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

GRUPO INDI
Gami Ingeniería e Instalaciones, S.A. de C.V.
Doppelmayr

CONTROL DE DOCUMENTOS

☐ Autorizado para construcción Fecha _____

☐ Autorizado para implementación Fecha _____

☐ Solo para información Fecha _____

☐ Obsoleto Fecha _____

Copia Controlada para: SUPERVISIÓN CAB[redacted]

Autoriza: _____

[redacted]

Elaboró	Autorizó.	
[redacted]		

Contenido

1. ANTECEDENTES 3
2. OBJETO 3
3. ALCANCES 3
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN 2 3
5. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO 5
5.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE 5
5.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 5
5.3 ENSAYES DE LABORATORIO 6
5.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA 6
5.5 MODELO GEOMECÁNICO 8
6. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN 9
6.1 CARGAS ACTUANTES 9
6.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN 9
6.3 ESTADO LÍMITE DE FALLA 10
6.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO 12
7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO 14
7.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS 14
7.2 PILAS 14
7.3 EXCAVACIÓN 17
7.4 MINAS 17
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 18
9. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA 21
10. ANEXO 2. REGISTROS DE SONDEOS 25
11. ANEXO 3. RESULTADOS DE LABORATORIO, T-6 Y T-7 Y RESULTADOS DE PRUEBAS DE FICÓMETRO E-2 46
12. ANEXO 4. CARGAS ACTUANTES EN MÁSTILES DE E-2 68
13. ANEXO 5. ESTUDIO GEOFÍSICO, GEORADAR 77
14. ANEXO 6. MEMORIA DE CÁLCULO 126

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús 4

Índice de Tablas

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3 4
Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño 8
Tabla 3 Valores de N_{max} y N_{min} 11
Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación 12
Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas 13
Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas 13
Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para dado 14

Índice de Figuras

Figura 1. Croquis de localización y ubicación de sondeos, T-6, T-7 y E-2
Figura 2. Zonificación geotécnica de la Ciudad de México
Figura 3. Corte estratigráfico y solución de cimentación, T-6, T-7 y E-2
Figura 4. Localización de la exploración de georadar y ubicación de las anomalías d
Figura 5. Radagramas interpretados de las líneas 1 a 4
Figura 6. Radagramas interpretados de las líneas 5, 6, 16 a 21
Figura 7. Radagramas interpretados de las líneas 7 a 15

1. Antecedentes

Con el propósito de cumplir con los términos de referencia del proyecto "CONSTRUCCIÓN CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES - LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3" DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO. El consorcio solicito a la empresa INGENIEROS CUEVAS ASOCIADOS, realizar el presente estudio de mecánica de suelos para la Estación 2, 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 Estación 2. 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 estación 2, denominada E-2, la cual tiene las coordenadas centrales X=475,949.0; Y= 2,144,131.0 y se proyecta dentro de las instalaciones del Campo Militar 1-F, Av. Vasco de Quiroga 1345, 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 Estación 2

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.

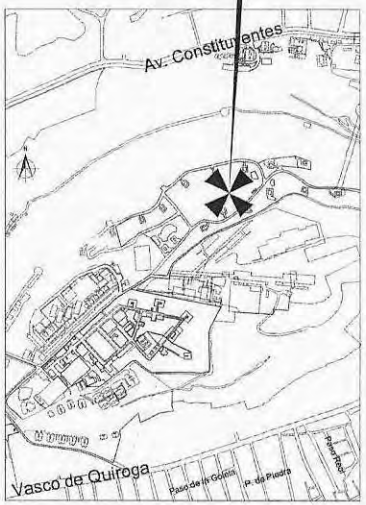
El proyecto será realizado en la demarcación territorial de Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo, ubica[redacted] zona centro – poniente de la Ciudad de México limitado al sur con las alcaldías de Magdalena Con[redacted] Tlalpan, oriente con la alcaldía de Benito Juárez y Cuauhtémoc, al norte con la alcaldía Azcapotzalc[redacted] con los municipios mexiquenses de Tecamachalco y Naucalpan de Juá[redacted]

La denominación y ubicación inicial de cada una de las 6 estaciones se[redacted]



Cablebús L-3, T-6, T-7 y E-2

SITIO EN ESTUDIO



[redacted]

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Secretario de Obras y Servicios de la CDMX
Mtro. Jesús Antonio Esteva Medina

Dirección General de Construcción de Transporte
Ing. Francisco Javier Muñiz Mohr

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Ing. Mario Ricardo Navarro Oluarte

Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

DGOT-LPI-F-1-042-2022
CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES-LOS PINOS), CABLEBUS LÍNEA 3 DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

[redacted]

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

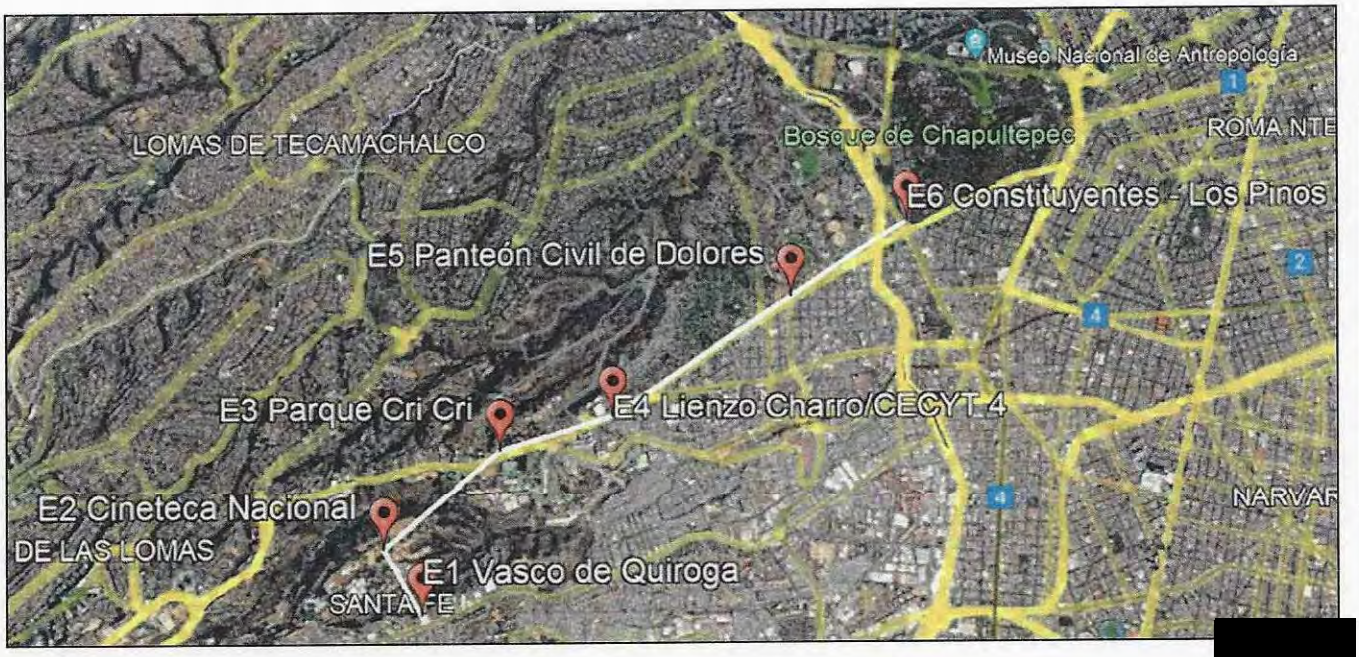


Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús

La Estación 2 con coordenadas X=475,949.0; Y= 2,144,131.0 se proyecta [redacted] del Campo Militar 1-F, Av. Vasco de Quiroga 1345, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDM[redacted]

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

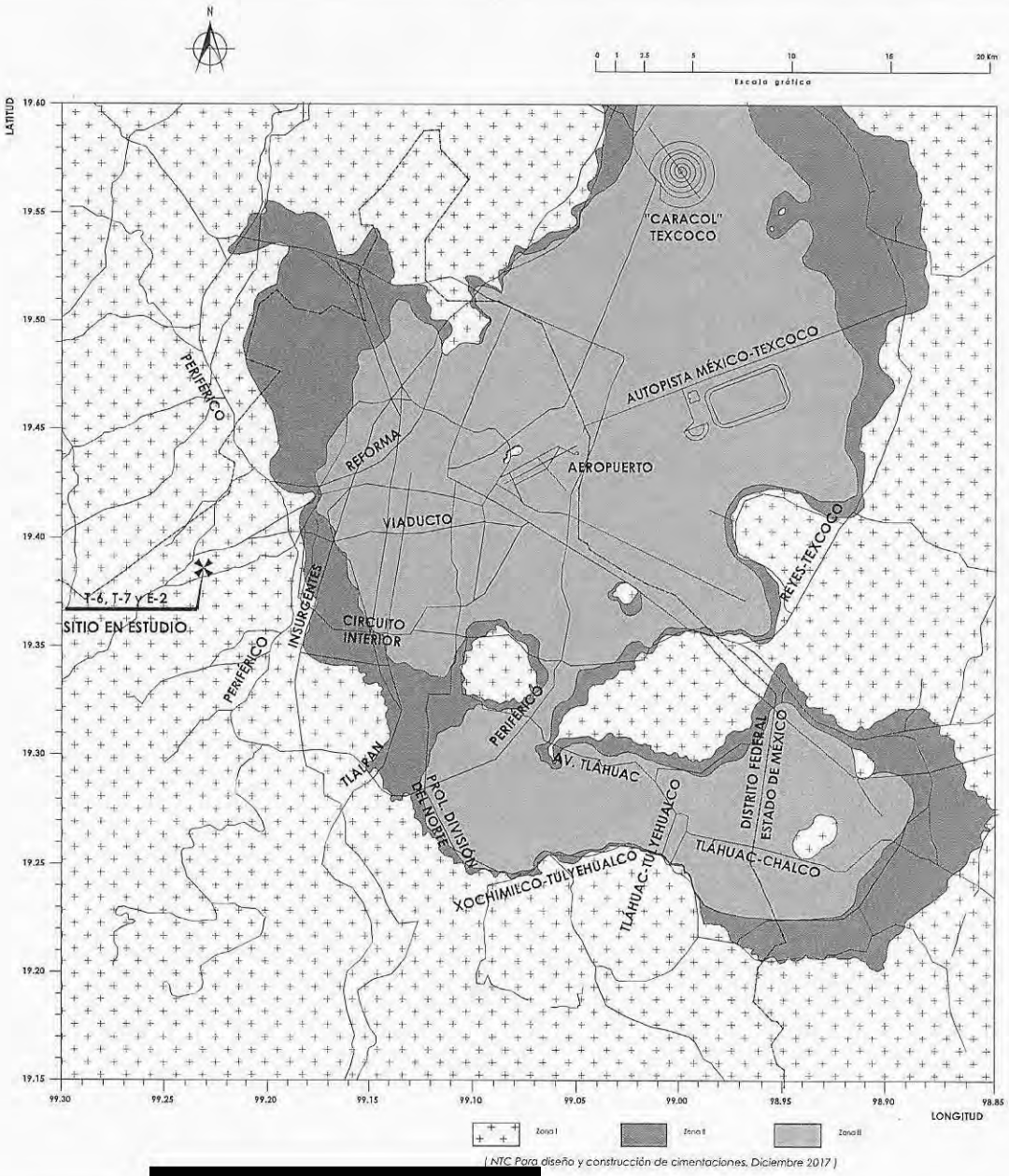
Para determinar las unidades estratigráficas del sitio se realizó un sondeo de penetración estándar en la Torre 7 (SPT-1, T-7), a una profundidad de 35.45 m, así como un sondeo de penetración estándar en la Torre 6 (SPT-1, T-6), a una profundidad de 35.55 m. La técnica de penetración estándar consiste en el hincado a percusión de un muestreador de medidas estandarizadas (penetrómetro), dejando caer sobre este, un peso de 63.0 kg, desde una altura de 76 cm, contabilizando el número de golpes necesarios para hincar los 30 cm centrales del muestreador (Ref. 2).

Así mismo, en la Estación 2 se ejecutaron dos sondeos de avance controlado (SAC-1, E-2 y SAC-2, E-2), a 35.0 m de profundidad, así como un sondeo mixto (SM-1, E-2), igualmente a 35.0 m de profundidad. En el sondeo mixto se alternaron las técnicas de avance controlado y 4 pruebas de ficómetro, a las profundidades medias de 5.0, 16.0, 20.0 y 27.0 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.

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 posible presencia de a
el suelo, asociadas a minas o rellenos, se realizó un estudio geofísico mediante la técnica de ge
un análisis foto geológico, que abarca la zona de la Estación 2, Torre 6
m, con 21 líneas que suman 600.85 m lineales de exploración.



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

[redacted]

[redacted]

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

CIUDAD DE MÉXICO
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Ing. Francisco Javier Muñoz Incín

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Ing. Mario Humberto Navarro Chavarría

Proyecto Ejecutivo: Línea 3 Cablebús

CONTRATO: DGOT-LPI-F-1-042-2022

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

PROYECTÓ: [redacted]

REVISÓ: [redacted]

APROBÓ: [redacted]

CONSULTORES DE IMPACTO URBANO Y ARQUITECTÓNICO

[redacted]

[redacted]

[redacted]

5.3 Ensayes de laboratorio

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

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

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 y los tomados en cuenta para el diseño. En el Anexo 3 se presentan los resultados de las pruebas de laboratorio de esta torre y de la Torre 6, así como los resultados de las pruebas de ficómetro realzadas en la Estación 2. Por su parte, en el Anexo 4 se presentan las cargas actuantes en los mástiles de la estación, en el Anexo 5 se presentan los resultados del estudio geofísico y en el Anexo 6 se encuentra 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 la Torre 6 y Estación 2, a continuación, se presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio:

Corte estratigráfico A-A' y solución de cimentación, con profundidades referidas al punto central de la Estación 2, (Fig. 3):

De 0.0 a 0.6 m. Capa vegetal. Arcilla arenosa color café, con raíces. De consistencia semirígida, con un número de golpes en la prueba de penetración estándar N, de 7. El contenido natural de agua, ω, es en promedio de 30%.

De 0.6 a 2.15. Arcilla de alta plasticidad (CH), limosa, color café grisáceo, con arena andesítica. De consistencia muy dura, con un número de golpes N, de 31. El contenido natural de agua, ω, varía entre 31 y 38%. El porcentaje de finos es del 91% y 9% de arena.

De 2.15 a 4.4 m. Arcilla de alta plasticidad (CH), arenosa, color café amarillento. La arena es fina, andesíti
de consistencia muy dura, con un número de golpes N, de más de 50. El con
entre 18 y 37%. El porcentaje de finos es de entre 66 y 91%, mientras que el p
entre el 9 y 34%.

De 4.4 a 8.0 m. Arcilla de baja plasticidad (CL), limo arenosa, color café r
pumítica y andesítica, de consistencia muy dura, con un número de golpes N,
de agua varía entre 19 y 31%. El porcentaje de finos está entre 55 y 79%, mie
varía de 21 y 45%.

De 8.0 a 18.2 m. Arena limosa (SM), color café olivo, con gravas medias y finas andesíticas. La arena es mayormente gruesa, con partes medias y finas, andesítica. En estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua, ω, es en promedio del 9%. El porcentaje de finos varía entre 5 y 16%, el porcentaje de arena está entre 36 y 93%, mientras que el porcentaje de gravas varía de 28 a 50%.

De 18.2 a 36.9 m. Arena limosa (SM), color gris, con gravas medias y finas andesíticas. La arena es andesítica, mayormente gruesa, con partes medias y finas. En estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50, solo entre 19.2 y 21.6 m, este material se presenta en estado suelto a semicompacto, incluso con peso de herramienta en la prueba de penetración estándar. El contenido natural de agua es en promedio del 10%. El porcentaje de finos varía entre 10 y 21%, mientras que el porcentaje de arena y grava es de 77 a 90%.

De 36.9 a 37.4 m. Arena pumítica mayormente media, con partes finas, limosa, color café olivo, en estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua, ω, es de 51%. El porcentaje de finos es del 25% y el porcentaje de arena es del 75%.

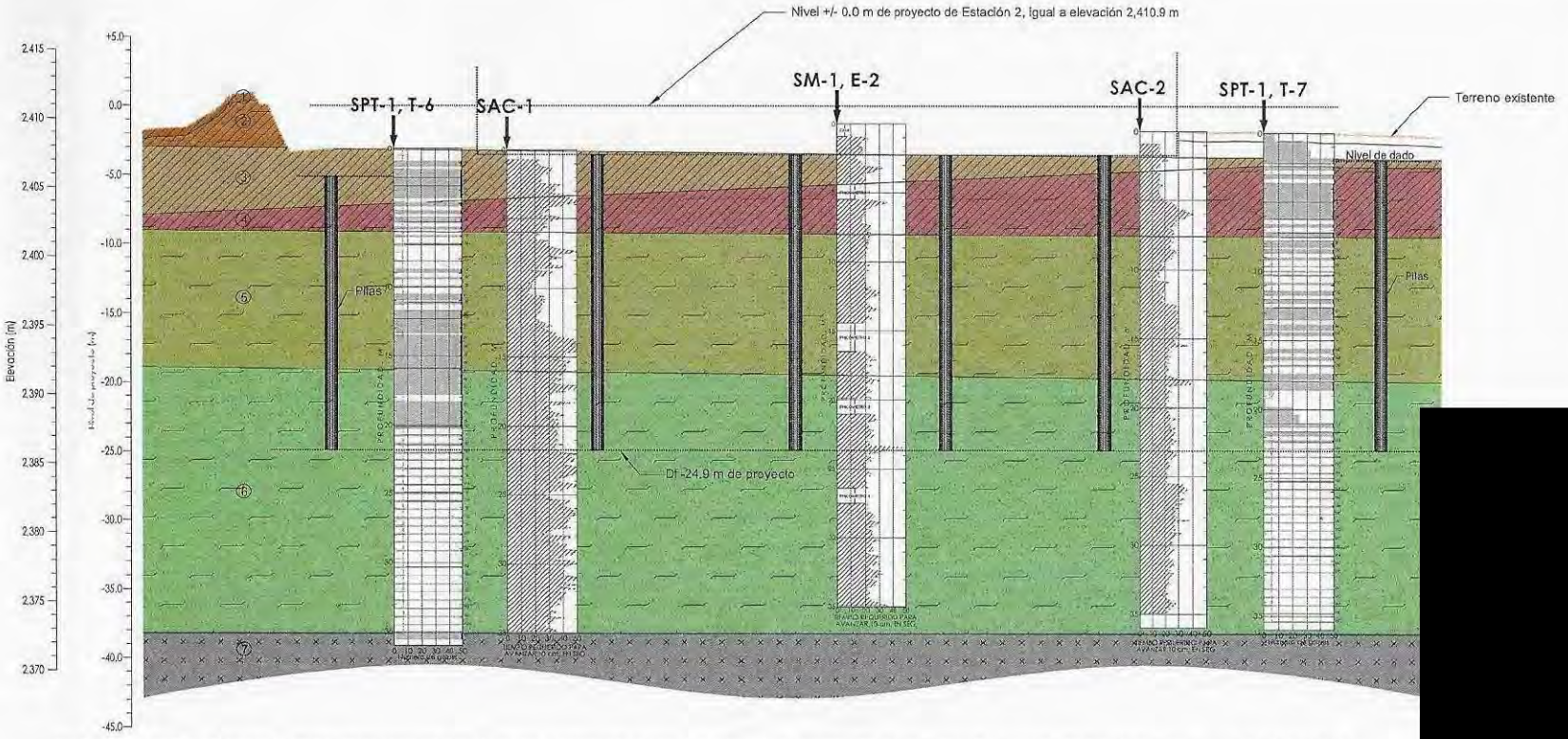
Condiciones piezométricas. Durante los trabajos de exploración no se detectó nivel freático. En esta zona se presenta a gran profundidad.

Minas. Durante los trabajos de ejecución del sondeo (SPT-1, T-6), no se presentaron pérdidas de lodo bentonítico. En los sondeos (SAC-1, E-2, SAC-2, E-2 y SM-1, E-2), no se presentaron pérdidas de fluido de perforación. Por su parte, en el sondeo (SPT-1, T-7) se tuvo pérdidas de fluido de perforación a la profundidad de 18.75 m, y en la prueba de penetración estándar se presentó peso de herramienta, lo que denota una posible cavidad o fisura en esta zona. Después de además hasta 20.0 m y se tuvo recuperación de lodo, este volvió a perderse a 34.1 m de profundidad.

Por su parte, en el estudio geofísico se presenta un análisis foto geológico, donde se aprecia que en esta zona posiblemente existió un "rascadero" superficial y algunas zonas al sur de la envolvente de la estación 2, que posiblemente sean antiguas bocaminas. Así mismo, en este estudio se precisa que las anomalías detectadas mediante el georadar, son debidas a variaciones laterales de los materiales que conforman la estructura del subsuelo, pero no a cavidades.

De acuerdo con lo anterior, se consideran dos lechos de antiguas minas o cavidades. La primera de ellas, entre las profundidades medias de 5.0 y 8.0 m y la segunda, entre 18.6 y 21.0 m. En estas profundidades, la aportación lateral y vertical se considera nula.

Coeficiente sísmico. Tomando en cuenta la posición central de la Estación 2 y el software SASID (Ref. [redacted]) el coeficiente sísmico elástico es de 0.326, con una aceleración espectral, a_0= 0.119. Queda a juicio del Inge[redacted] estructurista los factores de hiperestaticidad, importancia, irregularidad y de sobre resistencia p[redacted] obtención del espectro de diseño final.



Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio y los sondeos exploratorios, a continuación se presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio, con profundidades referidas al punto central de la Estación 2:

① **De 0.0 a 0.6 m. Capa vegetal. Arcilla arenosa color café,** con raíces. De consistencia semirígida, con un número de golpes en la prueba de penetración estándar N, de 7. El contenido natural de agua, , es en promedio de 30%.

② **De 0.6 a 2.15. Arcilla de alta plasticidad (CH),** limosa, color café grisáceo, con arena andesítica. De consistencia muy dura, con un número de golpes N, de 31. El contenido natural de agua, , varía entre 31 y 38%. El porcentaje de finos es de

③ **De 2.25 a 4.4 m. Arcilla de alta plasticidad (CH), arenosa,** color café amarillento. La arena es fina, andesítica, de consistencia muy dura, con un número de golpes N, de más de 50. El contenido natural de agua, , varía entre 18 y 37%. El po
entre 56 y 91%, mientras que el porcentaje de arena se encuentra entre el 9 y 34%.

④ **De 4.4 a 8.0 m. Arcilla de baja plasticidad (CL), limo arenosa,** color café rojizo. La arena es fina a media, pumítica y andesítica, de consistencia muy dura, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua varía entre 1
de finos está entre 55 y 79%, mientras que el porcentaje de arena varía de 21 y 45%.

⑤ **De 8.0 a 18.2 m. Arena limosa (SM), color café olivo,** con gravas medias y finas andesíticas. La arena es mayormente gruesa, con partes medias y finas, andesítica. En estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua, , es en promedio del 9%. El porcentaje de finos varía entre 5 y 16%, el porcentaje de arena está entre 36 y 93%, mientras que el porcentaje de gravas varía de 28 a 50%.

⑥ **De 18.2 a 36.9 m. Arena limosa (SM), color gris,** con gravas medias y finas andesíticas. La arena es andesítica, mayormente gruesa, con partes medias y finas. En estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50, solo entre 19.2 y 21.6 m, este material se presenta en estado suelto a semicompacto, incluso con peso de herramienta en la prueba de penetración estándar. El contenido natural de agua es en promedio del 10%. El porcentaje de finos varía entre 10 y 21%, mientras que el porcentaje de arena y grava es de 77 a 90%.

⑦ **De 36.9 a 37.4 m. Arena pumítica** mayormente media, con partes finas, limosa, color café olivo, en estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua, , es de 51%. El porcentaje de finos es del 25% y el porcentaje de arenas es del 75%.

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-6), no se presentaron pérdidas de lodo bentonítico. En los sondeos (SAC-1, E-2, SAC-2, E-2 y SM-1, E-2), no se presentaron pérdidas de fluido de perforación. Por su parte, en el sondeo (SPT-1, T-7) se tuvo pérdidas de fluido de perforación a la profundidad de 18.75 m, y en la prueba de penetración estándar se presentó peso de herramienta, lo que denota una posible cavidad o fisura en esta zona. Después de además hasta 20.0 m y se tuvo recuperación de lodo, este volvió a perderse a 34.1 m de profundidad.

Por su parte, en el estudio geofísico se presenta un análisis foto geológico, donde se aprecia que en esta zona posiblemente existió un "rascadero" superficial y algunas zonas al sur de la envolvente de la estación 2, que posiblemente sean antiguas bocaminas. Así mismo, en este estudio se precisa que las anomalías detectadas mediante el georadar, son debidas a variaciones laterales de los materiales que conforman la estructura del subsuelo, pero no a cavidades.

De acuerdo con lo anterior, se consideran dos lechos de antiguas minas o cavidades. La primera de ellas, entre 5.0 y 8.0 m y la segunda, entre 18.6 y 21.0 m. En estas profundidades, la aportación lateral y vertical se considera nula.

[redacted]

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

[redacted]

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Dirección General de Obras para el Transporte
Ing. Francisco Javier Mateo Marín

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Ing. Mario Humberto Rosario Chuecas

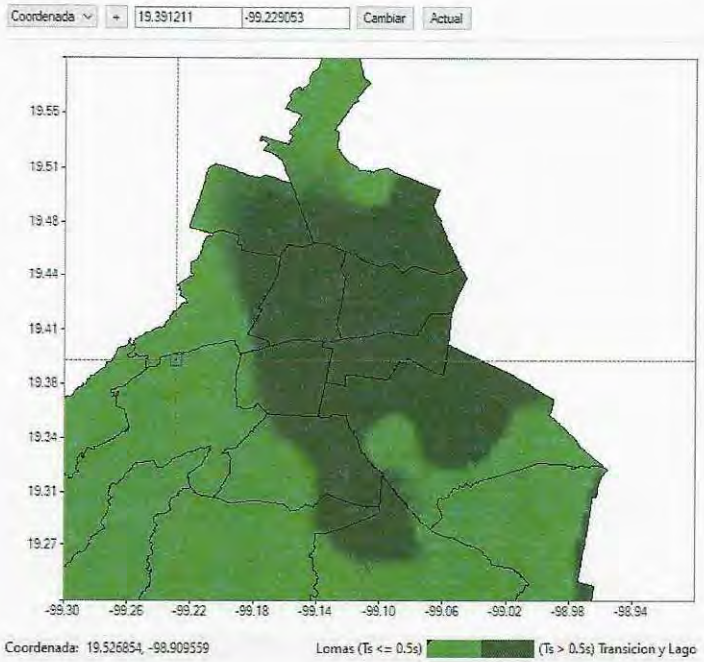
Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

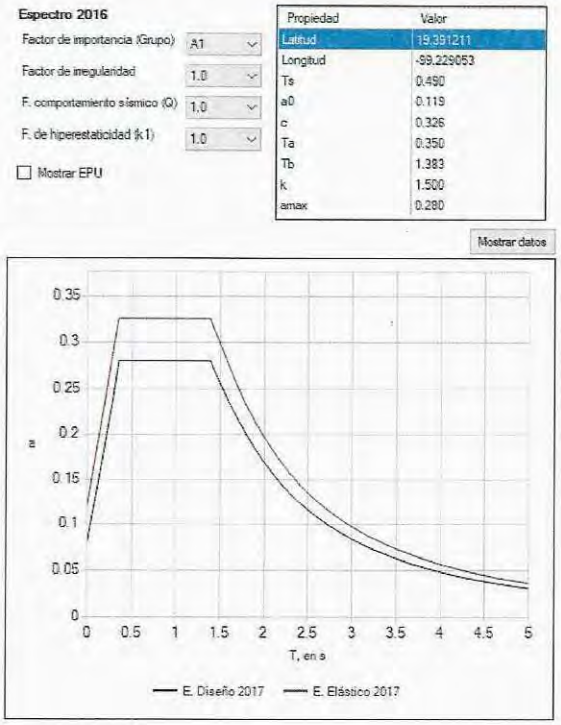
DGOT-LPI-F-1042-2022
CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES-LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3 DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

MECÁNICA DE SUELOS

PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN

PERFIL ESTRATIGRÁFICO Y SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN.





5.5 Modelo geomecánico

Los parámetros mecánicos de los estratos que conforman la estructura del subsuelo; necesarios para la determinación de la capacidad de carga y deformaciones, se presenta en la Tabla 2 y son resultados de los resultados de la exploración geotécnica, laboratorio y pruebas de ficómetro realizados en la zona de la Torre 6, Torre 7 y E-2:

Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño

Unidad	Profundidad(m)	S.U.C.S	γ (t/m³)	c (t/m²)	$\phi°$	E (kg/
1	0.0 a 0.6	Capa vegetal	1.55	-	-	-
2	0.6 a 2.1	CH arenosa	1.65	4	28	20
3	2.1 a 4.0	CH arenosa	1.70	2	30	85
4	4.0 a 6.2	CH-CL arenosa	1.70	5	30	95
5	6.2 a 9.2	Hipótesis de mina u oquedad				
6	9.2 a 18.4	SM con gravas	1.75	0	38	1,2
7	18.4 a 21.6	Cavidad o fisura detectada en T-7				
8	21.6 a 36.9	SM con gravas	1.75	2	39	1,2
9	36.9 a 37.4	Pumítica	1.35	3	30	50

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

Cabe mencionar que, las propiedades de resistencia se determinaron con las pruebas de ficómetro realizadas en el punto central de la E-2, mientras que las propiedades de deformabilidad, se determinaron tomando en cuenta correlaciones con el número de golpes N (Ref. 4), de la prueba de penetración estándar, presentes en la memoria de cálculo, gráficas 1 y 2.

6. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

La Estación 2 con coordenadas centrales X=475,949.0; Y= 2,144,131.0 se proyecta dentro de las instalaciones del Campo Militar 1-F, Av. Vasco de Quiroga 1345, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX. En la zona en la cual se realizará la construcción se presentan diversos árboles pequeños. Esta estación albergará dos tipos de apoyos, el primero de ellos, correspondiente a 6 mástiles, mientras que el segundo tipo corresponde con los apoyos propios de la estación

6.1 Cargas actuantes

Las cargas actuantes a nivel de cimentación; que incluye el peso del dado para cada uno de los mástiles; que se determinaron en el análisis estructural se presenta en el Anexo 4. En este anexo, se presenta la revisión de incremento de esfuerzos por la gran excentricidad que existe entre el centro de cimentación y el centro de cargas. Así mismo, se presentan las 8 combinaciones correspondientes al sismo, con el 100% actuando en un sentido y el 30% en el otro sentido, para finalmente obtener las cargas máximas y mínimas actuantes cada una de las pilas.

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

6.2 Solución de cimentación

Tomando en cuenta la importancia de la estructura, que es considerada TIPO A1, la solución de cimentación consiste en pilas de sección circular de 1.0 m de diámetro como mínimo para mástiles, 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 para mástiles 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 pudiero[redacted] exploración geotécnica o geofísica, la profundidad de las pilas aquí recome[redacted] como los valores de la capacidad de carga.**

Minas. Durante los trabajos de ejecución del sondeo (SPT-1, T-6), no se [redacted] bentonítico. En los sondeos (SAC-1, E-2, SAC-2, E-2 y SM-1, E-2), no se pres[redacted] perforación. Por su parte, en el sondeo (SPT-1, T-7) se tuvo pérdidas de fluido de perforación a l[redacted] de 18.75 m, y en la prueba de penetración estándar se presentó peso de herramienta, lo qu[redacted] posible cavidad o fisura en esta zona. Después de además hasta 20.0 m y se tuvo recuperación[redacted] volvió a perderse a 34.1 m de profundidad.

Por su parte, en el estudio geofísico se presenta un análisis foto geológico, donde se aprecia que en esta zona posiblemente existió un "rascadero" superficial y algunas zonas al sur de la envolvente de la estación 2, que posiblemente sean antiguas bocaminas. Así mismo, en este estudio se precisa que las anomalías detectadas mediante el georadar, son debidas a variaciones laterales de los materiales que conforman la estructura del subsuelo, pero no a cavidades.

De acuerdo con lo anterior, se consideran dos lechos de antiguas minas o cavidades. La primera de ellas, entre 6.2 y 9.2 m y la segunda, entre 18.4 y 21.6 m. En estas profundidades, la aportación lateral y vertical se considera nula.

La solución de cimentación será con pilas desplantadas a 23.6 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 21.6 m.

Tomando como referencia el nivel +/-0.0 m de proyecto de la E-2; que corresponde con la elevación 2,410.9 m, las pilas se desplantarán al nivel -24.9 m de proyecto, que corresponde con la elevación 2,386.0 m. Es importante mencionar que estos niveles deberán ser corroborados en campo antes de iniciar con la construcción de las pilas.

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:

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

Donde:

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

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

$$R = C_p + C_f - W_p$$

Donde:

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

Con:

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

Donde:

p'_v esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 26.5 t/m^2

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 26.5 t/m^2

Con:

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

Cuando

$$\frac{L_e}{B} \leq 4 \tan\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) \quad (5)$$

O bien

$$N_q^* = N_{máx} \quad (6)$$

Cuando

$$\frac{L_e}{B} > 4 \tan\left(45° + \frac{\varphi}{2}\right) \quad (7)$$

Donde:

Le longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 2.0 m
B diámetro de la pila, m.
ϕ ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 39°

Los valores de $N_{máx}$ y $N_{mín}$, 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 i

Con

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

Capacidad a la tensión. Los efectos de tensión en la torre; que se presenten ser tomados por las pilas; su capacidad a la tensión estará es función de la fri del elemento:

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

Donde:

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

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

Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación

D (m)	Wp (t)	C_p (t)	C_f (t)	R (t)	C_{te} (t)
0.8	25.9	452.4	212.8	639.2	229.6
1.0	40.5	706.9	265.9	932.2	292.3
1.2	58.4	1,017.9	319.1	1,278.7	357.1
1.4	79.4	1,385.4	372.3	1,678.3	424.0

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:

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

Donde:

δ deformación total de la pila, cm
L longitud de la pila, igual a 2,150 cm
D diámetro de la pila, cm
E_s módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 1,200 kg/cm²
E_c módulo de elasticidad del concreto, igual a 280,000 kg/cm², p

con

$$E_c = 14{,}000 \sqrt{f'c}$$

Módulo de reacción vertical. La constante de resorte para pilas; que será util
la cimentación considerando la interacción suelo-estructura, se determinó como sigue (Ref.5),
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/cm³)
0.8	2.24	215.76	42.92
1.0	2.60	271.67	34.59
1.2	2.97	326.68	28.88
1.4	3.35	381.06	24.75

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

Para suelos friccionantes:

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

Donde

k_h módulo de reacción horizontal, (kg/cm³)
k_2 coeficientes de Terzaghi para suelos friccionantes, lb/pulg³
B diámetro del cimiento, 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)	Nivel de proyecto (m)	N	z (m)	k2	kh (Kg/cm³) B (m)			
					0.8	1.0	1.2	1.4
2.1 a 4.4	-3.4 a -5.7	>80	1.15	115	4.58	3.66	3.05	2.6
4.4 a 6.2	-5.7 a -7.5	>80	3.2	115	12.73	10.19	8.49	7.2
6.2 a 9.2	-7.5 a -10.5	0	5.6	0	0.00	0.00	0.00	0.0
9.2 a 18.4	-10.5 a -19.7	>80	11.7	115	46.55	37.24	31.04	26.6
18.4 a 21.6	-19.7 a -22.9	0	17.9	0	0.00	0.00	0.00	0.0
21.6 a 23.6	-22.9 a -24.9	>80	20.5	115	81.57	65.26	54.38	46.6

Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para dado

Profundidad (m)	Nivel de proyecto (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm³) B (m) 4.50
0.0 a 0.6	-1.3 a -1.9	7	0.3	8	0.01
0.6 a 2.1	-1.3 a -3.4	31	1.35	49	0.41

Propuesta de cimentación. La propuesta de cimentación para cada mástil, 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.

Para los apoyos de la propia estación, la solución será igualmente con pilas, en todo caso cumpliendo con una separación de 3 veces el diámetro, entre las pilas.

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

7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

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

7.1 Preparación de áreas

a) El área en donde se desplantará esta torre se presentan diversos árboles pequeños, mis deberán ser trasplantados.

a) Concluidos los trabajos anteriores, se procederá con los traba cimentación.

7.2 Pilas

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

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

b) Enseguida se realizará la perforación en seco, hasta la profundidad de desplante de proyecto. Es importante mencionar que cada una de las pilas deberá ser inspeccionada en toda su longitud, por un supervisor geotécnico y verificar el estado de las paredes y fondo, en busca de indicios de cavernas, Esto se logrará adoptando alguna de las medidas siguientes:

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

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

c) El concreto para la construcción de las pilas será de una f'_c= 400 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) **En caso de que efectivamente se presenten las oquedades analizadas en el presente informe, se deberá colocar ademe para poder realizar el colado.** Para la conformación de este ademe se deberá tener en campo lámina calibre 20, para crear un encamisado. Esta camisa se colocará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Fotos 1 y 2). Esta lámina servirá como ademe perdible, para poder realizar el colado de los elementos de cimentación. La lámina se sueldará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubrimiento de proyecto.




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

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

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

g) El armado se rigidizará para evitar excesivas deformaciones que pudiesen complicar su colocación dentro de la perforación. Para la liga estructural se recomienda que el armado tenga una longitud adicional de por lo menos 0.5 m, o la que el diseño estructural recomiende.

h) Las pilas se colarán con el procedimiento tradicional de tubo Tremie; al inicio del colado la tubería se colocará 20.0 cm por encima del nivel de desplante y se utilizará un tapón deslizante "diablo" para evitar la segregación y contaminación del concreto; durante el colado se deberá garantizar que la tubería se encuentre embebida por lo menos 1.0 m dentro del concreto, subiendo la tubería conforme asciende el nivel del concreto. El revenimiento del concreto será como mínimo de 23.0 cm. El colado se llevará por lo menos 0.50 m por arriba del lecho bajo del dado de cimentación o la longitud que determine el área de estructuras.

i) El descabece para la liga estructural se realizará mediante la demolición del concreto contaminado con martillo eléctrico, empezando en la periferia hasta llegar al núcleo, en forma descendente; en los últimos 20 cm se hará con maceta y cincel.

j) El criterio de aceptación o tolerancias para la construcción de las pilas es el siguiente:

1) *Localización*. En el posicionamiento de la cabeza del apoyo, la desviación aceptada debe ser menor del 4% del diámetro del apoyo o de 8 cm en cualquier dirección, cualquiera que sea el valor más bajo. El diseño estructural deberá de tomar en cuenta esta excentricidad.

2) *Verticalidad*. La tolerancia permisible está comprendida entre el 1 y 2 % de la longitud final del apoyo, pero sin exceder el 12.5% del diámetro del apoyo o 38 cm en el fondo, cualquiera que sea el valor más bajo.

3) *Limpieza*. Se deberá remover todo el material suelto y de azolve del fuste antes de colocar el concreto. En ningún caso el volumen de tales materiales excederá el equivalente al que fuera necesario pa[redacted] 5% del área en un espesor de 5 cm.

4) *Acero de refuerzo*. La separación mínima entre varillas no debe s[redacted] varilla ni menor de 1.5 veces el tamaño del agregado máximo.

k) Es indispensable llevar un registro en donde se anote: 1) la ubi[redacted] que se terminó la perforación y la profundidad alcanzada; 4) fe[redacted] el colado. Cada pila deberá ser liberada por un supervisor, un[redacted] de las paredes y piso.

[redacted]

l) La integridad de pilas se verificará de manera obligada mediante pruebas no destructivas de "baja deformación". Los ensayes 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 para cada mástil tiene una sección rectangular de 4.6 x 4.6 m, con un peralte de 2.0 m. Para poder alojar este elemento, se deberá realizar la excavación con dimensiones mínimas de 5.0 x 5.0 m en planta para poder alojar la cimbra.

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

b) Al llegar a la profundidad máxima para el dado; 2.0 m, se realizará el descabece de las pilas de cimentación y en el fondo de la excavación se colocará una plantilla de concreto pobre con una f'c= 100 kg/cm^2, para proceder con el habilitado del acero de refuerzo para el dado de cimentación.

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

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

7.4 Minas

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

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

1) Haciendo descender a un supervisor por medio de la misma pe
con un arnés. **Cada una de las pilas deberá ser verificada y libe
de suelos.**
2) **Se podrá recurrir a algún otro tipo de inspección, siempre y
empleado con anterioridad y la supervisión cuente con la expe**

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.

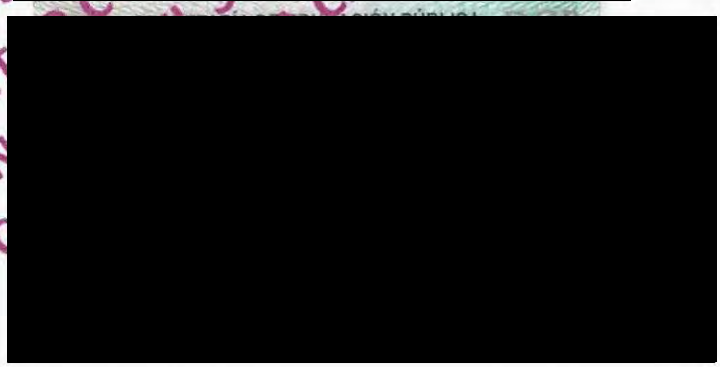
5. Zeevaert L. **Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions**. Van Nostrand Reinhold 2ª.

6. Rico. Del Castillo, **La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Vol**. II, Ed. Limusa, México 2009

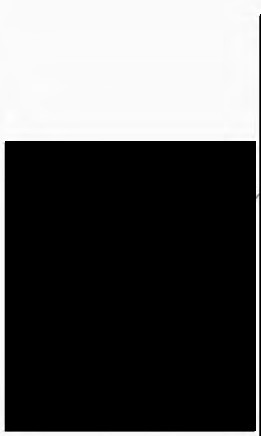
[redacted]

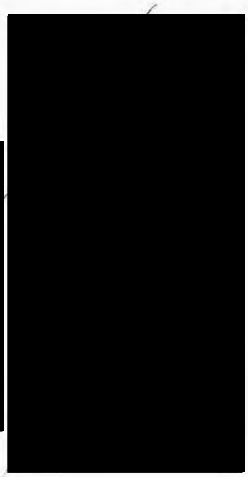
PARA USO EXCLUSIVO
INTEGRAL DE LA "CO
TRANSPORTE SUS
QUIROGA A MET
CABLEBÚS LÍN
PÚBLICO

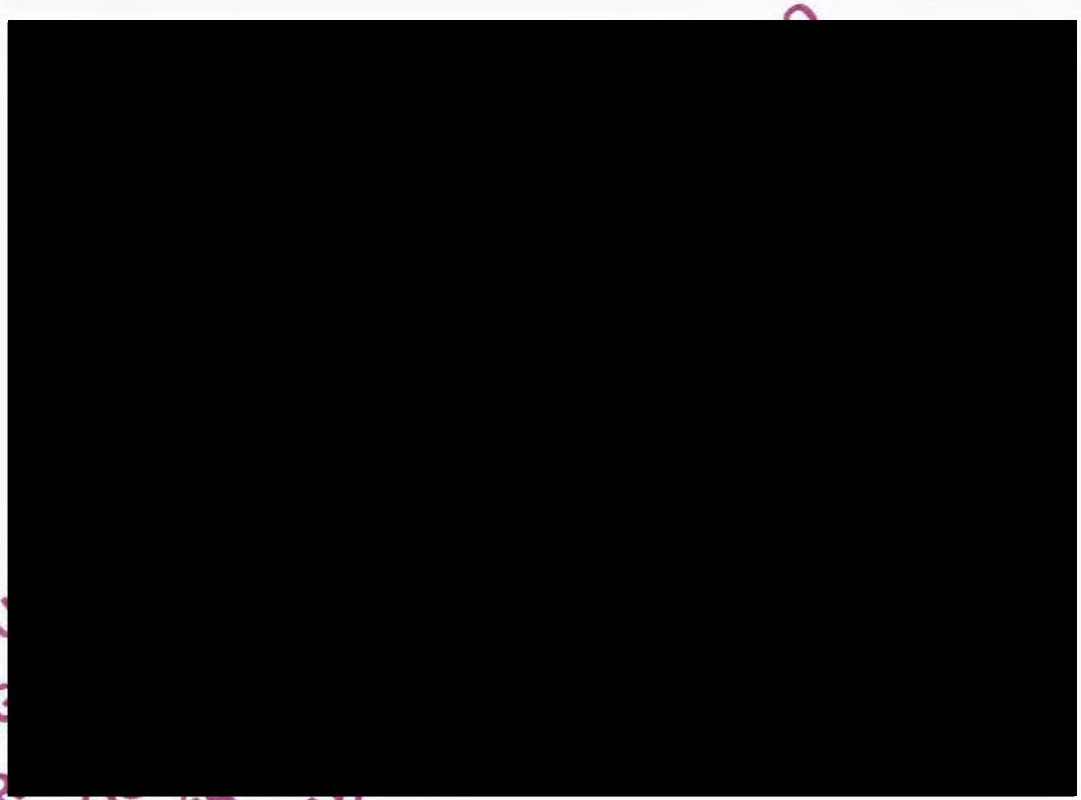










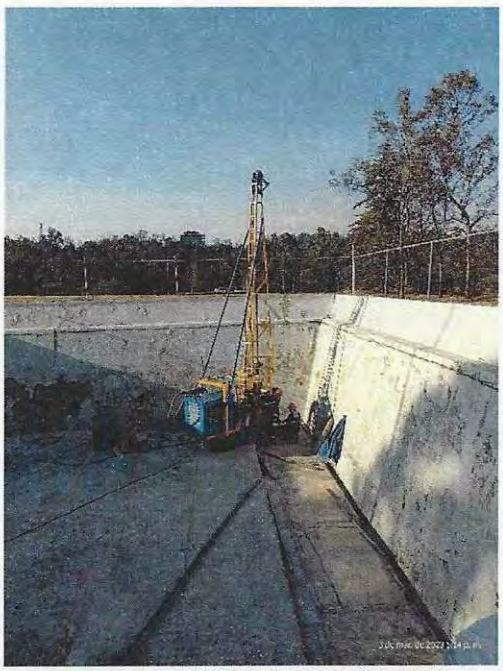


PARA U
INTEG
TR
QUIRO
CABLEBÚS
PÚBLICO CA



9. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA





Fotografía 1. Posicionamiento del equipo para la ejecución del sondeo de avance controlado, SAC-1, E-2



Fotografía 2. Ejecución del sondeo SAC-1, E-



Fotografía 3. Posicionamiento del equipo para realizar el sonde de avance controlado, SAC-2, E-2



Fotografía 4. Ejecución del sondeo SAC-1, E-2



Fotografía 5. Equipo posicionado en punto central de la E-2, para sondeo mixto, SM-1, E-2



Fotografía 6. Pruebas de ficómetro en punto central de E-2, SM-1, E-

10. ANEXO 2. REGISTROS DE SONDEOS

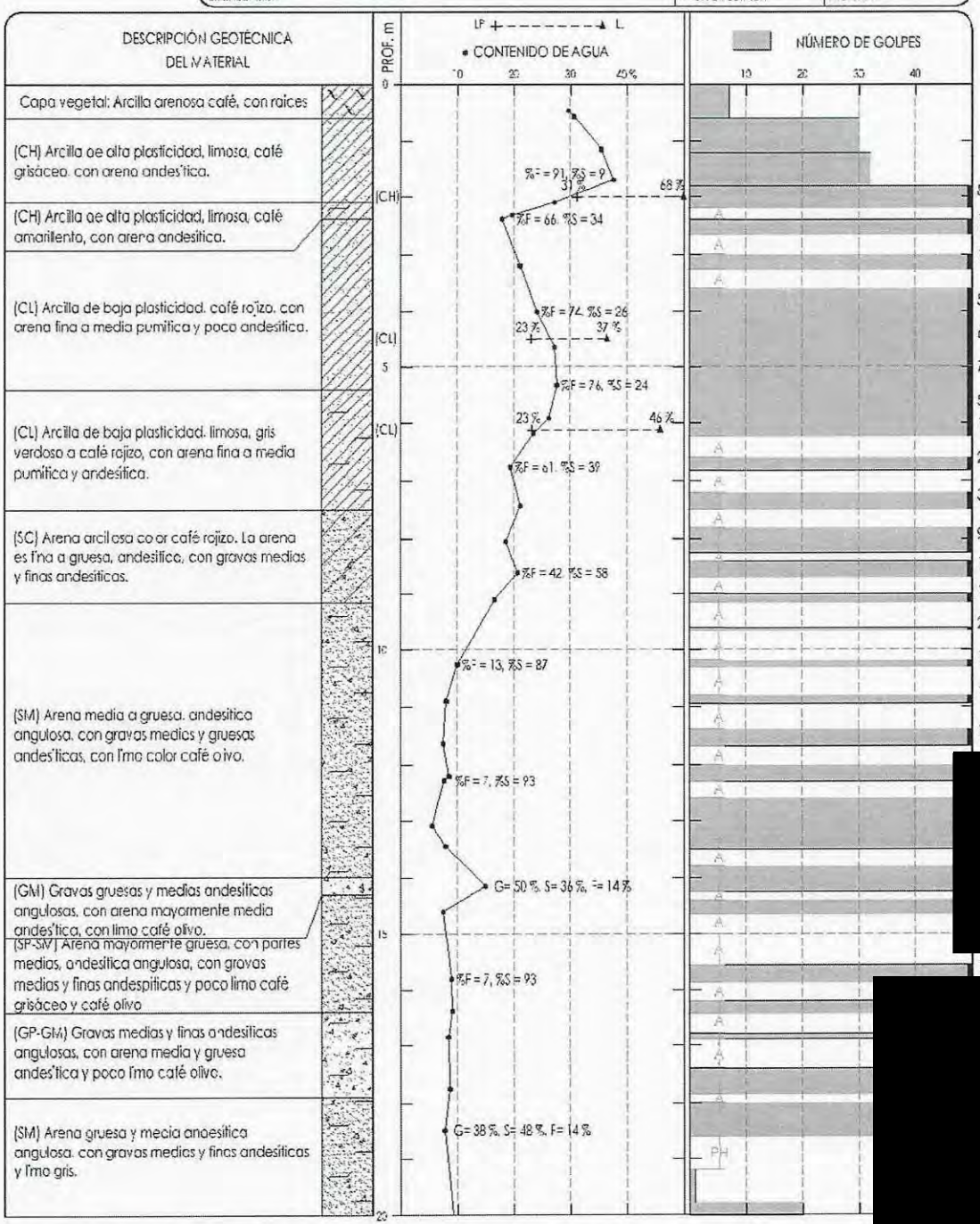
[redacted]

[redacted]

[redacted]

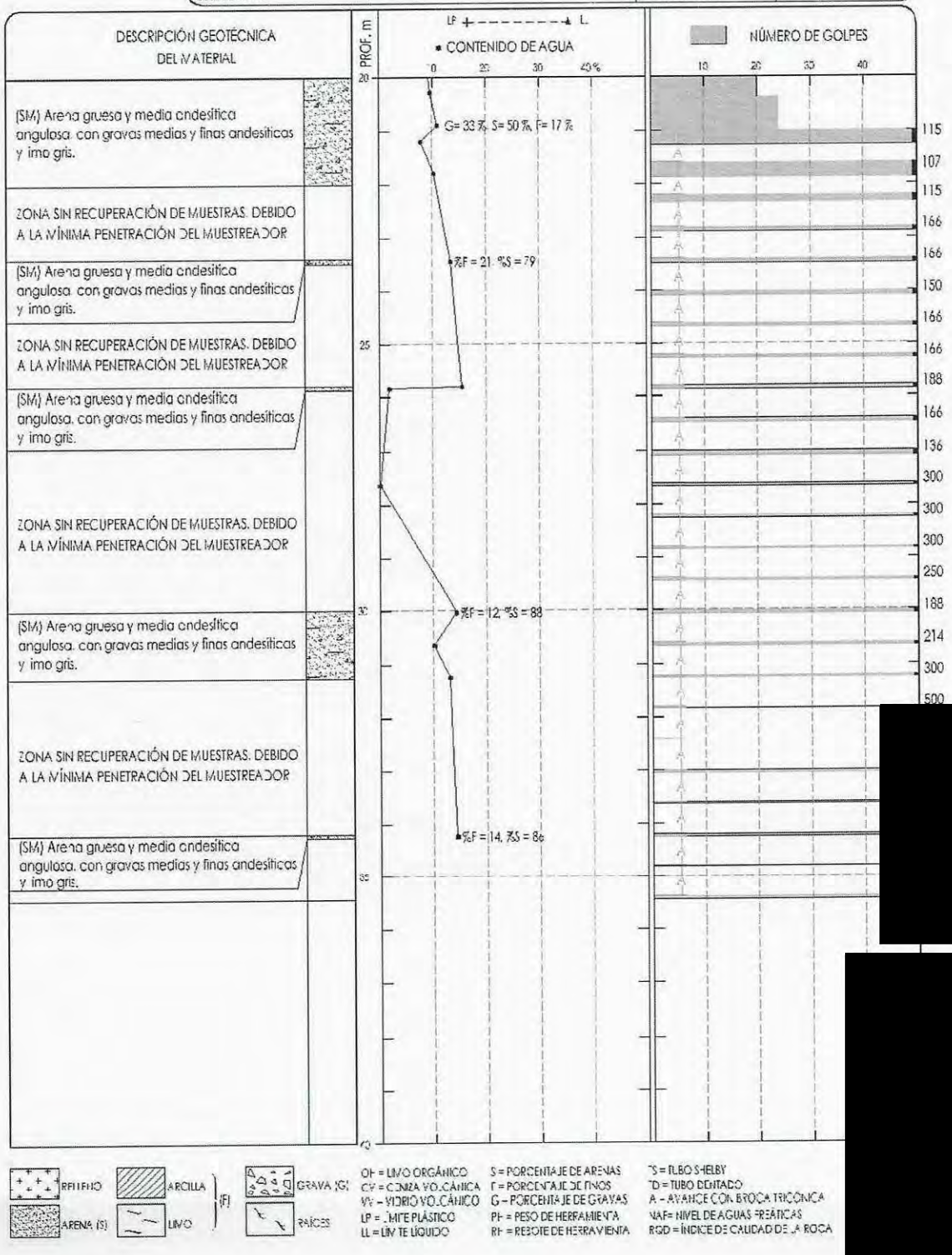
SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

