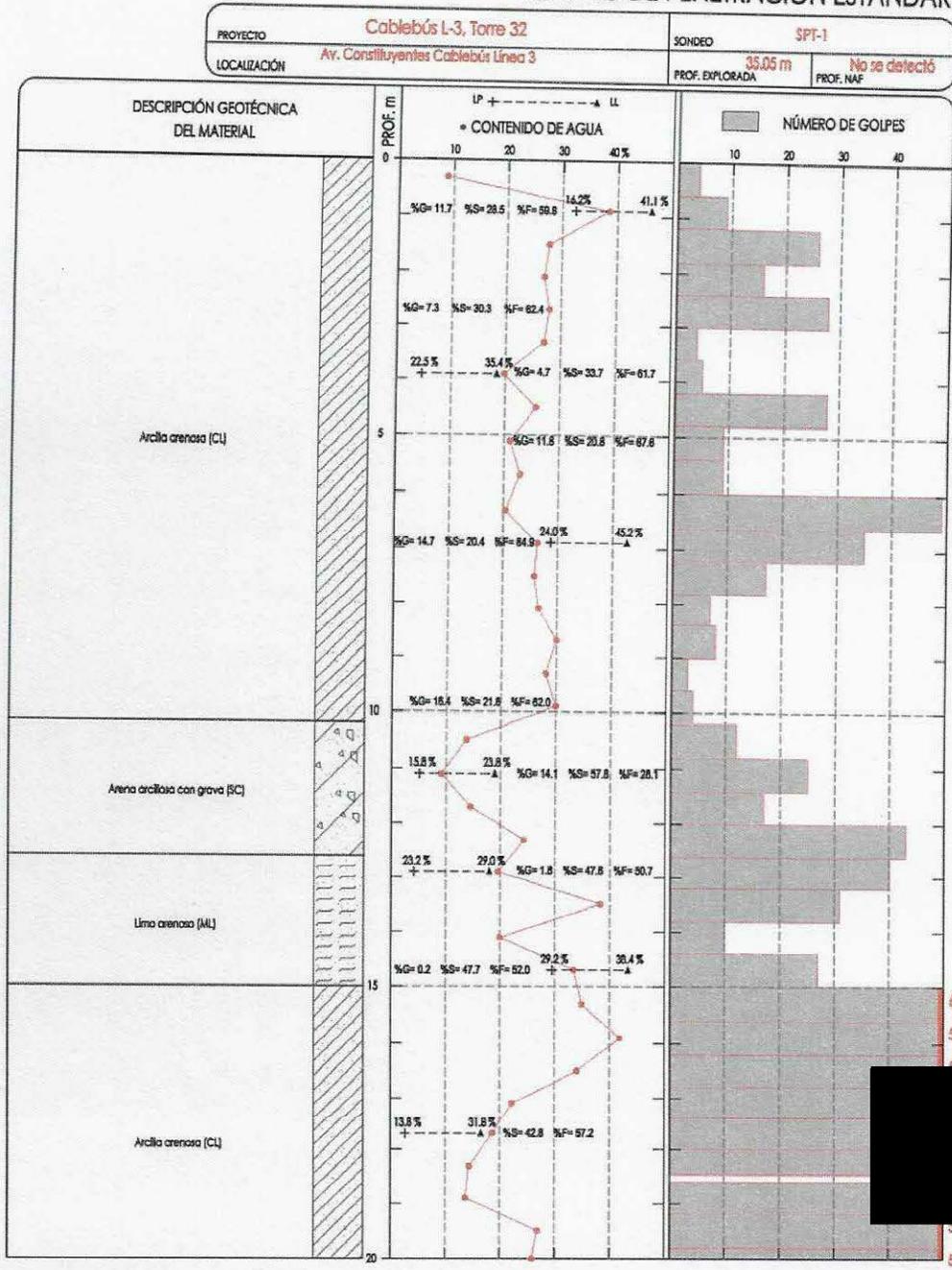
Fotografía 4. Colocación de ademe metálico T-32 (SPT-1).

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

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

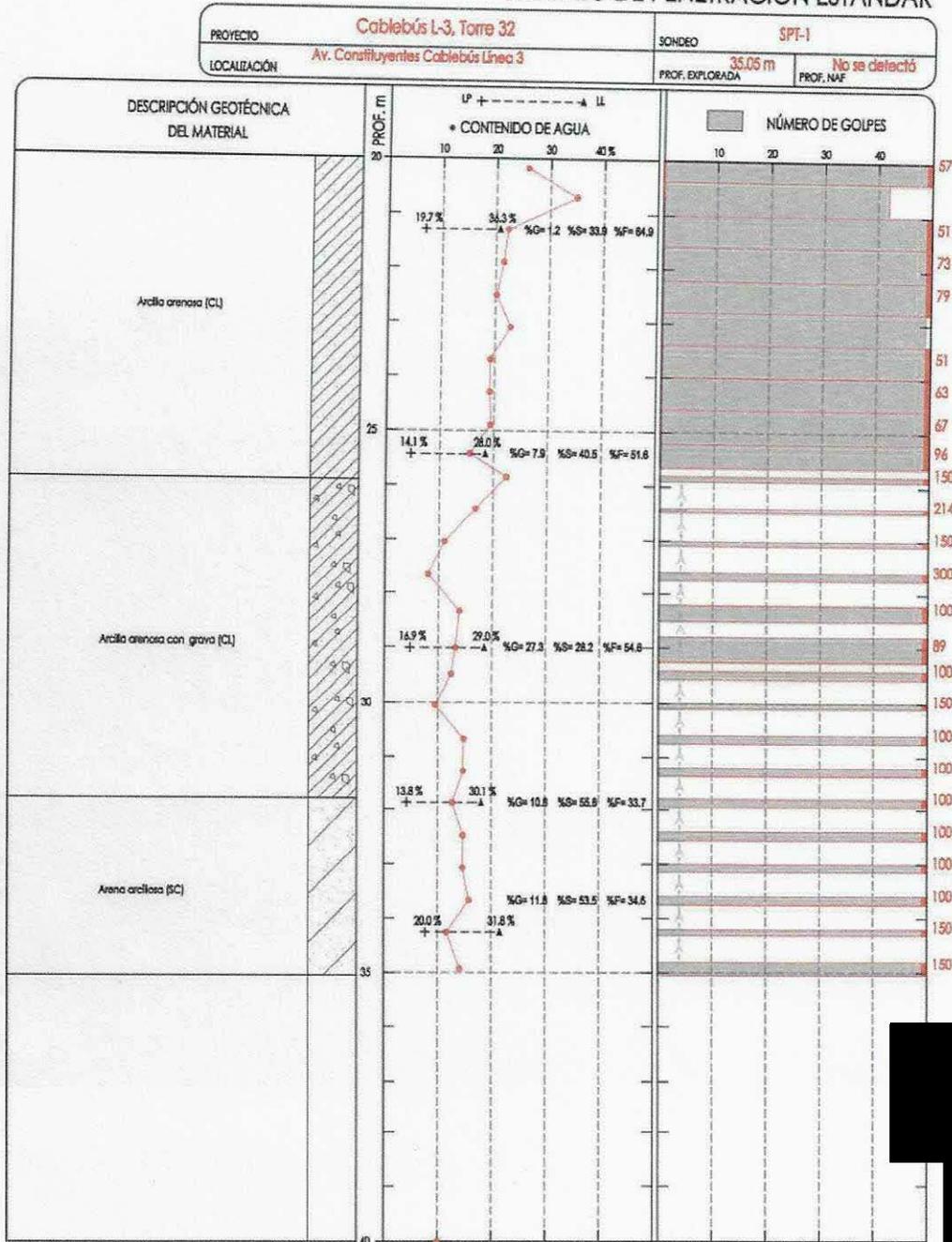


<p>RELLENO (diagonal lines)</p> <p>ARCILLA (horizontal lines)</p> <p>ARENA (S) (dots)</p> <p>LIMO (wavy lines)</p>	<p>GRAVA (G) (triangles)</p> <p>RAÍCES (cross-hatch)</p>	<p>OH = LIMO ORGÁNICO</p> <p>CV = CENIZA VOLCÁNICA</p> <p>VV = VIDRIO VOLCÁNICO</p> <p>LP = LÍMITE PLÁSTICO</p> <p>LI = LÍMITE LÍQUIDO</p>	<p>S = PORCENTAJE DE ARENAS</p> <p>F = PORCENTAJE DE FINOS</p> <p>G = PORCENTAJE DE GRAVAS</p> <p>PH = PESO DE HERRAMIENTA</p> <p>RH = RENDIMIENTO DE HERRAMIENTA</p>	<p>TS = TUBO SHELBY</p> <p>TD = TUBO DENTADO</p> <p>A = AVANCE CON BROCA TRICÓNICA</p> <p>NAF = NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS</p> <p>ROD = NIVEL DE CALIDAD DE LA ROCA</p>
--	--	--	---	---

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR



RELEVO 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 = PESO DE HERRAMIENTA RQD = ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA

