**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 / Doppelmayr

**CONTROL DE DOCUMENTOS**

☐ Autorizado para construcción — Fecha _____

☐ Autorizado para implementación — Fecha _____

☐ Solo para información — Fecha _____

☐ Obsoleto — Fecha _____

**Copia Controlada para:** SUPERVISIÓN CA[redacted]

Autoriza: _____ [redacted]

| [redacted] | **Autorizó.** | [redacted] |
|---|---|---|
| | | |

Contenido

1. ANTECEDENTES ..... 3
2. OBJETO ..... 3
3. ALCANCES ..... 3
4. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 33 ..... 3
5. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO ..... 5
5.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE ..... 5
5.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA ..... 5
5.3 ENSAYES DE LABORATORIO ..... 5
5.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA ..... 6
5.5 MODELO GEOMECÁNICO ..... 7
6. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN ..... 8
6.1 CARGAS ACTUANTES ..... 8
6.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN ..... 9
6.3 ESTADO LÍMITE DE FALLA ..... 9
6.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO ..... 11
7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO ..... 13
7.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS ..... 13
7.2 PILAS ..... 14
7.3 EXCAVACIÓN ..... 16
7.4 MINAS ..... 17
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 17
9. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA ..... 20
10. ANEXO 2. PERFIL DE SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y REGISTRO DE CAMPO ..... 24
11. ANEXO 3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE LABORATORIO ..... 34
12. ANEXO 4. RESULTADOS DE PRUEBAS DE PRESIÓMETRO ..... 48
13. ANEXO 5. CARGAS ACTUANTES EN UNA TORRE TIPO CONCÉNTRICA ..... 71
14. ANEXO 6. MEMORIA DE CÁLCULO ..... 77

**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 ..... [redacted]
Tabla 3 Valores de $N_{max}$ y $N_{min}$ ..... [redacted]
Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación ..... [redacted]
Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas ..... [redacted]
Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas ..... [redacted]
Tabla 7. Módulos estáticos de reacción horizontal para dado ..... [redacted]

**Índice de Figuras**

Figura 1. Croquis de localización y ubicación de sondeos, T-33
Figura 2. Zonificación geotécnica de la Ciudad de México
Figura 3. Corte estratigráfico y solución de cimentación, T-33
Figura 4. Procedimiento de excavación, T-33

## 1. Antecedentes

Con el propósito de cumplir con los términos de referencia del proyecto "CONSTRUCCIÓN CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES - LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3" DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO. El consorcio solicito a la empresa INGENIEROS CUEVAS ASOCIADOS, realizar el compendio para el presente estudio de mecánica de suelos para la Torre 33, originalmente elaborado por la empresa LIEC S.A de C.V, del proyecto correspondiente al sistema de transporte urbano, Cablebús, línea 3, que se extenderá del Complejo Cultural Los Pinos (Calzada del Rey, S/N, Chapultepec Primera sección, Alcaldía Miguel Hidalgo) a la Av. Vasco de Quiroga, Alcaldía Álvaro Obregón.

## 2. Objeto

Realizar el estudio geotécnico para la esta Torre 33. Con base en los resultados de la exploración geotécnica y geofísica y de las pruebas de laboratorio, se determinaron las condiciones estratigráficas del sitio, así como la solución de cimentación y su nivel de desplante, la capacidad de carga reducida del suelo y los asentamientos que se presentarán en la masa de suelo correspondiente a la torre 33, denominada T-33, la cual tiene las coordenadas X=479,172.4199; Y= 2,146,081.0946 y se proyecta dentro de la segunda sección del Bosque de Chapultepec, en la zona del Skate Park Constituyentes, Av. Constituyentes S/N, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX (Fig. 1).

## 3. Alcances

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

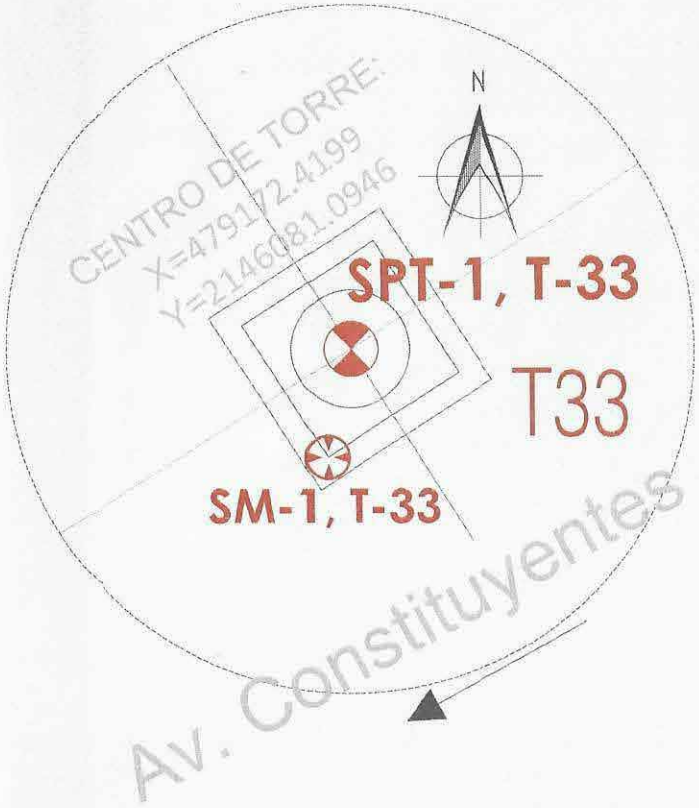
## 4. Características generales y ubicación de la Torre 33

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.

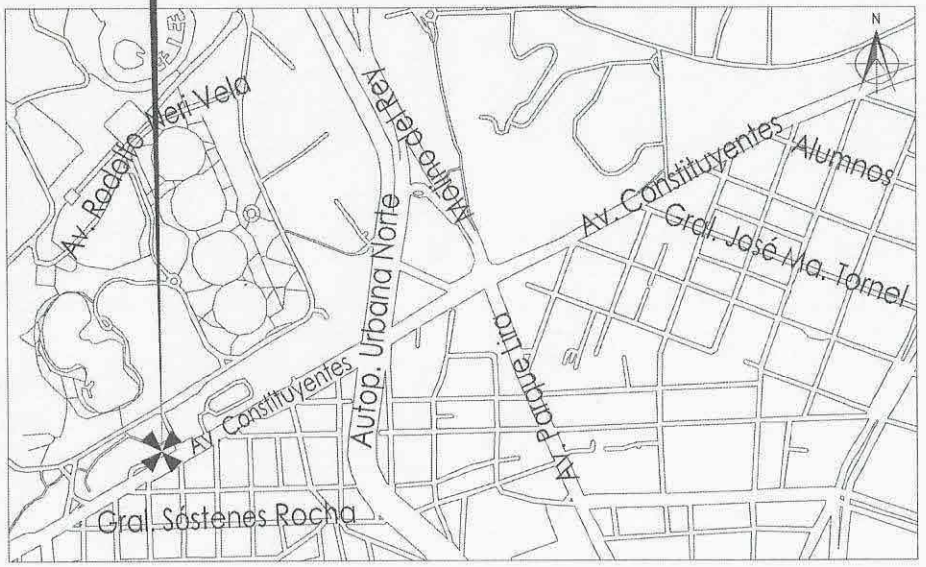
El proyecto será realizado en la demarcación territorial de Álvaro Obregón y Miguel Hidal
zona centro – poniente de la Ciudad de México limitado al sur con las alcaldías de Magda
Tlalpan, oriente con la alcaldía de Benito Juárez y Cuauhtémoc, al norte con la alcaldía Az
con los municipios mexiquenses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

La denominación y ubicación inicial de cada una de las 6 estaciones se describe en la siguie

# Cablebús L-3, Torre 33




SITIO EN ESTUDIO




**SPT: Sondeo de Penetración Estándar**

**SM: Sondeo Mixto**

[redacted]

[redacted]

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

[redacted]

| No. | MODIFICACIÓN | FECHA | APROBÓ | V.o.Bo. |
|---|---|---|---|---|

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefe de Gobierno de la Ciudad de México
Lic. Claudia Sheinbaum Pardo

Secretaría de Obras y Servicios de la CDMX
M.Sc. Jesús Rafael Esquivel Michel

Dirección General de Obras para el Metrobús
Ing. Francisco Javier Murillo Marín

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Ing. María Isabel Espinosa Chávez

Proyecto Ejecutivo: Línea 3 Cablebús

DGOT-LPE-F-1-042-2022

CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES-LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3 DEL SISTEMA DE TRASLADO PÚBLICO 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*

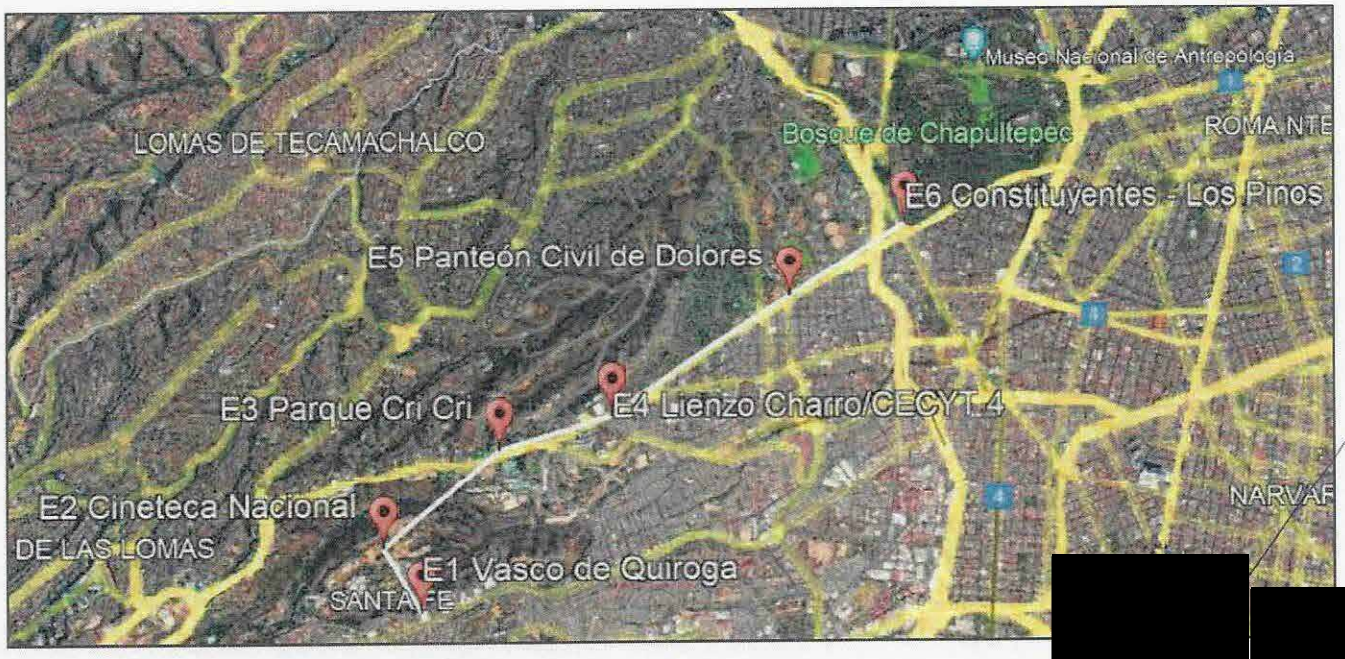



*Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús*

La Torre 33 con coordenada[redacted] y se proyecta dentr[redacted] del Bosque de Chapultepec, en la zona del Skate Park Constituyentes, Av. Constituyentes S/N, Alcaldía Hidalgo, CDMX. La zona presenta abundantes árboles. Esta torre es del tipo concéntrica y tendrá una a[redacted] 41.8 m.

# 5. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO

## 5.1 Información geotécnica disponible

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

## 5.2 Exploración geotécnica

Para determinar las unidades estratigráficas del sitio se realizó un sondeo de penetración estándar (SPT-1, T-33), a una profundidad de 35.49 m. La técnica de penetración estándar consiste en el hincado a percusión de un muestreador de medidas estandarizadas (penetrómetro), dejando caer sobre este, un peso de 63.0 kg, desde una altura de 76 cm, contabilizando el número de golpes necesarios para hincar los 30 cm centrales del muestreador (Ref. 2).

Con los resultados del sondeo de penetración estándar, se programaron 4 pruebas de presiómetro, a las profundidades medias de 8.0, 14.5 y 20.0 m, en un barreno donde igualmente se ejecutó un sondeo de avance controlado, por lo que este sondeo fue mixto (SM-1, T-33), a una profundidad de 35.9 m. Para el ensaye de presiómetro, la sonda está constituida por una membrana de medición central y una membrana llamada "guardia". Este montaje permite que al expandirse la sonda durante la ejecución del ensaye, en todo momento tenga una forma cilíndrica; esto se logra estableciendo una diferencia de presiones entre las membranas.

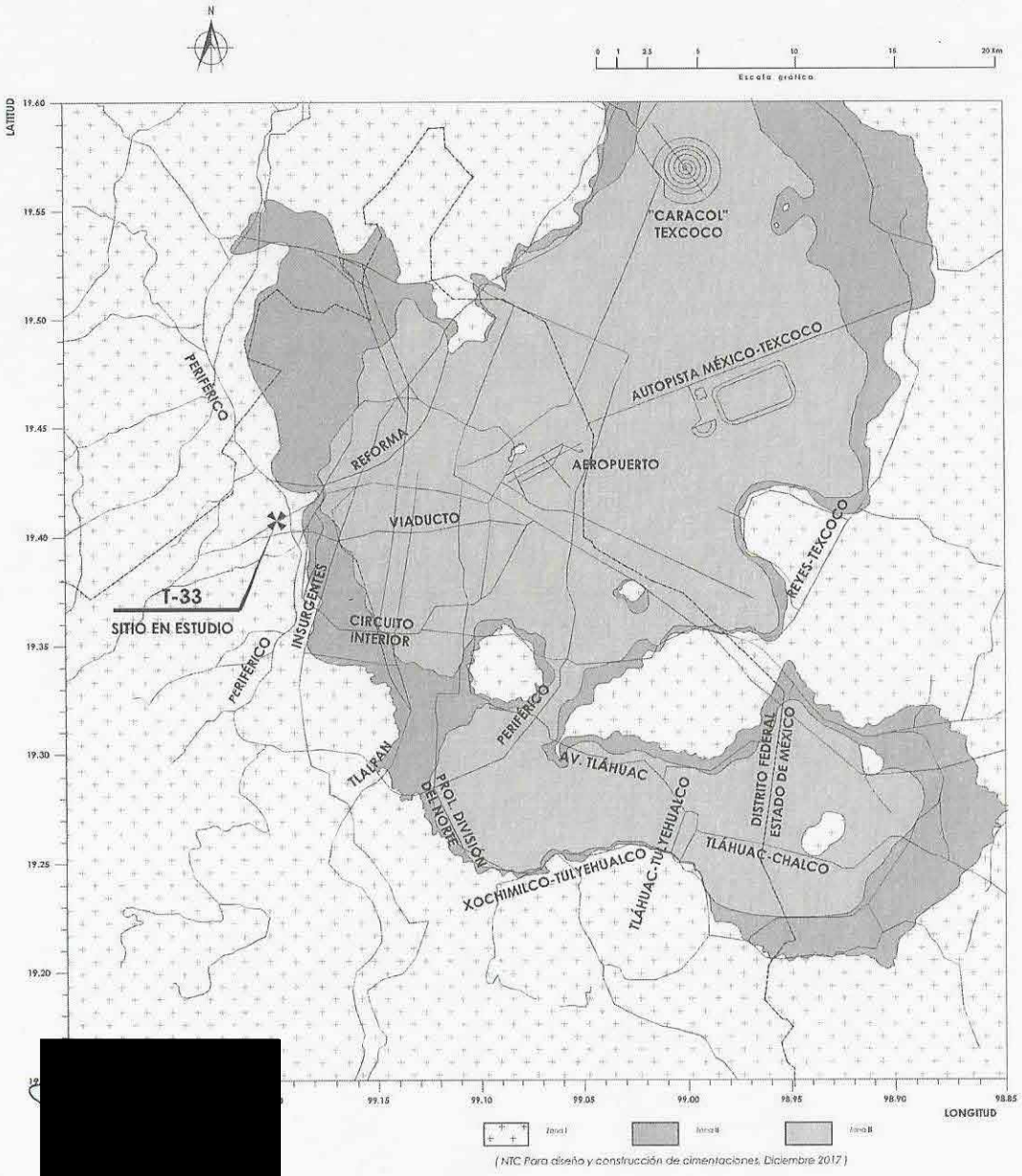
El ensaye presiométrico es esencialmente una prueba de carga in situ, para poder determinar el [redacted] módulo de Menard ($E_m$), que se puede correlacionar con el módulo de tipo elástico ($E_a$), del suelo e[redacted] se realiza la prueba.

El sondeo de avance controlado consiste en la medición del tiempo en segundos, para el avance de [redacted] cm de la perforación con broca tricónica de acero, de 2 15/16" de diámetro. Anotando la vibración, la[redacted] y el color del lodo que se presenta durante la ejecución del sondeo. Los tiempos de avance ay[redacted] identificar inconsistencias en la continuidad de la masa de suelo.

## 5.3 Ensayes de laboratorio

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

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




( 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

[redacted]

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefe de Gobierno de la Ciudad de México

Secretaría de Obras y Servicios de la CDMX

Dirección General de Obras para el Transporte

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales

Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

DGOT-LPF-F-1-042-2022

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.

NO. 1 ZONIFICACIÓN SEGÚN LA NOM DE LA CIUDAD DE MÉXICO

- Límites de consistencia

***En la Figura 1 se presenta la ubicación de los sondeos realizados, en el Anexo 1 se presenta una memoria fotográfica con aspectos relevantes de los trabajos de campo, en el Anexo 2 se exhiben los perfiles de los sondeos realizados, en el Anexo 3 se presentan los resultados de las pruebas de laboratorio. Por su parte, en el Anexo 4 se presentan las pruebas de presiómetro, en el Anexo 5 se presentan las cargas actuantes para una torre tipo concéntrica y en el Anexo 6 se presenta la memoria de cálculo de la cimentación.***

### 5.4 Interpretación estratigráfica

Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio, los sondeos exploratorios realizados en esta torre y los sondeos y exploración geofísica realizados en las Torres 30, 31 y E-5, a continuación, se presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio:

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

**De 0.0 a 11.4 m se presenta un relleno para la rehabilitación de antiguas minas de esta zona y presenta la siguiente sub estratificación:** ***De 0.0 a 1.80 m. Arcilla poco arenosa (CL),*** color café claro de consistencia dura a muy dura, con un número de golpes en la prueba de penetración estándar N, de 20 a 47. El contenido natural de agua, ω, en promedio de 18%. El porcentaje de finos entre 80 %, mientras que el porcentaje de arena es de 17 % y con un porcentaje de 3% en gravas.

***De 1.8 a 11.4 m. Arcilla arenosa (CL),*** color café claro, de consistencia baja a muy dura, con una gran variación en el número de golpes N, entre 3 a más de 50. El contenido natural de agua, ω, varía entre 13 y 32%. El porcentaje de finos [redacted] varía entre 32 y 70%, mientras que el porcentaje de arena varía entre 26 y 54% y con un porcentaje de gravas que varía [redacted] entre 4 y 14%.

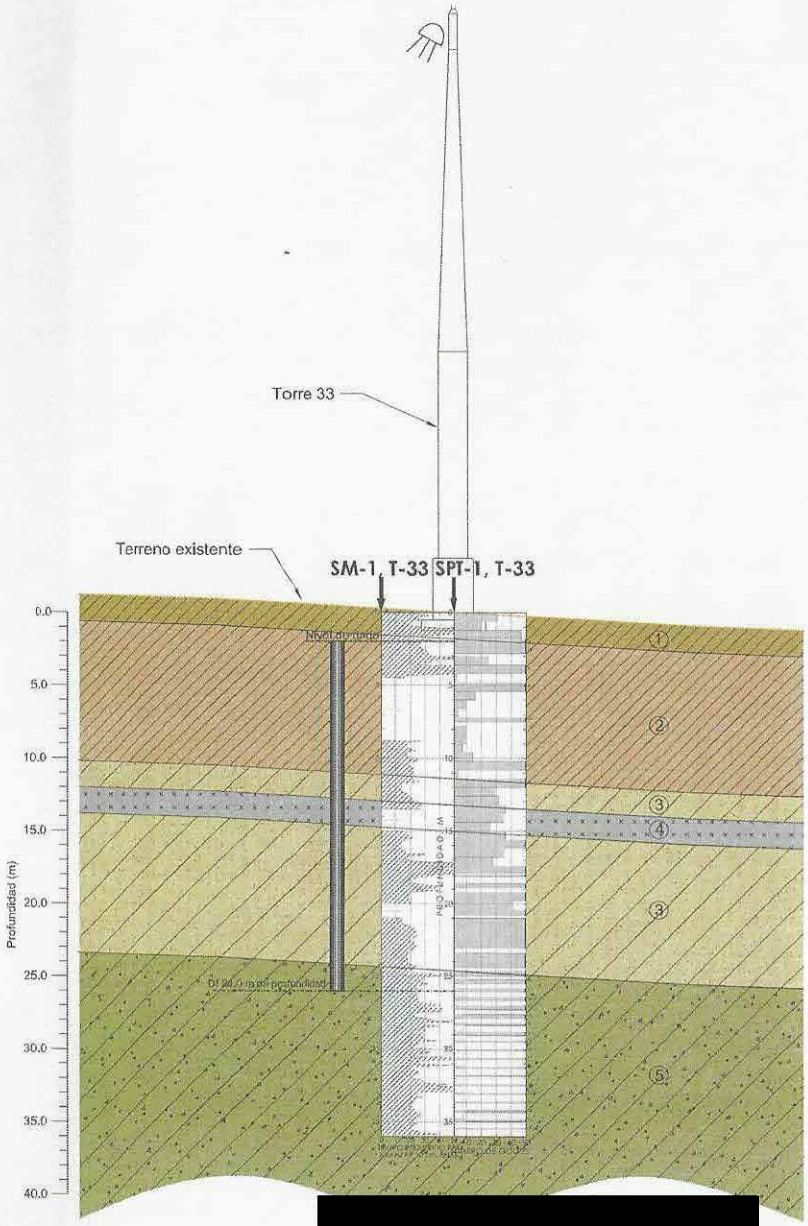
**De 11.4 a 13.2 y De 15.0 a 24.6 m. Arena arcillosa (SC),** color café claro, en estado compacto a muy compacto, con un [redacted] número de golpes N, de 3 a más de 50. El contenido natural de agua, ω, varía entre 14 y 35%. El porce [redacted] varía entre 30 y 44%, el porcentaje de arena está entre 50 y 63%, mientras que el porcentaje de gravas [redacted] 9%.

**De 13.2 a 15.0 m. Arena pumítica**, limosa, color gris claro, en estado semicompacto a compacto, con un número de golpes N, de 26 a 36. El contenido natural de agua, ω, varía entre 42 y 51.8 %. El porcentaje de finos es del 43%, el porcentaje de arena es de 56% y un 1% de gravas.

**De 24.6 a 35.5 m. Arena arcillosa con grava (SC)**, color café, en estado muy compacto, con un número de g [redacted] mayor a 50. El contenido natural de agua, ω, es en promedio de 13%. El promedio de porcentaje de finos es va [redacted] 19 y 31%, entre 54 y 62% de arena y gravas entre 12 y 27%.

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

**Minas**. Durante los trabajos de ejecución del SPT se tuvo pérdida total de agua a 1.2 m de profundi [redacted] su parte, en el sondeo mixto, se tuvo pérdida total de agua a una profundidad de 3.0 m.




[redacted]

Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio, los sondeos exploratorios realizados en esta torre y los sondeos y exploración geofísica realizados en las Torres 30, 31 y E-5, a continuación, se presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio, **con profundidades referidas al SPT-1:**

**De 0.0 a 11.4 m se presenta un relleno para la rehabilitación de antiguas minas de esta zona y presenta la siguiente sub estratificación:**

① ***De 0.0 a 1.80 m. Arcilla poco arenosa (CL),*** color café claro de consistencia dura a muy dura, con un número de golpes en la prueba de penetración estándar N, de 20 a 47. El contenido natural de agua, , en promedio de 18%. El porcentaje de finos entre 80 %, mientras que el porcentaje de arena es de 17 % y con un porcentaje de 3% en gravas.

② ***De 1.8 a 11.4 m. Arcilla arenosa (CL),*** color café claro, de consistencia baja a muy dura, con una gran variación en el número de golpes N, entre 3 a más de 50. El contenido natural de agua, , varía entre 13 y 32%. El porcentaje de finos varía entre 32 y 70%, mientras que el porcentaje de arena varía entre 26 y 54% y con un porcentaje de gravas que varía entre 4 y 14%.

③ **De 11.4 a 13.2 y De 15.0 a 24.6 m. Arena arcillosa (SC),** color café claro, en estado compacto a muy compacto, con un número de golpes N, de 3 a más de 50. El contenido natural de agua, , varía entre 14 y 35%. El porcentaje de finos varía entre 30 y 44%, el porcentaje de arena está entre 50 y 63%, mientras que el porcentaje de gravas varía de 0.3 a 9%.

④ **De 13.2 a 15.0 m. Arena pumítica**, limosa, color gris claro, en estado semicompacto a compacto, con un número de golpes N, de 26 a 36. El contenido natural de agua, , varía entre 42 y 51.8 %. El porcentaje de finos es del 43%, el porcentaje de arena es de 56% y un 1% de gravas.

⑤ **De 24.6 a 35.5 m. Arena arcillosa con grava (SC),** color café, en estado muy compacto, con un número de golpes N, mayor a 50. El contenido natural de agua, , es en promedio de 13%. El promedio de porcentaje de finos es varía entre 19 y 31%, entre 54 y 62% de arena y gravas entre 12 y 27%.

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

**Minas.** Durante los trabajos de ejecución del SPT se tuvo pérdida total de agua a 1.2 m de profundidad, por su parte, en el sondeo mixto, se tuvo pérdida total de agua a una profundidad de 3.0 m.

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta la exploración geotécnica y geofísica realizada en las Torres 30, 31 y 32 y en la Estación 5, se concluye que el material de 0.0 a 11.4 m detectado en el SPT-1, T-33, corresponde con **un Relleno heterogéneo para rehabilitación de antiguas minas.**

[redacted]

CABLEBUS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

[redacted]

| NO. | MODIFICACIÓN | FECHA | APROBÓ | Rubro |
|---|---|---|---|---|

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefa de Gobierno de la Ciudad de México
Dra. Claudia Sheinbaum Pardo

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

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

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Arq. Mario Rodolfo Rodríguez Gutiérrez

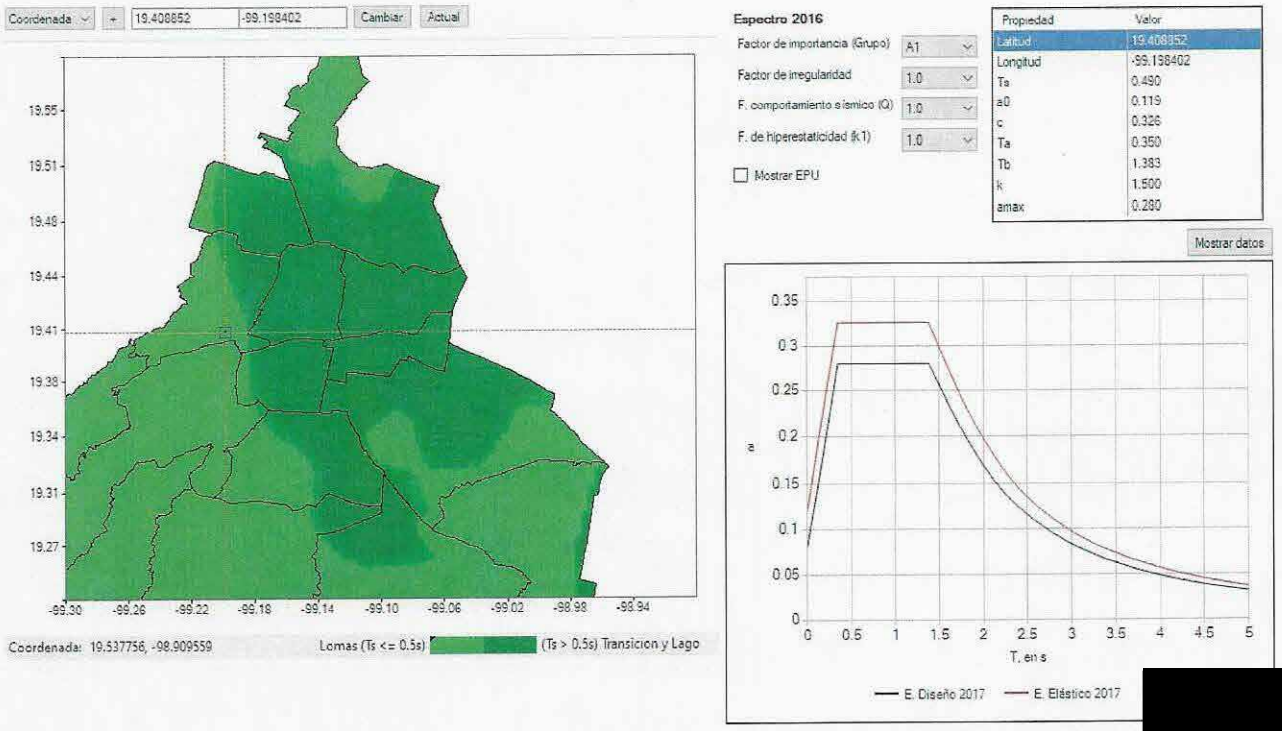
Proyectó Ejecutivo Línea 3 Cablebus

EDOOT-LPN-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 PÚBLICO CABLEBUS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

[redacted]

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta la exploración geotécnica y geofísica realizada en las Torres 30, 31 y 32 y en la Estación 5, se concluye que el material de 0.0 a 11.4 m detectado en el SPT-1, T-33, corresponde con **un Relleno heterogéneo para rehabilitación de antiguas minas.**

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




[redacted]

## 5.5 Modelo geomecánico

Los parámetros mecánicos de los estratos que conforman la estructura del subsuelo; necesa[redacted] determinación de la capacidad de carga y deformaciones, se presenta en la Tabla 2 y son result[redacted] resultados de la exploración geotécnica, laboratorio y pruebas de ficómetro realizados en la Torr[redacted]

*Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño*

| Unidad | Profundidad(m) | S.U.C.S | γ (t/m³) | c (t/m²) | ϕ° | E (kg/cm²) | Observaciones |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.0 a 1.8 | CL arenosa | 1.6 | 5 | 15 | 200 | De acuerdo con los resultados de la exploración geotécnica en esta Torre y geofísica de torres cercanas, se considera la presencia de rellenos utilizados para regenerar antiguas minas, hasta 11.4 m. |
| 2 | 1.8 a 11.4 | CL arenosa con gravas | 1.55 | 3 | 10 | 113 | |
| 3 | 11.4 a 13.2 y 15.0 a 17.4 | SC con pocas gravas | 1.7 | 6 | 32 | 310 | |
| 4 | 13.2 a 15.0 | Pumítica | 1.3 | 5 | 30 | 304 | |
| 5 | 17.4 a 24.6 | SC con pocas gravas | 1.7 | 10 | 36 | 890 | |
| 6 | 24.6 a 35.5 | SC con gravas | 1.75 | 12 | 37 | 1,200 | |

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

*Cabe mencionar que, las propiedades de resistencia y deformabilidad de los materiales, se determinaron tomando en cuenta las pruebas de ficómetro realizadas en las torres cercanas, así como con las pruebas de presiómetro y por correlaciones con el número de golpes N (Ref. 4), de la prueba de penetración estándar, presentes en la memoria de cálculo, gráficas 1 y 2.*

## 6. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

**Datos del proyecto.** La Torre 33 con coordenadas X=479,172.4199; Y= 2,146,081.0946 y [redacted] tro de la segunda sección del Bosque de Chapultepec, en la zona del Skate Park [redacted] Av. Constituyentes S/N, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX. La zona presenta abundantes árbo [redacted] del tipo concéntrica y tendrá una altura de 41.8 m.

### 6.1 Cargas actuantes

Las cargas actuantes a nivel de cimentación; que incluye el peso del dado; que se determinaron e [redacted] sis estructural de una torre tipo concéntrica se presenta en el Anexo 4. En este anexo, se presenta la [redacted] de incremento de esfuerzos por la gran excentricidad que existe entre el centro de cimentación y e [redacted] de cargas. Así mismo, se presentan las 8 combinaciones correspondientes al sismo, con el 100% actu [redacted] un sentido y el 30% en el otro sentido, para finalmente obtener las cargas máximas y mínimas actu [redacted] da una de las pilas.

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

### 6.2 Solución de cimentación

Tomando en cuenta la importancia de la estructura, que es considerada TIPO A1, la solución de cimentación consiste en pilas de sección circular de 1.0 m de diámetro como mínimo, que trabajen por fricción y por punta.

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

**Minas**. Durante los trabajos de ejecución del SPT se tuvo pérdida total de agua a 1.2 m de profundidad, por su parte, en el sondeo mixto, se tuvo pérdida total de agua a una profundidad de 3.0 m. De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta la exploración geotécnica y geofísica realizada en las Torres 30, 31 y 32 y en la Estación 5, se concluye que el material de 0.0 a 11.4 m detectado en el SPT-1, T-33, corresponde con **un Relleno heterogéneo para rehabilitación de antiguas minas.**

***La solución de cimentación será con pilas desplantadas a 26.0 m de profundidad; tomando como referencia el nivel de brocal; es decir, desde el nivel de piso existente. Hasta el momento se tiene considerado un dado de 4.5 x 4.5 m de sección y 2.0 m de peralte, por lo que las pilas tendrán una longitud efectiva de 24.0 m.***

### 6.3 Estado límite de falla

De acuerdo a las NTC cimentaciones del 2017 (Ref. 1), en todo momento, la sumatoria de c[redacted]da por su respectivo factor de carga, deberá ser menor que la capacidad de carga reducida de ca[redacted]po 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 e[redacted] siguiente (Ref. 1):

$$R = C_p + C_f - W_p$$

Donde:

- R capacidad de carga reducida, t
- $C_p$ capacidad de carga reducida por punta, t
- $C_f$ capacidad de carga reducida por fricción, t

$W_p$ peso del elemento, t; t/m

Con:

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

Donde:

- $p'_v$ esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 24.0 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 24.0 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 8.6 m
- B diámetro de la pila, m.
- $\phi$ ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 37°

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:

[redacted]

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

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

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

[redacted]

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

Donde:

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

Con

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

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

$$C_{te}=C_f+ 0.65\ W_p \tag{10}$$

Donde:

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

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

*Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación*

| D (m) | Wp (t) | $C_p$ (t) | $C_f$ (t) | R (t) | $C_{te}$ (t) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 45.2 | 706.9 | 162.7 | 824.3 | 192.1 |
| 1.2 | 65.1 | 1,017.9 | 195.2 | 1,147.9 | 237.5 |
| 1.4 | 88.7 | 1,385.4 | 227.7 | 1,524.5 | 285.4 |

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.***

[redacted]

### 6.4 Estado límite de servicio

La deformación total que sufrirá cada pila, estará compuesta por la deformación p[redacted]; primer término de la expresión, más la correspondiente a la del suelo de sustento; su ma[redacted]nó con la expresión siguiente (Ref. 4), realizando la compatibilidad entre las capacidades de c[redacted]e servicio posiblemente actuantes:

[redacted]

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

Donde:

$\delta$ deformación total de la pila, cm
L longitud de la pila, igual a 2,400 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, para f'c= 400 kg/cm²**

con

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

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

$$k_v=\frac{q}{\delta} \tag{13}$$

Donde:

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

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

*Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas*

| D (m) | δ (cm) | $k_v$ (t/cm) | $k_v$ (kg/cm$^3$) |
|---|---|---|---|
| 1.0 | 2.63 | 241.37 | 30.73 |
| 1.2 | 3.01 | 294.21 | 26.01 |
| 1.4 | 3.39 | 346.96 | 22.54 |

**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:

$$k_h=0.2768\, k_2\, \frac{z}{B} \tag{14}$$

Para suelos cohesivos:

$$k_h=0.0562\, \frac{k_3}{B} \tag{15}$$

Donde

$k_h$ módulo de reacción horizontal, (kg/cm$^3$)
$k_2$, $k_3$ coeficientes de Terzaghi para suelos friccionantes y cohesivos, lb/pulg$^3$
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 ho
para las pilas de cimentación y dado; respectivamente.

*Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas*

| Profundidad (m) | N | z (m) | k2 | qu (kg/cm²) | k3 | kh (Kg/cm³) B (m) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 1.0 | 1.2 | 1.4 |
| 2.0 a 11.4 | 26 | - | - | 1 | 61.8 | 0.35 | 0.29 | 0.25 |
| 11.4 a 13.2 | 10 | - | - | 0.6 | 37 | 0.21 | 0.17 | 0.15 |
| 13.2 a 15.0 | 31 | 12.1 | 49 | - | - | 16.41 | 13.68 | 11.72 |
| 15.0 a 17.4 | 32 | 14.2 | 51 | - | - | 20.05 | 16.70 | 14.32 |
| 17.4 a 24.6 | 33 | 19 | 52 | - | - | 27.35 | 22.79 | 19.53 |
| 24.6 a 26 | 86 | 23.3 | 116 | - | - | 74.81 | 62.34 | 53.44 |

*Tabla 7. Módulos estáticos de reacción horizontal para dado*

| Profundidad (m) | N | z (m) | k2 | qu (kg/cm²) | k3 | kh (kg/cm³) B (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 4.50 |
| 0.0 a 2.0 | 26 | - | - | 1.00 | 61.80 | 0.08 |

**Propuesta de cimentación.** La propuesta de cimentación es con 4 pilas de 1.0 m de diámetro, con una separación de 3.0 m entre ellas. Cabe mencionar que, aunque las capacidades de carga están por arriba de la magnitud de las cargas de referencia, el diámetro mínimo de pilas será de 1.0 m, para que estas puedan ser inspeccionadas visualmente una vez que se termine su perforación y se confirme la ausencia de cavidades.

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

## 7. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

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

### 7.1 Preparación de áreas

La Torre 33 se ubica dentro de la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec en un área verde.

a) Los trabajos iniciarán con el trasplante de todos los árboles que se encuentren dentro del [redacted] afectación para la construcción de la Torre.

b) Concluidos los trabajos anteriores, se procederá con los trabajos de perforación de pilas de cimentación.

**7.2 Pilas**

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

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

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

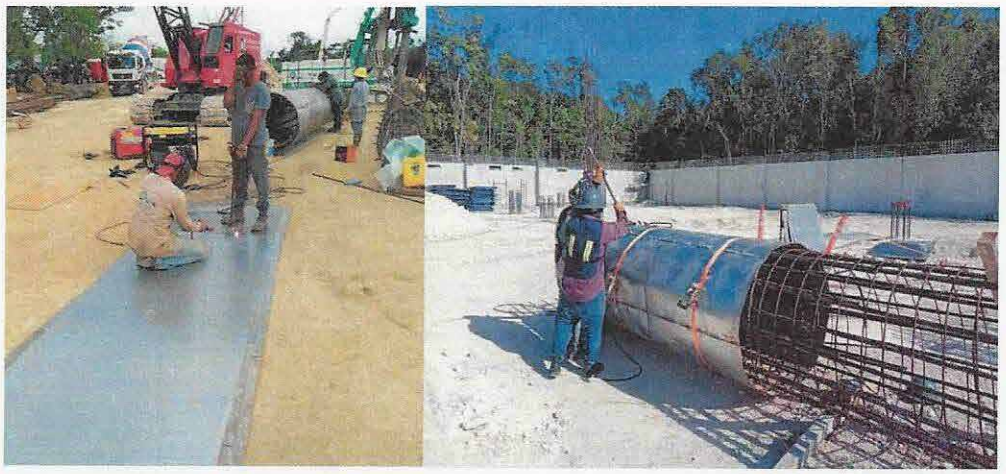
1) Haciendo descender a un supervisor por medio de la misma perforadora, asegurándose al barretón, con un arnés. **Cada una de las pilas deberá ser verificada y liberada por un supervisor de mecánica de suelos.**
2) **Se podrá recurrir a algún otro tipo de inspección, siempre y cuando estos métodos ya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

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

c) El concreto para la construcción de las pilas será de una $f'_c$= 400 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 de concreto o plástico; sus dimensiones serán de 7.5x7.5x10.0 cm y se colocarán longitudi cada 2.0 m.

e) **Debido a que detectó el relleno para la regeneración de una antigua mina, se deberá colocar un ademe perdible desde el nivel de terreno existente, hasta una profundidad de 12.0 m.** Para la conformación de este ademe se deberá tener en campo lámina calibre 20, para crear un e Esta camisa se colocará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Fotos lámina servirá como ademe perdible, para poder realizar el colado de los elementos de ci La lámina se sueldará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubr 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 garar [redacted] tubería se encuentre embebida por lo menos 1.0 m dentro del concreto, subiendo la tuber [redacted] asciende el nivel del concreto. El revenimiento del concreto será como mínimo de 23.0 c [redacted] se llevará por lo menos 0.50 m por arriba del lecho bajo del dado de cimentación o la l [redacted] determine el área de estructuras.

i) El descabece para la liga estructural se realizará mediante la demolición del concreto c [redacted] con martillo eléctrico, empezando en la periferia hasta llegar al núcleo, en forma descende [redacted] 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 [redacted] 4% del diámetro del apoyo o de 8 cm en cualquier dirección, cualquiera que sea el valor m [redacted] diseño estructural deberá de tomar en cuenta esta excentricidad.

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

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

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

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

l) La integridad de pilas se verificará de manera obligada mediante pruebas no destructivas de "baja deformación". Los 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

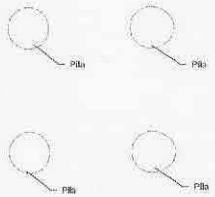
De acuerdo con el preliminar del diseño estructural, el dado de cimentación tiene una sección rect
4.5 x 4.5 m, con un peralte de 2.0 m. Para poder alojar este elemento, se deberá realizar la exca
dimensiones mínimas de 4.9 x 4.9 m en planta para poder alojar la cimbra.

a) Tomando en cuenta las condiciones geotécnicas del sitio en estudio, se podrá realizar la excavación hasta la máxima profundidad, 2.0 m, con taludes con una inclinación de 60 a 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de mortero (Fig. 4). Se deberá evitar la colocación de cargas en la corona de los cortes.

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

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

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




1) Una vez que se tenga el área liberada y se hayan trasplantado los árboles dentro del área de afectación y el registro realizado, se dará paso a la construcción de las pilas.