PROYECTO	Cablebús L-3, Torre 7	SONDEO	SPT-1
LOCALIZACIÓN	Campo Militar 1-F	PROF. EXPLORADA: 35.45 m	PROF. NAF: No se detectó

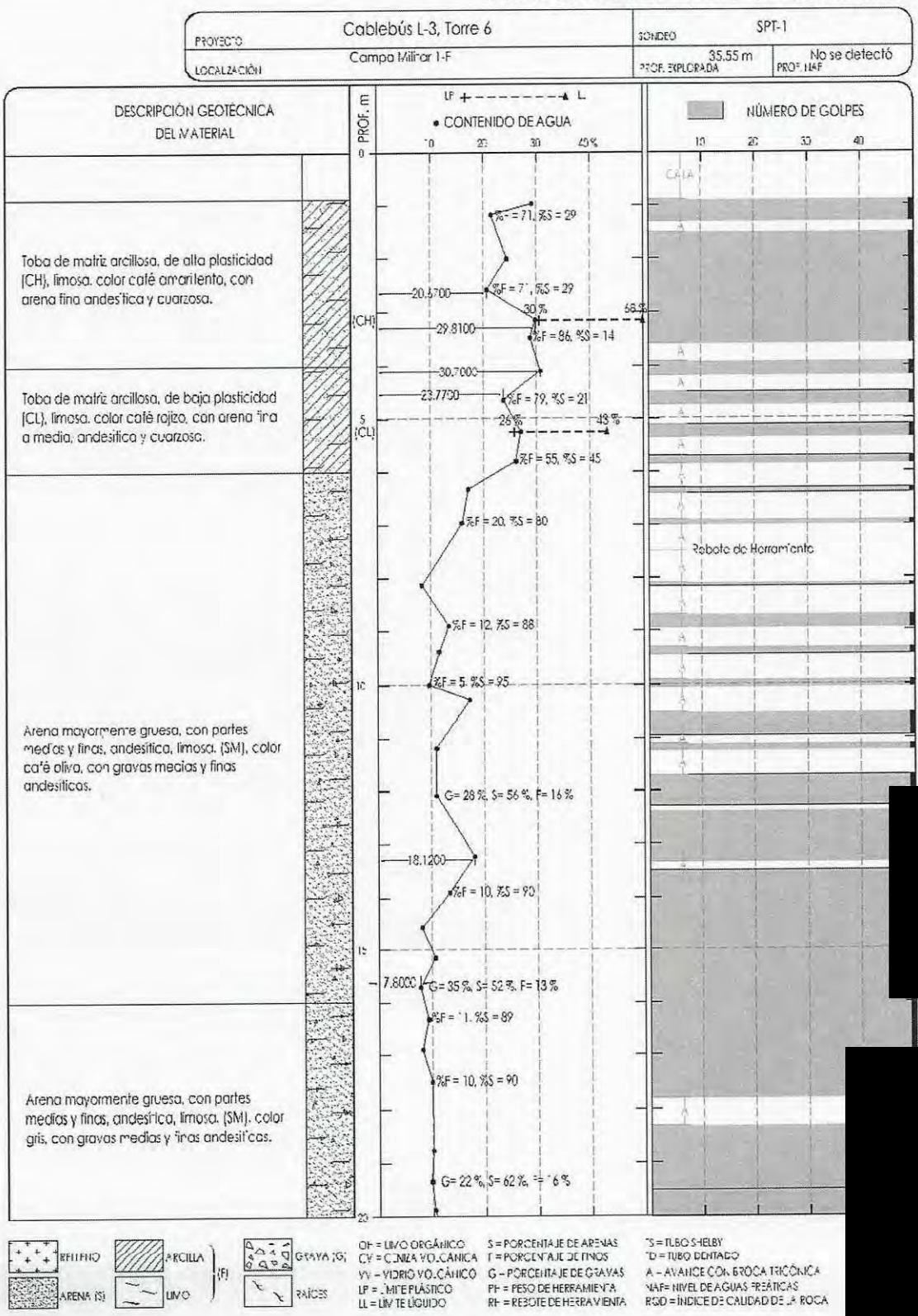


SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

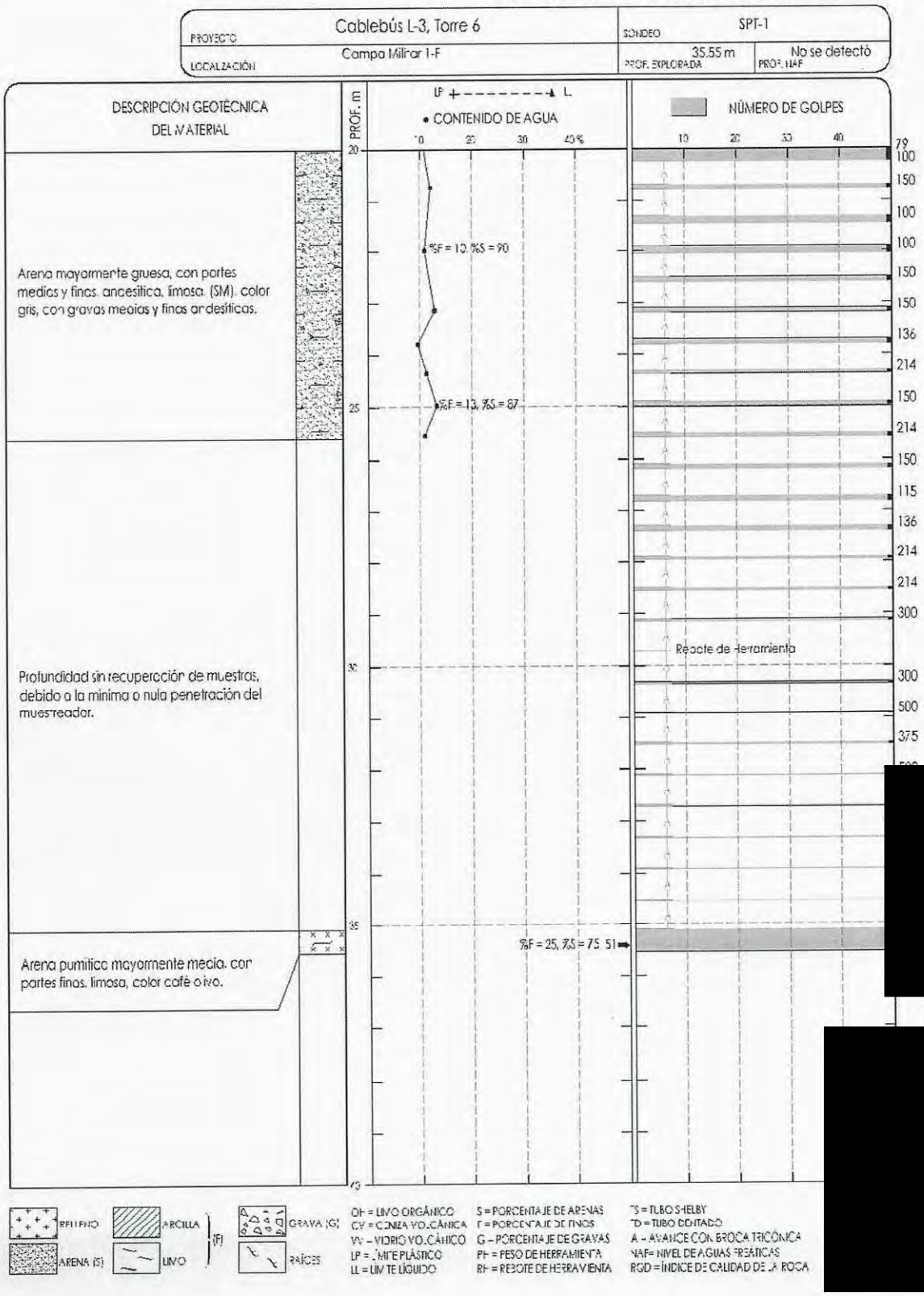
PROYECTO	Cablebús L-3, Torre 7	SONDEO	SPT-1
LOCALIZACIÓN	Campo Militar 1-F	PROF. EXPLORADA: 35.45 m	PROF. NAF: No se detectó



SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

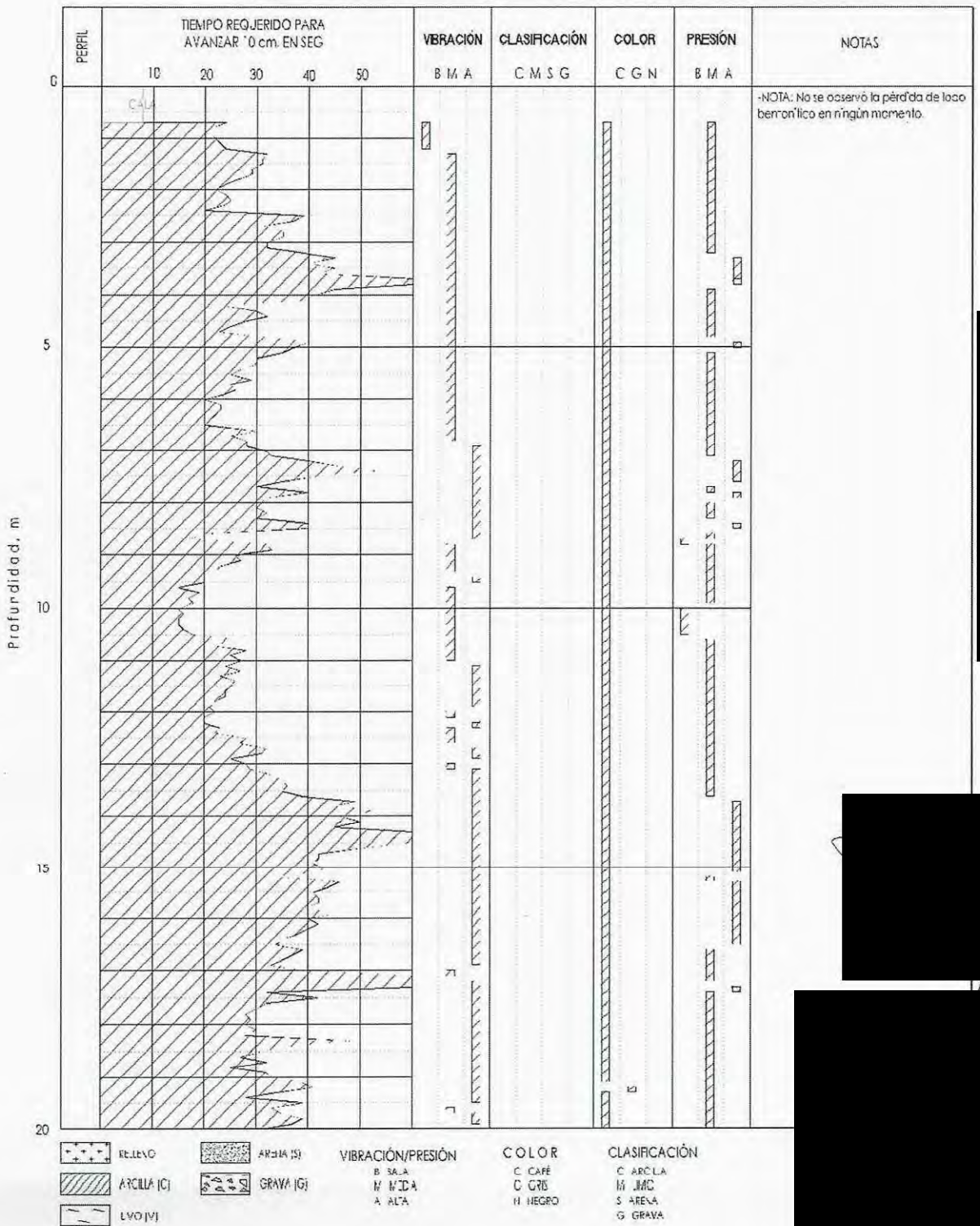


SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR



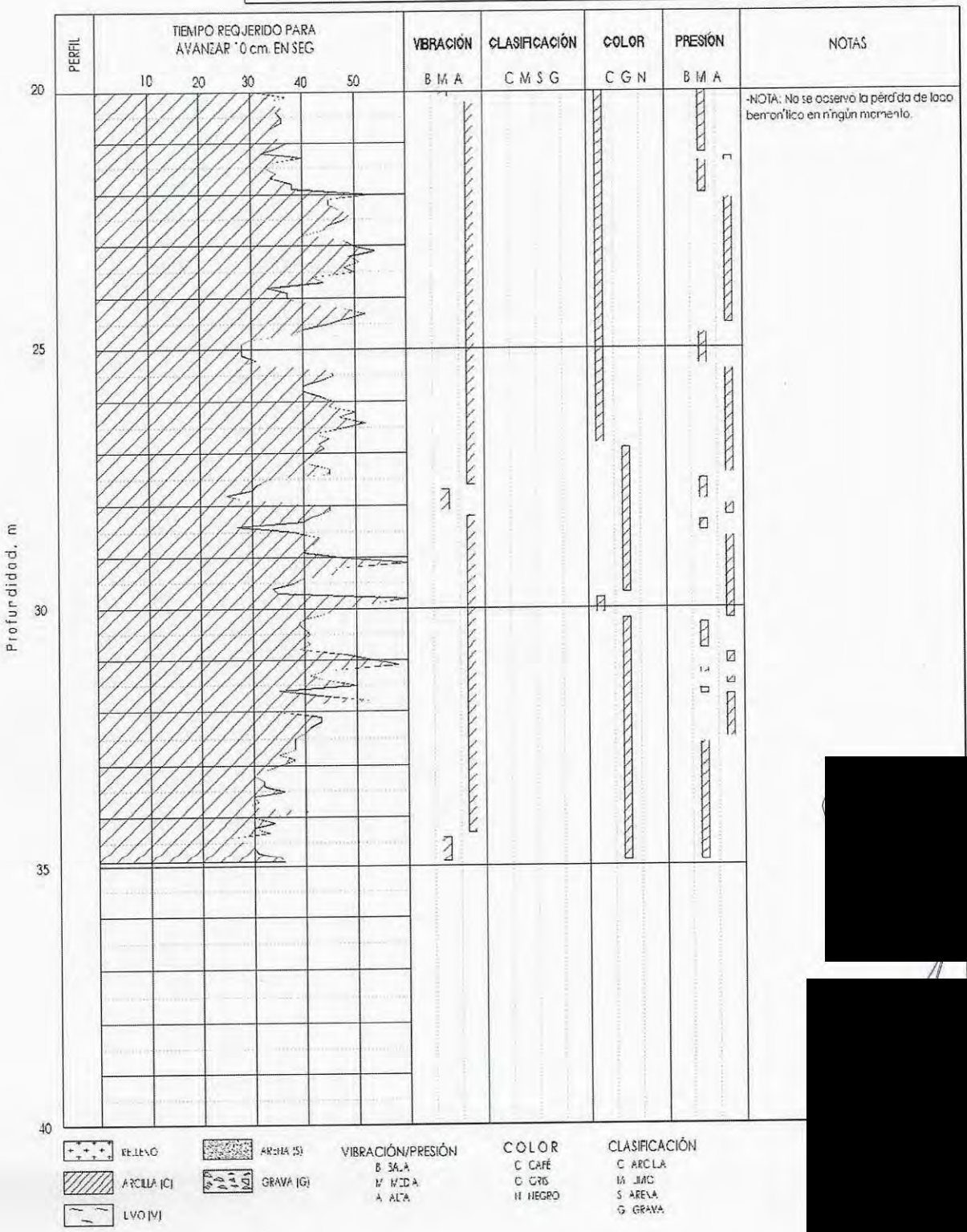
SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3. E-2	OPERADOR SUPERVISOR	Jacob Suárez / Humberto	EQUIPO	Ly-34
LOCALIZACIÓN	Campo Militar 1-F	FECHA	23/02/2023	SONDEO	SAC-1



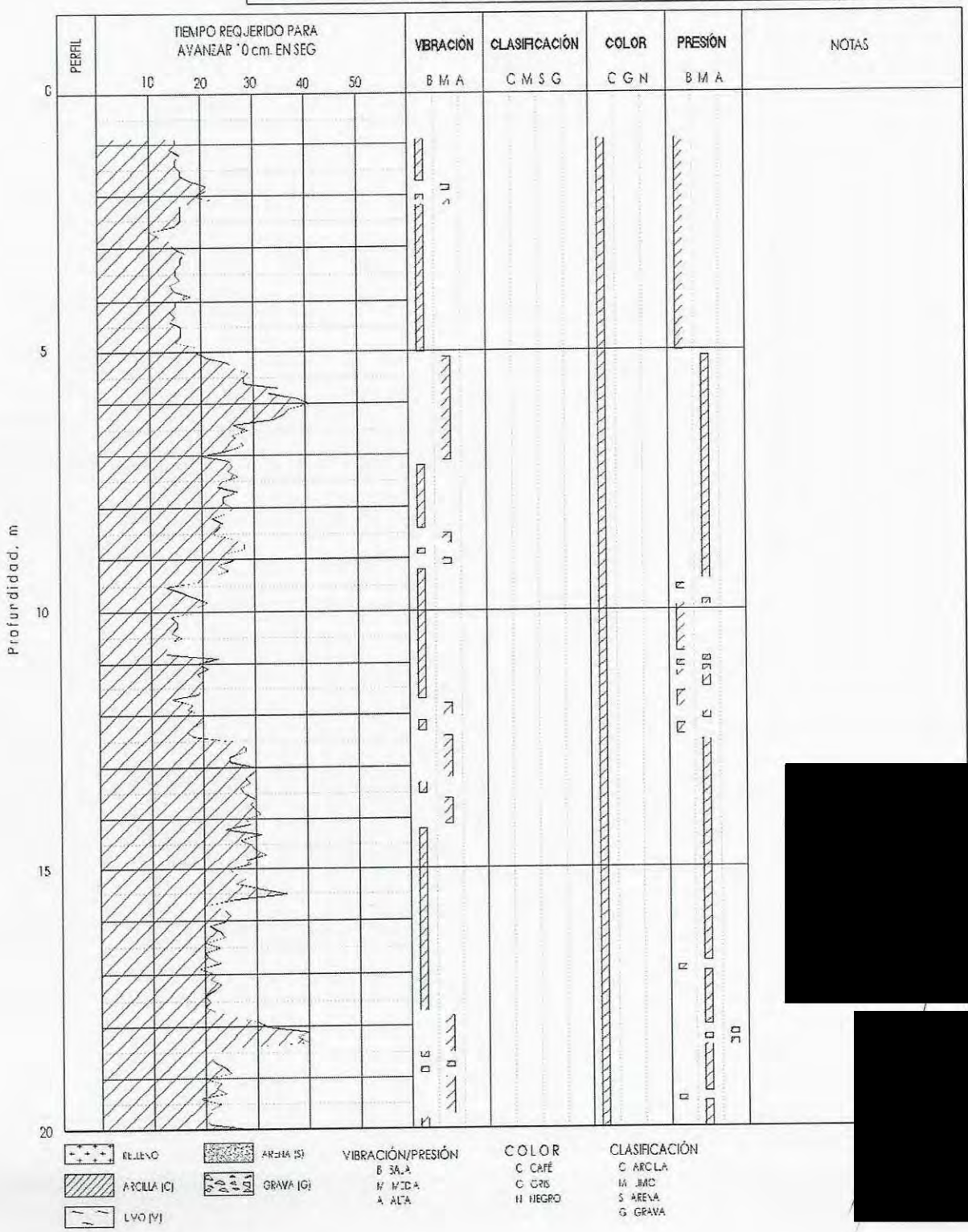
SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3, E-2	OPERADOR SUPERVISOR	Jacob Suárez / Humberto	EQUIPO	Ly-34
LOCALIZACIÓN	Campo Militar 1-F	FECHA	23/02/2023	SONDEO	SAC-1



SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3. E-2	OPERADOR SUPERVISOR	David Ortiz / Humberto	EQUIPO	Ly-34
LOCALIZACIÓN	Campo Militar I-F	FECHA	23/02/2023	SONDEO	SAC-2



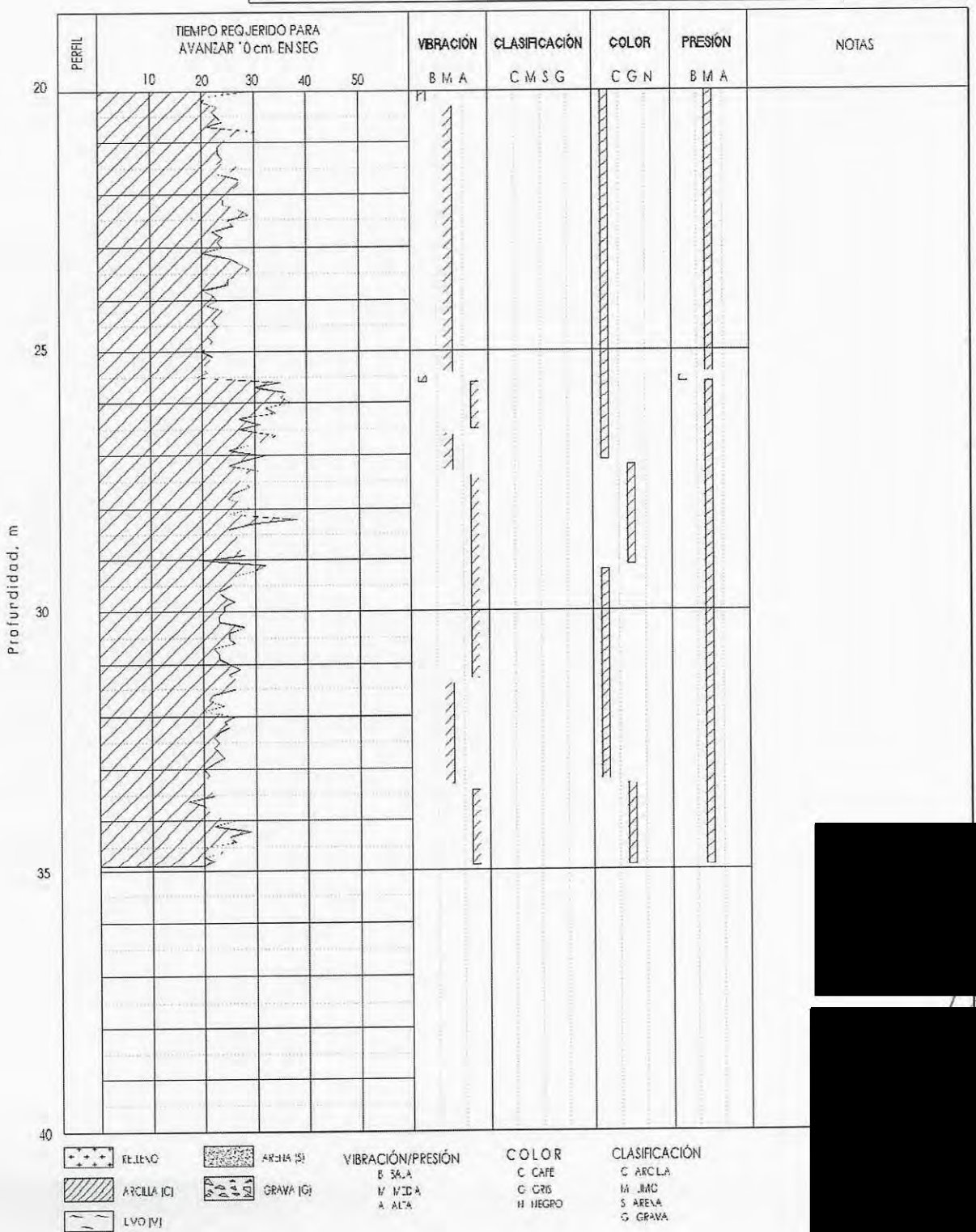
[redacted]

[redacted]

[redacted]

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3. E-2	OPERADOR SUPERVISOR	David Ortiz / Humberto	EQUIPO	Ly-34
LOCALIZACIÓN	Campo Militar I-F	FECHA	23/02/2023	SONDEO	SAC-2



CUEVAS
DISEÑO GEOTÉCNICO

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR
REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Col.San Lucas Tepetlacalco Tlalnepantla Edo. de México
Tels.: 5365-0323 5365-2917 5365-1505
E MAIL: ingscuevas@prodigy.net.mx

PROYECTO: Cable Bus T-6 | SONDEO: SPT-2 | HOJA: 1
UBICACIÓN: Vasco de Quiroga #1375, Santa Fe | MÁQUINA: 4Y-3403
ING DE PROYECTO: [redacted]
PROF. NAF: m | PROF. EXPLORADA: m
FECHA INICIO: 24/02/23 | FECHA TERMINACIÓN:

Prof. (m)	Muestra Nº	No de golpes	M	Recuper.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL
0.00-0.90					
0.90-1.30	1	15,9,9	91	40	P(5)arena gruesa P.(25cm) limo arenoso
1.30-1.50	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
1.50-2.10	2	25,40,40	80	18	limo c/arena andesitica color café
2.10-2.70	3	25,32,38,24	60	25	limo c/arcilla color cafe claro.
2.70-3.30	4	13,23,31,38	54	28	limo c/arcilla color café verdoso
3.30-3.60	5	26, 50/15	100	25	limo c/poca arcilla cafe verdoso
3.60-3.90	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
3.90-4.20	6	33,50/6	100	20	limo c/arena andesitica color cafe
4.20-4.50	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
4.50-4.75	7	38,50/10	150	18	limo c/arena andesitica color cafe
4.75-5.10	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
5.10-5.35	8	32,50/10	150	22	limo c/poca arena andesitica color cafe
5.35-5.70	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
5.70-5.85	9	50/15	100	10	limo c/poca arena andesitica cafe
5.85-6.30	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
6.30-6.40	10	50/15	100	15	Arena c/poca limo andesitica cafe.
6.40-6.90	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
6.90-7.01	11	50/11	136	11	Arena c/gravas color café rojizo andesitica
7.01-7.50	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
7.50-8.10	/	ABT(50/6)	/	/	Relleno H. ABT-2 15/16"
8.10-8.17	12	50/7	214	7	Arena andesitica c/gravas angulosas
8.17-8.70	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16
8.70-8.96	13	34,50/4	136	10	Arena andesitica c/gravas rojizas
8.96-9.30	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16
9.30-9.44	14	50/14	107	13	Arena andesitica c/gravas rojizas
9.44-9.70	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
9.90-10.05	15	39/15	100	10	Arena andesitica c/gravas rojizas angulosas
10.05-10.50	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
10.50-10.95	16	34,42,39/15	92	35	Arena c/gravas andesiticas rojizas
10.95-11.10	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
11.10-11.24	17	50/14	107	10	Arena c/gravas angulosas andesiticas rojas
11.24-11.70	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
11.70-11.80	18	28,37,25,36	62	40	Arena c/gravas angulosas andesiticas
11.80-11.82	9/12	50/12	150	9/12	Sin Recuperación
11.82-12.90	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
12.90-13.35	19	36,40,50/15	90	25	Arena c/gravas andesiticas color rojizo
13.35-13.50	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
13.50-14.10	20	47,30,41,44	71	38	Arena y Gravas angulosas obscuras
14.10-14.70	21	40,27,31,37	58	35	Arena y Gravas andesiticas rojizas

Perfil (m) | Número de golpes: 0 | 10 | 20 | 30 | 40

CALA
91 ABT 60 60 54 100 ABT 100 ABT 150 ABT 150 ABT 100 ABT 100 ABT 136 ABT ABT 134 ABT 136 ABT 90

Σ SUMA DE GOLPES 30cm CENTRALES

LIMO (M) | ARCILLA (C) | ARENA (S) | GRAVA (G) | RAÍCES | RELLENO

24/02/23

27 de feb. de 2023 3:45 p. m.

CUEVAS
DISEÑO GEOTÉCNICO

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR
REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Col.San Lucas Tepetlacalco Tlalnepantla Edo. de México
Tels.: 5365-0323 5365-2917 5365-1505
E.MAIL: ingscuevas@prodigy.net.mx

HOJA 2

PROYECTO: Cable Bus T-6 | SONDEO: SMT-2,T-6
UBICACIÓN: Vasco de Quiroga #1375, Santa Fe.
ING DE PROYECTO: [redacted] | MÁQUINA: -3403
OP: [redacted]
PROF. NAF: m | PROF. EXPLORACIÓN: m
FECHA INICIO: 24/02/23 | FECHA TERMINACIÓN

Prof. (m)	Muestra Nº	No de golpes	Σ	Recuper.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL
14.70-15.3	22	30,34,36,37	100	28	Arena c/gravas angulosas andesíticas
15.30-15.90	23	35,38,40,59/5	78	40	Arena c/gravas y cristal volcánico andesítica
15.90-16.50	24	30,31,40,49	71	35	Arena c/gravas angulosas andesíticas
16.50-17.10	25	42,45,41,38	86	36	Arena c/gravas angulosas andesíticas
17.10-17.70	26	40,38,43,49	81	39	Arena c/gravas angulosas andesíticas gris
17.70-17.82	5/12	50/12	125	5/12	Sin Recuperación
17.82-18.30	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16
18.30-18.90	27	45,38,44,49	82	28	Arena c/gravas andesíticas gris.
18.90-19.50	28	41,38,36,42	74	30	Arena c/gravas andesíticas gris
19.50-20.10	29	39,37,42,48	79	42	Arena c/gravas andesítica gris
20.10-20.25	5/12	50/5	100	5/12	Sin Recuperación
20.25-20.70	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16
20.70-20.80	30	50/10	150	10	Arena c/gravas angulosas andesíticas
20.80-21.30	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16
21.30-21.45	5/12	50/15	100	5/12	Sin Recuperación
21.45-21.90	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
21.90-22.05	31	50/15	100	15	Arena c/gravas angulosas gris
22.05-22.50	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
22.50-22.60	5/12	50/10	150	5/12	Sin Recuperación
22.60-23.10	/	ABT		/	ABT-2 15/16"
23.10-23.20	32	50/10	150	10	Arena c/poca gravas andesíticas gris
23.20-23.80	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
23.30-23.81	33	50/11	136	5	Arena c/poca gravas angulosas andesítica
23.81-24.30	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
24.30-24.37	34	50/7	214	4	Arena c/poca gravas andesíticas gris
24.37-24.90	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
24.90-25.00	35	50/10	150	6	Arena c/poca gravas andesítica gris.
25.00-25.50	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
25.50-25.57	36	50/7	214	5	Arena c/poca grava andesítica gris
25.57-26.10	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
26.10-26.20	5/12	50/10	150	5/12	Sin Recuperación
26.20-26.30	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
26.30-26.83	5/12	50/13	115	5/12	Sin Recuperación.
26.83-27.30	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
27.30-27.41	5/12	50/11	136	5/12	Sin Recuperación
27.41-27.90	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
27.90-27.97	5/12	50/7	214	5/12	Sin Recuperación.
27.97-28.30	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"
28.30-28.37	5/12	50/7	214	5/12	Sin Recuperación
28.37-29.10	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16"

Perfil (m): 20, 25, 30, 35
Número de golpes: 0, 10, 20, 30, 40

Σ SUMA DE GOLPES EN 30cm CENTRALES

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

27 de feb. de 2023 6:4

CUEVAS
DISEÑO GEOTÉCNICO

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR
REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Col.San Lucas Tepetlacalco Tlalnepantla Edo. de México
Tels.: 5365-0323 5365-2917 5365-1505
E MAIL: ingscuevas@prodigy.net.mx

HOJA 3

PROYECTO: Cable Bus T-6, Gpo Nuñez #1 | SONDEO: SPT-2, T-6
UBICACIÓN: Vasco de Quiroga #1875, Santa Fe. | MÁQUINA: LY-3403
ING DE PROYECTO: [redacted] | OP: [redacted]
PROF. NAF: m | FECHA TERMINACIÓN: m
FECHA INICIO: 24/02/22

Prof. (m)	Muestra Nº	No de golpes	Σ	Recuper.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL
29.10-29.15	S/R	50/5	300	S/R	Sin Recuperación ABT-2 13/16"
29.15-29.70	1	ABT	1	1	
29.70-30.3	1	(540) ABT	1	1	Sin Recuperación
30.20-30.35	S/R	50/5	300	S/R	Sin Recup ABT-3 15/16"
30.35-30.90	1	ABT	1	1	
30.90-30.93	S/R	50/3	300	S/R	Sin Recuperación ABT-2 15/16"
30.93-31.50	1	ABT	1	1	
31.50-31.54	S/R	50/4	375	S/R	Sin Recuperación ABT-2 15/16
31.54-32.10	1	ABT	1	1	
32.10-32.13	S/R	50/3	300	S/R	Sin Recuperación ABT-2 15/16
32.13-32.70	1	ABT	1	1	
32.70-32.74	S/R	50/4	375	S/R	Sin Recuperación ABT-2 15/16"
32.74-33.30	1	ABT	1	1	
33.30-33.33	S/R	50/3	300	S/R	Sin Recuperación ABT-2 15/16"
33.33-33.90	1	ABT	1	1	
33.90-33.93	S/R	50/3	300	S/R	Sin Recuperación ABT-2 15/16"
33.93-34.50	1	ABT	1	1	
34.50-34.52	S/R	50/2	750	S/R	Sin Recuperación ABT-2 15/16"
34.52-35.10	1	ABT	1	1	
35.10-35.55	37	25, 31, 50/5	81	26	Arena media pumítica color café

Número de golpes: 0 10 20 30 40
Prof. (m): 0 5 10 15 20

ARCILLA (C) ARENA (S) GRAVA (G) RAÍCES RELLENO

[redacted]

CUEVAS
DISEÑO GEOTÉCNICO

ETRACIÓN ESTÁNDAR
REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Col.San Lucas Tepetlacalco Tlalnepantla Edo. de México Tels.: 5365-0323 5365-2917 5365-1505 E MAIL: ingscuevas@prodigy.net.mx

PROYECTO Cable Bus T-7 S/E Fe | SONDEO SPT-1 | OPERÓ [redacted] | HOJA 1
UBICACIÓN Vasco de Quiroga #1375 | MÁQUINA CX-3703 | PROF. NAF ND m | PROF. EXPLORADA 35.45 m
ING DE PROYECTO [redacted] | FECHA INICIO 17/02/23 | FECHA TERMINACIÓN 21/02/23

Prof. (m)	Muestra N°	No de golpes	Σ	Recuper	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL
0.00-0.60	1	3,3,4,9	7	20	Arcilla c/poca arena café obscuro
0.60-1.20	2	9,11,11,16	30	10	Arcilla c/poca arena gris obscuro
1.20-1.80	3	11,16,16,24	32	10	Arcilla c/poca arena gris obscuro
1.80-2.20	4	12,15,39/10	54	10	Arcilla c/poca arena gris obscuro
2.20-2.40	/	ABT	/	/	ABT-2"S/16"
2.40-2.65	5	35,50/10	150	12	Limo c/poca arena andesitica cafe
2.65-3.00	/	ABT	/	/	ABT-2"S/16"
3.00-3.27	6	30,50/12	125	15	Limo c/poca arena andesitica cafe obscuro
3.27-3.60	/	ABT	/	/	ABT-2"S/16"
3.60-4.20	7	13,24,31,38	55	40	Limo c/arena andesitica cafe c/poca grava
4.20-4.80	8	19,29,31,25	60	30	Arcilla c/arena andesitica color café
4.80-5.40	9	20,40,38,47	78	18	Limo c/poca arena andesitica café
5.40-6.00	10	18,25,30,37	55	20	Limo c/poca arena andesitica gris obscuro
6.00-6.25	11	32,50/10	150	12	Limo c/poca arena cafe-rojizo
6.25-6.60	/	ABT	/	/	ABT-2"S/16"
6.60-6.82	12	43,50/12	214	12	Limo c/poca arena cafe obscuro
6.82-7.20	/	ABT	/	/	ABT-2"S/16"
7.20-7.56	13	32,50/15	300	15	Limo c/poca arena andesitica obscuro
7.56-7.80	/	ABT	/	/	ABT-2"S/16"
7.80-8.25	14	30,47,50/15	97	40	Limo c/poca arena andesitica c/gravas.
8.25-8.40	/	ABT	/	/	ABT-2"S/16"
8.40-8.70	15	30,50/15	100	18	Limo c/poca arena y gravas andesiticas
8.70-9.00	/	ABT	/	/	ABT-2"S/16"
9.00-9.15	16	50/15	100	10	Arena andesitica c/gramos cafe rojizo.
9.15-9.60	/	ABT	/	/	ABT-2"S/16"
9.60-9.66	3/4	50/6	250	5/4	Sin Recuperación.
9.66-10.20	/	ABT	/	/	ABT-2"S/16"
10.20-10.32	17	50/12	125	10	Limo c/arena andesitica cafe obscuro
10.32-10.80	/	ABT	/	/	ABT-2"S/16"
10.80-10.95	18	50/15	100	10	Arena andesitica con poco limo.
10.95-11.40	/	ABT	/	/	ABT-2"S/16"
11.40-11.70	19	37,50/15	100	10	Arena rojiza c/gravas andesiticas angulosas
11.70-12.00	/	ABT	/	/	ABT-2"S/16"
12.00-12.30	20	41,50/15	100	15	Arena rojiza c/gravas andesiticas angulosas
12.30-12.60	/	ABT	/	/	ABT-2"S/16"
12.60-13.20	21	27,27,33,36	60	23	Arena andesitica rojiza c/gravas obscuras
13.20-13.50	22	38,50/15	100	12	Arena andesitica rojiza c/gravas obscuras.
13.50-13.80	/	ABT	/	/	ABT-2"S/16"
13.80-14.25	23	43,38,50/15	88	18	Arena andesitica rojiza c/gravas obscuras
14.25-14.40	/	ABT	/	/	ABT-2"S/16"

Perfil (m) — Número de golpes: 0, 10, 20, 30, 40; Prof.: 0, 5, 10, 15, 20

87 ABT 150 ABT 125 ABT 55 60 78 55 150 ABT 214 ABT 300 ABT 93 ABT 100 ABT 250 ABT 125 ABT 100 ABT 100 ABT 60 100 ABT

[redacted]

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

Σ SUMA DE 30cm CEN

27 de feb. de 2023

CUEVAS
DISEÑO GEOTÉCNICO

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR
REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Col.San Lucas Tepetlacalco Tlalnepantla Edo. de México
Tels.: 5365-0323 5365-2917 5365-1505
E MAIL: ingscuevas@prodigy.net.mx

PROYECTO: Cable Bus T-7 Sta Fe | SONDEO: SPT-1
UBICACIÓN: Vasco de Quiroga #1375, Sta Fe | MÁQUINA: CY-3403
ING. DE PROYECTO: [redacted]
OPERD/SU: [redacted] 2
PROF NA: ND m | m
FECHA INICIO: 17/02/23 | FECHA TERMINACIÓN: 21/02/23

Prof. (m)	Muestra Nº	No de golpes	Σ	Recuper.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL
14.40-14.65	24	30, 5 9/10	150	10	Arena andesítica c/gravas angulosas ABT-2 15/16"
14.65-15.00	1	ABT	1	1	ABT-2 15/16"
15.00-15.40	1	ABT	1	1	ABT-2 15/16"
15.40-15.90	25	30, 5 9/15	100	15	Arena andesítica c/gravas angulosas ABT-2 15/16"
15.90-16.20	1	ABT	1	1	
16.20-16.43	26	33, 5 9/8	188	10	Arena negra andesítica con gravas ABT-2 15/16"
16.43-16.80	1	ABT	1	1	
16.80-16.90	27	5 9/10	150	8	Arena negra c/gravas angulosas andesítica ABT-2 15/16"
16.90-17.90	1	ABT	1	1	
17.90-17.85	28	30, 32, 5 9/15	82	21	Arena negra c/gravas angulosas obscuras ABT-2 15/16"
17.85-18.00	1	ABT	1	1	
18.00-18.60	29	19, 22, 38, 32	60	25	Arena negra c/gravas angulosas andesíticas
18.60-19.20	5/12	22, PH, PH, 2	PH	5/12	Sin Recuperación
19.20-19.80	5/12	1, 1, PH, 2	1	5/12	Sin Recuperación
19.80-20.10	30	10, 10, 10, 10	20	20	Arena andesítica obscura c/cristales
20.10-21.00	31	13, 11, 13, 24	29	20	Arena andesítica c/gravas obscuras.
21.00-21.28	32	32 5 9/3	115	15	Arena andesítica c/gravas gris obscuro ABT-2 15/16"
21.28-21.60	1	ABT	1	1	
21.60-21.89	33	37, 50/14	107	20	arena andesítica c/gravas gris obscuro ABT-2 15/16
21.89-22.20	1	ABT	1	1	
22.20-22.33	5/12	50/13	115	5/12	Sin Recuperación
22.33-22.80	1	ABT	1	1	ABT-2 15/16"
22.80-22.89	5/12	50/9	166	5/12	Sin Recuperación ABT-2 15/16"
22.89-23.10	1	ABT	1	1	
23.10-23.49	34	50/9	116	9	Arena c/gravas angulosas gris obscuro ABT-2 15/16"
23.49-24.00		ABT	1	1	
24.00-24.10	5/12	50/10	150	5/12	Sin Recuperación. ABT-2 15/16"
24.10-24.60	1	ABT	1	1	
24.60-24.69	5/12	50/9	166	5/12	Sin Recuperación ABT-2 15/16"
24.69-25.20	1	ABT	1	1	
25.20-25.29	5/12	50/9	166	5/12	Sin Recuperación ABT-2 15/16"
25.29-25.80	1	ABT	1	1	
25.80-25.88	35	5 9/8	188	8	Arena c/gravas angulosas andesíticas ABT-2 15/16"
25.88-26.40	1	ABT	1	1	
26.40-26.49	5/12	50/9		5/12	Sin Recuperación ABT-2 15/16"
26.49-27.00	1	ABT	1	1	
27.00-27.11	5/12	50/11	136	5/12	Sin Recuperación ABT-2 15/16"
27.11-27.60	1	ABT	1	1	
27.60-27.65	36	50/5	300	/	Sin Recuperación Rebotación ABT-2 15/16"
27.65-28.10	1	ABT	1	1	

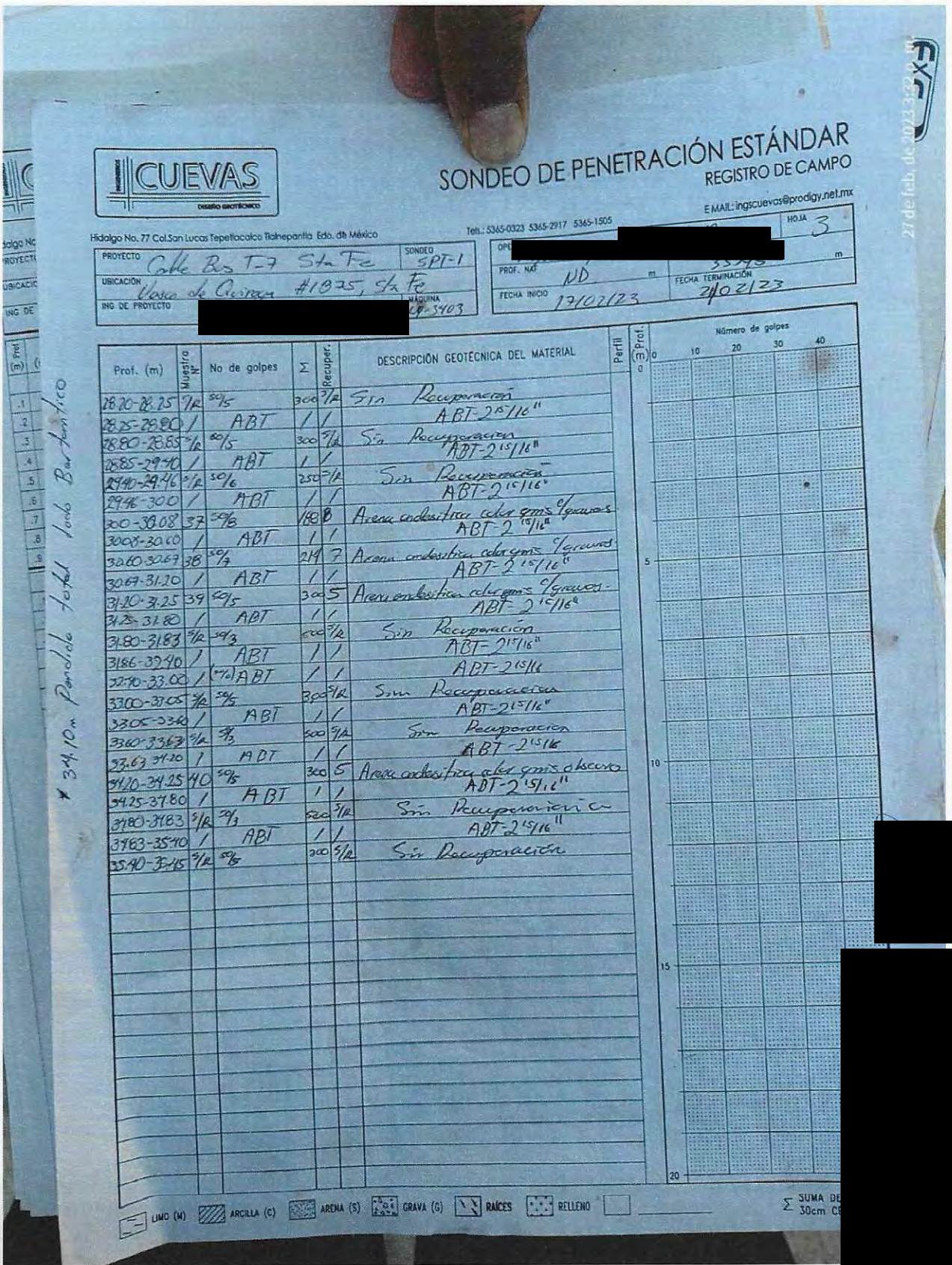
Perfil (m) Prof. — Número de golpes: 0, 10, 20, 30, 40

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

Σ SUMA DE GOLPE 30cm CENTRAL

*Perdida total de lodo bentonítico 18.75 bls. posible cavernas

27 de feb. de 2023 3:32 p. m.



CUEVAS
DISEÑO GEOTÉCNICO

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR
REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Col.San Lucas Tepetlacalco Tlalnepantla Edo. de México
Tels.: 5365-0323 5365-2917 5365-1505
E MAIL: ingscuevas@prodigy.net.mx

HOJA 3

PROYECTO Cable Bus T-7 Sta Fe | SONDEO SPT-1
UBICACIÓN Vasco de Quiroga #1025, Sta Fe
ING DE PROYECTO [redacted] | MÁQUINA [redacted]-3403
OPERADOR [redacted] | 3343
PROF. NAF ND m | m
FECHA INICIO 17/02/23 | FECHA TERMINACIÓN 24/02/23

Prof. (m)	Muestra Nº	No de golpes	Σ	Recuper.	DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL
28.20-28.25	7/12	50/5	300	5/12	Sin Recuperación ABT-2 15/16"
28.25-28.80	/	ABT	/	/	
28.80-28.85	8/12	50/5	300	5/12	Sin Recuperación ABT-2 15/16"
28.85-29.40	/	ABT	/	/	
29.40-29.46	9/12	50/6	250	6/12	Sin Recuperación ABT-2 15/16"
29.46-30.0	/	ABT	/	/	
30.0-30.08	37	50/8	180	8	Arena arcillosa color gris c/gravas ABT-2 15/16"
30.08-30.60	/	ABT	/	/	
30.60-30.67	38	50/3	214	7	Arena arcillosa color gris c/gravas ABT-2 15/16"
30.67-31.20	/	ABT	/	/	
31.20-31.25	39	50/5	300	5	Arena arcillosa color gris c/gravas ABT-2 15/16"
31.25-31.80	/	ABT	/	/	
31.80-31.83	9/12	50/3	300	3/12	Sin Recuperación ABT-2 15/16"
31.86-32.40	/	ABT	/	/	ABT-2 15/16
32.40-33.00	/	50/6 ABT	/	/	
33.00-33.05	9/12	50/5	300	5/12	Sin Recuperación ABT-2 15/16"
33.05-33.60	/	ABT	/	/	
33.60-33.63	9/12	50/3	300	3/12	Sin Recuperación ABT-2 15/16
33.63-34.20	/	ABT	/	/	
34.20-34.25	40	50/5	300	5	Arena arcillosa color gris obscuro ABT-2 15/16"
34.25-37.80	/	ABT	/	/	
37.80-37.83	5/12	50/3	300	5/12	Sin Recuperación ABT-2 15/16"
37.83-38.40	/	ABT	/	/	
38.40-38.45	9/12	50/5	300	5/12	Sin Recuperación

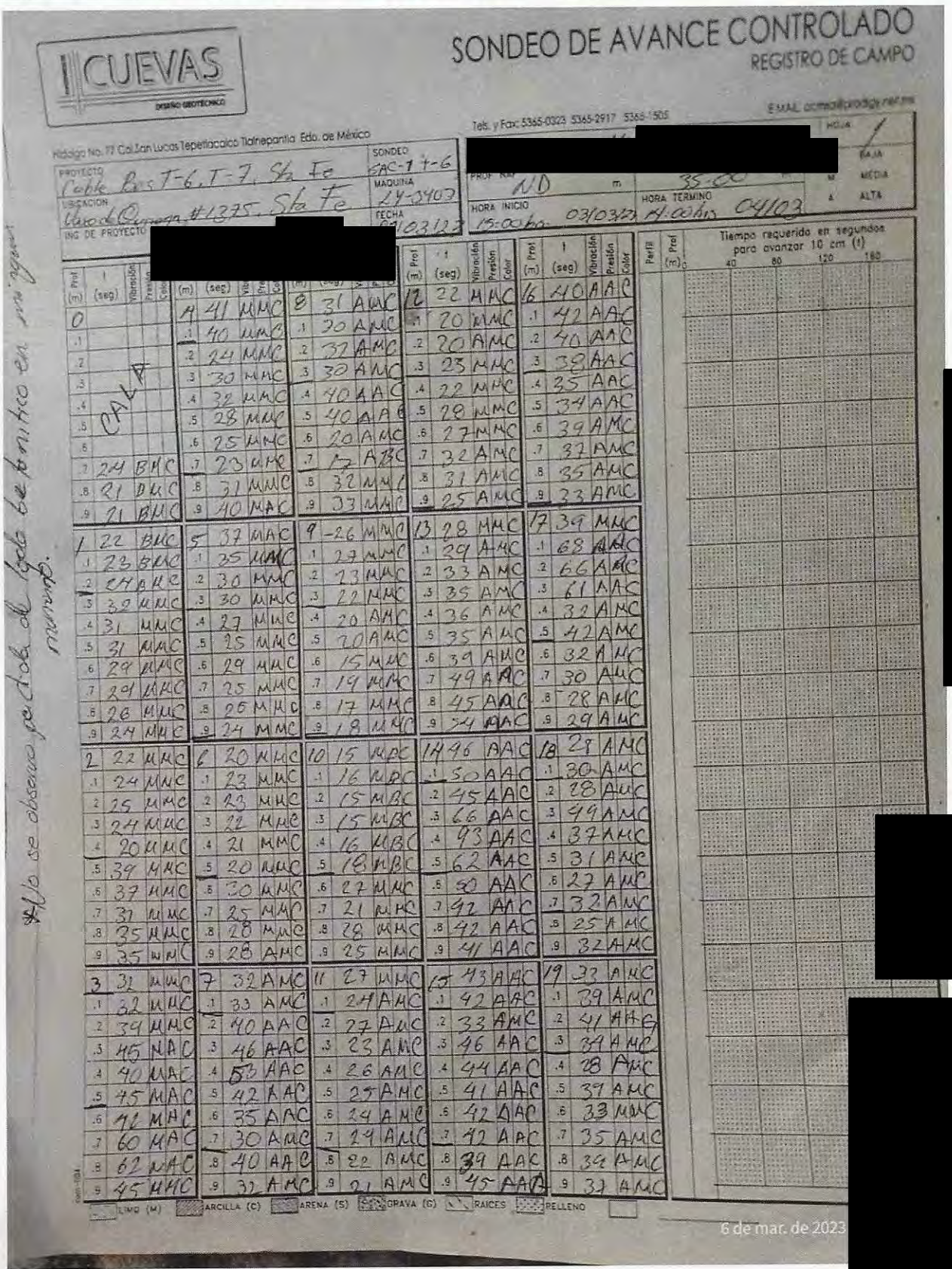
* 34.10m Rendido total lodo Bentonítico

Perfil (m) Prof. — Número de golpes: 0, 10, 20, 30, 40; 0, 5, 10, 15, 20

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

Σ SUMA DE 30cm C

[redacted]



CUEVAS
DISEÑO GEOTÉCNICO

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO
REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Col. San Lucas Tepetlacalco Tlalnepantla Edo. de México
Tels. y Fax: 5365-0323 5365-2917 5365-1505
E-MAIL: ocmed@prodigy.net.mx

PROYECTO: Cable Bus T-6, T-7, Sta Fe
UBICACIÓN: Vasco de Quiroga #1375, Sta Fe
ING DE PROYECTO: [redacted]
SONDEO: SAC-1 T-6
MAQUINA: LY-3403
FECHA: 01/03/23
PROF. REAL: N.D. m
HORA INICIO: 15:00 hrs 03/03/23
HORA TERMINO: 11:00 hrs 04/03/23
HOJA: 1
BAJA / MEDIA / ALTA

Tiempo requerido en segundos para avanzar 10 cm (t)
Perfil | Prof (m) | 0 | 40 | 80 | 120 | 160

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
0				
.1				
.2				
.3				
.4				
.5				
.6				
.7	24	BMC		
.8	21	BMC		
.9	21	BMC		
1	22	BMC		
.1	23	BMC		
.2	24	BMC		
.3	30	MMC		
.4	31	MMC		
.5	31	MMC		
.6	29	MMC		
.7	29	MMC		
.8	28	MMC		
.9	24	MMC		
2	22	MMC		
.1	24	MMC		
.2	25	MMC		
.3	24	MMC		
.4	20	MMC		
.5	39	MMC		
.6	37	MMC		
.7	31	MMC		
.8	35	MMC		
.9	35	MMC		
3	31	MMC		
.1	32	MMC		
.2	34	MMC		
.3	45	MAC		
.4	40	MAC		
.5	45	MAC		
.6	41	MMC		
.7	60	MAC		
.8	62	MAC		
.9	45	MMC		

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
4	41	MMC		
.1	40	MMC		
.2	24	MMC		
.3	30	MMC		
.4	32	MMC		
.5	28	MMC		
.6	25	MMC		
.7	23	MMC		
.8	31	MMC		
.9	40	MAC		
5	37	MAC		
.1	35	MMC		
.2	30	MMC		
.3	30	MMC		
.4	27	MMC		
.5	25	MMC		
.6	29	MMC		
.7	25	MMC		
.8	26	MMC		
.9	24	MMC		
6	20	MMC		
.1	23	MMC		
.2	23	MMC		
.3	22	MMC		
.4	21	MMC		
.5	20	MMC		
.6	30	MMC		
.7	25	MMC		
.8	28	MMC		
.9	28	AMC		
7	32	AMC		
.1	33	AMC		
.2	40	AAC		
.3	46	AAC		
.4	53	AAC		
.5	42	AAC		
.6	35	AAC		
.7	30	AMC		
.8	40	AAC		
.9	32	AMC		

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
8	31	AMC		
.1	30	AMC		
.2	32	AMC		
.3	30	AMC		
.4	40	AAC		
.5	40	AAC		
.6	20	AMC		
.7	[illegible]	ABC		
.8	32	MMC		
.9	33	MMC		
9	26	MMC		
.1	27	MMC		
.2	23	MMC		
.3	22	MMC		
.4	20	AMC		
.5	20	AMC		
.6	15	MMC		
.7	19	MMC		
.8	17	MMC		
.9	18	MMC		
10	15	MBC		
.1	16	MBC		
.2	15	MBC		
.3	15	MBC		
.4	16	MBC		
.5	18	MBC		
.6	27	MMC		
.7	21	MMC		
.8	28	MMC		
.9	25	MMC		
11	27	MMC		
.1	24	AMC		
.2	27	AMC		
.3	23	AMC		
.4	26	AMC		
.5	25	AMC		
.6	24	AMC		
.7	24	AMC		
.8	22	AMC		
.9	21	AMC		

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
12	22	MMC		
.1	20	MMC		
.2	20	AMC		
.3	23	MMC		
.4	22	MMC		
.5	28	MMC		
.6	27	MMC		
.7	32	AMC		
.8	31	AMC		
.9	25	AMC		
13	28	MMC		
.1	29	AMC		
.2	33	AMC		
.3	35	AMC		
.4	36	AMC		
.5	35	AMC		
.6	39	AMC		
.7	49	AAC		
.8	45	AAC		
.9	54	AAC		
14	46	AAC		
.1	50	AAC		
.2	45	AAC		
.3	66	AAC		
.4	93	AAC		
.5	62	AAC		
.6	50	AAC		
.7	42	AAC		
.8	42	AAC		
.9	41	AAC		
15	43	AAC		
.1	42	AAC		
.2	33	AMC		
.3	46	AAC		
.4	44	AAC		
.5	41	AAC		
.6	42	AAC		
.7	42	AAC		
.8	39	AAC		
.9	45	AAC		

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
16	40	AAC		
.1	42	AAC		
.2	40	AAC		
.3	38	AAC		
.4	35	AAC		
.5	34	AAC		
.6	39	AMC		
.7	37	AMC		
.8	35	AMC		
.9	33	AMC		
17	39	MMC		
.1	68	AMC		
.2	66	AMC		
.3	61	AAC		
.4	32	AMC		
.5	42	AMC		
.6	32	AMC		
.7	30	AMC		
.8	28	AMC		
.9	29	AMC		
18	29	AMC		
.1	30	AMC		
.2	28	AMC		
.3	44	AMC		
.4	37	AMC		
.5	31	AMC		
.6	27	AMC		
.7	32	AMC		
.8	25	AMC		
.9	32	AMC		
19	33	AMC		
.1	39	AMC		
.2	41	AMC		
.3	34	AMC		
.4	28	AMC		
.5	39	AMC		
.6	33	MMC		
.7	35	AMC		
.8	34	AMC		
.9	37	AMC		

CALA

N/D se observa perdida del lodo de bentonita en una zona muy arenosa.