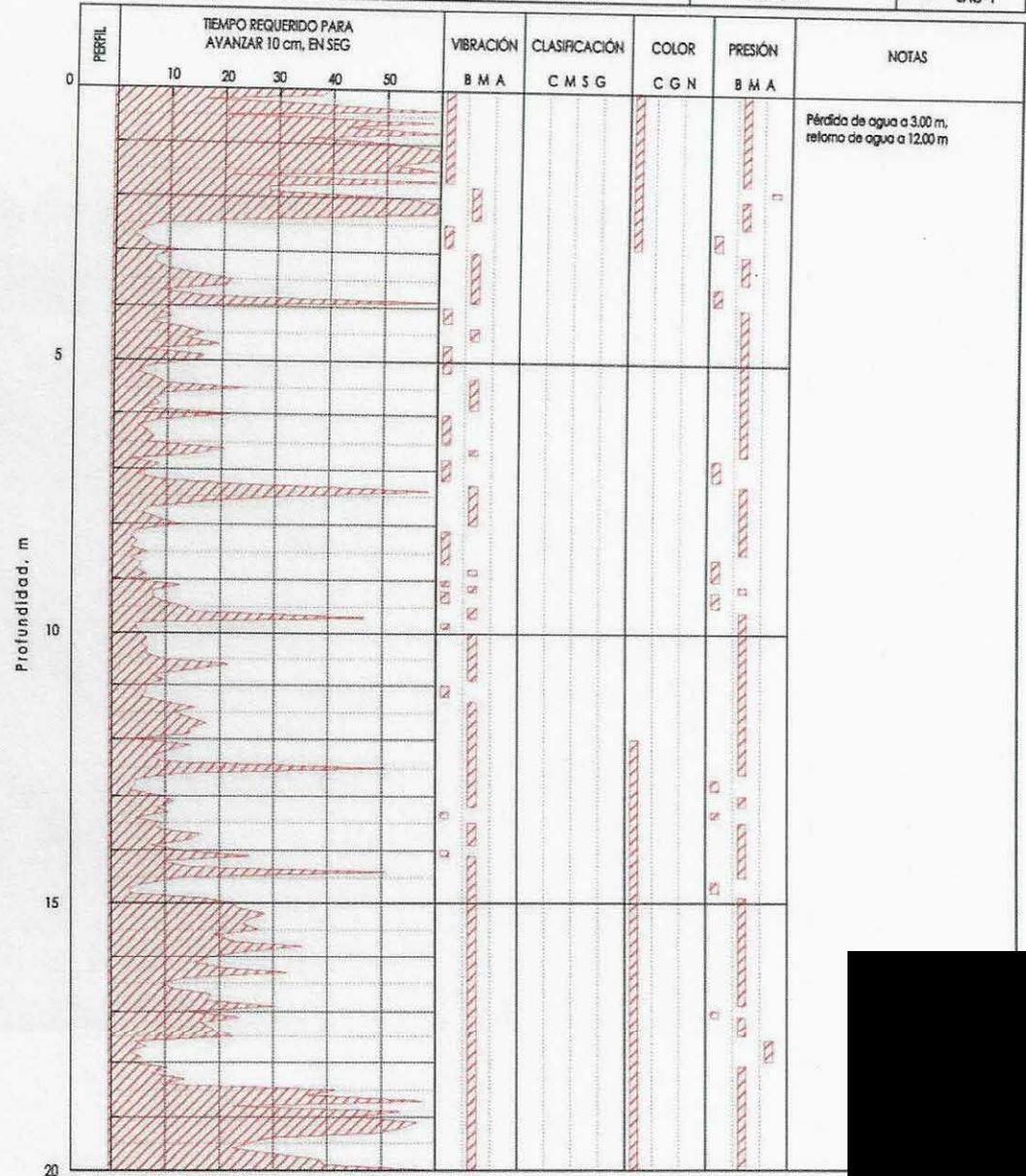
Fin 32 1h

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3, T-32	OPERADOR/SUPERVISOR	José Francisco	EQUIPO	MOBIL
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes Cablebús Línea 3	FECHA	07/02/2023	SONDEO	SAC-1



RELENO	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)			
LIMONOSO				

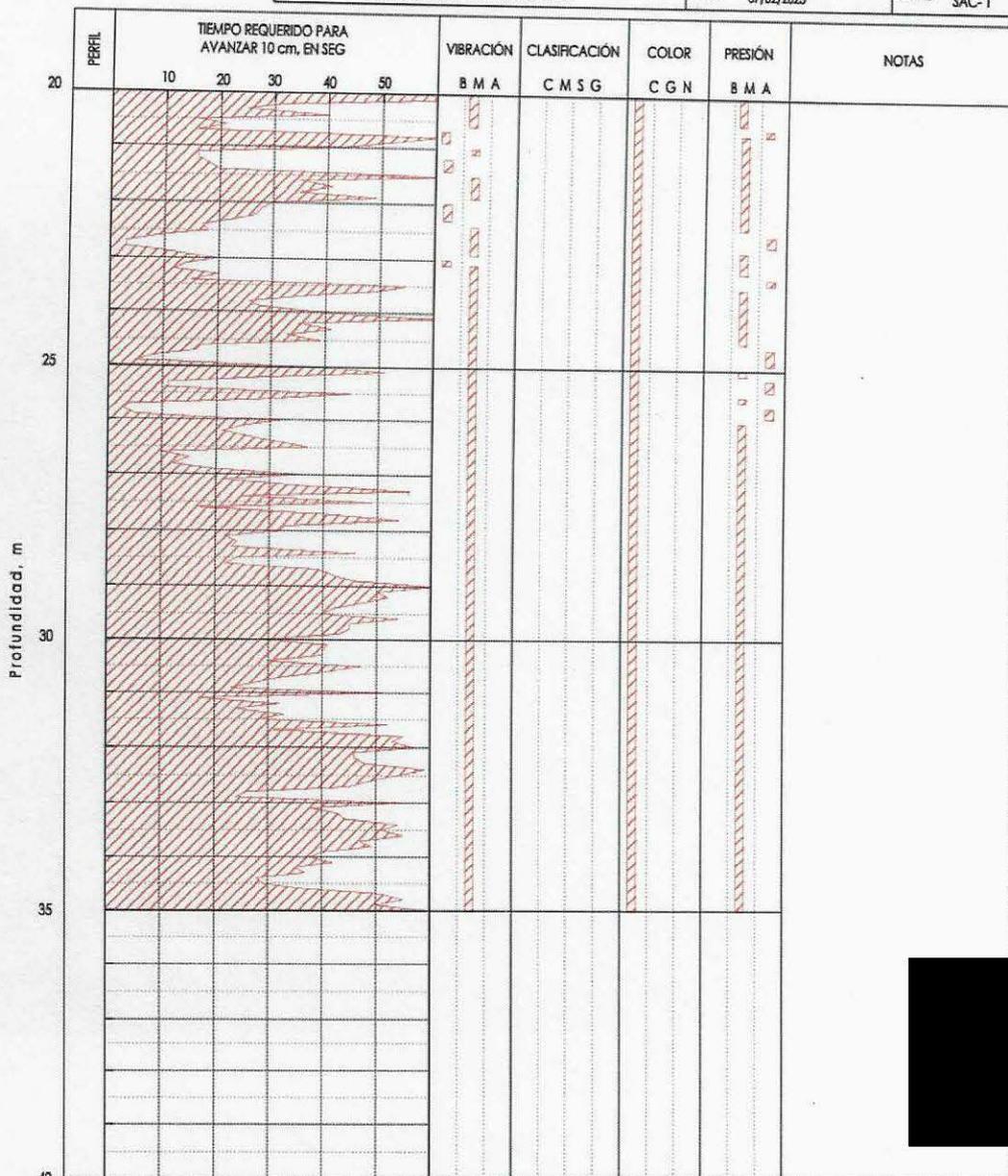


Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3, T-32	OPERADOR/SUPERVISOR	José Francisco	EQUIPO	MOBIL
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes Cablebús Línea 3	FECHA	07/02/2023	SONDEO	SAC-1



BELLENO	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]			
TIPO B.M.				

Fig. 32.2 a

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

PÁNDAR
REGISTRO DE CAMPO

Hacienda No. 27 Co. San L. Mat. Terrenales - Tlalreocanta, Edo. de México. Tel: 52 55 5345 0322 4345 29 7 4345 1004

PROYECTO: Cablebus L-3
LUGAR: T-32
SITIO: [REDACTED]
MÁQUINA: Becker
FECHA INICIO: 30-01-23
FECHA TERMINACIÓN: 03-02-23

PROF. ESPECIALISTA: 35.05 m/s.m.
HOJA: 1

Prof. (m)	Muestra y	No de golpes	Recuper.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	Perfil
0.00-0.60	1	1-2-2-1	4	10 Arena limosa con gravas	
0.60-1.20	2	3-4-5-6	9	25 Arena limosa con gravas	
1.20-1.80	3	25-15-11-2	28	20 Arena limosa con gravas	
1.80-2.40	4	7-10-6-6	16	16 Limo arenoso café claro	
2.40-3.00	5	13-15-13-7	28	14 Limo arenoso café claro	
3.00-3.60	6	3-2-2-2	4	11 Limo arenoso café oscuro	
3.60-4.20	7	Perdida de agua de 3.00 a 3.60			
4.20-4.80	8	2-2-3-5	5	16 Limo arenoso café oscuro	
4.80-5.40	9	10-12-16-12	28	15 Limo arenoso con gravas medistillas	
5.40-6.00	10	3-4-5-7	9	14 Limo arenoso café	
6.00-6.60	11	3-3-6-25	9	17 Limo arenoso café claro con una grava gruesa por inferior	
6.60-7.20	12	4-19-30-18	49	13 Limo arenoso café claro	
7.20-7.80	13	6-8-27-32	35	22 Limo arenoso café claro	
7.80-8.40	14	10-11-6-4	17	13 Limo arenoso café oscuro	
8.40-9.00	15	22-5-2-2	3	10 Limo arenoso café oscuro	
9.00-9.60	16	2-3-3-2	8	92 Sin recuperación	
9.60-10.20	17	1-1-2-2	3	5 Limo arenoso café oscuro	
10.20-10.80	18	1-1-3-6	4	7 Limo arenoso café oscuro con gravas de fina a medía	
10.80-11.40	19	4-5-7-8	12	20 Limo arenoso café oscuro con gravas de fina a medía	
11.40-12.00	20	8-12-13-13	23	28 Limo arenoso con gravas	
12.00-12.60	21	9-10-7-12	17	20 Limo con gravas de medias a finas	
01-02-23					
12.60-13.20	22	17-20-27-20	48	20 Limo arenoso en la parte superior 3 cm y fragmentos de bolitas	
13.20-13.80	23	18-19-21-25	40	14 Limo arenoso café amarillento	
13.80-14.40	24	9-10-21-30	31	16 Gravas y gravillas empacadas de Arena limosa de mediana y fina	
14.40-15.00	25	10-6-12-10	17	17 Limo arenoso café amarillento	
15.00-15.60	26	7-10-11-13	23	46 Limo arenoso café amarillento	
15.60-16.20	27	14-30-32-35	62	12 Limo arenoso con gravas de mediana y fina color gris	
16.20-16.80	28	17-26-29-33	51	14 Limo arenoso con gravas color gris en la parte superior en parte inferior color café amarillento	
16.80-17.40	29	16-17-25-31	52	20 Arena limosa con gravas de mediana y fina color gris	

LIMO (L)
 ARENILLA (S)
 ARENA (S)
 GRAVA (G)
 RAICES
 RELLENO

SUMA DE 30 cm CENTRAL

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 - Abril 2023

Cablebús L-3

Director: [Redacted] [Redacted]