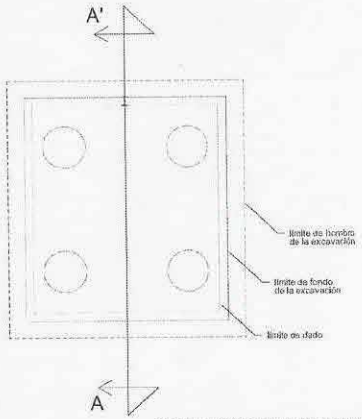
2) Se realizará la perforación y el colado de las pilas de cimentación. Previa inspección por un supervisor en mecánica de suelos, verificando las paredes y fondo de las perforaciones. Esta inspección se logrará adoptando alguna de las medidas siguientes:

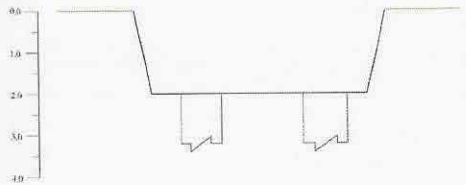
A) Haciendo descender a un supervisor por medio de la misma perforadora, asegurándose al barretón, con un arnés. **Cada una de las pilas deberá ser verificada y liberada por un supervisor de mecánica de suelos.**
B) **Se podrá recurrir a algún otro tipo de inspección, siempre y cuando estos métodos ya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

3) Debido a que se detectó la existencia del relleno para la regeneración de una antigua mina se deberá colocar un ademe perdible desde el nivel de terreno existente, hasta una profundidad de 12.0 m de proyecto. Para la conformación de este ademe se deberá tener en campo lámina calibre 20, para crear un encamisado. Esta camisa se colocará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Fotos 1 y 2, apartado 7.2 del informe). Esta lámina servirá como ademe perdible, para póde realizar el colado de los elementos de cimentación. La lámina se soldará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubrimiento de proyecto.

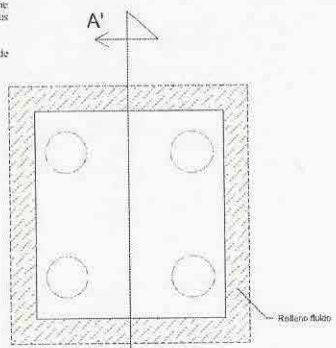
4) En caso de que se presenten condiciones diferentes a las consideradas en el estudio, se dará aviso inmediato al área de geotecnia, para revisar nuevamente la profundidad de desplante y las capacidades de carga.

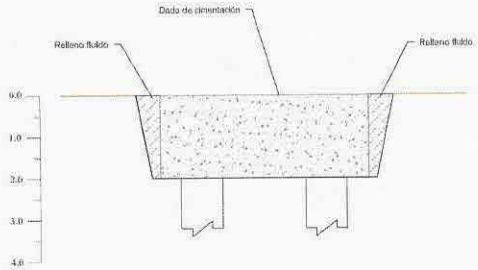



Corte A-A'

5) Coladas las pilas, se realizará la excavación hasta 2.0 m de profundidad con taludes con una inclinación de 60 a 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de mortero.




Corte A-A'

[redacted]

[redacted]

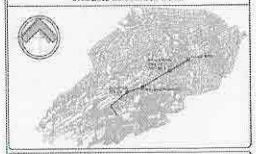
ra el dado; 2.0 m, se realizará el descabece de las pilas de cimentación y en el
n plantilla de concreto pobre con una f'c=100 kg/cm², para proceder con el
lado de cimentación.

la del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la

lo y los taludes de la excavación será rellenado con relleno fluido. O bien, con
do al 95% de su P.V.S.M.

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

[redacted]

| No. | MODIFICACIÓN | FECHA | APROBÓ | FIRMA |
|---|---|---|---|---|

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefa de Gobierno de la Ciudad de México
Dra. Claudia Sheinbaum Pardo

Secretario de Obras y Servicios de la CDMX
Mtro. Jesús Ángel Ávila Corona Sánchez

Dirección General de Obras para el Transporte
Ing. Francisco Javier Rivas Manjarrez

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Ing. Mario Alberto Rincón González

Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

CONTRATO: DGOT-LPN-1-040-2022
CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE SITEKIO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES-LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3 DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

[redacted]

### 7.4 Minas

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

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

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

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

c) En caso de que se presenten minas subterráneas y/u oquedades importantes adicionales a lo considerado en este informe, se deberá dar aviso inmediato al área de mecánica de suelos, para que se tomen las medidas correctivas que se deben de realizar. Cualquier condición del suelo diferente a la considerada en e[redacted] deberá ser tomada en cuenta y revisar nuevamente las capacidades de carga y propuesta de desp[redacted] 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, Méx[redacted] 1987.

3. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementa[redacted] Diseño por Sismo**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembr[redacted]

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

5. Zeevaert L. **Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions**. Van Nostrand Reinhold [redacted]

6. Rico. Del Castillo, **La ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Vol**. II, Ed. Limusa, México 2[redacted]

PARA USO EXCLUSIVO D ROYECTO
INTEGRAL DE LA "CON TO DE
TRANSPORTE SUSTEN E
QUIROGA A METR OS),
CABLEBÚS LÍNE ORTE
PÚBLICO CA XICO"

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

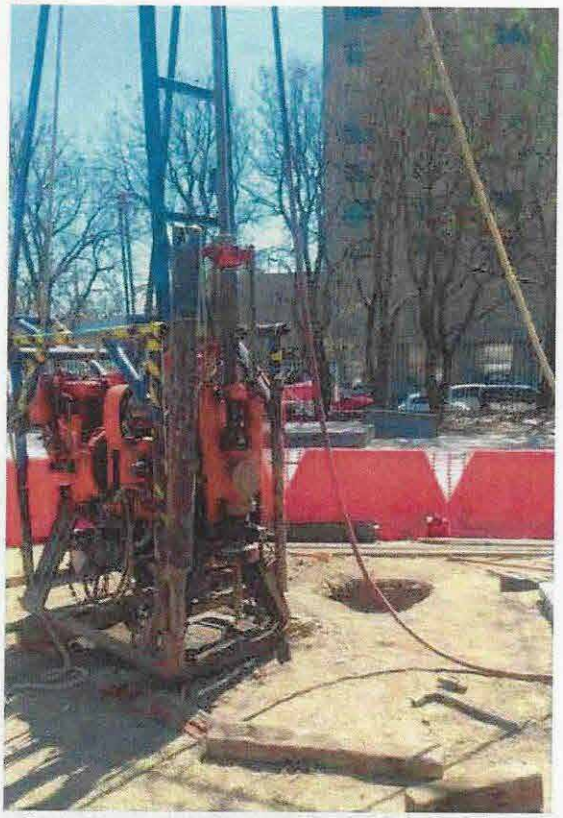
PARA USO EX
INTEGRAL D
TRANSP
QUIROGA
CABLEBÚS LI
PÚBLICO CABLE

[redacted]

# 9. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA

[redacted]

**Fotografía 1.** Llegada de la perforadora al sitio de exploración.



**Fotografía 2.** Inicio de sondeo de penetración estándar (SPT-1).

[redacted]

Fotografia 3. Avance de perforación SPT-1.

Fotografía 4. Avance con tubo partido en SPT-1.

**Fotografía 5**. Avance de SPT-1.

[redacted]

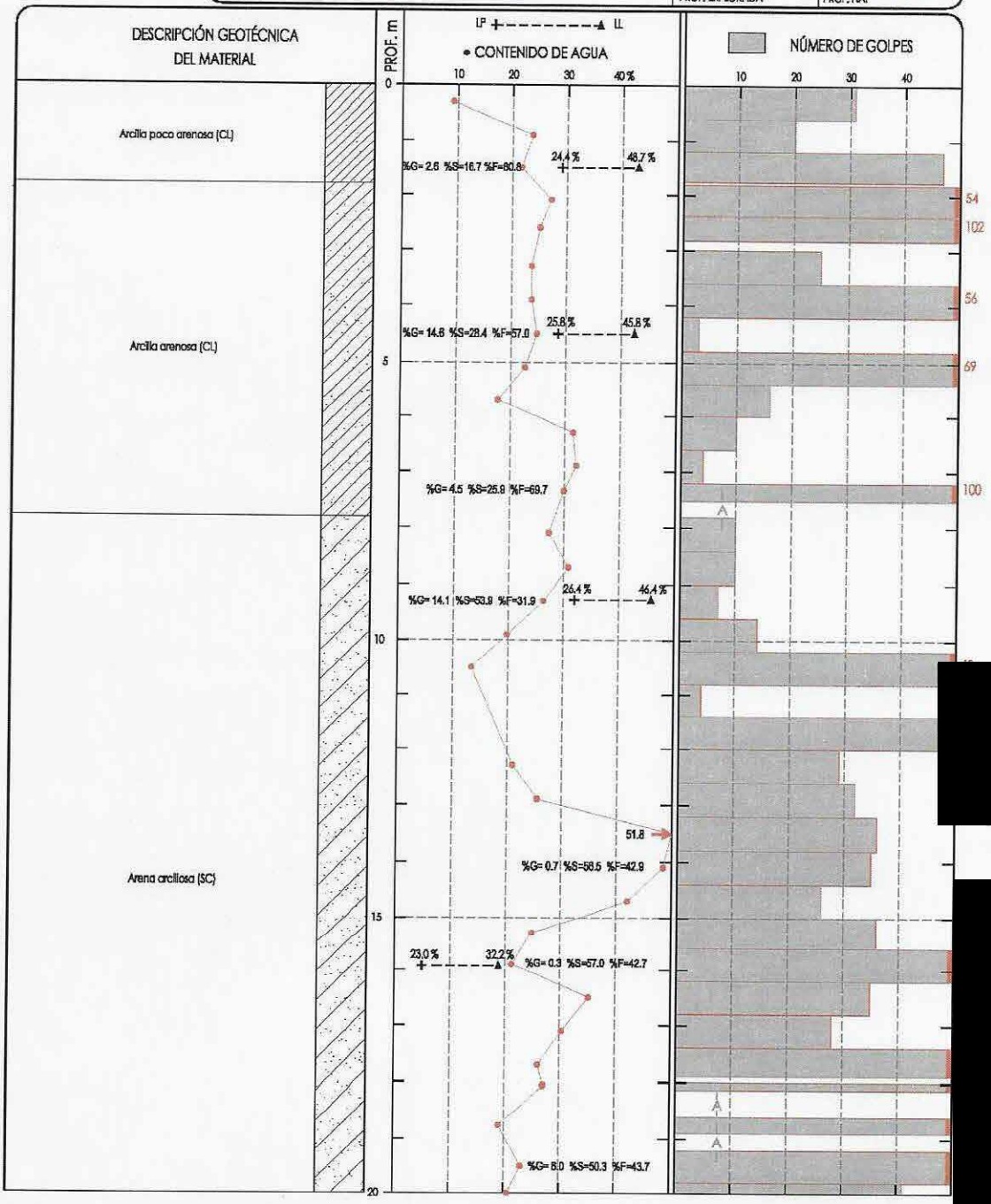
## 10. ANEXO 2. PERFIL DE SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR Y REGISTRO DE CAMPO

[redacted]

[redacted]

# SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO | Cablebús L-3, Torre 33 | SONDEO | SPT-1 |
| LOCALIZACIÓN | Av. Constituyentes Cablebús Línea 3 | PROF. EXPLORADA: 35.49 m | PROF. NAF: No se detectó |




NOTA: Se tiene pérdida de agua a 1.20 m y se colocan 14 m de ADEME
*Se detecta una cabeza a los 4.50 m hasta 4.70 m

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

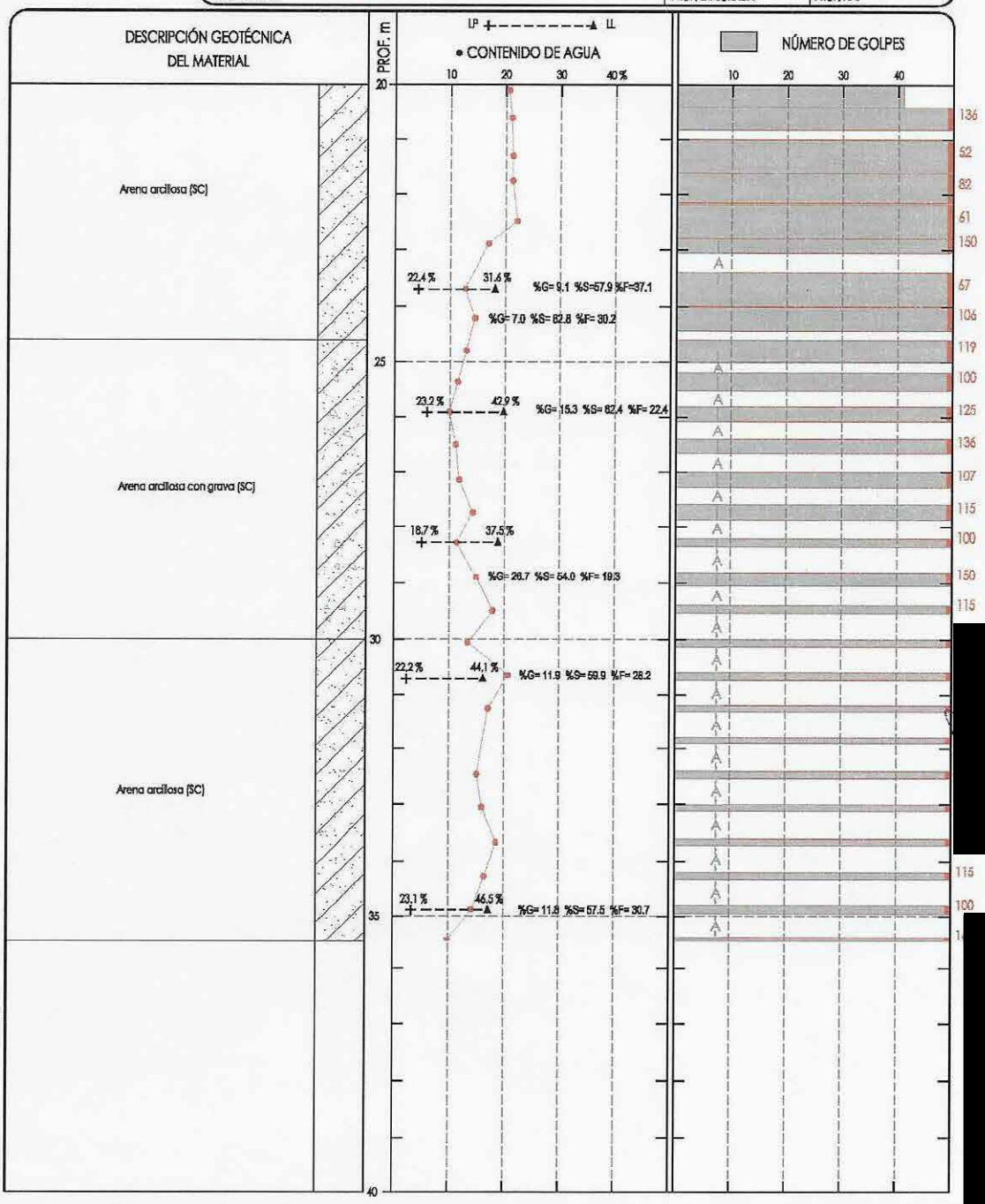
OH = LIMO ORGÁNICO
CV = CENIZA VOLCÁNICA
VV = VIDRIO VOLCÁNICO
LP = LÍMITE PLÁSTICO
LL = LÍMITE LÍQUIDO
S = PORCENTAJE DE ARENAS
F = PORCENTAJE DE FINOS
G = PORCENTAJE DE GRAVAS
PH = PESO DE HERRAMIENTA
RH = REBOTE DE HERRAMIENTA
TS = TUBO SHELBY
TD = TUBO DENTADO
A = AVANCE CON BROCA TRICÓNICA
NAF=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

ANEXO 2

[redacted]

# SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO | Cablebús L-3, Torre 33 | SONDEO | SPT-1 |
| LOCALIZACIÓN | Av. Constituyentes Cablebús Línea 3 | PROF. EXPLORADA: 35.30 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

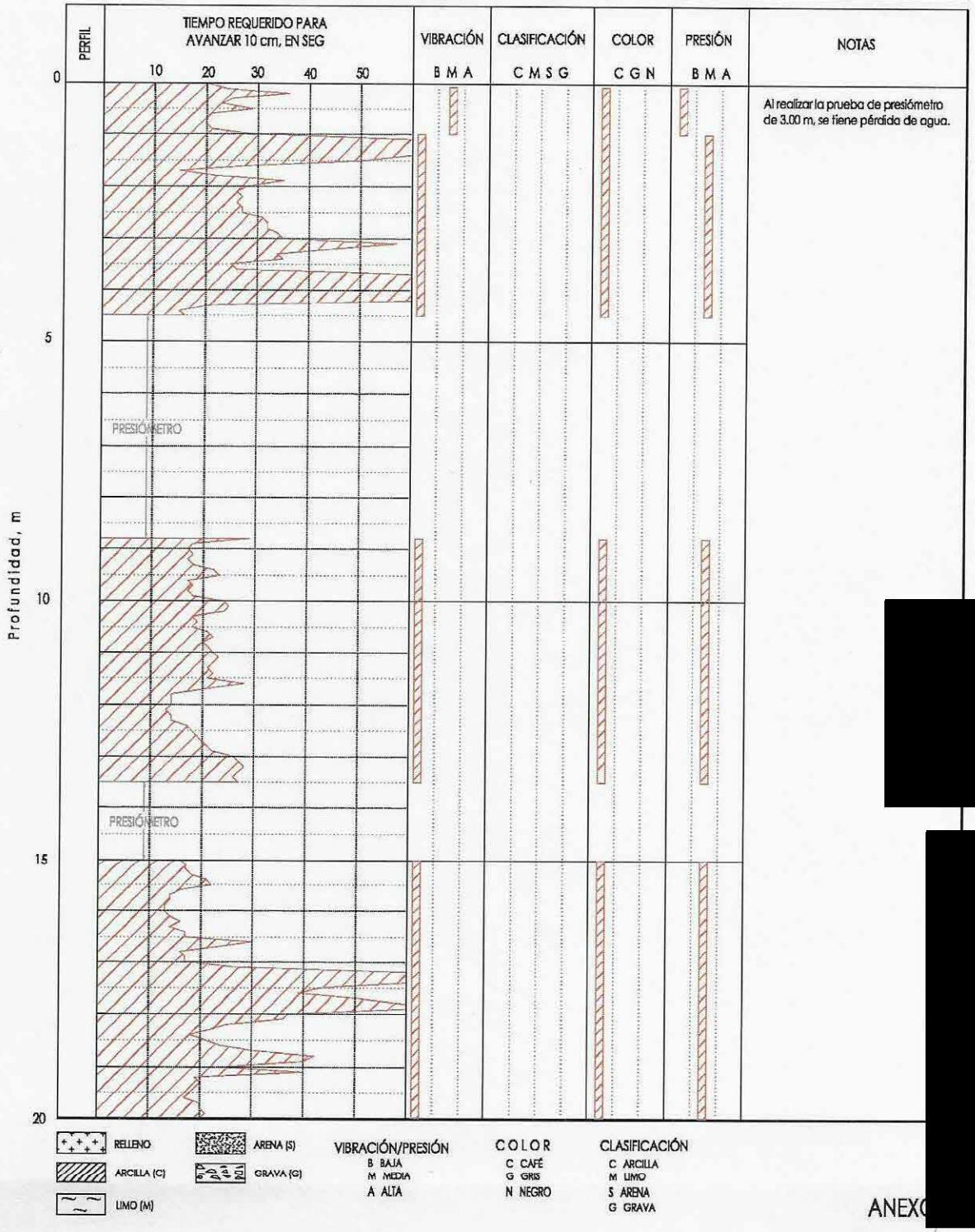
TS = TUBO SHELBY
TD = TUBO DENTADO
A = AVANCE CON BROCA TRICÓNICA
NAF= NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS
RQD = ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ROCA

ANEXO 2

[redacted]

# SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

| OBRA | CABLEBÚS L-3, T-33 | OPERADOR/SUPERVISOR | Omar García | EQUIPO | MOBIL |
|---|---|---|---|---|---|
| LOCALIZACIÓN | Av. Constituyentes Cablebús Línea 3 | FECHA | 17/02/2023 | SONDEO | SM- 1 |

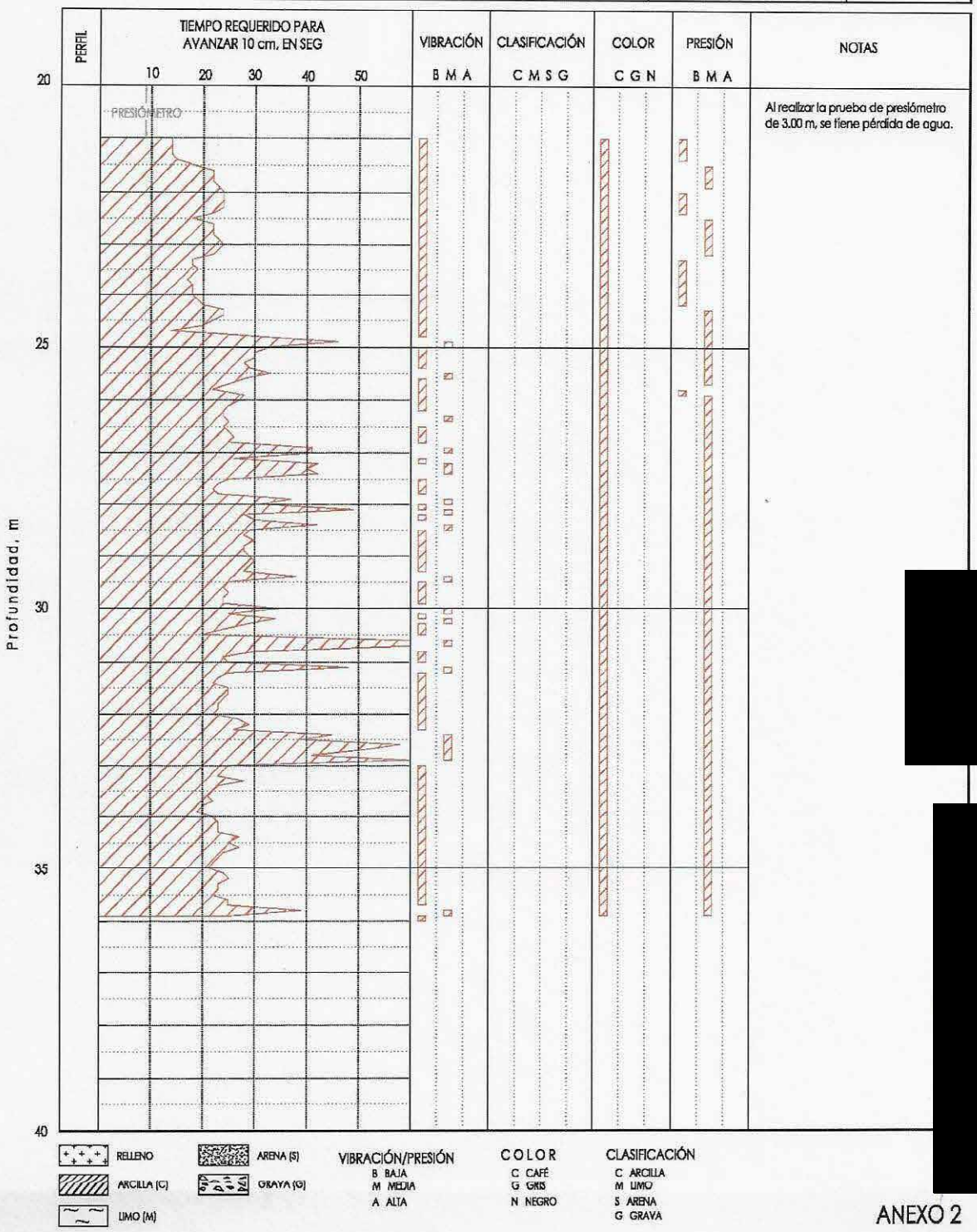



[redacted]

ANEX[redacted]

# SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| OBRA | CABLEBÚS L-3, T-33 | OPERADOR/SUPERVISOR | Omar García | EQUIPO | MOBIL |
| LOCALIZACIÓN | Av. Constituyentes Cablebús Línea 3 | FECHA | 17/02/2023 | SONDEO | SM- 1 |




[redacted]

ANEXO 2

# SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

REGISTRO DE CAMPO

Hidalgo No. 77 Co. San Lucas Tepetlacalco Tlalnepantla Edo. de México — Tel.: 5365 0322, 5365 29 17, 5365 1503 — E-MAIL: [illegible]

PROYECTO: Cable Bus Línea 3 — SONDEO: SPT — HOJA: 1

UBICACIÓN: [redacted] — MÁQUINA: [illegible]

OPERO/SUP.: — PROF. NAF: — PROF. EXPLORADA: 35.49 m

FECHA INICIO: 13-07-2023 — FECHA TERMINACIÓN:

| Prof. (m) | Muestra | No de golpes | Σ | Recuper. | DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.00-0.80 | 1 | 16-17-11-15 | 31 | 29 | Limo con Materia Orgánica |
| 0.80-1.10 | 2 | 9-11-9-36 | 20 | 18 | Limo Arenosa |
| 1.10-1.25 | 3 | 8-10-27-35/6 | 42 | 34 | Limo Arenoso color Cafe |
| 1.25-1.35 | | ABT | | | ABT |
| 1.35-2.35 | 4 | 21-27-27-35/6 | 54 | 26 | Limo Arenoso cafe claro |
| 2.35-2.40 | | ABT | | | ABT |
| 2.40-2.85 | 5 | 20-45-50/3 | 95 | 17 | Grava limosa con limo Arenoso |
| 2.85-3.00 | | ABT | | | ABT |
| 3.00-3.60 | 6 | 13-12-13-19 | 25 | 29 | Limo Arenoso color cafe |
| 3.60-4.20 | 7 | 18-26-35-19 | 61 | 20 | Limo Arenoso color cafe |
| 4.20-4.80 | 8 | 5-2-1-3 | 3 | 16 | Limo Arenoso color cafe |
| 4.80-5.40 | 9 | 29-40-39-26 | 69 | 21 | Limo Arenoso color cafe |
| 5.40-6.00 | 10 | 8-9-7-8 | 16 | 25 | Arena con limo Arenoso color |
| 6.00-6.60 | 11 | 4-4-6-3 | 10 | 15 | Grava limosa con limo Arenoso |
| 6.60-7.20 | 12 | 1-2-2-3 | 4 | 15 | Limo color cafe |
| 7.20-7.50 | 13 | 8-50/5 | 100 | 21 | Gravas y Grava limosa |
| 7.50-7.80 | | ABT | | | ABT |
| 7.80-8.40 | 14 | 4-1-9-9 | 10 | 25 | Grava y Grava limosa con L.A |
| 8.40-9.00 | 15 | 5-5-5-3 | 10 | 24 | Grava y Grava limosa con L.A |
| 9.00-9.60 | 16 | 3-3-4-6 | 7 | 31 | Grava con limo Arenoso c/ra |
| 9.60-10.20 | 17 | 3-6-8-10 | 14 | 12 | Gravas arcillosas con limo Arenoso |
| 10.20-10.80 | 18 | 8-17-35-35 | 52 | 35 | Grava y Gravas con limo Arenoso c/ra |
| 10.80-11.40 | N/R | 1-2-2-4 | 4 | N/R | Sin recuperación |
| 11.40-12.00 | N/R | 27-28-26-27 | 54 | N/R | Sin recuperación |
| 12.00-12.60 | 19 | 10-11-15-15 | 19 | 22 | Limo Arenoso con Grava de Arena Pomitica |
| 12.60-13.20 | 20 | 10-15-17-22 | 32 | 18 | Limo Arenoso color cafe con grava de limo |
| 13.20-13.80 | 21 | 10-16-20-20 | 36 | 32 | Limo Arenoso con Arena Pomitica |
| 13.80-14.40 | 22 | 15-15-20-25 | 35 | 23 | Arena Pomitica |
| 14.40-15.00 | 23 | 15-13-13-21 | 26 | 29 | Arena Pomitica |
| 15.00-15.60 | 24 | 9-13-11-16 | 26 | 26 | Limo y Grava, Fragmentos de roca |
| 15.60-16.20 | 25 | 16-22-32-49 | 54 | 22 | Grava con limo Arenoso y Arena Pomitica |
| 16.20-16.80 | 26 | 15-20-13-16 | 33 | 31 | Limo Arenoso color cafe con fragmentos de tezontle |
| 16.80-17.40 | 27 | 17-12-11-15 | 28 | 21 | Limo Arenoso color cafe |
| 17.40-18.00 | 28 | 8-20-38-50/6 | 58 | 22 | |
| 18.00-18.60 | | ABT | | | ABT |
| 18.60-19.20 | 29 | 50/12 | 125 | 12 | Limo Arenoso color cafe |
| 19.20-19.80 | | ABT | | | ABT |
| 19.80-20.40 | 30 | 32-50/14 | 104 | 22 | Limo Arenoso color cafe |
| 20.40-21.00 | | ABT | | | ABT |
| 21.00-21.60 | 31 | 23-20-30-50/6 | 50 | 21 | Limo Arenoso color cafe |

Perfil (m) — Número de golpes: 5, 10, 20, 30, 40

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

Σ SUMA DE GOLPES

[redacted]

# SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

REGISTRO DE CAMPO

Metrología 77 C. Ignacio Ocampo Tepetlaoxtoc Tepetlaoxtoc Edo. de México Tel.: 5745 0323 5745 2977 5745 1506 E-MAIL: ingenieria@indigroup.net.mx

PROYECTO: Cable bus L-3 | SONDEO: SPT | OPERO/SUP: | HOJA: 2

UBICACIÓN: L-3 | PROF. NAF: m | PROF. EXPLORADA: 35.49 m

[redacted] | MAQUINA: 1005 kg/cm² | FECHA INICIO: 13-02-2023 | FECHA TERMINACIÓN:

| Prof. (m) | Muestra | No de golpes | Σ | Recuperación | DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL | Perfil (m) | Prof. (m) | Número de golpes 0 10 20 30 40 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1970-2010 | 22 | 4-10-21-23 | 41 | 30 | Limo Arenoso color Café | | 20 | |
| 2010-2060 | 23 | 16-28-29-31 | 136 | 16 | Limo Arenoso color Café | | | |
| 2060-2100 | | ABT | | | ABT | | | 50/11 ABT |
| 2100-2140 | 24 | 10-23-26-36 | 52 | 19 | Limo Arenoso color Café | | | |
| 2140-2170 | 25 | 21-40-42-50 | 82 | 13 | Limo Arenoso color Café | | | 50/12 |
| 2170-2210 | | ABT | | | ABT | | | ABT |
| 2210-2260 | 26 | 10-18-33-41 | 61 | 32 | Grava y Arena con limo Arenosa | | | 50/14 ABT |
| 2260-2305 | 27 | 28 50/10 | 150 | 16 | Limo arenoso Grava y Arena con limo | | | |
| 2305-2340 | | ABT | | | ABT | | | |
| 2340-2400 | 28 | 16-30-32-46 | 62 | 22 | Grava y Arena con limo Arena Gris Café | | | 50/11 ABT |
| 2400-2440 | 29 | 24-44-50/10 | 68 | 15 | Grava y Arena con limo Arena Gris Café | | | |
| 2440-2470 | | ABT | | | ABT | | | |
| 2470-2510 | 30 | 24-44-50/10 | 118 | 0 | Grava y Arena con Arena con limo Arena | | | |
| 2510-2550 | | ABT | | | ABT | | | |
| 2550-2590 | 31 | 32 50/16 | 100 | 0 | Grava y Arena entrelazada con limo Arena | | | |
| 2590-2630 | | ABT | | | ABT | | | |
| 2630-2670 | 32 | 46 50/12 | 125 | 14 | Grava y Arena entrelazada con limo Arena | | | |
| 2670-2710 | | ABT | | | ABT | | | |
| 2710-2660 | 33 | 41 50/11 | 136 | 12 | Grava en Roca en dura Arena Café | | | |
| 2660-2700 | | ABT | | | ABT | | | |
| 2700-2740 | 34 | 40 50/14 | 167 | 27 | Grava empacadas en Arena Café | | 30 | |
| 2740-2780 | | ABT | | | ABT | | | |
| 2780-2820 | 35 | 42 50/13 | 115 | 16 | Grava y Bolas empacadas en Arena Café Grava de Arena pomitica | | | |
| 2820-2860 | | ABT | | | ABT | | | |
| 2860-2900 | 36 | 40 50/15 | 100 | 12 | Grava empacada en Arena Café Grava de Arena pomitica | | | |
| 2900-2940 | | ABT | | | ABT | | | |
| 2940-2980 | 37 | 40 50/10 | 150 | 23 | Grava y bolas empacadas en Arena Café | | | |
| 2980-3020 | | ABT | | | ABT | | | |
| 3020-3060 | 38 | 50/13 | 115 | 3 | Grava empacada en Arena Café | | | |
| 3060-3100 | | ABT | | | ABT | | 40 | |
| 3100-3140 | 39 | 50/13 | 115 | 10 | Grava y bolas empacadas en Arena Café Grava de Arena pomitica | | | |
| 3140-3180 | | ABT | | | ABT | | | |
| 3180-3220 | 40 | 50/14 | 164 | 5 | Grava y bolas empacadas en Arena Café Grava de Arena pomitica | | | |
| 3220-3260 | | ABT | | | ABT | | | |
| 3260-3300 | 41 | 50/11 | 125 | 11 | Grava y bolas empacadas en Arena Café y Grava de Arena pomitica | | | |
| 3300-3340 | | ABT | | | ABT | | | |
| 3340-3380 | 42 | 50/10 | 150 | | Sin Recuperación | | | |
| 3380-3420 | | ABT | | | ABT | | | |
| 3420-3460 | 43 | 50/12 | 125 | 9 | Grava y bolas empacadas en Arena Café | | | |
| 3460-3500 | | ABT | | | ABT | | | |

[redacted]

# SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

REGISTRO DE CAMPO

Cable bus Línea - 3

T - 33

SPT

3

35.49

13-02-2023

13-02-2023

| Prof. (m) | Muestra N° | No. de golpes | Sr. | Recuperación | DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL | Perfil | Prof. | Número de golpes |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3300-3311 | 53 | 50/11 | 136 | 11 | Gravas en pacadas en arena c/cafe | | | |
| 3311-3360 | | ABT | | | ABT | | | |
| 3360-3371 | 54 | 50/11 | 136 | 8 | Gravillas en pacadas en arena c/cafe | | | |
| 3371-3420 | | ABT | | | ABT | | | |
| 3420-3433 | 55 | 50/13 | 135 | 12 | Gravas y Gravillas en pacadas en arena c/cafe | | | |
| 3433-3480 | | ABT | | | ABT | | | |
| 3480-3495 | 56 | 50/15 | 100 | 14 | Gravillas en pacadas en arena c/cafe | | | |
| 3495-3540 | | | | | | | | |
| 3540-3549 | 57 | 50/9 | 166 | 7 | Gravillas en pacadas en arena c/cafe — Gravas de arena pacífica | | | |

Nota: Se tiene Perdida de Agua al 1.20m y se colocan 14 metros de Ademe

* Se detecta una caberna a los 4.50 hasta 4.70 mts

[redacted]

PROYECTO: Cable bus L-3
UBICACIÓN: Torre 33 [illegible]
ING. DE PROYECTO: [redacted]
SONDEO
MAQUINA: GY 24
FECHA: 17/02/23
OPE: [redacted]
PROF. NAF: m
PROF. EXPLORADA: m
HORA INICIO
HORA TERMINO
HOJA: I
B BAJA
M MEDIA
A ALTA

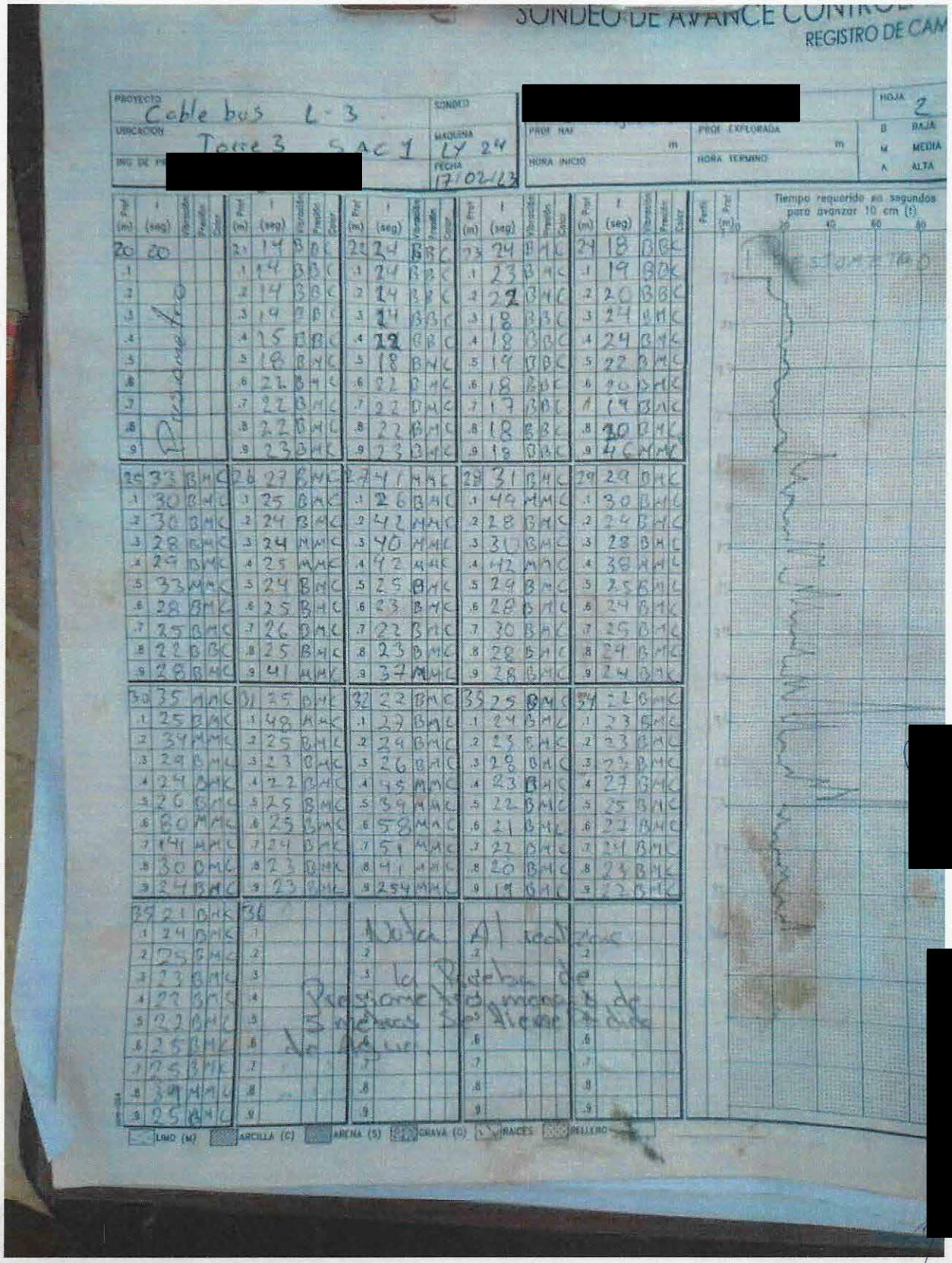
| Prof (m) | t (seg) | Vibración | Presión | Color |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 20 | | | |
| .1 | 24 | | | |
| .2 | 36 | | | |
| .3 | 25 | | | |
| .4 | 23 | | | |
| .5 | 29 | | | |
| .6 | 21 | | | |
| .7 | 20 | | | |
| .8 | 20 | | | |
| .9 | 21 | | | |
| 1 | 29 | | | |
| .1 | 77 | | | |
| .2 | 196 | | | |
| .3 | 241 | | | |
| .4 | 62 | | | |
| .5 | 51 | | | |
| .6 | 30 | | | |
| .7 | 15 | | | |
| .8 | 22 | | | |
| .9 | 35 | | | |
| 2 | 28 | | | |
| .1 | 26 | | | |
| .2 | 27 | | | |
| .3 | 26 | | | |
| .4 | 27 | | | |
| .5 | 27 | | | |
| .6 | 31 | | | |
| .7 | 32 | | | |
| .8 | 32 | | | |
| .9 | 34 | | | |
| 3 | 35 | | | |
| .1 | 57 | | | |
| .2 | 45 | | | |
| .3 | 34 | | | |
| .4 | 35 | | | |
| .5 | 25 | | | |
| .6 | 26 | | | |
| .7 | 85 | | | |
| .8 | 220 | | | |
| .9 | 201 | | | |
| 4 | 190 | | | |
| .1 | 300 | | | |
| .2 | 131 | | | |
| .3 | 21 | | | |
| .4 | 15 | | | |
| .5 | 16 | | | |
| .6 | | | | |
| .7 | | | | |
| .8 | | | | |
| .9 | | | | |
| 5 | | | | |
| .1 | | | | |
| .2 | | | | |
| .3 | | | | |
| .4 | | | | |
| .5 | | | | |
| .6 | | | | |
| .7 | | | | |
| .8 | | | | |
| .9 | | | | |
| 6 | | | | |
| .1 | | | | |
| .2 | | | | |
| .3 | | | | |
| .4 | | | | |
| .5 | | | | |
| .6 | | | | |
| .7 | | | | |
| .8 | | | | |
| .9 | | | | |
| 7 | | | | |
| .1 | | | | |
| .2 | | | | |
| .3 | | | | |
| .4 | | | | |
| .5 | | | | |
| .6 | | | | |
| .7 | | | | |
| .8 | | | | |
| .9 | | | | |
| 8 | | | | |
| .1 | | | | |
| .2 | | | | |
| .3 | | | | |
| .4 | | | | |
| .5 | | | | |
| .6 | | | | |
| .7 | | | | |
| .8 | 29 | | | |
| .9 | 18 | | | |
| 9 | 17 | | | |
| .1 | 18 | | | |
| .2 | 17 | | | |
| .3 | 18 | | | |
| .4 | 22 | | | |
| .5 | 23 | | | |
| .6 | 17 | | | |
| .7 | 18 | | | |
| .8 | 17 | | | |
| .9 | 18 | | | |
| 10 | 24 | | | |
| .1 | 25 | | | |
| .2 | 24 | | | |
| .3 | 18 | | | |
| .4 | 19 | | | |
| .5 | 18 | | | |
| .6 | 21 | | | |
| .7 | 22 | | | |
| .8 | 20 | | | |
| .9 | 21 | | | |
| 11 | 22 | | | |
| .1 | 23 | | | |
| .2 | 22 | | | |
| .3 | 21 | | | |
| .4 | 22 | | | |
| .5 | 21 | | | |
| .6 | 22 | | | |
| .7 | 21 | | | |
| .8 | 14 | | | |
| .9 | 14 | | | |
| 12 | 14 | | | |
| .1 | 13 | | | |
| .2 | 14 | | | |
| .3 | 14 | | | |
| .4 | 17 | | | |
| .5 | 18 | | | |
| .6 | 19 | | | |
| .7 | 20 | | | |
| .8 | 21 | | | |
| .9 | 22 | | | |
| 13 | 26 | | | |
| .1 | 27 | | | |
| .2 | 28 | | | |
| .3 | 27 | | | |
| .4 | 26 | | | |
| .5 | 27 | | | |
| .6 | | | | |
| .7 | | | | |
| .8 | | | | |
| .9 | | | | |
| 14 | | | | |
| .1 | | | | |
| .2 | | | | |
| .3 | | | | |
| .4 | | | | |
| .5 | | | | |
| .6 | | | | |
| .7 | | | | |
| .8 | | | | |
| .9 | | | | |
| 15 | 16 | | | |
| .1 | 17 | | | |
| .2 | 17 | | | |
| .3 | 18 | | | |
| .4 | 21 | | | |
| .5 | 22 | | | |
| .6 | 16 | | | |
| .7 | 14 | | | |
| .8 | 14 | | | |
| .9 | 13 | | | |
| 16 | 13 | | | |
| .1 | 14 | | | |
| .2 | 16 | | | |
| .3 | 14 | | | |
| .4 | 17 | | | |
| .5 | 17 | | | |
| .6 | 30 | | | |
| .7 | 29 | | | |
| .8 | 16 | | | |
| .9 | 17 | | | |
| 17 | 17 | | | |
| .1 | 26 | | | |
| .2 | 123 | | | |
| .3 | 110 | | | |
| .4 | 73 | | | |
| .5 | 43 | | | |
| .6 | 39 | | | |
| .7 | 51 | | | |
| .8 | 118 | | | |
| .9 | 103 | | | |
| 18 | 37 | | | |
| .1 | 36 | | | |
| .2 | 25 | | | |
| .3 | 22 | | | |
| .4 | 18 | | | |
| .5 | 21 | | | |
| .6 | 24 | | | |
| .7 | 30 | | | |
| .8 | 42 | | | |
| .9 | 46 | | | |
| 19 | 24 | | | |
| .1 | 40 | | | |
| .2 | 19 | | | |
| .3 | 20 | | | |
| .4 | 19 | | | |
| .5 | 18 | | | |
| .6 | 17 | | | |
| .7 | 20 | | | |
| .8 | 20 | | | |
| .9 | 21 | | | |