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

6 de mar. de 2023

[redacted]

CUEVAS
Diseño Geotécnico

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO
REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Col. San Lucas Tepetlacalco Tlalnepantla Edo. de México
Tels. y Fax: 5365-0323 5365-2917 5365-1505
E MAIL: acmso@prodigy.net.mx

PROYECTO: Cable Bus, T-6, T-7, Santa Fe
UBICACIÓN: Canyon #1325, Sta Fe
ING DE PROYECTO: [redacted]
SONDEO: T-6 JAC 1, E2
MAQUINA: LY-3903
FECHA: 04/03/23
HOJA: 2
HORA INICIO: 15:00hrs 02/03/23
HORA TERMINO: 19:00hrs 04/03
BAJA / MEDIA / ALTA

Tiempo requerido en segundos para avanzar 10 cm (t)
0 40 80 120 160

Perfil | Prof (m) | t (seg) | Vibración | Presión | Color

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
0	26	M	M	C
.1	37	M	M	C
.2	32	M	M	C
.3	36	A	M	C
.4	35	A	M	C
.5	36	A	M	C
.6	36	A	M	C
.7	34	A	M	C
.8	34	A	M	C
.9	35	A	M	C
1	37	A	M	C
.1	35	A	M	C
.2	31	A	M	C
.3	40	A	A	C
.4	34	A	A	C
.5	33	A	M	C
.6	35	A	M	C
.7	34	A	M	C
.8	38	A	M	C
.9	38	A	M	C
2	53	A	A	C
.1	45	A	A	C
.2	45	A	A	C
.3	47	A	A	C
.4	44	A	A	C
.5	48	A	A	C
.6	45	A	A	C
.7	41	A	A	C
.8	40	A	A	C
.9	48	A	A	C
3	50	A	A	C
.1	34	A	A	C
.2	49	A	A	C
.3	51	A	A	C
.4	48	A	A	C
.5	50	A	A	C
.6	41	A	A	C
.7	44	A	A	C
.8	33	A	A	C
.9	37	A	A	C

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
0	24	A	A	C
.1	40	A	A	C
.2	48	A	A	C
.3	52	A	A	C
.4	48	A	A	C
.5	45	A	A	C
.6	40	A	A	C
.7	38	A	M	C
.8	30	A	M	C
.9	28	A	M	C
1	28	A	M	C
.1	28	A	M	C
.2	31	A	M	C
.3	28	A	M	C
.4	45	A	A	C
.5	41	A	M	C
.6	43	A	A	C
.7	40	A	A	C
.8	40	A	A	C
.9	43	A	A	C
2	46	A	A	C
.1	45	A	A	C
.2	50	A	A	C
.3	47	A	A	C
.4	52	A	A	C
.5	48	A	A	C
.6	42	A	A	C
.7	45	A	A	C
.8	43	A	A	C
.9	44	A	A	C
3	42	A	A	C
.1	41	A	A	C
.2	41	A	A	C
.3	45	A	A	C
.4	45	A	A	C
.5	33	A	M	C
.6	31	A	M	C
.7	30	M	M	C
.8	25	M	M	C
.9	29	M	M	C

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
0	28	A	M	G
.1	45	M	A	G
.2	42	A	M	G
.3	40	A	M	G
.4	27	A	M	G
.5	38	A	M	G
.6	43	A	A	G
.7	42	A	A	G
.8	41	A	A	G
.9	40	A	A	G
1	48	A	M	G
.1	47	A	A	G
.2	45	A	A	G
.3	48	A	A	G
.4	40	A	A	G
.5	38	A	A	G
.6	34	A	A	G
.7	35	A	A	G
.8	61	A	A	C
.9	53	A	A	C
2	47	A	A	C
.1	44	A	A	C
.2	40	A	A	G
.3	39	A	M	G
.4	40	A	M	G
.5	41	A	M	G
.6	40	A	M	G
.7	41	A	M	G
.8	39	A	M	G
.9	48	A	A	G
3	53	A	A	G
.1	38	A	A	G
.2	49	M	M	G
.3	41	A	M	G
.4	44	A	A	G
.5	50	A	A	G
.6	35	A	M	G
.7	43	A	M	G
.8	53	A	A	G
.9	39	A	A	G

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
0	32	A	M	C
.1	43	A	A	G
.2	43	A	M	G
.3	41	A	A	G
.4	40	A	A	C
.5	38	A	M	C
.6	38	A	M	G
.7	38	A	M	G
.8	35	A	M	G
.9	38	A	M	G
1	33	A	M	G
.1	32	A	M	G
.2	30	A	M	G
.3	32	A	M	G
.4	32	A	M	G
.5	36	A	M	G
.6	30	M	M	G
.7	31	M	M	G
.8	28	A	M	G
.9	42	A	M	G
2	30	A	M	G
.1	34	A	M	G
.2	30	A	M	G
.3	23	A	M	G
.4	25	M	M	G
.5	28	M	M	G
.6	30	M	M	G
.7	31	M	M	G
.8	35	M	M	G
.9	36	M	M	G
3				
.1				
.2				
.3				
.4				
.5				
.6				
.7				
.8				
.9				

No se pudo ingresar a 3.1

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

[redacted]

6 de mar. de 2023 2:17 p. m.

CUEVAS
DISEÑO GEOTÉCNICO

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO
REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Col.San Lucas Tepetlacalco Tlalnepantla Edo. de México
Tels. y Fax: 5365-0323 5365-2917 5365-1505
E.MAIL: acmsa@prodigy.net.mx

PROYECTO: Cable Bus T-7, Santa Fe. | SONDEO: T-7 SAC-1
UBICACION: Vasco de Quiroga #1375, Santa Fe | MAQUINA: LY-3403
ING. DE PROYECTO: [redacted] | FECHA: 22/02/23
HORA INICIO: 16:00 hrs. | HORA TERMINO: 16:30 hrs. 23/02/23
HOJA: 1
B BAJA
M MEDIA
A ALTA

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
0				
.1				
.2				
.3				
.4				
.5				
.6				
.7				
.8				
.9	15	B	B	C
1	15	B	B	C
.1	14	B	B	C
.2	16	B	B	C
.3	15	B	B	C
.4	15	B	B	C
.5	16	B	B	C
.6	16	B	B	C
.7	18	B	B	C
.8	21	M	B	C
.9	21	M	B	C
2	19	B	B	C
.1	22	M	B	C
.2	16	B	B	C
.3	16	B	B	C
.4	16	B	B	C
.5	16	B	B	C
.6	15	B	B	C
.7	10	B	B	C
.8	12	B	B	C
.9	14	B	B	C
3	15	B	B	C
.1	17	B	B	C
.2	16	B	B	C
.3	16	B	B	C
.4	15	B	B	C
.5	15	B	B	C
.6	16	B	B	C
.7	14	B	B	C
.8	15	B	B	C
.9	18	B	B	C
4	15	B	B	C
.1	15	B	B	C
.2	14	B	B	C
.3	15	B	B	C
.4	14	B	B	C
.5	16	B	B	C
.6	16	B	B	C
.7	16	B	B	C
.8	15	B	B	C
.9	19	B	B	C
5	19	B	B	C
.1	21	M	M	C
.2	25	M	B	C
.3	26	M	M	C
.4	29	M	B	C
.5	28	M	B	C
.6	28	M	M	C
.7	35	M	M	C
.8	33	M	M	C
.9	38	M	M	C
6	41	M	M	C
.1	37	M	M	C
.2	36	M	M	C
.3	34	M	M	C
.4	26	M	M	C
.5	29	M	M	C
.6	26	M	M	C
.7	27	M	M	C
.8	28	M	M	C
.9	25	M	M	C
7	20	M	M	C
.1	25	M	M	C
.2	26	B	M	C
.3	25	B	M	C
.4	27	B	M	C
.5	24	B	M	C
.6	23	B	M	C
.7	27	B	M	C
.8	24	B	M	C
.9	24	B	M	C
8	26	B	M	C
.1	25	B	M	C
.2	22	B	M	C
.3	24	B	M	C
.4	23	B	M	C
.5	22	M	M	C
.6	26	M	M	C
.7	28	M	M	C
.8	28	B	M	C
.9	24	B	M	C
9	26	M	M	C
.1	23	M	M	C
.2	25	B	M	C
.3	22	B	M	C
.4	20	B	M	C
.5	13	B	B	C
.6	16	B	B	C
.7	18	B	B	C
.8	21	B	M	C
.9	19	B	B	C
10	19	B	B	C
.1	14	B	B	C
.2	15	B	B	C
.3	15	B	B	C
.4	14	B	B	C
.5	16	B	B	C
.6	13	B	B	C
.7	13	B	B	C
.8	13	B	B	C
.9	23	B	M	C
11	19	B	B	C
.1	21	B	M	C
.2	19	B	B	C
.3	20	B	M	C
.4	20	B	M	C
.5	20	B	M	C
.6	19	B	B	C
.7	14	B	B	C
.8	18	M	B	C
.9	17	M	B	C
12	20	M	M	C
.1	20	B	M	C
.2	18	B	B	C
.3	17	B	B	C
.4	18	M	B	C
.5	26	M	M	C
.6	28	M	M	C
.7	28	M	M	C
.8	25	M	M	C
.9	25	M	M	C
13	30	M	M	C
.1	30	M	M	C
.2	28	M	M	C
.3	29	B	M	C
.4	27	B	M	C
.5	28	B	M	C
.6	30	M	M	C
.7	29	M	M	C
.8	30	M	M	C
.9	31	M	M	C
14	28	M	M	C
.1	29	M	M	C
.2	24	B	M	C
.3	31	B	M	C
.4	27	B	M	C
.5	29	B	M	C
.6	30	B	M	C
.7	32	B	M	C
.8	28	B	M	C
.9	29	B	M	C
15	25	B	M	C
.1	26	B	M	C
.2	28	B	M	C
.3	26	B	M	C
.4	31	B	M	C
.5	36	B	M	C
.6	26	B	M	C
.7	20	B	M	C
.8	24	B	M	C
.9	25	B	M	C
16	24	B	M	C
.1	21	B	M	C
.2	23	B	M	C
.3	24	B	M	C
.4	20	B	M	C
.5	23	B	M	C
.6	20	B	M	C
.7	21	B	M	C
.8	23	B	M	C
.9	19	B	B	C
17	22	B	M	C
.1	21	B	M	C
.2	23	B	M	C
.3	22	B	M	C
.4	20	B	M	C
.5	21	B	M	C
.6	20	B	M	C
.7	22	B	M	C
.8	25	M	M	C
.9	30	M	M	C
18	32	M	M	C
.1	40	M	A	C
.2	38	M	M	C
.3	40	M	A	C
.4	26	M	M	C
.5	21	M	M	C
.6	21	B	M	C
.7	22	M	M	C
.8	24	B	M	C
.9	25	B	M	C
19	26	M	M	C
.1	23	M	M	C
.2	22	M	M	C
.3	24	M	M	C
.4	19	M	B	C
.5	23	M	M	C
.6	21	M	M	C
.7	21	M	M	C
.8	20	B	M	C
.9	21	B	M	C

Perfil | Prof (m) | Tiempo requerido en segundos para avanzar 10 cm (t): 0 40 80 120 160

[redacted]

[redacted]

[redacted]

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

CUEVAS
INGENIEROS
DISEÑO GEOTÉCNICO

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO
REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Col San Lucas Tepetlacalco Tlalnepantla Edo. de México
Tels. y Fax: 5365-0323 5365-2917 5365-1505
E MAIL: acmsa@prodigy.net.mx

HOJA 2

PROYECTO: Cable Bus T-7,
UBICACION: Ocoyoacac #1375, Sta Fe
ING DE PROYE: [redacted]
SONDEO: SAC-1, T-7
MAQUINA: LY-3403
FECHA: 23/02/23
[redacted]
PROF NAF: ND m
HORA INICIO: 16:00hrs 24/02/23
PROF EXPLORADA: 35.00 m
HORA TERMINO: 16:30hrs 23/02/23

B BAJA
M MEDIA
A ALTA

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
0	19	B	M	C
.1	21	B	M	C
.2	20	B	M	C
.3	23	M	M	C
.4	22	M	M	C
.5	23	M	M	C
.6	24	M	M	C
.7	21	M	M	C
.8	31	M	M	C
.9	25	M	M	C
1	24	M	M	C
.1	23	M	M	C
.2	23	M	M	C
.3	24	M	M	C
.4	23	M	M	C
.5	29	M	M	C
.6	23	M	M	C
.7	27	M	M	C
.8	27	M	M	C
.9	26	M	M	C
2	26	M	M	C
.1	24	M	M	C
.2	24	M	M	C
.3	27	M	M	C
.4	29	M	M	C
.5	25	M	M	C
.6	26	M	M	C
.7	22	M	M	C
.8	24	M	M	C
.9	23	M	M	C
3	24	M	M	C
.1	20	M	M	C
.2	25	M	M	C
.3	23	M	M	C
.4	29	M	M	C
.5	28	M	M	C
.6	25	M	M	C
.7	25	M	M	C
.8	20	M	M	C
.9	22	M	M	C

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
24	23	M	M	C
.1	21	M	M	C
.2	24	M	M	C
.3	23	M	M	C
.4	22	M	M	C
.5	23	M	M	C
.6	22	M	M	C
.7	21	M	M	C
.8	22	M	M	C
.9	21	M	M	C
25	20	M	M	C
.1	22	M	M	C
.2	21	M	M	C
.3	20	M	M	C
.4	21	M	M	C
.5	19	B	B	C
.6	35	A	M	C
.7	30	A	M	C
.8	36	A	M	C
.9	35	A	M	C
26	37	A	M	C
.1	32	A	M	C
.2	34	A	M	C
.3	27	A	M	C
.4	31	A	M	C
.5	27	A	M	C
.6	31	M	M	C
.7	30	M	M	C
.8	29	M	M	C
.9	25	M	M	C
27	32	M	M	C
.1	28	M	M	C
.2	25	M	M	G
.3	31	M	M	G
.4	25	A	M	G
.5	28	A	M	G
.6	29	A	M	G
.7	26	A	M	G
.8	25	A	M	G
.9	28	A	M	G

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
28	29	A	M	G
.1	25	A	M	G
.2	38	A	M	G
.3	29	A	M	G
.4	25	A	M	G
.5	26	A	M	G
.6	27	A	M	G
.7	27	A	M	G
.8	27	A	M	G
.9	28	A	M	G
29	20	A	M	G
.1	32	A	M	G
.2	30	A	M	C
.3	26	A	M	C
.4	26	A	M	C
.5	25	A	M	C
.6	23	A	M	C
.7	24	A	M	C
.8	26	A	M	C
.9	24	A	M	C
30	24	A	M	C
.1	23	A	M	C
.2	23	A	M	C
.3	28	A	M	C
.4	25	A	M	C
.5	25	A	M	C
.6	26	A	M	C
.7	22	A	M	C
.8	23	A	M	C
.9	23	A	M	C
31	25	A	M	C
.1	27	A	M	C
.2	25	A	M	C
.3	26	A	M	C
.4	26	M	M	C
.5	26	M	M	C
.6	22	M	M	C
.7	21	M	M	C
.8	24	M	M	C
.9	20	M	M	C

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
32	26	M	M	C
.1	24	M	M	C
.2	25	M	M	C
.3	23	M	M	C
.4	22	M	M	C
.5	23	M	M	C
.6	22	M	M	C
.7	23	M	M	C
.8	24	M	M	C
.9	22	M	M	C
33	20	M	M	C
.1	21	M	M	C
.2	20	M	M	C
.3	20	M	M	G
.4	21	A	M	G
.5	22	A	M	G
.6	17	A	M	G
.7	20	A	M	G
.8	21	A	M	G
.9	21	A	M	G
34	26	A	M	G
.1	22	A	M	G
.2	24	A	M	G
.3	25	A	M	G
.4	26	A	M	G
.5	20	A	M	G
.6	24	A	M	G
.7	20	A	M	G
.8	22	A	M	G
.9	20	A	M	G

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
.1				
.2				
.3				
.4				
.5				
.6				
.7				
.8				
.9				

Perfil

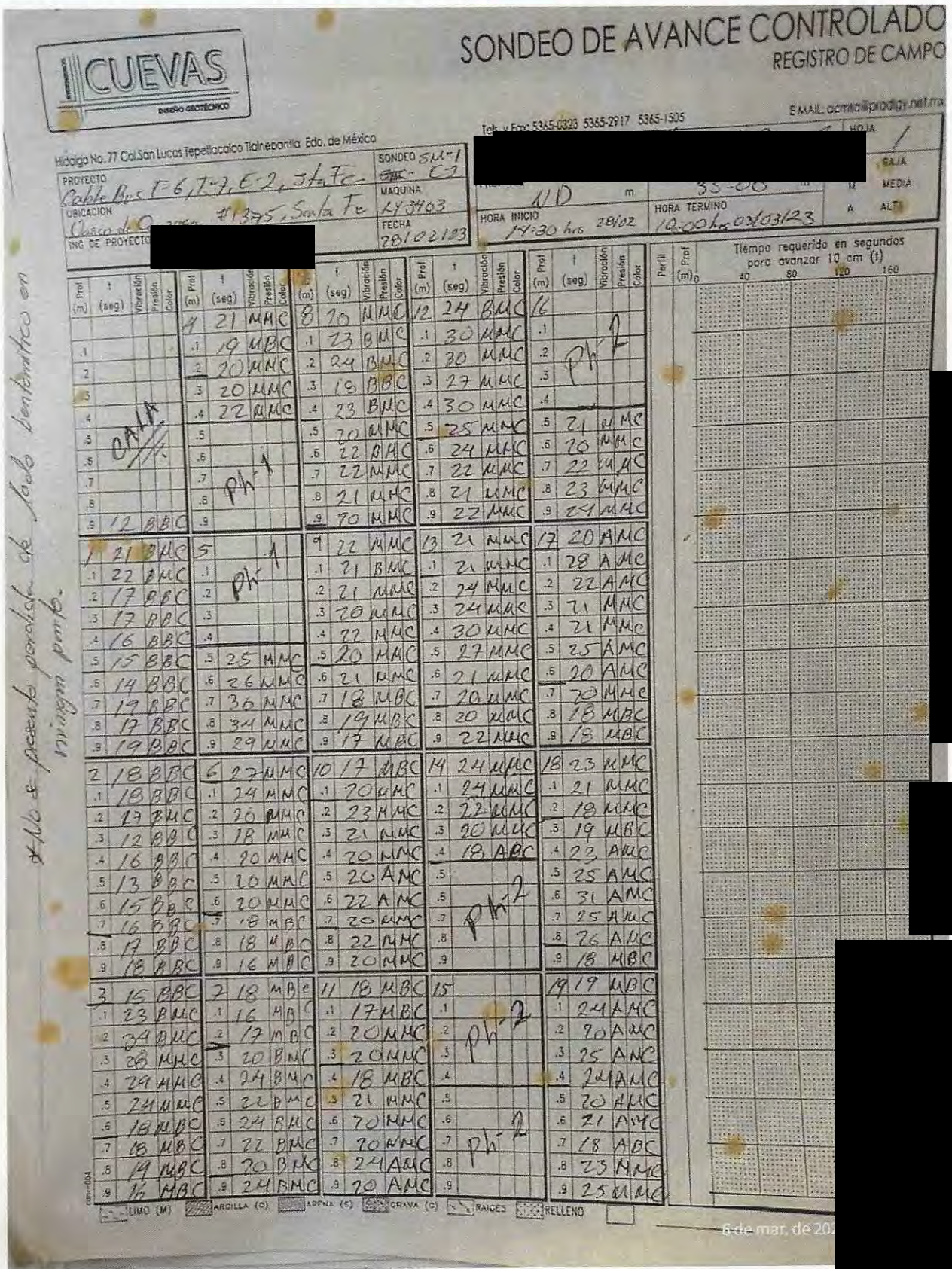
Prof (m) | Tiempo requerido en segundos para avanzar 10 cm (t): 0 40 80 120 160

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

[redacted]

[redacted]

[redacted]



CUEVAS
Diseño GEOTÉCNICO

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO
REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Col. San Lucas Tepetlacalco Tlalnepantla Edo. de México
Tels. y Fax: 5365-0323 5365-2917 5365-1505
E MAIL: acmac@prodigy.net.mx

PROYECTO: Cable Bus L-6, L-7, E-2, Sta. Fe
UBICACION: Chino de C... #1375, Santa Fe
INC DE PROYECTO: [redacted]
SONDEO: SM-1 C-1
MAQUINA: LY3403
FECHA: 28/02/23
HOJA: 1
BAJA / MEDIA / ALTA
HORA INICIO: 14:30 hrs 28/02
HORA TERMINO: 10:00 hrs 01/03/23

Tiempo requerido en segundos para avanzar 10 cm (t)

Perfil | Prof (m) | 0 | 40 | 80 | 120 | 160

Prof (m) | t (seg) | Vibración | Presión | Color

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
.1				
.2				
.3				
.4				
.5				
.6				
.7				
.8				
.9	12	BBC		
1	21	BMC		
.1	22	BMC		
.2	17	BBC		
.3	17	BBC		
.4	16	BBC		
.5	15	BBC		
.6	14	BBC		
.7	19	BBC		
.8	17	BBC		
.9	19	BBC		
2	18	BBC		
.1	18	BBC		
.2	17	BMC		
.3	12	BBC		
.4	16	BBC		
.5	13	BBC		
.6	15	BBC		
.7	16	BBC		
.8	17	BBC		
.9	16	BBC		
3	15	BBC		
.1	23	BMC		
.2	24	BMC		
.3	28	MMC		
.4	29	MMC		
.5	24	MMC		
.6	18	MBC		
.7	18	MBC		
.8	19	MBC		
.9	16	MBC		
4	21	MMC		
.1	19	MBC		
.2	20	MMC		
.3	20	MMC		
.4	22	MMC		
.5				
.6				
.7				
.8				
.9				
5				
.1				
.2				
.3				
.4				
.5	25	MMC		
.6	26	MMC		
.7	30	MMC		
.8	34	MMC		
.9	29	MMC		
6	27	MMC		
.1	24	MMC		
.2	20	MMC		
.3	18	MMC		
.4	20	MMC		
.5	20	MMC		
.6	20	MMC		
.7	18	MBC		
.8	18	MBC		
.9	16	MBC		
7	18	MBC		
.1	16	MBC		
.2	17	MBC		
.3	20	BMC		
.4	24	BMC		
.5	22	BMC		
.6	24	BMC		
.7	22	BMC		
.8	20	BMC		
.9	24	BMC		
8	10	MMC		
.1	23	BMC		
.2	24	BMC		
.3	19	BBC		
.4	23	BMC		
.5	20	MMC		
.6	22	BMC		
.7	22	MMC		
.8	21	MMC		
.9	20	MMC		
9	22	MMC		
.1	21	BMC		
.2	21	MMC		
.3	20	MMC		
.4	22	MMC		
.5	20	MMC		
.6	21	MMC		
.7	18	MBC		
.8	19	MBC		
.9	17	MBC		
10	17	MBC		
.1	20	MMC		
.2	23	MMC		
.3	21	MMC		
.4	20	MMC		
.5	20	AMC		
.6	22	AMC		
.7	20	AMC		
.8	22	MMC		
.9	20	MMC		
11	18	MBC		
.1	17	MBC		
.2	20	MMC		
.3	20	MMC		
.4	18	MBC		
.5	21	MMC		
.6	20	MMC		
.7	20	MMC		
.8	24	AMC		
.9	20	AMC		
12	24	BMC		
.1	30	MMC		
.2	30	MMC		
.3	27	MMC		
.4	30	MMC		
.5	25	MMC		
.6	24	MMC		
.7	22	MMC		
.8	21	MMC		
.9	22	MMC		
13	21	MMC		
.1	21	MMC		
.2	24	MMC		
.3	24	MMC		
.4	30	MMC		
.5	27	MMC		
.6	21	MMC		
.7	20	MMC		
.8	20	MMC		
.9	22	MMC		
14	24	MMC		
.1	24	MMC		
.2	22	MMC		
.3	20	MMC		
.4	18	ABC		
.5				
.6				
.7				
.8				
.9				
15				
.1				
.2				
.3				
.4				
.5				
.6				
.7				
.8				
.9				
16				
.1				
.2				
.3				
.4				
.5				
.6				
.7				
.8				
.9				
17	20	AMC		
.1	28	AMC		
.2	22	AMC		
.3	21	MMC		
.4	21	MMC		
.5	25	AMC		
.6	20	AMC		
.7	20	MMC		
.8	18	MBC		
.9	18	MBC		
18	23	MMC		
.1	21	MMC		
.2	18	MMC		
.3	19	MBC		
.4	23	AMC		
.5	25	AMC		
.6	31	AMC		
.7	25	AMC		
.8	26	AMC		
.9	18	MBC		
19	19	MBC		
.1	24	AMC		
.2	20	AMC		
.3	25	AMC		
.4	24	AMC		
.5	20	AMC		
.6	21	AMC		
.7	18	ABC		
.8	23	MMC		
.9	25	MMC		

Ph-1
Ph-2
CALA

Falla a partir de todo bentonítico en hinge punto.

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

6-de-mar. de 202

[redacted]

CUEVAS
DISEÑO GEOTÉCNICO

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO
REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Col. San Lucas Tepetlacalco Tlalnepantla Edo. de México
Tels. y Fax: 5365-0323 5365-2917 5365-1505
E MAIL: acmsa@prodigy.net.mx

PROYECTO: Cable Bus, T-6, T-7, E2
UBICACIÓN: Vasco de [redacted] #1375, Santa Fe
ING. DE PROYECTO: [redacted]
SONDEO: SM-1 E-2
MAQUINA: LY-3403
FECHA: 02/03/23
HORA INICIO: 14:30 28/02/23
HORA TERMINO: 10:00 hrs 03/03/23
HOJA 2
B BAJA
M MEDIA
A ALTA

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
20				
.1				
.2				
.3				
.4				
.5				
.6				
.7				
.8				
.9				
21	23	MMC		
.1	19	MMC		
.2	20	AMC		
.3	26	MMC		
.4	30	MMC		
.5	24	MMC		
.6	20	MMC		
.7	21	MMC		
.8	21	MMC		
.9	24	MMC		
22	21	MMC		
.1	22	MMC		
.2	27	MMC		
.3	23	MMC		
.4	26	MMC		
.5	26	MMC		
.6	26	MMC		
.7	24	MMC		
.8	21	MMC		
.9	20	MMC		
23	25	AMC		
.1	22	AMC		
.2	23	MMC		
.3	21	MMC		
.4	30	AMG		
.5	40	AMG		
.6	32	AMG		
.7	31	AMG		
.8	29	AMG		
.9	20	AMG		

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
18	20	MMC		
.1	20	MMC		
.2	24	AMC		
.3	25	MMC		
.4	27	MMC		
.5	26	AMC		
.6	25	MMC		
.7	21	MMC		
.8	25	MMC		
.9	36	MMC		
25	22	AMC		
.1	20	AMC		
.2	21	MMC		
.3	24	MMC		
.4	23	MMC		
.5	23	AMC		
.6	20	MMC		
.7	20	MMC		
.8	19	MBC		
.9	20	MMC		
26	21	MBC		
.1	20	MMC		
.2	20	AMC		
.3	21	MMC		
.4	22	MMC		
.5				
.6				
.7				
.8				
.9				
27				
.1				
.2				
.3				
.4				
.5	20	MMC		
.6	22	MMC		
.7	20	MMC		
.8	26	AMC		
.9	27	MMC		

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
32	25	AMG		
.1	24	MMG		
.2	23	MMG		
.3	25	MMG		
.4	31	AMG		
.5	23	AMG		
.6	32	AMG		
.7	27	AMG		
.8	30	AMG		
.9	20	AMG		
29	23	MMC		
.1	27	MMC		
.2	25	MMC		
.3	20	MMC		
.4	22	MMC		
.5	25	MMC		
.6	24	MMC		
.7	24	MMC		
.8	26	MMC		
.9	24	MMC		
30	26	AMC		
.1	27	AMC		
.2	30	AMC		
.3	25	MMC		
.4	24	MMC		
.5	26	MMC		
.6	22	AMC		
.7	27	AMC		
.8	26	MMC		
.9	26	AMC		
31	20	AMG		
.1	21	MMG		
.2	23	AMG		
.3	29	AMG		
.4	28	AMG		
.5	30	AMG		
.6	28	AMG		
.7	27	AMG		
.8	30	AMG		
.9	30	AMG		

Prof (m)	t (seg)	Vibración	Presión	Color
33	25	AMG		
.1	28	AMG		
.2	28	AMG		
.3	27	AMG		
.4	29	AMG		
.5	25	AMG		
.6	20	MMG		
.7	21	AMG		
.8	21	AMG		
.9	22	AMG		
34	23	AMG		
.1	21	AMG		
.2	21	AMG		
.3	22	AMG		
.4	23	AMG		
.5	24	AMG		
.6	25	AMG		
.7	30	AMG		
.8	31	AMG		
.9	36	A		
35				
.1				
.2				
.3				
.4				
.5				
.6				
.7				
.8				
.9				

Perfil | Prof (m) | Tiempo requerido en segundos para avanzar 10 cm (t): 0 40 80 120 160

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

6 de mar. de 2023

11. ANEXO 3. RESULTADOS DE LABORATORIO, T-6 Y T-7 Y RESULTADOS DE PRUEBAS DE FICÓMETRO E-2

[redacted]

[redacted]

CONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD, S.A. DE C.V.

CONVECSA

CONTENIDO NATURAL DE AGUA

OBRA:	FECHA:
Cablebús L-3	15/Mar/2023
PROYECTO No.	**SONDEO**
Cablebús L-3	SPT-1 T-6

MUESTRA No.	PROF. m de	a	CAPSULA No.	Wc gr.	Wc+sh gr	Wc+ss gr	W %
1-S	0.90	1.05	228	15.86	63.27	52.59	29.08
1-I	1.05	1.30	207	16.17	116.40	98.68	21.48
2	1.92	2.10	237	16.08	135.15	111.77	24.43
3	2.45	2.70	252	16.01	154.26	130.58	20.67
4	3.02	3.30	116	13.68	128.99	102.51	29.81
5	3.35	3.60	66	15.22	113.55	91.59	28.75
6	4.00	4.20	264	15.93	133.72	106.05	30.70
7	4.57	4.75	244	15.96	117.43	97.94	23.77
8	5.13	5.35	4	15.60	126.26	102.74	26.99
9	5.75	5.85	103	15.10	132.06	107.85	25.10
10	6.25	6.40	106	16.09	113.56	99.33	17.10
11	6.90	7.01	304	16.14	131.20	115.42	15.89
12	8.10	8.17	261	15.73	79.57	74.70	8.26
13	8.86	8.96	282	15.86	114.50	102.89	13.34
14	9.31	9.44	277	16.00	100.14	91.46	11.50
15	9.95	10.05	168	15.51	73.08	68.06	9.55
16	10.10	10.45	13	15.89	186.81	161.70	17.22
17	11.14	11.24	70	15.51	110.35	100.96	10.99
18	11.90	12.30	278	15.96	157.49	143.56	10.92
19	13.10	13.35	178	15.73	138.91	120.01	18.12
20	13.72	14.10	187	15.94	153.06	136.86	13.40
21	14.35	14.70	7	16.35	191.54	178.35	8.14
22	15.02	15.30	151	15.78	167.15	152.62	10.62
23	15.50	15.90	175	15.56	163.38	152.68	7.80
24	16.15	16.50	6	15.67	149.87	138.38	9.36
25	16.72	17.10	253	16.27	162.55	151.51	8.16
26	17.31	17.70	59	15.19	165.00	151.49	9.91
27	18.62	18.90	281	16.13	173.16	158.83	10.04
28	19.20	19.50	293	14.96	180.03	165.21	9.86
29	19.68	20.10	225	16.17	176.09	160.95	10.46
30	20.70	20.80	318	15.71	101.66	92.42	12.05
31	21.90	22.05	93	15.17	105.60	96.91	10.88
32	23.10	23.20	239	15.82	97.90	88.59	12.79
33	23.76	23.81	316	15.98	61.02	57.08	9.59
34	24.33	24.37	206	16.04	58.46	54.18	11.22
35	24.94	25.00	241	15.96	101.82	91.80	13.21
36	25.52	25.57	89	13.82	66.73	61.50	10.97
37	35.29	35.55	188	15.56	109.70	77.55	51.86

Elaboró [redacted]

Revisó [redacted]

Cliente [redacted]

CALLE 14 NO. 164 COL. VALLE DE [redacted]

CONVECSA

CONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD, S.A. DE C.V.

PROYECTO:	Cablebús L-3	FECHA:	15-mar-23
UBICACIÓN:	INDUSTRIAS MILITARES SEDENA, T-6	SONDEO:	SPT-1,T-6

Muestra	Profundidad (m)			Clasificación visual y al tacto
1 sup	0.90	a	1.05	Arena arcillosa café rojizo, la arena es pumítica angulosa, media, fina y gruesa
1 inf	1.05	a	1.30	Arcilla limosa, café amarillento. Con arena fina andesítica
2	1.92	a	2.10	Arcilla limosa, café amarillento. Con arena fina andesítica
3	2.45	a	2.70	Arcilla limosa, café grisáceo. Con arena fina andesítica
4	3.02	a	3.36	Arcilla limosa, café grisáceo. Con arena fina andesítica
5	3.35	a	3.60	Arcilla limosa, café rojizo. Con arena fina andesítica
6	4.00	a	4.20	Arcilla limosa, café rojizo. Con arena fina andesítica
7	4.57	a	4.75	Arcilla limosa, café rojizo. Con arena fina andesítica
8	5.13	a	5.35	Arcilla limosa, café rojizo. Con arena fina andesítica
9	5.75	a	5.85	Arcilla limosa, café rojizo. Con arena fina andesítica
10	6.25	a	6.40	Arena arcillosa café rojizo, con gravas medias y finas andesíticas
11	6.90	a	7.01	Arena arcillosa café rojizo, con gravas medias y finas andesíticas
12	8.10	a	8.17	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
13	8.86	a	8.96	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
14	9.31	a	9.44	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
15	9.95	a	10.05	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
16	10.10	a	10.45	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
17	11.14	a	11.24	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
18	11.90	a	12.30	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
19	13.00	a	13.35	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
20	13.72	a	14.10	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
21	14.35	a	14.70	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
22	15.02	a	15.30	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
23	15.50	a	15.90	Arena fina a gruesa andesítica limosa café olivo, con gravas medias y finas andesíticas
24	16.15	a	16.50	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
25	16.72	a	17.10	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
26	17.31	a	17.70	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
27	18.62	a	18.90	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
28	19.20	a	19.50	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
29	19.68	a	20.10	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
30	20.70	a	20.80	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
31	21.90	a	22.05	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
32	23.10	a	23.20	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
33	23.76	a	23.81	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
34	24.33	a	24.37	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
35	24.94	a	25.00	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
36	25.52	a	25.57	Arena media y gruesa andesítica, con gravas medias y finas y muy poco limo, café olivo
37	35.29	a	35.55	Arena media y fina pumítica angulosa, con limo café olivo

[redacted] Revisó [redacted] Cliente [redacted]

CALLE 14 NO. 144 COL. VALLE DE LOS REYES, LA PAZ ESTADO DE MÉXICO C.P. 56430 TEL. 1734 1023

CONVECSA

CONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD, S.A. DE C.V.

PORCENTAJE DE FINOS

Proyecto: Cablebús L-3
Localización: INDUSTRIAS MILITARES SEDENA, T-6
Fecha: mar-23 Hoja: 1/1

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD m		Ws INICIAL gr	Ws FINAL gr	FINAL gr	FINOS %	ARENAS %
SPT-1	1-I	1.05	1.30	82.53	23.66	58.87	71.3	28.7
TORRE 6	3	2.45	2.70	114.58	33.59	80.99	70.7	29.3
	5	3.35	3.60	76.36	10.58	65.78	86.1	13.9
	7	4.57	4.75	81.98	17.46	64.52	78.7	21.3
	9	5.75	5.85	93.01	41.50	51.51	55.4	44.6
	11	6.90	7.01	99.26	79.84	19.42	19.6	80.4
	13	8.56	8.96	87.01	76.35	10.66	12.3	87.7
	15	9.95	10.05	53.16	50.27	2.89	5.4	94.6
	20	13.72	14.10	120.92	108.80	12.12	10.0	90.0
	24	16.15	16.50	123.22	109.63	13.59	11.0	89.0
	26	17.31	17.70	136.20	122.97	13.23	9.7	90.3
	31	21.90	22.05	81.73	73.36	8.37	10.2	89.8
	35	24.54	25.00	75.84	65.78	10.06	13.3	86.7
	37	35.29	35.55	61.99	46.60	15.39	24.8	75.2

Elaboró [redacted] Revisó [redacted] Cliente [redacted]

[redacted]

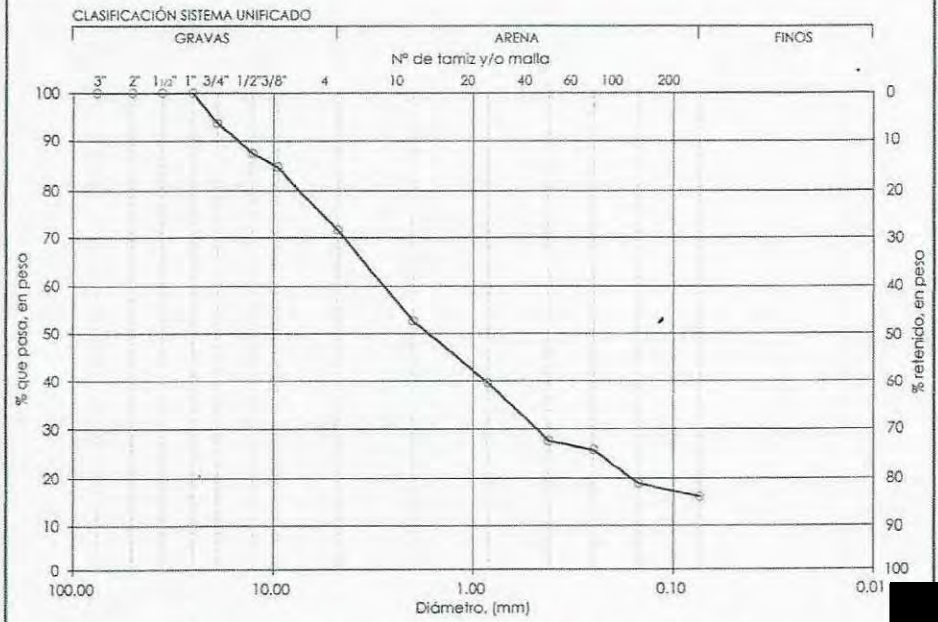
CONVECSA
CONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD, S.A. DE C.V.

GRANULOMETRÍA POR MALLAS

Proyecto: Cablebús L-3
Sondeo: SPT-1, T-6 Muestra: 18 Profundidad: 11.90 - 12.30 m
Peso de muestra (gr): 469.72 Operador: A.V. Fecha: mar/2023

MALLA (N°)	ABERTURA (mm)	SUELO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	PORCIENTO PASA (%)	MALLA (N°)	ABERTURA (mm)	SUELO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	PORCIENTO PASA (%)
3"	76.20	0.00	0.00	100.00	10	2.00	89.27	19.00	52.55
2"	50.80	0.00	0.00	100.00	20	0.84	60.97	12.98	39.57
11/2"	36.10	0.00	0.00	100.00	40	0.42	56.04	11.93	27.64
1"	25.40	0.00	0.00	100.00	60	0.25	8.65	1.84	25.80
3/4"	19.05	29.57	6.30	93.70	100	0.149	32.81	6.99	18.81
1/2"	12.70	29.75	6.33	87.37	200	0.074	13.33	2.84	15.98
3/8"	9.52	12.50	2.66	84.71					
n° 4	4.75	61.79	13.15	71.56					
	PASA n° 4	336.11				PASA 200	75.04		
	SUMA	133.61				SUMA	336.11		

CLASIFICACIÓN SISTEMA UNIFICADO



D_{10}=	0.00	D_{30}=	0.47	D_{60}=	3.00	S.U.C.S.:	
G=	28.44 %	S=	55.58 %	F=	15.98 %		SM
>3"=	---	Cu=	—	Cc=	—		

Observaciones: —

Elaboró [redacted] Revisó [redacted]

CALLE 14 NO. 144 COL. VALLE DE LOS REYES, LA PAZ ESTADO DE MÉXICO C.P. 5

[redacted]

CONVECS A
CONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD, S.A. DE C.V.

GRANULOMETRÍA POR MALLAS

Proyecto: Cablebús L-3
Sondeo: SPT-1, T-6 Muestra: 23 Profundidad: 15.50 - 15.90 m
Peso de muestra (gr): 384.03 Operador: T.V. Fecha: mar/2023

MALLA (N°)	ABERTURA (mm)	SUELO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	PORCIENTO PASA (%)	MALLA (N°)	ABERTURA (mm)	SUELO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	PORCIENTO PASA (%)
3"	76.20	0.00	0.00	100.00	10	2.00	65.83	17.14	47.86
2"	50.80	0.00	0.00	100.00	20	0.84	45.58	11.87	35.99
11/2"	38.10	0.00	0.00	100.00	40	0.42	43.88	11.43	24.57
1"	25.40	0.00	0.00	100.00	60	0.25	9.08	2.36	22.20
3/4"	19.05	46.32	12.06	87.94	100	0.149	25.17	6.55	15.65
1/2"	12.70	30.26	7.88	80.06	200	0.074	10.38	2.70	12.95
3/8"	9.52	12.45	3.24	76.82					
n° 4	4.75	45.36	11.81	65.01					
	PASA n° 4	249.64				PASA 200	49.72		
	SUMA	134.39				SUMA	249.64		



D_{10}=	0.00	D_{30}=	0.57	D_{60}=	3.90	S.U.C.S.:	
G=	34.99 %	S=	52.06 %	F=	12.95 %	SM	
>3"=	---	Cu=	---	Cc=	---		

Observaciones: —

Elaboró [redacted] Revisó [redacted] Cliente

Hoja 5 de 8

CALLE 14 NO. 144 COL. VALLE DE LOS REYES, LA PAZ ESTADO DE MÉXICO C.P. 56430 TEL. 1734 1023

[redacted]

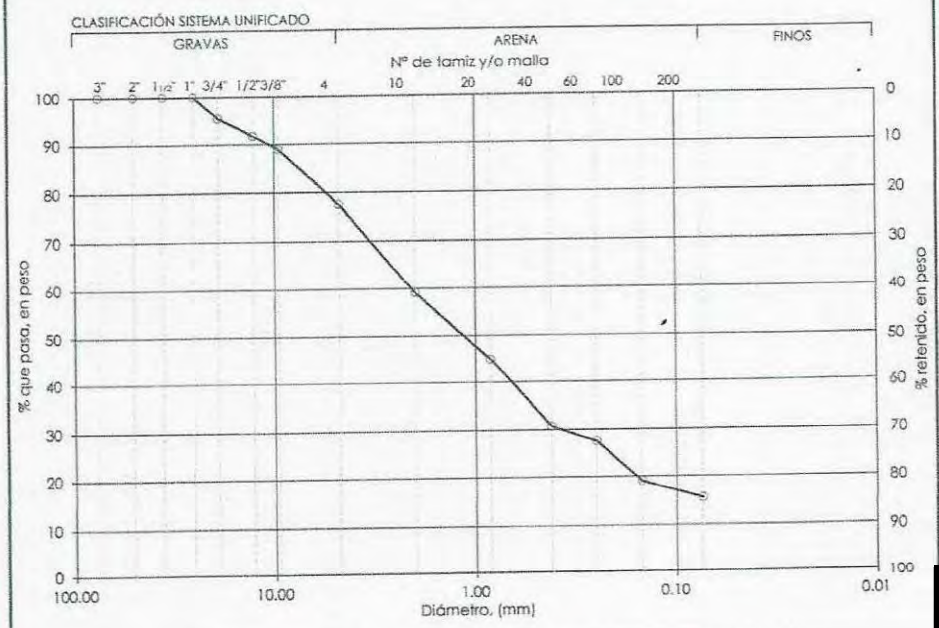
CONVECSA

CONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD, S.A. DE C.V.

GRANULOMETRÍA POR MALLAS

Proyecto: Cablebús L-3
Sondeo: SPT-1, T-6 Muestra: 28 Profundidad: 19.20 - 19.50 m
Peso de muestra (gr): 481.45 Operador: T.V. Fecha: mar/2023

MALLA (N°)	ABERTURA (mm)	SUELO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	PORCIENTO PASA (%)	MALLA (N°)	ABERTURA (mm)	SUELO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	PORCIENTO PASA (%)
3"	76.20	0.00	0.00	100.00	10	2.00	89.00	18.49	59.06
2"	50.80	0.00	0.00	100.00	20	0.84	68.89	14.31	44.75
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00	40	0.42	67.82	14.09	30.66
1"	25.40	0.00	0.00	100.00	60	0.25	14.80	3.07	27.59
3/4"	19.05	21.60	4.49	95.51	100	0.149	41.01	8.52	19.07
1/2"	12.70	18.44	3.83	91.68	200	0.074	16.97	3.52	15.54
3/8"	9.52	12.92	2.68	89.00					
n° 4	4.75	55.16	11.46	77.54					
	PASA n° 4	373.33				PASA 200	74.84		
	SUMA	108.12				SUMA	373.33		



D_{10}=	0.00	D_{30}=	0.38	D_{60}=	2.10	S.U.C.S.:	
G=	22.46 %	S=	62.00 %	F=	15.54 %	SM	
>3"=	—	Cu=	—	Cc=	—		

Observaciones: —

Elaboró [redacted] Revisó [redacted] Cliente

Hoja 6 de

[redacted]. VALLE DE LOS REYES, [redacted] ICO C.P. 56430 TEL. 1734 1023

CONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD, S.A. DE C.V.
CONVECSA

LÍMITES DE CONSISTENCIA

ENSAYE Y CÁLCULO

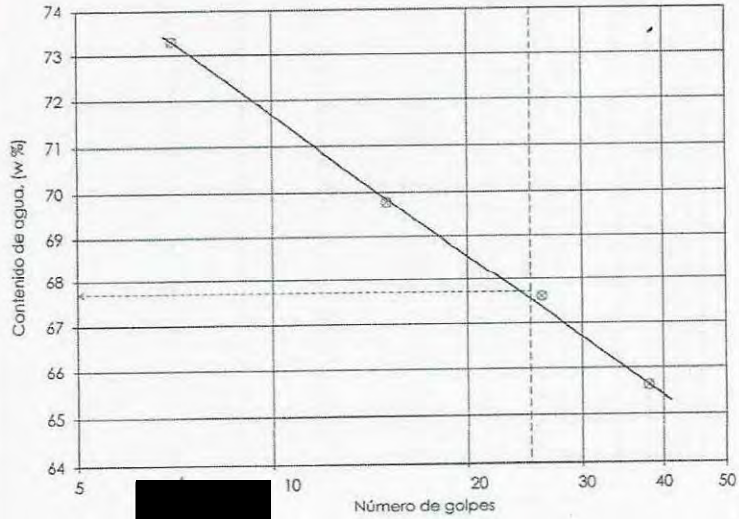
Proyecto: Cablebús L-3
Sondeo: SPT-1, T-6 Muestra: 4 Prof.: 3.02 - 3.30 m
Operador: T.V. Fecha: mar/2023

CONTRACCIÓN LINEAL

BARRA (nº)	LONGITUD INICIAL (cm)	LONGITUD FINAL (cm)	CONTRACCIÓN AL SECADO (cm)	CONTRACCIÓN LINEAL (%)
—	—	—	—	—

CÁPSULA (nº)	PESO DE CÁPSULA (gr)	CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	CÁPSULA + SUELO SECO (gr)	AGUA (gr)	PESO DEL SUELO SECO (gr)	CONTENIDO DE AGUA (%)	NÚMERO DE GOLPES
LÍMITE LÍQUIDO, (LL)							
10	22.39	36.98	31.20	5.78	8.81	65.61	38
68	29.40	44.55	38.44	6.11	9.04	67.59	26
22	23.01	38.51	32.14	6.37	9.13	69.77	15
31	26.07	40.68	34.50	6.18	8.43	73.31	7
LÍMITE PLÁSTICO, (LP)							
20	22.35	25.14	24.49	0.65	2.14	30.37	—
72	29.43	32.56	31.83	0.73	2.40	30.42	—

Clasificación: (CH) Arcilla limosa café grisáceo
Observaciones: —



S.U.C.S.:	CH
LL (%):	67.70
LP (%):	30.40
IP (%):	37.30
W_i:	—
Cr:	—

Elaboró [redacted] Revisó [redacted] Cliente

CONVECSA

CONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD, S.A. DE C.V.