Prof. (m)	No de golpes	Z	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL
16.80-17.40	11-17	21-19.4	13 Limo Fino azuleso café
17.40-18.00	14-22	38-37.0	12 Limo Fino azuleso café
18.00-18.45	30-39	57.5	12 Limo con gránulos rocosos
18.45-18.60	-	-	Avance con broca helicoidal B1
18.60-19.00	21-21	30-35.5	15 Limo café claro con gránulos
19.00-19.15	26-26	29-28.5	16 Limo café claro
02-02-23			
19.60-20.40	33-16	30-28-26.5	7 Limo café claro
20.40-21.00	39-10	12-30-31.4	10 Limo café claro
21.00-21.10	35-20	20-26	21 Limo arenoso con café claro
21.10-22.00	24-37	31-33	14 Limo café claro
22.00-22.30	37-21	42-39	13 Limo café claro
22.30-23.40	38-16	27-21	34 Limo café claro
23.40-24.00	37-21	21-30	14 Limo café claro
24.00-24.40	40-14	25-28	14 Limo café claro
24.40-25.20	41-23	34-33	20 Limo café claro
25.20-25.30	37-31	31-31.5	28 Limo café claro con gravillas finas
25.30-25.35	-	-	Avance con broca helicoidal
25.35-25.40	35-20	-	6 Limo arenoso café claro
25.40-25.45	-	-	Avance con broca helicoidal
25.45-26.00	39-16	-	4 Limo arenoso café claro
26.00-27.00	-	-	Avance con broca helicoidal
27.00-27.10	35-20	-	8 Limo café claro con gravillas finas
27.10-27.40	-	-	Avance con broca helicoidal
27.40-28.00	36-16	-	4 Limo café claro con gravillas finas
03-02-23			
28.00-28.10	-	-	Avance con broca helicoidal
28.10-28.30	37-33	-	7 Limo café con gravillas finas y arena fina
28.30-28.40	-	-	Avance con broca helicoidal
28.40-29.35	35-19	-	20 Limo café con gravillas finas y arena fina

SUMA DE GOLPES EN 30cm CENTRALES

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E5E6-T32-001=R00

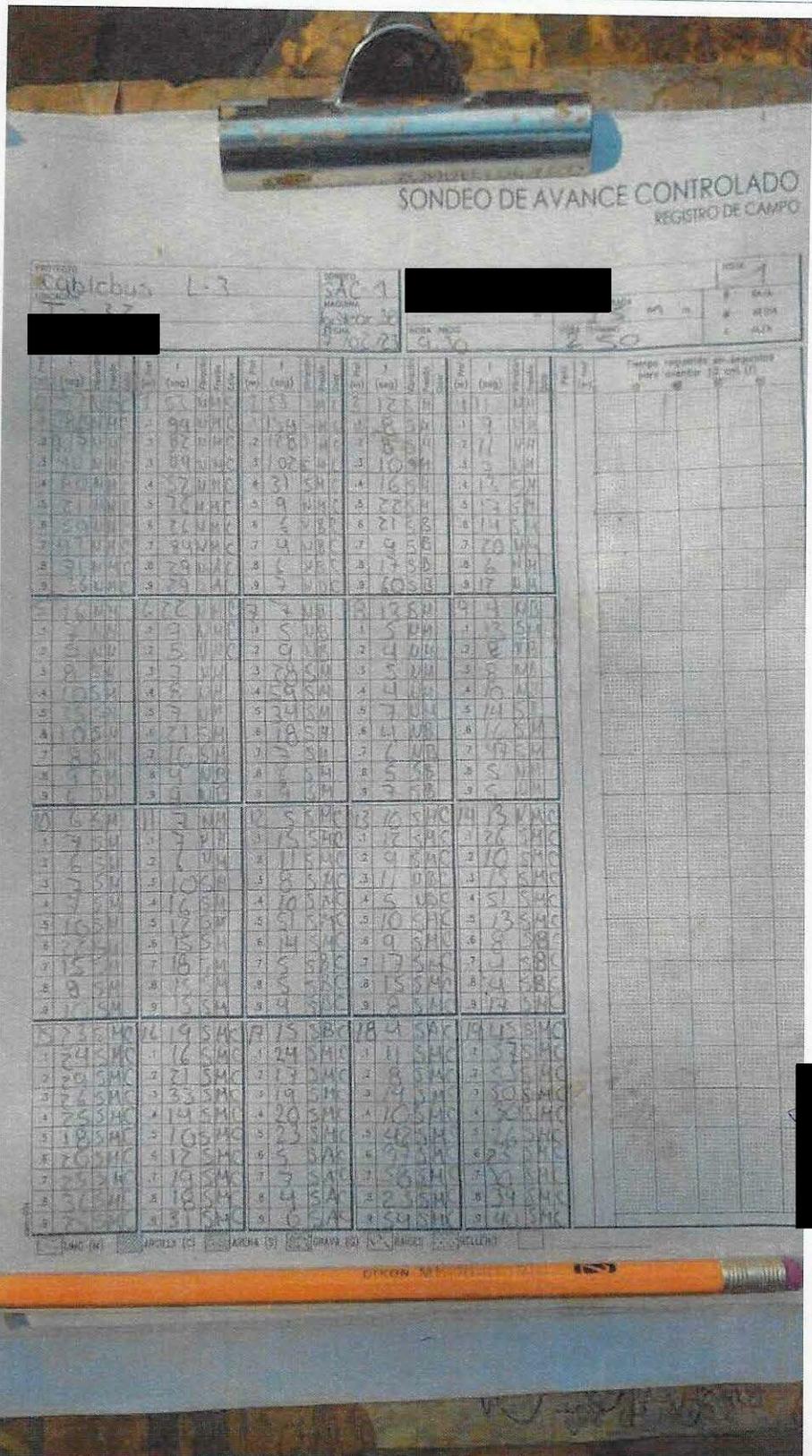
Revisión 0 - Abril 2023

Proyecto: Cablebús L-3
 Ubicación: Torre 32
 Sonda: SPT 1
 Fecha: 2023-04-03
 Hora: 10:00
 Lugar: Torre 32

Prof. (m)	No. de golpes	Resque	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL	Nº	Número de golpes			
					15	20	30	45
29.25-29.40	28	5/15	Avance con braca triconica	7				
29.40-29.55	28	5/15	Limo cafe con gravas finitas y andesiticas					
29.55-30.00	29	5/10	Avance con braca triconica	5				
30.00-30.20	29	5/10	Limo cafe con gravas finitas y andesiticas					
30.20-30.40	30	5/15	Avance con braca triconica	15				
30.40-30.75	31	5/15	Limo cafe con gravas finitas y andesiticas					
30.75-31.00	31	5/15	Avance con braca triconica	10				
31.00-31.35	32	5/15	Limo cafe con gravas finitas y andesiticas					
31.35-31.80	32	5/15	Avance con braca triconica	15				
31.80-31.95	33	5/15	Limo cafe con gravas andesiticas					
31.95-32.40	33	5/15	Avance con braca triconica	7				
32.40-32.55	33	5/15	Limo cafe con gravas finitas y andesiticas					
32.55-33.00	34	5/15	Avance con braca triconica finitas	8				
33.00-33.15	34	5/15	Limo cafe con gravas finitas y andesiticas					
33.15-33.60	35	5/15	Avance con braca triconica	9				
33.60-33.75	35	5/15	Limo cafe con gravas finitas y andesiticas					
33.75-34.20	36	5/10	Avance con braca triconica	7				
34.20-34.35	36	5/10	Limo cafe con gravas finitas y andesiticas					
34.35-34.70	37	5/10	Avance con braca triconica	12				
34.70-35.00	37	5/10	Limo cafe con gravas finitas y andesiticas					

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

The image shows a photograph of a soil test data sheet. The sheet is filled with handwritten data in a grid format. The data is organized into columns and rows, with some cells containing numerical values and others containing text or symbols. There are several large black redaction boxes covering parts of the data, particularly in the upper right and lower right areas. The sheet is placed on a surface that appears to be part of a construction site, with some blue and orange elements visible at the bottom.

11. ANEXO 3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

LIEC

RT-MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	Cablebus Línea 3 Torre 32	SONDEO:	FECHA:	2023-02-13
LOCALIZACIÓN:	Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos	SPT-1,T32	LABORATORISTA:	

CONTENIDO DE AGUA, ω (%)

MUESTRA	PROF. (m)		CÁPSULA No.	W_{cap} (g)	$W_{cap} + W_m$ (g)	$W_{cap} + W_{ms}$ (g)	W_{ms} (g)	W_w (g)	ω (%)
	DE	A							
1	0.00	0.60	4	2.50	78.70	72.50	70.00	6.20	8.9
2	0.60	1.20	120	2.60	120.90	88.00	85.40	32.90	38.5
3	1.20	1.80	39A	2.60	78.20	61.80	59.20	16.40	27.7
4	1.80	2.40	38A	2.60	74.70	59.40	56.80	15.30	26.9
5	2.40	3.00	109A	2.60	70.00	55.30	52.70	14.70	27.9
6	3.00	3.60	128A	2.60	106.10	84.10	81.50	22.00	27.0
7	3.60	4.20	13A	2.50	99.90	84.40	81.90	15.50	18.9
8	4.20	4.80	36A	2.60	71.10	57.10	54.50	14.00	25.7
9	4.80	5.40	10A	2.60	117.50	97.50	94.90	20.00	21.1
10	5.40	6.00	97A	2.60	88.70	72.60	70.00	16.10	23.0
11	6.00	6.60	51A	2.60	82.90	69.30	66.70	13.60	20.4
12	6.60	7.20	146A	2.60	89.90	71.70	69.10	18.20	26.3
13	7.20	7.80	13	2.60	94.30	75.50	72.90	18.80	25.8
14	7.80	8.40	110A	2.60	91.20	72.60	70.00	18.60	26.6
15	9.00	9.60	18A	2.60	56.80	44.90	42.30	11.90	28.1
16	9.60	10.20	130A	2.60	58.70	45.80	43.20	12.90	29.9
17	10.20	10.80	71A	2.60	87.90	77.60	75.00	10.30	13.7
18	10.80	11.40	148A	2.60	127.10	116.70	114.10	10.40	9.1
19	11.40	12.00	37	2.50	95.40	83.60	81.10	11.80	14.5
20	12.00	12.60	152A	2.50	78.80	63.90	61.40	14.90	24.3
21	12.60	13.20	26	2.50	80.00	67.30	64.80	12.70	19.6
22	13.20	13.80	8A	2.60	60.10	44.20	41.60	15.90	38.2
23	13.80	14.40	90A	2.50	97.10	81.00	78.50	16.10	20.5
24	14.00	15.00	169A	2.60	68.10	51.70	49.10	16.40	33.4
25	15.00	15.60	95	2.60	61.00	45.90	43.30	15.10	34.9
26	15.60	16.20	21A	2.60	54.80	39.40	36.80	15.40	41.8
27	16.20	16.80	111	2.60	86.10	64.90	62.30	21.20	34.0
28	16.80	17.40	157A	2.60	106.50	87.60	85.00	18.90	22.2
29	17.40	18.00	1A	2.50	87.50	74.10	71.60	13.40	18.7
30	18.00	18.45	30A	2.60	49.40	43.50	40.90	5.90	14.4
31	18.60	19.20	68A	2.60	60.70	53.70	51.10	7.00	13.7
32	19.20	19.80	54A	2.60	67.20	53.50	50.90	13.70	26.9
33	19.80	20.40	24	2.50	65.70	52.70	50.20	13.00	25.9
34	20.40	21.00	123A	2.60	71.70	53.80	51.20	17.90	35.0
35	21.00	21.60	19A	2.60	88.10	72.50	69.90	15.60	22.3
36	21.60	22.20	6A	2.60	73.20	60.70	58.10	12.50	21.5
37	22.20	22.80	44A	2.60	90.80	76.00	73.40	14.80	20.2