Perfil | Prof (m) | Tiempo requerido en segundos para avanzar 10 cm (t) 0 20 40 60 80

Penetrómetro
Penetrómetro
Penetrómetro
Penetrómetro
Penetrómetro
Penetrómetro
Penetrómetro

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

[redacted]



SONDEO DE AVANCE CONTROL
REGISTRO DE CAM

PROYECTO: Cable bus L-3
UBICACIÓN: Torre 3 Sec 1
ING. DE P: [redacted]
SONDEO: [redacted]
MAQUINA: LY 24
FECHA: 17/02/23
PROF. NAF: m
HORA INICIO:
PROF. EXPLORADA: m
HORA TERMINO:
HOJA: 2
B BAJA
M MEDIA
A ALTA

Tiempo requerido en segundos para avanzar 10 cm (t)

| Prof. (m) | t (seg) | Dur. | Penet. | Cont. |
|---|---|---|---|---|
| 20 | 20 | | | |
| .1 | | | | |
| .2 | | | | |
| .3 | | | | |
| .4 | | | | |
| .5 | | | | |
| .6 | | | | |
| .7 | | | | |
| .8 | | | | |
| .9 | | | | |
| 21 | 14 | B | B | C |
| .1 | 14 | B | B | C |
| .2 | 14 | B | B | C |
| .3 | 14 | B | B | C |
| .4 | 15 | B | B | C |
| .5 | 18 | B | M | C |
| .6 | 22 | B | M | C |
| .7 | 22 | B | M | C |
| .8 | 22 | B | M | C |
| .9 | 23 | B | M | C |
| 22 | 24 | B | B | C |
| .1 | 24 | B | B | C |
| .2 | 24 | B | B | C |
| .3 | 24 | B | B | C |
| .4 | 22 | B | B | C |
| .5 | 18 | B | M | C |
| .6 | 22 | B | M | C |
| .7 | 22 | B | M | C |
| .8 | 22 | B | M | C |
| .9 | 23 | B | M | C |
| 23 | 24 | B | M | C |
| .1 | 23 | B | M | C |
| .2 | 22 | B | M | C |
| .3 | 18 | B | B | C |
| .4 | 18 | B | B | C |
| .5 | 19 | B | B | C |
| .6 | 18 | B | B | C |
| .7 | 17 | B | B | C |
| .8 | 18 | B | B | C |
| .9 | 18 | B | B | C |
| 24 | 18 | B | B | C |
| .1 | 19 | B | B | C |
| .2 | 20 | B | B | C |
| .3 | 24 | B | M | C |
| .4 | 24 | B | M | C |
| .5 | 22 | B | M | C |
| .6 | 20 | B | M | C |
| .7 | 19 | B | M | C |
| .8 | 20 | B | M | C |
| .9 | 46 | M | M | C |
| 25 | 33 | B | M | C |
| .1 | 30 | B | M | C |
| .2 | 30 | B | M | C |
| .3 | 28 | B | M | C |
| .4 | 29 | B | M | C |
| .5 | 33 | M | M | C |
| .6 | 28 | B | M | C |
| .7 | 25 | B | M | C |
| .8 | 22 | B | B | C |
| .9 | 28 | B | M | C |
| 26 | 27 | B | M | C |
| .1 | 25 | B | M | C |
| .2 | 24 | B | M | C |
| .3 | 24 | M | M | C |
| .4 | 25 | M | M | C |
| .5 | 24 | B | M | C |
| .6 | 25 | B | M | C |
| .7 | 26 | B | M | C |
| .8 | 25 | B | M | C |
| .9 | 41 | M | M | C |
| 27 | 41 | M | M | C |
| .1 | 26 | B | M | C |
| .2 | 42 | M | M | C |
| .3 | 40 | M | M | C |
| .4 | 42 | M | M | C |
| .5 | 25 | B | M | C |
| .6 | 23 | B | M | C |
| .7 | 22 | B | M | C |
| .8 | 23 | B | M | C |
| .9 | 37 | M | M | C |
| 28 | 31 | B | M | C |
| .1 | 49 | M | M | C |
| .2 | 28 | B | M | C |
| .3 | 31 | B | M | C |
| .4 | 42 | M | M | C |
| .5 | 29 | B | M | C |
| .6 | 28 | B | M | C |
| .7 | 30 | B | M | C |
| .8 | 28 | B | M | C |
| .9 | 28 | B | M | C |
| 29 | 29 | B | M | C |
| .1 | 30 | B | M | C |
| .2 | 24 | B | M | C |
| .3 | 28 | B | M | C |
| .4 | 38 | M | M | C |
| .5 | 25 | B | M | C |
| .6 | 24 | B | M | C |
| .7 | 25 | B | M | C |
| .8 | 24 | B | M | C |
| .9 | 24 | B | M | C |
| 30 | 35 | M | M | C |
| .1 | 25 | B | M | C |
| .2 | 34 | M | M | C |
| .3 | 29 | B | M | C |
| .4 | 24 | B | M | C |
| .5 | 26 | B | M | C |
| .6 | 80 | M | M | C |
| .7 | 44 | M | M | C |
| .8 | 30 | B | M | C |
| .9 | 24 | B | M | C |
| 31 | 35 | B | M | C |
| .1 | 48 | M | M | C |
| .2 | 25 | B | M | C |
| .3 | 23 | B | M | C |
| .4 | 22 | B | M | C |
| .5 | 25 | B | M | C |
| .6 | 23 | B | M | C |
| .7 | 24 | B | M | C |
| .8 | 23 | B | M | C |
| .9 | 23 | B | M | C |
| 32 | 22 | B | M | C |
| .1 | 27 | B | M | C |
| .2 | 29 | B | M | C |
| .3 | 26 | B | M | C |
| .4 | 45 | M | M | C |
| .5 | 39 | M | M | C |
| .6 | 58 | M | M | C |
| .7 | 51 | M | M | C |
| .8 | 41 | M | M | C |
| .9 | 254 | M | M | C |
| 33 | 29 | B | M | C |
| .1 | 24 | B | M | C |
| .2 | 23 | B | M | C |
| .3 | 28 | B | M | C |
| .4 | 23 | B | M | C |
| .5 | 22 | B | M | C |
| .6 | 21 | B | M | C |
| .7 | 22 | B | M | C |
| .8 | 20 | B | M | C |
| .9 | 19 | B | M | C |
| 34 | 22 | B | M | C |
| .1 | 23 | B | M | C |
| .2 | 23 | B | M | C |
| .3 | 23 | B | M | C |
| .4 | 27 | B | M | C |
| .5 | 25 | B | M | C |
| .6 | 22 | B | M | C |
| .7 | 24 | B | M | C |
| .8 | 23 | B | M | C |
| .9 | 22 | B | M | C |
| 35 | 21 | B | M | C |
| .1 | 24 | B | M | C |
| .2 | 25 | B | M | C |
| .3 | 22 | B | M | C |
| .4 | 22 | B | M | C |
| .5 | 22 | B | M | C |
| .6 | 25 | B | M | C |
| .7 | 25 | B | M | C |
| .8 | 34 | M | M | C |
| .9 | 25 | B | M | C |
| 36 | | | | |
| .1 | | | | |
| .2 | | | | |
| .3 | | | | |
| .4 | | | | |
| .5 | | | | |
| .6 | | | | |
| .7 | | | | |
| .8 | | | | |
| .9 | | | | |

Nota: Al realizar la Prueba de Presiones se manejó de 5 metros sin Presión de Agua.

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

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

[redacted]

LIEC

[redacted]

RT-MECÁNICA DE SUELOS

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Cablebus Linea 3 (Torre 33) | SONDEO: | [redacted] |
| LOCALIZACIÓN: | Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos | SPT-1,T33 | |

**CONTENIDO DE AGUA, ω (%)**

| MUESTRA | PROF. (m) | | CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap} + W_m$ (g) | $W_{cap} + W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | | |
| 1 | 0.00 | 0.60 | 42A | 2.60 | 76.40 | 70.20 | 67.60 | 6.20 | 9.2 |
| 2 | 0.60 | 1.20 | 123A | 2.60 | 70.00 | 57.10 | 54.50 | 12.90 | 23.7 |
| 3 | 1.20 | 1.80 | 13 | 2.50 | 80.60 | 66.70 | 64.20 | 13.90 | 21.7 |
| 4 | 1.80 | 2.38 | 121A | 2.60 | 75.30 | 59.80 | 57.20 | 15.50 | 27.1 |
| 5 | 2.40 | 2.83 | 37 | 2.50 | 72.80 | 58.70 | 56.20 | 14.10 | 25.1 |
| 6 | 3.00 | 3.60 | 7 | 2.50 | 110.10 | 89.50 | 87.00 | 20.60 | 23.7 |
| 7 | 3.60 | 4.20 | 74A | 2.60 | 88.10 | 71.70 | 69.10 | 16.40 | 23.7 |
| 8 | 4.20 | 4.80 | 60A | 2.60 | 70.70 | 57.20 | 54.60 | 13.50 | 24.7 |
| 9 | 4.80 | 5.40 | 6 | 2.50 | 77.40 | 63.60 | 61.10 | 13.80 | 22.6 |
| 10 | 5.40 | 6.00 | 17A | 2.60 | 74.40 | 63.60 | 61.00 | 10.80 | 17.7 |
| 11 | 6.00 | 6.60 | 88A | 2.60 | 72.90 | 56.10 | 53.50 | 16.80 | 31.4 |
| 12 | 6.60 | 7.20 | 23 | 2.50 | 78.90 | 60.40 | 57.90 | 18.50 | 32.0 |
| 13 | 7.20 | 7.50 | 5A | 2.60 | 79.20 | 61.60 | 59.00 | 17.60 | 29.8 |
| 14 | 7.80 | 8.40 | 109A | 2.60 | 80.20 | 63.60 | 61.00 | 16.60 | 27.2 |
| 15 | 8.40 | 9.00 | 30A | 2.50 | 80.70 | 62.30 | 59.80 | 18.40 | 30.8 |
| 16 | 9.00 | 9.60 | 69A | 2.60 | 80.00 | 63.90 | 61.30 | 16.10 | 26.3 |
| 17 | 9.60 | 10.20 | 166A | 2.50 | 78.70 | 66.10 | 63.60 | 12.60 | 19.8 |
| 18 | 10.20 | 10.80 | 25 | 2.60 | 83.90 | 74.30 | 71.70 | 9.60 | 13.4 |
| 19 | 12.00 | 12.60 | 4 | 2.50 | 90.80 | 75.50 | 73.00 | 15.30 | 21.0 |
| 20 | 12.60 | 13.20 | 8A | 2.60 | 75.40 | 60.60 | 58.00 | 14.80 | 25.5 |
| 21 | 13.20 | 13.80 | 21 | 2.50 | 84.80 | 56.70 | 54.20 | 28.10 | 51.8 |
| 22 | 13.80 | 14.40 | 169A | 2.60 | 86.00 | 58.80 | 56.20 | 27.20 | 48.4 |
| 23 | 14.40 | 15.00 | 10 | 2.50 | 85.40 | 60.90 | 58.40 | 24.50 | 42.0 |
| 24 | 15.00 | 15.60 | 164A | 2.60 | 89.70 | 72.40 | 69.80 | 17.30 | 24.8 |
| 25 | 15.60 | 16.20 | 95A | 2.60 | 95.90 | 79.60 | 77.00 | 16.30 | 21.2 |
| 26 | 16.20 | 16.80 | 36A | 2.60 | 83.50 | 62.50 | 59.90 | 21.00 | 35.1 |
| 27 | 16.80 | 17.40 | 130A | 2.60 | 81.80 | 63.40 | 60.80 | 18.40 | 30.3 |
| 28 | 17.40 | 17.90 | 97A | 2.60 | 83.10 | 66.50 | 63.90 | 16.60 | 26.0 |
| 29 | 18.00 | 18.12 | 7A | 2.60 | 80.10 | 63.60 | 61.00 | 16.50 | 27.0 |

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 2216-10

[redacted]

[redacted]

[redacted]

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

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

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

LIEC

[redacted]

RT-MECÁNICA DE SUELOS

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Cablebus Linea 3 (Torre 33) | SONDEO: | [redacted] |
| LOCALIZACIÓN: | Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos | SPT-1,T33 | |

**CONTENIDO DE AGUA, ω (%)**

| MUESTRA | PROF. (m) | | CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap} + W_m$ (g) | $W_{cap} + W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | | | | | |
| 30 | 18.60 | 18.89 | 114A | 2.60 | 81.00 | 68.50 | 65.90 | 12.50 | 19.0 |
| 31 | 19.20 | 19.80 | 110A | 2.60 | 80.10 | 65.60 | 63.00 | 14.50 | 23.0 |
| 32 | 19.80 | 20.40 | 117A | 2.60 | 94.00 | 78.40 | 75.80 | 15.60 | 20.6 |
| 33 | 20.40 | 20.81 | 100A | 2.60 | 90.00 | 74.80 | 72.20 | 15.20 | 21.1 |
| 34 | 21.00 | 21.60 | 19A | 2.50 | 87.90 | 72.90 | 70.40 | 15.00 | 21.3 |
| 35 | 21.60 | 22.17 | 54A | 2.60 | 81.70 | 67.80 | 65.20 | 13.90 | 21.3 |
| 36 | 22.20 | 22.80 | 24 | 2.50 | 84.70 | 69.80 | 67.30 | 14.90 | 22.1 |
| 37 | 22.80 | 23.05 | 87A | 2.60 | 82.70 | 71.10 | 68.50 | 11.60 | 16.9 |
| 38 | 23.40 | 24.00 | 122A | 2.60 | 87.30 | 77.70 | 75.10 | 9.60 | 12.8 |
| 39 | 24.00 | 24.42 | 8 | 2.50 | 81.70 | 71.70 | 69.20 | 10.00 | 14.5 |
| 40 | 24.60 | 25.00 | 111 | 2.60 | 93.00 | 82.60 | 80.00 | 10.40 | 13.0 |
| 41 | 25.20 | 25.50 | 170A | 2.60 | 83.90 | 75.60 | 73.00 | 8.30 | 11.4 |
| 42 | 25.80 | 26.07 | 13A | 2.50 | 81.00 | 73.90 | 71.40 | 7.10 | 9.9 |
| 43 | 26.40 | 26.66 | 27A | 2.60 | 81.70 | 73.80 | 71.20 | 7.90 | 11.1 |
| 44 | 27.00 | 27.29 | 68A | 2.50 | 85.60 | 76.90 | 74.40 | 8.70 | 11.7 |
| 45 | 27.60 | 27.88 | 163A | 2.60 | 80.80 | 71.00 | 68.40 | 9.80 | 14.3 |
| 46 | 28.20 | 28.35 | 18A | 2.60 | 82.30 | 74.20 | 71.60 | 8.10 | 11.3 |
| 47 | 28.80 | 29.05 | 44A | 2.60 | 83.00 | 72.60 | 70.00 | 10.40 | 14.9 |
| 48 | 29.40 | 29.53 | 10A | 2.60 | 34.80 | 29.90 | 27.30 | 4.90 | 17.9 |
| 49 | 30.00 | 30.13 | 32A | 2.60 | 81.90 | 72.50 | 69.90 | 9.40 | 13.4 |
| 50 | 30.60 | 30.74 | 26 | 2.60 | 83.00 | 69.20 | 66.60 | 13.80 | 20.7 |
| 51 | 31.20 | 31.32 | 38A | 2.60 | 80.70 | 69.30 | 66.70 | 11.40 | 17.1 |
| 52 | 32.40 | 32.52 | 113A | 2.60 | 88.50 | 77.20 | 74.60 | 11.30 | 15.1 |
| 53 | 33.00 | 33.11 | 144A | 2.60 | 85.80 | 74.30 | 71.70 | 11.50 | 16.0 |
| 54 | 33.60 | 33.71 | 28 | 2.60 | 60.60 | 51.50 | 48.90 | 9.10 | 18.6 |
| 55 | 34.20 | 34.33 | 6A | 2.50 | 80.20 | 69.20 | 66.70 | 11.00 | 16.5 |
| 56 | 34.80 | 34.95 | 50A | 2.60 | 83.20 | 73.20 | 70.60 | 10.00 | 14.2 |
| 57 | 35.40 | 35.49 | 51A | 2.60 | 82.10 | 75.00 | 72.40 | 7.10 | 9.8 |

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 2216-10

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

[redacted]

LIEC

RT-MECÁNICA DE SUELOS

## LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Cablebus Linea 3 (Torre 33) | SONDEO: | SPT-1 T33 |
| LOCALIZACIÓN: | Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos | MUESTRA: | 3 |
| [redacted] | | PROF. (m) | 1.20-1.80 |

**LÍMITE LÍQUIDO**

| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) | No. DE GOLPES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CA2-01A | 10.59 | 32.28 | 25.18 | 14.59 | 7.10 | 48.66 | 25 |

**LÍMITE PLÁSTICO**

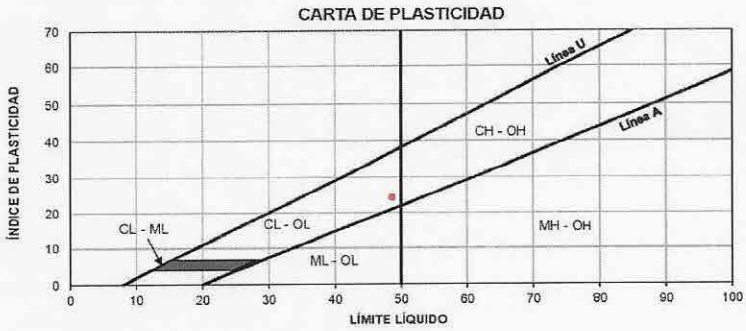
| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CA3-05A | 27.86 | 46.29 | 42.67 | 14.81 | 3.62 | 24.4 |

**CONTRACCIÓN LINEAL**

| RECIPIENTE No. | LONGITUD INICIAL (mm) | LONGITUD FINAL (mm) | CL (%) |
|---|---|---|---|
| - | - | - | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| LL (%) = | 48.7 | CLASIFICACIÓN S.U.C.S. | CL |
| LP (%) = | 24.4 | | |
| IP (%) = | 24.2 | | |

CARTA DE PLASTICIDAD




[redacted]

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

LIEC

[redacted]

RT-MECÁNICA DE SUELOS

## LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Cablebus Linea 3 (Torre 33) | SONDEO: | SPT-1 T33 |
| LOCALIZACIÓN: | Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos | MUESTRA: | 8 |
| [redacted] | | PROF. (m) | 4.20-4.80 |

**LÍMITE LÍQUIDO**

| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) | No. DE GOLPES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CA2-18A | 11.33 | 30.45 | 24.44 | 13.11 | 6.01 | 45.84 | 25 |

**LÍMITE PLÁSTICO**

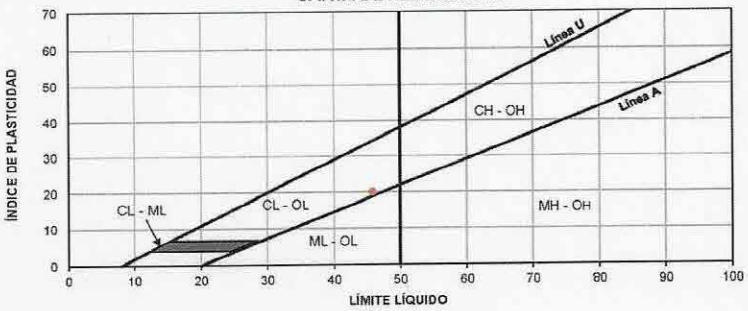
| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CA3-02A | 28.22 | 44.74 | 41.35 | 13.13 | 3.39 | 25.8 |

**CONTRACCIÓN LINEAL**

| RECIPIENTE No. | LONGITUD INICIAL (mm) | LONGITUD FINAL (mm) | CL (%) |
|---|---|---|---|
| - | - | - | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| LL (%) = | 45.8 | CLASIFICACIÓN S.U.C.S. | CL |
| LP (%) = | 25.8 | | |
| IP (%) = | 20.0 | | |

CARTA DE PLASTICIDAD




[redacted]

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

LIEC

[redacted]

RT-MECÁNICA DE SUELOS

## LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Cablebus Linea 3 (Torre 33) | SONDEO: | SPT-1 T33 |
| LOCALIZACIÓN: | Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos | MUESTRA: | 16 |
| [redacted] | | PROF. (m) | 9.00-9.60 |

**LÍMITE LÍQUIDO**

| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) | No. DE GOLPES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CA2-06A | 11.15 | 30.91 | 24.65 | 13.50 | 6.26 | 46.37 | 25 |

**LÍMITE PLÁSTICO**

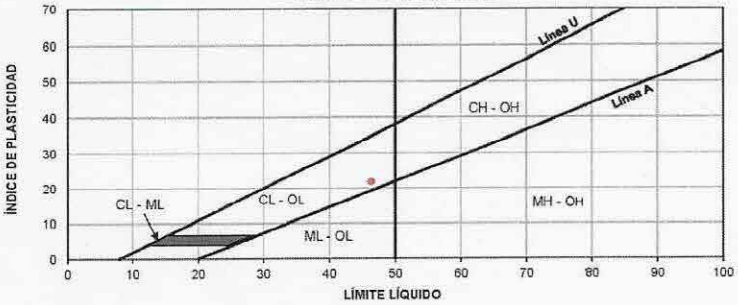
| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CA3-01A | 26.83 | 43.22 | 39.98 | 13.15 | 3.24 | 24.6 |

**CONTRACCIÓN LINEAL**

| RECIPIENTE No. | LONGITUD INICIAL (mm) | LONGITUD FINAL (mm) | CL (%) |
|---|---|---|---|
| - | - | - | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| LL (%) = | 46.4 | CLASIFICACIÓN S.U.C.S. | CL |
| LP (%) = | 24.6 | | |
| IP (%) = | 21.7 | | |

**CARTA DE PLASTICIDAD**




[redacted]

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

LIEC

[redacted]

RT-MECÁNICA DE SUELOS

## LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Cablebus Linea 3 (Torre 33) | SONDEO: | SPT-1 T33 |
| LOCALIZACIÓN: | Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos | MUESTRA: | 25 |
| [redacted] | | PROF. (m) | 15.60-16.20 |

**LÍMITE LÍQUIDO**

| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) | No. DE GOLPES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CA2-14A | 10.75 | 38.25 | 31.55 | 20.80 | 6.70 | 32.21 | 25 |

**LÍMITE PLÁSTICO**

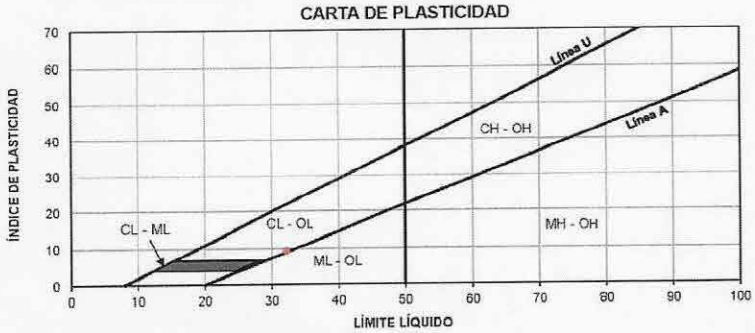
| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CA3-06A | 28.12 | 51.26 | 46.94 | 18.82 | 4.32 | 23.0 |

**CONTRACCIÓN LINEAL**

| RECIPIENTE No. | LONGITUD INICIAL (mm) | LONGITUD FINAL (mm) | CL (%) |
|---|---|---|---|
| - | - | - | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| LL (%) = | 32.2 | CLASIFICACIÓN S.U.C.S. | CL |
| LP (%) = | 23.0 | | |
| IP (%) = | 9.3 | | |

**CARTA DE PLASTICIDAD**




[redacted]

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

LIEC

[redacted]

RT-MECÁNICA DE SUELOS

## LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Cablebus Linea 3 (Torre 33) | SONDEO: | SPT-1 T33 |
| LOCALIZACIÓN: | Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos | MUESTRA: | 38 |
| [redacted] | | PROF. (m) | 23.40-24.00 |

**LÍMITE LÍQUIDO**

| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) | No. DE GOLPES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CA2-17A | 10.67 | 34.06 | 28.44 | 17.77 | 5.62 | 31.63 | 25 |

**LÍMITE PLÁSTICO**

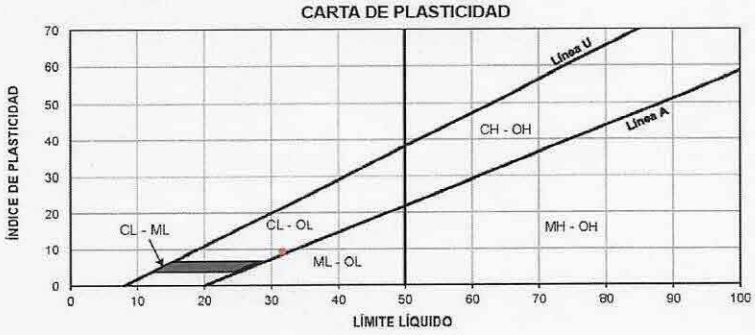
| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CA3-07A | 27.72 | 46.33 | 42.92 | 15.20 | 3.41 | 22.4 |

**CONTRACCIÓN LINEAL**

| RECIPIENTE No. | LONGITUD INICIAL (mm) | LONGITUD FINAL (mm) | CL (%) |
|---|---|---|---|
| - | - | - | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| LL (%) = | 31.6 | CLASIFICACIÓN S.U.C.S. | CL |
| LP (%) = | 22.4 | | |
| IP (%) = | 9.2 | | |

**CARTA DE PLASTICIDAD**




[redacted]

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

[redacted]

LIEC

RT-MECÁNICA DE SUELOS

## LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Cablebus Linea 3 (Torre 33) | SONDEO: | SPT-1 T33 |
| LOCALIZACIÓN: | Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos | MUESTRA: | 42 |
| [redacted] | | PROF. (m) | 25.80-26.07 |

**LÍMITE LÍQUIDO**

| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) | No. DE GOLPES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CA2-58 | 9.44 | 35.14 | 27.43 | 17.99 | 7.71 | 42.86 | 25 |

**LÍMITE PLÁSTICO**

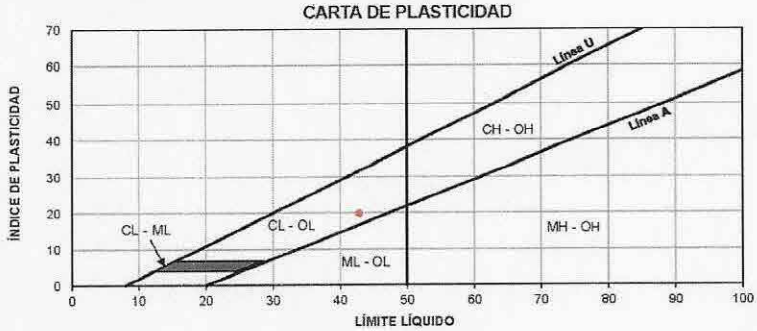
| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CA2-58 | 17.85 | 31.78 | 29.16 | 11.31 | 2.62 | 23.2 |

**CONTRACCIÓN LINEAL**

| RECIPIENTE No. | LONGITUD INICIAL (mm) | LONGITUD FINAL (mm) | CL (%) |
|---|---|---|---|
| - | - | - | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| LL (%) = | 42.9 | CLASIFICACIÓN S.U.C.S. | CL |
| LP (%) = | 23.2 | | |
| IP (%) = | 19.7 | | |

CARTA DE PLASTICIDAD




[redacted]

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

LIEC

[redacted]

RT-MECÁNICA DE SUELOS

## LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Cablebus Linea 3 (Torre 33) | SONDEO: | SPT-1 T33 |
| LOCALIZACIÓN: | Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos | MUESTRA: | 46 |
| [redacted] | | PROF. (m) | 28.20-28.35 |

**LÍMITE LÍQUIDO**

| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) | No. DE GOLPES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CA2-14 | 10.76 | 42.11 | 33.56 | 22.80 | 8.55 | 37.50 | 25 |

**LÍMITE PLÁSTICO**

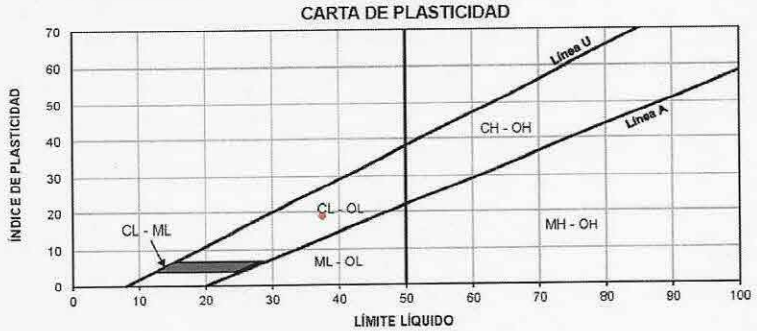
| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CA3-01A | 28.84 | 44.88 | 42.35 | 13.51 | 2.53 | 18.7 |

**CONTRACCIÓN LINEAL**

| RECIPIENTE No. | LONGITUD INICIAL (mm) | LONGITUD FINAL (mm) | CL (%) |
|---|---|---|---|
| - | - | - | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| LL (%) = | 37.5 | CLASIFICACIÓN S.U.C.S. | CL |
| LP (%) = | 18.7 | | |
| IP (%) = | 18.8 | | |

CARTA DE PLASTICIDAD




[redacted]

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

LIEC

[redacted]

RT-MECÁNICA DE SUELOS

## LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Cablebus Linea 3 (Torre 33) | SONDEO: | SPT-1 T33 |
| LOCALIZACIÓN: | Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos | MUESTRA: | 50 |
| [redacted] | | PROF. (m) | 30.60-30.74 |

**LÍMITE LÍQUIDO**

| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) | No. DE GOLPES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CA2-13A | 10.77 | 40.81 | 31.62 | 20.85 | 9.19 | 44.08 | 25 |

**LÍMITE PLÁSTICO**

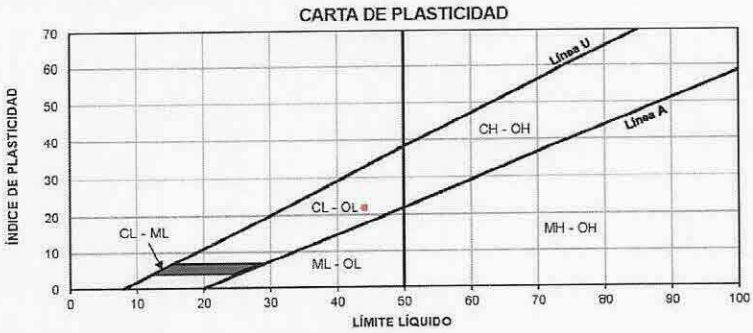
| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 51A | 2.50 | 36.76 | 30.54 | 28.04 | 6.22 | 22.2 |

**CONTRACCIÓN LINEAL**

| RECIPIENTE No. | LONGITUD INICIAL (mm) | LONGITUD FINAL (mm) | CL (%) |
|---|---|---|---|
| - | - | - | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| LL (%) = | 44.1 | CLASIFICACIÓN S.U.C.S. | CL |
| LP (%) = | 22.2 | | |
| IP (%) = | 21.9 | | |

**CARTA DE PLASTICIDAD**




NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

LIEC

[redacted]

RT-MECÁNICA DE SUELOS

## LÍMITES DE CONSISTENCIA (UN PUNTO)

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Cablebus Linea 3 (Torre 33) | SONDEO: | SPT-1 T33 |
| LOCALIZACIÓN: | Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos | MUESTRA: | 56 |
| [redacted] | | PROF. (m) | 34.80-34.95 |

**LÍMITE LÍQUIDO**

| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) | No. DE GOLPES |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CA2-01 | 18.54 | 36.16 | 30.57 | 12.03 | 5.59 | 46.47 | 25 |

**LÍMITE PLÁSTICO**

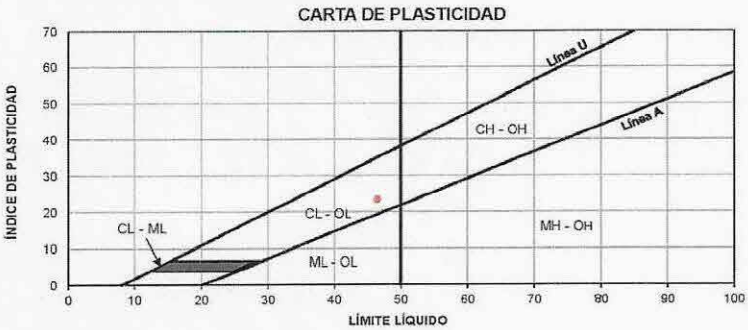
| CÁPSULA No. | $W_{cap}$ (g) | $W_{cap}+W_{mh}$ (g) | $W_{cap}+W_{ms}$ (g) | $W_{ms}$ (g) | $W_w$ (g) | ω (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CA3-01A | 26.84 | 42.88 | 39.87 | 13.03 | 3.01 | 23.1 |

**CONTRACCIÓN LINEAL**

| RECIPIENTE No. | LONGITUD INICIAL (mm) | LONGITUD FINAL (mm) | CL (%) |
|---|---|---|---|
| - | - | - | - |

| | | | |
|---|---|---|---|
| LL (%) = | 46.5 | CLASIFICACIÓN S.U.C.S. | CL |
| LP (%) = | 23.1 | | |
| IP (%) = | 23.4 | | |

CARTA DE PLASTICIDAD




[redacted]

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 4318-17

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

LIEC

[redacted]

RT-MECÁNICA DE SUELOS

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Cablebus Linea 3 (Torre 33) | SONDEO: | [redacted] |
| LOCALIZACIÓN: | Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos | SPT-1,T33 | |

PORCENTAJE DE GRAVA, ARENA Y FINOS

| MUESTRA No. | PROF. (m) | | CÁPSULA No. | $W_m$ (g) | PESO RETENIDO (g) | | GRAVA (%) | ARENA (%) | FINOS (%) | CLASIFICACIÓN S.U.C.S. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | DE | A | | | GRAVA | ARENA | | | | |
| 3 | 1.20 | 1.80 | CH9-09 | 134.67 | 3.47 | 22.42 | 2.58 | 16.65 | 80.78 | Arcilla poco arenosa (CL) |
| 8 | 4.20 | 4.80 | CH8-98 | 74.75 | 10.91 | 21.20 | 14.60 | 28.36 | 57.04 | Arcilla arenosa (CL) |
| 13 | 7.20 | 7.50 | CH8-121 | 123.50 | 5.50 | 31.95 | 4.45 | 25.87 | 69.68 | Arcilla arenosa (CL) |
| 18 | 10.20 | 10.80 | CH9-07 | 141.75 | 20.05 | 76.35 | 14.14 | 53.86 | 31.99 | Arena arcillosa (SC) |
| 22 | 13.80 | 14.40 | CH10-38 | 108.29 | 0.76 | 61.13 | 0.70 | 56.45 | 42.85 | Arena arcillosa (SC) |
| 25 | 15.60 | 16.20 | CH8-98 | 132.15 | 0.43 | 75.35 | 0.33 | 57.02 | 42.66 | Arena arcillosa (SC) |
| 31 | 19.20 | 19.80 | CH9-10 | 142.11 | 8.53 | 71.45 | 6.00 | 50.28 | 43.72 | Arena arcillosa (SC) |
| 38 | 23.40 | 24.00 | CH8-55 | 142.68 | 12.92 | 82.57 | 9.06 | 57.87 | 33.07 | Arena arcillosa (SC) |
| 39 | 24.00 | 24.42 | CH10-38 | 140.06 | 9.80 | 87.90 | 7.00 | 62.76 | 30.24 | Arena arcillosa (SC) |
| 42 | 25.80 | 26.07 | CH8-98 | 146.20 | 22.30 | 91.17 | 15.25 | 62.36 | 22.39 | Arena arcillosa con grava (SC) |
| 47 | 28.80 | 29.05 | CH8-22 | 140.08 | 37.36 | 75.67 | 26.67 | 54.02 | 19.31 | Arena arcillosa con grava (SC) |
| 50 | 30.60 | 30.74 | CH10-08 | 131.11 | 15.65 | 78.47 | 11.94 | 59.85 | 28.21 | Arena arcillosa (SC) |
| 56 | 34.80 | 34.95 | CH8-70 | 140.95 | 16.67 | 81.02 | 11.83 | 57.48 | 30.69 | Arena arcillosa (SC) |

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 1140-17

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

LIEC

[redacted]

RT-MECÁNICA DE SUELOS

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Cablebus Linea 3 (Torre 33) | SONDEO: | [redacted] |
| LOCALIZACIÓN: | Vasco de Quiroga a metro Constituyentes-Los pinos | SPT-1, T33 | |

## DENSIDAD DE SÓLIDOS

| SONDEO | MUESTRA No. | PROF. (m) | | MATRAZ No. | $W_{matraz}$ (g) | TEMP. (°C) | $W_{matraz + agua + suelo}$ (g) | $W_{suelo\ seco}$ (g) | $W_{matraz + agua}$ (g) | Ss |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | DE | A | | | | | | | |
| SPT-1 | 3 | 1.20 | 1.80 | GMTR-01 | 201.11 | 24.80 | 728.68 | 50.43 | 699.67 | 2.354 |
| SPT-1 | 15 | 8.40 | 9.00 | GMTR-02 | 223.50 | 24.10 | 729.02 | 50.11 | 699.76 | 2.403 |
| SPT-1 | 25 | 15.60 | 16.20 | GMTR-01 | 201.11 | 24.80 | 752.10 | 50.89 | 722.06 | 2.441 |
| SPT-1 | 38 | 23.40 | 24.00 | GMTR-02 | 223.50 | 24.50 | 730.35 | 50.99 | 699.71 | 2.506 |
| SPT-1 | 47 | 28.80 | 29.05 | GMTR-01 | 201.11 | 23.90 | 752.76 | 50.92 | 722.18 | 2.504 |
| SPT-1 | 56 | 34.80 | 34.95 | GMTR-02 | 223.50 | 26.50 | 751.82 | 50.86 | 721.84 | 2.436 |

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D 854-14

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

# 12. ANEXO 4. RESULTADOS DE PRUEBAS DE PRESIÓMETRO

[redacted]

[redacted]

[redacted]

LIEC

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

# PRUEBA DE PRESIÓMETRO MENARD

PROYECO

## "PRESIÓMETRO MENARD PARA TORRE 33"

[redacted]

21 de marzo del 2023 [redacted]

[redacted]

| LIEC | LIEC S.A. DE C.V. | CÓDIGO | |
|---|---|---|---|
| | PRUEBA DE PRESIÓMETRO MENARD | 23-008-EMS-A | |
| | PROYECTO: PRESIÓMETRO MENARD PARA TORRE 33 | PÁGINA | FECHA |
| | | Página 1 de 21 | 21/03/2023 |

**CONTENIDO**

1.- INTRODUCCIÓN ..... 2
2.- CONDICIONES GEOTÉCNICAS ..... 2
2.1.- GEOLOGÍA REGIONAL ..... 2
2.2.- ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA ..... 2
2.3.- UBICACIÓN DE PRUEBA MENARD ..... 3
2.4.- PRUEBA EN CAMPO ..... 3
2.5.- RESULTADOS DE LA PRUEBA ..... 4
A-1 MEMORIA FOTOGRÁFICA ..... 17

[redacted]

[redacted]

[redacted]

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

## 1.- INTRODUCCIÓN

Se encomendó a LIEC, S.A. de C.V. realizar la prueba de presiómetro Menard que tiene como finalidad recabar información del subsuelo de tal manera que se le proporcionen al estructurista los elementos suficientes para la adecuada cimentación de la torre 33 del proyecto del cablebús línea 3.

## 2.- CONDICIONES GEOTÉCNICAS

### 2.1.- GEOLOGÍA REGIONAL

La cuenca del Valle de México donde se encuentra la Ciudad de México se formó después de una época de intensa actividad volcánica, en la cual aparecieron las sierras. El conjunto de montañas formo un vaso de almacenamiento natural en el que se depositaron rellenos cuaternarios.

Entre la aparición de la sierra de Río Frío y las cruces, que ocurre en el Plioceno y el cierre total de la cuenca durante el Cuaternario Superior (que corresponde a la formación de la Sierra del Chichinautzin) existían dos grandes valles que drenaban hacia el Río Amacuzac, hacia el Sur.

Durante el desarrollo de estos valles se formaron acarreos aluviales que alcanzaron un espesor de hasta 1000 m, después de la actividad volcánica ocurrió el cierre de la Cuenca y se inició la formación de los depósitos lacustres a los que subyacen los depósitos aluviales antes mencionados. Estos depósitos provienen de la sedimentación de cenizas volcánicas producidas por las emisiones volcánicas de la Sierra del Chichinautzin, las cuales fueron transportadas por efectos del viento o por corrientes de agua hacia los lagos de la cuenca; observando las formaciones de abajo hacia arriba lo constituyen la formación Tarango y Tacubaya, finalmente las formaciones Becerra, Barrilaco y Totolsingo. Esta clasificación es de origen geológico y de ella se derivan las definiciones para la llamada Zona de lago de la Ciudad de México.

### 2.2.- ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

De acuerdo con lo indicado en las NTC RCDF desde hace treinta años y con base en la información estratigráfica y de propiedades índice que se tenían, se propuso una zonificación geotécnica para la Ciudad de México la cual consistía en tres zonas; lomas, transición y lago. Esta zonificación cambió por la de: zonas I, II, III, respectivamente.

A continuación, se describe brevemente la zona I (correspondiente al sitio en estudio):

Lomas, formadas por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta zona, es frecuente la presencia de oquedades en rocas, de cavernas y túneles excavados en suelos para explotar minas de arena y de rellenos artificiales no controlados.

[redacted]

## 2.3.- UBICACIÓN DE PRUEBA MENARD

El sitio en estudio se encuentra en la alcaldía [redacted]
Lomas altas, con coordenadas (UTM) en un pu[redacted]
imagen satelital de la ubicación de la prueba realizada.

Figura 3.- Ubicación de prueba Menard.