LÍMITES DE CONSISTENCIA

ENSAYE Y CÁLCULO

Proyecto: Cablebús L-3

Sondeo: SPT-1, T-6 Muestra: 8 Prof.: 5.13- 5.35 m

Operador: T.V. Fecha: mar/2023

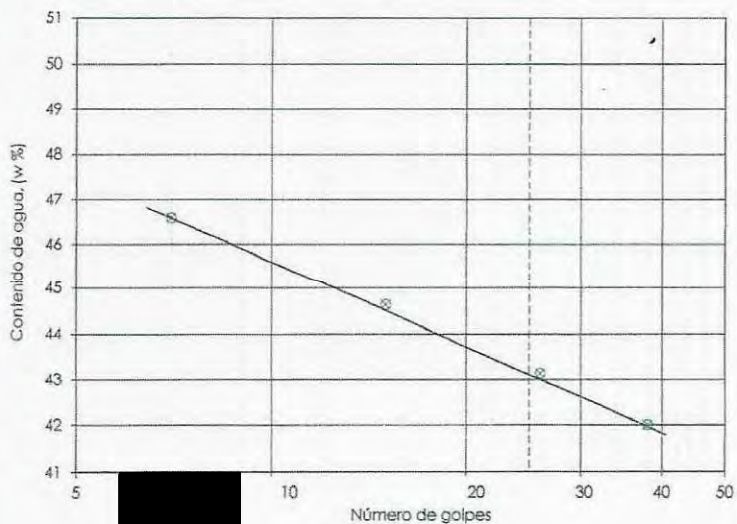
CONTRACCIÓN LINEAL

BARRA (n°)	LONGITUD INICIAL (cm)	LONGITUD FINAL (cm)	CONTRACCIÓN AL SECADO (cm)	CONTRACCIÓN LINEAL (%)
—	—	—	—	—

CÁPSULA (n°)	PESO DE CÁPSULA (gr)	CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	CÁPSULA + SUELO SECO (gr)	AGUA (gr)	PESO DEL SUELO SECO (gr)	CONTENIDO DE AGUA (%)	NÚMERO DE GOLPES
LÍMITE LÍQUIDO, (LL)							
77	29.43	43.09	39.05	4.04	9.62	42.00	38
75	29.37	45.86	40.89	4.97	11.52	43.14	26
19	23.03	37.42	32.98	4.44	9.95	44.62	15
78	29.37	44.00	39.35	4.65	9.98	46.59	7
LÍMITE PLÁSTICO, (LP)							
14	29.21	32.34	31.70	0.64	2.49	25.70	—
65	24.35	27.68	27.00	0.68	2.65	25.66	—

Clasificación: (CL) Arcilla limosa café rojizo claro

Observaciones: —



S.U.C.S.:	CL
LL (%):	43.20
LP (%):	25.68
IP (%):	17.52
W_i:	—
Cr:	—

Revisó

[redacted]

CONVECSA

CONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD, S.A. DE C.V.

CONTENIDO NATURAL DE AGUA

OBRA:	FECHA:
Cablebús Línea 3	07/Mar/2023
PROYECTO No.	**SONDEO**
Cablebús línea 3	SPT-1, T-7

MUESTRA No.	PROF. m de	a	CAPSULA No.	Wc gr.	Wc+sh gr	Wc+ss gr	W %
1-S	0.40	0.55	255	15.87	65.86	54.43	29.64
1-I	0.55	0.60	213	15.77	46.97	39.67	30.54
2	1.10	1.20	263	15.74	82.15	64.77	35.45
3	1.60	1.80	179	15.35	137.00	103.72	37.66
4	2.00	2.20	172	15.20	128.66	104.42	27.17
5-S	2.28	2.37	307	15.38	118.73	101.75	19.66
5-I	2.37	2.40	125	13.73	36.87	33.35	17.94
6	3.12	3.27	295	15.92	152.72	128.89	21.09
7	3.80	4.20	289	16.09	144.71	119.77	24.05
8	4.50	4.80	97	16.07	123.48	100.54	27.16
9	5.22	5.40	143	13.45	115.51	93.44	27.59
10	5.80	6.00	231	16.25	116.90	96.01	26.19
11	6.13	6.25	204	16.20	119.66	99.99	23.48
12	6.70	6.82	314	15.71	121.69	104.53	19.32
13	7.35	7.50	61	14.94	144.50	121.86	21.17
14	7.85	8.25	79	16.32	155.51	133.71	18.57
15	8.52	8.70	56	15.11	148.03	125.31	20.62
16	9.05	9.15	183	15.47	126.64	110.76	16.66
17	10.22	10.32	52	15.29	120.91	111.33	9.98
18	10.85	10.95	81	15.42	70.19	66.10	8.07
19	11.60	11.70	26	15.95	127.55	119.77	7.49
20-S	12.15	12.25	279	15.87	130.78	121.73	8.55
20-I	12.25	12.30	212	16.09	57.88	54.92	7.62
21	12.97	13.20	29	15.82	175.62	167.22	5.55
22	13.38	13.50	262	16.06	128.40	120.17	7.91
23	14.07	14.25	308	16.41	144.71	127.98	15.00
24	14.55	14.65	122	15.46	117.28	110.14	7.54
25	15.75	15.90	303	15.94	150.76	139.67	8.96
26	16.33	16.43	234	16.02	160.17	148.13	9.11
27	16.82	16.90	86	15.79	85.97	80.53	8.40
28	17.64	17.85	136	13.63	163.29	151.28	8.73
29	18.35	18.60	267	15.94	172.94	161.63	7.76
30	20.20	20.40	[illegible]	[illegible] 39	177.81	163.70	9.58

MUESTRA No.	PROF. m de	a	CAPSULA No.	Wc	Wc+sh	Wc+ss	W
31	20.80	21.00	192	15.64	144.10	131.48	10.89
32	21.13	21.28	121	15.93	142.42	133.30	7.77
33	21.69	21.89	229	15.94	163.06	149.31	10.31
34	23.40	23.49	197	15.36	89.36	80.67	13.31
35-S	25.80	25.84	246	16.25	45.05	41.20	15.43
35-I	25.84	25.88	1	15.80	41.70	41.22	1.89
36	27.61	27.65	302	15.25	41.41	41.38	0.11
37	30.00	30.08	195	15.35	74.77	67.35	14.27
38	30.60	30.67	71	13.68	100.35	92.36	10.16
39	31.20	31.25	8	15.87	84.56	76.60	13.11
40	34.20	34.25	146	13.83	84.10	75.26	14.39

Ela[redacted] Revisó Clien[redacted]

[redacted]

Hoja 1 [redacted]

[redacted] E LOS REYES, LA PAZ ESTADO DE MÉXICO C.P. 56430 TEL. 1734 1023

CONVECSA

CONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD, S.A. DE C.V.

PROYECTO:	Cablebús L-3
UBICACIÓN:	INDUSTRIAS MILITARES SEDENA, T-7

FECHA:	15-mar-23
SONDEO:	SPT-1,T-7

Muestra	Profundidad (m)			Clasificación visual y al tacto
1 sup	0.40	a	0.55	Capa vegetal: arcilla arenosa, color café, con raíces
1 inf	0.55	a	0.60	Arcilla limosa café grisáceo, con poca arena fina andesítica
2	1.10	a	1.20	Arcilla limosa café grisáceo, con poca arena fina andesítica
3	1.60	a	1.80	Arcilla limosa café grisáceo, con poca arena fina andesítica
4 sup	2.00	a	2.10	Arcilla limosa café amarillento, con arena fina andesítica y poco pumítica
4 inf	2.10	a	2.20	Arcilla limosa, poco arenosa café amarillento. La arena es fina a media andesítica y poco pumítica
5 sup	2.28	a	2.37	Arcilla limosa, poco arenosa café amarillento. La arena es fina a media andesítica y poco pumítica
5 inf	2.37	a	2.40	Arena arcillosa café rojizo claro. La arena es fina a media cuarzosa y pumítica
6	3.12	a	3.27	Arcilla café rojizo con arena fina a media pumpítica y poco pumítica
7	3.80	a	4.20	Arcilla café rojizo con arena fina a media pumpítica y poco pumítica
8	4.50	a	4.80	Arcilla café rojizo con arena fina a media pumpítica y poco pumítica
9	5.22	a	5.40	Arcilla limosa gris verdoso. La arena es fina poco media cuarzosa y pumítica.
10	5.80	a	6.00	Arcilla limosa café olivo. La arena es fina poco media cuarzosa y pumítica.
11	6.13	a	6.25	Arcilla limosa, poco arenosa café rojizo. La arena es fina a gruesa andesítica
12	6.70	a	6.82	Arcilla limosa, poco arenosa café rojizo. La arena es fina a gruesa andesítica
13	7.35	a	7.50	Arena arcillosa café rojizo, la arena es andesítica fina a gruesa y gravas andesíticas
14	7.85	a	8.25	Arena arcillosa café rojizo, la arena es andesítica fina a gruesa y gravas andesíticas
15	8.52	a	8.70	Arena ,edia y gruesa andesítica con arcilla color café rojizo y gravas medias andesíticas
16	9.05	a	9.15	Arena media y gruesa andesítica, con limo café olivo y gravas medias andesíticas
17	10.22	a	10.32	Arena media y gruesa andesítica, con limo café olivo y gravas medias andesíticas
18	10.85	a	10.95	Gravas medias y finas andesíticas, con arena media y gruesa y poco limo café olivo
19	11.60	a	11.70	Arena fina a gruesa andesítica , con gravas medias andesíticas y limo café olivo
20 sup	12.15	a	12.25	Arena fina a gruesa andesítica , con gravas medias andesíticas y muy poco limo gris
20 inf	12.25	a	12.30	Arena fina a gruesa andesítica , con gravas medias andesíticas y muy poco café olivo
21	12.97	a	13.20	Arena fina a gruesa andesítica , con gravas medias andesíticas y muy poco café olivo
22	13.38	a	13.50	Gravas finas a gruesas andesíticas con arena andesítica y limo café olivo
23	14.07	a	14.25	Arena andesítica con gravas medias y limo café grisáceo
24	14.55	a	14.65	Arena andesítica con gravas medias y limo café olivo
25	15.75	a	15.90	Arena andesítica con gravas medias y limo café olivo
26	16.33	a	16.43	Gravas medias andesíticas, con arena media y gruesa y muy poco limo café olivo
27	16.82	a	16.90	Gravas medias andesíticas, con arena media y gruesa y muy poco limo café olivo
28	17.64	a	17.85	Arena media a gruesa andesítica, con gravas y arcilla café olivo
29	18.35	a	18.60	Arena gruesa y media andesítica, con gravas medias y finas y poco limo gris
30	20.20	a	20.40	Arena gruesa y media andesítica, con gravas medias y finas y poco limo gris
31	20.80	a	21.00	Arena gruesa y media andesítica, con gravas medias y finas y poco limo gris
32	21.13	a	21.28	Arena gruesa y media andesítica, con gravas medias y finas y poco limo gris
33	21.69	a	21.89	Arena gruesa y media andesítica, con gravas medias y finas y poco limo gris
34	23.40	a	23.49	Arena gruesa y media andesítica, con gravas medias y finas y poco limo gris
35 sup	25.8	a	25.84	Arena gruesa y media andesítica, con gravas medias y finas y poco limo gris
35 inf	25.84	a	25.88	Arena gruesa y media andesítica, con gravas medias y finas y poco limo gris
36	27.61	a	27.65	Arena gruesa y media andesítica, con gravas medias y finas y poco limo gris
37	30	a	30.08	Arena gruesa y media andesítica, con gravas medias y finas y poco limo gris
38	30.6	a	30.68	Arena gruesa y media andesítica, con gravas medias y finas y poco limo gris
39	31.2	a	31.25	Arena gruesa y media andesítica, con gravas medias y finas y poco limo gris
40	34.2	a	[illegible]	Arena gruesa y media andesítica, con gravas medias y finas y poco limo gris

Elaboró [redacted]

Revisó [redacted]

Clien[redacted]

[redacted]

[redacted]

CONVECSA
CONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD, S.A. DE C.V.

PORCENTAJE DE FINOS

Proyecto: Cablebús Línea 3
Localización: Industrias militares SEDENA. T-7
Fecha: mar-23 Hoja: 1/1

SONDEO	MUESTRA	PROFUNDIDAD m		Ws INICIAL gr	Ws FINAL gr	FINAL gr	FINOS %	ARENAS %
SPT-1	3	1.60	1.80	88.37	8.31	80.06	90.6	9.4
TORRE 7	5-S	2.28	2.37	86.38	29.29	57.09	66.1	33.9
	7	3.80	4.20	103.68	26.77	76.91	74.2	25.8
	9	5.22	5.40	79.99	19.31	60.68	75.9	24.1
	12	6.70	6.82	88.82	34.34	54.48	61.3	38.7
	15	8.52	8.70	110.19	64.12	46.07	41.8	58.2
	17	10.22	10.32	95.83	82.99	12.84	13.4	86.6
	20-I	12.25	12.30	38.84	36.05	2.79	7.2	92.8
	25	15.75	15.90	123.72	114.41	9.31	7.5	92.5
	34	23.40	23.49	65.30	51.59	13.71	21.0	79.0
	37	30.00	30.18	52.01	45.96	6.05	11.6	88.4
	40	34.20	34.25	61.41	52.89	8.52	13.9	86.1

Fig.

Elaboró [redacted] Revisó [redacted] Cliente

Hoja

CONVECSA

CONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD, S.A. DE C.V.

GRANULOMETRÍA POR MALLAS

Proyecto: Cablebús L-3

Sondeo: SPT-1, T-7 Muestra: 23 Profundidad: 14.07 - 14.25 m

Peso de muestra (gr): 240.19 Operador: A.V. Fecha: mar/2023

MALLA (N°)	ABERTURA (mm)	SUELO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	PORCIENTO PASA (%)	MALLA (N°)	ABERTURA (mm)	SUELO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	PORCIENTO PASA (%)
3"	76.20	0.00	0.00	100.00	10	2.00	27.12	11.29	38.87
2"	50.80	0.00	0.00	100.00	20	0.84	18.05	7.51	31.35
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00	40	0.42	16.87	7.02	24.33
1"	25.40	58.96	24.55	75.45	60	0.25	5.85	2.44	21.90
3/4"	19.05	13.82	5.75	69.70	100	0.149	12.56	5.23	16.67
1/2"	12.70	14.09	5.87	63.83	200	0.074	5.75	2.39	14.27
3/8"	9.52	9.07	3.78	60.06					
n° 4	4.75	23.77	9.90	50.16					
	PASA n° 4	120.48				PASA 200	34.28		
	SUMA	119.71				SUMA	120.48		



D10=	0.00	D30=	0.78	D60=	10.00	S.U.C.S.:		
G=	49.92 %	S=	35.89 %	F=	14.19 %	GM		
>3"=	---	Cu=	---	Cc=	---			

Observaciones: —

Elaboró [redacted] Revisó [redacted] Cliente

Hoja 4 de 9

[redacted]. VALLE DE [redacted] 56430 TEL. 1734 1023

CONVECSA

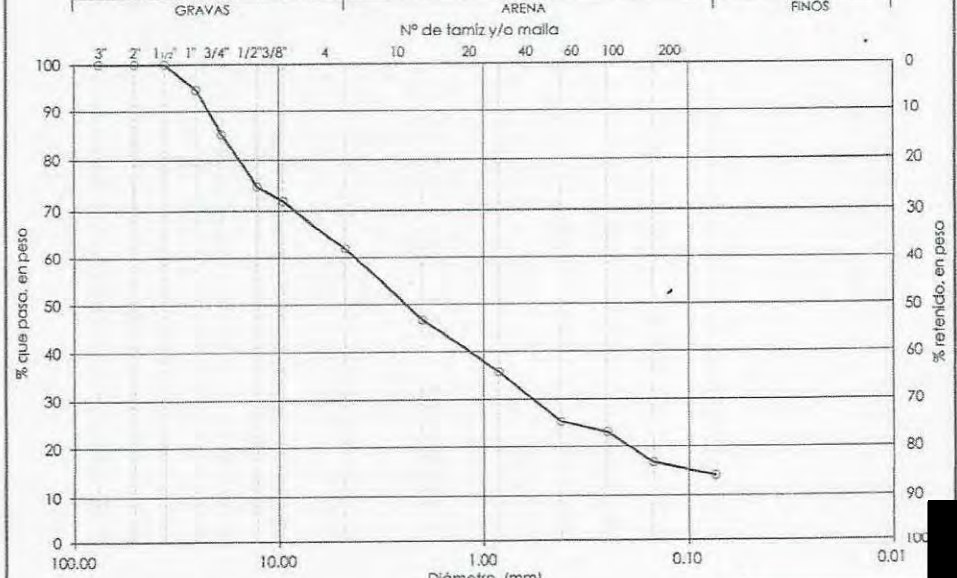
CONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD, S.A. DE C.V.

GRANULOMETRÍA POR MALLAS

Proyecto: Cablebús L-3
Sondeo: SPT-1, T-7 Muestra: 29 Profundidad: 18.35 - 18.60 m
Peso de muestra (gr): 378.18 Operador: A.V. Fecha: mar/2023

MALLA (N°)	ABERTURA (mm)	SUELO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	PORCIENTO PASA (%)	MALLA (N°)	ABERTURA (mm)	SUELO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	PORCIENTO PASA (%)
3"	76.20	0.00	0.00	100.00	10	2.00	57.91	15.31	46.61
2"	50.80	0.00	0.00	100.00	20	0.84	40.90	10.81	35.80
1 1/2"	36.10	0.00	0.00	100.00	40	0.42	40.12	10.61	25.19
1"	25.40	20.67	5.47	94.53	60	0.25	8.32	2.20	22.99
3/4"	19.05	35.34	9.34	85.19	100	0.149	23.73	6.27	16.71
1/2"	12.70	39.93	10.56	74.63	200	0.074	9.98	2.64	14.08
3/8"	9.52	10.88	2.88	71.75					
n° 4	4.75	37.17	9.83	61.93					
	PASA n° 4	234.19				PASA 200	53.23		
	SUMA	143.99				SUMA	234.19		

CLASIFICACIÓN SISTEMA UNIFICADO



D_{10}=	0.00	D_{30}=	0.58	D_{60}=	4.60	S.U.C.S.:	[redacted]
G=	38.07 %	S=	47.85 %	F=	14.08 %	SM	
>3"=	—	Cu=	—	Cc=	—		

Observaciones: —

Elaboró [redacted] Revisó [redacted] Cli[redacted]

Hoja 5 d[redacted]

CALLE 14 NO. 144 COL. VALLE DE LOS REYE[redacted] C.P. 56430 TEL. 1734 1023

CONVECSA

GRANULOMETRÍA POR MALLAS

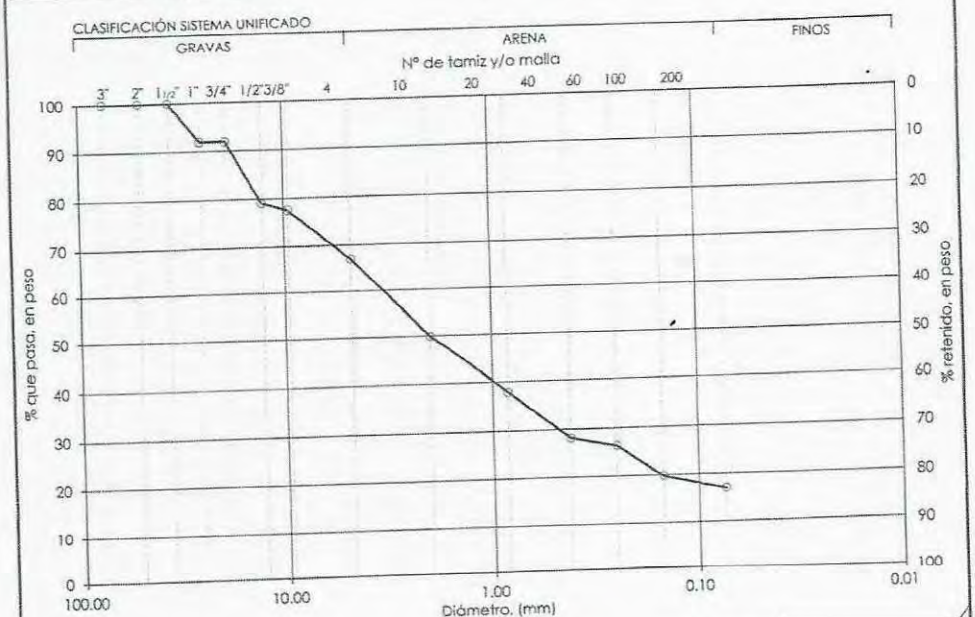
Proyecto: Cablebús L-3

Sondeo: SPT-1, T-7 Muestra: 31 Profundidad: 20.80 - 21.00 m

Peso de muestra (gr): 271.71 Operador: A.V. Fecha: mar/2023

MALLA (N°)	ABERTURA (mm)	SUELO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	PORCIENTO PASA (%)
3"	76.20	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	36.10	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	22.26	8.19	91.81
3/4"	19.05	0.00	0.00	91.81
1/2"	12.70	34.84	12.82	78.98
3/8"	9.52	4.12	1.52	77.47
n° 4	4.75	28.40	10.45	67.02
	PASA n° 4	182.09		
	SUMA	89.62		

MALLA (N°)	ABERTURA (mm)	SUELO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	PORCIENTO PASA (%)
10	2.00	46.72	17.19	49.82
20	0.84	32.35	11.91	37.92
40	0.42	26.59	9.79	28.13
60	0.25	4.92	1.81	26.32
100	0.149	17.95	6.61	19.71
200	0.074	7.65	2.82	16.90
	PASA 200	45.91		
	SUMA	182.09		



								S.U.C.S.:
D_{10}=	0.00	D_{30}=	0.48	D_{60}=	3.40			
G=	32.98 %	S=	50.12 %	F=	16.90 %			SM
>3"=	---	Cu=	—	Cc=	—			

Observaciones: —

Elaboró [redacted] Revisó [redacted] Cliente

CALLE 14 NO. 144 COL. VALLE DE LOS REYES, LA PAZ ESTADO DE MÉXICO C.P. 56430 TEL. 1734 1023

CONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD, S.A. DE C.V.
CONVECSA

LÍMITES DE CONSISTENCIA

ENSAYE Y CÁLCULO

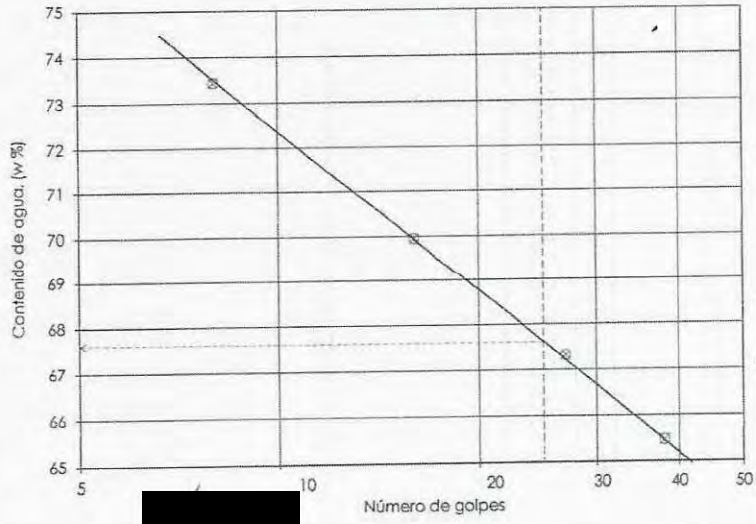
Proyecto: Cablebús L-3
Sondeo: SPT-1,T-7 Muestra: 4 Prof.: 1.80 - 2.20 m
Operador: T.V. Fecha: mar/2023

CONTRACCIÓN LINEAL

BARRA (n°)	LONGITUD INICIAL (cm)	LONGITUD FINAL (cm)	CONTRACCIÓN AL SECADO (cm)	CONTRACCIÓN LINEAL (%)
—	—	—	—	—

CÁPSULA (n°)	PESO DE CÁPSULA (gr)	CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	CÁPSULA + SUELO SECO (gr)	AGUA (gr)	PESO DEL SUELO SECO (gr)	CONTENIDO DE AGUA (%)	NÚMERO DE GOLPES
LÍMITE LÍQUIDO, (LL)							
75	29.37	44.99	38.81	6.18	9.44	65.47	38
72	29.43	44.74	38.58	6.16	9.15	67.32	27
19	23.03	35.47	30.35	5.12	7.32	69.95	16
18	22.30	39.09	31.98	7.11	9.68	73.45	8
LÍMITE PLÁSTICO, (LP)							
28	29.21	32.16	31.45	0.71	2.24	31.70	—
27	24.37	27.33	26.64	0.69	2.27	30.40	—

Clasificación: (CH) Arcilla limosa café grisáceo
Observaciones: —



S.U.C.S.:	CH
LL (%):	67.60
LP (%):	31.05
IP (%):	36.55
W_i:	—
Cr:	—

[redacted]

Elaboró Revisó Cliente

[redacted]

CONVECSA
CONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD, S.A. DE C.V.

LÍMITES DE CONSISTENCIA

ENSAYE Y CÁLCULO

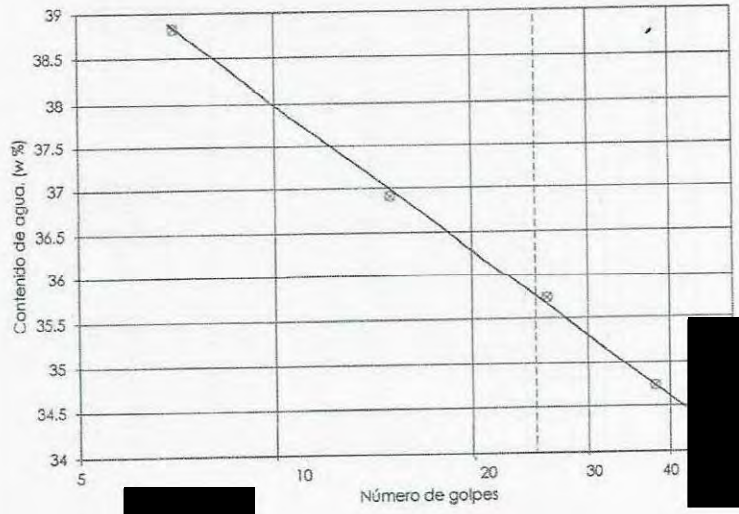
Proyecto: Cablebús L-3
Sondeo: SPT-1, T-7 Muestra: 8 Prof.: 4.20 - 4.80 m
Operador: T.V. Fecha: mar/2023

CONTRACCIÓN LINEAL

BARRA (n°)	LONGITUD INICIAL (cm)	LONGITUD FINAL (cm)	CONTRACCIÓN AL SECADO (cm)	CONTRACCIÓN LINEAL (%)
—	—	—	—	—

CÁPSULA (n°)	PESO DE CÁPSULA (gr)	CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	CÁPSULA + SUELO SECO (gr)	AGUA (gr)	PESO DEL SUELO SECO (gr)	CONTENIDO DE AGUA (%)	NÚMERO DE GOLPES
LÍMITE LÍQUIDO, (LL)							
20	22.35	40.66	35.94	4.72	13.59	34.73	38
31	26.07	44.57	39.70	4.87	13.63	35.73	26
65	24.35	40.30	36.00	4.30	11.65	36.91	15
10	22.39	38.23	33.80	4.43	11.41	38.83	7
LÍMITE PLÁSTICO, (LP)							
74	29.39	32.33	31.78	0.55	2.39	23.01	—
78	29.37	32.15	31.63	0.52	2.26	23.01	—

Clasificación: (CL) Arcilla café rojizo
Observaciones: —



S.U.C.S.:	CL
LL (%):	36.40
LP (%):	23.01
IP (%):	13.39
W:	—
Cr:	—

Elaboró [redacted] Revisó [redacted] Cliente

Hoja 8 de 9

[redacted]

CONTROL Y VERIFICACIÓN DE CALIDAD, S.A. DE C.V.
CONVECSA

LÍMITES DE CONSISTENCIA

ENSAYE Y CÁLCULO

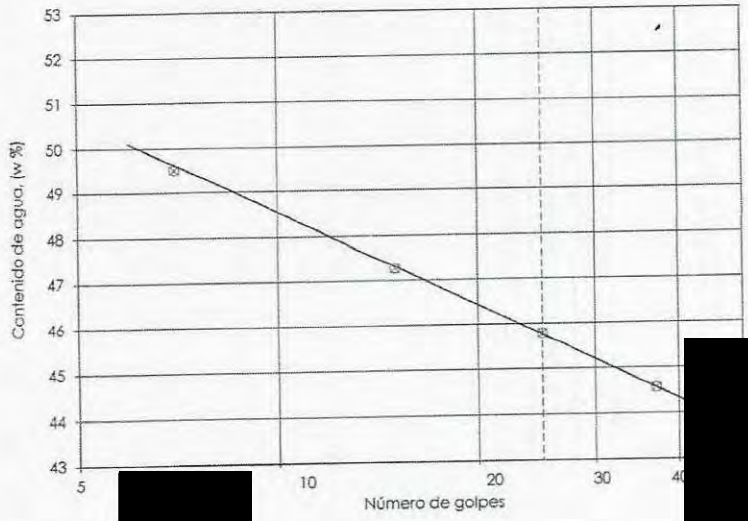
Proyecto: Cablebús L-3
Sondeo: SPT-1, T-7 Muestra: 11 Prof.: 6.00 - 6.25 m
Operador: T.V. Fecha: mar/2023

CONTRACCIÓN LINEAL

BARRA (n°)	LONGITUD INICIAL (cm)	LONGITUD FINAL (cm)	CONTRACCIÓN AL SECADO (cm)	CONTRACCIÓN LINEAL (%)
—	—	—	—	—

CÁPSULA (n°)	PESO DE CÁPSULA (gr)	CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)	CÁPSULA + SUELO SECO (gr)	AGUA (gr)	PESO DEL SUELO SECO (gr)	CONTENIDO DE AGUA (%)	NÚMERO DE GOLPES
LÍMITE LÍQUIDO, (LL)							
77	29.43	43.12	38.90	4.22	9.47	44.56	37
22	23.01	37.69	33.08	4.61	10.07	45.78	25
14	29.21	45.10	40.00	5.10	10.79	47.27	15
68	29.40	41.57	37.54	4.03	8.14	49.51	7
LÍMITE PLÁSTICO, (LP)							
17	29.32	32.61	31.99	0.62	2.67	23.22	—
54	24.36	27.35	26.79	0.56	2.43	23.05	—

Clasificación: (CL) Arcilla limosa gris verdoso
Observaciones: —



S.U.C.S.:	CL
LL (%):	45.80
LP (%):	23.13
IP (%):	22.67
W_n:	—
Cr:	—

Elaboró [redacted] Revisó [redacted]

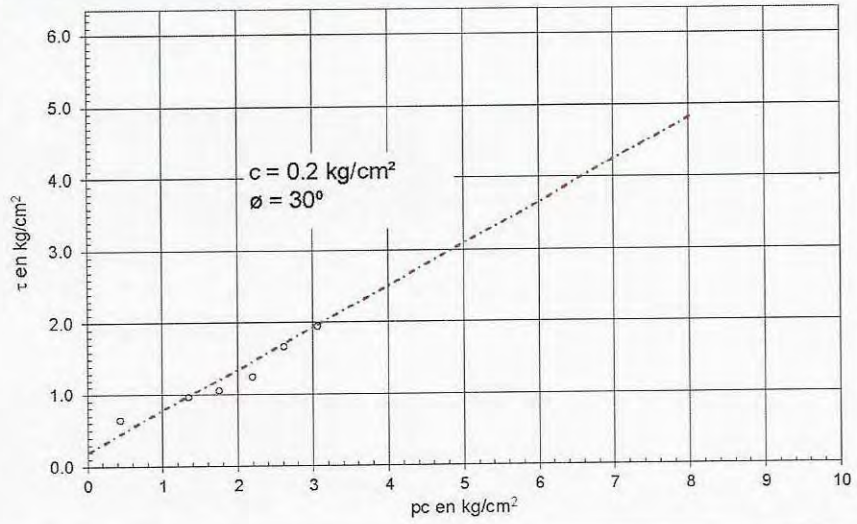
[redacted] C.P. 56430 TEL. 1734 1023

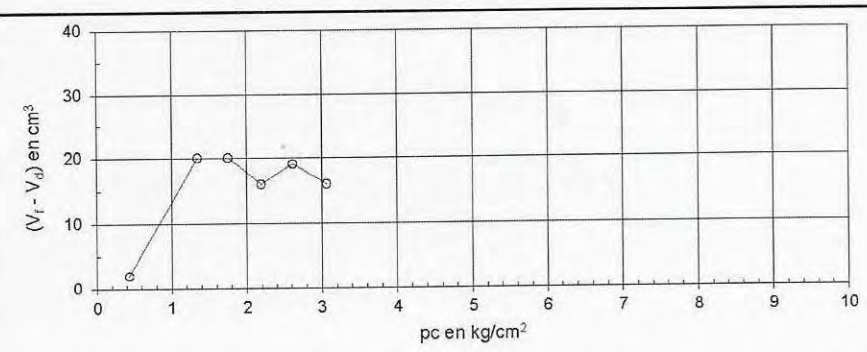
CUEVAS INGENIEROS
DISEÑO GEOTÉCNICO

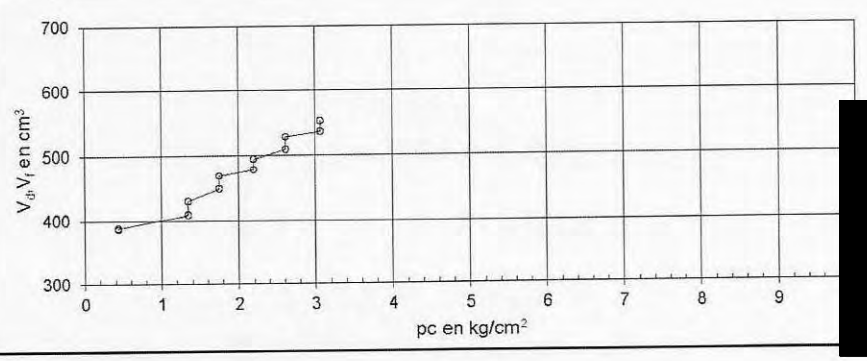
FICÓMETRO
(AFNOR XP P 94-120)

Proyecto:	CABLEBUS L-3, Mástil central E-2				
Localización:	Campo Militar 1-F			Sondeo:	SPH-1
Prueba No.:	1	Prof.(m):	5.00	Fecha:	02-mar-23

Gráfica 1. Prueba de ficómetro 1





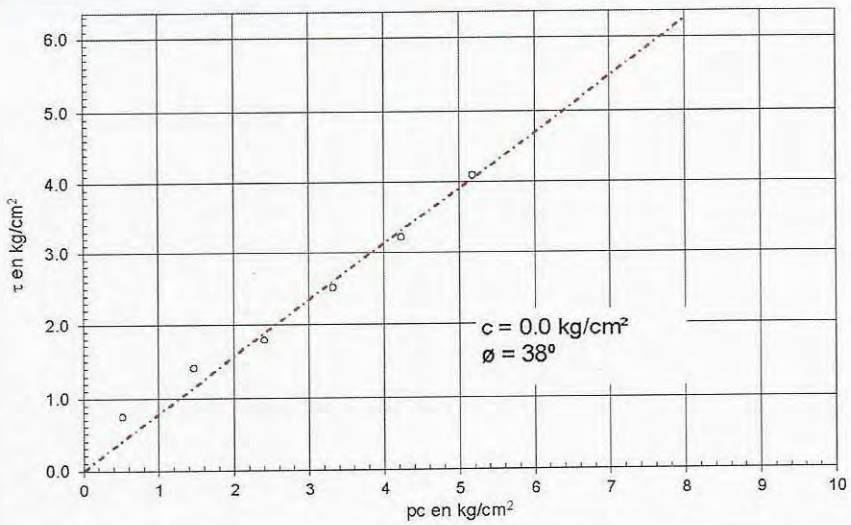


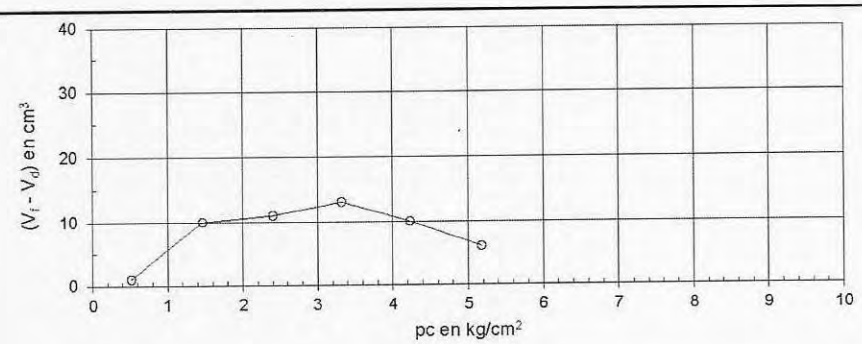
CUEVAS INGENIEROS
DISEÑO GEOTÉCNICO

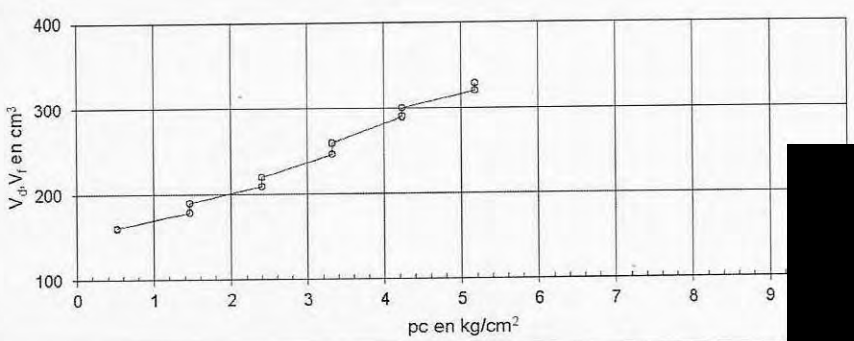
FICÓMETRO
(AFNOR XP P 94-120)

Proyecto:	CABLEBUS L-3, Mastil Central E-2				
Localización:	Campo Militar 1-F			Sondeo:	SPH-1
Prueba No.:	2	Prof.(m):	16.00	Fecha:	02-mar-23

Gráfica 2. Prueba de ficómetro 2







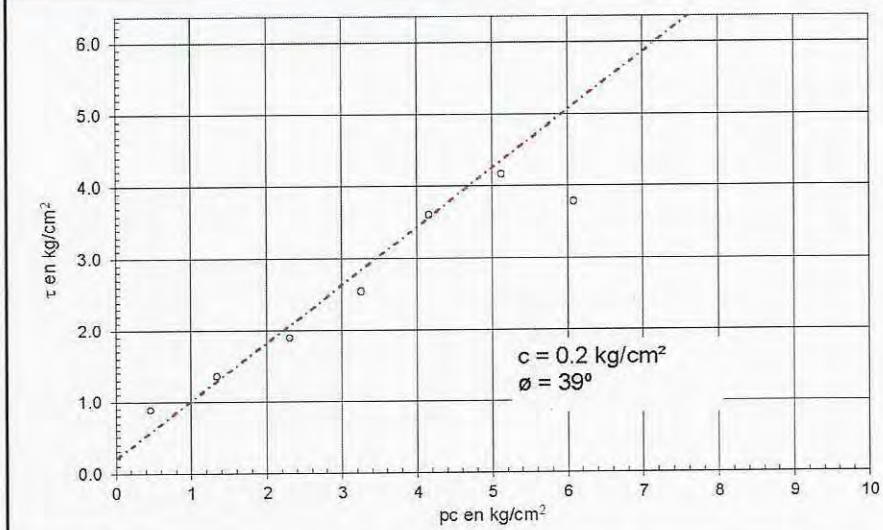
[redacted]

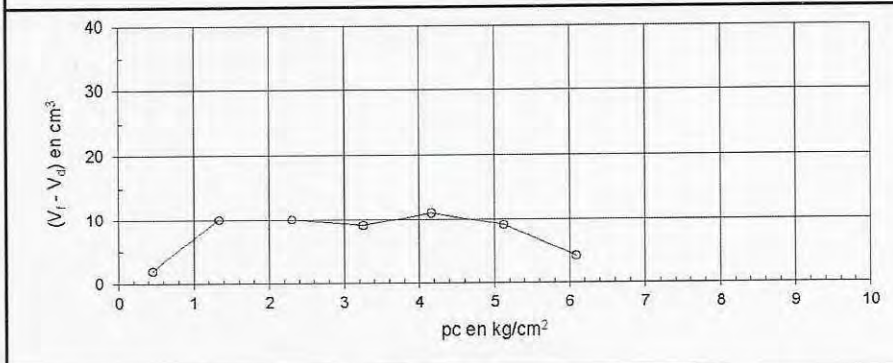
CUEVAS INGENIEROS
DISEÑO GEOTÉCNICO

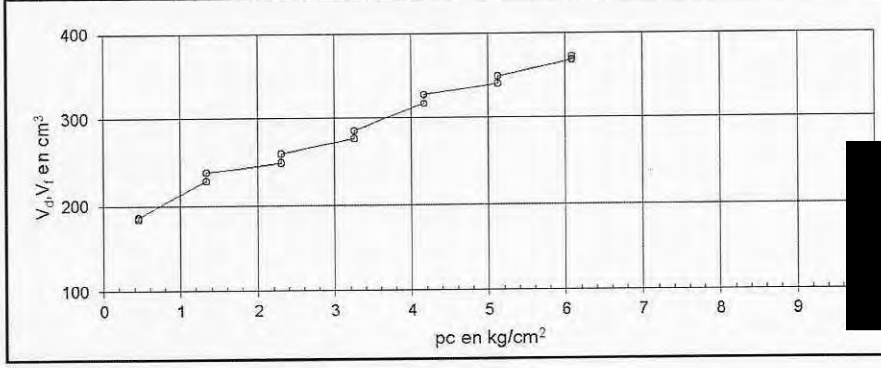
FICÓMETRO
(AFNOR XP P 94-120)

Proyecto:	CABLEBUS L-3, Mástil Central E-2				
Localización:	Campo Militar 1-F			Sondeo:	SPH-1
Prueba No.:	3	Prof.(m):	20.00	Fecha:	02-mar-23

Gráfica 3. Prueba de ficómetro 3







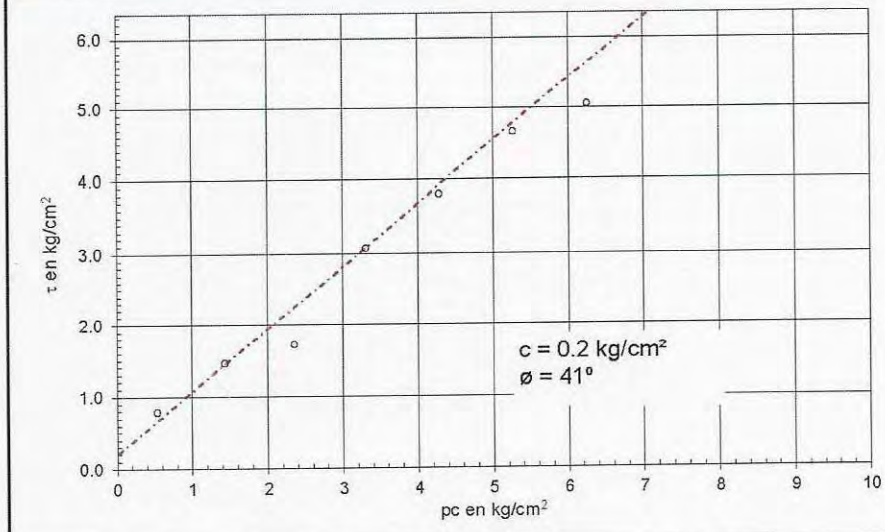
[redacted]

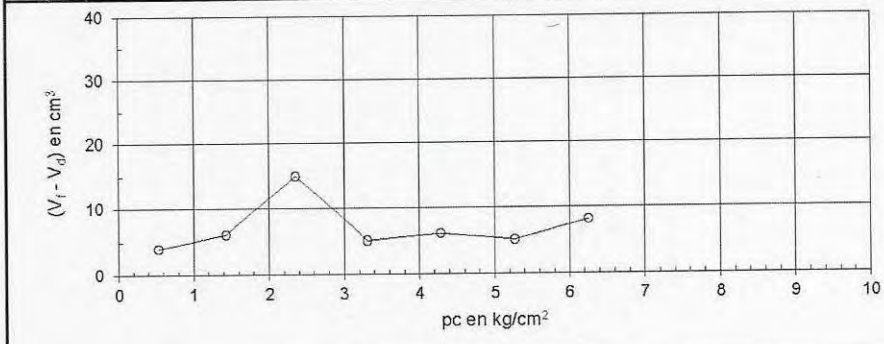
CUEVAS INGENIEROS
DISEÑO GEOTÉCNICO

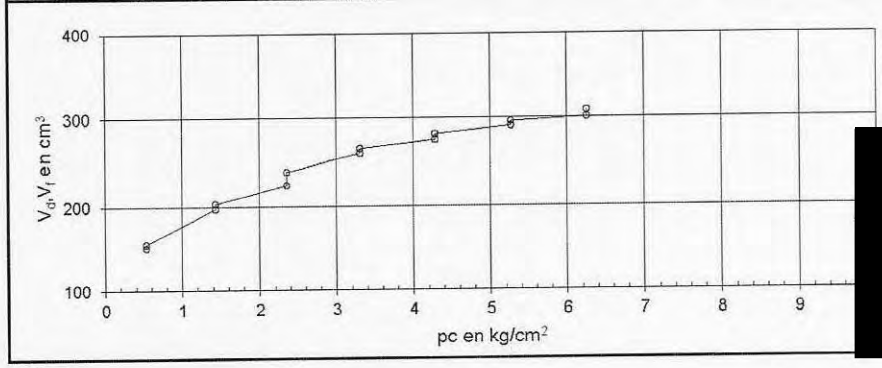
FICÓMETRO
(AFNOR XP P 94-120)

Proyecto:	CABLEBUS L-3, Mástil Central E-2				
Localización:	Campo Militar 1-F			Sondeo:	SPH-1
Prueba No.:	4	Prof.(m):	27.00	Fecha:	02-mar-23

Gráfica 4. Prueba de ficómetro 4







12. ANEXO 4. CARGAS ACTUANTES EN MÁSTILES DE E-2

[redacted]

[redacted]

[redacted]

De acuerdo con el análisis estructural de los mástiles de la estación 2, se presentan las siguientes condiciones de cargas para el mástil 4.1, que corresponde con el caso más crítico.

E2 Planta

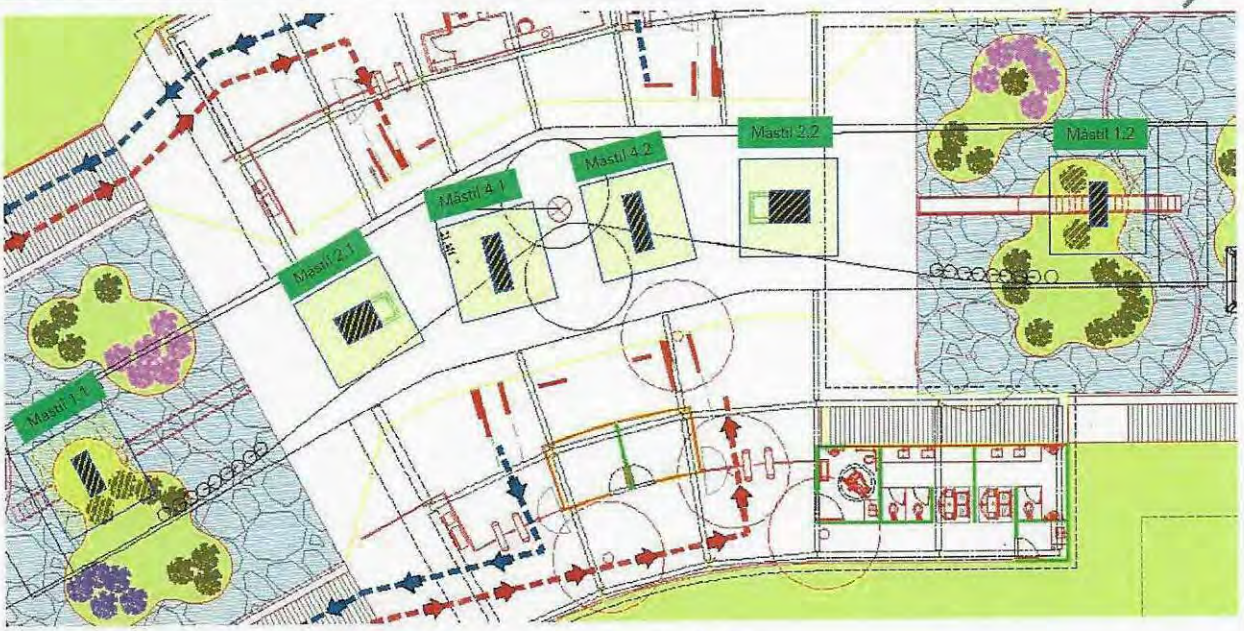
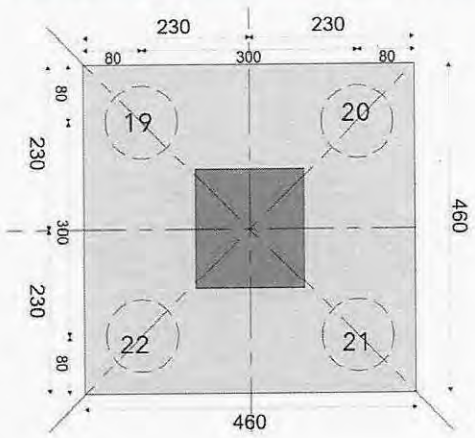


Figura 4.1 Planta de mástiles E-2

E2 (4 apoyos) mástil 4.1 caso crítico



Combinación Gravitacional con factores

Label	Output Case	Case Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
20	Comb1	Combination	-0.9761	-4.3926	84.0397	-42.5077	42.4176	1.2069
21	Comb1	Combination	0.6702	-4.1872	83.5752	42.6216	42.1291	1
19	Comb1	Combination	3.1317	-1.7257	83.3671	-42.09	-42.5825	-(
22	Comb1	Combination	-3.4376	-1.9311	82.9026	42.2039	-42.294	(

Combinación Gravitacional sin factores

Label	Output Case	Case Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m
20	0Desp1	Combination	-0.8037	-3.0311	49.872	-25.1589	24.9615
21	0Desp1	Combination	0.2939	-2.6888	49.3286	25.2921	24.624
19	0Desp1	Combination	1.9348	-1.0478	48.8728	-24.5383	-25.2064
22	0Desp1	Combination	-2.4447	-1.3901	48.3293	24.6715	-24.8689

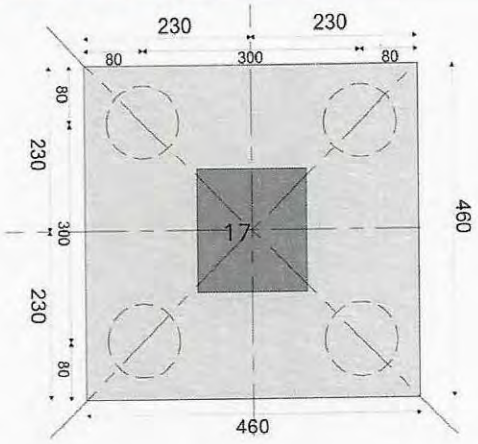
0.0697

Combinación Sismo con factores

Label	Output Case	Case Type	Step Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	to
22	0Desp55	Combination x	Max	14.6755	13.1746	101.2395	37.3077	-3
21	0Desp55	Combination x	Max	8.2104	-3.5452	53.9555	7.9417	4
19	0Desp55	Combination x	Max	9.0206	-2.735	53.6782	-48.9629	-
20	0Desp55	Combination x	Max	15.4858	12.3644	6.3942	-19.5969	1
20	Comb49	Combination y	Max	1.0433	-0.2653	69.0349	-30.688	3
19	Comb49	Combination y	Max	0.7537	0.6967	69.0001	-30.6664	-3
21	Comb49	Combination y	Max	-0.5437	-0.6007	52.9863	34.6208	2
22	Comb49	Combination y	Max	-0.2541	1.0321	52.9515	34.5992	-2

Figura 4.2. Análisis estructural de caso más desfavorable, con cargas en cabeza de las pi

E2 (1 apoyo) mástil 4.1



Combinación Gravitacional con factores

Label	Output Case	Case Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
17	Comb1	Combination	-0.611	-12.23	333.88	1.62	-2.35	-12.23

Combinación Gravitacional sin factores

Label	Output Case	Case Type	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
17	0Desp1	Combination	-1.02	-8.15	196.40	1.89	-3.48	-8.15

Combinación Sismo con factores

Label	Combinacion	Tipo	FX tonf	FY tonf	FZ tonf	MX tonf-m	MY tonf-m	MZ tonf-m
17	Comb51	Combination y	0.9991	0.8627	249.5814	69.4717	-0.1215	-6.4497
17	Comb55	Combination x	93.9199	-5.0933	246.8894	-18.3399	321.2794	4.2063

Figura 4.3. Análisis estructural de caso más desfavorable, con cargas a nivel de cimentación

De acuerdo con la Figura 4.3, 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.