LIEC S.A. de C.V.

CDA. MORELOS 6,
COL. TECAXTITLA SAN ANTONIO TECOMITL,
MILPA ALTA, CDMX

55 2161-4772

55 2594-2815

www.liec.com.mx

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

LIEC

RT-MECÁNICA DE SUELOS

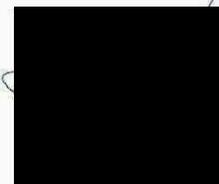
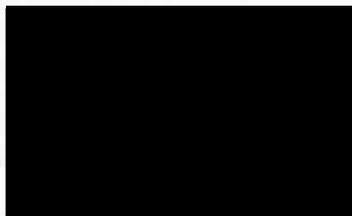
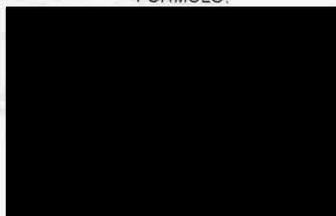
PROYECTO:	Cablebus Linea 3 Torre 32	SONDEO:	FECHA:	2023-02-13
LOCALIZACIÓN:	Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos	SPT-1,T32	LABORATORISTA:	[REDACTED]

CONTENIDO DE AGUA, ω (%)

MUESTRA	PROF. (m)		CÁPSULA No.	W_{cap} (g)	$W_{cap} + W_m$ (g)	$W_{cap} + W_{ms}$ (g)	W_{ms} (g)	W_w (g)	ω (%)
	DE	A							
38	22.80	23.40	19A	2.60	72.80	59.70	57.10	13.10	22.9
39	23.40	24.00	140A	2.60	71.00	60.00	57.40	11.00	19.2
40	24.00	24.60	20	2.50	83.40	70.00	67.50	13.40	19.9
41	24.60	25.20	29	2.50	102.00	85.80	83.30	16.20	19.4
42	25.20	25.65	122A	2.60	115.90	100.60	98.00	15.30	15.6
43	25.80	25.90	10	2.50	62.30	51.30	48.80	11.00	22.5
44	26.40	26.47	8	2.60	56.30	48.60	46.00	7.70	16.7
45	27.00	27.10	18	2.60	75.00	67.80	65.20	7.20	11.0
46	27.60	27.65	147A	2.60	55.50	51.60	49.00	3.90	8.0
47	28.20	28.50	21	2.50	82.10	72.40	69.90	9.70	13.9
48	28.80	29.25	118A	2.60	115.50	102.30	99.70	13.20	13.2
49	29.40	28.55	23A	2.60	69.80	62.40	59.80	7.40	12.4
50	30.00	30.10	58A	2.60	81.30	74.50	71.90	6.80	9.5
51	30.60	30.75	37A	2.60	60.70	53.20	50.60	7.50	14.8
52	31.20	31.35	111A	2.60	59.50	52.20	49.60	7.30	14.7
53	31.80	31.95	127A	2.60	104.80	93.80	91.20	11.00	12.1
54	32.40	32.55	67A	2.60	57.30	50.30	47.70	7.00	14.7
55	33.00	33.15	154A	2.60	61.50	54.00	51.40	7.50	14.6
56	33.60	33.75	114A	2.60	80.50	69.90	67.30	10.60	15.8
57	34.20	34.30	14	2.50	78.10	70.20	67.70	7.90	11.7
58	34.80	35.05	22A	2.50	73.90	65.10	62.60	8.80	14.1

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 2216-10

FORMULÓ:



Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

LIEC

RT-MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

PROYECTO:	Cablebus Línea 3 (Torre 32)	SONDEO:	SPT-1 T32
LOCALIZACIÓN:	Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos	MUESTRA:	2
FECHA:	2023-02-13	PROF. (m)	0.60-1.20
LABORATORISTA:			

LÍMITE LÍQUIDO

CÁPSULA No.	W_{cap} (g)	$W_{cap} + W_{mh}$ (g)	$W_{cap} + W_{ms}$ (g)	W_{ms} (g)	W_w (g)	ω (%)	No. DE GOLPES
CA2-59	9.74	34.62	27.37	17.63	7.25	41.12	25

LÍMITE PLÁSTICO

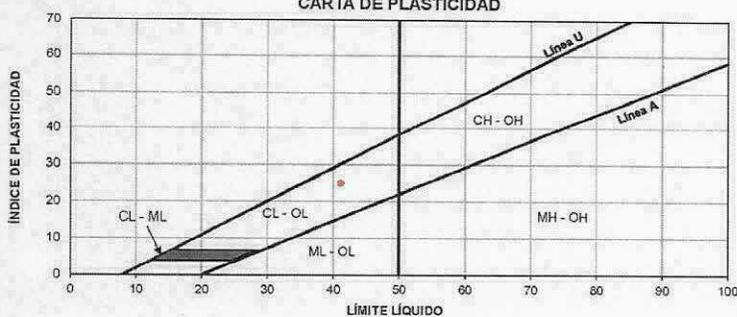
CÁPSULA No.	W_{cap} (g)	$W_{cap} + W_{mh}$ (g)	$W_{cap} + W_{ms}$ (g)	W_{ms} (g)	W_w (g)	ω (%)
CA2-59	17.75	28.00	26.57	8.82	1.43	16.2

CONTRACCIÓN LINEAL

RECIPIENTE No.	LONGITUD INICIAL (mm)	LONGITUD FINAL (mm)	CL (%)
-	-	-	-

LL (%) =	41.1	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	CL
LP (%) =	16.2		
IP (%) =	24.9		

CARTA DE PLASTICIDAD



LIEC S.A. de C.V.
CDA. MORELOS 6
COL. TECAXITITLA SAN ANTONIO TECOMITL
MILPA ALTA, CDMX.

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

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

LIEC

RT-MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

PROYECTO:	Cablebus Línea 3 (Torre 32)	SONDEO:	SPT-1 T32
LOCALIZACIÓN:	Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos	MUESTRA:	7
FECHA:	2023-02-13	PROF. (m)	3.60-4.20
LABORATORISTA:	[REDACTED]		

LÍMITE LÍQUIDO

CÁPSULA No.	W_{cap} (g)	$W_{cap} + W_{mh}$ (g)	$W_{cap} + W_{ms}$ (g)	W_{ms} (g)	W_w (g)	ω (%)	No. DE GOLPES
CA2-55	9.37	34.76	28.12	18.75	6.64	35.41	25

LÍMITE PLÁSTICO

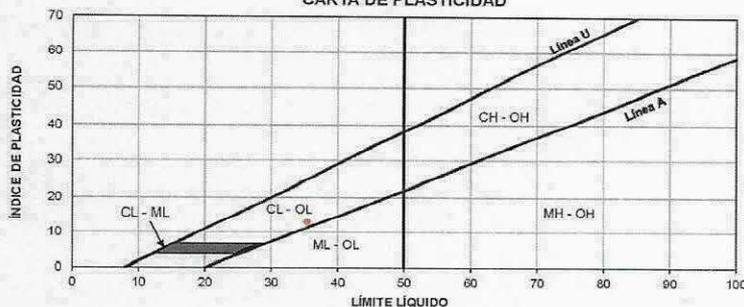
CÁPSULA No.	W_{cap} (g)	$W_{cap} + W_{mh}$ (g)	$W_{cap} + W_{ms}$ (g)	W_{ms} (g)	W_w (g)	ω (%)
CA2-55	18.56	30.36	28.19	9.63	2.17	22.5

CONTRACCIÓN LINEAL

RECIENTE No.	LONGITUD INICIAL (mm)	LONGITUD FINAL (mm)	CL (%)
-	-	-	-

LL (%) =	35.4	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	CL
LP (%) =	22.5		
IP (%) =	12.9		

CARTA DE PLASTICIDAD



NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

LIEC S.A. de C.V.