## 2.4.- PRUEBA EN CAMPO

La prueba en campo constó de:

**Cuatro (4) pruebas Menard** a las siguientes profundidades 5.00, 8.00, 14.50 y 20.00 m.

[redacted]

| | | | |
|---|---|---|---|
| LIEC | LIEC S.A. DE C.V. | CÓDIGO | |
| | PRUEBA DE PRESIÓMETRO MENARD | 23-008-EMS-A | |
| | PROYECTO: PRESIÓMETRO MENARD PARA TORRE 33 | PÁGINA | FECHA |
| | | Página **4** de **21** | 21/03/2023 |

2.5.- RESULTADOS DE LA PRUEBA

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

LIEC

[redacted]

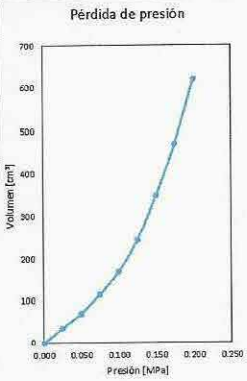
| PROYECTO | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Cablebus Línea 3 | | |
| UBICACIÓN: | Av. Constituyentes-Los pinos | UTM X= | - |
| SONDEO: | Torre 33 | UTM Y= | - |
| FECHA: | 16/02/2023 | UTM Z= | - |
| PRUEBA: | 1 | | |
| PROFUNDIDAD: | 5.00 [m] | | |
| NAF: | No detectado [m] | | |
| HORA: | 01:33:00 p. m. | | |

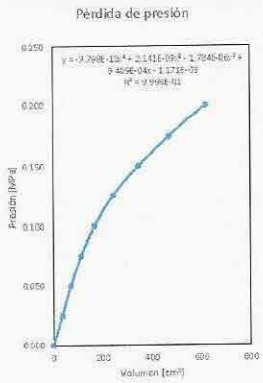
| CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO | | |
|---|---|---|
| LONGITUD DE LA SONDA: | 21 | [cm] |
| DIÁMETRO DE LA SONDA: | 6 | [cm] |
| TIPO DE MEMBRANA: | Metálica | |
| DIÁMETRO CILINDRO DE CALIBRACION: | 6.6 | [cm] |
| HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN: | Bicónica | |
| DIÁMETRO DE PERFORACIÓN: | 6.35 | [cm] |
| ALTURA DE LA CONSOLA: | 1 | [m] |
| NIVEL DE LODOS POR ENCIMA DE LA SONDA [m]: | 0 | |

Calibración por pérdida de presión

| No. | Presión [bar] $P_{15s}$ | $P_{30s}$ | $P_{60s}$ | Volumen [cm³] $V_{15s}$ | $V_{30s}$ | $V_{60s}$ | $DV_{60/30}$ | $DV_{60/30}$ | Curva P [MPa] | V [cm³] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0.000 | 0 |
| 1 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 18 | 28 | 36 | 8 | 36 | 0.025 | 36 |
| 2 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 53 | 59 | 71 | 12 | 35 | 0.050 | 71 |
| 3 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 92 | 100 | 114 | 14 | 43 | 0.075 | 114 |
| 4 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 133 | 150 | 167 | 17 | 53 | 0.100 | 167 |
| 5 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 200 | 215 | 244 | 29 | 77 | 0.125 | 244 |
| 6 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 280 | 302 | 345 | 43 | 101 | 0.150 | 345 |
| 7 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 392 | 418 | 470 | 52 | 125 | 0.175 | 470 |
| 8 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 520 | 553 | 620 | 67 | 150 | 0.200 | 620 |

Curvas de calibración por pérdida de presión



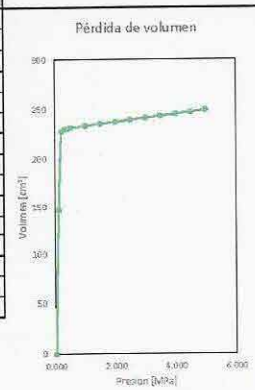

| Coeficientes | | |
|---|---|---|
| | a x^5= | 0 |
| | b x^4= | -9.798E-13 |
| | c x^3= | 2.141E-09 |
| | d x^2= | -1.784E-06 |
| | e x^1= | 8.409E-04 |
| | f x^0= | -1.171E-03 |

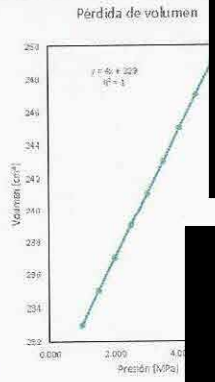
Calibración por pérdida de volumen

| No. | Presión [bar] $P_{15s}$ | $P_{30s}$ | $P_{60s}$ | Volumen [cm³] $V_{15s}$ | $V_{30s}$ | $V_{60s}$ | $DV_{60/30}$ | $DV_{60/00}$ | Curva P [MPa] | V [cm³] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0.000 | 0 |
| 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 65 | 98 | 147 | 49 | 147 | 0.100 | 147 |
| 2 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 226 | 227 | 227 | 0 | 80 | 0.200 | 227 |
| 3 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 229 | 229 | 229 | 0 | 2 | 0.300 | 229 |
| 4 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 230 | 230 | 230 | 0 | 1 | 0.400 | 230 |
| 5 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 231 | 231 | 231 | 0 | 1 | 0.500 | 231 |
| 6 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 233 | 233 | 233 | 0 | 2 | 1.000 | 233 |
| 7 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 235 | 235 | 235 | 0 | 2 | 1.500 | 235 |
| 8 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 237 | 237 | 237 | 0 | 2 | 2.000 | 237 |
| 9 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 239 | 239 | 239 | 0 | 2 | 2.500 | 239 |
| 10 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 241 | 241 | 241 | 0 | 2 | 3.000 | 241 |
| 11 | 35.00 | 35.00 | 35.00 | 243 | 243 | 243 | 0 | 2 | 3.500 | 243 |
| 12 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 245 | 245 | 245 | 0 | 2 | 4.000 | 245 |
| 13 | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 247 | 247 | 247 | 0 | 2 | 4.500 | 247 |
| 14 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 249 | 249 | 249 | 0 | 2 | 5.000 | 249 |

Curvas de calibración por pérdida de volumen

[redacted]




| Coeficientes | |
|---|---|
| a [MPa/cm²]= | 4 |
| $V_i$ [cm³]= | 229 |

[redacted]

[redacted]

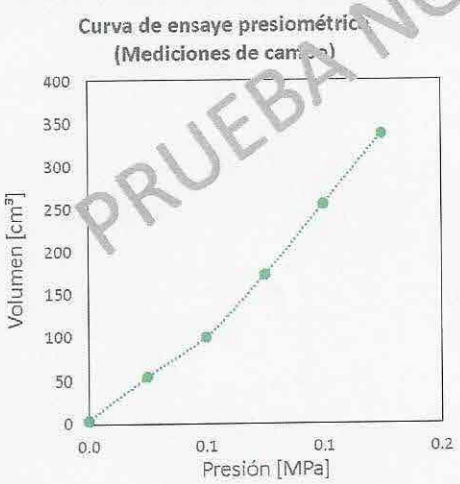
[redacted]

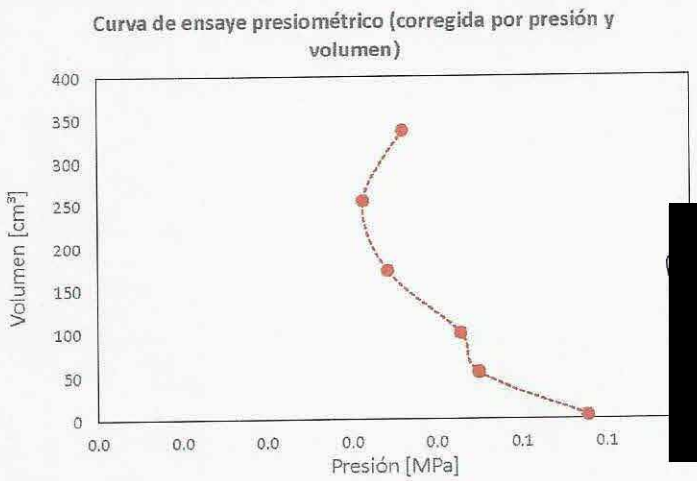
LIEC

| Prueba de Presiómetro | | | | | | | | | | | Presión Corregida | | | Volumen Corregido | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Presión [bar] | | | Volumen [cm³] | | | | | Curva | | | | | | |
| No. | $P_{15s}$ | $P_{30s}$ | $P_{60s}$ | $V_{15s}$ | $V_{30s}$ | $V_{60s}$ | $DV_{60/30}$ | $DV_{60/60}$ | P [MPa] | V [cm³] | Pr [MPa] | Ph [MPa] | Pc [MPa] | V [cm³] | $V_c$ [cm³] |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4 | 4 | 4 | 0 | - | 0.000 | 4 | 0.002 | 0.060 | 0.058 | 0.000 | 4 |
| 2 | **0.25** | **0.25** | **0.25** | **13** | **37** | **55** | **18** | **51** | **0.025** | **55** | **0.040** | **0.060** | **0.045** | **0.100** | **55** |
| 3 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 74 | 85 | 100 | 15 | 45 | 0.050 | 100 | 0.0[illegible] | 0.060 | 0.043 | 0.200 | 100 |
| 4 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 126 | 145 | 172 | 27 | 72 | 0.075 | 172 | 0.10[illegible] | 0.060 | 0.034 | 0.300 | 172 |
| 5 | **1.00** | **1.00** | **1.00** | **203** | **222** | **255** | **33** | **83** | **0.100** | **255** | [illegible]129 | **0.060** | **0.031** | **0.400** | **255** |
| 6 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 290 | 310 | 337 | 27 | 82 | 0.125 | 33[illegible] | 0.149 | 0.060 | 0.036 | 0.500 | 337 |

**Durante la prueba se inyectó un volumen igual a 337 cm³, el cual supera en un 35% el obtenido en la calibración por presión de [illegible]da. Por tanto, se concluyó que, debido a la inestabilidad de las parredes de barrena, éste se aborcadó (aumento su diámetro), haciendo imposible un adecuado contacto entre el depósito de suelo y el presiómetro.**

**CURVAS PRESIOMÉTRICAS DE CAMPO Y CORREGIDA POR PRESIÓN Y VOLUMEN**




[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

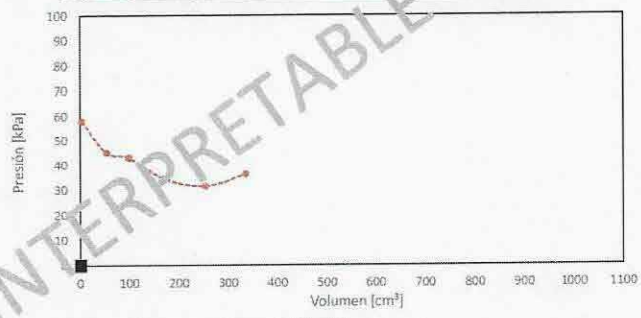
PRUEBA NO INTERPRETABLE

LIEC

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

### Inverso de Volumen

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




PRUEBA NO INTERPRETABLE

### Coeficientes de Extrapolación

| | |
|---|---|
| b= | - |
| m= | - |

### Presión Límite con el Método 1/V

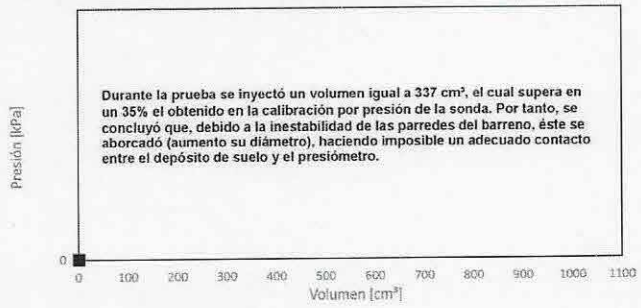
| V [cm³] | 1/V [cm³] | PL [kPa] |
|---|---|---|
| - | - | - |

### DOBLE HIPÉRBOLA, ISO 22476-4

### Coeficientes de Extrapolación

| | |
|---|---|
| A0= | - |
| A1= | - |
| A2= | - |
| A3= | - |
| A4= | - |
| A5= | - |

**Durante la prueba se inyectó un volumen igual a 337 cm³, el cual supera en un 35% el obtenido en la calibración por presión de la sonda. Por tanto, se concluyó que, debido a la inestabilidad de las parredes del barreno, éste se aborcadó (aumento su diámetro), haciendo imposible un adecuado contacto entre el depósito de suelo y el presiómetro.**




### 0

| V [cm³] | 1/V [cm³] | PL [kPa] |
|---|---|---|
| - | - | - |

### INTERPRETACIÓN GEOTÉCNICA

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $v$= | - | | | | | | |
| $V_0$= | - | [cm³] | $V_0+2V_i$ = | - | [cm³] | $\alpha$= | - |
| $\Delta P$ = | - | [MPa] | $p_L$ = | - | [MPa] | $E$= | - [MPa] |
| $\Delta V$ = | - | [cm³] | $p_f$ = | - | [MPa] | $G$= | - [MPa] |
| $V_m$ = | - | [cm³] | $E_{ur}/p_L$ = | - | | $Cu$= | - [MPa] |
| $E_m$ = | - | [MPa] | $p_L-\sigma_0$ = | - | [MPa] | | |
| $G_m$ = | - | [MPa] | Su(1+Ln(GM/Su)) = | - | [MPa] | | |

### Observaciones:

* El número de golpes reportado corresponde al obtenido en la prueba de penetración estándar, misma que se realizó en un barreno paralelo al sondeo de prueba.

**Las paredes del barreno fueron inestables, lo cual redundó en una cámara de prueba con un sobredimensionamiento radial, hecho que dificultó el adecuado contacto entre el suelo y el presiómetro. ***Durante la ejecución de la cámara de prueba se reportó pérdida de fluido durante el avance.

### DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL:

Descrip: Limo arenoso color café
SUCS: -
%F: -
%S: -
$N_{spt}$: 3

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

[redacted] MITL [redacted]

INNOVACIÓN GALIDAD TRANSPARENCIA

[redacted]

LIEC

[redacted]

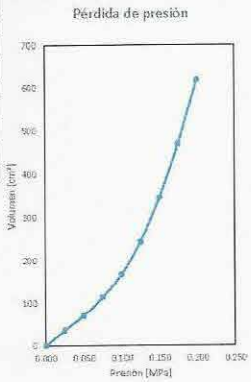
| PROYECTO | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Cablebus Linea 3 | | |
| UBICACIÓN: | Av. Constituyentes-Los pinos | UTM X= | - |
| SONDEO: | Torre 33 | UTM Y= | - |
| FECHA: | 16/02/2023 | UTM Z= | - |
| PRUEBA: | 2 | | |
| PROFUNDIDAD: | 8.00 [m] | | |
| NAF: | No detectado [m] | | |
| HORA: | 01:33:00 p. m. | | |

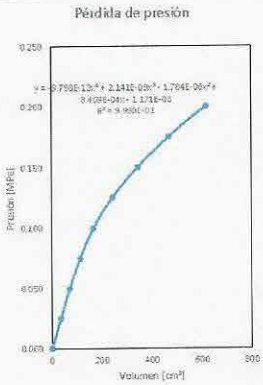
| CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO | | |
|---|---|---|
| LONGITUD DE LA SONDA: | 21 | [cm] |
| DIÁMETRO DE LA SONDA: | 6 | [cm] |
| TIPO DE MEMBRANA: | Metálica | |
| DIÁMETRO CILINDRO DE CALIBRACION: | 6.6 | [cm] |
| HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN: | Bicónica | |
| DIÁMETRO DE PERFORACIÓN: | 6.35 | [cm] |
| ALTURA DE LA CONSOLA: | 1 | [m] |
| NIVEL DE LODOS POR ENCIMA DE LA SONDA [m]: | 0 | |

**Calibración por pérdida de presión**

| | Presión [bar] | | | Volumen [cm³] | | | | | Curva | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. | $P_{15s}$ | $P_{30s}$ | $P_{60s}$ | $V_{15s}$ | $V_{30s}$ | $V_{60s}$ | $DV_{60/30}$ | $DV_{60/50}$ | P [MPa] | V [cm³] |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0.000 | 0 |
| 1 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 18 | 28 | 36 | 8 | 36 | 0.025 | 36 |
| 2 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 53 | 59 | 71 | 12 | 35 | 0.050 | 71 |
| 3 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 92 | 100 | 114 | 14 | 43 | 0.075 | 114 |
| 4 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 133 | 150 | 167 | 17 | 53 | 0.100 | 167 |
| 5 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 200 | 215 | 244 | 29 | 77 | 0.125 | 244 |
| 6 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 280 | 302 | 345 | 43 | 101 | 0.150 | 345 |
| 7 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 392 | 418 | 470 | 52 | 125 | 0.175 | 470 |
| 8 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 520 | 553 | 620 | 67 | 150 | 0.200 | 620 |

**Curvas de calibración por pérdida de presión**



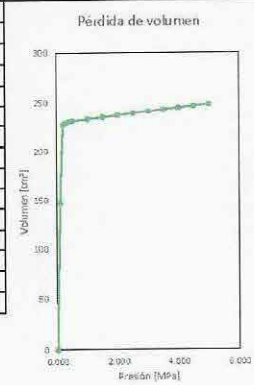



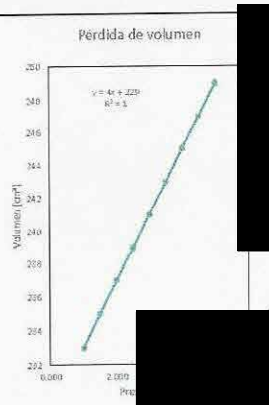

| Coeficientes | | |
|---|---|---|
| | a x^5= | 0 |
| | b x^4= | -9.798E-13 |
| | c x^3= | 2.141E-09 |
| | d x^2= | -1.784E-06 |
| | e x^1= | 8.409E-04 |
| | f x^0= | -1.171E-03 |

**Calibración por pérdida de volumen**

| | Presión [bar] | | | Volumen [cm³] | | | | | Curva | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. | $P_{15s}$ | $P_{30s}$ | $P_{60s}$ | $V_{15s}$ | $V_{30s}$ | $V_{60s}$ | $DV_{60/30}$ | $DV_{60/50}$ | P [MPa] | V [cm³] |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0.000 | 0 |
| 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 65 | 98 | 147 | 49 | 147 | 0.100 | 147 |
| 2 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 226 | 227 | 227 | 0 | 80 | 0.200 | 227 |
| 3 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 229 | 229 | 229 | 0 | 2 | 0.300 | 229 |
| 4 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 230 | 230 | 230 | 0 | 1 | 0.400 | 230 |
| 5 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 231 | 231 | 231 | 0 | 1 | 0.500 | 231 |
| 6 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 233 | 233 | 233 | 0 | 2 | 1.000 | 233 |
| 7 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 235 | 235 | 235 | 0 | 2 | 1.500 | 235 |
| 8 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 237 | 237 | 237 | 0 | 2 | 2.000 | 237 |
| 9 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 239 | 239 | 239 | 0 | 2 | 2.500 | 239 |
| 10 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 241 | 241 | 241 | 0 | 2 | 3.000 | 241 |
| 11 | 35.00 | 35.00 | 35.00 | 243 | 243 | 243 | 0 | 2 | 3.500 | 243 |
| 12 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 245 | 245 | 245 | 0 | 2 | 4.000 | 245 |
| 13 | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 247 | 247 | 247 | 0 | 2 | 4.500 | 247 |
| 14 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 249 | 249 | 249 | 0 | 2 | 5.000 | 249 |

**Curvas de calibración por pérdida de volumen**




| Coeficientes | |
|---|---|
| a [MPa/cm²]= | 4 |
| $V_f$ [cm³]= | 229 |

[redacted]

[redacted]

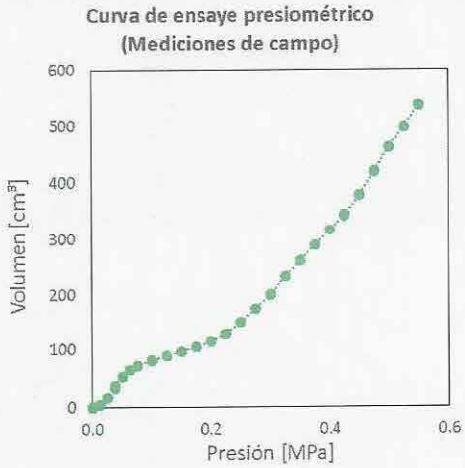
INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

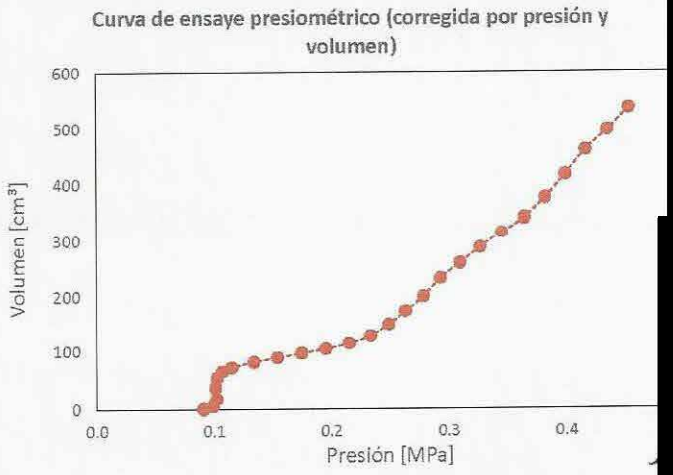
[redacted]

LIEC

| Prueba de Presiómetro | | | | | | | | | | | Presión Corregida | | | Volumen Corregido | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Presión [bar] | | | Volumen [cm³] | | | | | Curva | | | | | | |
| No. | $P_{15s}$ | $P_{30s}$ | $P_{60s}$ | $V_{15s}$ | $V_{30s}$ | $V_{60s}$ | $DV_{60/30}$ | $DV_{60/60}$ | P [MPa] | V [cm³] | Pr [MPa] | Ph [MPa] | Pc [MPa] | V [cm³] | $V_c$ [cm³] |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0.000 | 0 | -0.001 | 0.090 | 0.091 | 0.000 | 0 |
| 2 | 0.13 | 0.13 | 0.13 | 3 | 4 | 5 | 1 | 5 | 0.013 | 5 | 0.003 | 0.090 | 0.100 | 0.050 | 5 |
| 3 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 10 | 14 | 17 | 3 | 12 | 0.025 | 17 | 0.013 | 0.090 | 0.102 | 0.100 | 17 |
| 4 | 0.38 | 0.38 | 0.38 | 24 | 28 | 35 | 7 | 18 | 0.038 | 35 | 0.026 | 0.090 | 0.101 | 0.150 | 35 |
| 5 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 43 | 46 | 51 | 5 | 16 | 0.050 | 51 | 0.037 | 0.090 | 0.103 | 0.200 | 51 |
| 6 | 0.63 | 0.63 | 0.63 | 56 | 58 | 63 | 5 | 12 | 0.063 | 63 | 0.045 | 0.090 | 0.107 | 0.250 | 63 |
| **7** | **0.75** | **0.75** | **0.75** | **66** | **68** | **70** | **2** | **7** | **0.075** | **70** | **0.050** | **0.090** | **0.115** | **0.300** | **70** |
| 8 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 75 | 77 | 80 | 3 | 10 | 0.100 | 80 | 0.056 | 0.090 | 0.134 | 0.400 | 80 |
| 9 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 85 | 86 | 88 | 2 | 8 | 0.125 | 88 | 0.060 | 0.090 | 0.155 | 0.500 | 88 |
| 10 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 93 | 94 | 96 | 2 | 8 | 0.150 | 96 | 0.065 | 0.090 | 0.175 | 0.600 | 95 |
| 11 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 100 | 102 | 104 | 2 | 8 | 0.175 | 104 | 0.069 | 0.090 | 0.196 | 0.700 | 103 |
| 12 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 110 | 112 | 114 | 2 | 10 | 0.200 | 114 | 0.075 | 0.090 | 0.215 | 0.800 | 113 |
| **13** | **2.25** | **2.25** | **2.25** | **123** | **125** | **128** | **3** | **14** | **0.225** | **128** | **0.081** | **0.090** | **0.234** | **0.900** | **127** |
| 14 | 2.50 | 2.50 | 2.50 | 137 | 142 | 149 | 7 | 21 | 0.250 | 149 | 0.091 | 0.090 | 0.249 | 1.000 | 148 |
| 15 | 2.75 | 2.75 | 2.75 | 162 | 168 | 174 | 6 | 25 | 0.275 | 174 | 0.102 | 0.090 | 0.263 | 1.100 | 173 |
| 16 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 186 | 193 | 200 | 7 | 26 | 0.300 | 200 | 0.111 | 0.090 | 0.279 | 1.200 | 199 |
| 17 | 3.25 | 3.25 | 3.25 | 214 | 223 | 232 | 9 | 32 | 0.325 | 232 | 0.122 | 0.090 | 0.293 | 1.300 | 231 |
| 18 | 3.50 | 3.50 | 3.50 | 247 | 254 | 260 | 6 | 28 | 0.350 | 260 | 0.130 | 0.090 | 0.310 | 1.400 | 259 |
| 19 | 3.75 | 3.75 | 3.75 | 275 | 280 | 289 | 9 | 29 | 0.375 | 289 | 0.138 | 0.090 | 0.327 | 1.500 | 288 |
| 20 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 302 | 310 | 317 | 7 | 28 | 0.400 | 317 | 0.144 | 0.090 | 0.346 | 1.600 | 315 |
| 21 | 4.25 | 4.25 | 4.25 | 330 | 335 | 343 | 8 | 26 | 0.425 | 343 | 0.150 | 0.090 | 0.365 | 1.700 | 341 |
| 22 | 4.50 | 4.50 | 4.50 | 358 | 367 | 377 | 10 | 34 | 0.450 | 377 | 0.157 | 0.090 | 0.383 | 1.800 | 375 |
| 23 | 4.75 | 4.75 | 4.75 | 394 | 403 | 418 | 15 | 41 | 0.475 | 418 | 0.165 | 0.090 | 0.400 | 1.900 | 416 |
| 24 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 438 | 446 | 462 | 16 | 44 | 0.500 | 462 | 0.173 | 0.090 | 0.417 | 2.000 | 460 |
| 25 | 5.25 | 5.25 | 5.25 | 477 | 485 | 498 | 13 | 36 | 0.525 | 498 | 0.179 | 0.090 | 0.436 | 2.100 | 496 |
| 26 | 5.50 | 5.50 | 5.50 | 515 | 523 | 537 | 14 | 39 | 0.550 | 537 | 0.186 | 0.090 | 0.454 | 2.200 | 535 |

CURVAS PRESIOMÉTRICAS DE CAMPO Y CORREGIDA POR PRESIÓN Y VOLUMEN




[redacted]

[redacted]

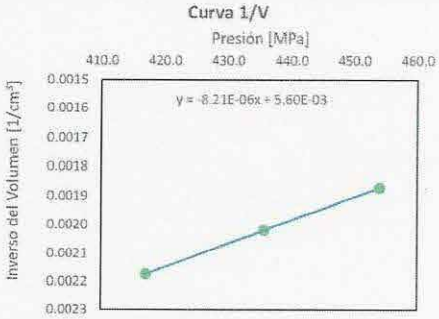
INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

[redacted]

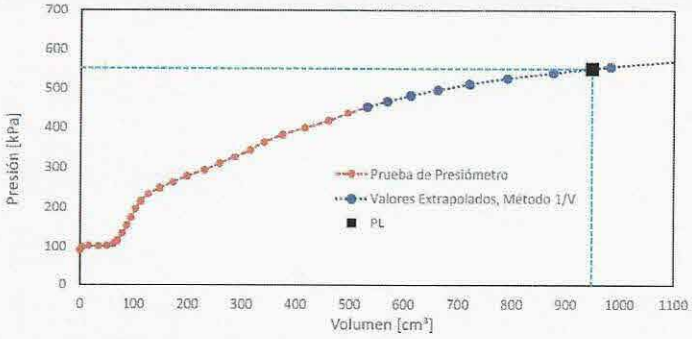
LIEC

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

### Inverso de Volumen




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

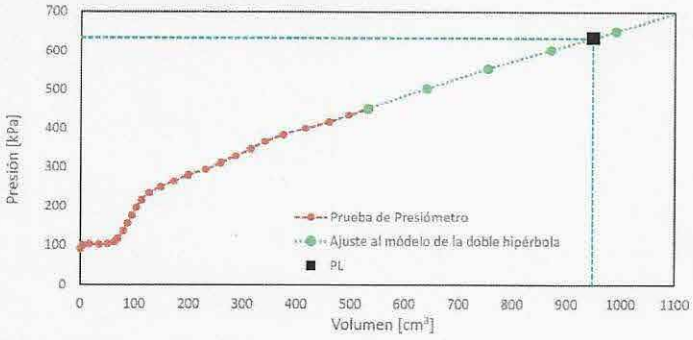



| Coeficientes de Extrapolación | |
|---|---|
| b= | 5.600E-03 |
| m= | -8.210E-06 |

| Presión Límite con el Método 1/V | | |
|---|---|---|
| V [cm³] | 1/V [cm³] | PL [kPa] |
| 947 | 0.001055 | 554 |

[redacted]

### DOBLE HIPÉRBOLA, ISO 22476-4




| Coeficientes de Extrapolación | |
|---|---|
| A0= | -5.34E+03 |
| A1= | 1.33E+00 |
| A2= | 2.33E+07 |
| A3= | -6.37E+04 |
| A4= | 5.00E+03 |
| A5= | 0.00E+00 |

| 0 | | |
|---|---|---|
| V [cm³] | 1/V [cm³] | PL [kPa] |
| 947 | 0.00105597 | 635 |

[redacted]

### INTERPRETACIÓN GEOTÉCNICA

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n= | 0.15 | | | | | | | |
| $V_o$= | 489.5 | [cm³] | $V_o+2V_i$ = | 947 | [cm³] | a= | 1/4 | |
| DP= | 0.1 | [MPa] | $p_L$ = | 0.59 | [MPa] | E= | 11.1 | [MPa] |
| DV= | 57.4 | [cm³] | $p_f$ = | 0.26 | [MPa] | G= | 4.8 | [MPa] |
| $V_m$ = | 98.4 | [cm³] | $E_m/p_L$ = | 4.7 | | Cu= | 0.178 | [MPa] |
| $E_m$ = | 2.8 | [MPa] | $p_L-s_0$ = | 0.487 | [MPa] | | | |
| $G_m$ = | 1.0 | [MPa] | Su(1+Ln(GM/Su)) = | 0.487 | [MPa] | | | |

**Observaciones:**

* El número de golpes reportado corresponde al obtenido en la prueba de penetración estándar, misma que se realizó en un barreno contiguo al sondeo de prueba.

**DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL:**

Descrip: Grava y gravillas empacadas en limo
SUCS: -
%F: -
%S: -
$N_{spt}$: 10

La integración e interpretación de parámetros mecánicos aquí prese un modelo geotécnico, deberá rea un Ingeniero Especialista en Geot

[redacted]

[redacted]

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

[redacted]

LIEC

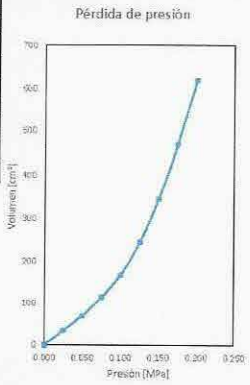
[redacted]

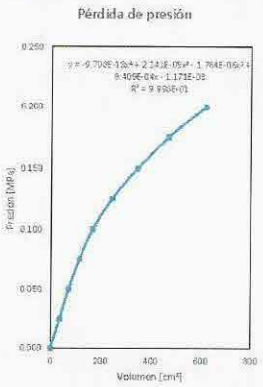
| PROYECTO | | | CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO | | |
|---|---|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Cablebus Línea 3 | | LONGITUD DE LA SONDA: | 21 | [cm] |
| UBICACIÓN: | Av. Constituyentes-Los pinos | UTM X= - | DIÁMETRO DE LA SONDA: | 6 | [cm] |
| SONDEO: | Torre 33 | UTM Y= - | TIPO DE MEMBRANA: | Lona | |
| FECHA: | 17/02/2023 | UTM Z= - | DIÁMETRO CILINDRO DE CALIBRACION: | 6.6 | [cm] |
| PRUEBA: | 3 | | HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN: | Bicónica | |
| PROFUNDIDAD: | 14.50 | [m] | DIÁMETRO DE PERFORACIÓN: | 6.35 | [cm] |
| NAF: | No detectado | [m] | ALTURA DE LA CONSOLA: | 1 | [m] |
| HORA: | 01:33:00 p. m. | | NIVEL DE LODOS POR ENCIMA DE LA SONDA [m]: | 0 | |

Calibración por pérdida de presión

| | Presión [bar] | | | Volumen [cm³] | | | | | Curva | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. | $P_{15s}$ | $P_{30s}$ | $P_{60s}$ | $V_{15s}$ | $V_{30s}$ | $V_{60s}$ | $DV_{60/30}$ | $DV_{60/60}$ | P [MPa] | V [cm³] |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0.000 | 0 |
| 1 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 18 | 28 | 36 | 8 | 36 | 0.025 | 36 |
| 2 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 53 | 59 | 71 | 12 | 35 | 0.050 | 71 |
| 3 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 92 | 100 | 114 | 14 | 43 | 0.075 | 114 |
| 4 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 133 | 150 | 167 | 17 | 53 | 0.100 | 167 |
| 5 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 200 | 215 | 244 | 29 | 77 | 0.125 | 244 |
| 6 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 280 | 302 | 345 | 43 | 101 | 0.150 | 345 |
| 7 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 392 | 418 | 470 | 52 | 125 | 0.175 | 470 |
| 8 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 520 | 553 | 620 | 67 | 150 | 0.200 | 620 |

Curvas de calibración por pérdida de presión



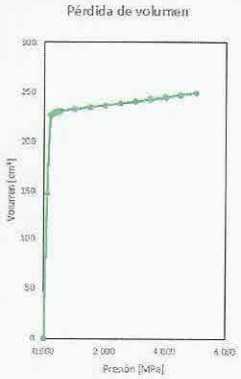

[redacted]

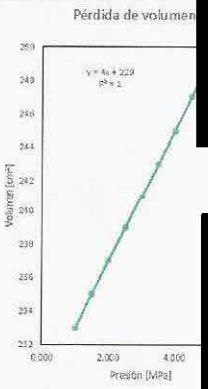
| Coeficientes | | |
|---|---|---|
| | a x^5= | 0 |
| | b x^4= | -9.798E-13 |
| | c x^3= | 2.141E-09 |
| | d x^2= | -1.784E-06 |
| | e x^1= | 8.409E-04 |
| | f x^0= | -1.171E-03 |

Calibración por pérdida de volumen

| | Presión [bar] | | | Volumen [cm³] | | | | | Curva | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. | $P_{15s}$ | $P_{30s}$ | $P_{60s}$ | $V_{15s}$ | $V_{30s}$ | $V_{60s}$ | $DV_{60/30}$ | $DV_{60/60}$ | P [MPa] | V [cm³] |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0.000 | 0 |
| 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 65 | 98 | 147 | 49 | 147 | 0.100 | 147 |
| 2 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 226 | 227 | 227 | 0 | 80 | 0.200 | 227 |
| 3 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 229 | 229 | 229 | 0 | 2 | 0.300 | 229 |
| 4 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 230 | 230 | 230 | 0 | 1 | 0.400 | 230 |
| 5 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 231 | 231 | 231 | 0 | 1 | 0.500 | 231 |
| 6 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 233 | 233 | 233 | 0 | 2 | 1.000 | 233 |
| 7 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 235 | 235 | 235 | 0 | 2 | 1.500 | 235 |
| 8 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 237 | 237 | 237 | 0 | 2 | 2.000 | 237 |
| 9 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 239 | 239 | 239 | 0 | 2 | 2.500 | 239 |
| 10 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 241 | 241 | 241 | 0 | 2 | 3.000 | 241 |
| 11 | 35.00 | 35.00 | 35.00 | 243 | 243 | 243 | 0 | 2 | 3.500 | 243 |
| 12 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 245 | 245 | 245 | 0 | 2 | 4.000 | 245 |
| 13 | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 247 | 247 | 247 | 0 | 2 | 4.500 | 247 |
| 14 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 249 | 249 | 249 | 0 | 2 | 5.000 | 249 |

Curvas de calibración por pérdida de volumen




[redacted]

| Coeficientes | |
|---|---|
| a [MPa/cm²]= | 4 |
| $V_i$ [cm³]= | 229 |

[redacted]

[redacted]

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

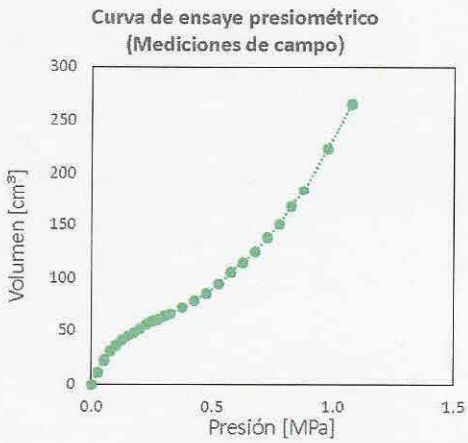
[redacted]

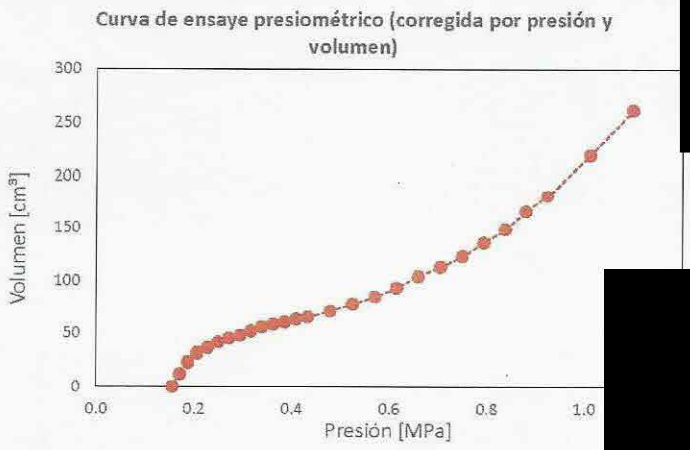
LIEC

[redacted]

| Prueba de Presiómetro | | | | | | | | | | | Presión Corregida | | | Volumen Corregido | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Presión [bar] | | | Volumen [cm³] | | | | | Curva | | | | | | |
| No. | $P_{15s}$ | $P_{30s}$ | $P_{60s}$ | $V_{15s}$ | $V_{30s}$ | $V_{60s}$ | $DV_{60/30}$ | $DV_{60/60}$ | P [MPa] | V [cm³] | Pr [MPa] | Ph [MPa] | Pc [MPa] | V [cm³] | $V_c$ [cm³] |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0.000 | 0 | -0.001 | 0.155 | 0.156 | 0.000 | 0 |
| 2 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 6 | 10 | 12 | 2 | 12 | 0.025 | 12 | 0.009 | 0.155 | 0.171 | 0.100 | 12 |
| 3 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 19 | 21 | 23 | 2 | 11 | 0.050 | 23 | 0.017 | 0.155 | 0.188 | 0.200 | 23 |
| 4 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 27 | 29 | 31 | 2 | 8 | 0.075 | 31 | 0.023 | 0.155 | 0.207 | 0.300 | 31 |
| 5 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 32 | 35 | 36 | 1 | 5 | 0.100 | 36 | 0.027 | 0.155 | 0.228 | 0.400 | 36 |
| 6 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 38 | 40 | 41 | 1 | 5 | 0.125 | 41 | 0.030 | 0.155 | 0.250 | 0.500 | 41 |
| **7** | **1.50** | **1.50** | **1.50** | **43** | **44** | **45** | **1** | **4** | **0.150** | **45** | **0.033** | **0.155** | **0.272** | **0.600** | **44** |
| 8 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 48 | 48 | 48 | 0 | 3 | 0.175 | 48 | 0.035 | 0.155 | 0.295 | 0.700 | 47 |
| 9 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 52 | 52 | 52 | 0 | 4 | 0.200 | 52 | 0.038 | 0.155 | 0.317 | 0.800 | 51 |
| 10 | 2.25 | 2.25 | 2.25 | 56 | 56 | 56 | 0 | 4 | 0.225 | 56 | 0.041 | 0.155 | 0.339 | 0.900 | 55 |
| 11 | 2.50 | 2.50 | 2.50 | 59 | 59 | 59 | 0 | 3 | 0.250 | 59 | 0.043 | 0.155 | 0.362 | 1.000 | 58 |
| 12 | 2.75 | 2.75 | 2.75 | 61 | 61 | 61 | 0 | 2 | 0.275 | 61 | 0.044 | 0.155 | 0.386 | 1.100 | 60 |
| 13 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 64 | 64 | 64 | 0 | 3 | 0.300 | 64 | 0.046 | 0.155 | 0.409 | 1.200 | 63 |
| **14** | **3.25** | **3.25** | **3.25** | **66** | **66** | **66** | **0** | **2** | **0.325** | **66** | **0.047** | **0.155** | **0.433** | **1.300** | **65** |
| 15 | 3.75 | 3.75 | 3.75 | 71 | 71 | 72 | 1 | 6 | 0.375 | 72 | 0.051 | 0.155 | 0.479 | 1.500 | 71 |
| 16 | 4.25 | 4.25 | 4.25 | 76 | 77 | 79 | 2 | 7 | 0.425 | 79 | 0.055 | 0.155 | 0.525 | 1.700 | 77 |
| 17 | 4.75 | 4.75 | 4.75 | 83 | 84 | 86 | 2 | 7 | 0.475 | 86 | 0.059 | 0.155 | 0.571 | 1.900 | 84 |
| 18 | 5.25 | 5.25 | 5.25 | 91 | 93 | 95 | 2 | 9 | 0.525 | 95 | 0.064 | 0.155 | 0.616 | 2.100 | 93 |
| 19 | 5.75 | 5.75 | 5.75 | 101 | 104 | 106 | 2 | 11 | 0.575 | 106 | 0.070 | 0.155 | 0.660 | 2.300 | 104 |
| 20 | 6.25 | 6.25 | 6.25 | 111 | 113 | 115 | 2 | 9 | 0.625 | 115 | 0.075 | 0.155 | 0.705 | 2.500 | 113 |
| 21 | 6.75 | 6.75 | 6.75 | 121 | 123 | 125 | 2 | 10 | 0.675 | 125 | 0.080 | 0.155 | 0.750 | 2.700 | 122 |
| 22 | 7.25 | 7.25 | 7.25 | 133 | 135 | 138 | 3 | 13 | 0.725 | 138 | 0.086 | 0.155 | 0.794 | 2.900 | 135 |
| 23 | 7.75 | 7.75 | 7.75 | 144 | 148 | 151 | 3 | 13 | 0.775 | 151 | 0.092 | 0.155 | 0.838 | 3.100 | 148 |
| 24 | 8.25 | 8.25 | 8.25 | 159 | 164 | 169 | 5 | 18 | 0.825 | 169 | 0.100 | 0.155 | 0.880 | 3.300 | 166 |
| 25 | 8.75 | 8.75 | 8.75 | 176 | 180 | 185 | 5 | 16 | 0.875 | 185 | 0.106 | 0.155 | 0.924 | 3.500 | 182 |
| 26 | 9.75 | 9.75 | 9.75 | 204 | 211 | 223 | 12 | 38 | 0.975 | 223 | 0.119 | 0.155 | 1.011 | 3.900 | 219 |
| 27 | 10.75 | 10.75 | 10.75 | 242 | 252 | 266 | 14 | 43 | 1.075 | 266 | 0.132 | 0.155 | 1.098 | 4.300 | 26[redacted] |

CURVAS PRESIOMÉTRICAS DE CAMPO Y CORREGIDA POR PRESIÓN Y VOLUMEN




[redacted]

[redacted]

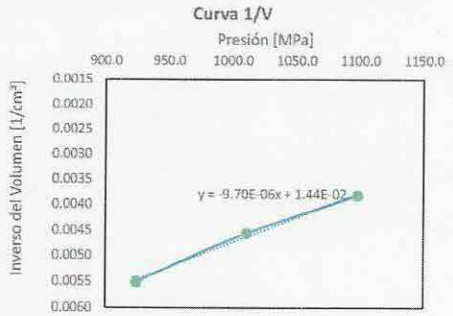
INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

[redacted]

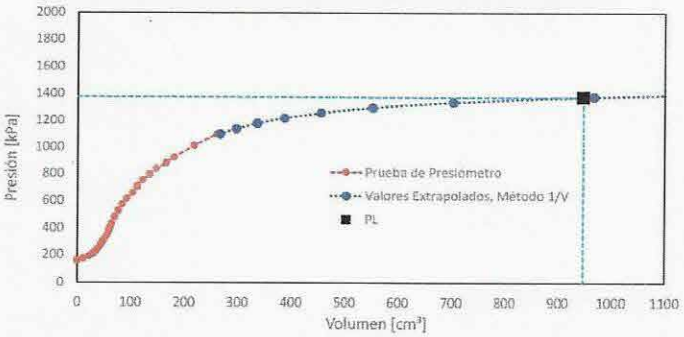
LIEC

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

### Inverso de Volumen



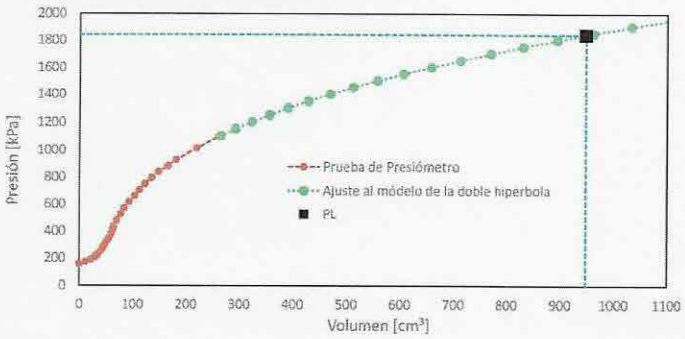

### Curva con valores extrapolados del método 1/V, ASTM-D4719




| Coeficientes de Extrapolación | |
|---|---|
| b= | 1.440E-02 |
| m= | -9.700E-06 |

| Presión Límite con el Método 1/V | | |
|---|---|---|
| V [cm³] | 1/V [cm³] | PL [kPa] |
| 947 | 0.00106 | 1376 |

### DOBLE HIPÉRBOLA, ISO 22476-4




| Coeficientes de Extrapolación | |
|---|---|
| A0= | -9.40E+03 |
| A1= | -1.75E+00 |
| A2= | 5.91E+07 |
| A3= | 1.26E+04 |
| A4= | 6.20E+03 |
| A5= | 5.00E+01 |

| 0 | | |
|---|---|---|
| V [cm³] | 1/V [cm³] | PL [kPa] |
| 947 | 0.00105597 | 1842 |

### INTERPRETACIÓN GEOTÉCNICA

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\nu$= | 0.15 | | | | | | | |
| $V_0$= | 489.5 | [cm³] | $V_0+2V_i$ = | 947 | [cm³] | $\alpha$= | 1/3 | |
| $\Delta P$= | 0.2 | [MPa] | $p_L$ = | 1.36 | [MPa] | $E$= | 29.8 | [MPa] |
| $\Delta V$= | 20.3 | [cm³] | $p_f$ = | 0.48 | [MPa] | $G$= | 13.0 | [MPa] |
| $V_m$= | 54.6 | [cm³] | $E_m/p_L$ = | 7.2 | | $Cu$= | 0.323 | [MPa] |
| $E_m$= | 9.9 | [MPa] | $p_L-\sigma_0$ = | 1.126 | [MPa] | | | |
| $G_m$= | 3.9 | [MPa] | $Su(1+Ln(GM/Su))$ = | 1.126 | [MPa] | | | |

**Observaciones:**

* El número de golpes reportado corresponde al obtenido en la prueba de penetración estándar, misma que se realizó en un barreno contiguo al sondeo de prueba.

**DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL:**

Descrip: Arena pumitica
SUCS: -
%F: -
%S: -
$N_{spt}$: 26

La integración e interpretación
parámetros mecánicos aquí pre
un modelo geotécnico, deberá
un Ingeniero Especialista en Ge

[redacted]

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

LIEC

[redacted]

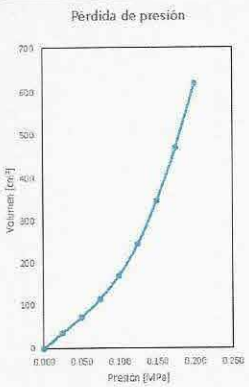
| PROYECTO | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | Cablebus Línea 3 | | |
| UBICACIÓN: | Av. Constituyentes-Los pinos | UTM X= | - |
| SONDEO: | Torre 33 | UTM Y= | - |
| FECHA: | 18/02/2023 | UTM Z= | - |
| PRUEBA: | 4 | | |
| PROFUNDIDAD: | 20.00 [m] | | |
| NAF: | No detectado [m] | | |
| HORA: | 03:30:00 p. m. | | |

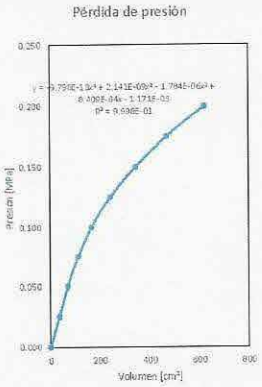
| CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO | | |
|---|---|---|
| LONGITUD DE LA SONDA: | 21 | [cm] |
| DIÁMETRO DE LA SONDA: | 6 | [cm] |
| TIPO DE MEMBRANA: | Lona | |
| DIÁMETRO CILINDRO DE CALIBRACION: | 6.6 | [cm] |
| HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN: | Bicónica | |
| DIÁMETRO DE PERFORACIÓN: | 6.35 | [cm] |
| ALTURA DE LA CONSOLA: | 1 | [m] |
| NIVEL DE LODOS POR ENCIMA DE LA SONDA [m]: | 0 | |

Calibración por pérdida de presión

| No. | Presión [bar] $P_{15s}$ | $P_{30s}$ | $P_{60s}$ | Volumen [cm³] $V_{15s}$ | $V_{30s}$ | $V_{60s}$ | $DV_{60/30}$ | $DV_{60/60}$ | Curva P [MPa] | V [cm³] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0.000 | 0 |
| 1 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 18 | 28 | 36 | 8 | 36 | 0.025 | 36 |
| 2 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 53 | 59 | 71 | 12 | 35 | 0.050 | 71 |
| 3 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 92 | 100 | 114 | 14 | 43 | 0.075 | 114 |
| 4 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 133 | 150 | 167 | 17 | 53 | 0.100 | 167 |
| 5 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 200 | 215 | 244 | 29 | 77 | 0.125 | 244 |
| 6 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 280 | 302 | 345 | 43 | 101 | 0.150 | 345 |
| 7 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 392 | 418 | 470 | 52 | 125 | 0.175 | 470 |
| 8 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 520 | 553 | 620 | 67 | 150 | 0.200 | 620 |

Curvas de calibración por pérdida de presión



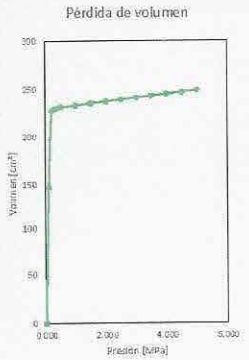



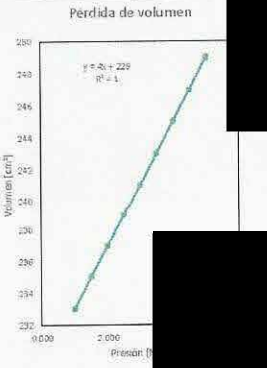

| Coeficientes | | |
|---|---|---|
| | a x^5= | 0 |
| | b x^4= | -9.798E-13 |
| | c x^3= | 2.141E-09 |
| | d x^2= | -1.784E-06 |
| | e x^1= | 8.409E-04 |
| | f x^0= | -1.171E-03 |

Calibración por pérdida de volumen

| No. | Presión [bar] $P_{15s}$ | $P_{30s}$ | $P_{60s}$ | Volumen [cm³] $V_{15s}$ | $V_{30s}$ | $V_{60s}$ | $DV_{60/30}$ | $DV_{60/60}$ | Curva P [MPa] | V [cm³] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | 0.000 | 0 |
| 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 65 | 98 | 147 | 49 | 147 | 0.100 | 147 |
| 2 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 226 | 227 | 227 | 0 | 80 | 0.200 | 227 |
| 3 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 229 | 229 | 229 | 0 | 2 | 0.300 | 229 |
| 4 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 230 | 230 | 230 | 0 | 1 | 0.400 | 230 |
| 5 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 231 | 231 | 231 | 0 | 1 | 0.500 | 231 |
| 6 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 233 | 233 | 233 | 0 | 2 | 1.000 | 233 |
| 7 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 235 | 235 | 235 | 0 | 2 | 1.500 | 235 |
| 8 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 237 | 237 | 237 | 0 | 2 | 2.000 | 237 |
| 9 | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 239 | 239 | 239 | 0 | 2 | 2.500 | 239 |
| 10 | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 241 | 241 | 241 | 0 | 2 | 3.000 | 241 |
| 11 | 35.00 | 35.00 | 35.00 | 243 | 243 | 243 | 0 | 2 | 3.500 | 243 |
| 12 | 40.00 | 40.00 | 40.00 | 245 | 245 | 245 | 0 | 2 | 4.000 | 245 |
| 13 | 45.00 | 45.00 | 45.00 | 247 | 247 | 247 | 0 | 2 | 4.500 | 247 |
| 14 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 249 | 249 | 249 | 0 | 2 | 5.000 | 249 |

Curvas de calibración por pérdida de volumen




[redacted]

| Coeficientes | |
|---|---|
| a [MPa/cm³]= | 4 |
| $V_i$ [cm³]= | 229 |

[redacted]

[redacted]

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

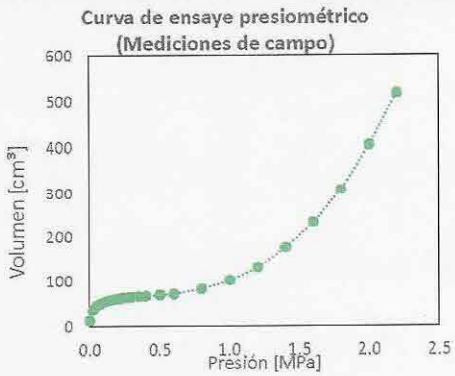
[redacted]

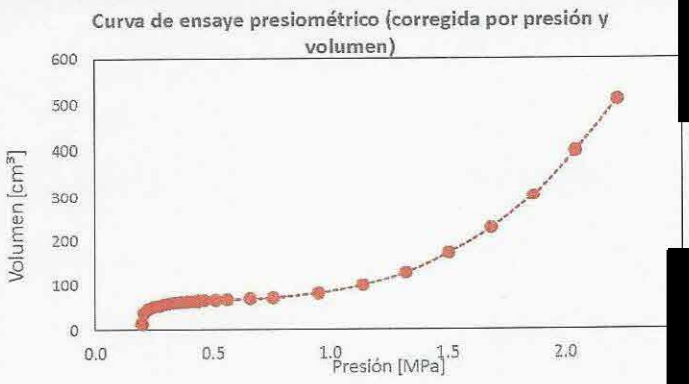
LIEC

[redacted]

| Prueba de Presiómetro | | | | | | | | | | | Presión Corregida | | | Volumen Corregido | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Presión [bar] | | | Volumen [cm³] | | | | | Curva | | | | | | |
| No. | $P_{15s}$ | $P_{30s}$ | $P_{60s}$ | $V_{15s}$ | $V_{30s}$ | $V_{60s}$ | $DV_{60/30}$ | $DV_{60/60}$ | P [MPa] | V [cm³] | Pr [MPa] | Ph [MPa] | Pc [MPa] | V [cm³] | $V_c$ [cm³] |
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 13 | 13 | 13 | 0 | - | 0.000 | 13 | 0.009 | 0.210 | 0.201 | 0.000 | 13 |
| 2 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 27 | 32 | 36 | 4 | 23 | 0.025 | 36 | 0.027 | 0.210 | 0.208 | 0.100 | 36 |
| 3 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 41 | 42 | 45 | 3 | 9 | 0.050 | 45 | 0.033 | 0.210 | 0.227 | 0.200 | 45 |
| 4 | 0.75 | 0.75 | 0.75 | 47 | 48 | 50 | 2 | 5 | 0.075 | 50 | 0.037 | 0.210 | 0.248 | 0.300 | 50 |
| 5 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 52 | 52 | 53 | 1 | 3 | 0.100 | 53 | 0.039 | 0.210 | 0.271 | 0.400 | 53 |
| **6** | **1.25** | **1.25** | **1.25** | **56** | **56** | **56** | **0** | **3** | **0.125** | **56** | **0.041** | **0.210** | **0.294** | **0.500** | **56** |
| 7 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 58 | 58 | 58 | 0 | 2 | 0.150 | 58 | 0.042 | 0.210 | 0.318 | 0.600 | 57 |
| 8 | 1.75 | 1.75 | 1.75 | 60 | 60 | 60 | 0 | 2 | 0.175 | 60 | 0.043 | 0.210 | 0.342 | 0.700 | 59 |
| 9 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 61 | 61 | 61 | 0 | 1 | 0.200 | 61 | 0.044 | 0.210 | 0.366 | 0.800 | 60 |
| 10 | 2.25 | 2.25 | 2.25 | 62 | 62 | 62 | 0 | 1 | 0.225 | 62 | 0.045 | 0.210 | 0.390 | 0.900 | 61 |
| 11 | 2.50 | 2.50 | 2.50 | 63 | 63 | 63 | 0 | 1 | 0.250 | 63 | 0.045 | 0.210 | 0.415 | 1.000 | 62 |
| 12 | 2.75 | 2.75 | 2.75 | 64 | 64 | 64 | 0 | 1 | 0.275 | 64 | 0.046 | 0.210 | 0.439 | 1.100 | 63 |
| 13 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 65 | 65 | 65 | 0 | 1 | 0.300 | 65 | 0.047 | 0.210 | 0.463 | 1.200 | 64 |
| 14 | 3.50 | 3.50 | 3.50 | 66 | 66 | 66 | 0 | 1 | 0.350 | 66 | 0.047 | 0.210 | 0.513 | 1.400 | 65 |
| 15 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 67 | 67 | 67 | 0 | 1 | 0.400 | 67 | 0.048 | 0.210 | 0.562 | 1.600 | 65 |
| 16 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 70 | 70 | 70 | 0 | 3 | 0.500 | 70 | 0.050 | 0.210 | 0.660 | 2.000 | 68 |
| **17** | **6.00** | **6.00** | **6.00** | **72** | **72** | **72** | **0** | **2** | **0.600** | **72** | **0.051** | **0.210** | **0.759** | **2.400** | **70** |
| 18 | 8.00 | 8.00 | 8.00 | 80 | 81 | 83 | 2 | 11 | 0.800 | 83 | 0.058 | 0.210 | 0.952 | 3.200 | 80 |
| 19 | 10.00 | 10.00 | 10.00 | 96 | 99 | 102 | 3 | 19 | 1.000 | 102 | 0.068 | 0.210 | 1.142 | 4.000 | 98 |
| 20 | 12.00 | 12.00 | 12.00 | 122 | 126 | 132 | 6 | 30 | 1.200 | 132 | 0.083 | 0.210 | 1.327 | 4.800 | 127 |
| 21 | 14.00 | 14.00 | 14.00 | 161 | 168 | 176 | 8 | 44 | 1.400 | 176 | 0.102 | 0.210 | 1.508 | 5.600 | 170 |
| 22 | 16.00 | 16.00 | 16.00 | 213 | 225 | 233 | 8 | 57 | 1.600 | 233 | 0.122 | 0.210 | 1.688 | 6.400 | 22 |
| 23 | 18.00 | 18.00 | 18.00 | 280 | 292 | 310 | 18 | 77 | 1.800 | 310 | 0.143 | 0.210 | 1.867 | 7.200 | 30 |
| 24 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 360 | 380 | 405 | 25 | 95 | 2.000 | 405 | 0.163 | 0.210 | 2.047 | 8.000 | 39 |
| 25 | 22.00 | 22.00 | 22.00 | 455 | 480 | 518 | 38 | 113 | 2.200 | 518 | 0.183 | 0.210 | 2.227 | 8.800 | 50 |

CURVAS PRESIOMÉTRICAS DE CAMPO Y CORREGIDA POR PRESIÓN Y VOLUMEN




[redacted]

[redacted]

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

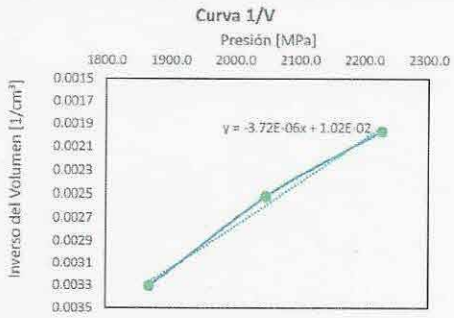
[redacted]

LIEC

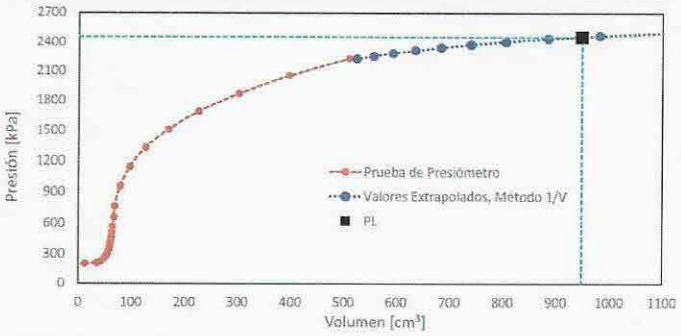
[redacted]

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

### Inverso de Volumen




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



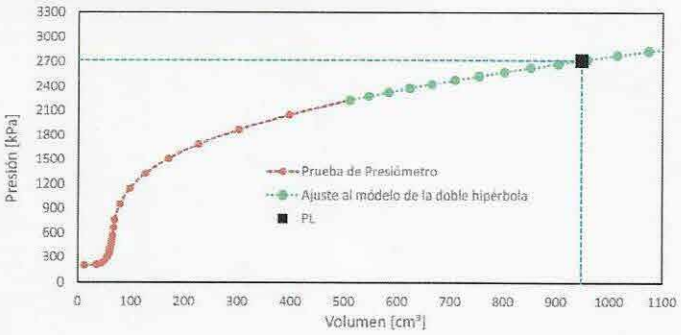

| Coeficientes de Extrapolación | |
|---|---|
| b= | 1.020E-02 |
| m= | -3.720E-06 |

| Presión Límite con el Método 1/V | | |
|---|---|---|
| V [cm³] | 1/V [cm³] | PL [kPa] |
| 947 | 0.00106 | 2458 |

[redacted]

### DOBLE HIPÉRBOLA, ISO 22476-4

| Coeficientes de Extrapolación | |
|---|---|
| A0= | -8.42E+03 |
| A1= | -1.45E+00 |
| A2= | 7.06E+07 |
| A3= | 1.93E+05 |
| A4= | 8.00E+03 |
| A5= | -4.50E+02 |




| 0 | | |
|---|---|---|
| V [cm³] | 1/V [cm³] | PL [kPa] |
| 947 | 0.001055966 | 2719 |

[redacted]

### INTERPRETACIÓN GEOTÉCNICA

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\nu$= | 0.20 | | | | | | | |
| $V_0$= | 489.5 | [cm³] | $V_0+2V_1$= | 947 | [cm³] | $\alpha$= | 2/3 | |
| $\Delta P$= | 0.5 | [MPa] | $p_L$= | 2.59 | [MPa] | $E$= | **65.5** | [MPa] |
| $\Delta V$= | 14.1 | [cm³] | $p_f$= | 0.95 | [MPa] | $G$= | **27.3** | [MPa] |
| $V_m$= | 62.6 | [cm³] | $E_m/p_L$= | 16.9 | | $Cu$= | **0.516** | [MPa] |
| $E_m$= | 43.7 | [MPa] | $p_L-\sigma_0$= | 2.294 | [MPa] | | | |
| $G_m$= | 16.1 | [MPa] | Su(1+Ln(GM/Su)) = | 2.294 | [MPa] | | | |

**Observaciones:**

* El número de golpes reportado corresponde al obtenido en la prueba de penetración estándar, misma que se realizó en un barreno paralelo al sondeo de prueba.

**DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL:**

Descrip: Limo arenoso café claro
SUCS: -
%F: -
%S: -
$N_{est}$: 41

La integración e interpretación de l
parámetros mecánicos aquí preser
un modelo geotécnico, deberá real
un Ingeniero Especialista en Geote

[redacted]

[redacted]

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

[redacted]

| | | | |
|---|---|---|---|
| LIEC | LIEC S.A. DE C.V. | CÓDIGO | |
| | PRUEBA DE PRESIÓMETRO MENARD | 23-008-EMS-A | |
| | PROYECTO: PRESIÓMETRO MENARD PARA TORRE 33 | PÁGINA | FECHA |
| | | Página **17** de **21** | 21/03/2023 |

[redacted]

## A-1 MEMORIA FOTOGRÁFICA

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

| LIEC | LIEC S.A. DE C.V. | CÓDIGO | |
|---|---|---|---|
| | PRUEBA DE PRESIÓMETRO MENARD | 23-008-EMS-A | |
| | PROYECTO: PRESIÓMETRO MENARD PARA TORRE 33 | PÁGINA | FECHA |
| | | Página **18** de **21** | 21/03/2023 |

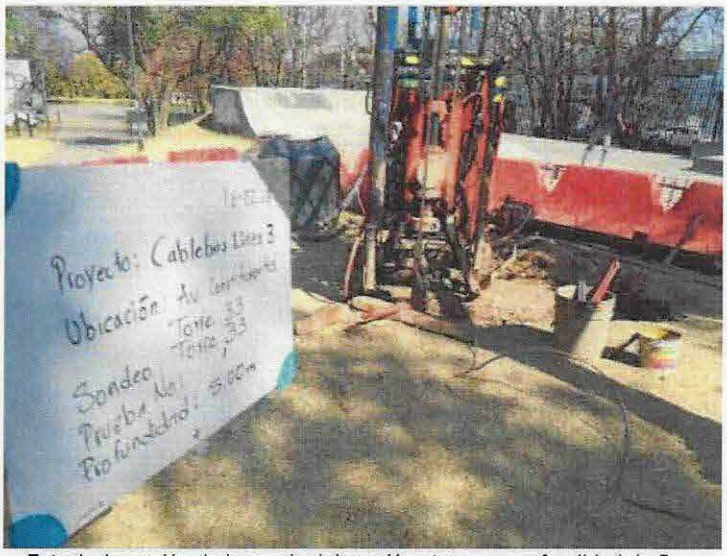



Foto 1.- Inserción de la sonda del presiómetro para profundidad de 5 m.

[redacted]

Foto 2.- Ejecución de prueba de presiómetro.

[redacted]

[redacted]

[redacted]

| LIEC | LIEC S.A. DE C.V. | CÓDIGO | |
|---|---|---|---|
| | PRUEBA DE PRESIÓMETRO MENARD | 23-008-EMS-A | |
| | PROYECTO: PRESIÓMETRO MENARD PARA TORRE 33 | PÁGINA | FECHA |
| | | Página **19** de **21** | 21/03/2023 |

Foto 3.- Inserción de la sonda del presiómetro para profundidad de 8 m.

[redacted]

Foto 4.- Ejecución de prueba de presiómetro.

[redacted]

[redacted]

[redacted]

| LIEC | LIEC S.A. DE C.V. | CÓDIGO | |
|---|---|---|---|
| | PRUEBA DE PRESIÓMETRO MENARD | 23-008-EMS-A | |
| | PROYECTO: PRESIÓMETRO MENARD PARA TORRE 33 | PÁGINA | FECHA |
| | | Página **20** de **21** | 21/03/2023 |

Foto 5.- Inserción de la sonda del presiómetro para profundidad de 14.50 m.

[redacted]

Foto 6.- Ejecución de prueba de presiómetro.

[redacted]

[redacted]

[redacted]

| LIEC | LIEC S.A. DE C.V. | CÓDIGO | |
|---|---|---|---|
| | PRUEBA DE PRESIÓMETRO MENARD | 23-008-EMS-A | |
| | PROYECTO: PRESIÓMETRO MENARD PARA TORRE 33 | PÁGINA | FECHA |
| | | Página **21** de **21** | 21/03/2023 |

Foto 7.- Inserción de la sonda del presiómetro para profundidad de 20.00 m.

[redacted]

Foto 8.- Ejecución de prueba de presiómetro.

[redacted]

[redacted]

INNOVACIÓN CALIDAD TRANSPARENCIA

# 13. ANEXO 5. CARGAS ACTUANTES EN UNA TORRE TIPO CONCÉNTRICA

[redacted]

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

## TORRE 37

Combinación Gravitacional con factores

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

Combinación Sismo con factores

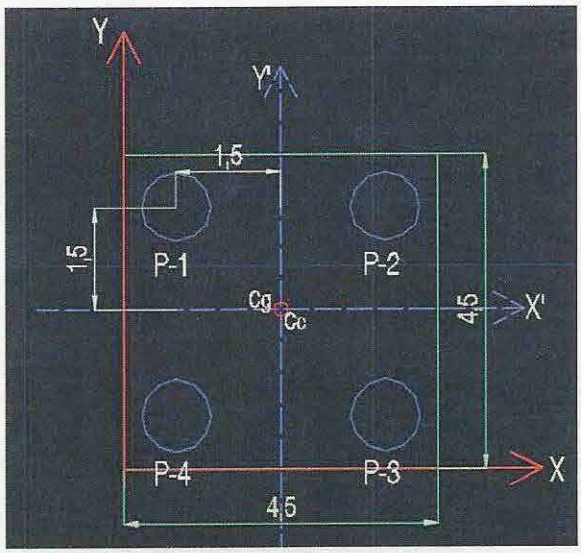
| Story | Label | Output Case | Case Type | Step Type | FX tonf | FY tonf | FZ tonf | MX tonf-m | MY tonf-m | MZ tonf-m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Base | 5 | 82 | Combination | Max | 35.1217 | -9.8162 | 165.6727 | 288.0877 | 709.1602 | -37.7216 |

Combinación Gravitacional sin factores

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

[redacted]

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.




[redacted]

Esquema 5.1. Planta de pilas y referencia de ejes generales y centroidales. Cc: centro de carga[redacted] de pilas

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

Tabla 5.1

| Centro geométrico de pilas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Pila | A ($m^2$) | X (m) | Y (m) | AX ($m^3$) | AY ($m^3$) |
| 1 | 0.785 | 0.75 | 3.75 | 0.58905 | 2.94524311 |
| 2 | 0.785 | 3.75 | 3.75 | 2.94524 | 2.94524311 |
| 3 | 0.785 | 3.75 | 0.75 | 2.94524 | 0.58904862 |
| 4 | 0.785 | 0.75 | 0.75 | 0.58905 | 0.58904862 |
| | **3.142** | | | **7.1** | **7.1** |

| | | |
|---|---|---|
| **X=** | **2.25** | m |
| **Y=** | **2.25** | m |

Tabla 5.2

| Centro de cargas | | |
|---|---|---|
| **X=** | **2.25** | **m** |
| **Y=** | **2.25** | **m** |
| **eX=** | 0.0 | **m** |
| **eY=** | 0.0 | **m** |

Tabla 5.3

| Momentos de inercia, pilas | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Pila | Xi (m) | Yi (m) | $(Xi)^2$ | $(Yi)^2$ |
| 1 | 1.5 | 1.50 | 2.25 | 2.25 |
| 2 | 1.5 | 1.50 | 2.25 | 2.25 |
| 3 | 1.5 | 1.50 | 2.25 | 2.25 |
| 4 | 1.5 | 1.50 | 2.25 | 2.25 |
| | | **Σ=** | **9.00** | **9.00** |

| | |
|---|---|
| **Ix=** | **9.00** |
| **Iy=** | **9.00** |

[redacted]

Para el incremento y decremento de cargas por excentricidad estática:

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

[redacted]

Donde:

$\Delta\sigma_{est}$ incremento y decremento de carga estática, t

$M_{v\ est\ x}$ momento de volteo estático por excentricidad, respecto al eje x, t-m

$M_{v\ est\ y}$ momento de volteo estático por excentricidad, respecto al eje y, t-m

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

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

Tabla 5.4

| Incremento de cargas fact por excentricidad estática | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Mve X= | 0.00 | t-m | |
| | Mve Y= | 0.00 | t-m | |
| Pila | Xi (m) | Yi (m) | Δσest (t) | P max (t) |
| 1 | 1.5 | 1.50 | 0.00 | 49.64 |
| 2 | 1.5 | 1.50 | 0.00 | 49.64 |
| 3 | 1.5 | 1.50 | 0.00 | 49.64 |
| 4 | 1.5 | 1.50 | 0.00 | 49.64 |

Donde:

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

Donde:

$P_{est\,fact}$ carga máxima factorizada en condición estática, igual a 198.5491 t
$P_{max,min}$ carga máxima y mínima factorizada estática, t
$\Delta\sigma_{est}$ incremento de carga por excentricidad estática, t

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

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

Donde:

$\Delta\sigma_s$ incremento y decremento de carga por condición sísmica, t
$M_{vx}$ momento de volteo sísmico respecto al eje x, igual a 288.0 t-m
$M_{vy}$ momento de volteo sísmico respecto al eje y, igual a 709.16 t-m
$x_i$ distancia entre el centro de pilas y la pila en revisión, en sentido X
$y_i$ distancia entre el centro de pilas y la pila en revisión, en sentido Y

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

Tabla 5.5

**Combinaciones sísmicas para determinación de incrementos y decrementos de cargas en pilas**

| Pila | Xi (m) | Yi (m) | Δσs (t) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.500 | 1.500 | -132.60 |
| 2 | 1.500 | 1.500 | 103.79 |
| 3 | 1.500 | 1.500 | 132.60 |
| 4 | 1.500 | 1.500 | -103.79 |

| Pila | Xi (m) | Yi (m) | Δσs (t) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.5 | 1.50 | 103.79 |
| 2 | 1.5 | 1.5 | -132.60 |
| 3 | 1.5 | 1.5 | -103.79 |
| 4 | 1.5 | 1.5 | 132.60 |

| Pila | Xi (m) | Yi (m) | Δσs (t) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.5 | 1.5 | -83.47 |
| 2 | 1.5 | 1.5 | -12.56 |
| 3 | 1.5 | 1.5 | 83.47 |
| 4 | 1.5 | 1.5 | 12.56 |

| Pila | Xi (m) | Yi (m) | Δσs (t) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.500 | 1.5 | 12.56 |
| 2 | 1.500 | 1.5 | 83.47 |
| 3 | 1.500 | 1.5 | -12.56 |
| 4 | 1.500 | 1.5 | -83.47 |

| Pila | Xi (m) | Yi (m) | Δσs (t) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.500 | 1.500 | -103.79 |
| 2 | 1.500 | 1.500 | 132.60 |
| 3 | 1.500 | 1.500 | 103.79 |
| 4 | 1.500 | 1.500 | -132.60 |

| Pila | Xi (m) | Yi (m) | Δσs (t) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.500 | 1.500 | 132.60 |
| 2 | 1.500 | 1.500 | -103.79 |
| 3 | 1.500 | 1.500 | -132.60 |
| 4 | 1.500 | 1.500 | 103.79 |

| Pila | Xi (m) | Yi (m) | Δσs (t) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.5 | 1.5 | -12.56 |
| 2 | 1.5 | 1.5 | -83.47 |
| 3 | 1.5 | 1.5 | 12.56 |
| 4 | 1.5 | 1.5 | 83.47 |

| Pila | Xi (m) | Yi (m) | Δσs (t) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.5 | 1.5 | 83.5 |
| 2 | 1.5 | 1.5 | 12.6 |
| 3 | 1.5 | 1.5 | -83.5 |
| 4 | 1.5 | 1.5 | -12.6 |

De acuerdo con la revisión de las 8 combinaciones anteriores:

Tabla 5.6

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

[redacted]

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

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

Sustituyendo los valores correspondientes, se tienen las siguientes condiciones de carga en c[redacted]
pilas analizadas:

[redacted]

Tabla 5.7

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

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

Tomando en cuenta las cargas máximas y mínimas factorizadas totales de la Tabla 4.7 y las capacidades de carga reducidas a compresión y tensión, se tiene:

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

| D (m) | R (t) | Ptot max (t) | $C_{te}$ (t) | Ptot min (t) |
|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 824.3 | 182.24 | 192.1 | 82.96 |

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

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

[redacted]

Tabla 5.9

| Incremento de cargas serv por excent. estática | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Mve X= | 0.00 | t-m | |
| | Mve Y= | 0.00 | t-m | |
| Pila | Xi (m) | Yi (m) | Δσest (t) | P max (t) |
| 1 | 1.5 | 1.5 | 0.00 | 36.19 |
| 2 | 1.5 | 1.5 | 0.00 | 36.19 |
| 3 | 1.5 | 1.5 | 0.00 | 36.19 |
| 4 | 1.5 | 1.5 | 0.00 | 36.19 |

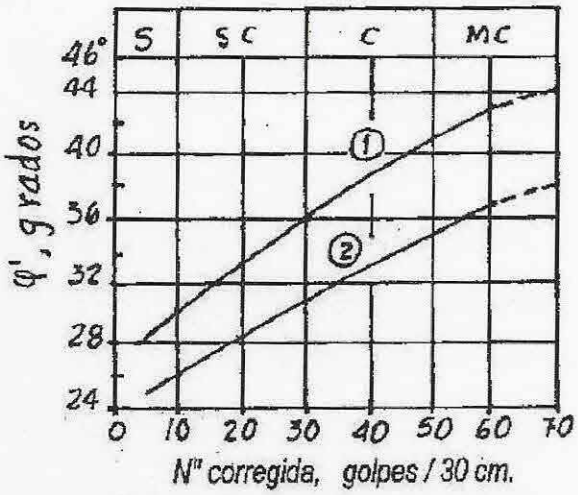
[redacted]

# 14. ANEXO 6. MEMORIA DE CÁLCULO

[redacted]

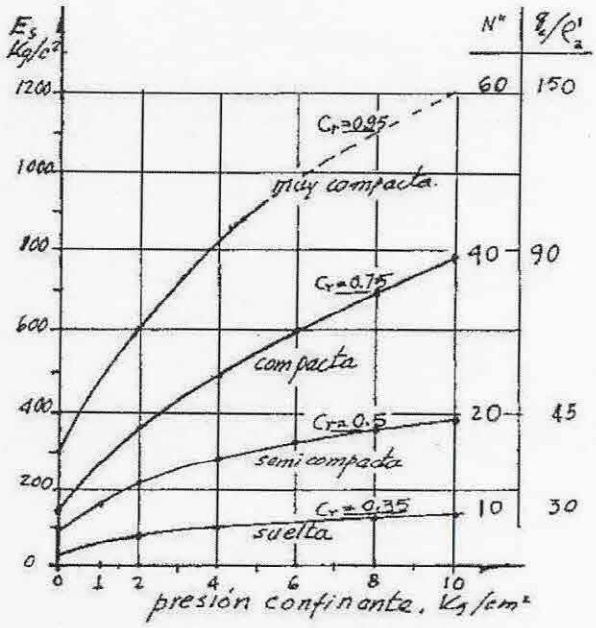
[redacted]

[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

[redacted]

**(Ref. 4). Gráficas 1 y 2 para correlación entre el número de golpes y ángulo de fricción interna, ϕ y**
**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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 0.785 | | 45.24 | | 8.60 | | | | 219.20 | | | | 706.86 |
| 1.2 | 1.131 | 24.0 | 65.14 | 8.6 | 7.17 | 37 | 219.2 | 54.6 | 201.64 | 24.00 | 0.35 | 24.00 | 1017.88 |
| 1.4 | 1.539 | | 88.67 | | 6.14 | | | | 180.63 | | | | 1385.44 |

Tabla 6.2

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

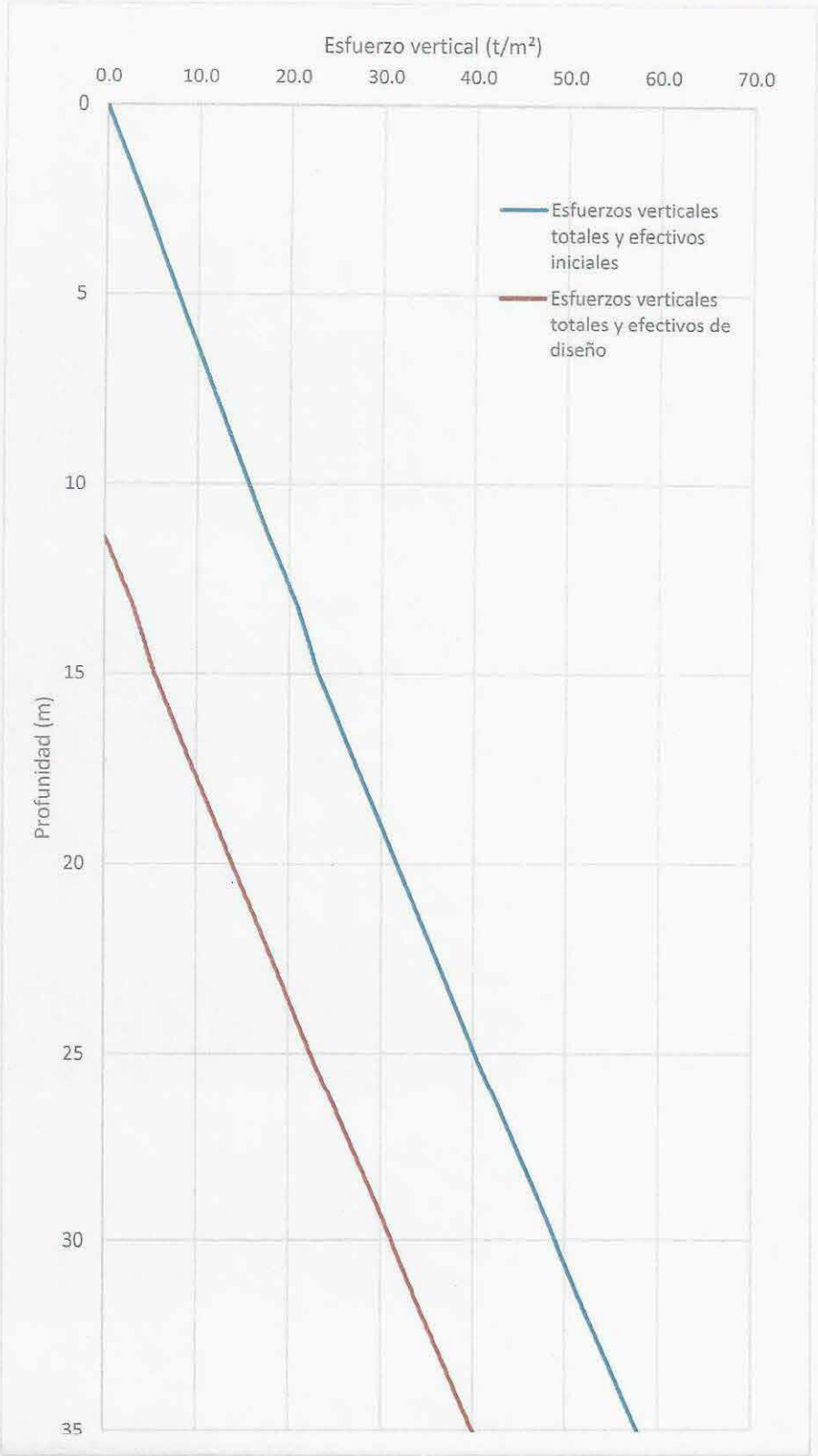
$$C_f = P_p F_R \sum_{i=1}^{m} \beta_i p'_{vi} L_i \qquad \beta_i = 1.5 - 0.24\sqrt{z}$$

**De 0.25 a 1.2**

| | Profundidad (m) | γ (t/m³) | Poz (t/m²) | Uoz (t/m²) | P'oz (t/m²) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 1.6 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | |
| | 0.9 | 1.6 | 1.44 | 0.00 | 1.44 | | | | | |
| | 1.8 | 1.6 | 2.88 | 0.00 | 2.88 | | | | | |
| | 1.8 | 1.55 | 2.88 | 0.00 | 2.88 | | | | | |
| N dado | 2 | 1.55 | 3.19 | 0.00 | 3.19 | | | | | |
| | 6.6 | 1.55 | 10.32 | 0.00 | 10.32 | Poz (t/m²) | P'vi (t/m²) | Li (m) | βi | (P'vi)(Li)βi |
| | 11.4 | 1.55 | 17.76 | 0.00 | 17.76 | 0.00 | 0.00 | | | |
| | 11.4 | 1.7 | 17.76 | 0.00 | 17.76 | 0.00 | 0.00 | 1.8 | 0.730 | 2.01 |
| | 12.3 | 1.7 | 19.29 | 0.00 | 19.29 | 1.53 | 1.53 | | | |
| | 13.2 | 1.7 | 20.82 | 0.00 | 20.82 | 3.06 | 3.06 | | | |
| | 13.2 | 1.3 | 20.82 | 0.00 | 20.82 | 3.06 | 3.06 | | | |
| | 14.1 | 1.3 | 21.99 | 0.00 | 21.99 | 4.23 | 4.23 | 1.8 | 0.665 | 5.06 |
| | 15 | 1.3 | 23.16 | 0.00 | 23.16 | 5.40 | 5.40 | | | |
| | 15 | 1.7 | 23.16 | 0.00 | 23.16 | 5.40 | 5.40 | | | |
| | 16.2 | 1.7 | 25.20 | 0.00 | 25.20 | 7.44 | 7.44 | 2.4 | 0.596 | 10.64 |
| | 17.4 | 1.7 | 27.24 | 0.00 | 27.24 | 9.48 | 9.48 | | | |
| | 17.4 | 1.7 | 27.24 | 0.00 | 27.24 | 9.48 | 9.48 | | | |
| | 21 | 1.7 | 33.36 | 0.00 | 33.36 | 15.60 | 15.60 | 7.2 | 0.454 | 50.98 |
| | 24.6 | 1.7 | 39.48 | 0.00 | 39.48 | 21.72 | 21.72 | | | |
| | 24.6 | 1.75 | 39.48 | 0.00 | 39.48 | 21.72 | 21.72 | | | |
| | 25.3 | 1.75 | 40.71 | 0.00 | 40.71 | 22.95 | 22.95 | 1.4 | 0.342 | 10.97 |
| Df | 26 | 1.75 | 41.93 | 0.00 | 41.93 | 24.17 | 24.17 | | | |
| | 30.75 | 1.75 | 50.24 | 0.00 | 50.24 | 32.48 | 32.48 | | Σ= | 79.66 |
| | 35.5 | 1.75 | 58.56 | 0.00 | 58.56 | 40.80 | 40.80 | | | |

| D (m) | Pp (m) | FR | Cf (t) |
|---|---|---|---|
| 1.0 | 3.142 | | 162.7 |
| 1.2 | 3.770 | 0.65 | 195.2 |
| 1.4 | 4.398 | | 227.7 |

[redacted]




[redacted]

[redacted]

[redacted]

Gráfica 6.1. Esfuerzos totales y efectivos verticales

Tabla 6.2

**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) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 706.9 | 45.2 | 162.7 | | 0.785 | | 100 | | 2.63 | 824.3 | 241.37 |
| 1017.9 | 65.1 | 195.2 | 2400 | 1.131 | 280000 | 120 | 1200 | 3.01 | 1147.9 | 294.21 |
| 1385.4 | 88.7 | 227.7 | | 1.539 | | 140 | | 3.39 | 1524.5 | 346.96 |

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

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

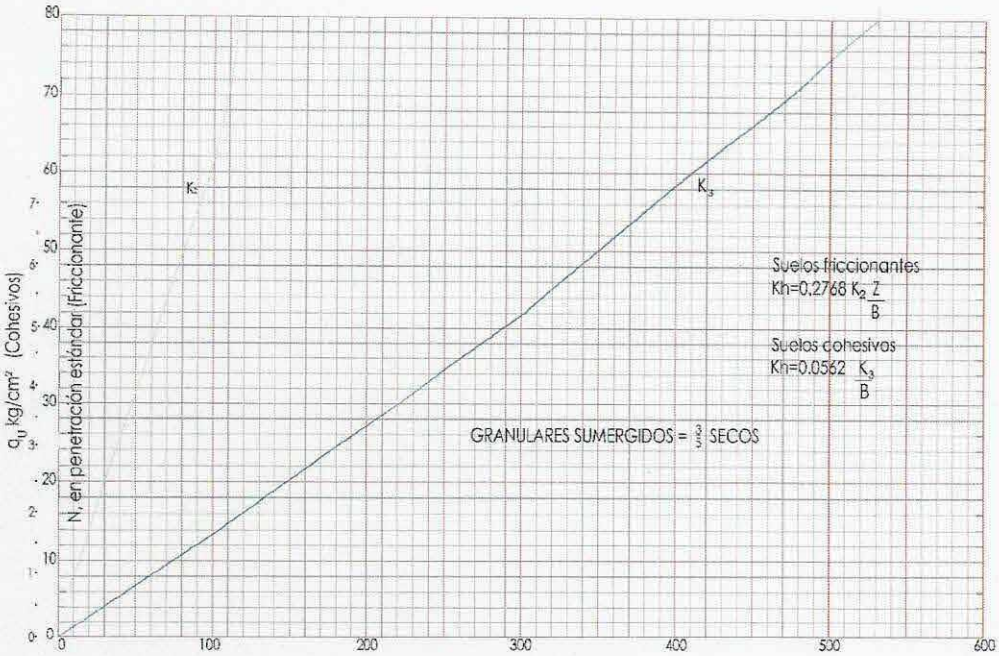
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Cp=** | 706.9 | t | **Cp/R'=** | 0.813 | |
| **Cf=** | 162.7 | t | **Cf/R'=** | 0.187 | |
| **Wp=** | 45.2 | t | | | |
| **R'=** | Cp+Cf | | **Cp*= Pmax*(Cp/R')=** | 43.83 | t |
| **L=** | 24.00 | m | **Cf*= Pmax*(Cf/R')=** | 10.09 | t |
| **Ap=** | 0.79 | m² | | | |
| **Ec=** | 280000.00 | kg/cm² | | | |
| **Es=** | 1200.00 | kg/cm² | | | |
| **D=** | 1.00 | m | | | |

| **δ=** | **0.44** | **cm** |
|---|---|---|

[redacted]

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

[redacted]




**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.)

ESTABILIDAD DE LA EXCAVACIÓN

Para el análisis de estabilidad de los cortes para la excavación del dado, se empleó el software SLIDE, tomando en cuenta las propiedades del suelo, la altura de 2.0 m y taludes de 60° respecto a la horizontal.