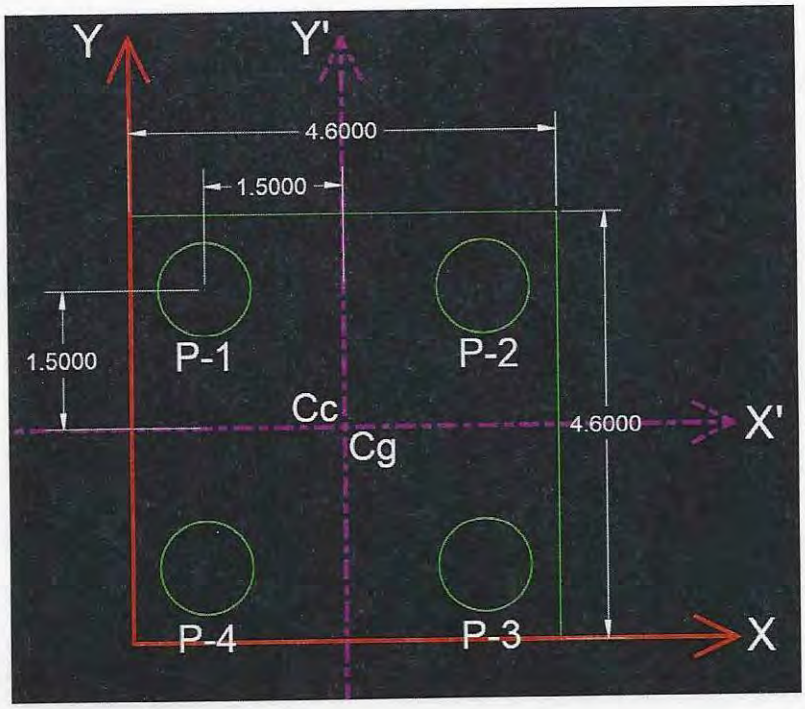


Figura 4.4. Planta de pilas y referencia de ejes generales y centroidales. Cc: centro de cargas; [redacted] pilas

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 (m^2)	X (m)	Y (m)	AX (m^3)	AY (m^3)
1	0.785	0.8	3.8	0.628	2.985
2	0.785	3.8	3.8	2.985	2.985
3	0.785	3.8	0.8	2.985	0.628
4	0.785	0.8	0.8	0.628	0.628
	3.142			**7.2**	**7.2**

X=	**2.30**	**m**
Y=	**2.30**	**m**

Tabla 4.2

Centro de cargas		
X=	**2.30**	**m**
Y=	**2.30**	**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**

En la revisión de las cargas factorizadas en las pilas, se tiene:

Tabla 4.4 Condición de cargas factorizadas estáticas

Condición estática		
Carga gravitacional factorizada=	333.88	t
MX=	1.62	t-m
M Y=	-2.35	t-m

Para el incremento y decremento de cargas en condición 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, respecto al eje x, t-m
- $M_{v\,est\,y}$ momento de volteo estático, 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 4.5 Condición de cargas factorizadas estáticas

Δ de cargas fact cond estática			
	Mve X=	1.62	t-m
	Mve Y (-)=	2.35	t-m
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσest (t)
1	1.5	1.5	-0.12
2	1.5	1.5	0.66
3	1.5	1.5	0.12
4	1.5	1.5	-0.66

Para el incremento y decremento de cargas por excentricidad estática:

$$\Delta\sigma_{estexc} = M_{v\,est\,x}\frac{\pm y_i}{I_x} \pm M_{v\,est\,y}\frac{\pm x_i}{I_y} \quad (4.2)$$

Donde:

- $\Delta\sigma_{estexc}$ incremento y decremento de carga estática por excentricidad, 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 4.6

Δ de cargas fact por excent. Estática			
	Mve X=	0.00	t-m
	Mve Y=	0.00	t-m
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσest (t)
1	1.5	1.5	0.00
2	1.5	1.5	0.00
3	1.5	1.5	0.00
4	1.5	1.5	0.00

De acuerdo con las tablas 4.5 y 4.6, se determinan las cargas totales fa
cada una de las pilas:

$$P_{tot\ fac} = \frac{P_{est\ fact}}{No.pilas} \pm \Delta\sigma_{est} \pm \Delta\sigma_{est} exc \qquad (4.3)$$

Donde:

$P_{tot\ fac}$ carga total factorizada en cada pila, t

$P_{est\ fac}$ carga factorizada en condición estática, igual a 333.88 t

Tabla 4.7

P Tot fact est	
Pila	P (t)
1	83.35
2	84.13
3	83.59
4	82.81

En la revisión de las cargas de servicio en las pilas, empleando las expresiones (4.1 a 4.2):

Tabla 4.8

Condición estática		
Carga gravitacional servicio=	196.4	t
MX=	1.89	t-m
M Y=	-3.48	t-m

Tabla 4.9

Δ de cargas serv cond estática			
Mve X=	1.89	t-m	
Mve Y (-)=	3.48	t-m	
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσest (t)
1	1.5	1.5	-0.27
2	1.5	1.5	0.90
3	1.5	1.5	0.27
4	1.5	1.5	-0.90

$$P_{tot\ ser} = \frac{P_{est\ ser}}{No.pilas} \pm \Delta\sigma_{est} \pm \Delta\sigma_{est} exc$$

Donde:

$P_{tot\ ser}$ carga total de servicio en cada pila, t

$P_{est\ ser}$ carga de servicio en condición estática, igual a 196.4 t

Tabla 4.10

P Tot serv est	
Pila	P (t)
1	48.84
2	50.00
3	49.37
4	48.21

Por su parte, los incrementos y decrementos de cargas en condición sísmica en cada una de las pilas se determinaron mediante la expresión siguiente, para el caso de la combinación en X y combinación en Y:

Tabla 4.11

Condición sísmica comb Y		
Carga sísmica factorizada=	249.5814	t
MX=	69.47	t-m
M Y (-)=	0.12	t-m
Condición sísmica comb X		
Carga sísmica factorizada=	246.8894	t
MX (-)=	18.00	t-m
M Y=	321.28	t-m

$$\Delta\sigma_s = M_{vx}\frac{y_i}{I_x} \pm 0.3M_{vy}\frac{x_i}{I_y} \quad (4.5)$$

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 69.47 y -18.00 t-m
- M_{vy} momento de volteo sísmico respecto al eje y, igual a -0.12 y 321.28 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 por combinación, con las variaciones del 100% del momento de volteo en un sentido y el 30% de momento en el otro sentido:

Tabla 4.12

Combinaciones sísmicas para determinación de incrementos y decrementos de cargas en pilas, comb Y



Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.500	-3.49
2	1.500	1.500	-3.45
3	1.500	1.500	3.49
4	1.500	1.500	3.45



Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.5	1.5	-3.45
2	1.5	1.5	-3.49
3	1.5	1.5	3.45
4	1.5	1.5	3.49



Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.5	1.5	-11.58
2	1.5	1.5	-11.57
3	1.5	1.5	11.58
4	1.5	1.5	11.57



Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.5	1.5	11.57
2	1.5	1.5	11.58
3	1.5	1.5	-11.57
4	1.5	1.5	-11.58



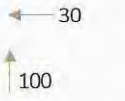
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.500	3.45
2	1.500	1.500	3.49
3	1.500	1.500	-3.45
4	1.500	1.500	-3.49



Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.500	3.49
2	1.500	1.500	3.45
3	1.500	1.500	-3.49
4	1.500	1.500	-3.45



Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.500	-11.57
2	1.500	1.500	-11.58
3	1.500	1.500	11.57
4	1.500	1.500	11.58



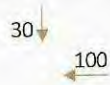
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.500	11.6
2	1.500	1.500	11.6
3	1.500	1.500	-11.6
4	1.500	1.500	-11.6

Tabla 4.13

Combinaciones sísmicas para determinación de incrementos y decrementos de cargas en pilas, comb X



Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.500	-54.45
2	1.500	1.500	52.65
3	1.500	1.500	54.45
4	1.500	1.500	-52.65



Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.500	52.65
2	1.500	1.500	-54.45
3	1.500	1.500	-52.65
4	1.500	1.500	54.45



Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.500	-19.06
2	1.500	1.500	13.06
3	1.500	1.500	19.06
4	1.500	1.500	-13.06



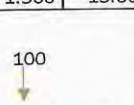
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.500	-13.06
2	1.500	1.500	19.06
3	1.500	1.500	13.06
4	1.500	1.500	-19.06



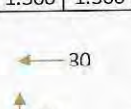
Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.500	-52.65
2	1.500	1.500	54.45
3	1.500	1.500	52.65
4	1.500	1.500	-54.45



Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.500	54.45
2	1.500	1.500	-52.65
3	1.500	1.500	-54.45
4	1.500	1.500	52.65



Pila	Xi (m)	Yi (m)	Δσs (t)
1	1.500	1.500	13.06
2	1.500	1.500	-19.06
3	1.500	1.500	-13.06
4	1.500	1.500	[redacted]



Pila	Xi (m)	Yi (m)
1	1.500	1.500
2	1.500	1.500
3	1.500	1.500
[redacted]		

De acuerdo con la revisión de las 16 combinaciones anteriores:

Tabla 4.14

Δ max y min sísmicos		
Pila	Δσs max (t)	Δσs min (t)
1	54.45	-54.45
2	54.45	-54.45
3	54.45	-54.45
4	54.45	-54.45

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

$$P_{maxfac} = P_{tot\,fac} + \Delta\sigma_{s\,max} \tag{4.6}$$

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

$$P_{minfac} = P_{tot\,ser} + \Delta\sigma_{s\,min} \tag{4.7}$$

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

Tabla 4.15

Cargas max y min		
Pila	P max + (t)	P min (t)
1	137.79	-5.61
2	138.58	-4.45
3	138.04	-5.08
4	137.25	-6.24

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

Tomando en cuenta las cargas máximas y mínimas factorizadas totales de la Tabla 4.15 y las capacidades de carga reducidas a compresión y tensión, se tiene:

Tabla 4.16 Comparativa ΣQF.C <R

D (m)	R (t)	Ptot max (t)	C_{te} (t)	Ptot min (t)
1.0	932.3	138.58	292.3	-5.61

Como se puede observar, se cumple con la desigualdad para las cargas act

13. ANEXO 5. ESTUDIO GEOFÍSICO, GEORADAR

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

ESTUDIO FOTOGEOLÓGICO Y GEOFÍSICO DE GEORADAR PARA LA ESTACIÓN 02 "CINETECA" DEL CABLE BUS L 03, CAMPO MILITAR 1 - F, ALCALDÍA ÁLVARO OBREGÓN, CIUDAD DE MEXICO.



[redacted]

ELABORADO POR:

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

PARA:

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

MARZO 03 DEL 2023.

[redacted]

LAS FLORES No. 92 "C", COL. TLACOPAC, C.P. 01040, CD. DE MEXICO. SITI[redacted].COM
TEL (55) 55 36 48 24, (55) 55 43 38 32 CEL (55) 54 08[redacted]

[redacted]

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 I MÉTODO DE GEORADAR

ANEXO II FOTOGRÁFICO

[redacted]

1. GENERALIDADES

En la actualidad se lleva a cabo la exploración para el proyecto de la Línea 3 del Cable Bus en la parte dentro del Campo Militar 1 - F en la zona de Santa Fe 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 se le considera 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 Fotogeológico y Geofísico en el predio que ocupara la Estación 02 "Cineteca", ubicada dentro de las instalaciones del Campo Militar 1 - F en la zona de Santa Fe, 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 02 "Cineteca" y las Torres T 6 y T 7.

1.2 ACTIVIDADES REALIZADAS

- Reconocimiento del sitio

En la primera etapa del estudio se efectuó una visita al sitio para conocer las condiciones del predio, así como identificar los materiales que afloran en el área, sobre los cuales están construidos una serie de antiguos edificios que sirvieron por muchos años como polvorines del ejército mexicano, para de esta manera efectuar un programa de exploración que cubra lo mejor posible el área donde se planea construir la estación 02 del Cable bus.

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

Ya en la segunda etapa se realizo una recopilación y aná fotografías aéreas antiguas para determinar la evolución del predio en lograron consultar los años de 1966, 1970, 1977, 1980 y 2019 (Fotogra

[redacted]

Para de esta manera conocer las condiciones antiguas y actuales del predio, e identificar los materiales que afloran en el área, sobre los cuales se construyeron y así saber las condiciones del subsuelo del predio.

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 19.5 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 02 "Cineteca" del Cable bus se hicieron líneas tratando de cubrir la huella de los principales edificios, así como el eje principal (Línea 4) donde se ubicaran las torres y mástiles de la estación. Se realizaron en total ***21 (VEINTIUN)*** *líneas de georadar, que incluyo también las áreas de las Torres 6 y 7(Ver Plano 1 y Fotografías 6 a 47). A continuación se presenta la tabla con el volumen de exploración realizado:*

No. DE LÍNEA	DISTANCIA (m)	No. DE LÍNEA	DISTANCIA (m)
1	25.00	12	33.80
2	39.00	13	27.35
3	74.35	14	27.90
4	61.80	15	28.10
5	61.20	16	12.90
6	27.85	17	9.85
7	15.90	18	11.50
8	16.50	19	9.95
9	31.10	20	11.75
10	33.10	21	9.40
11	32.55		
Total 1	418.35	Total 2	182.50
Gran Total 1 + 2		600.85	

Es decir en total ***se realizaron 600.85 metros lineales*** *de exploración con georadar.*

- ***Procesamiento e interpretación de la información***

En el presente texto se describen los resultados obtenidos y en los Planos 2, 3 y 4 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, el cual 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.

[redacted]

SERGBEN INGENIER

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. Fisiográficamante, 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 di[redacted] estratificaciones paralela y cruzada o con estructura lenticular, con procesos de [redacted] de paleocanales, que se interpretan como la dinámica erosiva que se ajustaba [redacted] lluvias con intervalos de sequía.

En las partes bajas de la cuenca y, principalmente hacia el centro, es po[redacted] potentes depósitos lacustres constituidos por ceniza volcánica desvitrificada, in[redacted] arena fina de pómez, arena fina lítica y limo; estos depósitos aparecen inte[redacted] estratos de origen aluvial en la vecindad de conos de deyección o directamente en[redacted] formaciones pétreas de las zonas altas.

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 los 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 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 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 lomeríos orien[redacted] delimitados por arroyos que escurren a través de cañadas y barrancas, genera[redacted] y profundas, en forma de "V" cerrada.

[redacted]

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 labraron 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, 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

En el predio existe una antigua instalación de lo que fue un polvorín, ahora parcialmente demolido, y el resto del predio esta en terreno "natural", donde existe superficialmente un relleno, suelo residual y vegetal bajo los cuales según la mecánica subyace el terreno natural que está constituido por un a Toba Limosa, Arenosa (Quizá sea un Lahar), aun cuando superficialmente hubo vestigios de una Toba Pumítica en las fotografías aéreas.

Estos materiales 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 1966, 1970, 1977, 1980 y 2019 (Fotografías 1 a 5), al ubicar el predio en las fotografías aéreas antiguas se definió lo siguiente:

En 1966 (Fotografía 1); el predio donde se proyecta la Estación 02 "Cineteca" se ubica dentro de las instalaciones militares a un lado de una de un polvorín en desuso, se marc[redacted] con línea discontinua color verde una zona donde hay rasgos que existió explotació[redacted] superficial de arenas dejando un especie de "cárcavas", se observa incluso dentro de la huell[redacted] del proyecto de estación. Al sur del predio cruzando el camino de acceso a los polvorines s[redacted] ven tres zonas blanquecinas sobre un camino de acceso que pudieran ser antiguas bocaminas.

Para 1970 (Fotografía 1); se observa que las manchas de la explotación superficia[redacted] han desaparecido, mientras que en la zona sur cruzando el camino de acceso a los polvorine[redacted] ya casi no se observan las posibles bocaminas.

En 1977 (Fotografía 1); se ve ya sin cambios la zona de los polvorines, en la parte sur del área que ocupará la Estación 02 aún se pueden ver esas tres zonas de posibles bocaminas.

Ya en 1980 (Fotografía 1); se observa que ya no existe ningún vestigio de las posibles bocaminas, la zona oriente del área ya se observa con árboles de regular tamaño.

En el 2019 (Fotografía 1); se observa como en la actualidad y ahí ya está marcado el proyecto del Cable Bus Línea 03 y de la Estación 02 Cineteca.

3. RESULTADOS

*Se realizaron un total de **21 (Veintiún)** 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 47 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 2 (Dos) diferentes estratos hasta los 19.5m de la exploración con el georadar.

Ya que el objetivo del estudio es definir la potencial presencia de cavidades en el subsuelo de la base de la torre se sabe que se realizó una la mecánica de suelos (Sondeo SPT-2 T6) en donde se identifica un estrato de Toba Pumítica superficialmente, mientras que en la Torre T7 se realizó el sondeo SPT-1 T7 definiéndose una Toba Arcillosa, Limosas y Arenosa que pudiera tener gravas. Con los sondeos de avance controlado se identificaron zonas de que la herramienta se fue por su propio peso (PH), pero ahí fue por la presencia de arenas azules que al entrar en contacto con el agua de la perforación se tubificaron y el agua fluyo. No se identificaron rasgos en la perforación que se asociaran con cavidades de arenas pumíticas.

Después del procesamiento de la información obtenida en campo y de su interpretación se definieron DOS grupos de anomalías geofísicas asociadas la primera a la estratigrafía constituida por 3 (Tres) diferentes estratos hasta los 19.5m de profundidad de investigación del georadar, el segundo grupo de anomalías corresponde a las asociadas con variaciones laterales del material del subsuelo.

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 del mismo material, su[redacted] residual y vegetal, así como una Toba Arcillosa poco Arenosa; que en el sondeo SPT 2 de[redacted] Torre T6 se reporta una arena Pumítica superficial, esta unidad al estar constituido [redacted] diferentes materiales presenta una compacidad variable, por lo que deberá de retirarse p[redacted] dar lugar a la cimentación. Tiene un espesor de 2.0 a 3.0m.*

*El **M2** de acuerdo a la mecánica de suelos este material se asocia a una Toba Limosa poco Arenosa, con arenas finas que varían a medias y gruesas eventualmente, se parece algo al horizonte que le subyace, pero la respuesta del georadar es diferente. Se presenta entre los 2.0 a 9.0m de profundidad en promedio en las 21 líneas de georadar levantadas.*

En los radagramas se muestra una señal del georadar que está muy lejos de ser homogénea, realmente se observa errática y sumamente heterogénea, se observa que la señal no es totalmente horizontal, con zonas de una gran amplitud de la señal.

Esto es totalmente diferente a los sitios donde se han encontrado cavidades (Estación 05 "Panteón Dolores" y/o Estación 04 "Lienzo Charro"), ahí se llegan a ver zonas con forma cóncava, que nos indican la presencia cavidades o que están en proceso de migración, aquí la señal más o menos homogénea en el sentido horizontal y difusa en el sentido vertical, lo cual nos hace interpretar que no es una cavidad sino una variación lateral de esta Toba Limo Arenosa que bien se pudiera considerar un Lahar (Toba Arenosa con fragmentos y/o boleos de roca andesítica en su interior), es sumamente compacta.

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 a 6m en promedio.

Es importante señalar que en la mecánica de suelos NO SE DEFINIERON CAVIDADES, solo la presencia de una arena azul casi limpia, pero no pumítica.

El las fotografías aéreas se observan que en la ladera sur de la calle de acceso a los polvorines una macha blanquecina sin una forma específica, que bien pudo ser un rascadero superficial y/o una bocamina muy pequeña, pero no hay evidencia de Tobas Pumíticas a profundidad en la zona, pero en la mecánica de suelos no se detectaron.

*El material **M3**; se asocia a una predominancia de una Toba Arenosas, con algunos horizontes de arenas gruesas e incluso gravas, presenta en todas las 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 le sobreyacen, aparentemente más compacto que los materiales arriba descritos, se presenta a partir de los 8.5 a 9.5m de profundidad.*

***SEGUNDO GRUPO**; Se observa que casi en todas las líneas de georadar, se presenta principalmente en el material **M2** en donde se observa que la señal de georadar tiene un comportamiento errático, presentando repetidamente zonas con discontinuidades laterales.*

Se puede ver que la señal del georadar presenta zonas irregulares donde "estratificación" (continuidad de las ondas) se ve muy amplificada y/o atenuada y en otros ca interrumpidos, no se observan desplazamientos verticales, solo variaciones en el sen horizontal.

En las fotografías aéreas de 1966 se observa que existieron rascaderos superficiales en la mecánica de suelos se define solo un pequeño estrato en la parte superficial y n profundidad. También se reporta la presencia de boleos y fragmentos de roca en el sondeo la torre T5, lo cual confirma que se trata de variaciones laterales del material y no de la presencia de cavidades, con la presencia de materiales que son más gruesos en granulometría y un tanto heterogéneos, que nos estuvieran generando anomalías de este similares a posibles cavidades.

Estas variaciones laterales de los materiales se observa que va de los 2.0 hasta 10m de profundidad. En el plano 1 se ubicaron estas anomalías en planta sobre cada una de las líneas exploradas con un recuadro achurado color cian, indicándose la profundidad máxima a la que se encuentra la anomalía.

A continuación se presenta a manera de tabla la ubicación en cada línea de estas anomalías asociadas a posibles heterogeneidades laterales importantes del material.

LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)	LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)
1	0.0 a 3.0	3.5 – 5.0	9	0.0 a 11.0	4.5 – 7.0
	5.5 a 19.5	2.5 – 5.5		13.6 a 31.1	2.0 – 6.0
2	0.0 a 24.5	3.0 – 5.5	10	0.0 a 10.5	4.0 – 6.5
	32.0 a 38.5	3.0 – 5.0		16.0 a 33.1	2.5 – 10.0
3	0.0 a 5.0	3.5 – 6.0	11	0.0 a 15.5	4.0 – 6.5
	13.2 a 27.0	3.5 – 5.0		17.0 a 32.55	2.5 – 9.0
	41.5 a 63.0	3.5 – 5.0	12	0.0 a 14.0	2.5 – 6.5
	71.0 a 74.4	3.0 – 5.5		17.0 a 33.8	2.0 – 9.5
4	0.0 a 32.5	3.5 – 5.0	13	0.0 a 15.0	2.5 – 7.0
	46.5 a 61.8	3.0 – 5.0	14	0.0 a 27.90	2.5 – 6.5
5	0.0 a 17.0	2.5 – 5.0	15	0.0 a 28.1	2.0 – 6.5
	21.5 a 43.0	3.0 – 5.5	16	0.0 a 12.90	4.5 – 9.5
	46.0 a 61.2	2.5 – 5.5	17		
6	0.0 a 9.0	3.0 – 7.5	18	0.0 a 11.5	4.0 – 9.5
	11.0 a 27.85	3.0 – 5.5	19	0.0 a 9.95	4.0 – 9.5
7	0.0 a 15.9	3.0 – 7.0	20	0.0 a 11.75	2.0 – 8.5
8	0.0 a 16.5	3.0 – 7.5	21	0.0 a 9.4	2.5 – 9.5

[redacted]

3. CONCLUSIONES

Del presente estudio se desprenden las siguientes conclusiones.

- *Se realizó un análisis de fotografías aéreas en los periodos de 1966, 1970, 1977, 1980 y 2019.*
- *De este análisis de fotografías aéreas antiguas se observa que existió un área de rascadero superficial de arenas pumíticas por lo menos hasta 1966 una zona al norte muy próxima a la huella de la estación, para 1970 esto ya no se observa implicando que seguramente se rellenó el área explotada.*
- *La exploración con georadar realizada se llevó hasta 19.5m 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 21 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 del tipo de anomalías en otros proyectos a las que asociamos a la posible presencia de cavidades, en este caso no son iguales a estas, por lo que se asocian a variaciones laterales importantes, que estrictamente hablando se trataría ya de un Lahar en vez de una Toba arenosa.*
- *En la mecánica de suelos se identificó solo un pequeño horizonte de tobas pumíti[redacted] superficiales y no a profundidad, por lo que se descarta su presencia en el sitio.*
- *La profundidad de estas anomalías asociadas a estos cambios laterales de material [redacted] observan con un comportamiento muy variable ya que van desde los 2.5 hasta 10.0m.*
- ***Con estos resultados de la exploración del subsuelo realizada con georad[redacted] específicamente en la zona de la Estación 02 "Cineteca" y de las Torres T 6 y [redacted] de la Línea 3 del Cable Bus, SE PUEDE CONCLUIR QUE SI EXISTEN ANOMA[redacted] QUE SE ASOCIAN A LA PRESENCIA DE POSIBLES VARIACIONES LATERA[redacted] DE LOS MATERIALES, PERO NO CAVIDADES.***
- *La cimentación de la estructura debe de ser por debajo de esta profundidad (10.0[redacted] tomara en cuenta eventualidades como posibles hundimientos en las anom[redacted] someras a la hora de colocar equipos pesados en las zonas afectadas.*

- *Por lo que respecta a la torre T7 no se observan variaciones significativas, pero en el caso de la Torre 6 en donde se ubicó el antiguo polvorín se observan algunas irregularidades bajo la antigua construcción, que no son cavidades pero quizá sea algún relleno o construcción reforzada que está enterrada como protección de lo que fue el polvorín. No hay que perder de vista esto porque podría tener alguna implicación constructiva a la hora de hacer la cimentación de la torre T6.*

- *Estos resultados solo son válidos única y exclusivamente para el área explorada en la Estación 02 "Cineteca" 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 hace 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.*

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 Firts Edition.

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

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

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

Software MALA VISION GuidelineGeo ABEN MALA (Sweden 2022).

[redacted]

[redacted]

ANEXO 1

MÉTODO DE GEORADAR

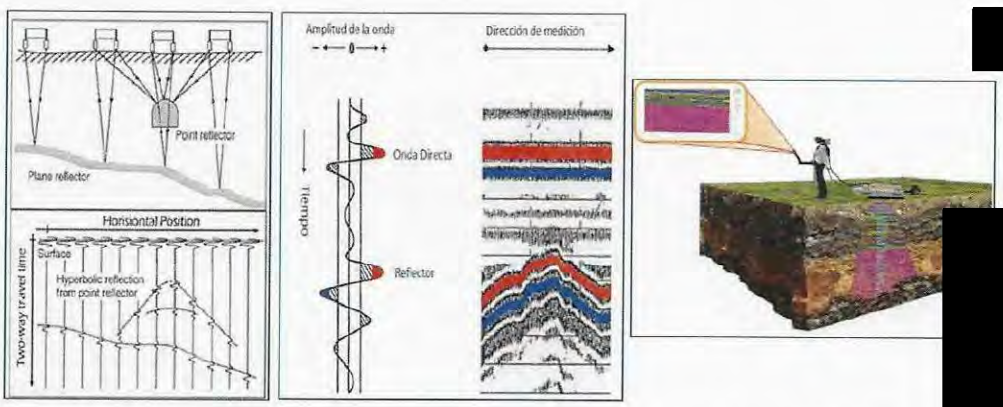
INTRODUCCION:

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 presenten 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 wiggle (formato sísmico) o bien ambas al mismo tiempo.

La Deconvolución es un filtrado especial que se utiliza para incrementar la resolución y suprimir múltiples en los datos, mientras que la Migración es un tipo de procesamiento que enfoca el patrón de radiación de la antena proporcionando una imagen más exacta de los objetos del subsuelo eliminando las distorsiones causadas durante la adquisición de datos. Finalmente los datos ya interpretados se pueden presentar en color, y/o en tonos de grises y azul en formato wiggle o bien la combinación de este 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 48)*
- *Antena de 100 M Hz.*
- *Computadora portátil para la captura de datos.*

[redacted]

ANEXO 2

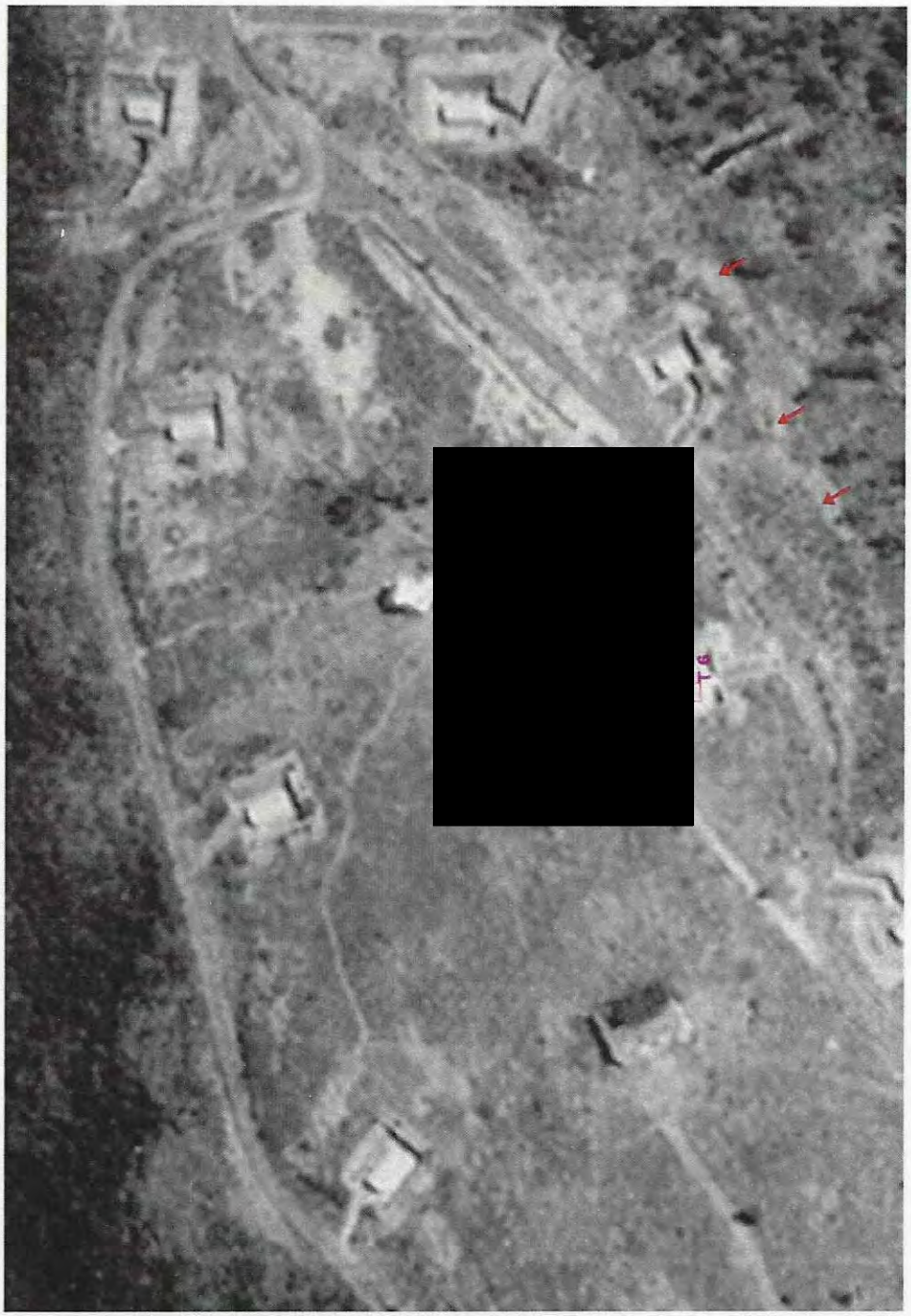
FOTOGRÁFICO

[redacted]



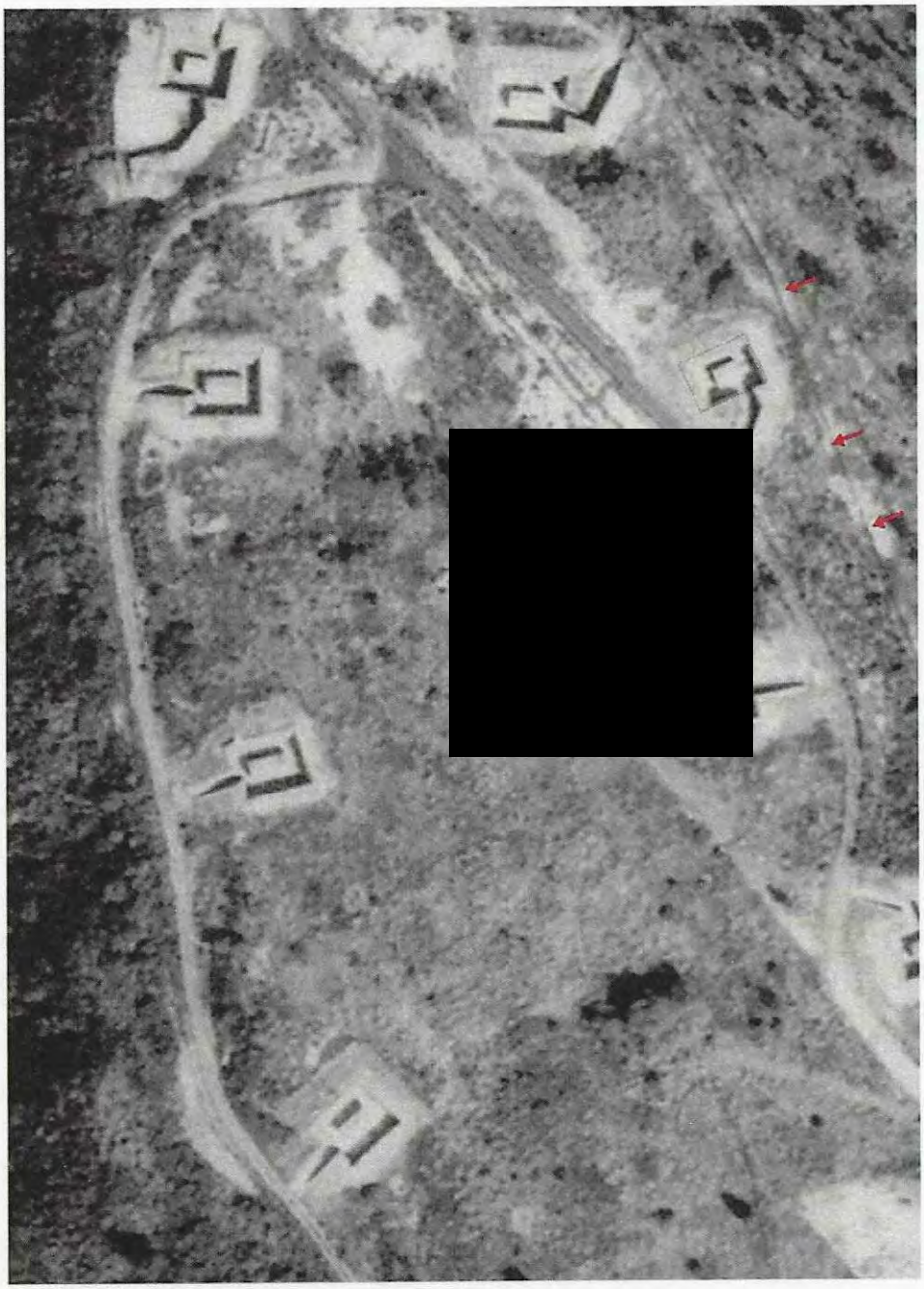
FOTOGRAFÍA 1

En 1966 el predio donde se proyecta la Estación 02 "Cineteca" se ubica dentro de las instalaciones militares a un lado de una de las bodegas de pólvora, se marcó con línea discontinua color verde una zona donde hay rastros que existió explotación superficial de arenas dejando un especie de "cárcavas" que se observan incluso dentro de la [redacted] camino de acceso a los polvorines se observan tres zonas blanquecinas sobre un camino de acceso que pudieran ser antiguas bocaminas.



FOTOGRAFÍA 2

Para 1970 se observa que las manchas de la explotación superficial han desaparecido, mientras que en la zona sur cruzando el camino de [redacted] a los polvorines ya casi no se observan las posibles bocaminas.

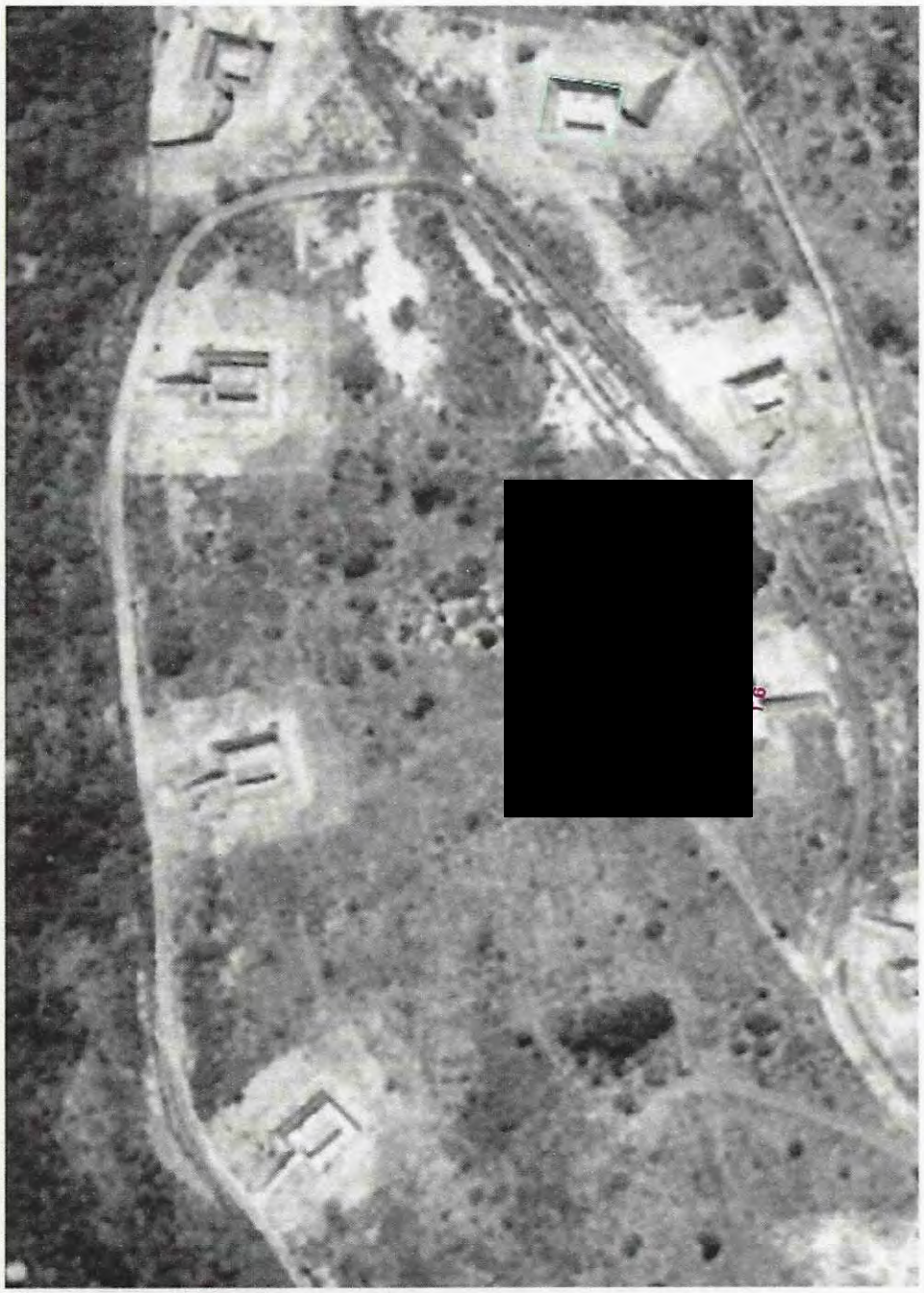


FOTOGRAFÍA 3

En 1977 se observan ya sin cambios toda la zona de los polvorines, y en la parte sur del área que ocupará la Estación 02 aún se pueden ver esas tres zonas de posibles bocaminas.

[redacted]

[redacted]



FOTOGRAFÍA 4

posibles bocaminas, la zona oriente del área ya se observa con árboles de regular tamaño.



FOTOGRAFÍA 5

ahí ya está marcado el proyecto del Cable Bus Línea 03 y de la Estación 02 Cineteca.



FOTOGRAFÍA 6

Cable Bus Línea 03 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 1.**



FOTOGRAFÍA 7

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea**



FOTOGRAFÍA 8

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 2.**



FOTOGRAFÍA 9

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 2.**



FOTOGRAFÍA 18

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 7.**



FOTOGRAFÍA 19

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 7.**



FOTOGRAFÍA 10

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 3.**



FOTOGRAFÍA 11

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 3.**



FOTOGRAFÍA 12

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 4.**



FOTOGRAFÍA 13

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 4.**



FOTOGRAFÍA 14

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 5.**



FOTOGRAFÍA 15

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 5.**



FOTOGRAFÍA 16

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 6.**



FOTOGRAFÍA 17

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 6.**



FOTOGRAFÍA 18

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 7.**



FOTOGRAFÍA 19

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 7.**



FOTOGRAFÍA 20

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 8.**



FOTOGRAFÍA 21

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 8.**



FOTOGRAFÍA 22

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 9.



FOTOGRAFÍA 23

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 9.



FOTOGRAFÍA 24

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 10.**



FOTOGRAFÍA 25

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 10.**



FOTOGRAFÍA 26

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 11.



FOTOGRAFÍA 27

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 11.



FOTOGRAFÍA 28

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 12.



FOTOGRAFÍA 29

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 12.



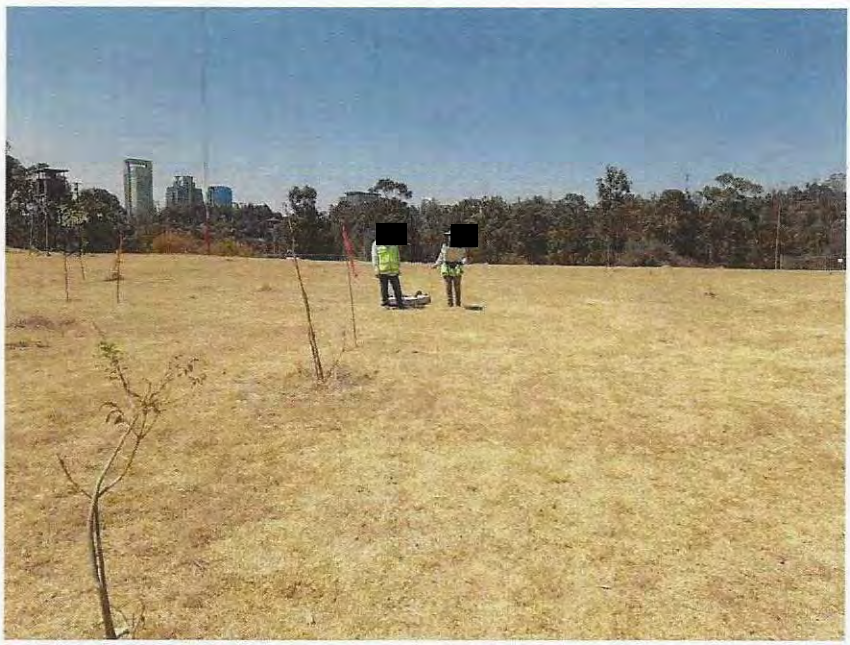
FOTOGRAFÍA 30

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 13.**



FOTOGRAFÍA 31

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 13.**



FOTOGRAFÍA 32

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 14.**



FOTOGRAFÍA 33

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz **Línea 14.**



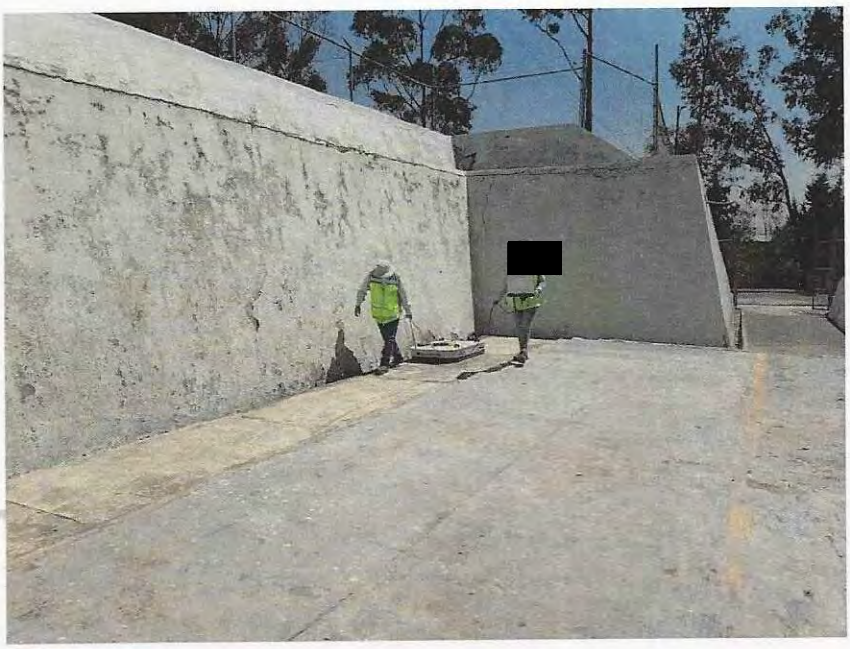
FOTOGRAFÍA 34

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 15.



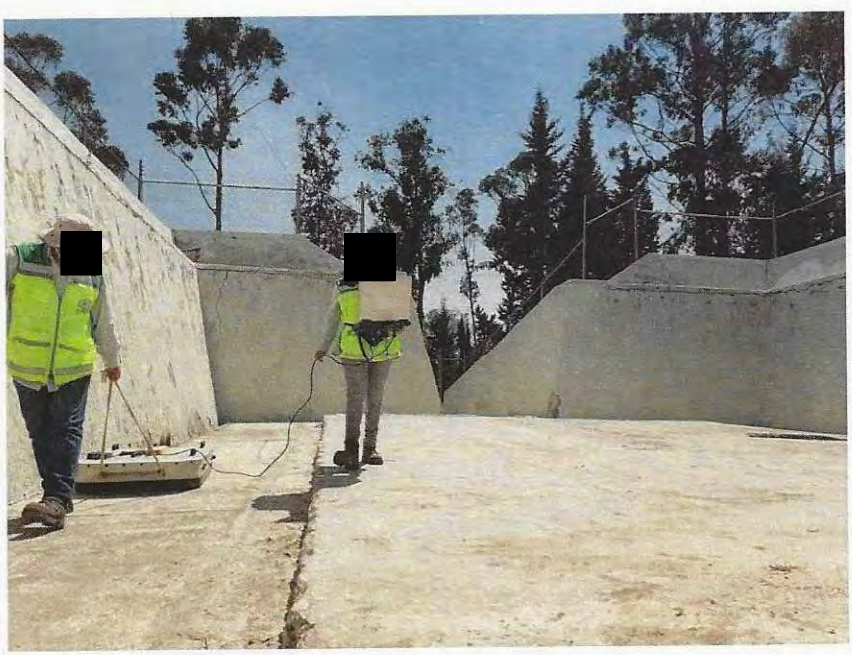
FOTOGRAFÍA 35

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 15



FOTOGRAFÍA 36

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 16.



FOTOGRAFÍA 37

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 16.



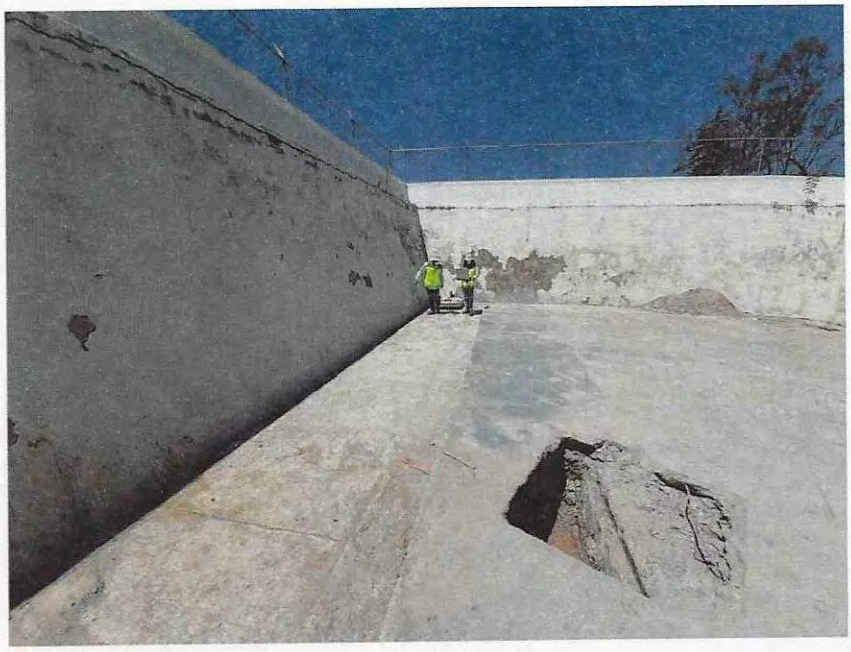
FOTOGRAFÍA 38

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 17.



FOTOGRAFÍA 39 .

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 17.



FOTOGRAFÍA 40

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 18.



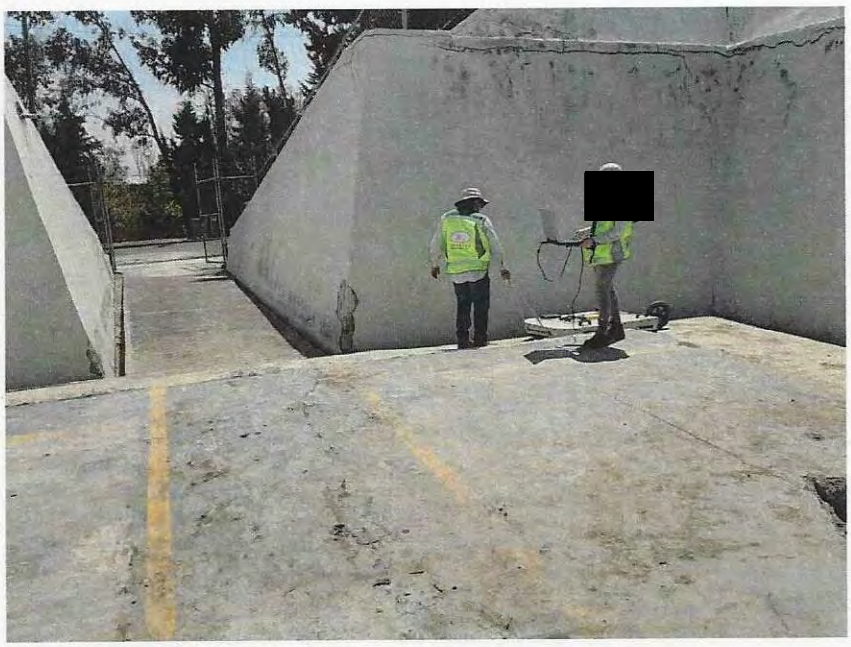
FOTOGRAFÍA 41

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 18.



FOTOGRAFÍA 42

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 19.



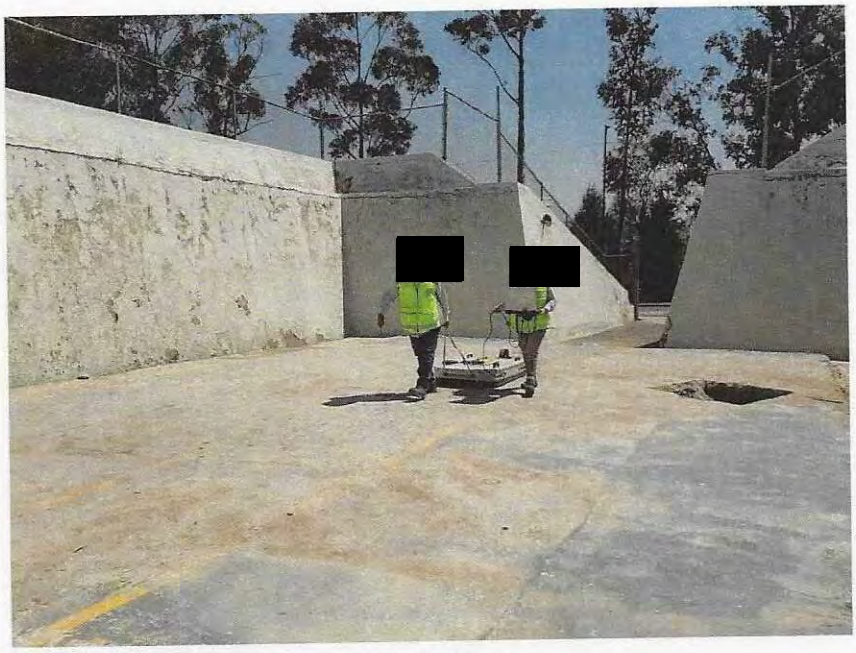
FOTOGRAFÍA 43

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 19.



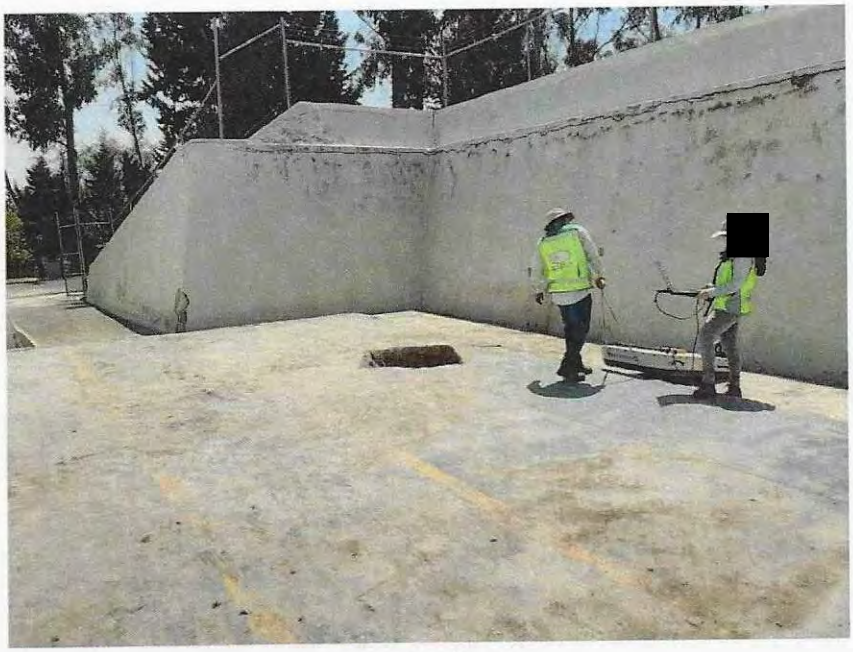
FOTOGRAFÍA 44

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 20.



FOTOGRAFÍA 45

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 20.



FOTOGRAFÍA 46

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 21.



FOTOGRAFÍA 47

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 21.



FOTOGRAFÍA 48

Cable Bus Línea 3 Estación 02 Cineteca, Exploración con Georadar.
(Antena de 100 MHz, CPU y computadora

[redacted]

ANEXO 3
PLANOS

[redacted]

[redacted]



[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

LOCALIZACION DE LA EXPLORACIÓN CON GEORADAR.

UBICACION DE VARIACIONES LATERALES DE MATERIAL Y PROFUNDIDAD MAXIMA CON GEORADAR.