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

55 2161-4772
55 2594-2815

www.liec.com.mx

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

LIEC

RT-MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

PROYECTO:	Cablebus Línea 3 (Torre 32)	SONDEO:	SPT-1 T32
LOCALIZACIÓN:	Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos	MUESTRA:	12
FECHA:	2023-02-13	PROF. (m)	6.60-7.20
LABORATORISTA:	[REDACTED]		

LÍMITE LÍQUIDO

CÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} + W _{mh} (g)	W _{cap} + W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)	No. DE GOLPES
CA2-50	9.51	21.95	18.08	8.57	3.87	45.16	25

LÍMITE PLÁSTICO

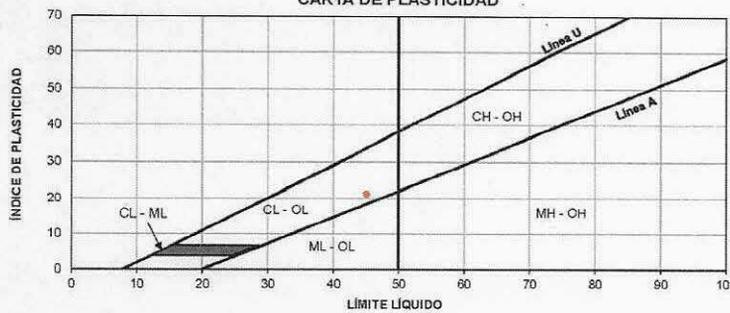
CÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} + W _{mh} (g)	W _{cap} + W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)
CA2-50	18.61	31.56	29.05	10.44	2.51	24.0

CONTRACCIÓN LINEAL

RECIPIENTE No.	LONGITUD INICIAL (mm)	LONGITUD FINAL (mm)	CL (%)
-	-	-	-

LL (%) =	45.2	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	CL
LP (%) =	24.0		
IP (%) =	21.1		

CARTA DE PLASTICIDAD



NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

LIEC S.A. de C.V.
CDA. MORELOS 4,
COL. TECAXITLA SAN ANTONIO TECOMITL,
MILPA ALTA, CDMX.

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

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



RT-MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

PROYECTO:	Cablebus Línea 3 (Torre 32)	SONDEO:	SPT-1 T32
LOCALIZACIÓN:	Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos	MUESTRA:	18
FECHA:	2023-02-13	PROF. (m)	10.80-11.40
LABORATORISTA:	[REDACTED]		

LÍMITE LÍQUIDO

GÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} + W _{mh} (g)	W _{cap} + W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)	No. DE GOLPES
CA2-53	9.00	32.38	27.89	18.89	4.49	23.77	25

LÍMITE PLÁSTICO

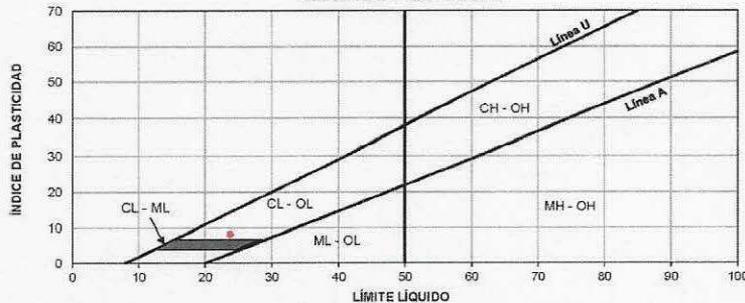
CÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} + W _{mh} (g)	W _{cap} + W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)
CA2-53	18.62	27.44	26.25	7.63	1.19	15.6

CONTRACCIÓN LINEAL

RECIPIENTE No.	LONGITUD INICIAL (mm)	LONGITUD FINAL (mm)	CL (%)
-	-	-	-

LL (%) =	23.8	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	CL
LP (%) =	15.6		
IP (%) =	8.2		

CARTA DE PLASTICIDAD



NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

FORMULÓ:

REVISÓ:

LIEC S.A. de C.V.

CDA. MORELOS 6,
COL. TECAXTITLA SAN ANTONIO TECOMITL,
MEXICALTA, CDMX

55 2161-4772
55 2594-2815

www.liec.com.mx

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



RT-MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

PROYECTO:	Cablebus Línea 3 (Torre 32)	SONDEO:	SPT-1 T32
LOCALIZACIÓN:	Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos	MUESTRA:	21
FECHA:	2023-02-13	PROF. (m)	12.60-13.20
LABORATORISTA:	[REDACTED]		

LÍMITE LÍQUIDO

CÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} +W _{rh} (g)	W _{cap} +W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)	No. DE GOLPES
CA2-57	9.26	24.58	21.14	11.88	3.44	28.96	25

LÍMITE PLÁSTICO

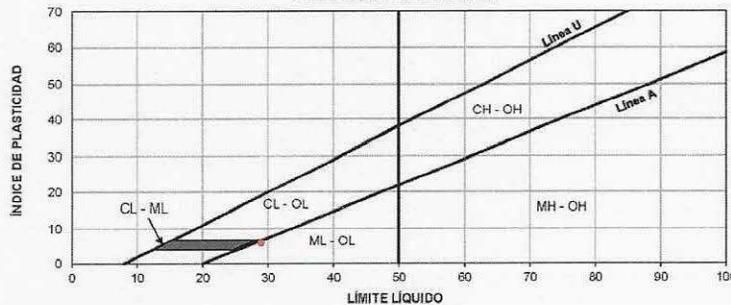
CÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} +W _{mh} (g)	W _{cap} +W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)
CA2-57	18.14	23.14	22.20	4.06	0.94	23.2

CONTRACCIÓN LINEAL

RECIPIENTE No.	LONGITUD INICIAL (mm)	LONGITUD FINAL (mm)	CL (%)
-	-	-	-

LL (%) =	29.0	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	ML
LP (%) =	23.2		
IP (%) =	5.8		

CARTA DE PLASTICIDAD



NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

REVISÓ

LIEC S.A. de C.V.
CDA. MORELOS 6,
COL. TECAXITLA SAN ANTONIO TECOMITL,
MEXICO D.F. 06700

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

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA



RT-MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

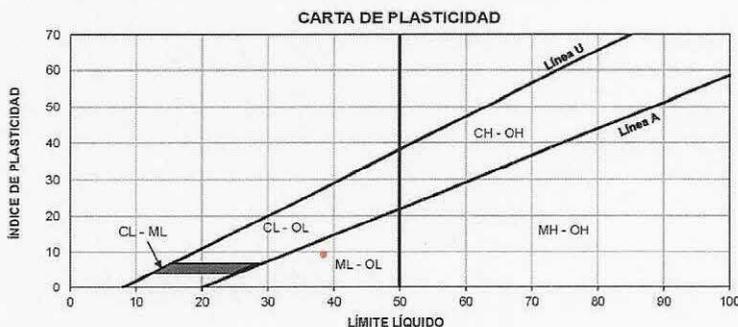
PROYECTO:	Cablebus Línea 3 (Torre 32)	SONDEO:	SPT-1 T32
LOCALIZACIÓN:	Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos	MUESTRA:	24
FECHA:	2023-02-13	PROF. (m)	14.00-15.00
LABORATORISTA:	[REDACTED]		

LÍMITE LÍQUIDO							
CÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} +W _{mh} (g)	W _{cap} +W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)	No. DE GOLPES
CA2-58	9.44	32.25	25.92	16.48	6.33	38.41	25

LÍMITE PLÁSTICO							
CÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} +W _{mh} (g)	W _{cap} +W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)	
CA2-58	17.93	31.65	28.55	10.62	3.10	29.2	

CONTRACCIÓN LINEAL			
RECIPIENTE No.	LONGITUD INICIAL (mm)	LONGITUD FINAL (mm)	CL (%)
-	-	-	-

LL (%) =	38.4	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	ML
LP (%) =	29.2		
IP (%) =	9.2		



NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

LIEC S.A. de C.V.
CDA. MORELOS 6,
COL. TECAXTITLA SAN ANTONIO TECOMITL,
MEXICO D.F. 06100

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

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA



RT-MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

PROYECTO:	Cablebus Línea 3 (Torre 32)	SONDEO:	SPT-1 T32
LOCALIZACIÓN:	Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos	MUESTRA:	29
FECHA:	2023-02-13	PROF. (m)	17.40-18.00
LABORATORISTA:	[REDACTED]		

LÍMITE LÍQUIDO

CÁPSULA No.	W_{cap} (g)	$W_{cap} + W_{nh}$ (g)	$W_{cap} + W_{ms}$ (g)	W_{ms} (g)	W_w (g)	ω (%)	No. DE GOLPES
CA2-52	9.26	32.20	26.66	17.40	5.54	31.84	25

LÍMITE PLÁSTICO

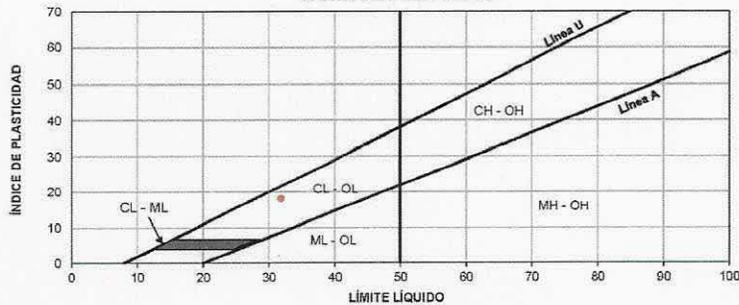
CÁPSULA No.	W_{cap} (g)	$W_{cap} + W_{nh}$ (g)	$W_{cap} + W_{ms}$ (g)	W_{ms} (g)	W_w (g)	ω (%)
CA2-52	18.20	29.11	27.79	9.59	1.32	13.8

CONTRACCIÓN LINEAL

RECIPIENTE No.	LONGITUD INICIAL (mm)	LONGITUD FINAL (mm)	CL (%)
-	-	-	-

LL (%) =	31.8	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	CL
LP (%) =	13.8		
IP (%) =	18.1		

CARTA DE PLASTICIDAD

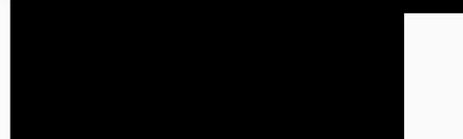


NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

FORMULÓ:



REVISÓ:



LIEC S.A. de C.V.
CDA. MORELOS 6
COL. TECAXITLIL SAN ANTONIO TECOMITL,
MILPA ALTA, CDMX.