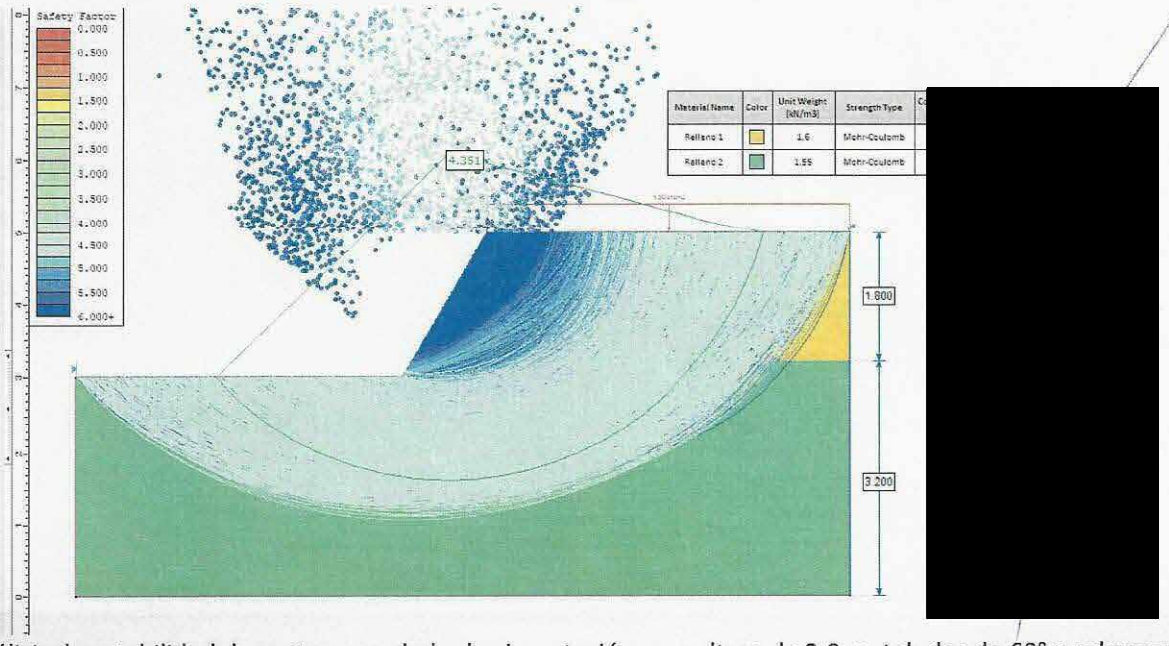



Fig. 6.1 Análisis de estabilidad de cortes para dado de cimentación, con altura de 2.0 m, taludes de 60° y sobrecarga de 1.5 t/m².

Como se puede observar, el factor de seguridad estático es de 4.3, lo que conduciría a realizar cortes verticales, sin embargo, debido a la posible variación en la constitución de los rellenos, los taludes deberán realizarse de 60° de inclinación.

[redacted]

[redacted]

**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 CA[redacted]

Autoriza: _____

[redacted]

| [redacted] | **Autorizó.** |
|---|---|
| [redacted] | |

## Contenido

1. RESUMEN ..... 3
2. ANTECEDENTES ..... 6
3. OBJETO ..... 6
4. ALCANCES ..... 6
5. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 35 ..... 6
6. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO ..... 8
6.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE ..... 8
6.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA ..... 8
6.3 ENSAYES DE LABORATORIO ..... 8
6.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA ..... 8
6.5 MODELO GEOMECÁNICO ..... 10
7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN ..... 10
7.1 CARGAS ACTUANTES ..... 10
7.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN ..... 10
7.3 ESTADOS LÍMITE DE FALLA ..... 11
7.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO ..... 13
8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO ..... 15
8.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS ..... 15
8.2 PILAS ..... 15
8.3 EXCAVACIÓN ..... 17
8.4 MINAS ..... 18
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 18
7. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA ..... 22
8. ANEXO 2. PERFILES DE SONDEOS EJECUTADOS ..... 25
9. ANEXO 3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE FICÓMETRO ..... 30
10. ANEXO 4. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO ..... 39
11. ANEXO 5. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO, CONCÉNTRICA ..... 67
12. ANEXO 6. MEMORIA DE CÁLCULO ..... 69

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús ..... [redacted]

## Índice de Tablas

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3 ..... 7
Tabla 2. Modelo geomecánico para la torre 35 ..... 10
Tabla 3 Valores de $N_{max}$ y $N_{min}$ ..... 12
Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación ..... 12
Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas ..... 14
Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas ..... 14
Tabla 7. Módulos estáticos de reacción horizontal para dado ..... 15

## Índice de Figuras

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

[redacted]

## 1. RESUMEN

**Antecedentes.** Con el propósito de cumplir con los términos de referencia del proyecto "CONSTRUCCIÓN CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES - LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3" DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO. ***EL CONSORCIO*** solicitó realizar el presente estudio de mecánica de suelos para la **Torre 35.** Este studio se realizó por medio de la perforación y el muestreo de un sondeo mecánico directo denominado (SPT-1, T-35) de 35.20 m de profundidad, que sirvió de base para determinar las propiedades índice y mecánicas del subsuelo en donde se apoyará la cimentación de la torre. El diseño original lo [redacted] a solicitud de la [redacted] hacen un compendio, que es el resultado del presente informe.

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

**Coeficiente sísmico.** De acuerdo con el software SASID, el coeficiente sísmico elástico sin reducir es de 0.326 para una estructura tipo A1. Queda a juicio del Ingeniero estructurista los factores de hiperestaticidad, importancia, irregularidad y de sobre-resistencia para la obtención del espectro de diseño.
Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio y los sondeos exploratorios, a continuación, se presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio, con profundidades referidas al SPT-1: [redacted]

**De 0.00 a 0.80 m**. Material de relleno. El contenido natural de agua de 19%. El número de golpes medi[redacted] prueba de penetración estándar es de 7.

**De 0.80 a 2.60 m**. Arena limosa de baja plasticidad, de compacidad muy densa, de color café (ML). El con[redacted]ido natural de agua es de 21%. El porcentaje de finos de 40%, arena de 55% y grava de 5%. El Límite Líquido de 32% y el Límite Plástico varia de 25%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varia de 13 a más de 50.

**De 2.60 a 9.80 m**. Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura, de color café [redacted]ido natural de agua varía de 24% a 36%. El porcentaje de finos varía de 54% a 60%, arena de 3[redacted] 0% a 8%. El Límite Líquido varia de 34% a 48% y el Límite Plástico varia de 25% a 38%. El nú[redacted]dido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

**De 9.80 a 13.40 m**. Arena limosa de baja plasticidad, de compacidad muy densa, de col[redacted]). El contenido natural de agua varía de 15% a 38%. El porcentaje de finos de 10% a 40%, aren[redacted] 3% a 32%. El Límite Líquido de 34% y el Límite Plástico varia de 25% a 30%. El número de golp[redacted]eba de penetración estándar varia de 26 a más de 50.

**De 13.40 a 15.20 m**. Arena pumítica limosa de baja plasticidad, de compacidad muy densa, de color gris claro (ML). El contenido natural de agua varía de 46% a 64%. El porcentaje de finos es de 30%, arena de 68% y grava de 2%. El Límite Líquido es de 40% y el Límite Plástico es de 38%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de 50.

**De 15.20 a 20.00 m**. Arena limosa de baja plasticidad, de compacidad densa a muy densa, color café claro (ML). El contenido natural de agua varía de 24% a 30%. El porcentaje de finos varia de 48% a 59%, arena de 41% a 52% y grava de 0%. El Límite Líquido de 36% y el Límite Plástico varia de 30% a 33%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varia de 21 a más de 50.

**De 20.00 a 21.20 m**. Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura, de color café claro. El contenido natural de agua varia de 22% a 26%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varia de 44 a 50.

**De 21.20 a 23.60 m**. Arena limosa de baja plasticidad, de compacidad muy densa, de color café. El contenido natural de agua varia de 21% a 27%. El porcentaje de finos es de 29%, arena de 60% y grava de 11%. El Límite Líquido de 32% y el Límite Plástico de 28%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varia de 46 a más de 50.

**De 23.60 a 35.00 m**. Arena arcillosa-limosa de baja plasticidad, de compacidad muy densa, de color café claro. El contenido natural de agua varia de 10% a 20%. El porcentaje de finos varia de 17% a 23%, arena de 39% a 65% y grava de 12% a 44%. El Límite Líquido varia de 28% a 32% y el Límite Plástico de 23% a 28%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar de más de 50.

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

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

**Solución de cimentación.** La importancia de la estructura, que es considerada TIPO A1, la existencia de cavernas, en ocasiones puntuales, o cercanas a la torre, obliga a una solución de cimentación profunda a base de pilas de sección circular de 1.0 m de diámetro que trabajen por fricción y por punta. Aunque la capacidad de carga puede dar más alta de lo requerido con este diámetro, es obligado y recomendable estas dimensiones para que una vez que se haya terminado los trabajos de perforación, se realice una insp[redacted] visual en toda su longitud y en el piso del nivel del desplante. En caso de que se detecten mi[redacted] profundidad de las pilas aquí recomendadas deberán ser ajustadas en los valores de la capacidad de [redacted] La profundidad de desplante para la **torre 35** es de 23.0 m, con una longitud efectiva de 21.0 m, conside[redacted] un dado de 2.0 m. La máxima carga a nivel de cimentación es de 242 ton, la máxima tensión es de -3[redacted] cargas factorizadas.

**Capacidad de carga.** La capacidad de carga reducida de la cimentación se presenta en el cuerpo d[redacted] informe. Para una pila de 1.0 m de diámetro se obtiene una capacidad de carga a compresión de 757.9[redacted]

a la tensión de 404.5 ton. Aunque los valores pueden ser altos se limitan las deformaciones a lo mínimo permitido por la Reglamentación vigente. Las capacidades de carga determinadas consideran la presencia de cavernas de 5.0 a 8.0 m y de 15.0 a 18.0 m.

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

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

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

[redacted]

[redacted]

## 2. ANTECEDENTES

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

Se encomendó el estudio de mecánica de suelos, para la Torre 35, del proyecto correspondiente al sistema de [redacted]

## 3. OBJETO

Con base en los resultados de la exploración geotécnica, de las pruebas de laboratorio, de la geometría y de las cargas del proyecto, se determinaron las condiciones estratigráficas del sitio, así como la solución de cimentación y su nivel de desplante, la capacidad de carga reducida del suelo y los asentamientos que se presentarán en la masa. También el cumplimiento con la revisión de los estados límite de falla y de servicio. Todo lo anterior, en pleno cumplimiento de las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de cimentaciones (Ref. 1).

## 4. ALCANCES

En el presente informe se describen los criterios con los cuales se elaborará el proyecto ejecutiv[redacted] 35 del sistema Cablebús, L-3. Este documento contempla los criterios de diseño, el marco legal y l[redacted] del desarrollo de diseño de las Estaciones que conforman el proyecto.

## 5. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 35

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, u[redacted] zona centro – poniente de la Ciudad de México limitado al sur con las alcaldías de Magdalena [redacted] Tlalpan, oriente con la alcaldía de Benito Juárez y Cuauhtémoc, al norte con la alcaldía Azcapot[redacted] con los municipios mexiquenses de Tecamachalco y Naucalpan de Juárez.

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

| 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*

[redacted]

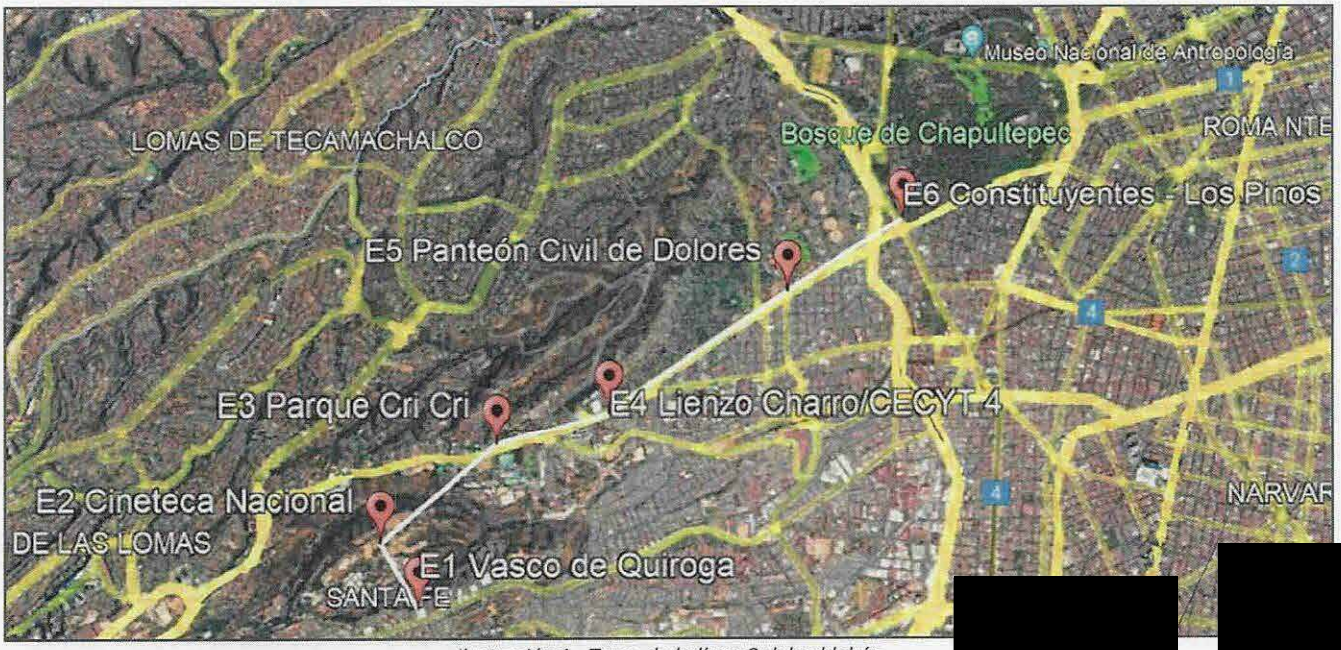


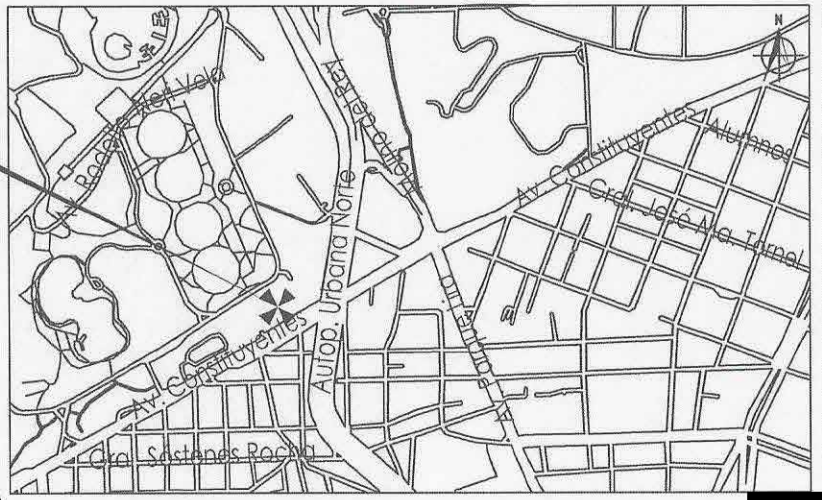

*Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús*

[redacted]

La Torre 35 se ubica en Av. Constituyentes S/N (dentro de las instalaciones Militar [redacted] el H[redacted] coordenadas, [redacted]

# Cablebús L-3, Torre 35

SITIO EN ESTUDIO




[redacted]

[redacted]

[redacted]

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

SPT, Sondeo de Penetración estándar
SM, Sondeo Mixto
SAC, Sondeo de Asuntos Controlados

| No. | MODIFICACIÓN | FECHA | APROBÓ | Vo.Bo. |
|---|---|---|---|---|

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefe de Gobierno de la Ciudad de México
Dra. Claudia Sheinbaum Pardo

Secretaría de Obras y Servicios de la CDMX
Mtro. Jesús Arnaldo Esquivel Ruiz

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

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Ing. Mario Humberto Sánchez Cisneros

Proyecto Ejecutivo: Línea 3 Cablebús

DGOT-LPI-F-I-042-2022
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]

# 6. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO

## 6.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE

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

## 6.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

Para definir las condiciones estratigráficas del sitio, se realizó un sondeo de penetración estándar, (SPT-1, T-35), a una profundidad máxima de 35.0 m. La técnica de penetración estándar consiste en el hincado a percusión de un muestreador de medidas estandarizadas (penetrómetro), dejando caer sobre este, un peso de 63.0 kg, desde una altura de 76 cm, contabilizando el número de golpes necesarios para hincar los 30 cm centrales del muestreador (Ref. 3). Así mismo, se ejecutó un sondeo de Avance controlado, (SAC-1, T-35) a una profundidad de 35.0 m y 4 pruebas de ficómetro a la profundidades de 5.0, 11.8, 15.2 y 24.0 m.

## 6.3 ENSAYES DE LABORATORIO

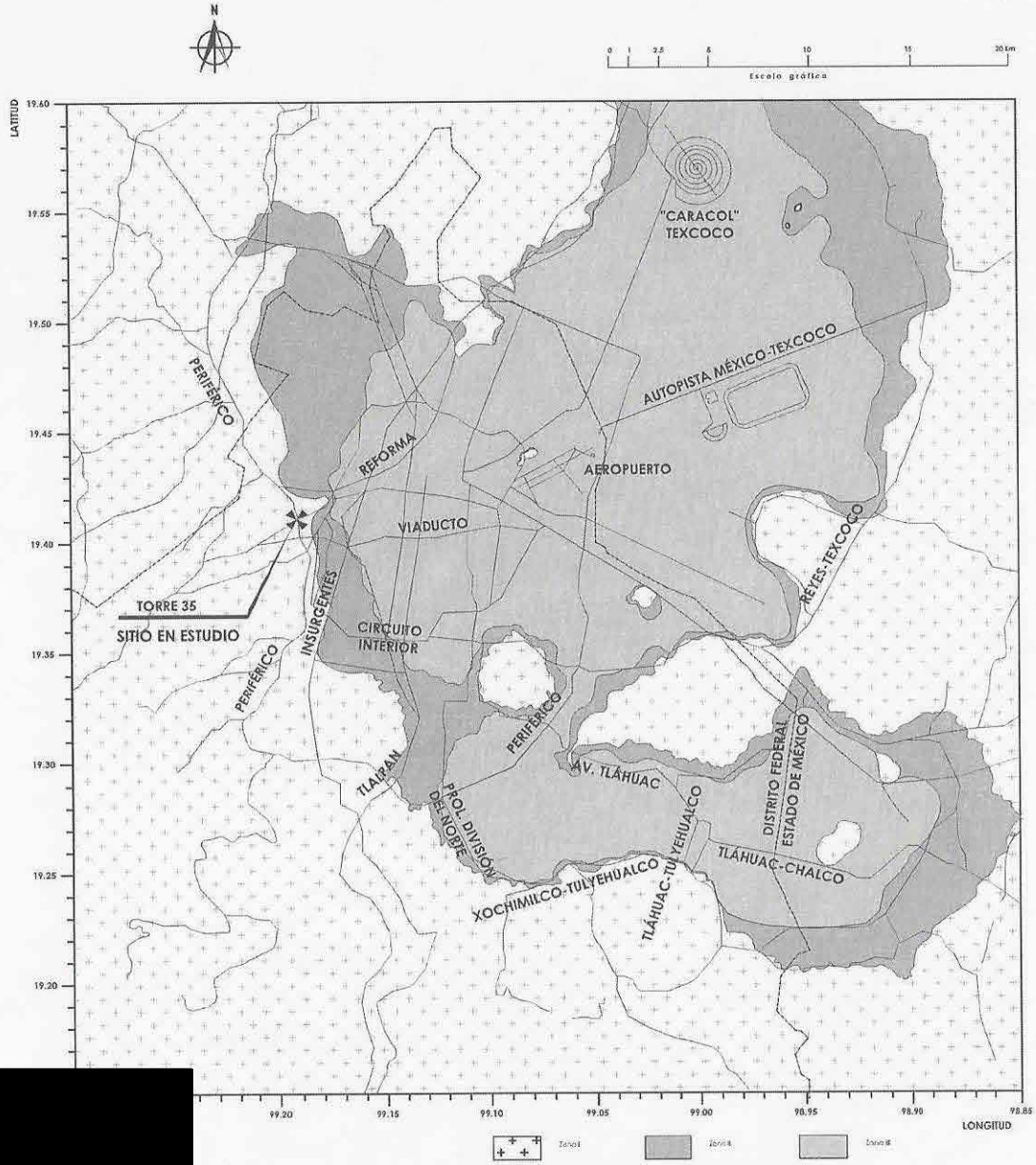
A las muestras obtenidas de los sondeos se les realizaron las siguientes pruebas:

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

***En el Anexo 1 se presenta una memoria fotográfica con aspectos relevantes de los trabajos de ca[redacted] Anexo 2 se exhiben los perfiles de los sondeos realizados, en el Anexo 3 se presentan los resulta[redacted] pruebas de laboratorio y en el Anexo 4 se presentan los resultados de las pruebas de ficómetro, en [redacted] se presentan las cargas actuantes de una torre tipo concéntrica y en el Anexo 6 se presenta la m[redacted] cálculo.***

## 6.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA

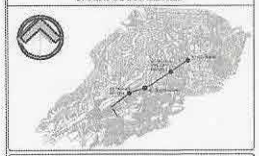
Con base en los resultados de las pruebas de laboratorio y los sondeos exploratorios, a continuación, [redacted] la interpretación estratigráfica del sitio en estudio, con profundidades referidas al SPT-1:




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

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

[redacted]

CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales

Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

DGOT-LPS-F-1-041-0122

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]

**De 0.00 a 0.80 m**. Material de relleno. El contenido natural de agua de 19%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de 7.

**De 0.80 a 2.60 m**. Arena limosa de baja plasticidad, de compacidad muy densa, de color café (ML). El contenido natural de agua es de 21%. El porcentaje de finos de 40%, arena de 55% y grava de 5%. El Límite Líquido de 32% y el Límite Plástico varia de 25%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varia de 13 a más de 50.

**De 2.60 a 9.80 m**. Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura, de color café claro (ML). El contenido natural de agua varía de 24% a 36%. El porcentaje de finos varía de 54% a 60%, arena de 38% a 44% y grava de 0% a 8%. El Límite Líquido varia de 34% a 48% y el Límite Plástico varia de 25% a 38%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

**De 9.80 a 13.40 m**. Arena limosa de baja plasticidad, de compacidad muy densa, de color gris verdosa (ML). El contenido natural de agua varía de 15% a 38%. El porcentaje de finos de 10% a 40%, arena de 58% y grava de 3% a 32%. El Límite Líquido de 34% y el Límite Plástico varia de 25% a 30%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varia de 26 a más de 50.

**De 13.40 a 15.20 m**. Arena pumítica limosa de baja plasticidad, de compacidad muy densa, de color gris claro (ML). El contenido natural de agua varía de 46% a 64%. El porcentaje de finos es de 30%, arena de 68% y grava de 2%. El Límite Líquido es de 40% y el Límite Plástico es de 38%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de 50.

**De 15.20 a 20.00 m**. Arena limosa de baja plasticidad, de compacidad densa a muy densa, color café claro (ML). El contenido natural de agua varía de 24% a 30%. El porcentaje de finos varia de 48% a 59%, arena de 41% a 52% y grava de 0%. El Límite Líquido de 36% y el Límite Plástico varia de 30% a 33%. El número de golpes med[redacted] prueba de penetración estándar varia de 21 a más de 50.

**De 20.00 a 21.20 m**. Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura, de color café claro. El c[redacted] natural de agua varia de 22% a 26%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar [redacted] 44 a 50.

**De 21.20 a 23.60 m**. Arena limosa de baja plasticidad, de compacidad muy densa, de color café. El contenido natural de agua varia de 21% a 27%. El porcentaje de finos es de 29%, arena de 60% y grava de 11%. [redacted] Líquido de 32% y el Límite Plástico de 28%. El número de golpes medido en la prueba de penetración [redacted] varia de 46 a más de 50.

**De 23.60 a 35.00 m**. Arena arcillosa-limosa de baja plasticidad, de compacidad muy densa, de color caf[redacted] contenido natural de agua varia de 10% a 20%. El porcentaje de finos varia de 17% a 23%, arena de 39[redacted] grava de 12% a 44%. El Límite Líquido varia de 28% a 32% y el Límite Plástico de 23% a 28%. El número [redacted] medido en la prueba de penetración estándar de más de 50.

**Condiciones piezométricas**. Durante los trabajos de exploración no se detectó nivel freático. En est[redacted] presenta a gran profundidad.

Descripción estratigráfica. Con base en los resultados de la prueba de laboratorio, a continuación se presenta la interpretación estratigráfica del sitio en estudio:

① **De 0.00 a 0.80 m.** Material de relleno. El contenido natural de agua es de 19%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de 7.

② **De 0.80 a 2.40 m.** Arena limosa de baja plasticidad, de compacidad muy densa, de color café (M4). El contenido natural de agua es de 21%. El porcentaje de finos de 40%, arena de 55% y grava de 5%. El límite líquido es 32% y el límite Plástico varía de 23%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 13 a más de 50.

③ **De 2.40 a 9.80 m.** Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura, de color café claro (M6). El contenido natural de agua varía de 24% a 34%. El porcentaje de finos varía de 54% a 40%, arena de 25% a 44% y grava de 0% a 6%. El límite líquido varía de 34% a 48% y el límite Plástico varía de 22% a 30%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

④ **De 9.80 a 13.40 m.** Arena arcillosa de baja plasticidad, de compacidad muy densa, de color gris verdoso (M4). El contenido natural de agua varía de 19% a 38%. El porcentaje de finos de 10% a 40%, arena de 38% y grava de 0% a 32%. El límite líquido de 34% y el límite Plástico varía de 23% a 30%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 23 a más de 50.

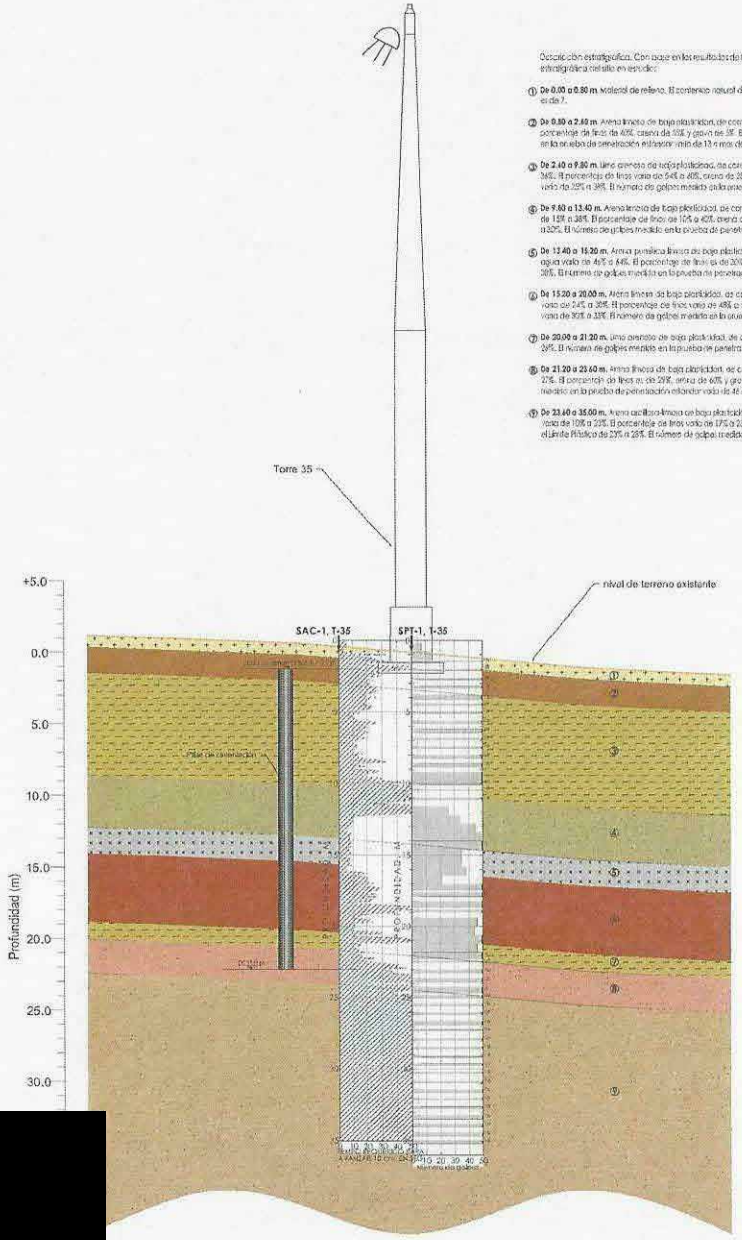
⑤ **De 13.40 a 15.20 m.** Arena pomítica limosa de baja plasticidad, de compacidad muy densa, de color gris claro (M4). El contenido natural de agua varía de 46% a 64%. El porcentaje de finos es de 20%, arena de 65% y grava de 2%. El límite líquido es de 43% y el límite Plástico es de 28%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de 50.

⑥ **De 15.20 a 20.00 m.** Arena limosa de baja plasticidad, de compacidad densa a muy densa, color café claro (M4). El contenido natural de agua varía de 24% a 38%. El porcentaje de finos varía de 48% a 59%, arena de 41% a 52% y grava de 0%. El límite líquido de 36% y el límite Plástico varía de 30% a 33%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 21 a más de 50.

⑦ **De 20.00 a 21.20 m.** Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia dura, de color café claro. El contenido natural de agua varía de 32% a 34%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 44 a 50.

⑧ **De 21.20 a 23.60 m.** Arena limosa de baja plasticidad, de compacidad muy densa, de color café. El contenido natural de agua varía de 21% a 27%. El porcentaje de finos es de 29%, arena de 60% y grava de 11%. El límite líquido de 32% y el límite Plástico de 26%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 46 a más de 50.

⑨ **De 23.60 a 35.00 m.** Arena arcillosa-limosa de baja plasticidad, de compacidad muy densa, de color café claro. El contenido natural de agua varía de 10% a 23%. El porcentaje de finos varía de 17% a 22%, arena de 78% a 68% y grava de 12% a 14%. El límite líquido varía de 28% a 32% y el límite Plástico de 23% a 28%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar de más de 50.




[redacted]

[redacted]

CABLEBUS LÍNEA 3. VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

[redacted]

| No. | MODIFICACIÓN | FECHA | APROBÓ | VI�.Pro. |
|---|---|---|---|---|

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefe de Gobierno de la Ciudad de México
Ing. Claudia Sheinbaum Pardo

Secretaría de Obras y Servicios de la CDMX
Mtro. Jesús Antonio Esquivel Sánchez

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

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Ing. Andrés Fernando Tavares Cervantes

Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

PROYECTO: DGOT-LPB-F-1-003-2022
CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES DE 1917), PERIFÉRICO, CABLEBUS LÍNEA 3 DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO: | PROYECTO ARQUITECTÓNICO: | PROYECTO ESTRUCTURAL: | PROYECTO DE INSTALACIONES: |
| NOMBRE: | NOMBRE: | NOMBRE: | NOMBRE: |
| CONSULTOR DE LA CIUDAD DE MÉXICO: | | | |
| ARQUITECTURA: | | | |
| ING. PATRICIO SALAZAR BARTOLO | | | |
| ESTRUCTURAS: | | | |
| ING. ARTURO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| CÁLCULO: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y ELECTRÓNICAS: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| CÁLCULO: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| INSTALACIÓN HIDRÁULICA Y SANITARIA: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| CÁLCULO: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| ESTUDIO DE IMPACTO VIAL: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| ESTUDIO DE IMPACTO URBANO: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| ESTUDIO DE IMPACTO SOCIAL: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| ESTUDIO DE IMPACTO ECONÓMICO: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| ESTUDIO DE IMPACTO VIAL: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| ESTUDIO DE IMPACTO URBANO: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| ESTUDIO DE IMPACTO SOCIAL: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |
| ESTUDIO DE IMPACTO ECONÓMICO: | | | |
| ING. ROBERTO ALFONSO MARTÍNEZ RODRÍGUEZ | | | |

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

**Coeficiente sísmico.** Tomando en cuenta la posición de la Torre 35 y el software SASID (Ref. 3), el coeficiente sísmico elástico es de 0.320, con una aceleración espectral, a0= 0.117. Este valor deberá ser corroborado por el diseñador estructural para su empleo.

## 6.5 MODELO GEOMECÁNICO

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

| TORRE 35. LÍNEA 3 DE CABLEBÚS | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ESTRATO No | PROFUNDIDAD, m | | c, t/m$^2$ | $\phi$, grados | $\gamma$m, t/m$^3$ | E, kg/cm2 | $\nu$ | Nspt | DESCRIPCION DEL SUELO |
| | DE | A | | | | | | | |
| 1 | 0.00 | 0.80 | - | - | 1.50 | 30(**) | 0.40 | 11 | Material de relleno |
| | 0.80 | 2.60 | - | 38(**) | 1.65 | 320(**) | 0.25 | 150 | Limo arenoso. Material café y de consistencia dura |
| 2 | 2.60 | 5.00 | - | 38(**) | 1.60 | 350(**) | 0.25 | 120 | Limo arenoso. Material café y de consistencia dura |
| 3 | 5.00 | 8.00 | CAVERNA | | | | | | |
| 4 | 8.00 | 9.80 | - | 38(**) | 1.60 | 520(**) | 0.25 | 100 | Limo arenoso. Material café y de consistencia dura |
| 5 | 9.80 | 13.40 | - | 32(**) | 1.55 | 580(**) | 0.30 | 35 | Arena limosa. Material gris verdoso y compacto. |
| 6 | 13.40 | 15.00 | - | 33(**) | 1.30 | 420(**) | 0.30 | 42 | Arena pumitica. Material gris claro y compacto. |
| 7 | 15.00 | 18.00 | CAVERNA | | | | | | |
| 8 | 18.00 | 20.00 | - | 33(**) | 1.60 | 510(**) | 0.30 | 45 | Arena limosa. Material café claro y compacto. |
| 9 | 20.00 | 23.00 | - | 35(**) | 1.70 | 650(**) | 0.25 | 50 | Arena limosa. Material café claro y muy compacto. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| c = | Parametro de cohesión | E= | Módulo de elasticidad |
| $\phi$ = | Ángulo de fricción | $\nu$= | Relación de Poisson |
| $\gamma$m= | Peso volumétrico | Nspt= | Número de golpes promedio en prueba de penetración estándar |
| | | (**) | Obtenido por correlación, E Tamez, ref 2. |

$\gamma$: peso volumétrico; c: cohesión; $\phi$: ángulo de fricción interna, E: modulo de elastici

*Tabla 2. Modelo geomecánico para la torre 35*

## 7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

**Datos del proyecto**. La Torre 35 se ubica en Av. Constituyentes S/N, Alcaldía Miguel Hidalgo, con coordenadas, X= 479521.3, Y= 2146297.8. De acuerdo con la información recibida, esta estructura tendrá una altura de 40.4 m sobre el nivel de banqueta.

### 7.1 CARGAS ACTUANTES

Las cargas actuantes que se determinaron en el análisis estructural de la Torre 35; que corresponde torre concéntrica, se presenta en el Anexo 4.

### 7.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN

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

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

***La solución de cimentación será con pilas desplantadas a 23.0 m de profundidad; tomando como referencia el nivel de brocal; es decir, desde el nivel de piso existente. Hasta el momento se tiene considerado un dado de 4.5 x 5.0 m de sección y 2.0 m de peralte, por lo que las pilas tendrán una longitud efectiva de 21.0 m. Aunque no se detectaron minas con el sondeo realizado en el punto de la torre 35, es probable que se detecten en un punto cercano o durante los trabajos de la perforación de las pilas. Para el análisis se consideraron dos lechos de cavernas, la primera de 5.0 m a 8.0 m y la segunda de 15.0 m a 18.0 m de profundidad.***

## 7.3 ESTADOS LÍMITE DE FALLA

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

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

Donde:

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

Con:

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

Donde:

- $p'_v$ esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 35.88 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 35.88 t/m$^2$

Con:

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

Cuando

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

O bien

$$N_q{}^* = N_{máx} \tag{5}$$

Cuando

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

Donde:

Le longitud de empotre en el estrato resistente, igual a 0 m
B diámetro de la pila, m.
$\phi$ ángulo de fricción interna del material de desplante, igual a 35°

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

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

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

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

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

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
$\alpha_i$ coeficiente de adherencia suelo-pila
$\beta_i$ coeficiente de fricción
$c_{ui}$ cohesión media de cada estrato, t/m$^2$
$\bar{p}_{vi}$ esfuerzos efectivos a la profundidad media del estrato de interés, t/m$^2$

Con

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

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

$$C_{te}=C_f+ 0.65\ W_p \tag{9}$$

Donde:

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

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

*Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación*

| D (m) | Wp (t) | $C_p$ (t) | $C_f$ (t) | R (t) | $C_{te}$ (t) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 39.6 | 418.7 | 378.8 | 757.9 | 404.5 |
| 1.2 | 57.0 | 602.9 | 454.6 | 1,00.4 | 491.6 |
| 1.4 | 77.6 | 820.6 | 530.3 | 1,273.3 | 580.7 |

Las capacidades de carga reducida, R, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a compresión y las capacidades a la tensión, $C_{te}$. ***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:

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

con

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

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

**Módulo de reacción vertical.** La constante de resorte para pilas; que será utilizado para [redacted] la cimentación considerando la interacción suelo-estructura, se determinó co[redacted] compatibilidad entre las capacidades de carga y las cargas de servicio posiblemente actu[redacted]

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

Donde:

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

Cabe mencionar que la carga máxima que provocará la estructura en las pilas será de 242 ton, es [redacted] factorizada, al sustituir los valores correspondientes en las expresiones (10) y (12), se obtienen asen[redacted] menores al 1.0 cm. Para el cálculo de los módulos de reacción verticales se consideró 1.0 cm y l[redacted] obtenidos se presentan en la tabla 5.

*Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas*

| D (m) | δ (cm) | $k_v$ (t/cm) | $k_v$ (kg/cm³) |
|---|---|---|---|
| 1.0 | 1.0 | 242.3 | 30.8 |
| 1.2 | 1.0 | 284.0 | 25.1 |
| 1.4 | 1.0 | 323.2 | 21.0 |

**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

$$k_h=0.2768\ k_2\ \frac{z}{B} \tag{13}$$

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 las Tablas 6 y 7 se muestran los módulos de reacción horizontal para las pilas de cimentación y dado; respectivamente.

[redacted]

*Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas*

| PROYECTO CABLEBUS LINEA 3, TORRE 35 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Módulos de reacción horizontal para pilas, ref -6 | | | | |
| | | 1.00 | 1.20 | 1.40 |
| Profundidad, m | | Modulos de reacción $K_h$, Kg/cm³ | Modulos de reacción $K_h$, Kg/cm³ | Modulos de reacción $K_h$, Kg/cm³ |
| De | a | | | |
| 0.00 | 0.80 | 0.11 | 0.11 | 0.11 |
| 0.80 | 2.60 | 5.88 | 4.90 | 4.20 |
| 2.60 | 5.00 | 13.15 | 10.96 | 9.39 |
| 5.00 | 8.00 | 0.00 | | |
| 8.00 | 9.80 | 30.79 | 25.66 | 22.00 |
| 9.80 | 13.40 | 19.27 | 16.05 | 13.76 |
| 13.40 | 15.00 | 27.51 | 22.93 | 19.65 |
| 15.00 | 18.00 | 0.00 | | |
| 18.00 | 20.00 | 39.44 | 32.87 | 28.17 |
| 20.00 | 20.30 | 47.41 | 39.51 | 33.86 |
| 20.30 | 23.00 | 50.94 | 42.45 | 36.38 |

[redacted]

*Tabla 7. Módulos estáticos de reacción horizontal para dado*

PROYECTO CABLEBUS LINEA 3, TORRE 35

Módulos de reacción horizontal para dado, ref 6

Ancho de la zapata, B= 4.50 m

| Profundidad, m | | z m | Material | | $k_2$ | z/B | Modulos de reacción $K_h$, ton/m$^2$ .cm | Modulos de reacción $K_h$, Kg/cm$^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| De | a | -- | -- | N, golpes | | | | |
| 0.00 | 2.40 | 1.20 | Limo arenoso café claro de consistencia firme | 11.0 | 15.0 | 0.3 | 1.1 | 0.11 |
| | | | | | | | | |

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

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

## 8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Es importante comentar que el modelo geotécnico de análisis se determinó con base en los resultados de la exploración geotécnica, de la exploración geofísica de puntos cercanos y de la experiencia que se tiene en la zona, misma que es muy susceptible a cambios por la presencia de antiguas minas y rellenos para su rehabilitación. Cualquier cambio en las condiciones del suelo de las que se analizan en este est[redacted] ser reportado de manera inmediata a los diseñadores, para realizar los ajustes necesarios en l[redacted] garantice el buen comportamiento a corto, mediano y largo plazo. Por lo anterior, durante la co[redacted] las pilas se deberá contar con personal capacitado y calificado, para supervisar y asesorar duran[redacted] de construcción de la cimentación y que de manera oportuna se detecte cualquier cambio en la[redacted] 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 y todos los preparativos necesarios que permitan trabajar sin dañar colindancias, instalaciones de servicios, etc.

b) Concluidos los trabajos anteriores, se procederá con los trabajos de perforación de[redacted] cimentación.