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Secretaría de Obras y Servicios de la CDMX
Mtro. José Antonio Esteves Morillo

Dirección General de Obras para el Transporte
Ing. Francisco Javier Muñoz Martín

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Ing. Mario Humberto Navarro Chavarría

Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

DGOT-L-PI-F-I-043-2022

CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES-LOS PINOS), CABLEBUS LÍNEA 3 DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO CABLEBUS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

ING. FILIBERTO SALAZAR GARCÍA

ARQ. ANA LAURA MARTÍNEZ GAONA

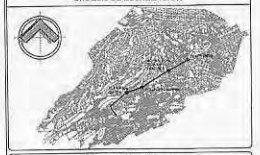
MECÁNICA DE SUELOS

PRL-4 LOCALIZACIÓN DE LA EXPLORACIÓN DE GEORADAR Y UBICACIÓN DE LAS ANOMALÍAS DETECTADAS

[redacted]

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

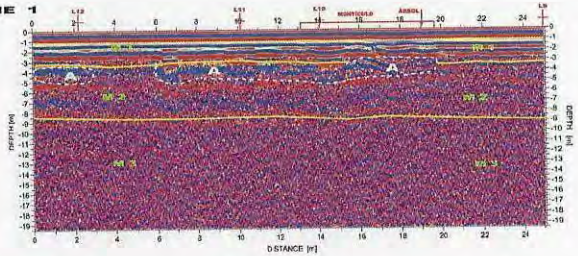
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



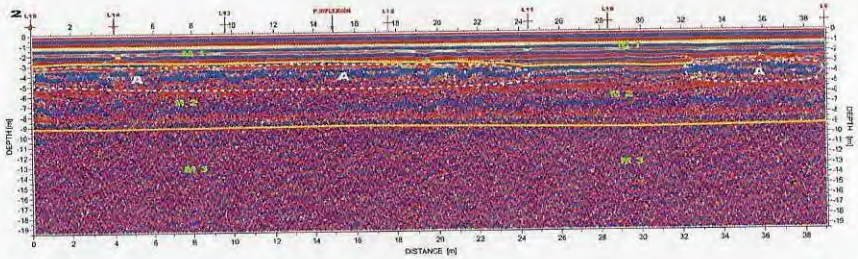
CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

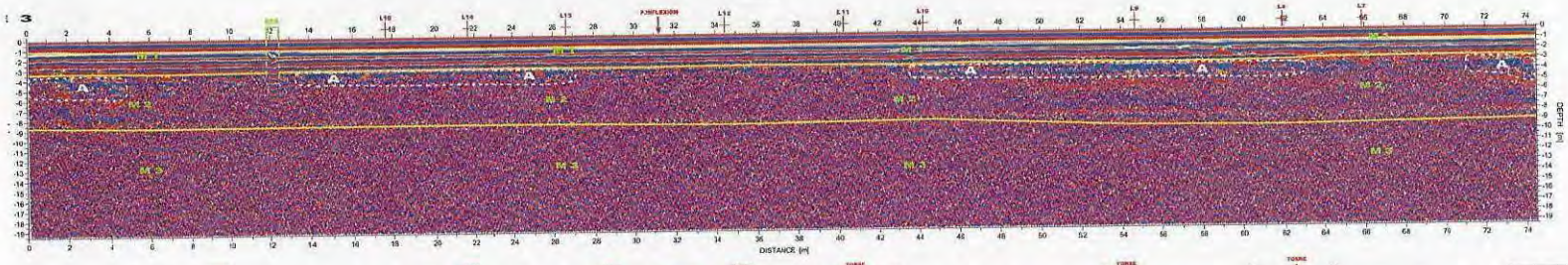
LINE 1



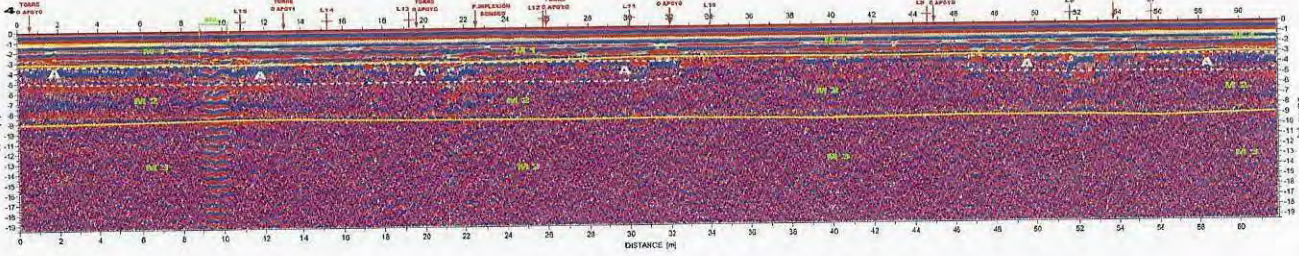
LINE 2



LINE 3



LINE 4



SIMBOLOGÍA

LEYENDA

PLANO 3: ESTUDIO DE REFRACCIÓN PARA LA ESTACIÓN 03 "ENETEC" DEL CABLE BUS LÍNEA CAMPO MARTE Y F. ALCALDÍA ÁLVARO OBREGÓN, CIUDAD DE MÉXICO.

[redacted]

Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

DGOT-LPLPV-043-2022

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.

[redacted]

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

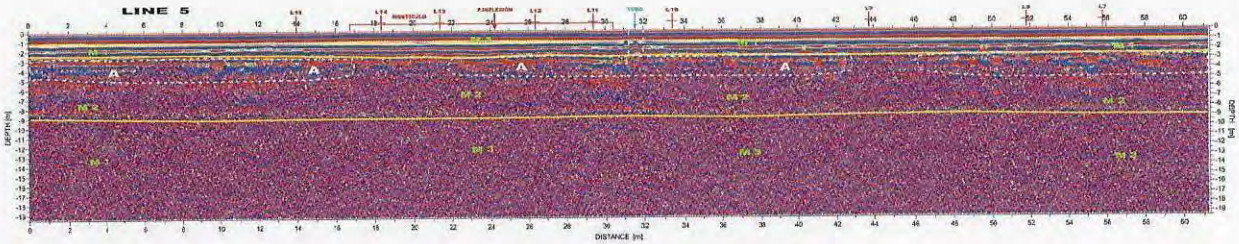
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



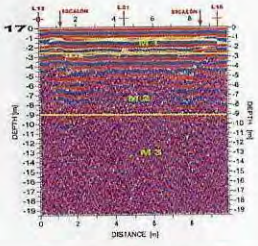
CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

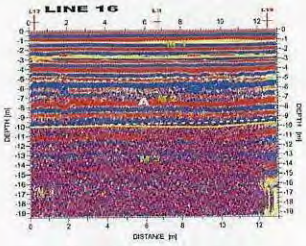
LINE 5



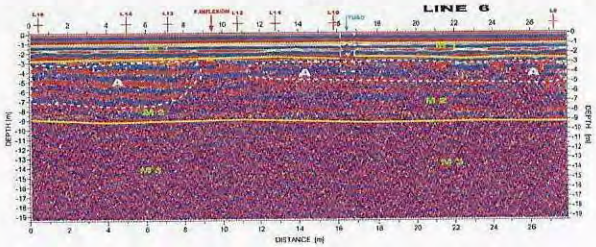
LINE 17



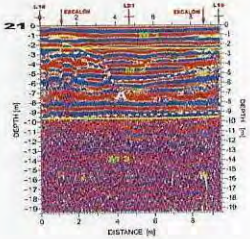
LINE 16



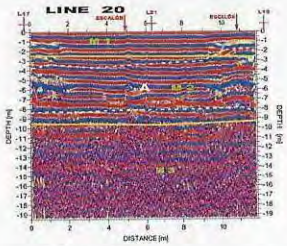
LINE 6



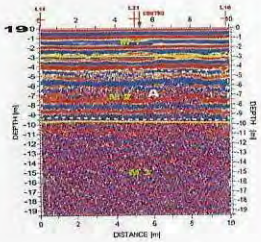
LINE 21



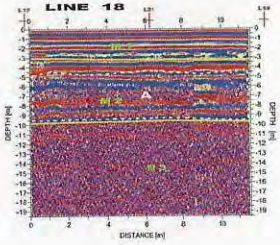
LINE 20



LINE 19



LINE 18



[redacted]

LEYENDA

M 1	Suelo Residual, Relleno y Toba Arcillosa y Pumítica
M 2	Toba Limo-arcillosa Arenosa con Gravas
M 3	Toba Arenosa con Gravas

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Dirección General de Obras para el Transporte
Ing. Francisco Javier Muñoz Martín

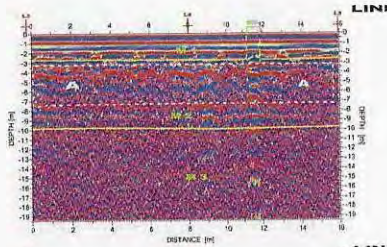
Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Ing. Mario Monterrey Navarrete Chevantte

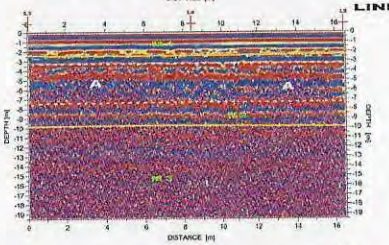
Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

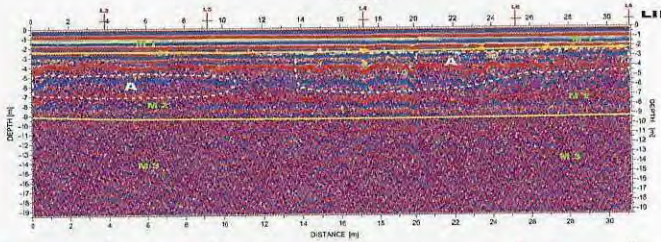
SGOT-LPI-F-1-043-2022

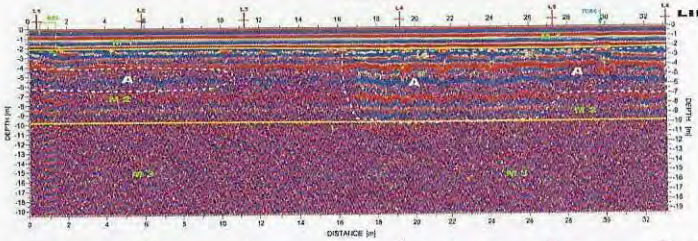
CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES-LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3 DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

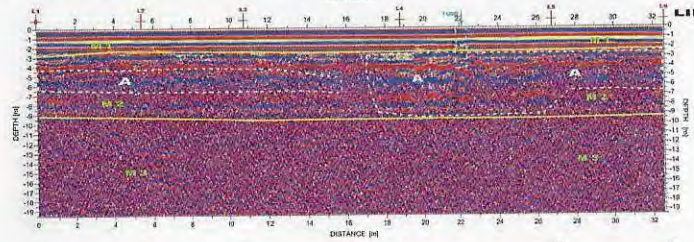
[redacted]

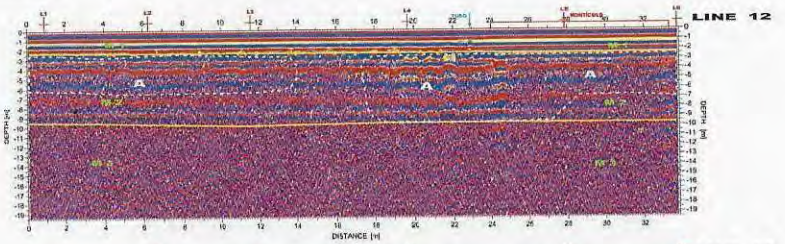


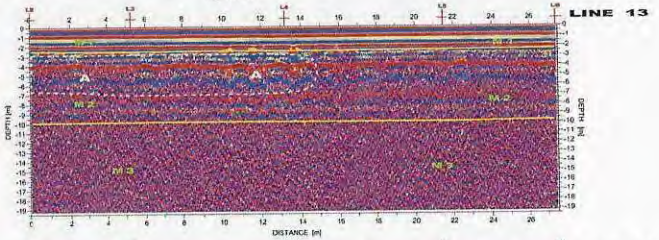


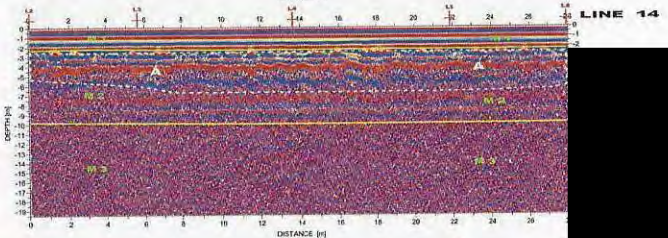


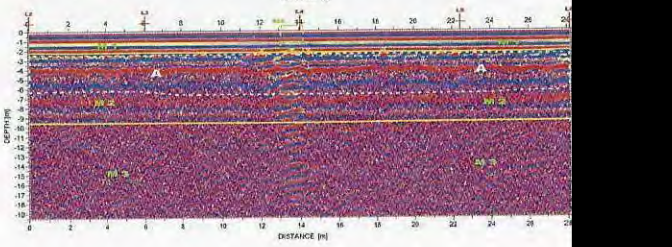












[redacted]

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

NOTAS

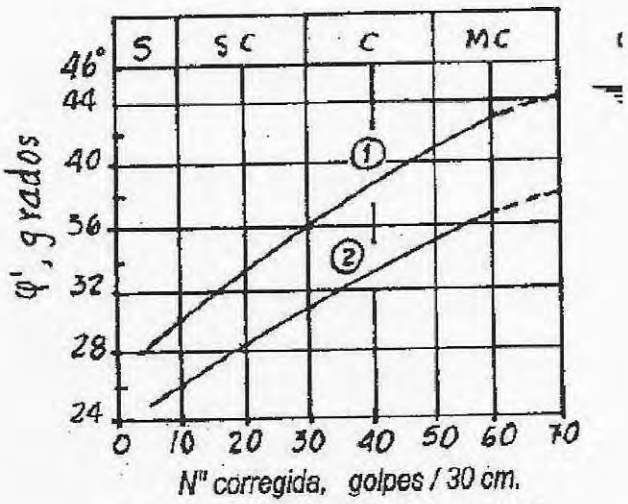
LEYENDA

[redacted]

[redacted]

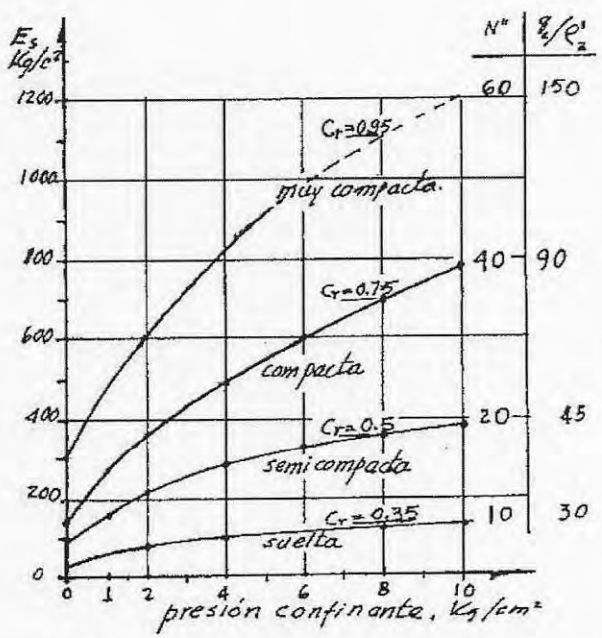
14. ANEXO 6. MEMORIA DE CÁLCULO

[redacted]



(1) Arena bien graduada, granos angulosos
(2) Arena fina, o arena limosa, granos redondeados

(a)



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

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

Tabla 6.1

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR PUNTA, NTC CIMENTACIONES 2017

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

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

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

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)
0.8	0.503	21.5	25.94	2.0	2.50	39	306.4	70.2	140.61	26.50	0.35	26.50	452.39
1.0	0.785		40.53		2.00				126.53				706.86
1.2	1.131		58.36		1.67				117.14				1017.88
1.4	1.539		79.43		1.43				110.44				1385.44

Tabla 6.2

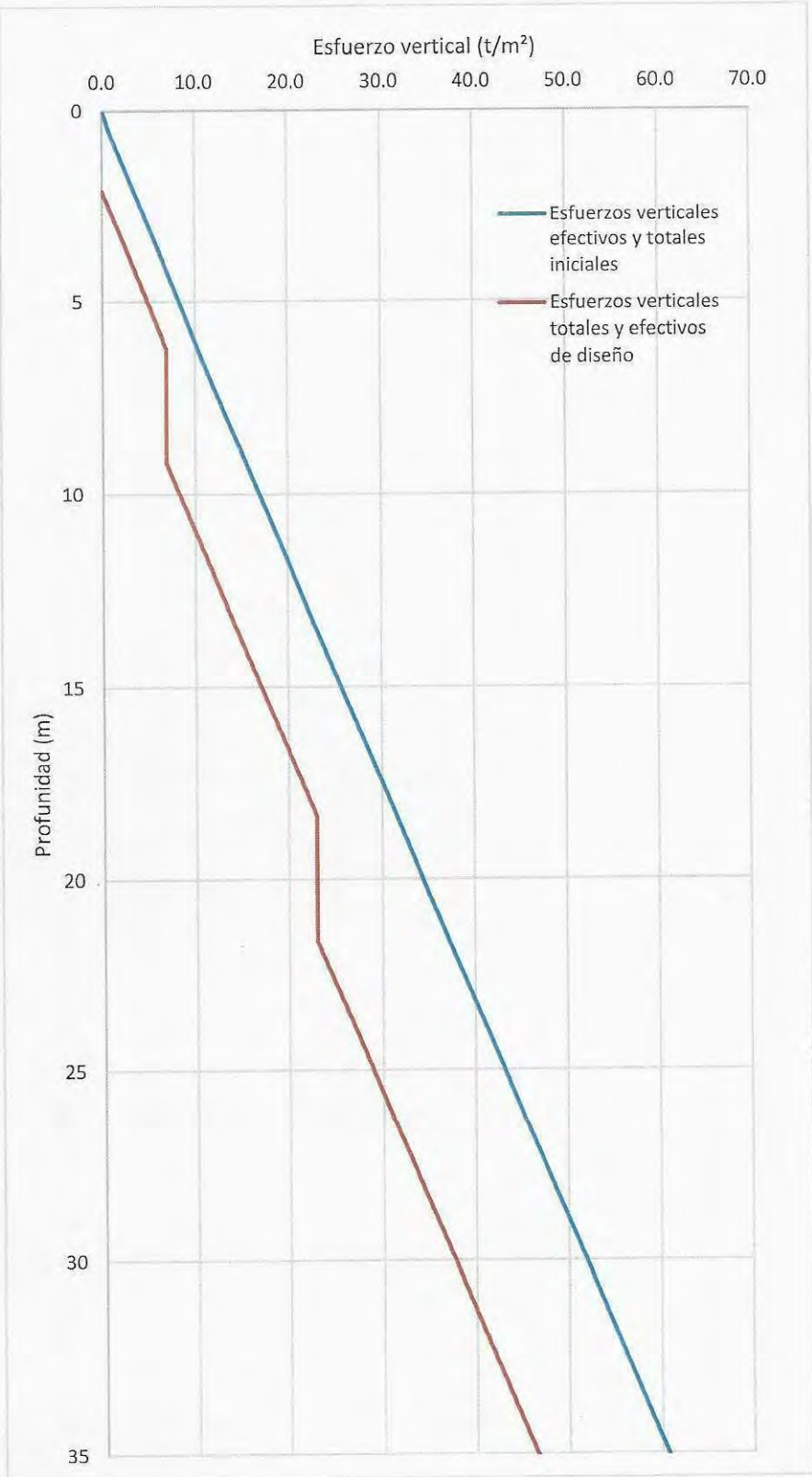
CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR FUSTE, NTC CIMENTACIONES 2017

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

	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	1.55	0.00	0.00	0.00					
	0.3	1.55	0.47	0.00	0.47					
	0.6	1.55	0.93	0.00	0.93					
	0.6	1.65	0.93	0.00	0.93					
	1.35	1.65	2.17	0.00	2.17					
	2.1	1.65	3.41	0.00	3.41					
	2.1	1.7	3.41	0.00	3.41					
	2.1	1.7	3.41	0.00	3.41					
N dado	2.1	1.7	3.41	0.00	3.41	0.00	0.00	2.3	1.20	5.40
	2.1	1.7	3.41	0.00	3.41					
	3.25	1.7	5.36	0.00	5.36	1.96	1.96			
	4.4	1.7	7.32	0.00	7.32	3.91	3.91			
	4.4	1.7	7.32	0.00	7.32	3.91	3.91	1.8	1.07	10.48
	5.3	1.7	8.85	0.00	8.85	5.44	5.44			
	6.2	1.7	10.38	0.00	10.38	6.97	6.97			
	6.2	1.7	10.38	0.00	10.38	6.97	6.97			
	7.1	1.7	11.91	0.00	11.91	6.97	6.97			
Mina 1	8	1.7	13.44	0.00	13.44	6.97	6.97	3	0.00	0.00
	8	1.75	13.44	0.00	13.44	6.97	6.97			
	8.6	1.75	14.49	0.00	14.49	6.97	6.97			
	9.2	1.75	15.54	0.00	15.54	6.97	6.97			
	9.2	1.75	15.54	0.00	15.54	6.97	6.97			
	13.8	1.75	23.59	0.00	23.59	15.02	15.02	9.2	0.68	
	18.4	1.75	31.64	0.00	31.64	23.07	23.07			
	18.4	1.75	31.64	0.00	31.64	23.07	23.07			
Mina 2	20	1.75	34.44	0.00	34.44	23.07	23.07	3.2	0	
	21.6	1.75	37.24	0.00	37.24	23.07	23.07			
	21.6	1.75	37.24	0.00	37.24	23.07	23.07			
	22.6	1.75	38.99	0.00	38.99	24.82	24.82	2	0.41	
DI	23.6	1.75	40.74	0.00	40.74	26.57	26.57			
	36.9	1.75	64.01	0.00	64.01	49.85	49.85		Σ=	
	36.9	1.35	64.01	0.00	64.01	49.85	49.85			
	37.15	1.35	64.35	0.00	64.35	50.18	50.18			
	37.4	1.35	64.69	0.00	64.69	50.52	50.52			

D (m)	Pp (m)	FR	Cf (t)
0.8	2.513	0.65	212.8
1.0	3.142		265.9
1.2	3.770		319.1
1.4	4.398		372.3

[redacted]



Gráfica 6.1 Esfuerzos verticales totales y efectivos iniciales y de diseño

Tabla 6.3

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

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

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

Cp (t)	Wp (t)	Cf (t)	L (cm)	Ap (m²)	Ec (kg/cm²)	D (cm)	Es (kg/cm²)	δ (cm)	R (t)	k (t/cm)
452.4	25.9	212.8	2150	0.503	280000	80	1200	2.24	639.2	215.76
706.9	40.5	265.9		0.785		100		2.60	932.3	271.67
1017.9	58.4	319.1		1.131		120		2.97	1278.7	326.68
1385.4	79.4	372.3		1.539		140		3.35	1678.3	381.06

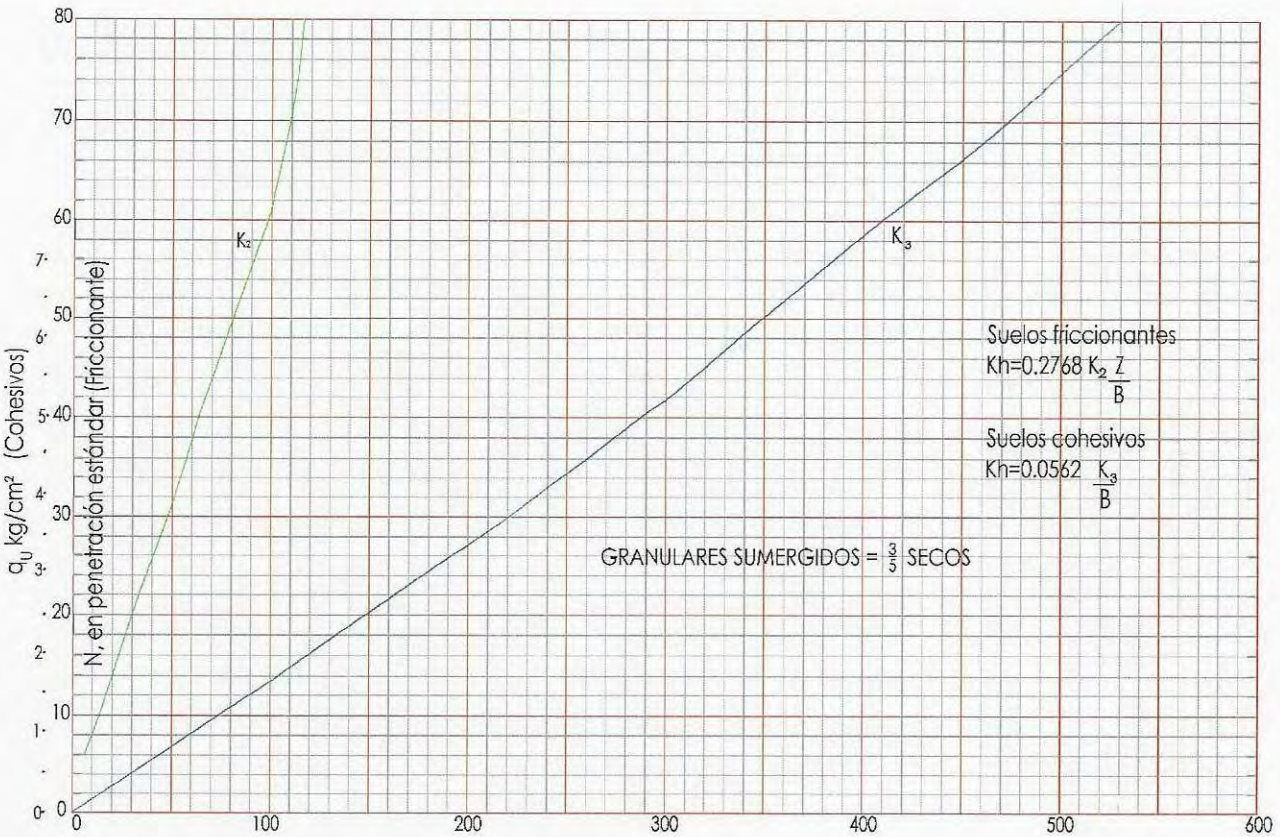
Tomando en cuenta las cargas en la Tabla 4.10 del Anexo 4, se calcularon los asentamientos asociados a estas:

Pila 2

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

Cf1=	265.95	t
P=	50.00	t
Wp=	40.53	t
Cp=	40.53	t
Cf2=	50.00	
L=	21.50	m
Ap=	0.79	m^2
Ec=	280000.00	kg/cm^2
Es=	1200.00	kg/cm^2
D=	1.00	m
δ=	0.23	cm

Como se puede observar, los desplazamientos asociados a las cargas de servicio determinadas con las com
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.)

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

GRUPO INDI
Gami Ingeniería e Instalaciones, S.A. de C.V.
Doppelmayr

CONTROL DE DOCUMENTOS

☐ Autorizado para construcción Fecha _____

☐ Autorizado para implementación Fecha _____

☐ Solo para información Fecha _____

☐ Obsoleto Fecha _____

Copia Controlada para: SUPERVISIÓN CABLEBUS L3

Autoriza: _____

[redacted]

Elaboró	Autorizó.	Enterado.
[redacted]		[redacted]

[redacted]

Contenido

1. RESUMEN 3
2. ANTECEDENTES 7
3. OBJETO 7
4. ALCANCES 7
5. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN 4 7
6. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO 9
6.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE 9
6.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 9
6.3 ENSAYES DE LABORATORIO 9
6.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA 10
6.5 MODELO GEOMECÁNICO 12
7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN 12
7.1 CARGAS ACTUANTES 13
7.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN 13
7.3 ESTADO LÍMITE DE FALLA 13
7.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO 15
8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO 17
8.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS 17
8.2 PILAS 17
8.3 EXCAVACIÓN 19
8.4 MINAS 20
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 20
10. ANEXO 1. PERFILES DE SONDEOS REALIZADOS EN ESTACIÓN 4, TORRE 21 Y TORRE 22 21
11. ANEXO 2. PRUBAS DE FICÓMETRO EN MÁSTIL CENTRAL DE ESTACIÓN 4 32
12. ANEXO 3. ESTUDIO GEOFÍSICO, GEORADAR 36
13. ANEXO 4. AMEMORIA DE CÁLCULO 67

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús 8

Índice de Tablas

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3 8
Tabla 2. Resumen de profundidades de anomalías detectadas con Georadar 11
Tabla 3. Modelo geomecánico de diseño 12
Tabla 4 Valores de N_{max} y N_{min} 14
Tabla 5. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación 15
Tabla 6. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas 16
Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para pilas ..... [redacted]
Tabla 8. Módulos de reacción horizontal para dado de mástiles ..... [redacted]

Índice de Figuras

Figura 1. Croquis de localización y ubicación de sondeos
Figura 2. Zonificación geotécnica de la Ciudad de México
Figura 3. Corte estratigráfico y solución de cimentación
Figura 4. Localización de la exploración de georadar y ubicación de las anomalías detecta[redacted]
Figura 5. Radagramas interpretados de las líneas 1 a 1, A1, A2 y A3
Figura 6. Radagramas interpretados de las líneas 4 a 20, A1, A2 y A3

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 INGENIEROS CUEVAS la realización del presente estudio de mecánica de suelos para la Estación 4, tomando en cuenta los estudios de mecánica de suelos de la Torre 21 y Torre 22.

Para definir las condiciones estratigráficas del sitio, en la Torre 21 se ejecutó un sondeo de penetración estándar a una profundidad de 35.25 m, en la Torre 22 se realizó un sondeo de penetración estándar a una profundidad de 35.05 m. Por su parte, en la Estación 4 se ejecutaron dos sondeos de avance controlado (SAC-1, E-4 y SAC-2, E-4), a la profundidad máxima de 35.0 m, así mismo, en el mástil central de la estación, se realizó un sondeo mixto (SM-1, E-4), a una profundidad máxima de 35.0 m, alternando la técnica de avance controlado y la ejecución de 3 pruebas de ficómetro, a las profundidades de 6.8, 18.0 y 28.0 m.

La técnica de penetración estándar consiste en el hincado a percusión de un muestreador de medidas estandarizadas (penetrómetro), dejando caer sobre este, un peso de 63.0 kg, desde una altura de 76 cm, contabilizando el número de golpes necesarios para hincar los 30 cm centrales del muestreador.

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 posible presencia de anc
el suelo, asociadas a minas, se realizó un estudio geofísico, con un análisis foto geológico y m
técnica de georadar, que de conformidad con los sondeos exploratorios se profundizó hasta
longitud de las 16 líneas realizadas es de 515.30 m. Esta exploración se hizo en la envolvente de l
4 y las Torres 21 y 22.

Además de los resultados obtenidos de la exploración geotécnica realizada, también se incluyen
de laboratorio y su interpretación estratigráfica, para determinar las propiedades índice y mecár
emplearán para la revisión del diseño geotécnico de la cimentación, que garantiza el buen comp
durante su vida útil.

Información geotécnica disponible. El sitio se localiza en la denominada **"Zona de Lomas"**, def
sierra de Monte Alto y la Sierra de las Cruces. Esta zona está constituida por abanicos
caracterizándose por la acumulación de material piroclástico en la parte superficial, así mismo,

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.**

Interpretación estratigráfica. Tomando en cuenta los sondeos realizados en la Torres 21 y 22, así como los propios en la Estación 4, a continuación se definen las condiciones estratigráficas, con profundidades referidas al mástil central de la Estación 4:

De 0.0 a 1.29 m. Relleno conformado por Arena limosa (SM) y Limo de baja plasticidad (ML), arenoso, de tonalidades café oscuro, con presencia de gravas. La arena es andesítica. El porcentaje de finos varía entre 28.0 y 60.2 %, el de arena, entre 39.8 y 43%, mientras que el porcentaje de gravas es del 29%. En estado suelto a semicompacto, con un número de golpes N, de 7 a 17. El contenido de agua varía entre 12.4 y 26.5%.

De 1.29 a 10.94 m. Toba areno limosa (SM) y limo arenosa (ML), de tonalidades café claro y café oscuro, con gravas. La arena es andesítica. El porcentaje de finos varía de 14 a 54%, el porcentaje de arena es del 41 al 60% y el porcentaje de gravas varía entre 3 y 31%. En estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido de agua varía entre 17 a 34%.

De 10.94 a 13.40 m y de 14.8 a 16.23 m. Toba Areno limosa (SM) con gravas aisladas pumíticas, de color café grisáceo claro. La arena es pumítica y andesítica. El porcentaje de finos varía entre 29 y 59%, el porcentaje de arena varía entre 51 y 63%, el porcentaje de agrava es un mínimo de 3%. En estado semicompacto a compacto, con un número de golpes N, de 23 a 53. El contenido de agua varía entre 17 y 69%.

De 13.40 a 14.80 m. Arena pumítica color gris claro, limosa. En estado compacto, con un número de golpes de 37 a 45. El contenido de agua varía entre 44 y 66%.

De 16.23 a 23.9 m. Toba limo arenosa (ML) con gravas, de color café y café grisáceo claro. La pumítica y andesítica. El porcentaje de finos varía entre 53 y 66%, el porcentaje de arena varía e 47%, mientras que el porcentaje de gravas es de 13%. De consistencia dura a muy dura, con un n golpes N, de 25 a más de 50. El contenido de agua varía entre 20 y 34%.

De 23.9 a 35.0 m. Toba areno limosa (SM), con gravas, de color café claro y café rosado. La arena es y andesítica. El porcentaje de finos varía entre 20 y 29%, el porcentaje de arena entre 56 y 66% y el p de grava varía entre 5 y 20%. En estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido de agua varía entre 11 y 27%.

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

Coeficiente sísmico. Tomando en cuenta la posición de la Estación 4 y el software SASID sísmico elástico es de 0.326, con una aceleración espectral, a_0= 0.119. Queda a juicio

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

Minas. Durante la ejecución de los sondeos de penetración estándar y avances controlados, no se detectaron indicios de la presencia de oquedades, antiguas minas o fracturas en la masa de suelo. Sin embargo, de acuerdo con los resultados de la exploración geofísica y foto geológica, realizadas en la envolvente de la Estación 4 y Torres 21 y 22, se detectan anomalías muy heterogéneas entre 2.5 y 15.0 m de profundidad.

A continuación, se presenta en la siguiente tabla la ubicación, en cada línea, de las anomalías detectadas con el georadar.

LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)	LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)
1	0.0 – 27.0	3..0 – 10.5	8	0.0 – 3.0	2.0 – 12.0
	35.0 – 58.0	3.0 - 14.0	8 A	3.0 – 6.5	2.5 -12.0
	61.0 - 76.5	3.0 – 10.0	9	0.0 – 7.6	3.0 – 12.0
2	0.0 – 1.5	3.5 – 10.0	9 - 10		
	5.0 – 10.0	3.0 – 10.0	10	0.0 – 7.6	3.0 – 10.0
	14.0 - 18.5	3.0 – 10.0	11	0.0 – 7.5	3.0 – 9.5
	28.5 – 48.0	3.0 – 13.0	11 A	3.0 – 6.4	2.5 – 13.5
	54.5 – 77.5	3.5 – 14.5	12	0.0 – 2.0	3.0 -14.5
3	5.0 – 21.0	3.0 – 10.5		4.5 – 6.5	2.0 – 9.0
	26.5 – 47.0	3.0 – 10.5	12 A	0.0 – 8.1	3.0 – 8.5
	54.0 – 70.0	3.0 – 10.5	13	3.5 – 6.5	3.0 – 9.5
	72.5 – 80.0	3.0 – 10.		9.0 – 11.5	2.5 – 9.0
A 1	0.0 – 1.5	3.0 – 7.5	13 A		
	3.0 – 11.0	3.0 – 10.0	14	1.0 – 7.5	2.5 – 10.0
	15.0 – 26.5	2.5 – 10.0	14 A	6.5 – 8.6	3.0 – 15.0
A 2	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	15	0.5 – 6.8	2.5 – 14.0
A 3	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	16	2.5 – 7.25	3.0 - 9.5
4	0.5 – 7.9	4.0 10.5	17	0.0 – 7.25	3.0 – 12.5
4 A	0.0 – 4.0	3.0 – 8.0	18	0.0 – 7.65	3.0 – 9.5
5	0.5 - 7.8	3.0 - 9.0	19		
5 A	0.0 – 5.0	3.0 – 9.0	20	5.0 – 21.5	2.5 – 10.0
6	4.0 – 7.8	3.0 - 9.5			
6 A	0.0 - 6.6	2.5 – 10.0			
7	0.0 – 7.6	4.0 – 8.0			
7 A	2.5 – 6.5	2.5 – 12.0			

En los sondeos de penetración estándar realizados en las Torres 21 y 22; en condiciones medias, se i
una toba entre 1.29 y 10.94 m de tonalidades café claro y café oscuro, con gravas, en estado muy compacto, con un número de golpes mayor a 50. Subyaciendo a un relleno es estado suelto a semicompacto. Por esta razón, se considera que las anomalías detectadas por la geofísica se deben a los rellenos que se colocaron de manera muy aleatoria, utilizados para la regeneración de antiguas minas subterráneas, a
posibles migraciones de minas que aún no están rellenas en su totalidad.

***Tomando en cuenta lo anterior, para el diseño de la cimentación de la Estación 4, se considera l
de las anomalías comprendidas entre 3.0 y 15.0 m de profundidad, respecto al nivel de terreno***

Solución de cimentación. Tomando en cuenta la importancia de la estructura, que es considerad
la presencia de rellenos utilizados para las antiguas minas subterráneas, así como la posible pr
migración de minas subterráenas, la solución de cimentación consiste en pilas de sección circula
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 para mástiles 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 a profundidades diferentes que las consideradas con la geofísica, la profundidad de las pilas aquí recomendada deberá ser ajustada, así como los valores de la capacidad de carga.**

Teniendo en cuenta los resultados de la exploración geotécnica y geofísica, el nivel de desplante de las pilas para la Estación 4 es de -36.4 m de proyecto; respecto al nivel +/- 0.0 m de proyecto.

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 INGENIEROS CUEVAS, realizar el presente estudio de mecánica de suelos para la Estación 4, tomando en cuenta los estudios de mecánica de suelos de la Torre 21 y Torre 22. 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 Estación 4. Con base en los resultados de la exploración geotécnica, geofísica y 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 Estación 4, la cual tiene las coordenadas centrales X=477,635.0449; Y= 2,145,067.7931 se sitúa dentro del predio Rancho del Charro, ubicado en Av. Constituyentes 500, Panteón Civil de Dolores, Alcaldía Miguel Hidalgo, 11100 Ciudad de México, CDMX (Fig. 1).

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 defini[redacted] geotécnico de análisis y llegar a una solución de cimentación que cumpla con los estados lími[redacted] de servicio, establecidos con la Reglamentación vigente (Ref. 1).

5. Características generales y ubicación de la Estación 4

La línea 3 de Cablebús está compuesta por 6 estaciones, cada una con su propia edificación. [redacted] 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 [redacted] zona centro – poniente de la Ciudad de México limitado al sur con las alcaldías de Magdale[redacted] Tlalpan, oriente con la alcaldía de Benito Juárez y Cuauhtémoc, al norte con la alcaldía Azca[redacted] con los municipios mexiquenses de Tecamachalco y Naucalpan de Juárez. La denominación y u[redacted] de cada una de las 6 estaciones se describe en la siguiente tabla:

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

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

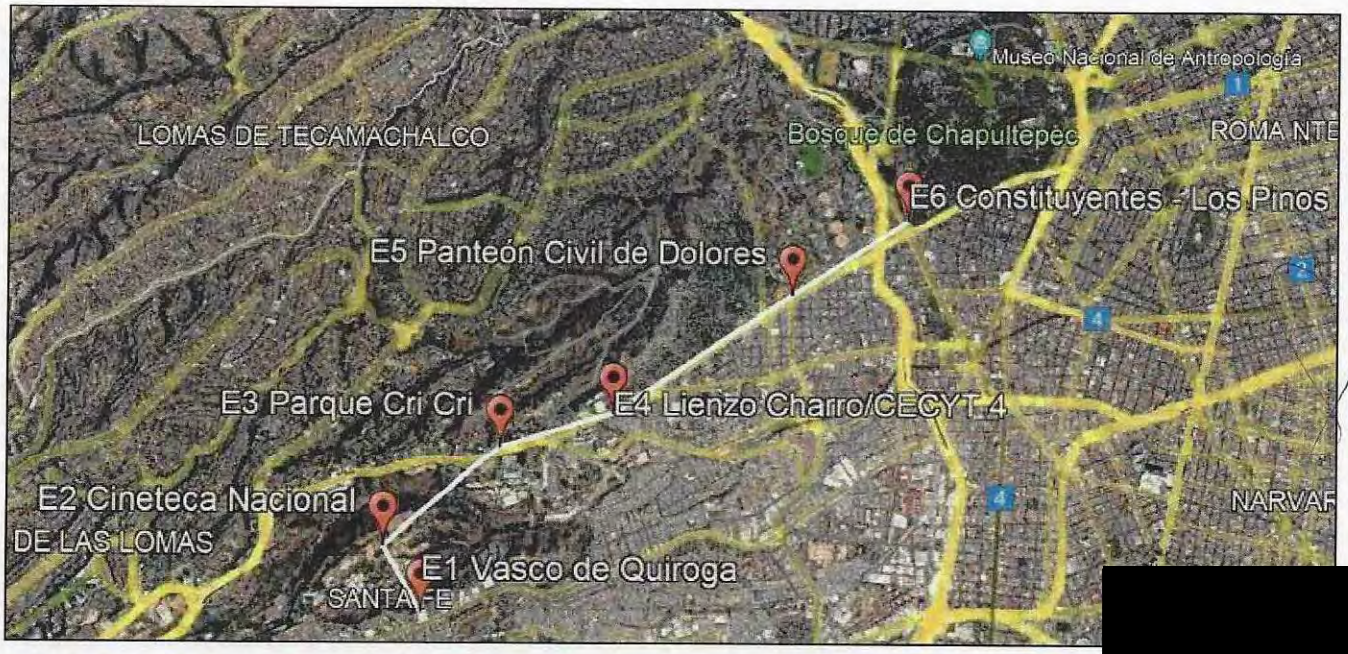


Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús

La Estación 4, la cual tiene las coordenadas centrales X=477,635.0449; Y= 2,145,067.7931
predio Rancho del Charro, ubicado en Av. Constituyentes 500, Panteón Civil de Dolor
Hidalgo, 11100 Ciudad de México, CDMX, donde se presentan diversos árboles y la propi
en el área de afectación.

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 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 21 se ejecutó un sondeo de penetración estándar (SPT-1, T-21), a una profundidad de 35.25 m, en la Torre 22 se realizó un sondeo de penetración estándar (SPT-1, T-22), a una profundidad de 35.05 m. Por su parte, en la estación se ejecutaron dos sondeos de avance controlado (SAC-1, E-4 y SAC-2, E-4), a la profundidad máxima de 35.0 m, así mismo, en el mástil central de la estación, se realizó un sondeo mixto (SM-1, E-4), a una profundidad máxima de 35.0 m, alternando la técnica de avance controlado y la ejecución de 3 pruebas de ficómetro, a las profundidades de 6.8, 18.0 y 28.0 m.

La técnica de penetración estándar consiste en el hincado a percusión de un muestreador de medidas estandarizadas (penetrómetro), dejando caer sobre este, un peso de 63.0 kg, desde una altura de 76 cm, contabilizando el número de golpes necesarios para hincar los 30 cm centrales del muestreador (Ref. 2).

El sondeo de avance controlado consiste en la medición del tiempo en segundos, para el avance de cada 10 c de la perforación con broca tricónica de acero, de 2 15/16" de diámetro. Anotando la vibración, la presión y color del lodo que se presenta durante la ejecución del sondeo. Los tiempos de avance ayudarán a 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 diám 6.1 cm, con ranuras longitudinales que permiten su expansión y penetración en el terreno, al in membrana ubicada en el interior de la sonda. Posteriormente a la indentación, se aplica un 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 posible presencia de a el suelo, asociadas a minas, se realizó un estudio geofísico, con un análisis foto geológico y mediar de georadar, que de conformidad con los sondeos exploratorios se profundizó hasta 20.0 m; la las 16 líneas realizadas es de 515.30 m.

6.3 Ensayes de laboratorio

A las muestras obtenidas de los sondeos ejecutados en las Torres 21 y 22 se les realizaron las siguientes pruebas:

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

En la Figura 1 se presenta la ubicación de los sondeos realizados, en el Anexo 1 se exhiben los perfiles de los sondeos realizados en la Estación 4 y los realizados en las Torres 21 y 22, en el Anexo 2 se presentan los resultados de las pruebas de ficómetro ejecutadas en el mástil central de la Estación 4, en el Anexo 3 se presenta el estudio de georadar ejecutado en la zona y en el Anexo 5 se presenta la memoria de cálculo de la cimentación.

6.4 Interpretación estratigráfica

Tomando en cuenta los sondeos realizados en la Torres 21 y 22, así como los propios en la Estación 4, a continuación se definen las condiciones estratigráficas, con profundidades referidas al mástil central de la Estación 4 (Fig. 3):

De 0.0 a 1.29 m. Relleno conformado por Arena limosa (SM) y Limo de baja plasticidad (ML), arenoso, de tonalidades café oscuro, con presencia de gravas. La arena es andesítica. El porcentaje de finos varía entre 28.0 y 60.2 %, el de arena, entre 39.8 y 43%, mientras que el porcentaje de gravas es del 29%. En estado suelto a semicompacto, con un número de golpes N, de 7 a 17. El contenido de agua varía entre 12.4 y 26.5%.

De 1.29 a 10.94 m. Toba areno limosa (SM) y limo arenosa (ML), de tonalidades café claro y café oscuro, con gravas. La arena es andesítica. El porcentaje de finos varía de 14 a 54%, el porcentaje de arena es del 41 al 60% y el porcentaje de gravas varía entre 3 y 31%. En estado muy compacto, con un número de golpes N mayor a 50. El contenido de agua varía entre 17 a 34%.

De 10.94 a 13.40 m y de 14.8 a 16.23 m. Toba Areno limosa (SM) con gravas aisladas pumíticas, de co grisáceo claro. La arena es pumítica y andesítica. El porcentaje de finos varía entre 29 y 59%, el porce arena varía entre 51 y 63%, el porcentaje de agrava es un mínimo de 3%. En estado semicom compacto, con un número de golpes N, de 23 a 53. El contenido de agua varía entre 17 y 69%.

De 13.40 a 14.80 m. Arena pumítica color gris claro, limosa. En estado compacto, con un núm de 37 a 45. El contenido de agua varía entre 44 y 66%.

De 16.23 a 23.9 m. Toba limo arenosa (ML) con gravas, de color café y café grisáceo claro pumítica y andesítica. El porcentaje de finos varía entre 53 y 66%, el porcentaje de arena va 47%, mientras que el porcentaje de gravas es de 13%. De consistencia dura a muy dura, con u golpes N, de 25 a más de 50. El contenido de agua varía entre 20 y 34%.

De 23.9 a 35.0 m. Toba areno limosa (SM), con gravas, de color café claro y café rosado. La arena es pumítica y andesítica. El porcentaje de finos varía entre 20 y 29%, el porcentaje de arena entre 56 y 66% y el porcentaje de grava varía entre 5 y 20%. En estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido de agua varía entre 11 y 27%.

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

Minas. Durante la ejecución de los sondeos de penetración estándar y avances controlados, no se detectaron indicios de la presencia de oquedades, antiguas minas o fracturas en la masa de suelo. Sin embargo, de acuerdo con los resultados de la exploración geofísica y foto geológica, realizadas en la envolvente de la Estación 4 y Torres 21 y 22, se detectan anomalías muy heterogéneas entre 2.5 y 15.0 m de profundidad.

A continuación, se presenta en la siguiente tabla la ubicación, en cada línea, de las anomalías detectadas con el georadar. El informe completo se presenta en el Anexo 6.

Tabla 2. Resumen de profundidades de anomalías detectadas con Georadar

LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)	LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)
1	0.0 – 27.0	3..0 – 10.5	8	0.0 – 3.0	2.0 – 12.0
	35.0 – 58.0	3.0 - 14.0	8 A	3.0 – 6.5	2.5 -12.0
	61.0 - 76.5	3.0 – 10.0	9	0.0 – 7.6	3.0 – 12.0
2	0.0 – 1.5	3.5 – 10.0	9 - 10		
	5.0 – 10.0	3.0 – 10.0	10	0.0 – 7.6	3.0 – 10.0
	14.0 - 18.5	3.0 – 10.0	11	0.0 – 7.5	3.0 – 9.5
	28.5 – 48.0	3.0 – 13.0	11 A	3.0 – 6.4	2.5 – 13.5
	54.5 – 77.5	3.5 – 14.5	12	0.0 – 2.0	3.0 -14.5
3	5.0 – 21.0	3.0 – 10.5		4.5 – 6.5	2.0 – 9.0
	26.5 – 47.0	3.0 – 10.5	12 A	0.0 – 8.1	3.0 – 8.5
	54.0 – 70.0	3.0 – 10.5	13	3.5 – 6.5	3.0 – 9.5
	72.5 – 80.0	3.0 – 10.		9.0 – 11.5	2.5 – 9.0
A 1	0.0 – 1.5	3.0 – 7.5	13 A		
	3.0 – 11.0	3.0 – 10.0	14	1.0 – 7.5	2.5 – 10.0
	15.0 – 26.5	2.5 – 10.0	14 A	6.5 – 8.6	3.0 – 15.0
A 2	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	15	0.5 – 6.8	2.5 – 14.0
A 3	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	16	2.5 – 7.25	3.0 - 9.5
4	0.5 – 7.9	4.0 10.5	17	0.0 – 7.25	3.0 – 12.5
4 A	0.0 – 4.0	3.0 – 8.0	18	0.0 – 7.65	3.0 – 9.5
5	0.5 - 7.8	3.0 - 9.0	19		
5 A	0.0 – 5.0	3.0 – 9.0	20	5.0 – 21.5	2.5 – 10.0
6	4.0 – 7.8	3.0 - 9.5			
6 A	0.0 - 6.6	2.5 – 10.0			
7	0.0 – 7.6	4.0 – 8.0			
7 A	2.5 – 6.5	2.5 – 12.0			

En los sondeos de penetración estándar realizados en las Torres 21 y 22; en condiciones medias, entre 1.29 y 10.94 m de tonalidades café claro y café oscuro, con gravas, en estado mu número de golpes mayor a 50. Subyaciendo a un relleno es estado suelto a semicompact considera que las anomalías detectadas por la geofísica se deben a los rellenos que se colo aleatoria, utilizados para la regeneración de antiguas minas subterráneas, así como a posibles que aún no están rellenas en su totalidad.

Tomando en cuenta lo anterior, para el diseño de la cimentación de la Estación 4, se considera la presencia de las anomalías comprendidas entre 3.0 y 15.0 m de profundidad, respecto al nivel de terreno existente.

Coeficiente sísmico. Tomando en cuenta la posición de la Estación 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 3 y son resultados de los resultados de la exploración geotécnica, geofísica, laboratorio y pruebas de ficómetro:

Tabla 3. Modelo geomecánico de diseño

Unidad	Profundidad(m)	γ (t/m³)	c (t/m²)	ϕ°	E (kg/cm²)	Observaciones
1	0.0 a 1.3	1.6	1.5	10	70	De acuerdo con los resultados de la exploración geofísica, se considera la presencia de rellenos que se colocaron de manera muy aleatoria, utilizados para la regeneración de antiguas minas subterráneas, así como a posibles migraciones de minas que aún no están rellenas en su totalidad, entre 2.5 y 15.0 m de profundidad.
2	1.3 a 11.0	1.7	1.0	37	1,000	
3	11.0 a 13.4	1.7	1.0	32	250	
4	13.4 a 15.0	1.3	0.0	30	350	
3	15.0 a 16.2	1.7	1.0	32	300	
5	16.2 a 20.1	1.65	5.0	35	450	
6	20.1 a 21.6	1.65	3.0	30	300	
5	21.6 a 23.9	1.65	5.0	36	700	
7	23.9 a 35.0	1.7	6.0	38	1,000	

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

Cabe mencionar que, las propiedades de resistencia y deformabilidad en los materiales en los [redacted] realizaron pruebas de ficómetro, se determinaron mediante correlaciones con el número de golpe[redacted] de la prueba de penetración estándar, presentes en la memoria de cálculo.

7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

Datos del proyecto. La Estación 4 se ubicará dentro y a las afueras del "Rancho del Charro, [redacted] Constituyentes 500, Panteón Civil de Dolores, Alcaldía Miguel Hidalgo, 11100 Ciudad de Mé[redacted] zona presenta una topografía regular, con pendiente ascendente hacia el poniente y presenc[redacted] luminarias. **El nivel +/- 0.0 m de proyecto es el nivel de piso terminado del andén y corre[redacted] elevación 2,379.86 m y el nivel de piso terminado de la planta baja de la estación es de -11.0[redacted] proyecto.**

En la envolvente de la Estación 4 se presentan dos tipos de apoyos. El primero de ellos, con [redacted] soportarán el sistema electromecánico y el segundo tipo, los apoyos propios de la estación.

7.1 Cargas actuantes

Hasta el momento no se cuenta con la magnitud de las cargas actuantes en la Estación y Mástiles.