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

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

LIEC

RT-MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

PROYECTO:	Cablebus Línea 3 (Torre 32)	SONDEO:	SPT-1 T32
LOCALIZACIÓN:	Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos	MUESTRA:	35
FECHA:	2023-02-13	PROF. (m)	21.00-21.60
LABORATORISTA:			

LÍMITE LÍQUIDO

CÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} +W _{mh} (g)	W _{cap} +W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)	No. DE GOLPES
CA2-56	9.51	39.12	31.24	21.73	7.88	36.26	25

LÍMITE PLÁSTICO

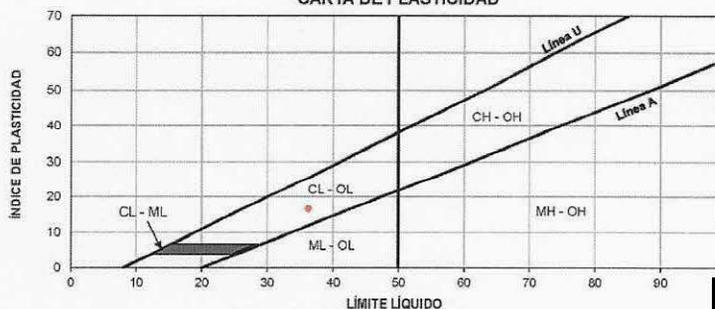
CÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} +W _{mh} (g)	W _{cap} +W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)
CA2-56	18.46	30.81	28.78	10.32	2.03	19.7

CONTRACCIÓN LINEAL

RECIPIENTE No.	LONGITUD INICIAL (mm)	LONGITUD FINAL (mm)	CL (%)
-	-	-	-

LL (%) =	36.3	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	CL
LP (%) =	19.7		
IP (%) =	16.6		

CARTA DE PLASTICIDAD



NORMA DE REFERENCIA: ASTM D-4318-17

FORMULÓ:

REVISÓ:

LIEC S.A. de C.V.
CDA. MORELOS 6,
COL. TECAXTITLA SAN ANTONIO TECOMITL,
MILPA ALTA, CDMX.

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

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023



RT-MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

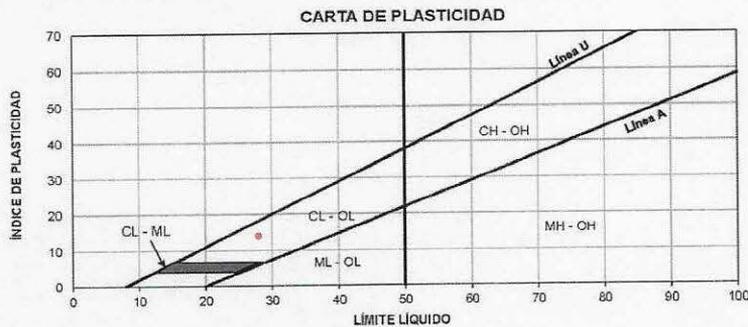
PROYECTO:	Cablebus Línea 3 (Torre 32)	SONDEO:	SPT-1 T32
LOCALIZACIÓN:	Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos	MUESTRA:	42
FECHA:	2023-02-13	PROF. (m)	25.20-25.65
LABORATORISTA:	[REDACTED]		

LÍMITE LÍQUIDO							
CÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} + W _{m1} (g)	W _{cap} + W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)	No. DE GOLPES
CA2-51	9.66	36.81	30.87	21.21	5.94	28.01	25

LÍMITE PLÁSTICO							
CÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} + W _{m1} (g)	W _{cap} + W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)	
CA2-51	17.78	28.56	27.23	9.45	1.33	14.1	

CONTRACCIÓN LINEAL			
RECIPIENTE No.	LONGITUD INICIAL (mm)	LONGITUD FINAL (mm)	CL (%)
-	-	-	-

LL (%) =	28.0	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	CL
LP (%) =	14.1		
IP (%) =	13.9		

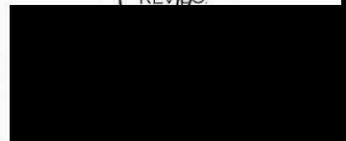


NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

FORMULÓ:



REVISÓ:



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



RT-MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

PROYECTO:	Cablebus Línea 3 (Torre 32)	SONDEO:	SPT-1 T32
LOCALIZACIÓN:	Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos	MUESTRA:	48
FECHA:	2023-02-13	PROF. (m)	28.80-29.25
LABORATORISTA:	[REDACTED]		

LÍMITE LÍQUIDO

CÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} +W _{mh} (g)	W _{cap} +W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)	No. DE GOLPES
CA2-17A	10.67	42.52	35.36	24.69	7.16	29.00	25

LÍMITE PLÁSTICO

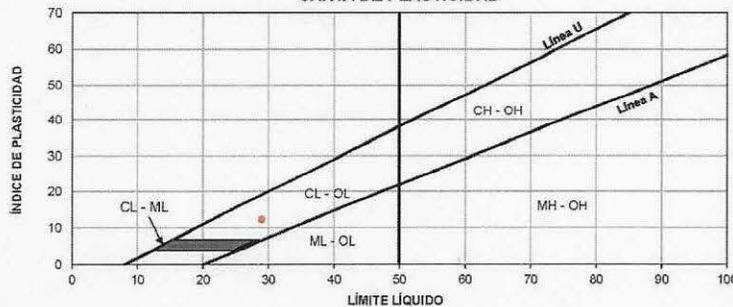
CÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} +W _{mh} (g)	W _{cap} +W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)
CA3-04A	27.73	42.36	40.25	12.52	2.11	16.9

CONTRACCIÓN LINEAL

RECIPIENTE No.	LONGITUD INICIAL (mm)	LONGITUD FINAL (mm)	CL (%)
-	-	-	-

LL (%) =	29.0	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	CL
LP (%) =	16.9		
IP (%) =	12.1		

CARTA DE PLASTICIDAD



NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

FORMULÓ:

REVISÓ:

LIEC S.A. de C.V.
CDA. MORELOS 6,
COL. TECAXITTLA SAN ANTONIO TECOMIL,
MILPA ALTA, CDMX

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

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA



RT-MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

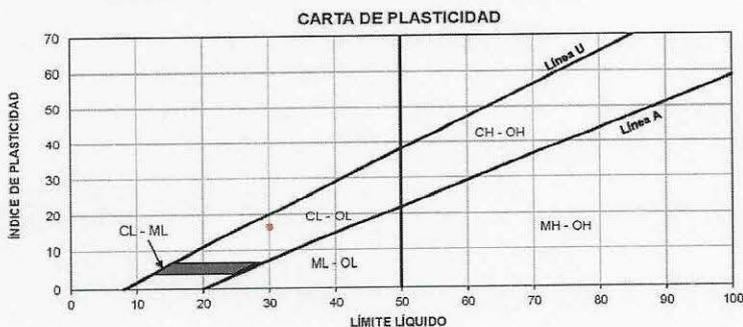
PROYECTO:	Cablebus Línea 3 (Torre 32)	SONDEO:	SPT-1 T32
LOCALIZACIÓN:	Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos	MUESTRA:	53
FECHA:	2023-02-13	PROF. (m)	31.80-31.95
LABORATORISTA:	[REDACTED]		

LÍMITE LÍQUIDO							
CÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} + W _{mh} (g)	W _{cap} + W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)	No. DE GOLPES
CA1-04A	15.17	45.63	38.58	23.41	7.05	30.12	25

LÍMITE PLÁSTICO						
CÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} + W _{mh} (g)	W _{cap} + W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)
119A	2.58	41.81	37.04	34.46	4.77	13.8

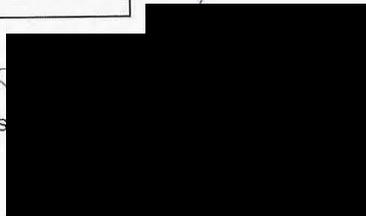
CONTRACCIÓN LINEAL			
RECIPIENTE No.	LONGITUD INICIAL (mm)	LONGITUD FINAL (mm)	CL (%)
-	-	-	-

LL (%) =	30.1	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	CL
LP (%) =	13.8		
IP (%) =	16.3		



NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

FORMULÓ:



LIEC S.A. de C.V.
CDAL MORELOS 6,
COL. TECAXITTLA SAN ANTONIO TECOMITL,
MILPA ALTA, CDMX.

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

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA



RT-MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

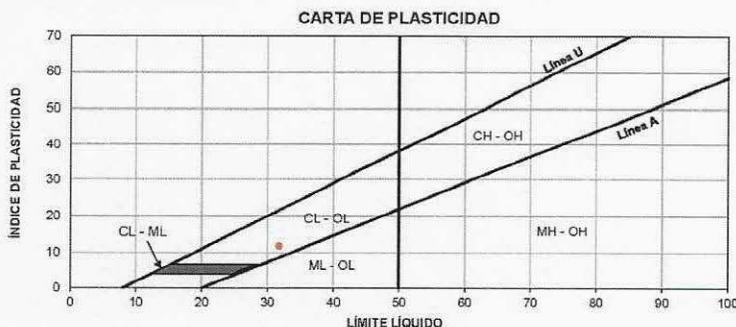
PROYECTO:	Cablebus Línea 3 (Torre 32)	SONDEO:	SPT-1 T32
LOCALIZACIÓN:	Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos	MUESTRA:	57
FECHA:	2023-02-13	PROF. (m)	34.20-34.30
LABORATORISTA:	[REDACTED]		

LÍMITE LÍQUIDO							
CÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} +W _{mht} (g)	W _{cap} +W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)	No. DE GOLPES
CA1-03	16.00	42.58	36.17	20.17	6.41	31.78	25

LÍMITE PLÁSTICO						
CÁPSULA No.	W _{cap} (g)	W _{cap} +W _{mht} (g)	W _{cap} +W _{ms} (g)	W _{ms} (g)	W _w (g)	ω (%)
74A	2.57	18.27	15.65	13.08	2.62	20.0

CONTRACCIÓN LINEAL			
RECIPIENTE No.	LONGITUD INICIAL (mm)	LONGITUD FINAL (mm)	CL (%)
-	-	-	-

LL (%) =	31.8	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	CL
LP (%) =	20.0		
IP (%) =	11.7		



NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

LIEC S.A. de C.V.
CDA. MORELOS 6,
COL. TECAXTITLA SAN ANTONIO TECOMITL,
MILPA ALTA, CDMX.