### 8.2 PILAS

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

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

**b)** Enseguida se realizará la perforación en seco, hasta el nivel de desplante de proyecto. **Es importante mencionar que cada una de las pilas con diámetro mínimo de 1.0 m; sea para mástiles o estación, deberán ser inspeccionada en toda su longitud, por un supervisor geotécnico y verificar el estado de las paredes y fondo, en busca de indicios de cavernas adicionales a las ya consideradas.**

c) Durante la perforación de las pilas, se deberá reducir las vibraciones lo máximo posible y evitar el movimiento y posicionamiento brusco de equipo pesado.

d) El concreto para la construcción de las pilas será de una $f'_c$= 350 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$^2$.

e) Para garantizar el recubrimiento mínimo de 7.5 cm, es indispensable el empleo de silletas y "poyos" de concreto o plástico; sus dimensiones serán de 7.5x7.5x10.0 cm y se colocarán longitudinalmente a cada 2.0 m.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

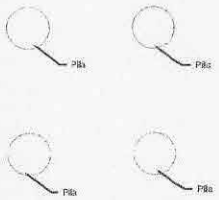
4) *Acero de refuerzo*. La separación mínima entre varillas no debe ser menor de 1.5 veces el d[redacted]
varilla ni menor de 1.5 veces el tamaño del agregado máximo.

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

## 8.3 EXCAVACIÓN

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

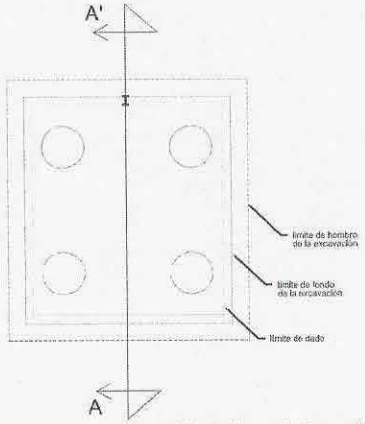
a) Se realizará la excavación hasta la profundidad máxima de 2.0 m, con taludes con una i[redacted]

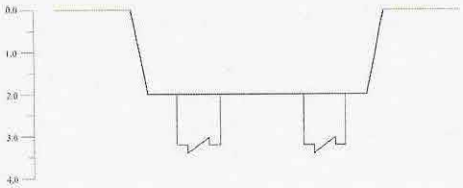



1) Una vez que se tenga el área liberada se procederá con la reubicación las instalaciones que se encuentre dentro del área de afectación.

2) Posteriormente se realizará la perforación y el colado de las pilas de cimentación. Previa inspección por un supervisor en mecánica de suelos, verificando las paredes y fondo de las perforaciones. En caso de que se presenten minas subterráneas y/o oquedades importantes, se deberá tener en campo lámina para crear un encamisado en caso de que efectivamente se presenten antiguas minas en esta zona. Esta camisa se colocará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Ver Fotos 1 y 2 del estudio, apartado 8.4). Esta lámina servirá como molde perdible, para poder realizar el colado de los elementos de cimentación. La lámina se quedará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubrimiento de proyecto

3) En caso de que se presenten condiciones diferentes a las consideradas en el estudio, se dará aviso inmediato al área de geotecnia, para revisar nuevamente la profundidad de desplante y las capacidades de carga.

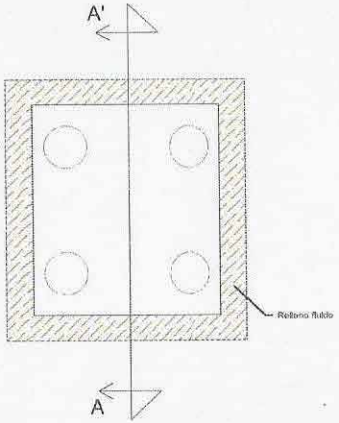


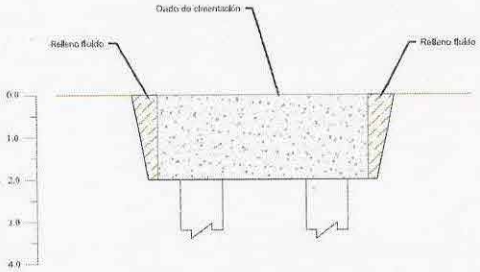




Corte A-A'

4) Coladas las pilas, 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/m² en la corona de los cortes, por lo que se deberá evitar la colocación de equipos pesados en esta zona.

[redacted]




Corte A-A'

[redacted]

rá el descabeze de las pilas de cimentación y en el
re con una f'c=100 kg/cm², para proceder con el

proporciones necesarias para la conexión con la

ción será rellenado con relleno fluido. O bien, con

[redacted]

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

| No. | MODIFICACIÓN | FECHA | APROBÓ | Vto.Bo. |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefe de Gobierno de la Ciudad de México
Ing. Claudia Sheinbaum Pardo

Secretaria de Obras y Servicios de la CDMX
Lic. Jesús Valdés Villarreal

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

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Ing. Mario Alejandro Rosales Chavarría

Proyectista Ejecutivo: Lewis J. Cardenas

DGOT-LPN-F-1-042-2022

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

ARQUITECTO DE DETALLE

Ing. ARMANDO ROSADO DE LA CRUZ, Ing.

Ing. APUNTALAMIENTO DE EXCAVACIÓN, Ing.

70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de mortero (Fig. 4). Los análisis de estabilidad, consideran una sobrecarga de 1.5 t/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, 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 o relleno con calidad de terraplén, compactado al 95% de su P.V.S.M.

## 8.4 MINAS

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

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

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

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

**d) En cualquiera de las posibilidades, se deberá revisar nuevamente la capacidad de carga de las [redacted] garantizar su estabilidad ante las cargas actuantes.**

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementari[redacted] Diseño de Cimentaciones**. Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, dic[redacted] 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 [redacted] PROYECTO
INTEGRAL DE LA "CON[redacted]TO DE
TRANSPORTE SUSTENT[redacted]S),
QUIROGA A METR[redacted]ORTE
CABLEBÚS LÍNE[redacted]XICO"
PÚBLICO CA[redacted]SISTEM[redacted]CIUDAD

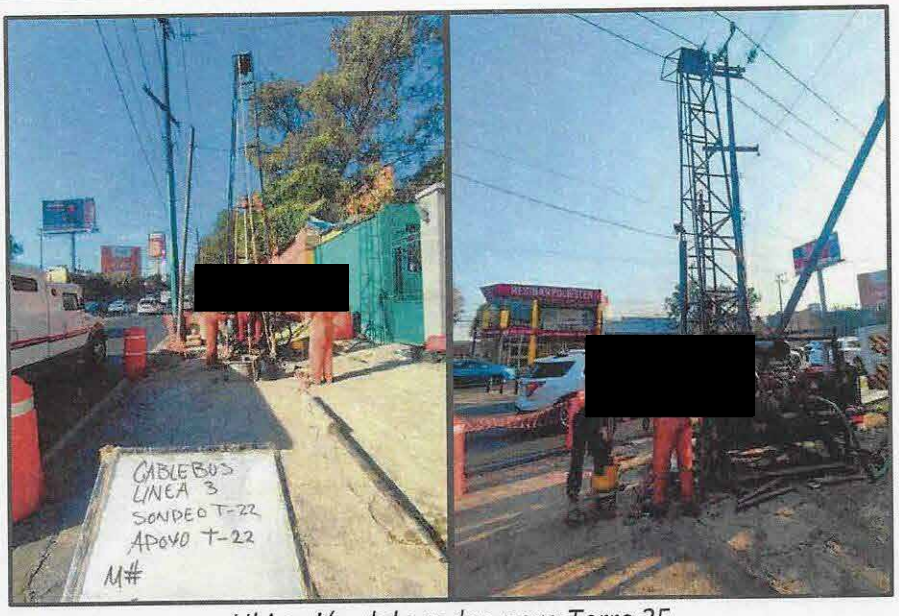
[redacted]

[redacted]

PARA USO
INTEGRA
TRAN
QUIROG
CABLEBÚS L
PÚBLICO CABL

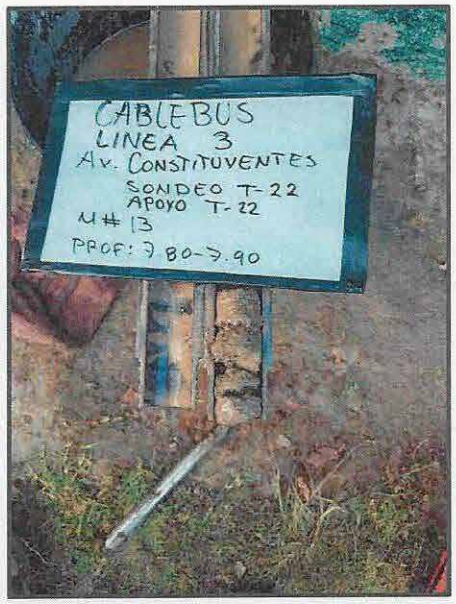
# 7. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA

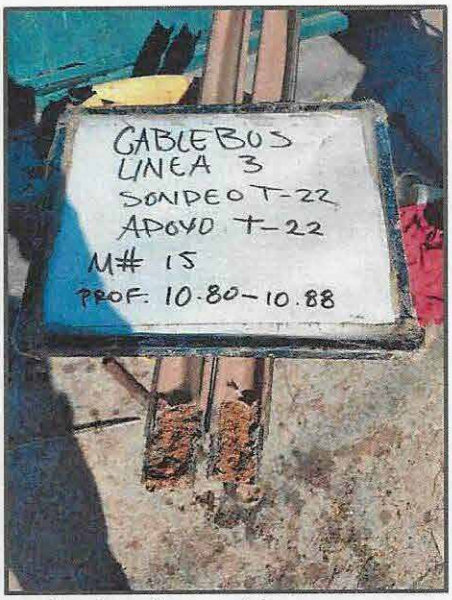
[redacted]




*Ubicación del sondeo para Torre 35*

[redacted]






*Muestras obtenidas por medio de tubo partido.*

[redacted]

# 8. ANEXO 2. PERFILES DE SONDEOS EJECUTADOS

[redacted]

## SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO | Cablebús L-3, Torre 35 | SONDEO | SPT-1 |
| LOCALIZACIÓN | Av. Constituyentes Cablebús Línea 3 | PROF. EXPLORADA: 35.20 m | PROF. NAF: No se detectó |

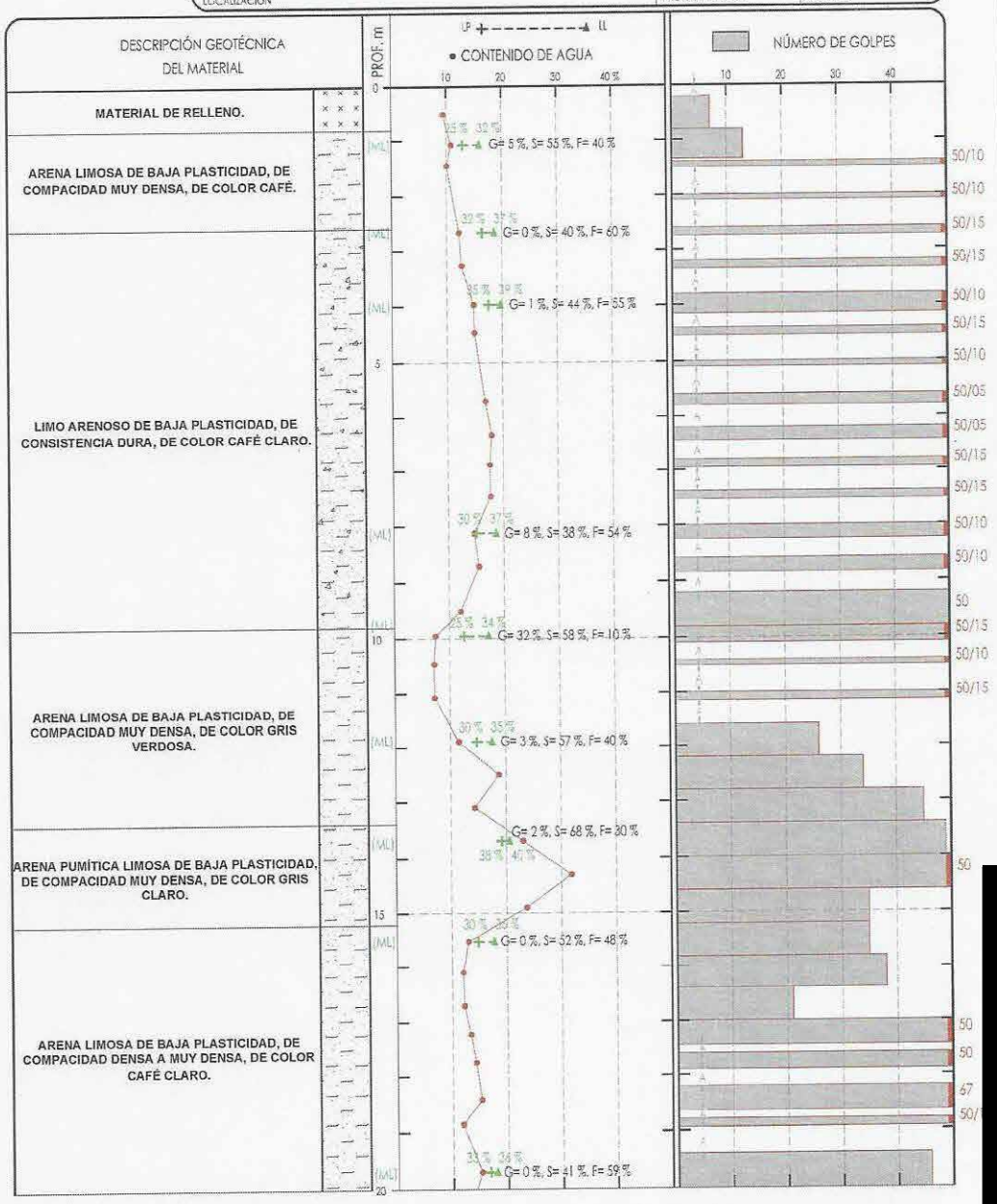



Fig. 35.1a

## SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

| | | | |
|---|---|---|---|
| PROYECTO | Cablebús L-3, Torre 35 | SONDEO | SPT-1 |
| LOCALIZACIÓN | Av. Constituyentes Cablebús Línea 3 | PROF. EXPLORADA 35.20 m | PROF. NAF No se detectó |

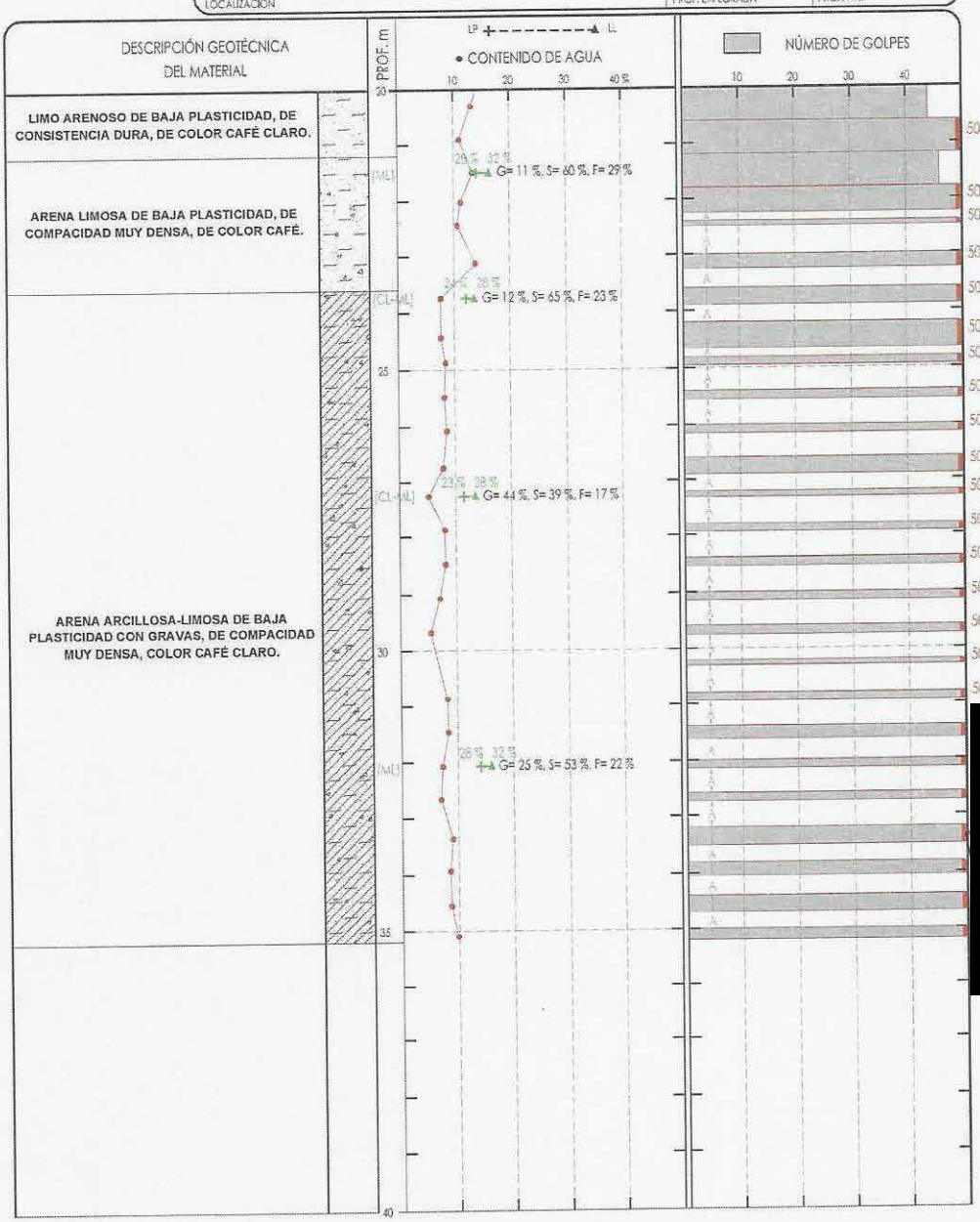
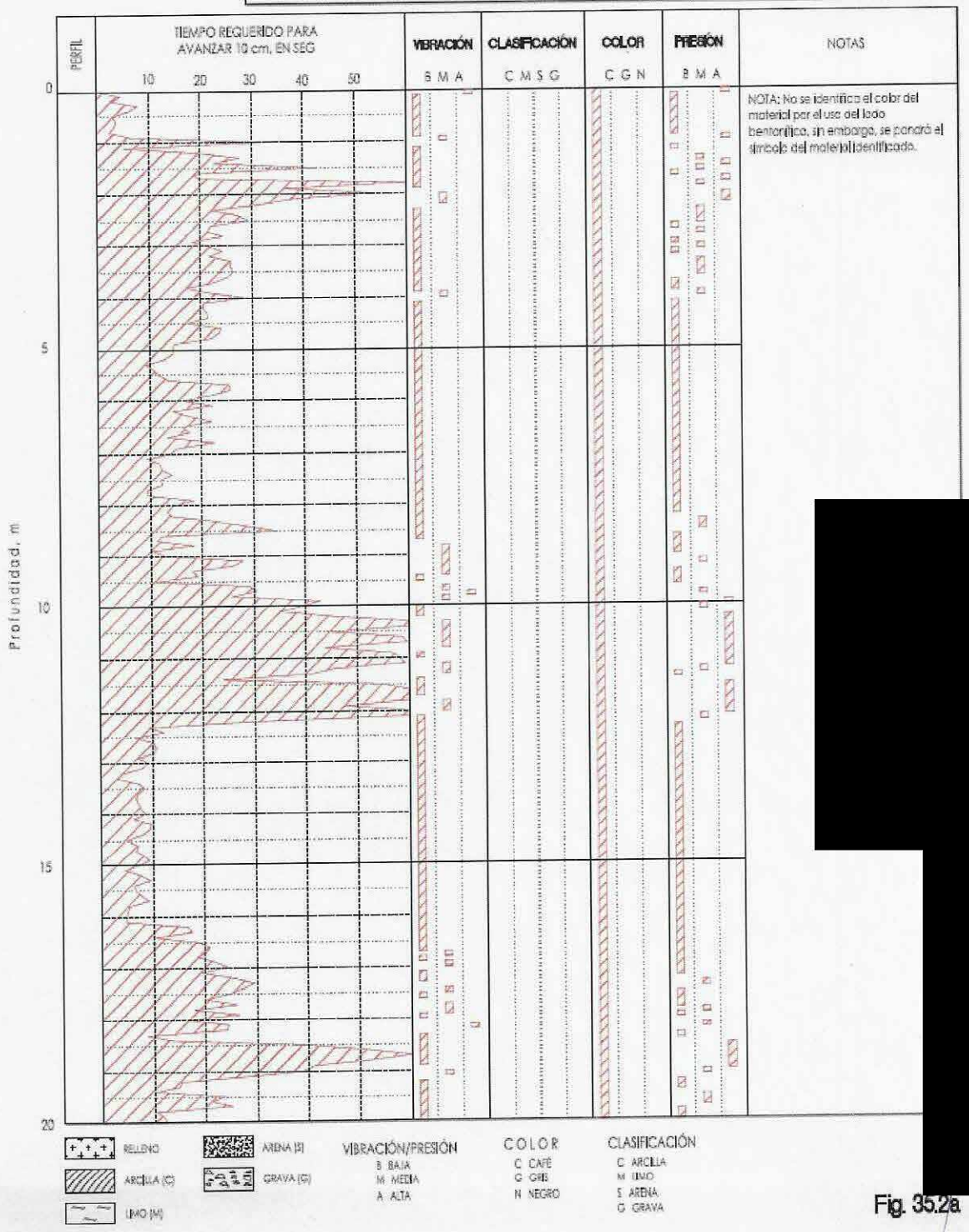



Fig. 35.1b

[redacted]

# SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| OBRA | CABLEBÚS L-3, T-35 | OPERADOR/SUPERVISOR | | EQUIPO | MOBIL |
| LOCALIZACIÓN | Av. Constituyentes Cablebús Línea 3 | FECHA | 29/12/2022 | SONDEO | SAC-1 |

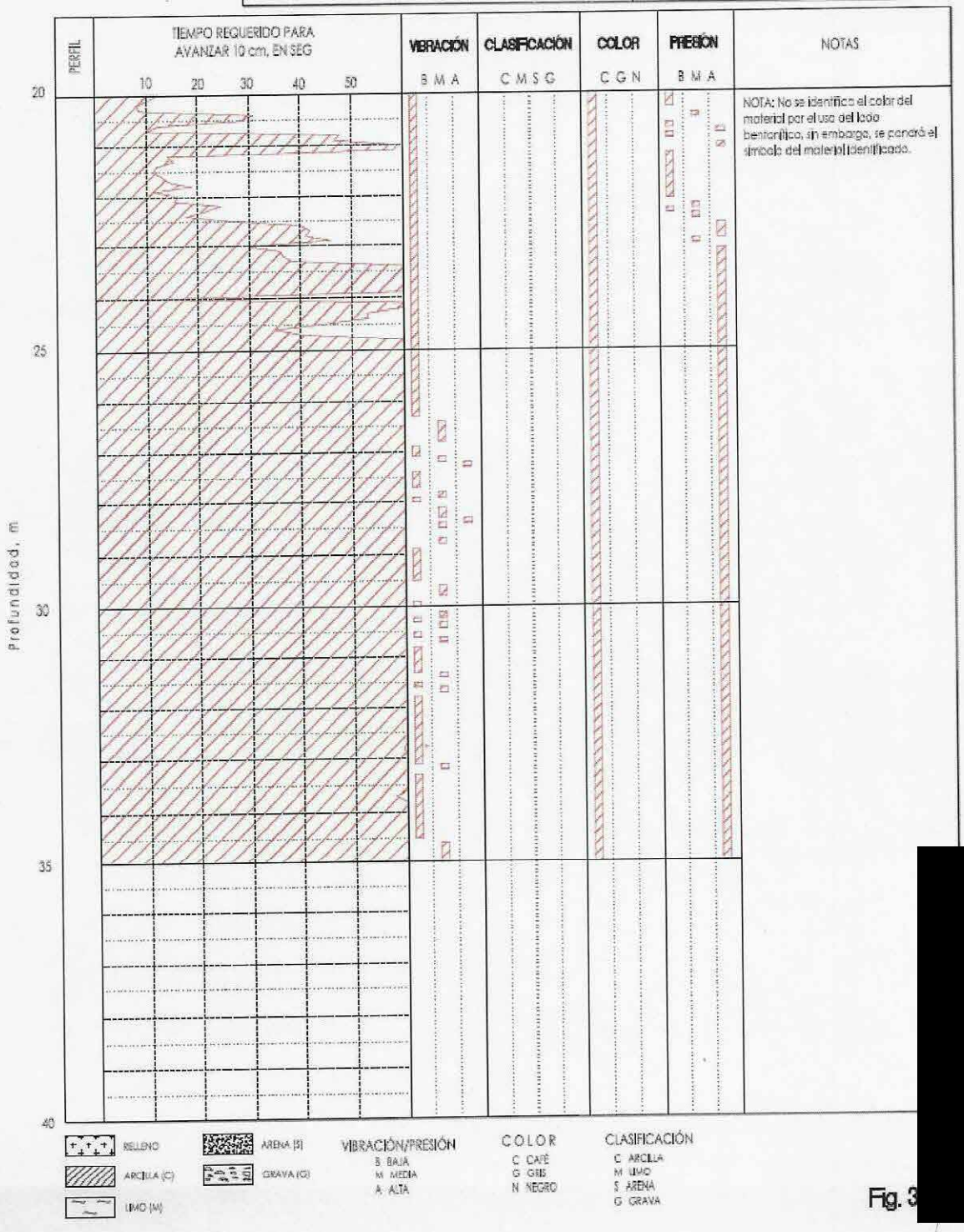



[redacted]

Fig. 35.2a

# SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| OBRA | CABLEBÚS L-3, T-35 | OPERADOR/SUPERVISOR | | EQUIPO | MOBIL |
| LOCALIZACIÓN | Av. Constituyentes Cablebús Línea 3 | FECHA | 29/12/2022 | SONDEO | SAC-1 |




[redacted]

[redacted]

Fig. 3

# 9. ANEXO 3. RESULTADOS DE PRUEBAS DE FICÓMETRO

[redacted]

DISEÑO DE CIMENTACIONES SA DE CV
DICIMSA

dicimsa

**ENSAYE DE PIEZÓMETRO**
**GEN/TC 341 /WG 5 N 53 E**
**CALIBRACIÓN Y CONTACTO DIENTES-SUELO**

**PROYECTO**

[redacted]

FECHA: 04/01/2023
PRUEBA: 1
PROFUNDIDAD: 5.2 [m]
NAF: No identificado [m]

UTM X= 479517.0
UTM Y= 2145201.0
UTM Z= -

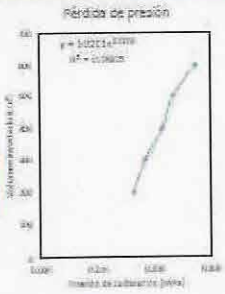
**CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO**

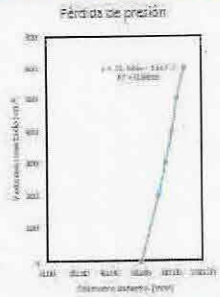
| | |
|---|---|
| LONGITUD DE LA SONDA [m]: | 0.25 |
| DIÁMETRO DE LA SONDA [cm]: | 6 |
| TIPO DE MEMBRANA: | Standard |
| HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN: | Brocón 2 1/2" |
| DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [cm]: | 6.35 |
| ALTURA DE LA CONSOLA [m]: | 1 |
| NIVEL DE LODOS POR ENCIMA DE LA SONDA [m]: | 2 |

**Calibración de la sonda**

| No. | Volumen inyectado V [cm³] | Presión P [bar] | Presión P [MPa] | $P_{corr}$ [MPa] | Diámetro $D_{ext}$ [mm] | $P_{corr}$ [MPa] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.00 | [illegible] | [illegible] | 69.86 | [illegible] |
| 1 | 200 | 1.60 | [illegible] | [illegible] | 72.24 | [illegible] |
| 2 | 300 | 1.80 | [illegible] | [illegible] | 76.92 | [illegible] |
| 3 | 400 | 2.10 | [illegible] | [illegible] | 81.23 | [illegible] |
| 4 | 500 | 2.30 | [illegible] | [illegible] | 84.00 | [illegible] |
| 5 | 600 | 2.70 | [illegible] | [illegible] | 89.06 | [illegible] |

**Curvas de calibración de la sonda piezométrica**




**Criterio de control de las condiciones de operación de la sonda piezométrica**

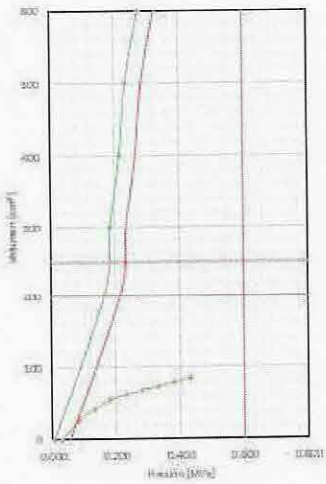
| V [cm³] | M. Extensión $d_e$ [mm] | $P_e$ [MPa] | M. Retracción $d_r$ [mm] | $P_r$ [MPa] | Verificación | Recomendación |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

**Curvas de contacto dientes-suelo**

| No. | Presión [bar] $P_{inf}$ | $P_{sup}$ | $P_{ca}$ | Volumen [cm³] $V_{inf}$ | $V_{sup}$ | $\Delta V_{inf}$ | $\Delta V_{sup}$ | $\Delta V_{sup}/\Delta V_{inf}$ | Criterio de inserción | Curva P [MPa] | V [cm³] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.00 | 0.00 | [illegible] | 0 | 0 | [illegible] | [illegible] | | | [illegible] | [illegible] |
| 1 | 0.50 | 0.50 | [illegible] | 22 | 27 | [illegible] | [illegible] | | | [illegible] | [illegible] |
| 2 | 1.00 | 1.00 | [illegible] | 42 | 45 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | | [illegible] | [illegible] |
| 3 | 1.50 | 1.50 | [illegible] | 55 | 56 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | | [illegible] | [illegible] |
| 4 | 2.00 | 2.00 | [illegible] | 63 | 63 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Cumplido | [illegible] | [illegible] |
| 5 | 2.50 | 2.50 | [illegible] | 69 | 69 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Cumplido | [illegible] | [illegible] |
| 6 | 3.00 | 3.00 | [illegible] | 74 | 74 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Cumplido | [illegible] | [illegible] |
| 7 | 3.50 | 3.50 | [illegible] | 80 | 80 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Cumplido | [illegible] | [illegible] |
| 8 | 4.00 | 4.00 | [illegible] | 86 | 86 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Cumplido | [illegible] | [illegible] |

**Curvas de contacto dientes-suelo**

Curvas de contacto dientes-suelo




[redacted]

Es fundamental hacer la inspección visual de la curva en cada paso

**Conclusiones**

| | |
|---|---|
| [illegible] | 21.593 |
| [illegible] | -1337.700 |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | 2.131 |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |

El primer incremento de presión, para la prueba de piezómetro, no debe exceder cuando una diferencia de 0.05MPa o 0.5 bar en las dos curvas del lado derecho

**INCREMENTOS**

| P1 [MPa] | ΔP [bar] |
|---|---|
| [0.1, 1.0] | 0.50 |
| [1.0, >1.0] | 1.00 |

**Observaciones:**

* Para esta prueba no se tiene información del tipo de suelo ni de su resistencia. *La gráfica de inserción de dientes atiende al comportamiento de un material rígido. *Aunque no se llegó a la zona de inserción en la gráfica, se concluó la prueba debido a que se tiene una diferencia de más de 0.5 bares entre la curva de inserción y la curva de calibración. *Es importante mencionar que debido a la rigidez del suelo, no se garantiza una correcta transmisión de los cuchillos; por tanto, se recomienda realizar muestreo de remoldeado.

**DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL:**

Curva: Línea asociada con cada clave ?
[illegible] : -
[illegible] : -
[illegible] : -
[illegible] : -

[redacted]

* El formato en de colores en negro, evitar modificar colores en naranja, blanco o verde

[redacted]

DISEÑO DE CIMENTACIONES SA DE CV
DICIMSA

dicimsa

**ENSAYE DE PRICÓMETRO**
**CEN/TC 341 /WG 5 N 53 E**
**CALIBRACIÓN Y CONTACTO DIENTES-SUELO**

**PROYECTO**

[redacted]

FECHA: 04/01/2023
PRUEBA: 1
PROFUNDIDAD: 5.2 [m]
NAF: No identificado [m]

UTM X= 479517
UTM Y= 2146301
UTM Z= -

**CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO**

LONGITUD DE LA SONDA [m]: 0.15
DIÁMETRO DE LA SONDA [cm]: 6
TIPO DE MEMBRANA: Standard

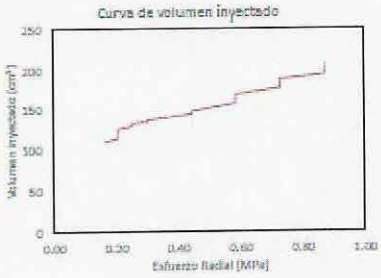
HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN: Broca 2 1/2"
DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [cm]: 6.35
ALTURA DE LA CORONA [m]: 1
NIVEL DE LODOS POR ENCIMA DE LA SONDA [m]: 3

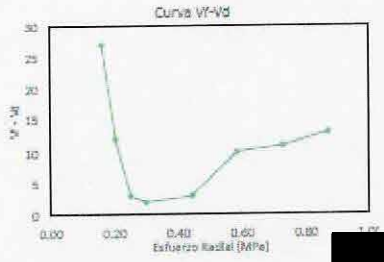
**Prueba de pricómetro**

| Paso | 1 | ΔL [mm] | T [kN] | Paso | 2 | ΔL [mm] | T [kN] | Paso | 3 | ΔL [mm] | T [kN] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_c$ [bar] | 2.5 | 1 | 1.300 | $P_c$ [bar] | 3.0 | 1 | 5.000 | $P_c$ [bar] | 3.5 | 1 | 8.700 |
| $P_s$ [bar] | 2.8 | 2 | 2.200 | $P_s$ [bar] | 3.3 | 2 | 5.500 | $P_s$ [bar] | 3.8 | 2 | 8.900 |
| $V_{min}$ [cm³] | 83 | 3 | 2.800 | $V_{min}$ [cm³] | 113 | 3 | 5.700 | $V_{min}$ [cm³] | 129 | 3 | 9.000 |
| $V_{max}$ [cm³] | 83 | 4 | 3.200 | $V_{max}$ [cm³] | 114 | 4 | 6.100 | $V_{max}$ [cm³] | 130 | 4 | 9.000 |
| $V_f$ [cm³] | 110 | 5 | 3.400 | $V_f$ [cm³] | 126 | 5 | 6.600 | $V_f$ [cm³] | 133 | 5 | 9.000 |
| $V_f - V_{min}$ [cm³] | 27 | 6 | 3.600 | $V_f - V_{min}$ [cm³] | 12 | 6 | 6.800 | $V_f - V_{min}$ [cm³] | 3 | 6 | |
| $T_L$ [kN] | 3.7 | 7 | 3.700 | $T_L$ [kN] | 6.8 | 7 | 6.800 | $T_L$ [kN] | 9.0 | 7 | |

| Paso | 4 | ΔL [mm] | T [kN] | Paso | 5 | ΔL [mm] | T [kN] | Paso | 6 | ΔL [mm] | T [kN] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_c$ [bar] | 4.0 | 1 | 10.400 | $P_c$ [bar] | 5.5 | 1 | 14.700 | $P_c$ [bar] | 7.0 | 1 | 19.600 |
| $P_s$ [bar] | 4.3 | 2 | 10.400 | $P_s$ [bar] | 5.8 | 2 | 14.700 | $P_s$ [bar] | 7.3 | 2 | 19.700 |
| $V_{min}$ [cm³] | 135 | 3 | 10.400 | $V_{min}$ [cm³] | 144 | 3 | 14.700 | $V_{min}$ [cm³] | 157 | 3 | 20.100 |
| $V_{max}$ [cm³] | 135 | 4 | | $V_{max}$ [cm³] | 145 | 4 | | $V_{max}$ [cm³] | 159 | 4 | 20.100 |
| $V_f$ [cm³] | 137 | 5 | | $V_f$ [cm³] | 148 | 5 | | $V_f$ [cm³] | 169 | 5 | 20.100 |
| $V_f - V_{min}$ [cm³] | 2 | 6 | | $V_f - V_{min}$ [cm³] | 1 | 6 | | $V_f - V_{min}$ [cm³] | 10 | 6 | |
| $T_L$ [kN] | 10.4 | 7 | | $T_L$ [kN] | 14.7 | 7 | | $T_L$ [kN] | 20.1 | 7 | |

| Paso | 7 | ΔL [mm] | T [kN] | Paso | 8 | ΔL [mm] | T [kN] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_c$ [bar] | 8.5 | 1 | 24.800 | $P_c$ [bar] | 10.0 | 1 | 30.100 |
| $P_s$ [bar] | 8.8 | 2 | 25.100 | $P_s$ [bar] | 10.3 | 2 | 30.200 |
| $V_{min}$ [cm³] | 176 | 3 | 25.200 | $V_{min}$ [cm³] | 192 | 3 | 30.300 |
| $V_{max}$ [cm³] | 177 | 4 | 25.300 | $V_{max}$ [cm³] | 194 | 4 | 30.300 |
| $V_f$ [cm³] | 188 | 5 | 25.300 | $V_f$ [cm³] | 207 | 5 | 30.300 |
| $V_f - V_{min}$ [cm³] | 11 | 6 | 25.300 | $V_f - V_{min}$ [cm³] | 15 | 6 | |
| $T_L$ [kN] | 25.3 | 7 | | $T_L$ [kN] | 30.3 | 7 | |

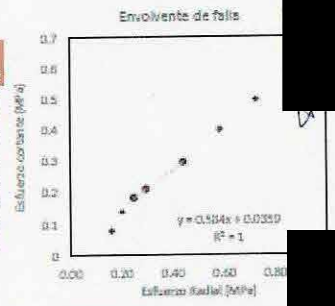



**Interpretación de resultados**

| No. | $P_c$ [MPa] | $P_s$ [MPa] | $P_c$ [MPa] | $P_s$ [MPa] | $V_{min}$ | $V_{max}$ [cm³] | $V_f$ [cm³] | $V_f - V_{min}$ [cm³] | d [m] | $T_L$ [kPa] | $\sigma_L$ [MPa] | τ [MPa] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.25 | 0.032 | 0.119 | 0.16 | 83 | 83 | 110 | 27 | 0.067 | 3.700 | 0.16 | 0.07638 |
| 2 | 0.30 | 0.032 | 0.127 | 0.20 | 113 | 114 | 126 | 12 | 0.068 | 6.800 | 0.20 | 0.13885 |
| 3 | 0.35 | 0.032 | 0.130 | 0.25 | 129 | 130 | 133 | 3 | 0.068 | 9.000 | 0.25 | 0.18287 |
| 4 | 0.40 | 0.032 | 0.132 | 0.30 | 135 | 135 | 137 | 2 | 0.068 | 10.400 | 0.30 | 0.21075 |
| 5 | 0.55 | 0.032 | 0.137 | 0.44 | 144 | 145 | 148 | 3 | 0.069 | 14.700 | 0.44 | 0.29568 |
| 6 | 0.70 | 0.032 | 0.146 | 0.59 | 157 | 159 | 169 | 10 | 0.070 | 20.100 | 0.59 | 0.39866 |
| 7 | 0.85 | 0.032 | 0.153 | 0.73 | 176 | 177 | 188 | 11 | 0.071 | 25.300 | 0.73 | 0.49555 |
| 8 | 1.00 | 0.032 | 0.161 | 0.87 | 192 | 194 | 207 | 13 | 0.072 | 30.300 | 0.87 | 0.59418 |

$c_u$ [MPa] = 0.0359 m, [-] = 0.5840




**Observaciones:**

* Para este predio no se tiene información del tipo de suelo ni de su resistencia. *La gráfica de inserción de dientes atiende a un comportamiento de un material rígido. *Aunque no se llegó a la zona de inserción en la gráfica, se ejecutó la prueba debido a que se tiene una diferencia de más de 0.5 bars entre la curva de inserción y la curva de calibración. *Es importante mencionar que debido a la rigidez del suelo, no se garantiza una correcta inserción de los cachilinx por tanto, se recomienda realizar pruebas de resistencia.

**DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL:**

| | |
|---|---|
| Descrip | Limo arenoso color café claro ? |
| SUCS: | - |
| NF: | - |
| NS: | - |
| $N_{SPT}$ | - |

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

**Resistencia triaxiales**

| | |
|---|---|
| c [kPa] = | 36 |
| φ [°] = | 30 |

[redacted]

* El llenado en celdas en negro, evitar modificar celdas naranja, blanco o verde.