7.2 Solución de cimentación

Tomando en cuenta la importancia de la estructura, que es considerada TIPO A1, a la presencia de rellenos que se colocaron de manera muy aleatoria, utilizados para la regeneración de antiguas minas subterráneas, así como a posibles migraciones de minas que aún no están rellenas en su totalidad, la solución de cimentación consiste en pilas de sección circular de 1.0 m de diámetro como mínimo para mástiles, 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 para mástiles 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 a profundidades diferentes que las determinadas con la geofísica, la profundidad de las pilas aquí recomendada deberá ser ajustada, así como los valores de la capacidad de carga.**

Teniendo en cuenta los resultados de la exploración geotécnica y geofísica, el nivel de desplante de las pilas para la Estación 4 es de -36.4 m de proyecto; respecto al nivel +/- 0.0 m de proyecto. El nivel de desplante de las pilas corresponde con la elevación 2,243.46 m (Fig. 3). Estos niveles deberán ser corroborados en campo. **El nivel +/- 0.0 m de proyecto corresponde con la elevación 2,379.86 m y el nivel de piso terminado de la planta baja de la estación es de -11.05 a -13.20 m de proyecto.**

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):

$$R = C_p + C_f - W_p$$

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:

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

Donde:

p'_v	esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 14.0 t/m^2
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 14.0 t/m^2

Con:

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

Cuando

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

O bien

$$N_q^* = N_{máx} \quad (5)$$

Cuando

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

Donde:

- L_e longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 2.3 m
- B diámetro de la pila, m.
- ϕ ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 36°

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

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

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

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

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

Donde:

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

Con

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

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

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

Donde:

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

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

Tabla 5. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación

D (m)	Wp (t)	C_p (t)	C_f (t)	R (t)	C_{te} (t)
0.8	26.5	238.5	38.8	250.7	56.1
1.0	41.5	336.3	48.5	343.4	75.5
1.2	59.7	449.5	58.2	447.9	97.0
1.4	81.3	577.9	67.9	564.5	120.7

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

7.4 Estado límite de servicio

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

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

Donde:

- δ deformación total de la pila, cm
- L longitud efectiva de la pila, igual a 2,200 cm
- D diámetro de la pila, cm
- E_s módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 850 kg/cm²
- **E_c módulo de elasticidad del concreto, igual a 261,916 kg/cm², para f'c= 350 kg/cm²**

con

$$E_c = 14{,}000 \sqrt{f'c}$$

Considerando esta estructura como aislada, la deformación máxima permisibles será de 5.0 cm.

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

$$k_v = \frac{q}{\delta}$$

Donde:

- k_v módulo de reacción vertical, t/cm; kg/cm³
- q carga asociada, t

las demás literales ya fueron definidas

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

Tabla 6. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas

D (m)	δ (cm)	k_v (t/cm)	k_v (kg/cm³)
0.8	1.53	134.65	26.79
1.0	1.65	173.42	22.08
1.2	1.79	212.01	18.75
1.4	1.93	250.42	16.27

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

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

Donde

- k_h módulo de reacción horizontal, (kg/cm³)
- k_3 coeficiente de Terzaghi para suelos friccionantes, lb/pulg³
- B diámetro del cimiento, m
- z profundidad media del estrato en revisión, m.

De acuerdo con las expresiones anteriores, en la Tabla 7 se muestran los módulos de reacción horizontal para las pilas de cimentación y dados en mástiles.

Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para pilas

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (Kg/cm³) B (m)			
				0.8	1.0	1.2	1.4
2.0 a 3.0	50	0.5	80.0	1.38	1.11	0.92	0.79
3.0 a 15.0	6	7	6.1	1.48	1.18	0.98	0.84
15.0 a 16.2	30	13.6	48.0	22.59	18.07	15.06	12.91
16.2 a 20.1	45	16.15	72.0	40.23	32.19	26.82	22.99
20.1 a 21.6	28	18.85	44.0	28.70	22.96	19.13	16.40
21.6 a 24.0	59	20.8	96.1	69.16	55.33	46.11	39.52

Tabla 8. Módulos de reacción horizontal para dado de mástiles

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm³) B (m) 4.50
0.0 a 1.3	7	0.65	8.00	0.03
1.3 a 2	50	1.65	80	0.81

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

a) Una vez que se tenga el área liberada, se realizará el trasplante de todos los árboles que se encuentren dentro del área de afectación.

b) Concluidos los trabajos anteriores, se procederá con la demolición de las bardas y estructuras que se ubiquen dentro del área de afectación, retirando sus cimentaciones.

c) Posteriormente se continuará 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 p
cada uno de los elementos de cimentación.

b) Enseguida se realizará la perforación en seco, hasta el nivel de desplante de proyecto. **Es i
mencionar que cada una de las pilas con diámetro mínimo de 1.0 m, deberán ser inspec
toda su longitud, por un supervisor geotécnico y verificar el estado de las paredes y fondo
de indicios de alteraciones en la masa de suelo, adicionales a las ya consideradas.**

c) El concreto para la construcción de las pilas será de una f'_c= 350 kg/cm^2; el tamañ
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 sil
de concreto o plástico; sus dimensiones serán de 7.5x7.5x10.0 cm y se colocarán longi
cada 2.0 m.

e) Debido a que el estudio geofísico detectó anomalías entre 2.5 y 15.0 m de profundi
tener en campo lámina para crear un encamisado en caso de que efectivamente se pres

minas en esta zona. Esta camisa se colocará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Fotos 1 y 2). Esta lámina servirá como ademe perdible, para poder realizar el colado de los elementos de cimentación. La lámina se sueldará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubrimiento de proyecto.



Fotos 1 y 2. Encamisado de lámina para formar 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 c
dentro de la perforación. Para la liga estructural se recomienda que el armado tenga una
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 t
colocará 20.0 cm por encima del nivel de desplante y se utilizará un tapón deslizante "dia
evitar la segregación y contaminación del concreto; durante el colado se deberá garantiz
tubería se encuentre embebida por lo menos 1.0 m dentro del concreto, subiendo la t
asciende el nivel del concreto. El revenimiento del concreto será como mínimo de 2
se llevará por lo menos 0.50 m por arriba del lecho bajo del dado de cimentación c
determine el área de estructuras.

i) El descabece para la liga estructural se realizará mediante la demolición del concre
con martillo eléctrico, empezando en la periferia hasta llegar al núcleo, en forma des
últimos 20 cm se hará con maceta y cincel.

j) El criterio de aceptación o tolerancias para la construcción de las pilas es el siguiente:

1) *Localización*. En el posicionamiento de la cabeza del apoyo, la desviación aceptada debe ser menor del 4% del diámetro del apoyo o de 8 cm en cualquier dirección, cualquiera que sea el valor más bajo. El diseño estructural deberá de tomar en cuenta esta excentricidad.

2) *Verticalidad*. La tolerancia permisible está comprendida entre el 1 y 2 % de la longitud final del apoyo, pero sin exceder el 12.5% del diámetro del apoyo o 38 cm en el fondo, cualquiera que sea el valor más bajo.

3) *Limpieza*. Se deberá remover todo el material suelto y de azolve del fuste antes de colocar el concreto. En ningún caso el volumen de tales materiales excederá el equivalente al que fuera necesario para cubrir 5% del área en un espesor de 5 cm.

4) *Acero de refuerzo*. La separación mínima entre varillas no debe ser menor de 1.5 veces el diámetro de la varilla ni menor de 1.5 veces el tamaño del agregado máximo.

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

8.3 Excavación

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

a) 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. Los 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 l
cimentación y en el fondo de la excavación se colocará una plantilla de concreto pobre c
150 kg/cm^2, para proceder con el habilitado del acero de refuerzo para el dado de ciment

c) Posteriormente se realizará el colado del dado, habilitando las preparaciones nece
conexión con la superestructura.

d) El espacio entre el perímetro del dado y los taludes de la excavación será rellenado co
fluido o bien, con relleno con calidad de terraplén, colocado en capas de 25 cm suelto
compactado al 95% de su P.V.S.M.

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

d) En caso de que se presenten antiguas minas y/u oquedades o rellenos, en condiciones diferentes a las consideradas en hasta este momento, se deberá dar aviso inmediato al área de geotecnia, quien deberá revisar nuevamente la capacidad de carga de las pilas y su profundidad de desplante, para garantizar su estabilidad ante las cargas actuantes.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Cimentaciones**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.

2. Tamez, E. ***Manual de diseño geotécnico Vol. 1.*** Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, México, agosto 1987.

3. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.

4. Tamez, E. **Ingeniería de Cimentaciones**, Ed. tgc geotecnia 2001.

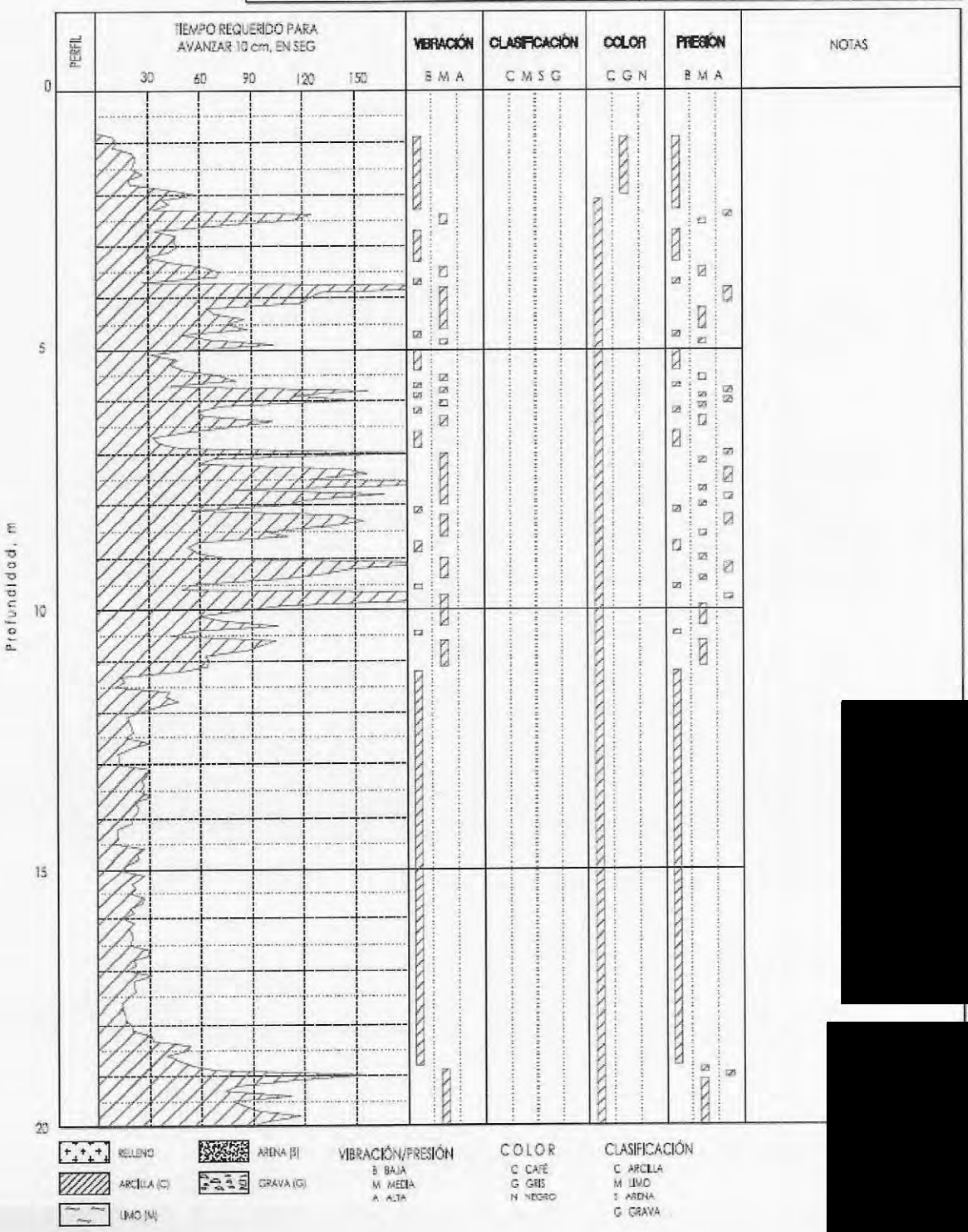
5. Zeevaert L. **Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions**. Van Nostrand Reinhold 2ª

6. Rico. Del Castillo, **La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Vol.** II, Ed. Limusa, México 200

10. ANEXO 1. PERFILES DE SONDEOS REALIZADOS EN ESTACIÓN 4, TORRE 21 Y TORRE 22

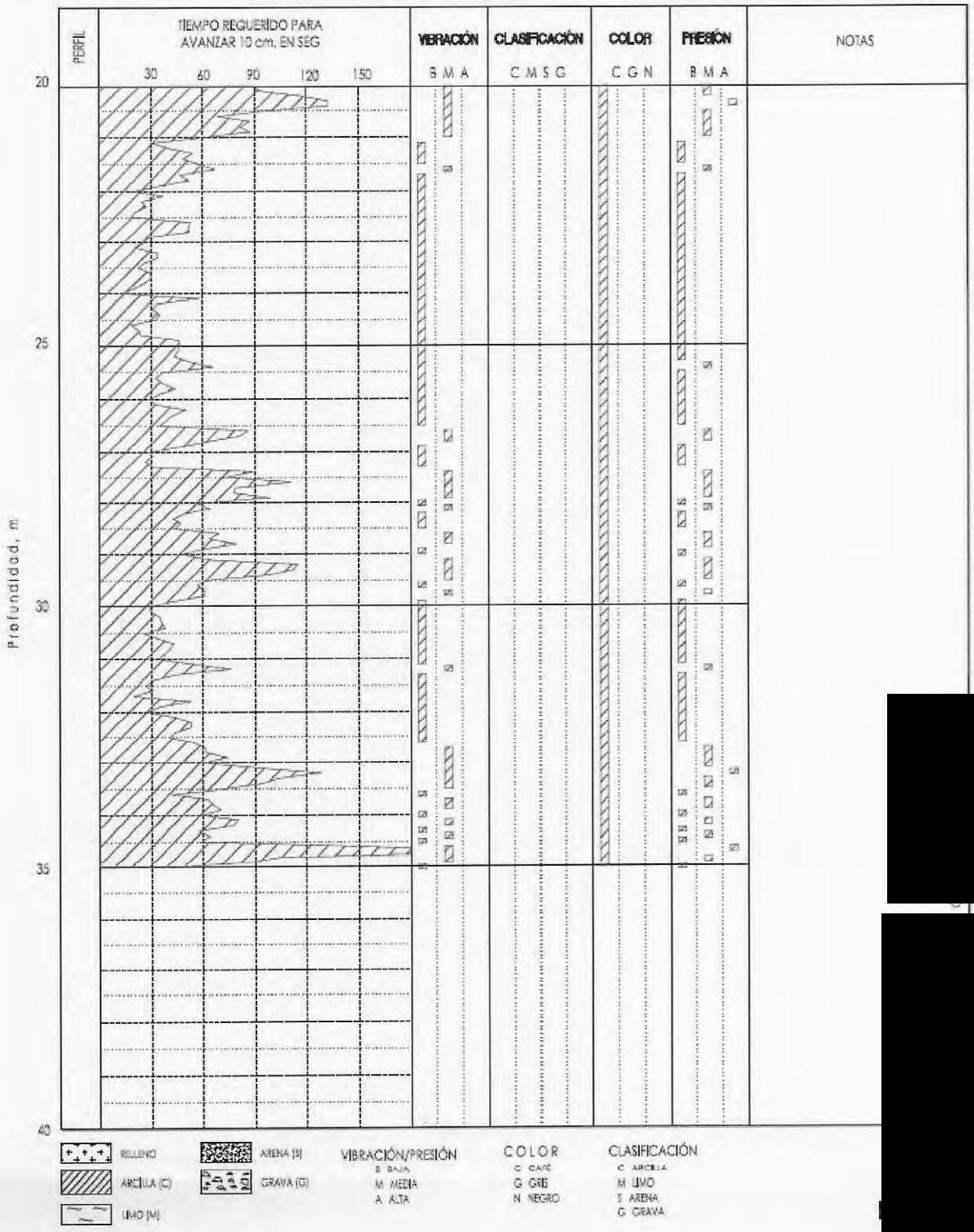
SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Luis Ernesto Montes Zendejas	EQUIPO	Ly-34
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, Estación 4, pilar 1.1	FECHA	28/12/2022	SONDEO	SAC- 1, E-4



SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Luis Ernesto Montes Zendejas	EQUIPO	Ly-34
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, Estación 4, pilar 1.1	FECHA	26/12/2022	SONDEO	SAC- 1, E-4



[redacted]

[redacted]

[redacted]

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Antonio Echeverría	EQUIPO	Ly-38
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, Estación 4, pilar 1.2	FECHA	26/12/2022	SONDEO	SAC- 2, E-4

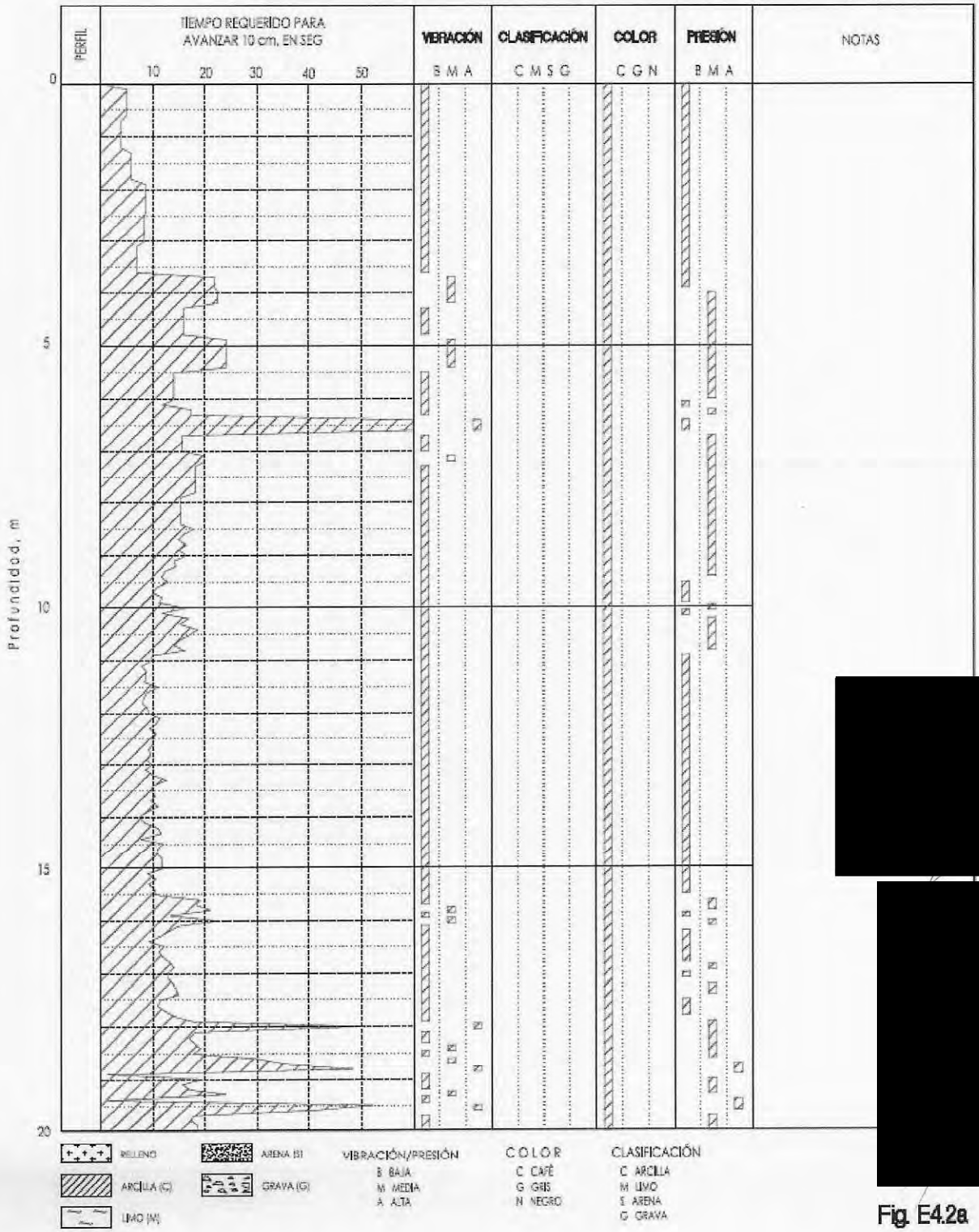
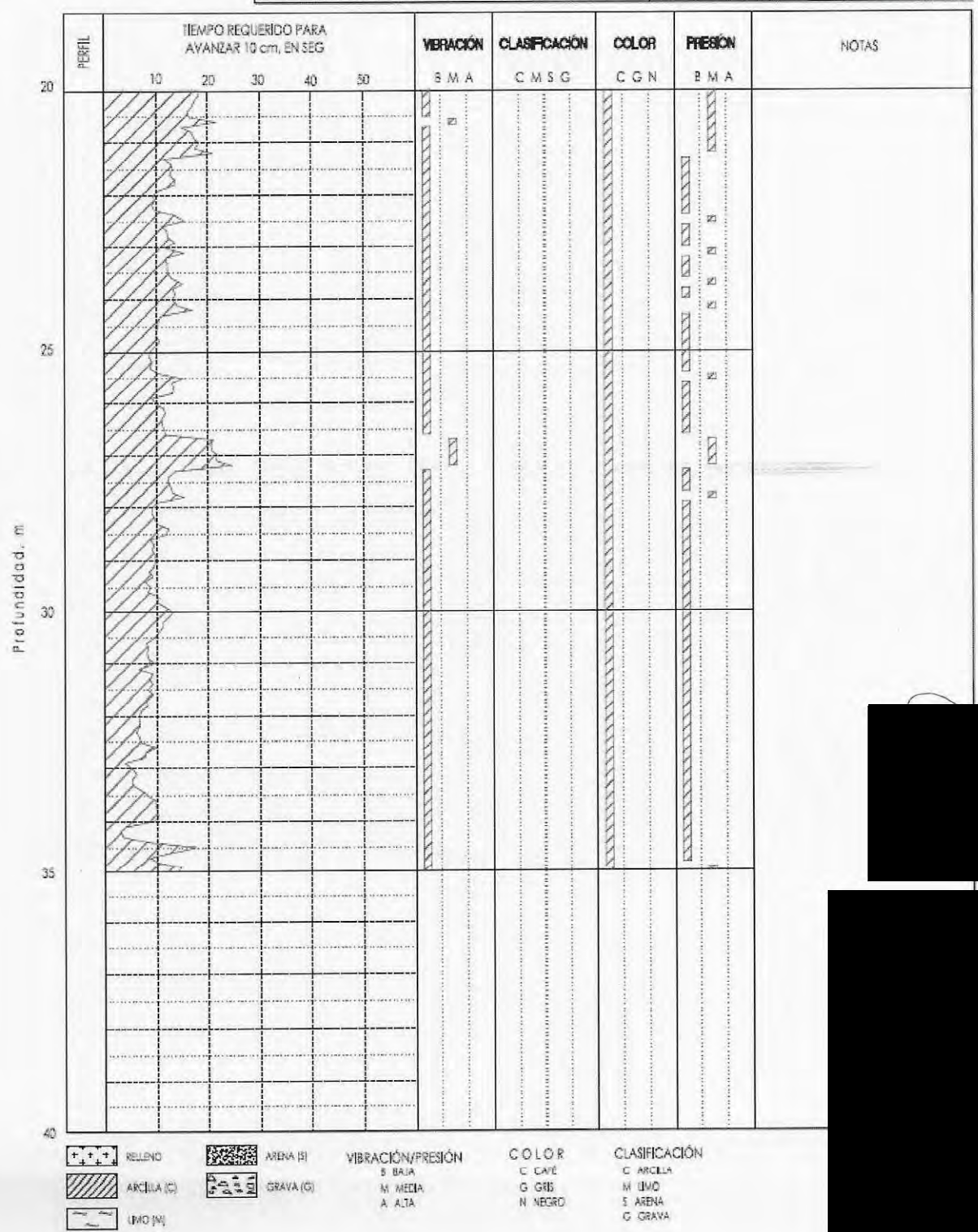


Fig. E4.2a

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Antonio Echeverría	EQUIPO	Ly-38
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, Estación 4, pilar 1.2	FECHA	26/12/2022	SONDEO	SAC- 2, E-4



SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Hugo Pérez	EQUIPO	Ly-24
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, Estación 4, pilar 3	FECHA	04/01/2023	SONDEO	SM-1 E-4

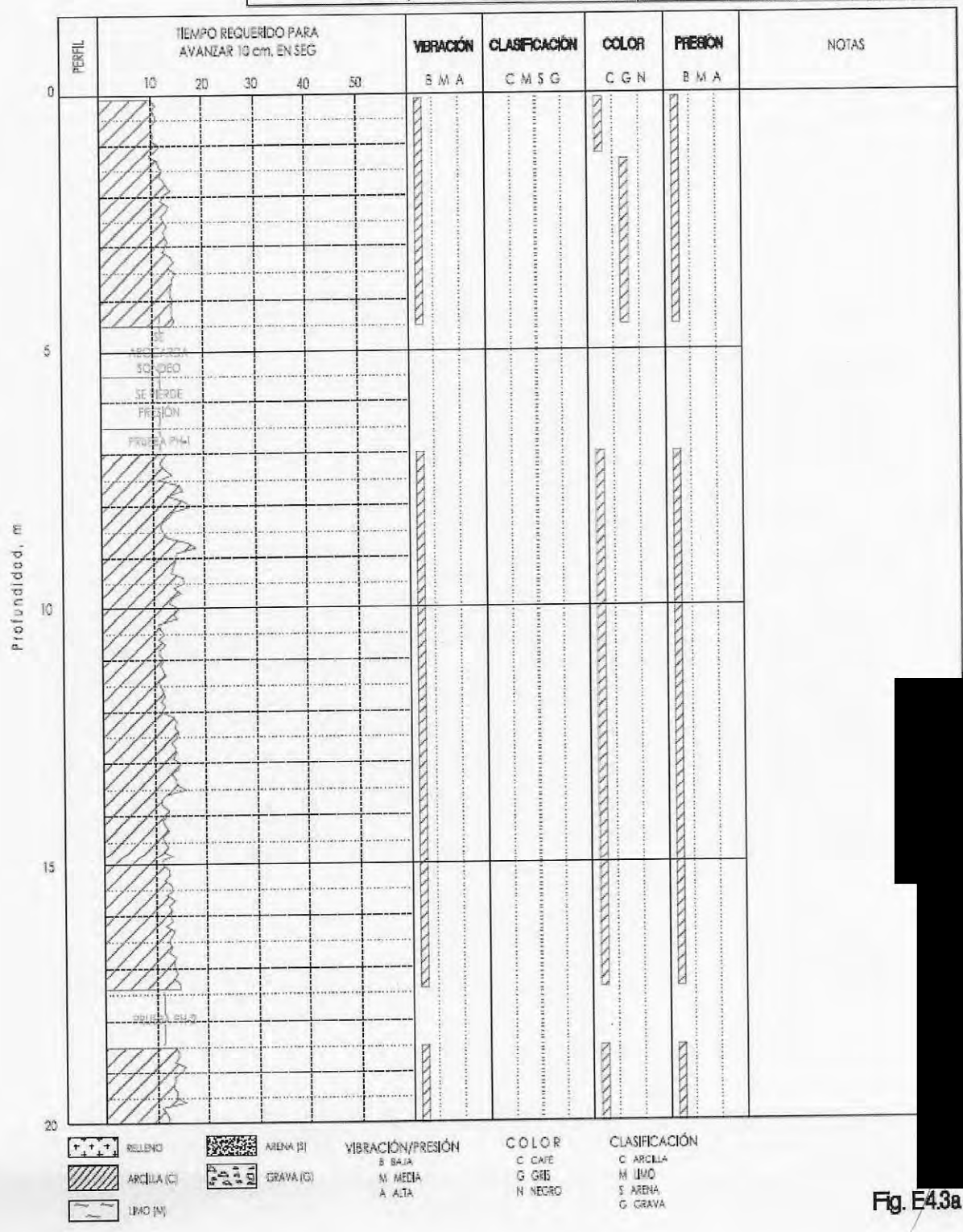


Fig. E4.3a

SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

OBRA	CABLEBÚS L-3	OPERADOR/SUPERVISOR	Hugo Pérez	EQUIPO	Ly-34
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes, Estación 4, pilar 3	FECHA	04/01/2023	SONDEO	SM-1, E-4

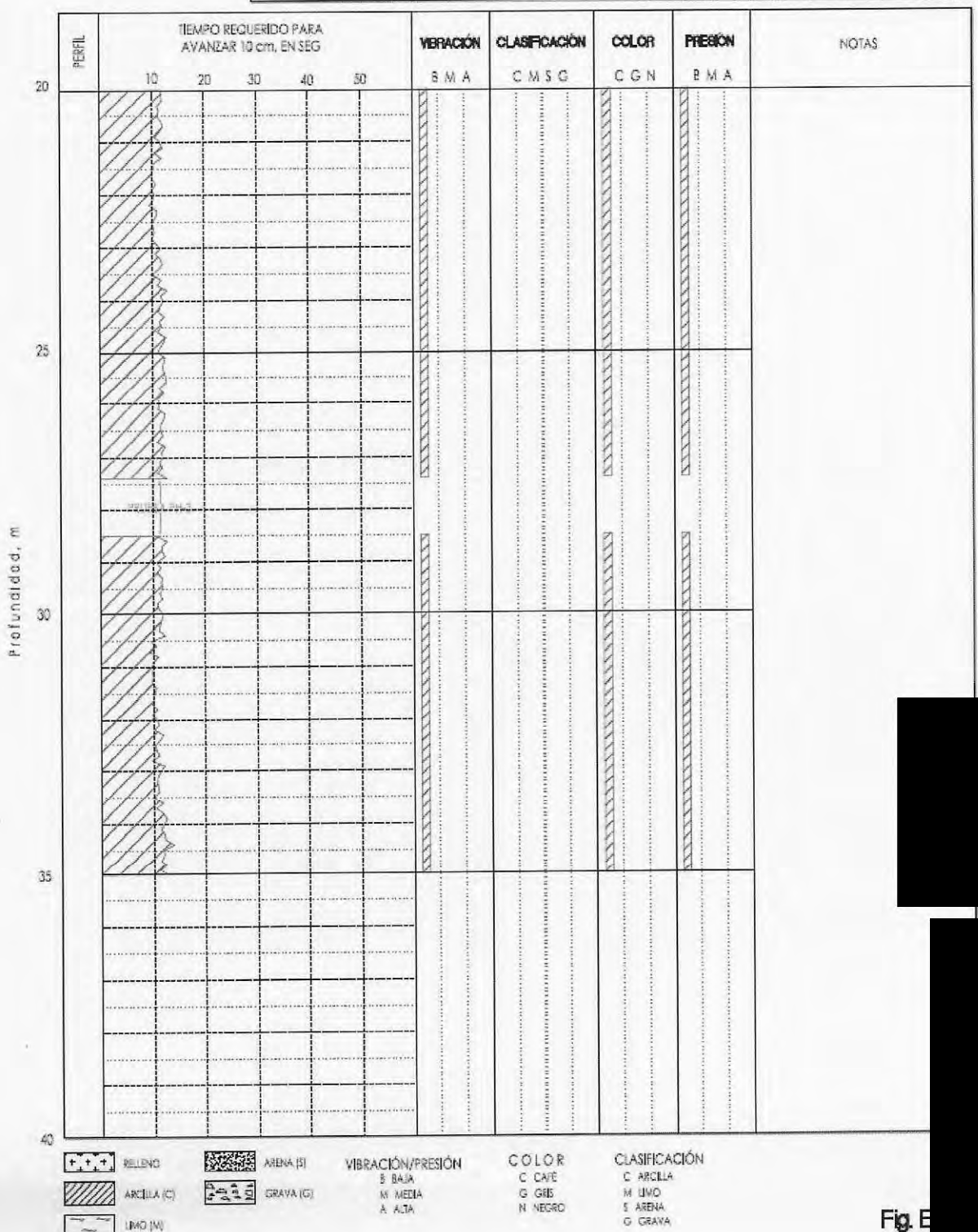


Fig. E

X = 479,603.50 Y = 2'145,056.54 Z = 2,369

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

PROYECTO: Cablebús L-3, Torre 21
LOCALIZACIÓN: Av. Constituyentes Cablebús Línea 3
SONDEO: SPT-6
PROF. EXPLORADA: 35.25 m
PROF. NAF: No se detectó

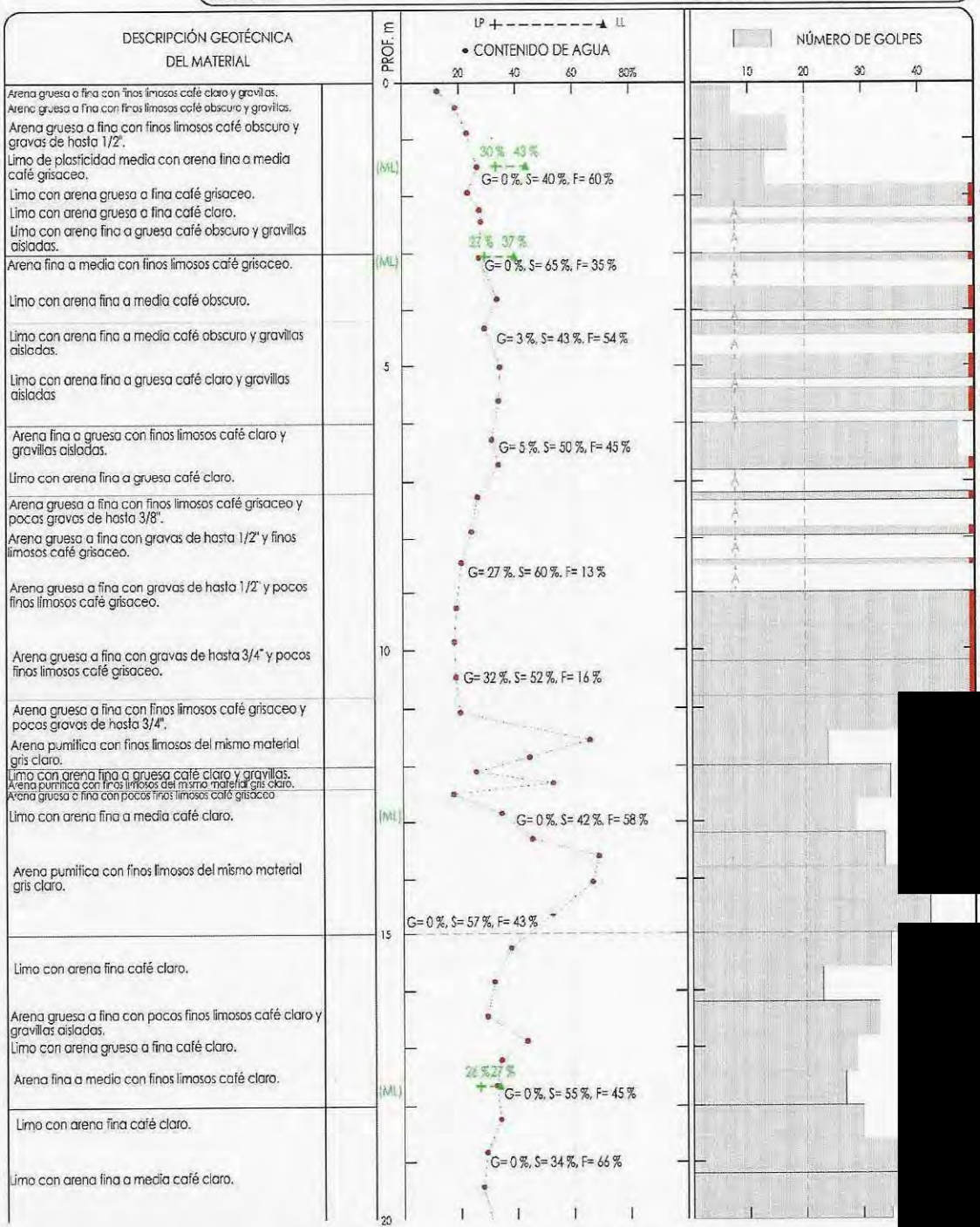


Fig. 21.1a

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

PROYECTO: Cablebús L-3, Torre 21
LOCALIZACIÓN: Av. Constituyentes Cablebús Línea 3
SONDEO: SPT-6
PROF. EXPLORADA: 35.25 m
PROF. NAF: No se detectó

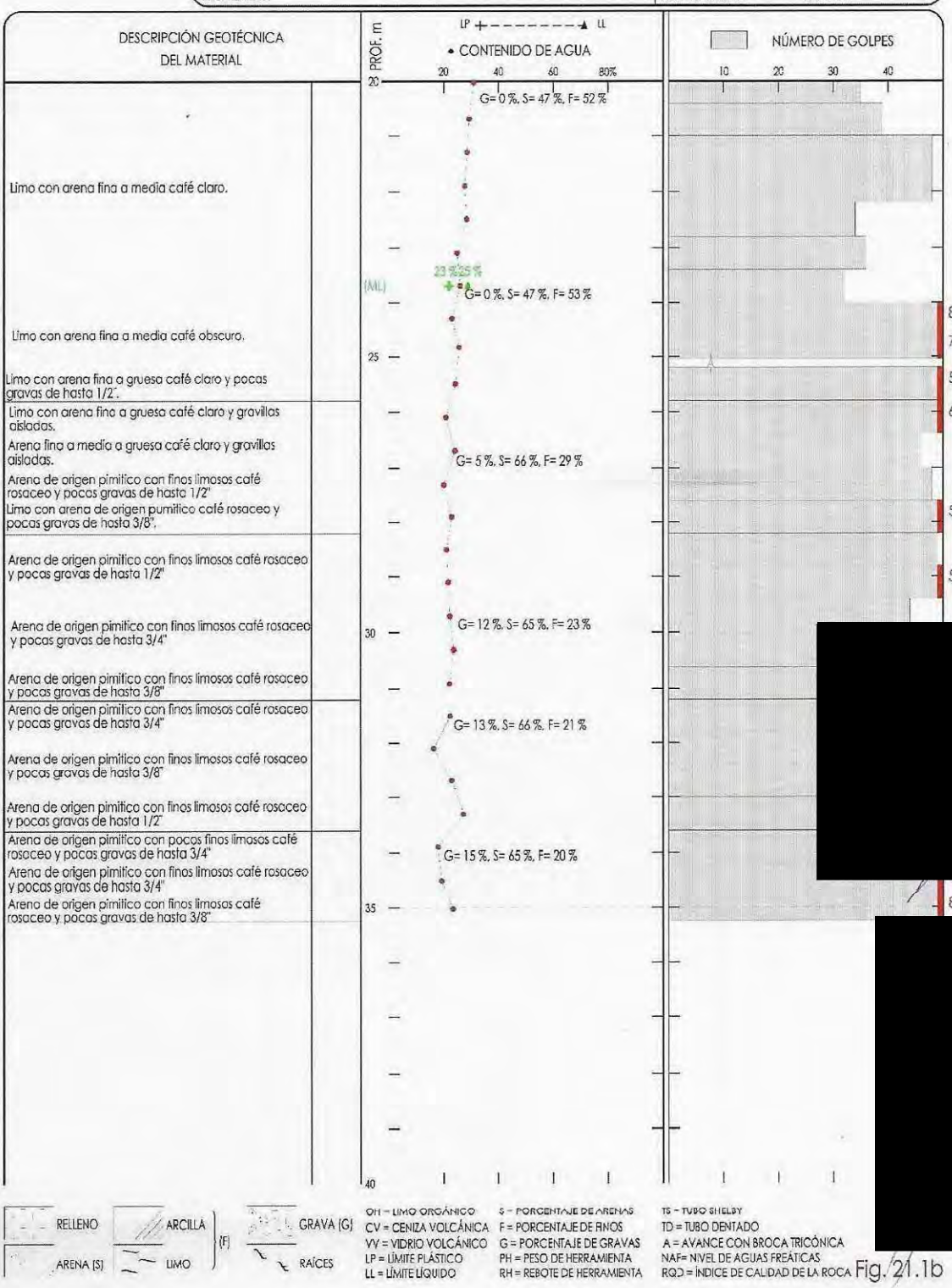
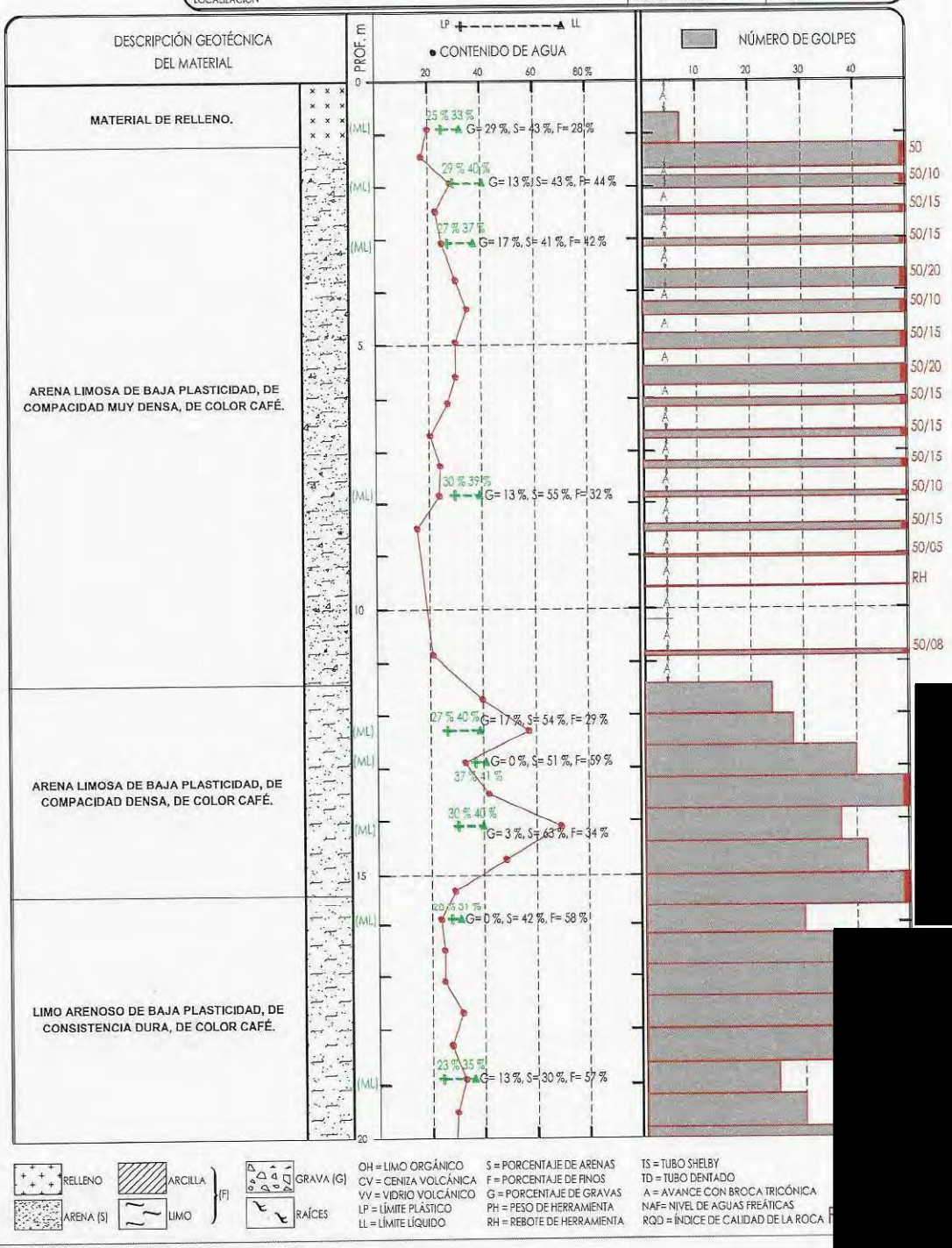


Fig. 21.1b

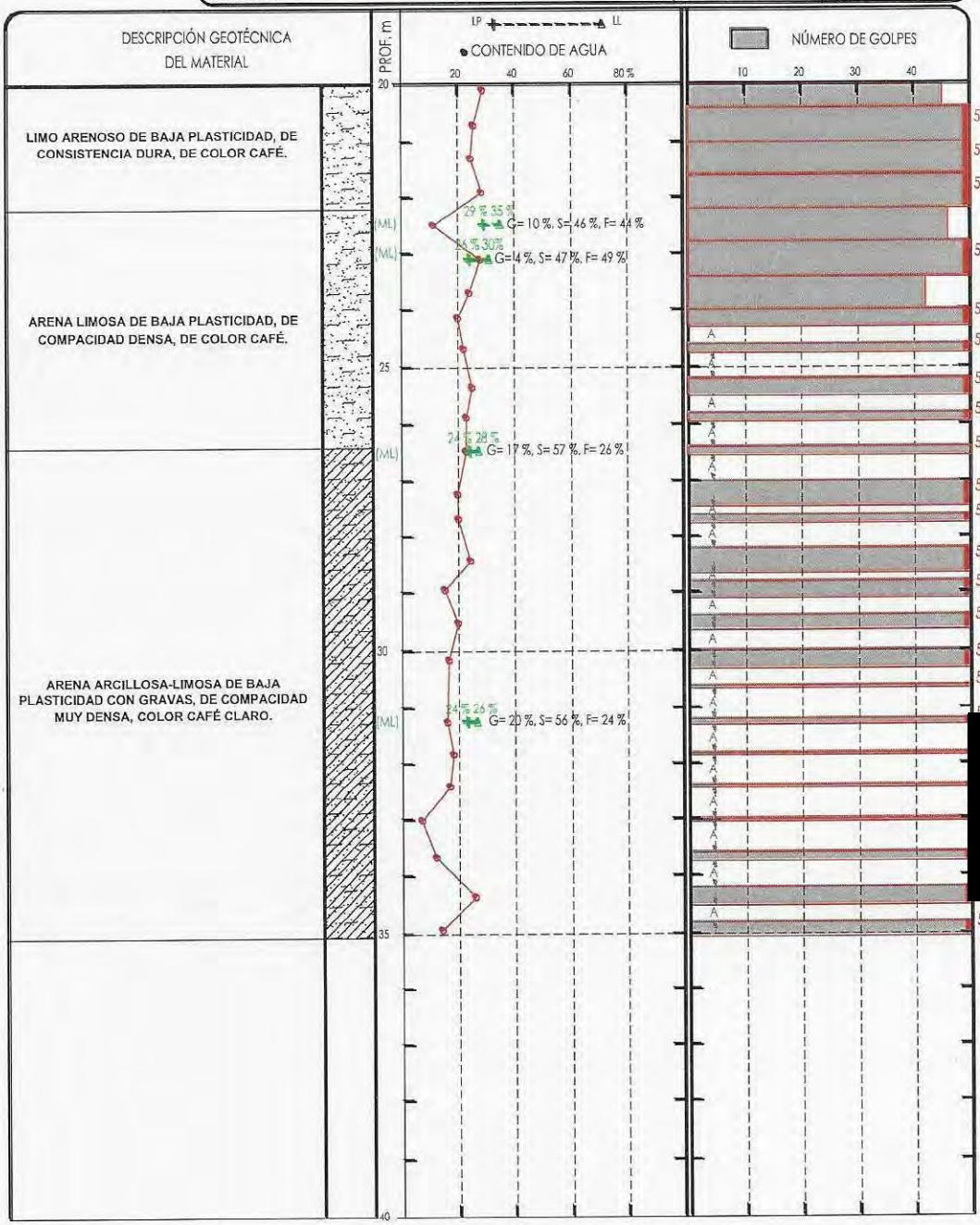
SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

PROYECTO	Cablebús L-3,Torre 22	SONDEO	SPT-1
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes Cablebús Línea 3	PROF. EXPLORADA: 35.05 m	PROF. NAF: No se detectó



SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

PROYECTO	Cablebús L-3, Torre 22	SONDEO	SPT-1
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes Cablebús Línea 3	PROF. EXPLORADA: 35.05 m	PROF. NAF: No se detectó



RELLENO
ARENA (S)
ARCILLA
LIMO
(F)
GRAVA (G)
RAÍCES

OH = LIMO ORGÁNICO
CV = CENIZA VOLCÁNICA
VV = VIDRIO VOLCÁNICO
LP = LÍMITE PLÁSTICO
LL = LÍMITE LÍQUIDO

S = PORCENTAJE DE ARENAS
F = PORCENTAJE DE FINOS
G = PORCENTAJE DE GRAVAS
PH = PESO DE HERRAMIENTA
RH = REBOTE DE HERRAMIENTA

TS = TUBO SHELBY
TD = TUBO DENTADO
A = AVANCE CON BROCA TRICÓNICA
NAF= NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS
RQD = ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA

Fig

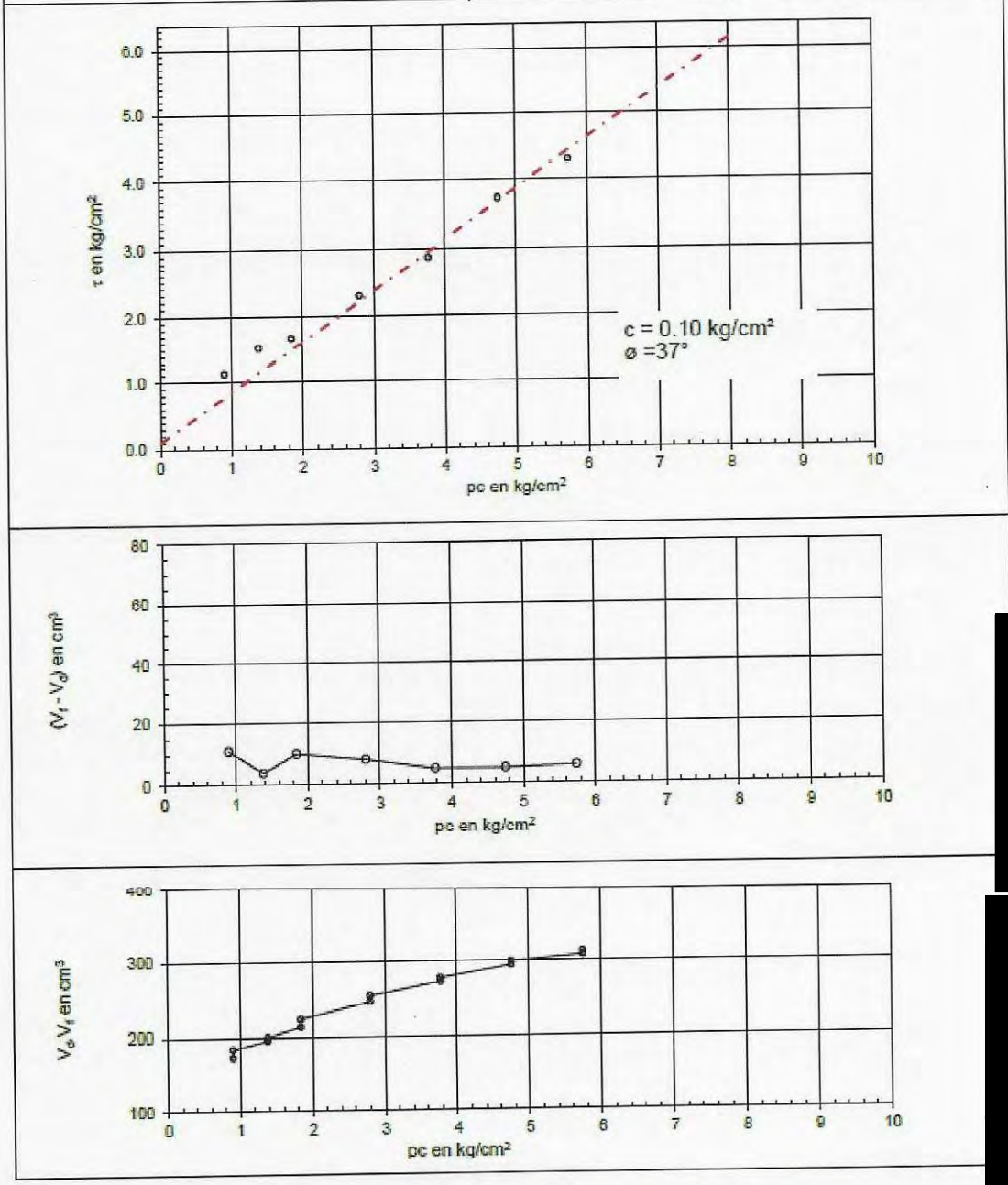
11. ANEXO 2. PRUEBAS DE FICÓMETRO EN MÁSTIL CENTRAL DE ESTACIÓN 4

[redacted]

CUEVAS INGENIEROS
DISEÑO GEOTÉCNICO

PHICOMETRO
(AFNOR XP P 94-120)

Proyecto:	CABLEBÚS L-3, SECCIÓN 2				
Localización:	Mástil central Estación 4			Sondeo:	SPH-1
Prueba No.:	1	Prof.(m):	7.00	Fecha:	05-ene-23

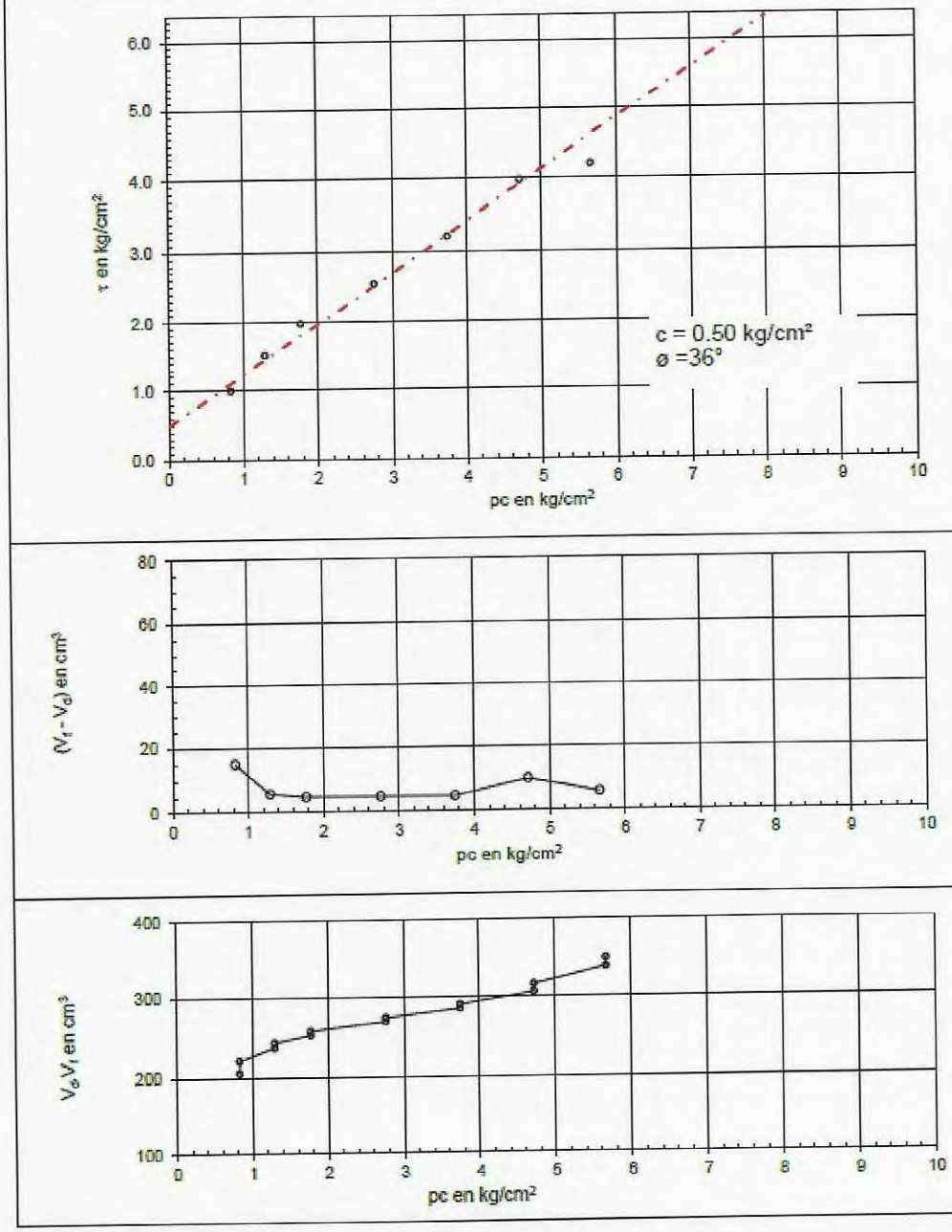


Gráfica 1. Resultados del sondeo de phicómetro, 7.0 m

CUEVAS INGENIEROS
DISEÑO GEOTÉCNICO

PHICOMETRO
(AFNOR XP P 94-120)

Proyecto:	CABLEBÚS L-3, SECCIÓN 2				
Localización:	Mástil central Estación 4			Sondeo:	SPH-1
Prueba No.:	2	Prof.(m):	18.00	Fecha:	02-ene-23

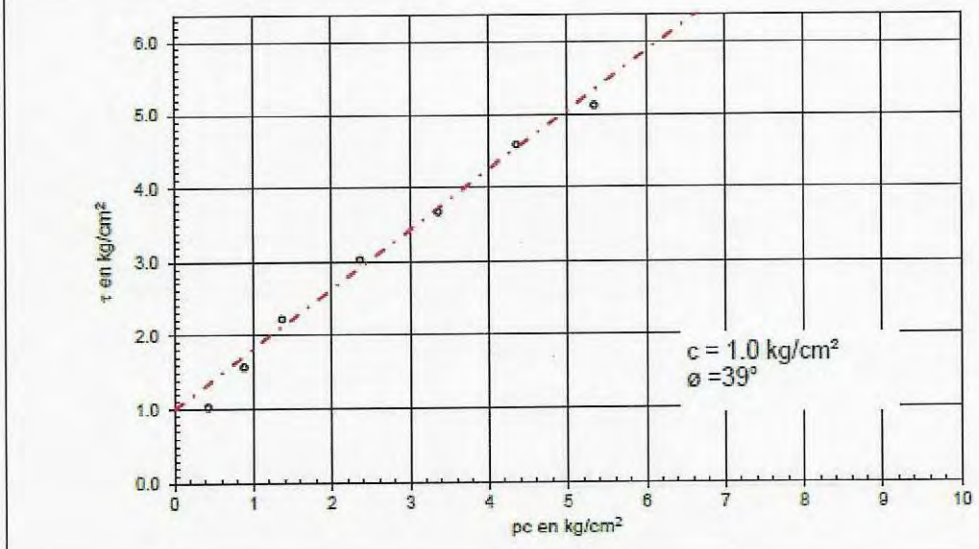


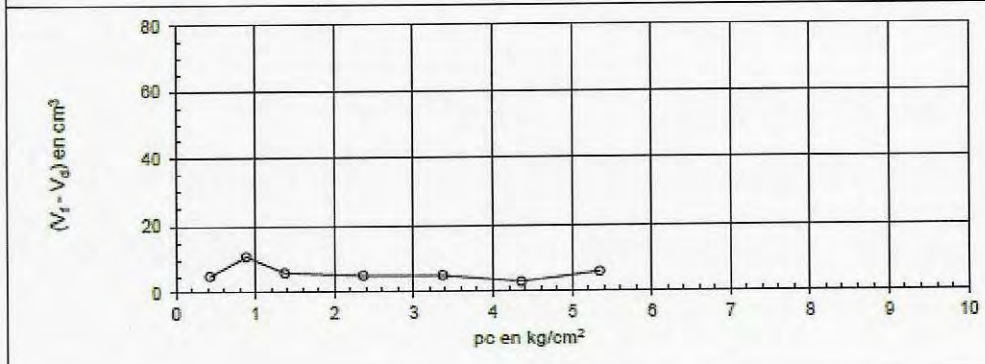
Gráfica 2. Resultados del sondeo de phicómetro, 18.0 m.