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

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-IMP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

LIEC

RT-MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	Cablebus Línea 3 (Torre 32)	SONDEO:	FECHA:	2023-02-13
LOCALIZACIÓN:	Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos	SPT-1,T32	LABORATORISTA:	[REDACTED]

PORCENTAJE DE GRAVA, ARENA Y FINOS

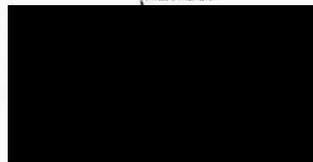
MUESTRA No.	PROF. (m)		CÁPSULA No.	W _m (g)	PESO RETENIDO (g)		GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	CLASIFICACIÓN S.U.C.S.
	DE	A			GRAVA	ARENA				
2	0.60	1.20	CH8-10	56.66	6.62	16.15	11.68	28.50	59.81	Arcilla arenosa (CL)
5	2.40	3.00	CH10-13	62.35	4.56	18.89	7.31	30.30	62.39	Arcilla arenosa (CL)
7	3.60	4.20	CH8-27	53.76	2.45	18.12	4.56	33.71	61.74	Arcilla arenosa (CL)
9	4.80	5.40	CH20-05	75.63	8.80	15.74	11.64	20.81	67.55	Arcilla arenosa (CL)
12	6.60	7.20	CH10-31	81.59	12.00	16.62	14.71	20.37	64.92	Arcilla arenosa (CL)
16	9.60	10.20	CH10-08	95.60	15.70	20.62	16.42	21.57	62.01	Arcilla arenosa (CL)
18	10.80	11.40	CH10-15	130.37	18.36	75.41	14.08	57.84	28.07	Arena arcillosa (SC)
21	12.60	13.20	CH10-28	62.76	1.12	29.83	1.78	47.53	50.69	Limo arenoso (ML)
24	14.00	15.00	CH10-13	121.93	0.28	58.21	0.23	47.74	52.03	Limo arenoso (ML)
27	16.20	16.80	CH10-08	108.69	0.13	63.94	0.12	58.83	41.05	Arena limosa (SC)
29	17.40	18.00	CH20-05	63.27	0.00	27.06	0.00	42.77	57.23	Arcilla arenosa (CL)
35	21.00	21.60	CH10-13	95.69	1.14	32.44	1.19	33.90	64.91	Arcilla arenosa (CL)
42	25.20	25.65	CH8-10	122.05	9.64	49.41	7.90	40.48	51.62	Arcilla arenosa (CL)
48	28.80	29.25	CH20-05	111.51	30.40	31.41	27.26	28.17	44.57	Arcilla arenosa con grava (CL)
53	31.80	31.95	CH8-10	100.22	10.80	55.67	10.78	55.55	33.68	Arena arcillosa (SC)
56	33.60	33.75	CH10-08	83.32	9.85	44.61	11.82	53.54	34.64	Arena arcillosa (SC)

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 1140-17

FORMULÓ:



REVISÓ:



LIEC S.A. de C.V.
CDA. MORELOS 6,
COL. TECAXITLILA SAN ANTONIO TECOMITL,

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

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

LIEC

RT-MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:	Cablebus Línea 3 (Torre 32)	SONDEO:	FECHA:	2023-02-13
LOCALIZACIÓN:	Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos	SPT-1, T32	LABORATORISTA:	[REDACTED]

DENSIDAD DE SÓLIDOS

SONDEO	MUESTRA No.	PROF. (m)		MATRAZ No.	W _{matraz} (g)	TEMP. (°C)	W _{matraz + agua + suelo} (g)	W _{suelo seco} (g)	W _{matraz + agua} (g)	S _s
		DE	A							
SPT-1	2	0.60	1.20	GMTR-01	201.11	26.00	729.76	50.11	699.52	2.523
SPT-1	7	3.60	4.20	GMTR-02	223.50	28.10	751.74	50.41	721.62	2.484
SPT-1	12	6.60	7.20	GMTR-01	201.11	28.20	728.97	50.52	699.22	2.433
SPT-1	18	10.80	11.40	GMTR-02	223.50	27.30	752.29	50.79	721.73	2.511
SPT-1	21	12.60	13.20	GMTR-01	201.11	28.00	729.64	50.51	699.25	2.511
SPT-1	24	14.00	14.60	GMTR-02	223.50	28.00	750.50	50.41	721.64	2.340
SPT-1	35	21.00	21.60	GMTR-01	201.11	26.00	729.42	50.53	699.52	2.450
SPT-1	42	25.20	25.65	GMTR-02	223.50	28.10	752.32	50.96	721.62	2.515
SPT-1	56	33.60	33.75	GMTR-01	201.11	26.00	729.11	50.33	699.52	2.427

FORMULÓ:

REVISÓ:

LIEC S.A. de C.V.

CDA. MORELOS 6,
COL. TECAXITLILA SAN ANTONIO TECÓMITL,
MILPA ALTA, CDMX.

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

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

12. ANEXO 4. CARGAS ACTUANTES EN UNA TORRE TIPO CONCÉNTRICA

Clave: DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T32-001=R00

Revisión 0 – Abril 2023

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

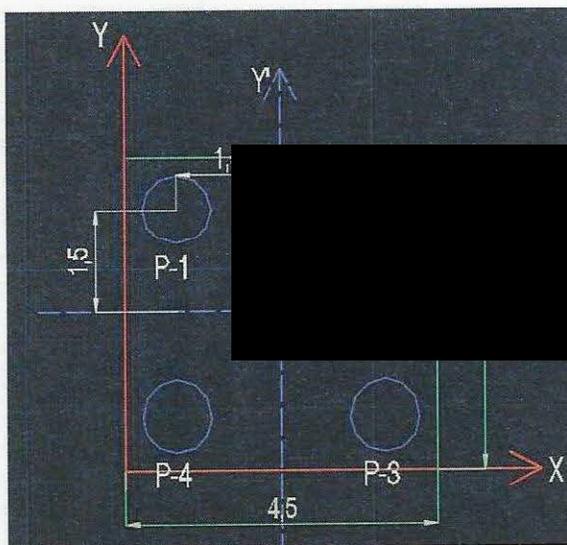
Combinación Sismo con factores

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 4.1. Planta de pilas y referencia de ejes generales y centroidales. Cc: centro de carga de pilas

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

Tabla 4.1

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
3.142				7.1	7.1
		X=	2.25	m	
		Y=	2.25	m	

Tabla 4.2

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

Tabla 4.3

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
Σ=			9.00	9.00
			Ix=	9.00
			Iy=	9.00

Para el incremento y decremento de cargas por excentricidad estática:

$$\Delta\sigma_{est} = M_{v\ est\ x} \frac{\pm y_i}{I_x} \pm M_{v\ est\ y} \frac{\pm x_i}{I_y} \quad (4.1)$$

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 4.4

Incremento de cargas fact por excentricidad estática				
		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:

$$P_{max,min} = \frac{P_{est\ fact}}{No.pilas} \pm \Delta\sigma_{est} \quad (4.2)$$

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:

$$\Delta\sigma_s = M_{vx} \frac{y_i}{I_x} \pm 0.3M_{vy} \frac{x_i}{I_y} \quad (4.3)$$

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 y el 30% de momento en el otro sentido:

Tabla 4.5

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 4.6

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:

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

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

Tabla 4.7

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

Tabla 4.8 Comparativa $\Sigma QF.C < R$

D (m)	R (t)	Ptot max (t)	C _{te} (t)	Ptot min (t)
1.0	682.2	182.24	134.5	82.96

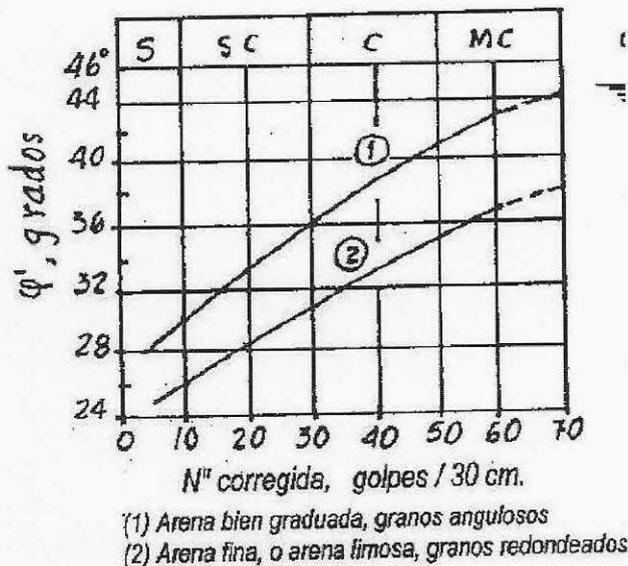
Como se puede observar, se cumple con la desigualdad para las cargas actuantes a compresión y tensión.

Para el caso de las cargas de servicio "Combinación Gravitacional sin factores", empleando las expresiones (4.1) y (4.2) y sustituyendo los valores correspondientes:

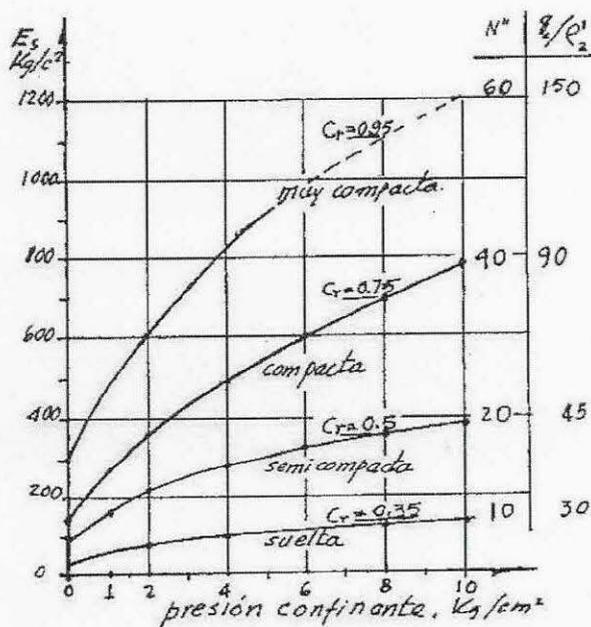
Tabla 4.9

Incremento de cargas serv por excent. estática				
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	1.5	0.00	36.19
2	1.5	1.5	0.00	36.19
3	1.5	1.5	0.00	36.19
4	1.5	1.5	0.00	36.19

13. ANEXO 5. MEMORIA DE CÁLCULO



(a)