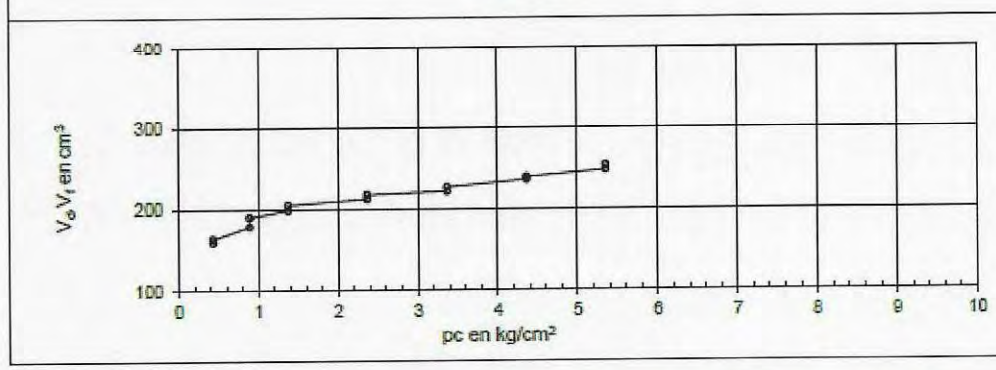
CUEVAS INGENIEROS
DISEÑO GEOTÉCNICO

PHICOMETRO
(AFNOR XP P 94-120)

Proyecto:	CABLEBUS L-3, SECCIÓN 2				
Localización:	SM-6B entre T-21 y T-22			Sondeo:	SPH-1
Prueba No.:	3	Prof.(m):	28.00	Fecha:	05-ene-23







Gráfica 3. Resultados del sondeo de phicómetro, 28.0 m

12. ANEXO 3. ESTUDIO GEOFÍSICO, GEORADAR

[redacted]

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

ESTUDIO FOTOGEOLÓGICO Y GEOFÍSICO DE GEORADAR PARA LA ESTACIÓN 04 "LIENZO CHARRO" DEL CABLE BUS L 03, AVE. CONSTITUYENTES S/N, ALCALDÍA MIGUEL HIDALGO, CIUDAD DE MEXICO.



ELABORADO POR:

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

PARA:

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

MARZO 3 DEL 2023.

LAS FLORES No. 92 "C", COL. TLACOPAC, C.P. 01040, CD. DE MEXICO. SITIO WEB : WWW.SERGBEN.COM
TEL (55) 55 36 48 24, (55) 55 43 38 32 CEL (55) 54 08 81 96.

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 I MÉTODO DE GEORADAR

ANEXO II FOTOGRÁFICO

[redacted]

INFIN GEORADAR CABLEBUSL3 EST04 LIENZO CHARRO.DOC RED SISSA / M01 / INFIN 2023 / GAMI / LIENZO CHARRO / INFINAL

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 Fotogeológico y Geofísico en el predio que ocupara la Estación 04 "Lienzo Charro", ubicada en la Ave. Constituyentes s/n, este estudio deberá definir las condiciones litológicas del subsuelo del predio 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 04 "Lienzo Charro" y las Torres T21 y T22.

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, sobre los cuales están construidas las actuales edificaciones del complejo Los Pinos, para de esta manera efectuar un programa de exploración que cubra lo mejor posible el área donde se planea construir la estación 04 del Cable bus.

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 diferentes materiales que afloran en la zona, así como se correlacionaron los resultados con los obtenidos en la mecánica de suelos que se realizó en el predio.

Ya en la segunda etapa se realizo una recopilación y análisis fotogeológico de las fotografías aéreas antiguas para determinar la evolución del predio en los últimos 80 años. Se lograron consultar los años de 1939, 1945, 1959, 1970, 1987 y 2019 (Fotografías 1 a 6).

Para de esta manera conocer las condiciones antiguas y actuales del predio, e identificar los materiales que afloran en el área, sobre los cuales se construyeron y así saber las condiciones del subsuelo del predio.

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 04 del Cable bus se hicieron líneas en la parte exterior sobre la banqueta y primer carril de Ave. Constituyentes, así como dentro de las instalaciones del lienzo charro en las áreas disponibles y que quedaron dentro de la zona del proyecto tratando de darle continuidad a las líneas exteriores. También se hicieron dos líneas más en la calle de Cda de Noche Buena, ubicada del otro lado de la Ave. Constituyentes donde habrá una escalera de acceso a la estación. Se realizaron en total 33 (TREINTA Y TRES) líneas de georadar, que incluyo también las áreas de las Torres 21 y 22. (Ver Plano 1 y Fotografías 8 a 44). A continuación se presenta la tabla con el volumen de exploración realizado:

No. DE LÍNEA	DISTANCIA (m)	No. DE LÍNEA	DISTANCIA (m)
1	80.10	11	7.50
2	81.45	11 A	6.40
3	80.05	12	11.60
4	7.90	12 A	8.10
4 A	6.40	13	11.50
5	7.80	13 A	7.85
5 A	6.30	14	7.50
6	7.80	14 A	8.60
6 A	6.65	15	6.70
7	7.60	16	7.25
7 A	6.50	17	7.25
8	7.70	18	7.65
8 A	5.95	19	15.10
9	7.60	20	14.15
9-10	3.15	A 1	33.75
10	7.60	A 2	6.55
		A 3	17.30
Total 1	330.55	Total 2	184.75
Gran Total 1 + 2		515.30	

Es decir en total **se realizaron 515.30 metros lineales** *de exploración con georadar, aún cuando inicialmente solo se realizarían un total de 400, existiendo una diferencia de 115.30metros lineales más, lo cual no impactara en el costo final del estudio.*

- ***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, el cual 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.

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. Fisiográficamante, 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 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.

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 los 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 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 e suelto, y suelos residuales; en ocasiones, el hombre ha colaborado con el relle depresiones naturales (barrancas) o antrópicas (bancos de materiales) al depositar (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 SV delimitados por arroyos que escurren a través de cañadas y barrancas, generalmente an 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 labraron 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, 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

En el predio existe una serie de instalaciones en la parte alta del área, donde debe de existir un relleno, y un suelo vegetal bajo el cual según la mecánica subyace el terreno natural que está constituido por un a Toba arenosa que puede variar a pumítica, color café claro amarillento.

Estos materiales 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 1939, 1945, 1959, 1970, 1987 y 2019 (Fotografías 1 a 6), al ubicar el predio en las fotografías aéreas antiguas se definió lo siguiente:

En el año de 1939 (Fotografía 1); el predio donde se proyecta la Estación 04 "Lienzo Charro" se ubica sobre la Ave. Constituyentes (Antes Madereros), se observan aun las vías del tren a Belén de las Flores sobre la Ave. Observatorio, de hecho esta aún no está pavimentada. En la ladera sur se observan una serie de mancha blanquecinas y caminos que pasan frente a estas (Se marcan con flechas rojas), esas son zonas de explotación que pudieran ser solo rascaderos, pero al haber caminos de acceso seguramente son bocaminas. En la parte alta ya donde se ubica la huella de la estación 04 y al poniente del predio, se observa una gran zona casi blanca (Línea discontinua verde), que en otros sitios ha correspondido por estas características a una explotación superficial del arenas pumíticas.

Para 1945 (Fotografía 1); las manchas que se veían en la ladera sur ya casi ha desaparecido y en otros casos ya tiene construcciones encima. En la zona al poniente de predio de la huella de la estación se ve solo un rascadero alargado, y por el color de grisáce el suelo debió de estar cubierto por pasto, se ven también más árboles. Se observa qu existen casas entre la Ave. Constituyentes y Observatorio.

En 1959 (Fotografía 1); se pueden ver más construcciones en la ladera sur de Ave. Constituyentes, aun cuando se ve un tanto borrosa la fotografía ya prácticamente no hay vestigios de los caminos de acceso a las minas y tampoco de las bocaminas. En la zona ubicada al poniente de la huella de la estación 04 se observa que ya hay construcciones en lo que sería el Lienzo Charro, de hecho por la forma de ellas podrán ser ya caballerizas. La Ave. Constituyentes y Observatorio están urbanizadas y tienen más o menos el mismo trazo que el actual.

Ya en 1970 (Fotografía 1); se ve que ya no existe ningún vestigios de los caminos y bocaminas, ya está totalmente urbanizado, se observan las misma construcciones en la zona del Lienzo Charro

Para el 1987 (Fotografía 1); se observa ya con las instalaciones del Lienzo Charro más o menos como en la actualidad, el área que lo circunda está totalmente urbanizada.

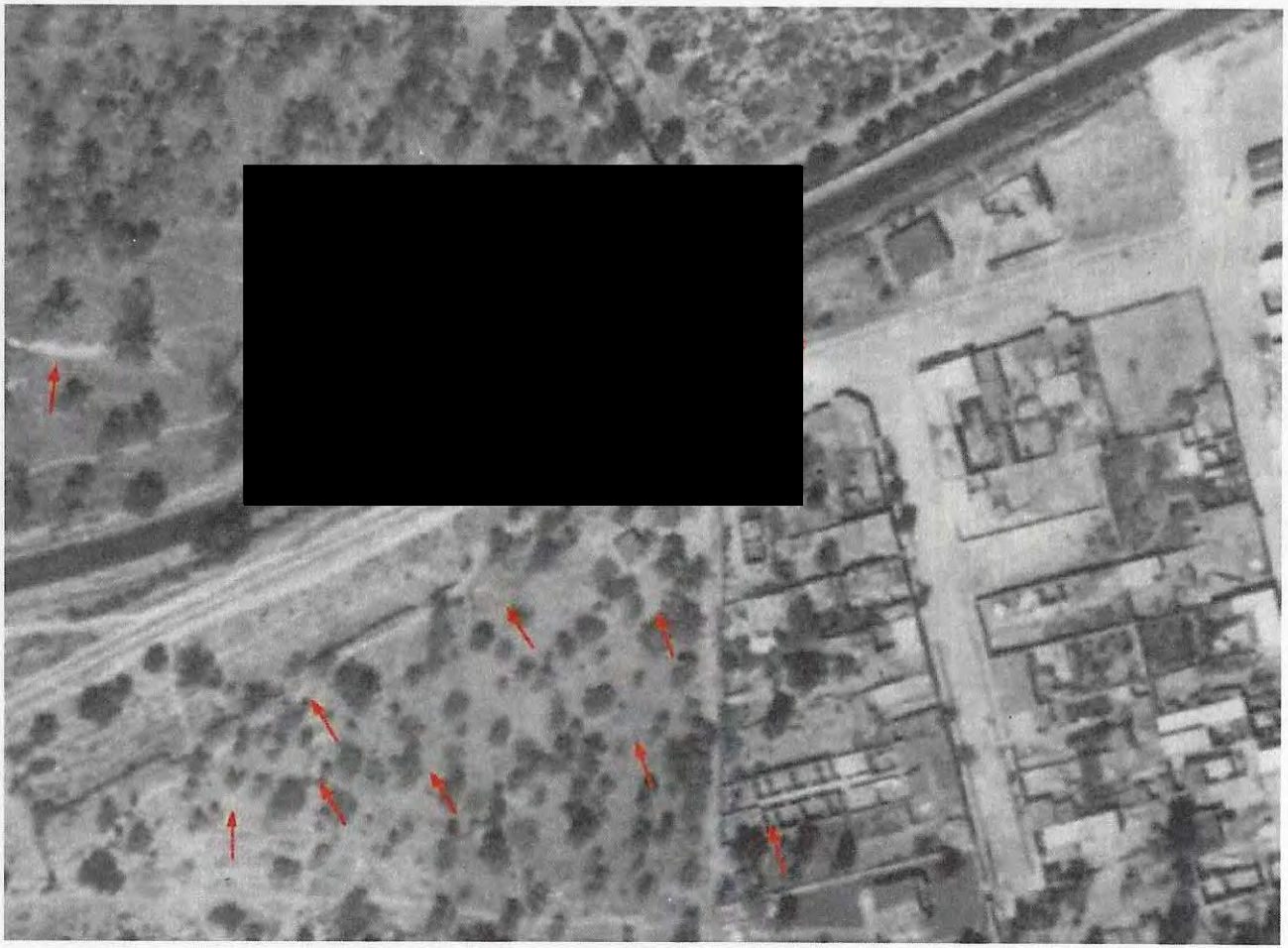
En el 2019 (Fotografía 1); se observa como en la actualidad y ahí ya está marcado el proyecto del Cable Bus Línea 03 y de la Estación 0 4 Lienzo Charro.

[redacted]



FOTOGRAFÍA 1

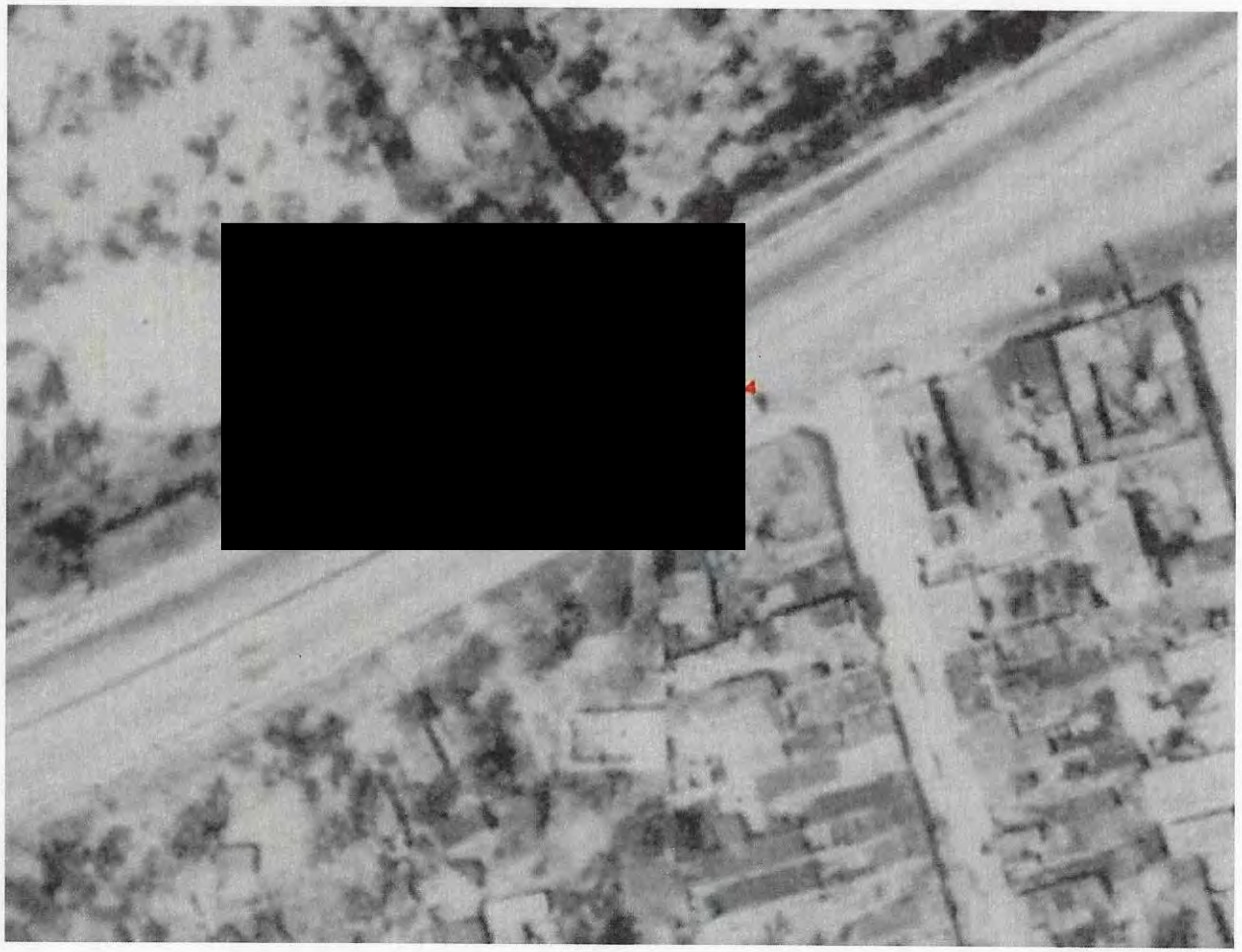
1939 el predio donde se proyecta la Estación 04 "Lienzo Charro" se ubica sobre la Ave. Constituyentes (Antes Madereros), se observan aun las vías del tren a
flores sobre
hecho esta aún no está pavimentada. En la ladera sur se observan una serie de mancha blanquecinas y caminos que pasan
(Se marcan
son zonas de explotación que pudieran ser solo rascaderos, pero al haber caminos de acceso seguramente son bocaminas.
En la parte alta ya donde
estación 04 y al poniente del predio, se observa una gran zona casi blanca (Línea discontinua verde), que en otros sitios ha
ondido por estas características a una explotación superficial del arenas pumíticas.



FOTOGRAFÍA 2

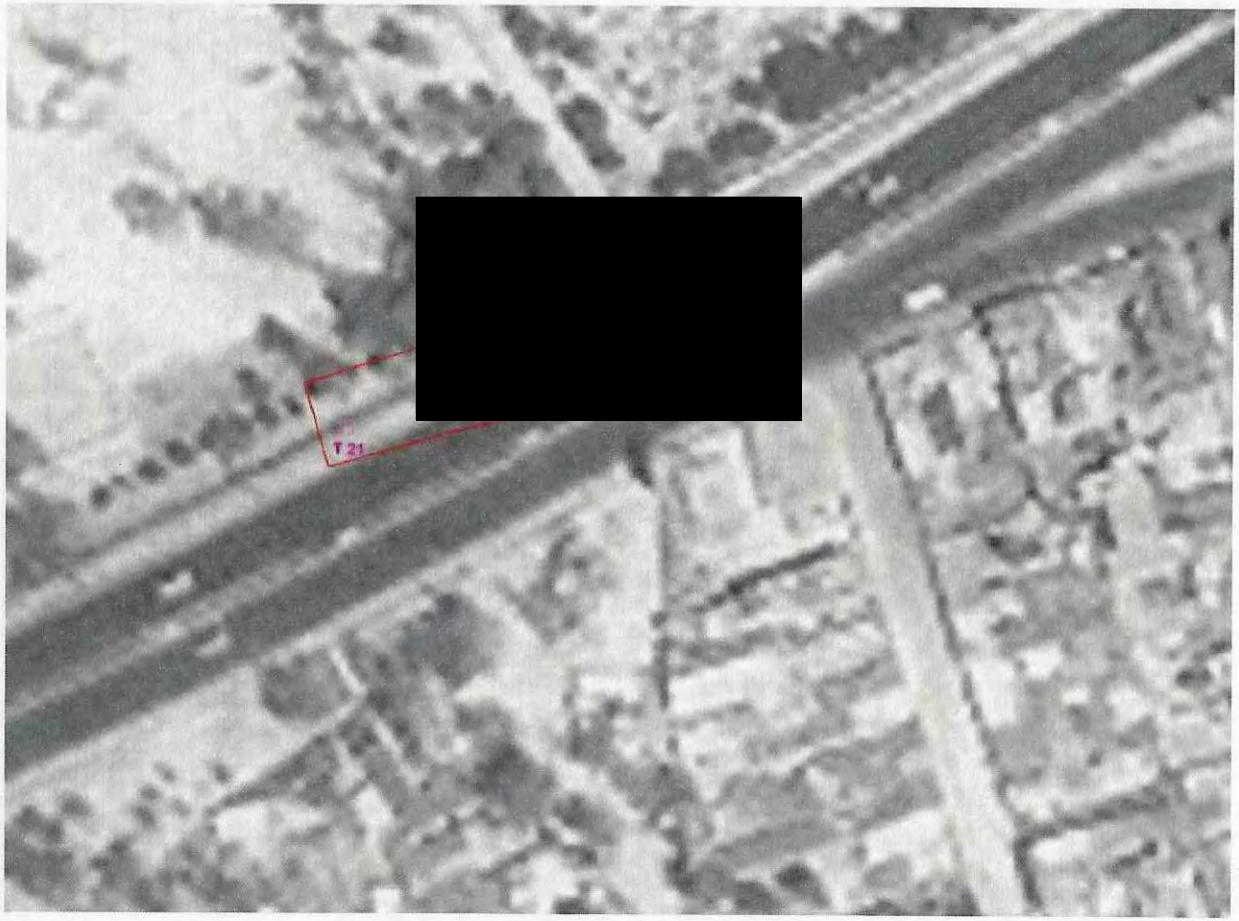
Para 1945 se observan l[redacted]adera sur ya casi han desaparecido y en otros casos ya tiene construcciones encima. En la zona al poniente del predio de la huella de la [redacted] alargado, y por el color de grisáceo el suelo debió de estar cubierto por pasto, se ven también más árboles. Se que existen casas entre la Ave. Constituyentes y Observatorio.

[redacted]



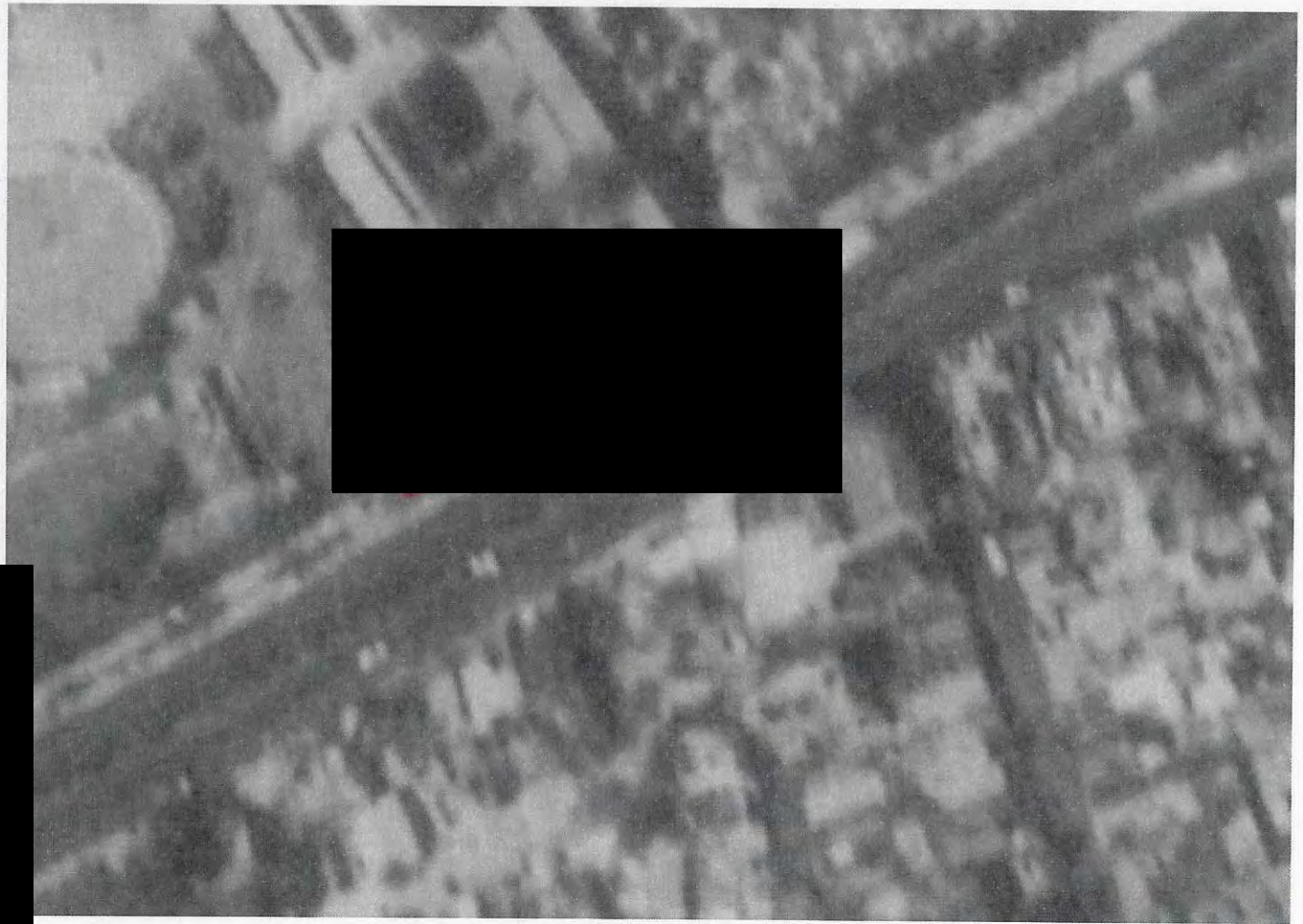
FOTOGRAFÍA 3

En 1959 se observan más construcciones en la ladera sur de Ave. Constituyentes, aun cuando se ve un tanto borrosa la fotografía ya prácticamente no hay vestigios de los caminos de acceso a las minas y tampoco [redacted] zona ubicada al poniente de la huella de la estación 04 se observa que ya hay construcciones en lo que sería el Lienzo Charro, de hecho por la f[redacted]r ya caballerizas. La Ave. Constituyentes y Observatorio están urbanizadas y tienen más o menos el mismo trazo que el actual.



FOTOGRAFÍA 4

[redacted] no existe ningún vestigio de los caminos y bocaminas, ya está totalmente urbanizado, [redacted] servan las misma construcciones en la zona del Lienzo Charro



FOTOGRAFÍA 5

el 1987 se observa ya con las instala [redacted] más o menos como en la actualidad, el área que lo circunda está totalmente urbanizada.



FOTOGRAFÍA 6

En el 2019 se observa como en la actualidad y ahí ya está marcado el proyecto del Cable Bus Línea 03 y de la Estación 0 4 Lienzo Charro.

SEDEMEN

3. RESULTADOS

*Se realizaron un total de 33 **(Treinta y Tres)** 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 37 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 4 (Cuatro) 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 (Sondeo SPT-6 T21) en donde se identifica un estrato de Toba Pumítica, el primero entre 11 a 15m, mientras que en la Torre T22 se realizó el sondeo SPT-1 T22 definiéndose algo que pudiera ser una Toba areno limosa que pudiera tener gravas de pómez, este estrato se ubica más o menos entre los 12 a15m de profundidad casi en el mismo intervalo que el otro sondeo. Motivo por el cual 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 a la estratigrafía constituida por 4 (Cuatro) diferentes estratos hasta los 20m de profundidad de investigación del georadar. 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 cuatro tipos de material:

*El material **M1**; es un material constituido por relleno y una Toba Arenosa que va de fina a gruesa e incluso algunas gravas que se distribuye superficialmente en toda el área explorada, este material al estar constituido por otros materiales diferentes presenta una compacidad variable pero predominantemente baja, por lo que deberá de retirarse para dar lugar a la cimentación. Tiene un espesor de 2.0 a 2.5m.*

*El **M2** de acuerdo a la mecánica de suelos este material se asocia a una Toba Areno Limosa pero con arenas finas que varían a medias y gruesas eventualmente, se parece algo al horizonte que le subyace, pero la respuesta del georadar es diferente. Se presenta entre los 2.5 a 11.0m de profundidad en promedio en las 33 líneas de georadar levantadas.*

En los radagramas está muy lejos de ser homogénea, realmente se observa errática y sumamente heterogénea, se observa que la señal no es totalmente cóncavas pero si alcanza cierta curvatura que pudiera estar asociado a la migración de cavidades. Su distribución y comportamiento vertical y lateral es totalmente aleatorio, aun cuando se presenta en posición casi horizontal, tiene un espesor de casi de 8 a 9m en promedio.

Es importante señalar que en la mecánica de suelos NO se definieron cavidades pero de acuerdo a lo que se observa en la respuesta de los radagramas en este material pareciera que si existieran, aun cuando la Toba Pumítica está entre 11 y 15 m de profundidad.

El las fotografías aéreas se observan que en la ladera sur de Constituyentes si hay evidencia que hubo bocaminas y caminos de acceso a ellas, pero en la mecánica de suelos no se detectaron, lo cual no quiere decir que no existan.

*El material **M3**; ya se asocia a la presencia de una Toba Arenosa Pumítica con algo de limos pero pumítica, se presenta en las 33 Líneas exploradas, de acuerdo a la mecánica de suelos este horizonte va de 11 a 15m 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.*

*Finalmente el material **M4**; se asocia a una alternancia de Tobas Limo Arenosas, con algunos horizontes de arenas gruesas, se presenta en todas las 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 le sobreyacen, aparentemente más compacto que los materiales arriba descritos, se presenta a partir de los 15m de profundidad.*

SEGUNDO GRUPO; Se observa que casi en todas las líneas de georadar las se presentan principalmente en el material M2 en donde se observa que la señal de georadar tiene un comportamiento errático, presentando repetidamente zonas con discontinuidades laterales.

En algunos casos la señal hace 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 pueden existir cavidades bajo el subsuelo del área explorada, así por los antecedentes de las fotografías aéreas analizadas, se observa que si hubo explotación subterránea en el área.

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)

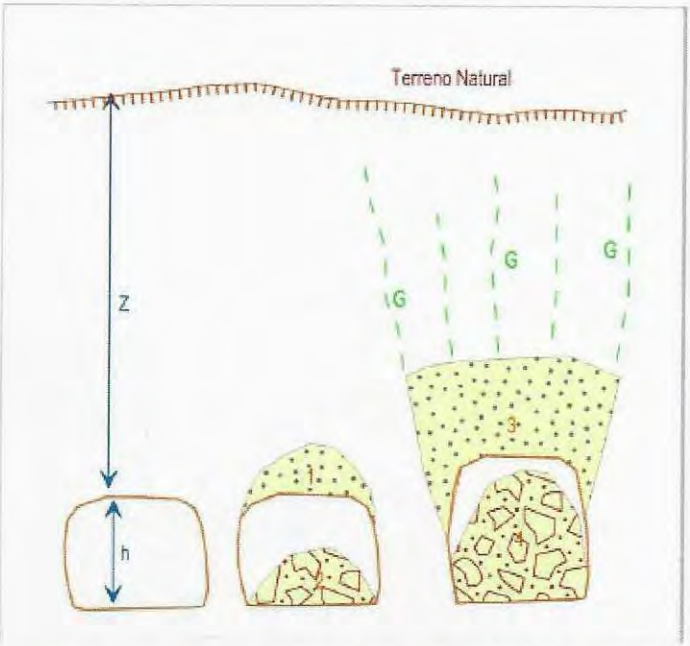


Figura 1: Aquí se ejemplifica como una cavidad y/o mina migra hacia la superficie producto de la erosión, humedad y el tiempo, primero existe la cavidad, se erosiona y empieza a colapsar su techo generando un hueco arriba del estrato de explotación (1 y 2), más tarde vuelve a colapsar el techo y genera un hueco más arriba del anterior y "rellena" de forma muy irregular el hueco haciéndose más grande hacia arriba y 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 lo cual antecede al colapso del suelo.

Por el tipo de anomalías que se están definiendo en este sitio correspondiente Estación 04, y los antecedentes de las fotografías áreas se observa en los radagramas esta condición pudiera estar sucediendo en el subsuelo.

También puede ser que exista una importante variación lateral de los materiales sean más gruesos en su granulometría y un tanto heterogéneos, que nos estuvieran genera anomalías de este tipo similares a posibles cavidades.

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

Esta variación se observa que va de los 2.0 a 11 ó 12m y hasta 14m de profundid el plano 1 se ubicaron estas anomalías en planta sobre cada una de las líneas explorad un recuadro achurado color magenta, indicándose la profundidad máxima a la que se enc la anomalía.

A continuación se presenta a manera de tabla la ubicación en cada línea de estas anomalías asociadas a posibles cavidades y/o heterogeneidades laterales importantes del material.

LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)	LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)
1	0.0 – 27.0	3..0 – 10.5	8	0.0 – 3.0	2.0 – 12.0
	35.0 – 58.0	3.0 - 14.0	8 A	3.0 – 6.5	2.5 -12.0
	61.0 - 76.5	3.0 – 10.0	9	0.0 – 7.6	3.0 – 12.0
2	0.0 – 1.5	3.5 – 10.0	9 - 10		
	5.0 – 10.0	3.0 – 10.0	10	0.0 – 7.6	3.0 – 10.0
	14.0 - 18.5	3.0 – 10.0	11	0.0 – 7.5	3.0 – 9.5
	28.5 – 48.0	3.0 – 13.0	11 A	3.0 – 6.4	2.5 – 13.5
	54.5 – 77.5	3.5 – 14.5	12	0.0 – 2.0	3.0 -14.5
3	5.0 – 21.0	3.0 – 10.5		4.5 – 6.5	2.0 – 9.0
	26.5 – 47.0	3.0 – 10.5	12 A	0.0 – 8.1	3.0 – 8.5
	54.0 – 70.0	3.0 – 10.5	13	3.5 – 6.5	3.0 – 9.5
	72.5 – 80.0	3.0 – 10.		9.0 – 11.5	2.5 – 9.0
A 1	0.0 – 1.5	3.0 – 7.5	13 A		
	3.0 – 11.0	3.0 – 10.0	14	1.0 – 7.5	2.5 – 10.0
	15.0 – 26.5	2.5 – 10.0	14 A	6.5 – 8.6	3.0 – 15.0
A 2	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	15	0.5 – 6.8	2.5 – 14.0
A 3	0.0 – 16.5	3.0 – 10.0	16	2.5 – 7.25	3.0 - 9.5
4	0.5 – 7.9	4.0 10.5	17	0.0 – 7.25	3.0 – 12.5
4 A	0.0 – 4.0	3.0 – 8.0	18	0.0 – 7.65	3.0 – 9.5
5	0.5 - 7.8	3.0 - 9.0	19		
5 A	0.0 – 5.0	3.0 – 9.0	20	5.0 – 21.5	2.5 – 10.0
6	4.0 – 7.8	3.0 - 9.5			
6 A	0.0 - 6.6	2.5 – 10.0			
7	0.0 – 7.6	4.0 – 8.0			
7 A	2.5 – 6.5	2.5 – 12.0			

[redacted]

3. CONCLUSIONES

Del presente estudio se desprenden las siguientes conclusiones.

- *Se realizó un análisis de fotografías aéreas en los periodos de 1939, 1945, 1959, 1970, 1987 y 2019.*
- *De este análisis de fotografías aéreas antiguas que en la parte sur del predio en la ladera de la Ave. Constituyentes se ve que existió desde 1936 una importante zona de caminos y de accesos (bocaminas) a las minas subterráneas, pudiéndose prolongar bajo la zona de la huella de la Estación 04 Lienzo Charro.*
- *A partir de 1945 se observa empiezan a desaparecer estos caminos y bocaminas y para 1959 ya se empieza a urbanizar el área cubriendo los vestigios de las antiguas minas.*
- *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 33 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 puede asociar este tipo de anomalías a la posible presencia de cavidades en el subsuelo, y en este caso también a posibles variaciones laterales en la constitución de los materiales que pudieran ser más gruesos e irregular su distribución.*
- *En la mecánica de suelos se identificó un horizonte de tobas pumíticas que van de 11 a 15m en la parte de la torre 21, mientras que en la torre 22 se presenta entre 12 a 15m, por lo que de haber cavidades se esperaría que existieran anomalías a partir de ah hacia arriba.*
- *En los radagramas de 33 líneas realizadas se colocaron los contactos litológicos de acuerdo con la mecánica de suelos, así como a la respuesta de la señal del geo esos puntos. Se observa que estos muestran una gran heterogeneidad en la los materiales M1, M2 y M3, siendo esta última la que corresponde con Pumítica, pero lo importante radican en que en todas las líneas se muestra anomalía que se marcó con una línea discontinua color azul en los plano definiendo grandes zonas de heterogeneidad del subsuelo, pudieran ser produ migración de las cavidades a la superficie. (Figura1).*
- *La profundidad de estas anomalías asociadas a las zonas de colapso y heterogéneos se observan con un comportamiento muy variable ya que van d 2.5 hasta los 15.0m.*

- *Con estos resultados de la exploración del subsuelo realizada con georadar y específicamente en la zona de la Estación 04 "Lienzo Charro" y de las Torres T21 y T22 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, PERO PUDIERA SER TAMBIÉN VARIACIONES LATERALES DE LOS MATERIALES*

- *La cimentación de la estructura debe de ser por debajo de esta profundidad (15.0m) 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 21 y T 22 serán desplantadas en pilas de por lo menos 1.0m de diámetro, hasta 24m de profundidad. Encontrándose seguramente problemas en esos primeros 2 a 15m de profundidad con material inestable y que seguramente se tendrá que usar ademe en esa parte para las pilas, si es que estas anomalías fueran cavidades.*

- *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 04 "Lienzo Charro" 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 hace alguna verificación de estas anomalías con exploración directa para verificar el estado del subsuelo y sus c geomecánicas y determinar si es apto o no para soportar la estructura que s construir ahí.*

[redacted]

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 Firts Edition.

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

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

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

Software MALA VISION GuidelineGeo ABEN MALA (Sweden 2022).

ANEXO 1

MÉTODO DE GEORADAR

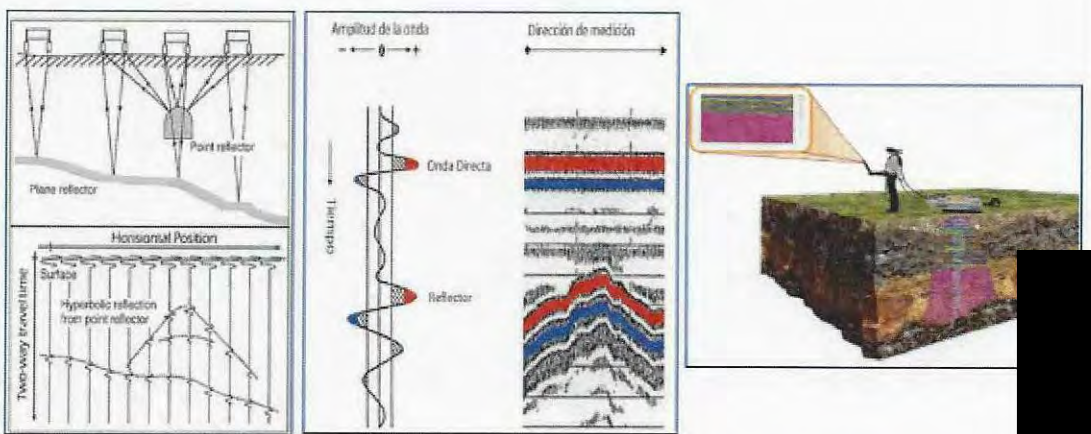
INTRODUCCION:

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 presenten 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 wiggle (formato sísmico) o bien ambas al mismo tiempo.

La Deconvolución es un filtrado especial que se utiliza para incrementar la resolución y suprimir múltiples en los datos, mientras que la Migración es un tipo de procesamiento que enfoca el patrón de radiación de la antena proporcionando una imagen más exacta de los objetos del subsuelo eliminando las distorsiones causadas durante la adquisición de datos. Finalmente los datos ya interpretados se pueden presentar en color, y/o en tonos de grises y azul en formato wiggle o bien la combinación de este 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 38)*
- *Antena de 100 M Hz.*
- *Computadora portátil para la captura de datos.*

ANEXO 2
FOTOGRÁFICO



FOTOGRAFÍA 7

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 1.



FOTOGRAFÍA 8

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 1.



FOTOGRAFÍA 9

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 2.



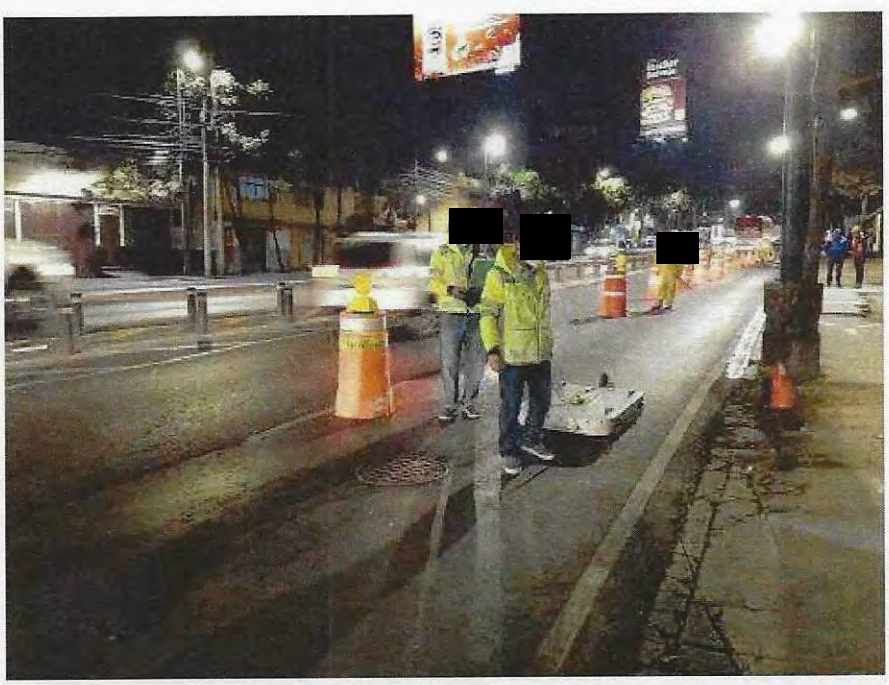
FOTOGRAFÍA 10

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 2.



FOTOGRAFÍA 11

Cable Bus Linea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 3.



FOTOGRAFÍA 12

Cable Bus Linea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 3.



FOTOGRAFÍA 13

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 4.



FOTOGRAFÍA 14

Cable Bus Línea 3 Estación 04 Lienzo Charro, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 4 A.

13. ANEXO 4. AMEMORIA DE CÁLCULO

[redacted]

CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR PUNTA, NTC CIMENTACIONES 2017

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

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

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

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)
0.8	0.503	22.0	26.54	2.3	2.88	36	175.6	46.8	93.97	14.00	0.35	14.00	238.48
1.0	0.785		41.47		2.30				84.54				336.33
1.2	1.131		59.72		1.92				78.25				449.46
1.4	1.539		81.28		1.64				73.75				577.87

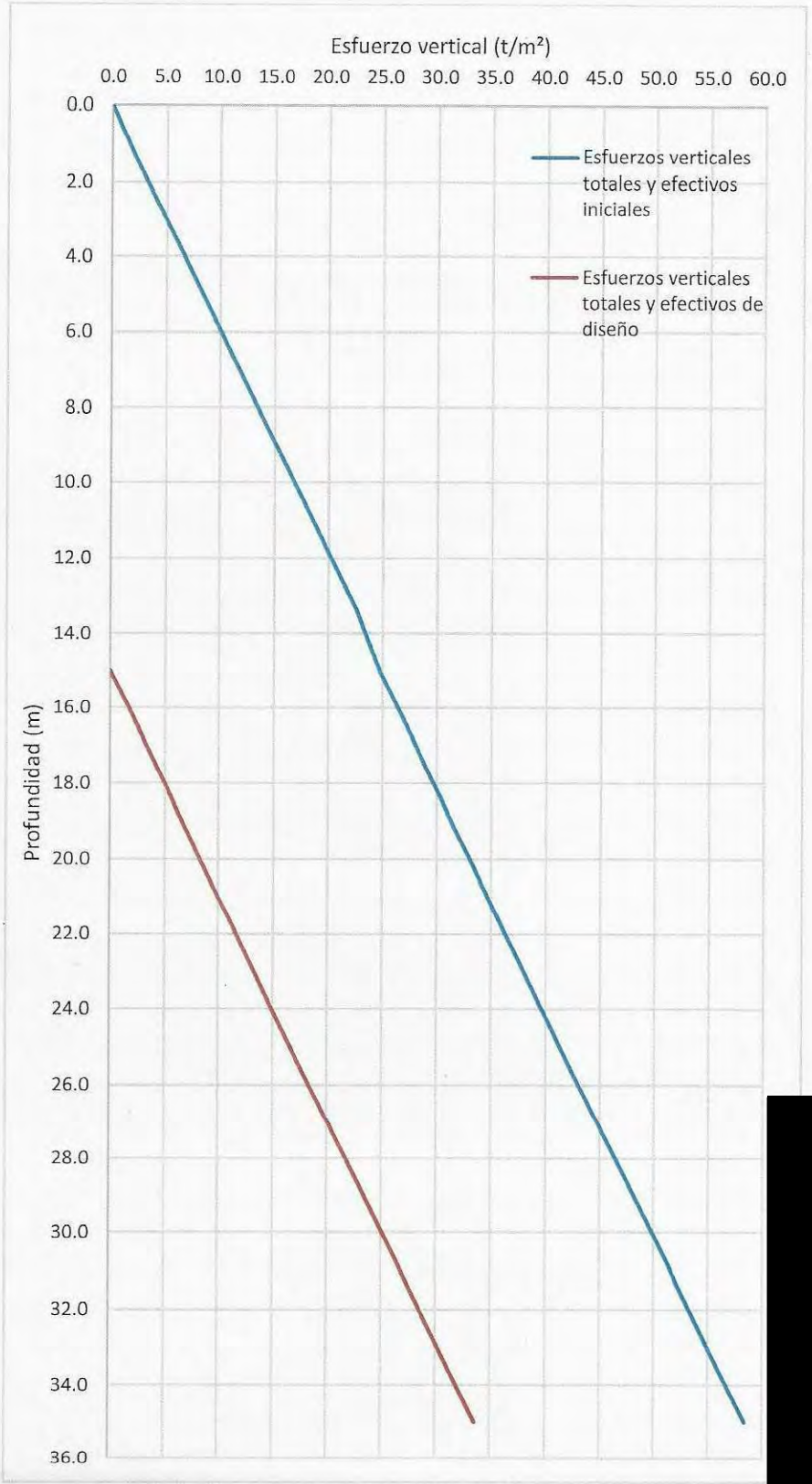
CAPACIDAD DECRAGA REDUCIDA POR FUSTE, NTC CIMENTACIONES 2017

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

	Profundidad (m)	γ (t/m³)	Poz (t/m²)	Uoz (t/m²)	P'oz (t/m²)	ϕ	c (t/m²)	N	σc (kg/cm²)	E (kg/cm²)
	0.00	1.6	0.00	0.00	0.00	10	1.5	7	0.00	70
	0.65	1.6	1.03	0.00	1.03				0.07	
	1.29	1.6	2.06	0.00	2.06				0.14	
	1.29	1.7	2.06	0.00	2.06	37	1	100	0.14	1000
Dado	2.00	1.7	3.27	0.00	3.27				0.22	
	6.10	1.7	10.23	0.00	10.23				0.68	
	10.90	1.7	18.40	0.00	18.40				1.23	
	10.90	1.7	18.40	0.00	18.40	32	1	30	1.23	250.0
	12.15	1.7	20.53	0.00	20.53				1.37	
	13.40	1.7	22.65	0.00	22.65				1.51	
	13.40	1.3	22.65	0.00	22.65	30	0	40	1.51	350.0
	14.20	1.3	23.69	0.00	23.69				1.58	
	15.00	1.3	24.73	0.00	24.73				1.65	
	15.00	1.7	24.73	0.00	24.73	32	1	30	1.65	300.0
	15.60	1.7	25.75	0.00	25.75				1.72	
	16.20	1.7	26.77	0.00	26.77				1.78	
	16.20	1.65	26.77	0.00	26.77	35	5	45	1.78	450.0
	18.15	1.65	29.99	0.00	29.99				2.00	
	20.10	1.65	33.21	0.00	33.21				2.21	
	20.10	1.65	33.21	0.00	33.21	30	3	28	2.21	300.0
	20.85	1.65	34.44	0.00	34.44				2.30	
	21.60	1.65	35.68	0.00	35.68				2.38	
	21.60	1.65	35.68	0.00	35.68	36	5	59	2.38	700.0
	22.175	1.65	36.63	0.00	36.63				2.44	
	22.75	1.65	37.58	0.00	37.58				2.51	
Df	23.90	1.65	39.48	0.00	39.48				2.63	
	23.90	1.7	39.48	0.00	39.48	38	6	80	2.63	1000.0
	24.45	1.7	40.41	0.00	40.41				2.69	
	25.00	1.7	41.35	0.00	41.35				2.76	
	29.45	1.7	48.91	0.00	48.91				3.26	
	35.00	1.7	58.35	0.00	58.35				3.89	

P'vi (t/m²)	Hi (m)	βi
0.00		
1.02	1.20	0.61
2.04		
2.04		
5.26	3.90	0.54
8.48		
8.48		
9.71	1.50	
10.95		
10.95		
11.90	2.30	
12.85		
14.75		

D (m)	Pp (m)	FR	Cf (t)
0.8	2.513	0.65	38.8
1.0	3.142		48.5
1.2	3.770		58.2
1.4	4.398		67.9



Gráfica 1. Esfuerzos efectivos y totales verticales