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

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

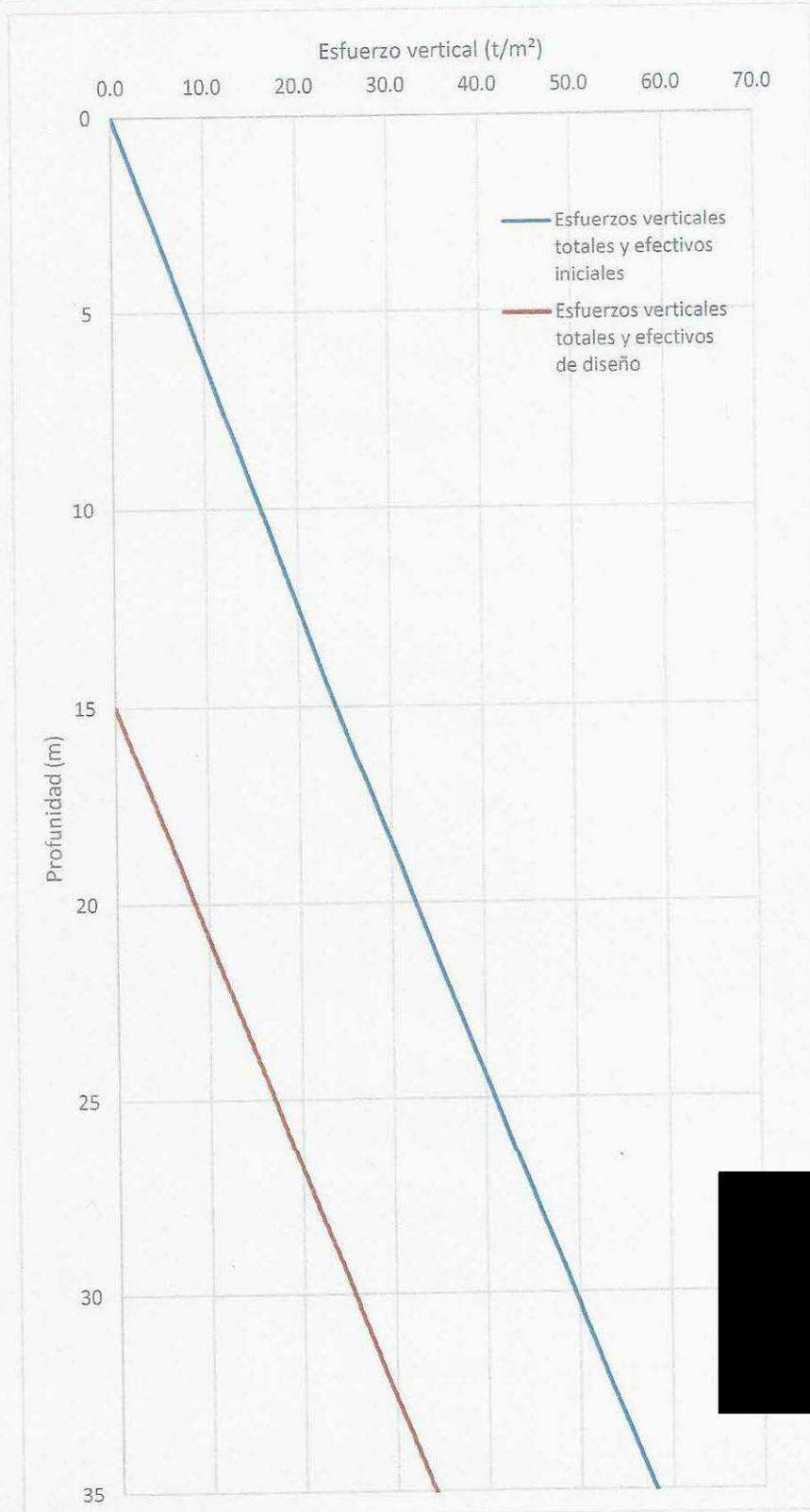
Tabla 5.1

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR PUNTA, NTC CIMENTACIONES 2017													
$C_p = (P'_v N_q^* F_{Rq} + P_v) A_p$													
$N_q^* = N_{min} + L_e \frac{N_{max} - N_{min}}{4B \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)} \quad \rightarrow \quad \frac{L_e}{B} \leq 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$													
$N_q^* = N_{max} \quad \rightarrow \quad \frac{L_e}{B} > 4 \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$													
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	24.5	46.18	11.5	11.50	34	116.6	35.2	116.60	19.00	0.35	19.00	623.91
1.2	1.131		66.50		9.58				116.60				898.43
1.4	1.539		90.52		8.21				116.60				1222.87

Tabla 5.2

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR FUSTE, NTC CIMENTACIONES 2017										
$C_f = P_p F_{Rp} \sum_{i=1}^m \beta_i p'_{vi} L_i$										
$\beta_i = 1.5 - 0.24\sqrt{z}$ De 0.25 a 1.2										
Profundidad (m)	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)(Li)βi	
0	1.6	0.00	0.00	0.00						
1	1.6	1.60	0.00	1.60						
N dado	2	3.20	0.00	3.20						
	8.5	13.60	0.00	13.60	0.00	0.00	11	0.468	48.11	
	15	24.00	0.00	24.00	0.00	0.00				
	15	24.00	0.00	24.00	0.00	0.00				
	20.5	33.35	0.00	33.35	9.35	9.35				
	24	39.30	0.00	39.30	15.30	15.30	0.5	0.32	3.04	
	26	42.70	0.00	42.70	18.70	18.70				
	26	42.70	0.00	42.70	18.70	18.70				
	26.25	43.13	0.00	43.13	19.13	19.13				
Df	26.5	43.55	0.00	43.55	19.55	19.55				
	28.9	47.63	0.00	47.63	23.63	23.63	Σ=		51.15	
	31.8	52.56	0.00	52.56	28.56	28.56				
	31.8	52.56	0.00	52.56	28.56	28.56				
	33.425	55.40	0.00	55.40	31.40	31.40				
	35.05	58.25	0.00	58.25	34.25	34.25				

D (m)	Pp (m)	FR	Cf (t)
1.0	3.142	0.65	104.4
1.2	3.770		125.3
1.4	4.398		146.2



Gráfica 5.1. Esfuerzos totales y efectivos verticales

Tabla 5.2

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

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

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

Cp (t)	Wp (t)	Cf (t)	L (cm)	Ap (m²)	Ec (kg/cm²)	D (cm)	Es (kg/cm²)	δ (cm)	R (t)	k (t/cm)
623.9	46.2	104.4	2450	0.785	280000	100	800	3.20	682.2	166.96
898.4	66.5	125.3		1.131		120		3.71	957.3	202.13
1222.9	90.5	146.2		1.539		140		4.23	1278.6	237.25

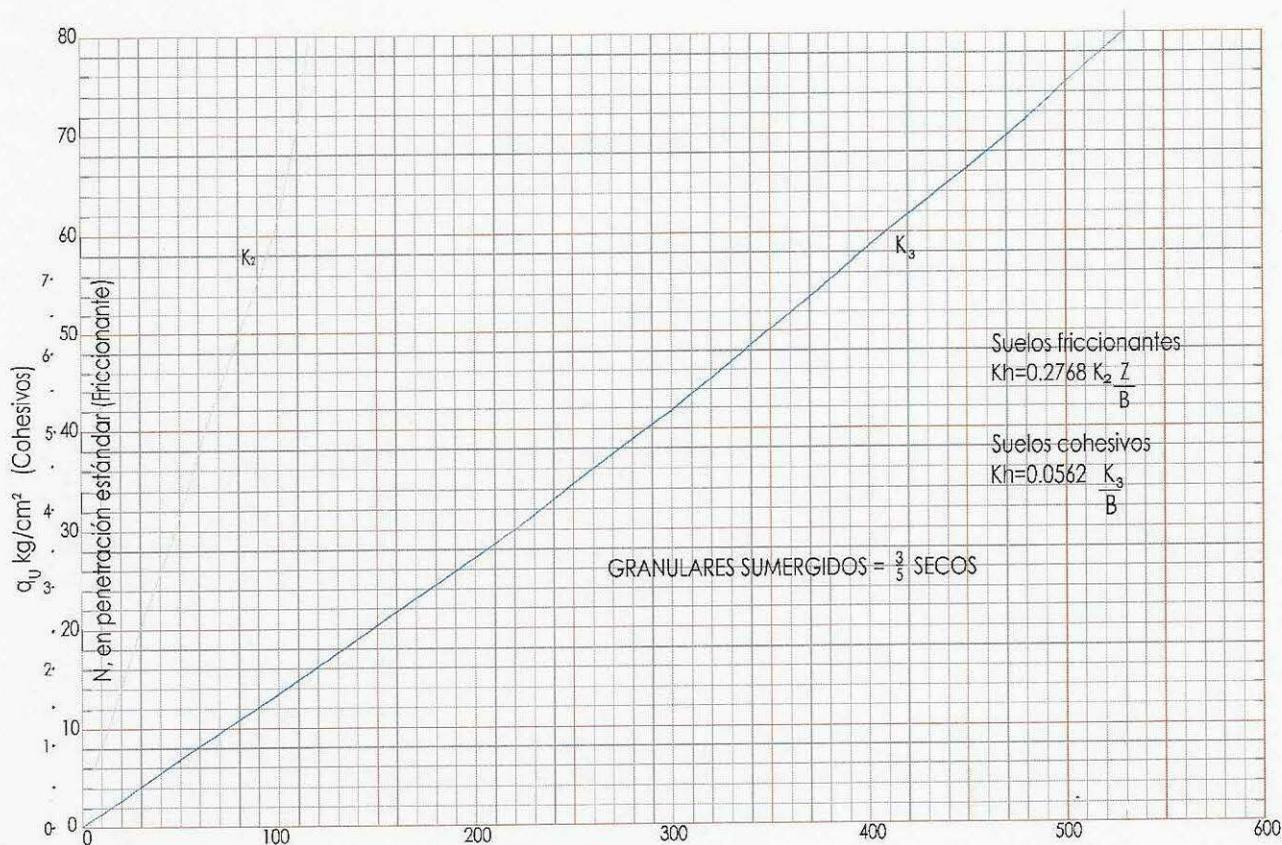
Tomando en cuenta las cargas en la Tabla 4.9 del Anexo 4, se calcularon los asentamientos asociados a estas:

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

Cp= 623.9 t **Cp/R'=** 0.857
Cf= 104.4 t **Cf/R'=** 0.143
Wp= 46.2 t
R'= Cp+Cf **Cp*= Pmax*(Cp/R')=** 31.00 t
L= 24.50 m **Cf*= Pmax*(Cf/R')=** 5.19 t
Ap= 0.785 m²
Ec= 280000 kg/cm²
Es= 800 kg/cm²
D= 1 m

δ=	0.53	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.)