DISEÑO DE CIMENTACIONES SA DE CV
DICIMSA

dicimsa

ENSAYE DE PRIÓMETRO
CENTC 141 / WC 5 N 53 E
CALIBRACIÓN Y CONTACTO DIENTES-SUELO

PROYECTO:

[redacted]

PRUEBA: 2
PROFUNDIDAD: 11.7 [m]
NAF: No identificado [m]

UTM X= 475517.8
UTM Y= 2145201.0
UTM Z= -

CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO

| | |
|---|---|
| LONGITUD DE LA SONDA [m]: | 0.25 |
| DIÁMETRO DE LA SONDA [cm]: | 6 |
| TIPO DE MEMBRANA: | Standard |
| HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN: | Barrena 2 1/2" |
| DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [cm]: | 6.35 |
| ALTURA DE LA CONSOLA [m]: | 1 |
| NIVEL DE LODOS POR ENCIMA DE LA SONDA [m]: | 0 |

## Curvas de calibración de la sonda pirométrica

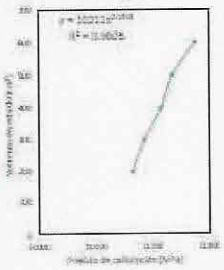
Calibración de la sonda

| No. | Volumen inyectado V [cm³] | Presión P, [bar] | Presión P, [MPa] | $P_c$ [MPa] | Diámetro $D_{av}$ [mm] | $P_{corr}$ [MPa] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.00 | [illegible] | [illegible] | 50.86 | [illegible] |
| 1 | 200 | 1.60 | [illegible] | [illegible] | 72.24 | [illegible] |
| 2 | 300 | 1.80 | [illegible] | [illegible] | 76.92 | [illegible] |
| 3 | 400 | 2.10 | [illegible] | [illegible] | 81.25 | [illegible] |
| 4 | 500 | 2.30 | [illegible] | [illegible] | 84.00 | [illegible] |
| 5 | 600 | 2.70 | [illegible] | [illegible] | 89.06 | [illegible] |

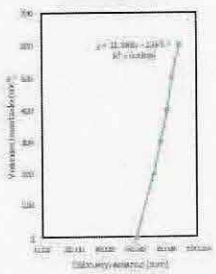
Criterio de control de las condiciones de operación de la sonda pirométrica

| V [cm³] | M. Estándar $d_s$ [mm] | M. Estándar $P_c$ [MPa] | M. Referencia $d_s$ [mm] | M. Referencia $P_c$ [MPa] | Verificación | Recomendación |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 200 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Sonda ACEPTABLE | Calibrar el sensor |
| 300 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Sonda ACEPTABLE | Sonda ACEPTABLE |

Pérdida de presión



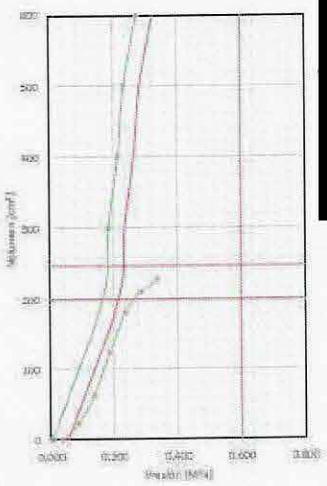

Pérdida de presión




## Curvas de contacto dientes-suelo

Curvas de contacto dientes-suelo

| No. | Presión [bar] $P_{ini}$ | $P_{fin}$ | $P_{c}$ | Volumen [cm³] $V_{ini}$ | $V_{fin}$ | $\Delta V_{inst}$ | $\Delta V_{ini}$ | $\Delta V_{ini}/\Delta V_{inst}$ | Criterio de inserción | Curva P [MPa] | V [cm³] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.00 | 0.00 | [illegible] | 0 | 0 | [illegible] | [illegible] | | | [illegible] | [illegible] |
| 1 | 0.50 | 0.50 | [illegible] | 18 | 23 | [illegible] | [illegible] | | | [illegible] | [illegible] |
| 2 | 1.00 | 1.00 | [illegible] | 54 | 63 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | | [illegible] | [illegible] |
| 3 | 1.50 | 1.50 | [illegible] | 109 | 125 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | | [illegible] | [illegible] |
| 4 | 2.00 | 2.00 | [illegible] | 175 | 182 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Cumplimiento | [illegible] | [illegible] |
| 5 | 2.50 | 2.50 | [illegible] | 208 | 211 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Cumplimiento | [illegible] | [illegible] |
| 6 | 3.00 | 3.00 | [illegible] | 220 | 231 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Cumplimiento | [illegible] | [illegible] |




Es fundamental hacer la inspección visual de la curva en cada paso

Coeficientes

| | |
|---|---|
| a | 21.593 |
| b | -1317.700 |
| c | [illegible] |
| d | [illegible] |
| e | 2.131 |
| f | 1.0211 |
| g | [illegible] |
| h | [illegible] |

El primer incremento de presión, para la prueba de pressiómetro, se será cuando exista una diferencia de 0.05 MPa o 0.5 bar en las dos curvas del lado derecho.

| INCREMENTOS | |
|---|---|
| Pc [MPa] | ΔP [bar] |
| [0.3, 1.0] | 0.50 |
| [1.0,>1.0] | 1.00 |

Observaciones

DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL

| | |
|---|---|
| Clasificación | Arena media color gris oscuro con grava |
| SUCS | - |
| [illegible] | - |
| [illegible] | - |
| [illegible] | - |

[redacted]

* El llenado en de color negro, evitar modificar colores en naranja, blanco o verde

[redacted]

DISEÑO DE CIMENTACIONES SA DE CV
DICIMSA

dicimsa

**ENSAYE DE PRESIÓMETRO**
**CEN/TC 341 /WG 5 N 53 E**
**CALIBRACIÓN Y CONTACTO DIENTES-SUELO**

PROYECTO:
[redacted]
FECHA: 28/03/2023
PRUEBA: 2
PROFUNDIDAD: 11.7 [m]
NAF: No identificado [m]

UTM X= 475537
UTM Y= 2144289
UTM Z= -

CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO:
LONGITUD DE LA SONDA [m]: 9.25
DIÁMETRO DE LA SONDA [cm]: 6
TIPO DE MEMBRANA: Standard

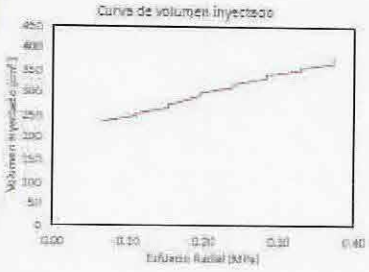
HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN: Broca 2 1/2"
DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [cm]: 6.35
ALTURA DE LA CÚPULA [m]: 1
NIVEL DE LODOS POR ENCIMA DE LA SONDA [m]: 9

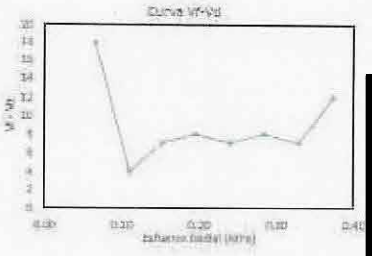
**Prueba de presiómetro**

| Paso | 1 | ΔL [mm] | T [kN] | Paso | 2 | ΔL [mm] | T [kN] | Paso | 3 | ΔL [mm] | T [kN] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_c$ [bar] | 2.0 | 1 | 2.100 | $P_c$ [bar] | 2.5 | 1 | 4.400 | $P_c$ [bar] | 3.0 | 1 | 6.700 |
| $P_p$ [bar] | 2.4 | 1 | 2.300 | $P_p$ [bar] | 2.9 | 1 | 4.800 | $P_p$ [bar] | 3.4 | 1 | 7.000 |
| $V_{ini}$ [cm³] | 220 | 1 | 2.400 | $V_{ini}$ [cm³] | 251 | 1 | 5.100 | $V_{ini}$ [cm³] | 267 | 1 | 7.300 |
| $V_{ini}$ [cm³] | 223 | 1 | 2.400 | $V_{ini}$ [cm³] | 252 | 1 | 5.100 | $V_{ini}$ [cm³] | 269 | 1 | 7.300 |
| $V_f$ [cm³] | 228 | 1 | 2.700 | $V_f$ [cm³] | 256 | 1 | 5.100 | $V_f$ [cm³] | 276 | 1 | 7.300 |
| $V_f - V_{ini}$ [cm³] | 18 | 1 | 3.000 | $V_f - V_{ini}$ [cm³] | 4 | 1 | | $V_f - V_{ini}$ [cm³] | 7 | 1 | |
| $T_c$ [kN] | 3.1 | 1 | 3.000 | $T_c$ [kN] | 5.1 | 1 | | $T_c$ [kN] | 7.1 | 1 | |

| Paso | 4 | ΔL [mm] | T [kN] | Paso | 5 | ΔL [mm] | T [kN] | Paso | 6 | ΔL [mm] | T [kN] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_c$ [bar] | 3.5 | 1 | 9.000 | $P_c$ [bar] | 4.0 | 1 | 12.100 | $P_c$ [bar] | 4.5 | 1 | 14.500 |
| $P_p$ [bar] | 3.9 | 1 | 9.700 | $P_p$ [bar] | 4.4 | 1 | 12.400 | $P_p$ [bar] | 4.9 | 1 | 14.500 |
| $V_{ini}$ [cm³] | 293 | 1 | 9.700 | $V_{ini}$ [cm³] | 314 | 1 | 12.600 | $V_{ini}$ [cm³] | 334 | 1 | 14.800 |
| $V_{ini}$ [cm³] | 294 | 1 | 9.700 | $V_{ini}$ [cm³] | 315 | 1 | 12.600 | $V_{ini}$ [cm³] | 335 | 1 | 15.000 |
| $V_f$ [cm³] | 302 | 1 | | $V_f$ [cm³] | 322 | 1 | 12.600 | $V_f$ [cm³] | 343 | 1 | 15.000 |
| $V_f - V_{ini}$ [cm³] | 8 | 1 | | $V_f - V_{ini}$ [cm³] | 7 | 1 | | $V_f - V_{ini}$ [cm³] | 9 | 1 | 15.000 |
| $T_c$ [kN] | 9.7 | 1 | | $T_c$ [kN] | 12.6 | 1 | | $T_c$ [kN] | 15.0 | 1 | |

| Paso | 7 | ΔL [mm] | T [kN] | Paso | 8 | ΔL [mm] | T [kN] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_c$ [bar] | 5.0 | 1 | 17.200 | $P_c$ [bar] | 5.5 | 1 | 20.900 |
| $P_p$ [bar] | 5.4 | 1 | 17.500 | $P_p$ [bar] | 5.9 | 1 | 21.000 |
| $V_{ini}$ [cm³] | 353 | 1 | 17.400 | $V_{ini}$ [cm³] | 369 | 1 | 21.000 |
| $V_{ini}$ [cm³] | 353 | 1 | 17.600 | $V_{ini}$ [cm³] | 370 | 1 | 21.100 |
| $V_f$ [cm³] | 360 | 1 | 17.700 | $V_f$ [cm³] | 382 | 1 | 21.100 |
| $V_f - V_{ini}$ [cm³] | 7 | 1 | 17.900 | $V_f - V_{ini}$ [cm³] | 12 | 1 | 21.100 |
| $T_c$ [kN] | 18.1 | 1 | 18.300 | $T_c$ [kN] | 21.1 | 1 | |

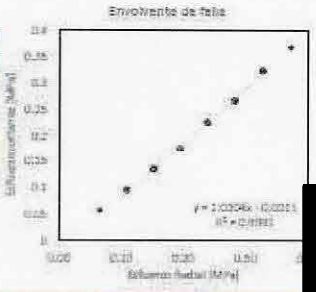



**Interpretación de resultados**

| No. | $P_c$ [MPa] | $P_p$ [MPa] | $P_c$ [MPa] | $P_c$ [MPa] | $V_{ini}$ | $V_{ini}$ [cm³] | $V_f$ [cm³] | $V_f - V_{ini}$ [cm³] | $d_p$ [m] | $T_c$ [kN] | $P_{c\ corr.}$ | c [MPa] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.20 | 0.037 | 0.177 | 0.17 | 237 | 230 | 236 | 6 | 0.071 | 1.900 | 0.07 | 0.0000 |
| 2 | 0.25 | 0.037 | 0.177 | 0.21 | 251 | 255 | 256 | 1 | 0.074 | 5.100 | 0.11 | 0.0000 |
| 3 | 0.30 | 0.037 | 0.184 | 0.23 | 267 | 269 | 276 | 7 | 0.075 | 7.300 | 0.13 | 0.0000 |
| 4 | 0.35 | 0.037 | 0.192 | 0.30 | 293 | 294 | 302 | 8 | 0.092 | 9.700 | 0.21 | 0.0000 |
| 5 | 0.40 | 0.037 | 0.198 | 0.34 | 314 | 315 | 322 | 7 | 0.095 | 12.600 | 0.24 | 0.0000 |
| 6 | 0.45 | 0.037 | 0.221 | 0.38 | 334 | 335 | 343 | 8 | 0.098 | 15.000 | 0.28 | 0.0000 |
| 7 | 0.50 | 0.037 | 0.236 | 0.43 | 353 | 353 | 360 | 7 | 0.099 | 17.900 | 0.31 | 0.0000 |
| 8 | 0.55 | 0.037 | 0.239 | 0.47 | 369 | 370 | 382 | 12 | 0.096 | 21.100 | 0.37 | 0.0000 |

$c_u$ [MPa] = 0.0000 $m_u$ [-] = 1.0000




**Observaciones:**

**DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL:**

| | |
|---|---|
| Descripción | Arena media color gris oscuro con gravas |
| USCS | - |
| $\gamma_d$ | - |
| $\gamma_m$ | - |
| $N_{SPT}$ | - |

La interpretación e interpretación de los parámetros mecánicos aquí presentados es de exclusiva responsabilidad del ingeniero encargado de Geotecnia.

**Balance presiométrico**

| | |
|---|---|
| $c_u$ [kPa] = | 0 |
| $\phi_u$ [°] = | 46 |

[redacted]

* El formato es de colores en negro, evitar modificar colores en naranja, blanco o verde.

[redacted]

DISEÑO DE CIMENTACIONES SA DE CV
DICIMSA

dicimsa

**ENSAYE DE PRESIÓMETRO**
**CEN/TC 341 /WG 5 N 53 E**
**CALIBRACIÓN Y CONTACTO DIENTES-SUELO**

**PROYECTO**

[redacted]

| | |
|---|---|
| PRUEBA: | 5 |
| PROFUNDIDAD: | 35.1 [m] |
| NAF: | No identificado [m] |

| | |
|---|---|
| UTM X= | 479517.0 |
| UTM Y= | 2146301.0 |
| UTM Z= | - |

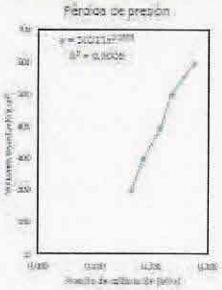
**CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO**

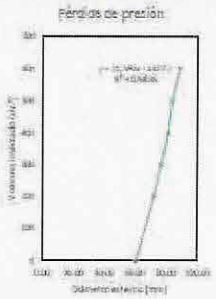
| | |
|---|---|
| LONGITUD DE LA SONDA [m]: | 0.23 |
| DIÁMETRO DE LA SONDA [cm]: | 6 |
| TIPO DE MEMBRANA: | Standard |
| HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN: | Broca 2 1/2" |
| DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [cm]: | 6.35 |
| ALTURA DE LA CORONA [m]: | 1 |
| NIVEL DE LODO POR ENCIMA DE LA SONDA [m]: | 6 |

**Calibración de la sonda**

| No. | Volumen inyectado V [cm³] | Presión $P_c$ [bar] | Presión $P_c$ [MPa] | Presión $P_c$ [kPa] | Diámetro $D_c$ [mm] | $P_{lim}$ [MPa] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0.00 | [illegible] | [illegible] | 60.86 | [illegible] |
| 1 | 100 | 1.60 | [illegible] | [illegible] | 72.24 | [illegible] |
| 2 | 200 | 1.80 | [illegible] | [illegible] | 76.93 | [illegible] |
| 3 | 400 | 2.10 | [illegible] | [illegible] | 81.27 | [illegible] |
| 4 | 500 | 2.30 | [illegible] | [illegible] | 84.00 | [illegible] |
| 5 | 600 | 2.70 | [illegible] | [illegible] | 89.06 | [illegible] |

**Curvas de calibración de la sonda piezométrica**




**Criterio de control de las condiciones de operación de la sonda piezométrica**

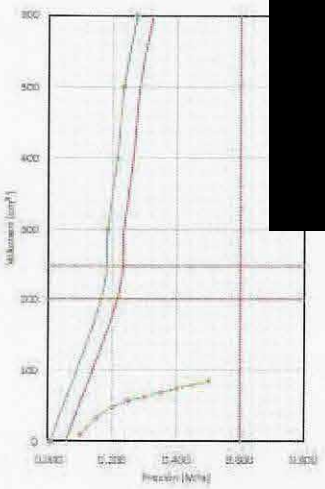
| V [cm³] | M. Estándar $d_c$ [mm] | M. Estándar $P_{c\,máx}$ [MPa] | M. Referencia $d_c$ [mm] | M. Referencia $P_{c\,máx}$ [MPa] | Verificación | Recomendación |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Sonda ACEPTABLE | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Sonda ACEPTABLE | Sonda ACEPTABLE |

**Contacto dientes-suelo**

| No. | Presión $P_{ini}$ [bar] | Presión $P_{fin}$ [bar] | Presión $P_c$ [bar] | Volumen $V_{ini}$ [cm³] | Volumen $V_{fin}$ [cm³] | $\Delta V_{prueba}$ | $\Delta V_{sonda}$ | $\Delta V_{sd}/\Delta V_{sn}$ | Criterio de inserción | Curva P [MPa] | Curva V [cm³] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.00 | 0.00 | [illegible] | 10 | 10 | 0 | - | | | [illegible] | [illegible] |
| 1 | 0.50 | 0.50 | [illegible] | 28 | 33 | [illegible] | [illegible] | | | [illegible] | [illegible] |
| 2 | 1.00 | 1.00 | [illegible] | 46 | 48 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | | [illegible] | [illegible] |
| 3 | 1.50 | 1.50 | [illegible] | 56 | 57 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | | [illegible] | [illegible] |
| 4 | 2.00 | 2.00 | [illegible] | 62 | 63 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Continuar | [illegible] | [illegible] |
| 5 | 2.50 | 2.50 | [illegible] | 68 | 69 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Continuar | [illegible] | [illegible] |
| 6 | 3.00 | 3.00 | [illegible] | 74 | 75 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Continuar | [illegible] | [illegible] |
| 7 | 3.50 | 3.50 | [illegible] | 79 | 80 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Continuar | [illegible] | [illegible] |
| 8 | 4.00 | 4.00 | [illegible] | 85 | 86 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Continuar | [illegible] | [illegible] |

**Curvas de contacto dientes-suelo**

Es fundamental hacer la inspección visual de la curva en cada paso




[redacted]

**Coeficientes**

| | |
|---|---|
| [illegible] | 21.593 |
| [illegible] | -13317.700 |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | 2.131 |
| [illegible] | 20211 |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |

El primer incremento de presión, para la prueba de pluviómetro, se dará cuando exista una diferencia de 0.050MPa o 0.5 bar en las dos curvas del lado derecho

| INCREMENTOS | |
|---|---|
| $P_c$ [MPa] | $\Delta P$ [bar] |
| [0.1, 1.0] | 0.50 |
| [1.0, >1.0] | 1.00 |

**OBSERVACIONES**

* Para esta prueba no se tiene información del tipo de suelo ni de su resistencia. *La gráfica de inserción de dientes atenderá un comportamiento de un material rígido. *Aunque no se llegó a la zona de inserción en la gráfica, se ejecutó la prueba debido a que se tiene una diferencia de más de 0.5 bar entre la curva de inserción y la curva de calibración. *Es importante mencionar que debido a la rigidez del suelo, no se garantiza una correcta inserción de los dientes, por tanto, se recomienda realizar nuevas de ensayadas.

**DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL:**

| | |
|---|---|
| [illegible] | Arena pomácea color gris claro |
| [illegible] | - |
| [illegible] | - |
| [illegible] | - |
| [illegible] | - |

[redacted]

* El llenado en de cocina en capas, evitar modificar colas en tubería, bloqueo o sonda

DISEÑO DE CIMENTACIONES SA DE CV
DICIMSA

dicimsa

ENSAYE DE PRESIÓMETRO
CENITC 341 /WG 5 N 53 E
CALIBRACIÓN Y CONTACTO HUNTER-SUELO

PROYECTO

[redacted]

FECHA: 05/01/2023
PRUEBA: 3
PROFUNDIDAD: 15.1 [m]
NAF: No identificado [m]

UTM X= 479517
UTM Y= 2146381
UTM Z= -

CARACTERISTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO
LONGITUD DE LA SONDA [m]: 8.23
DIAMETRO DE LA SONDA [cm]: 4
TIPO DE MEMBRANA: Standard

HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN: Bleistes 2 1/2"
DIAMETRO DE PERFORACIÓN [cm]: 6.35
ALTURA DE LA CUNICULA [m]: 1
NIVEL DE LODOS POR ENCIMA DE LA SONDA [m]: 6

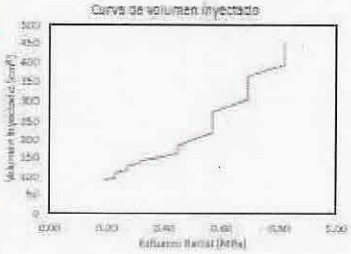
Prueba de presiómetro

| Paso | 1 | ΔL [mm] | T [kN] | Paso | 2 | ΔL [mm] | T [kN] | Paso | 3 | ΔL [mm] | T [kN] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_1$ [bar] | 2.0 | 1 | 1.600 | $P_1$ [bar] | 2.5 | 1 | 8.700 | $P_1$ [bar] | 3.0 | 1 | 14.300 |
| $P_2$ [bar] | [illegible] | 2 | 3.300 | $P_2$ [bar] | [illegible] | 2 | 9.500 | $P_2$ [bar] | [illegible] | 2 | 14.700 |
| $V_{ini}$ [cm³] | 81 | 3 | 4.700 | $V_{ini}$ [cm³] | 98 | 3 | 10.100 | $V_{ini}$ [cm³] | 119 | 3 | 14.900 |
| $V_{ini}$ [cm³] | 81 | 4 | 5.600 | $V_{ini}$ [cm³] | 98 | 4 | 10.400 | $V_{ini}$ [cm³] | 120 | 4 | 14.900 |
| $V_1$ [cm³] | 102 | 5 | 6.200 | $V_1$ [cm³] | 112 | 5 | 10.800 | $V_1$ [cm³] | 128 | 5 | 14.900 |
| $V_1 - V_{ini}$ [cm³] | [illegible] | 6 | 6.900 | $V_1 - V_{ini}$ [cm³] | [illegible] | 6 | 11.000 | $V_1 - V_{ini}$ [cm³] | [illegible] | 6 | |
| $T_1$ [kN] | [illegible] | 7 | 7.100 | $T_1$ [kN] | [illegible] | 7 | 11.400 | $T_1$ [kN] | [illegible] | 7 | |

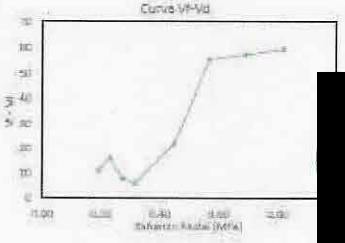
| Paso | 4 | ΔL [mm] | T [kN] | Paso | 5 | ΔL [mm] | T [kN] | Paso | 6 | ΔL [mm] | T [kN] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_1$ [bar] | 3.5 | 1 | 17.000 | $P_1$ [bar] | 5.0 | 1 | 20.200 | $P_1$ [bar] | 6.5 | 1 | 24.300 |
| $P_2$ [bar] | [illegible] | 2 | 17.100 | $P_2$ [bar] | [illegible] | 2 | 21.400 | $P_2$ [bar] | [illegible] | 2 | 25.500 |
| $V_{ini}$ [cm³] | 136 | 3 | 17.100 | $V_{ini}$ [cm³] | 161 | 3 | 21.700 | $V_{ini}$ [cm³] | 215 | 3 | 26.600 |
| $V_{ini}$ [cm³] | 137 | 4 | 17.100 | $V_{ini}$ [cm³] | 164 | 4 | 21.700 | $V_{ini}$ [cm³] | 220 | 4 | 27.100 |
| $V_1$ [cm³] | 143 | 5 | | $V_1$ [cm³] | 186 | 5 | 21.700 | $V_1$ [cm³] | 275 | 5 | 27.800 |
| $V_1 - V_{ini}$ [cm³] | [illegible] | 6 | | $V_1 - V_{ini}$ [cm³] | [illegible] | 6 | | $V_1 - V_{ini}$ [cm³] | [illegible] | 6 | 27.900 |
| $T_1$ [kN] | [illegible] | 7 | | $T_1$ [kN] | [illegible] | 7 | | $T_1$ [kN] | [illegible] | 7 | 28.100 |

| Paso | 7 | ΔL [mm] | T [kN] | Paso | 8 | ΔL [mm] | T [kN] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_1$ [bar] | 8.0 | 1 | 30.000 | $P_1$ [bar] | 9.5 | 1 | 36.600 |
| $P_2$ [bar] | [illegible] | 2 | 31.700 | $P_2$ [bar] | [illegible] | 2 | 38.100 |
| $V_{ini}$ [cm³] | 303 | 3 | 32.800 | $V_{ini}$ [cm³] | 390 | 3 | 38.800 |
| $V_{ini}$ [cm³] | 307 | 4 | 33.600 | $V_{ini}$ [cm³] | 394 | 4 | 39.300 |
| $V_1$ [cm³] | 364 | 5 | 34.200 | $V_1$ [cm³] | 453 | 5 | 40.000 |
| $V_1 - V_{ini}$ [cm³] | [illegible] | 6 | 34.600 | $V_1 - V_{ini}$ [cm³] | [illegible] | 6 | 40.500 |
| $T_1$ [kN] | [illegible] | 7 | 34.700 | $T_1$ [kN] | [illegible] | 7 | 41.200 |

Curva de volumen inyectado




Curva VF-Vd

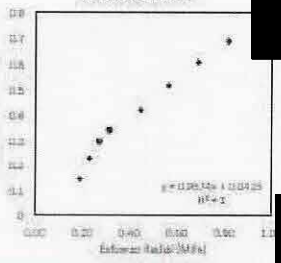



Interpretación de resultados

| No. | $P_1$ [MPa] | $P_2$ [MPa] | $P_0$ [MPa] | $P_f$ [MPa] | $V_{ini}$ | $V_{ini}$ [cm³] | $V_1 - V_{ini}$ [cm³] | d [m] | $T_1$ [kN] | $T_1$ [MPa] | c [MPa] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 2 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 3 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 4 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 5 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 6 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 7 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 8 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

$c_u$ [MPa] = 0.0423 $\omega_u$ [°] = 0.9574

Envolvente de falla




Observaciones:

* Para esta prueba no se tiene información del tipo de suelo ni de su resistencia. *La gráfica de inserción de diferencia alterna a un comportamiento de un material rígido. *Aunque no se llegó a la zona de inserción en la gráfica, se ejecutó la prueba debido a que se tiene una diferencia de más de 0.5 bares entre la curva de inserción y la curva de calibración. *Es importante mencionar que debido a la rigidez del suelo, no se generaron una correcta inserción de los cuchillas; por tanto, se recomienda realizar pruebas de penetrómetro.

DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL

| Tiempo | Arcilla gravosa color gris claro |
|---|---|
| [illegible] | - - |
| [illegible] | - - |
| [illegible] | - - |
| [illegible] | - - |

La interpretación e interpretación de los parámetros mecánicos aquí presentados no se emiten garantías, deben realizarse por un Ingeniero Especialista en Geotecnia.

Resistencia volumétrica

| | |
|---|---|
| $\omega$ [kN/m³] = | 43 |
| $\gamma$ [°] = | 44 |

[redacted]

* El llenado en de celdas en negro, estar modifica celdas en naranja, blanco o verde

[redacted]

DISEÑO DE CIMENTACIONES SA DE CV
DICIMSA

dicimsa

ENSAYE DE PRESIÓMETRO
CEN/TC 341 /WG 5 N 83 E
CALIBRACIÓN Y CONTACTO DENTES-SUELO

[redacted]

PRUEBA: 001/223
PRUEBA: 4
PROFUNDIDAD: 24.0 [m]
NAF: No identificado [m]

UTM X= 479537.0
UTM Y= 2142301.0
UTM Z= -

CARACTERÍSTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO
LONGITUD DE LA SONDA [m]: 0.23
DIÁMETRO DE LA SONDA [m]: 6
TIPO DE MEMBRANA: Standard

HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN: Bioniche 2 1/2"
DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [m]: 0.35
ALTURA DE LA COPAMA [m]: 1
NIVEL DE LODO POR ENCIMA DE LA SONDA [m]: 18

[redacted]

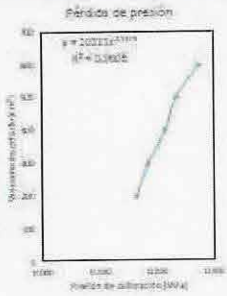
**Calibración de la sonda**

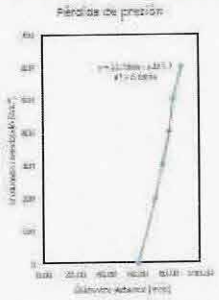
| No. | Volumen levantado V [cm³] | Presión $P_c$ [bar] | Presión $P_c$ [MPa] | $P_{c\,corr}$ | Diámetro D $D_{corr}$ [mm] | $P_{corr}$ [MPa] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1.00 | 0.100 | 0.105 | 60.86 | 0.105 |
| 1 | 200 | 1.60 | 0.160 | 0.165 | 72.24 | 0.215 |
| 2 | 300 | 1.80 | 0.180 | 0.185 | 76.05 | 0.327 |
| 3 | 400 | 2.10 | 0.210 | 0.217 | 81.23 | 0.368 |
| 4 | 500 | 2.30 | 0.230 | 0.237 | 84.00 | 0.395 |
| 5 | 600 | 2.75 | 0.275 | 0.275 | 89.06 | 0.371 |

**Criterio de control de las condiciones de operación de la sonda piezométrica**

| V [cm³] | M. Calculada $d_c$ [mm] | M. Calculada $P_c$ $P_{c\,corr}$ | M. Referencia $d_r$ [mm] | M. Referencia $P_r$ $P_{r\,corr}$ | Verificación | Recomendación |
|---|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Sonda ACEPTABLE | Continuar la prueba |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | Sonda ACEPTABLE | Sonda ACEPTABLE |

**Curvas de calibración de la sonda piezométrica**




**Curvas dentes-suelo**

| No. | Presión [bar] $P_{dc}$ | $P_{dr}$ | $P_c$ | Volumen [cm³] $V_{dc}$ | $V_{dr}$ | $\Delta V_{dc\,acc}$ | $\Delta V_{dr\,acc}$ | $\Delta V_{dc}/\Delta V_{dr}$ | Criterio de aceptación | Curva P [MPa] | V [cm³] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.00 | 0.00 | 0.700 | 0 | 0 | [illegible] | - | | | [illegible] | [illegible] |
| 1 | 0.50 | 0.50 | 0.700 | 10 | 14 | [illegible] | 14 | | | [illegible] | 14 |
| 2 | 1.00 | 1.00 | 0.700 | 23 | 31 | [illegible] | 17 | [illegible] | | [illegible] | 31 |
| 3 | 1.50 | 1.50 | 0.700 | 44 | 47 | [illegible] | 16 | [illegible] | | [illegible] | 47 |
| 4 | 2.00 | 2.00 | 0.700 | 58 | 60 | [illegible] | 13 | [illegible] | Continuar | [illegible] | 60 |
| 5 | 2.50 | 2.50 | 0.700 | 69 | 70 | [illegible] | 10 | [illegible] | Continuar | [illegible] | 70 |
| 6 | 3.00 | 3.00 | 0.700 | 76 | 77 | [illegible] | 7 | [illegible] | Continuar | [illegible] | 77 |
| 7 | 3.50 | 3.50 | 0.700 | 82 | 83 | [illegible] | 6 | [illegible] | Continuar | [illegible] | 83 |
| 8 | 4.00 | 4.00 | 0.700 | 87 | 88 | [illegible] | 5 | [illegible] | Continuar | [illegible] | 88 |

**Curvas de contacto dientes-suelo**

Es fundamental hacer la inspección visual de la curva en cada paso

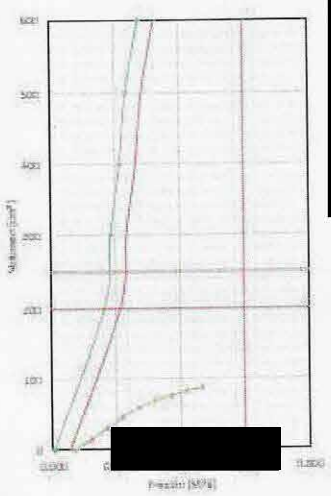
**Coeficientes**

| | |
|---|---|
| [illegible] | 21.593 |
| [illegible] | -1337.700 |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | 2.131 |
| [illegible] | 10211 |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |

El primer incremento de presión, para la prueba de presiómetro, es dado cuando existe una diferencia de 0.05MPa o 0.5 bar en las dos curvas del lado derecho

| INCREMENTOS $P_c$ [MPa] | $\Delta P$ [bar] |
|---|---|
| [0.0, 1.0] | 0.50 |
| [1.0, >1.0] | 1.00 |

Curvas de contacto dientes-suelo




[redacted]

**Observaciones:**

* Para esta prueba no se tiene información del tipo de suelo ni de su resistencia. *La gráfica de inserción de dientes atiende a un comportamiento de un material rígido. *Aunque no se llegó a la zona de inserción en la gráfica, la prueba se ejecutó a solicitud del cliente. *Es importante mencionar que debido a la rigidez del suelo, no se garantiza una correcta inserción de los cuchillas. **Se recomienda complementar la caracterización del depósito de suelo mediante pruebas de Presiómetro.

**DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL:**

| | |
|---|---|
| Suelo | Arena limosa color café |
| SUCS | - |
| $\gamma_d$ | - |
| $\gamma_m$ | - |
| $\gamma_{sat}$ | - |

Ing. Christian Juárez Estrada
RESPONSABLE TÉCNICO

* El formato en de color en negro, evitar modificar colores en naranja, blanco o verde

[redacted]

DISEÑO DE CIMENTACIONES SA DE CV
DICIMSA

dicimsa

ENSAYE DE PRESIOMETRO
CEN/TC 341 /WG 5 N 53 E
CALIBRACIÓN Y CONTACTO DIENTES-SUELO

PROYECTO

[redacted]

| | |
|---|---|
| FECHA: | 6/01/2023 |
| PRUEBA: | 4 |
| PROFUNDIDAD: | 24.9 [m] |
| NAF: | No identificado [m] |

| | |
|---|---|
| UTM X= | 475517 |
| UTM Y= | 2146301 |
| UTM Z= | 1 |

CARACTERISTICAS DE LA SONDA Y EL BARRENO

| | |
|---|---|
| LONGITUD DE LA SONDA [m]: | 0.15 |
| DIÁMETRO DE LA SONDA [cm]: | 6 |
| TIPO DE SONDA: | Standard |
| HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN: | Barrena 2 1/2" |
| DIÁMETRO DE PERFORACIÓN [cm]: | 6.35 |
| ALTURA DE LA CORONA [m]: | 1 |
| NIVEL DE LODOS POR ENCIMA DE LA SONDA [m]: | 24 |

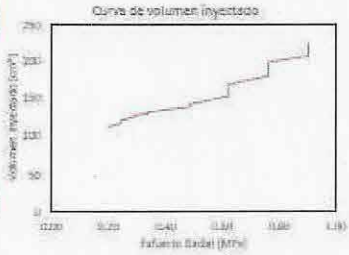
Prueba de presiómetro

| Paso | 1 | ΔL [mm] | T [kPa] | Paso | 2 | ΔL [mm] | T [kPa] | Paso | 3 | ΔL [mm] | T [kPa] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_1$ [bar] | 2.5 | 1 | 3.400 | $P_1$ [bar] | 3.0 | 1 | 5.700 | $P_1$ [bar] | 3.5 | 1 | 9.700 |
| $P_2$ [bar] | [illegible] | 1 | 4.000 | $P_2$ [bar] | [illegible] | 1 | 6.800 | $P_2$ [bar] | [illegible] | 1 | 10.200 |
| $V_{100}$ [cm³] | 84 | 1 | 4.400 | $V_{100}$ [cm³] | 115 | 1 | 7.000 | $V_{100}$ [cm³] | 124 | 1 | 10.400 |
| $V_{60}$ [cm³] | 85 | 1 | 4.800 | $V_{60}$ [cm³] | 116 | 1 | 7.200 | $V_{60}$ [cm³] | 125 | 1 | 10.400 |
| $V_1$ [cm³] | 112 | 1 | 5.100 | $V_1$ [cm³] | 121 | 1 | 7.700 | $V_1$ [cm³] | 127 | 1 | 10.600 |
| $V_1 - V_{60}$ [cm³] | [illegible] | 1 | 5.100 | $V_1 - V_{60}$ [cm³] | [illegible] | 1 | 7.800 | $V_1 - V_{60}$ [cm³] | [illegible] | 1 | 10.600 |
| $T_c$ [kPa] | [illegible] | 1 | 5.300 | $T_c$ [kPa] | [illegible] | 1 | 7.600 | $T_c$ [kPa] | [illegible] | 1 | 10.600 |

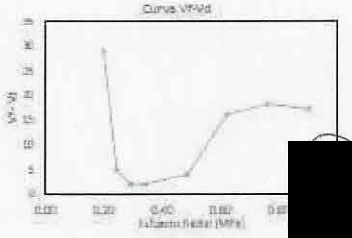
| Paso | 4 | ΔL [mm] | T [kPa] | Paso | 5 | ΔL [mm] | T [kPa] | Paso | 6 | ΔL [mm] | T [kPa] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_1$ [bar] | 4.0 | 1 | 12.200 | $P_1$ [bar] | 5.5 | 1 | 16.300 | $P_1$ [bar] | 7.0 | 1 | 21.100 |
| $P_2$ [bar] | [illegible] | 1 | 12.400 | $P_2$ [bar] | [illegible] | 1 | 16.700 | $P_2$ [bar] | [illegible] | 1 | 21.300 |
| $V_{100}$ [cm³] | 129 | 1 | 12.500 | $V_{100}$ [cm³] | 138 | 1 | 17.200 | $V_{100}$ [cm³] | 150 | 1 | 22.300 |
| $V_{60}$ [cm³] | 129 | 1 | 12.700 | $V_{60}$ [cm³] | 146 | 1 | 17.200 | $V_{60}$ [cm³] | 152 | 1 | 23.300 |
| $V_1$ [cm³] | 131 | 1 | 12.700 | $V_1$ [cm³] | 142 | 1 | 17.200 | $V_1$ [cm³] | 168 | 1 | 23.600 |
| $V_1 - V_{60}$ [cm³] | [illegible] | 1 | 12.700 | $V_1 - V_{60}$ [cm³] | [illegible] | 1 | | $V_1 - V_{60}$ [cm³] | [illegible] | 1 | 24.700 |
| $T_c$ [kPa] | [illegible] | 1 | | $T_c$ [kPa] | [illegible] | 1 | | $T_c$ [kPa] | [illegible] | 1 | 25.400 |

| Paso | 7 | ΔL [mm] | T [kPa] | Paso | 8 | ΔL [mm] | T [kPa] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_1$ [bar] | 8.5 | 1 | 30.200 | $P_1$ [bar] | 10.0 | 1 | 37.600 |
| $P_2$ [bar] | [illegible] | 1 | 30.800 | $P_2$ [bar] | [illegible] | 1 | 39.000 |
| $V_{100}$ [cm³] | 177 | 1 | 31.700 | $V_{100}$ [cm³] | 205 | 1 | 39.400 |
| $V_{60}$ [cm³] | 179 | 1 | 32.100 | $V_{60}$ [cm³] | 206 | 1 | 40.000 |
| $V_1$ [cm³] | 197 | 1 | 32.400 | $V_1$ [cm³] | 233 | 1 | 40.700 |
| $V_1 - V_{60}$ [cm³] | [illegible] | 1 | 32.700 | $V_1 - V_{60}$ [cm³] | [illegible] | 1 | 40.900 |
| $T_c$ [kPa] | [illegible] | 1 | 33.400 | $T_c$ [kPa] | [illegible] | 1 | 40.900 |

Curva de volumen inyectado




Curva Vf-Vd

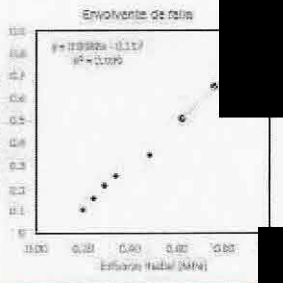



Interpretación de resultados

| No. | $P_1$ [MPa] | $P_2$ [MPa] | $P_c$ [MPa] | $P_f$ [MPa] | $V_{100}$ | $V_{60}$ [cm³] | $V_1$ [cm³] | $V_1 - V_{60}$ [cm³] | $G_0$ [MPa] | $T_c$ [kPa] | $P_l$ [MPa] | $T$ [kPa] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 2 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 3 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 4 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 5 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 6 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 7 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 8 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

$\tau_c$ [kPa] = 0.0000 $\tau_c$ [kPa] = 0.0000

Envolvente de falla




Observaciones

* Para esta prueba no se tiene información del tipo de suelo ni de su resistencia. *La gráfica de inserción de dientes refleja el comportamiento de un material rígido. *Aunque no se llegó a la zona de inserción en la gráfica, la prueba se ejecutó a satisfacer del cliente. *Es importante mencionar que debido a la rigidez del suelo, no se generó una correcta inserción de las cuchillas.
**Se recomienda complementar la caracterización del depósito de suelo mediante pruebas de Presiómetro.

DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA DEL MATERIAL

| | |
|---|---|
| Descripción: | Arena limosa color café |
| SUCS: | - |
| γ [kN/m³]: | - |
| Nc [-]: | - |
| $G_0$ [MPa]: | - |

La interpretación y interpretación de los resultados son responsabilidad de la empresa contratada, deben realizarse por un Ingeniero Especialista en Geotecnia

Indicadores adicionales

| | |
|---|---|
| $\tau_c$ [kPa] = | 0 |
| $\tau_c$ [kPa] = | 45 |

Ing. Christian Juárez Estrada
RESPONSABLE TÉCNICO

* El llenado es de celdas en negro, evitar modificar celdas en naranja, blanco o verde

[redacted]

# 10. ANEXO 4. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO

[redacted]

acreditación

ema
entidad mexicana de acreditación a.c.

ACREDITA
A *

[redacted]

Como Laboratorio de Ensayo

[redacted]

rama:

**Construcción***

[redacted]

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

[redacted]

ilac-MRA ema

*19LP1726 Actualización de la norma de acreditación vigente a partir del 2019/08/22.
Siempre que se presente este documento como evidencia de acreditación, deberá estar acompañado del anexo téc
Para verificar el estatus de la vigencia de este certificado, consultar la página electrónica de la ema.

FOR-LAE-0

[redacted]

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

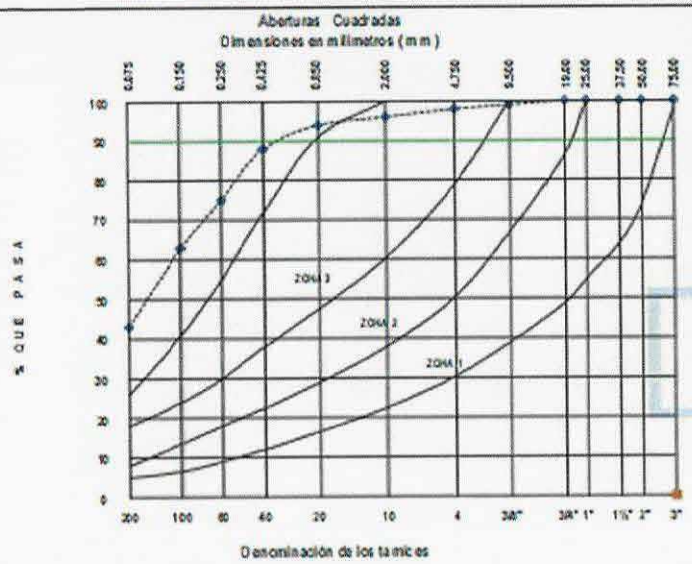
## INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA ( TERRAPLEN )

| | |
|---|---|
| No. Cliente: 18 | No. Cliente: Arturo Montiel Badillo |
| No. Obra: 02 | No. Obra: Cablebus Línea 3 Av. Constituyentes S/N, Miguel Hidalgo, Ciudad de México. |

| Tipo de material: | Procedencia: | Lugar de muestreo: | Fecha de muestreo: | Número de muestra: | Número de ensaye: |
|---|---|---|---|---|---|
| Arena limosa de baja plasticidad | Apoyo T-35 | 0,20 - 0,80 m | martes, 27 de diciembre de 2022 | 1 | ------ |

### Composición granulométrica

| Malla | % Que pasa |
|---|---|
| 3" | 100 |
| 2" | 100 |
| 1 ½" | 100 |
| 1" | 100 |
| 3/4" | 100 |
| 3/8" | 99 |
| No. 4 | 98 |
| No. 10 | 96 |
| No. 20 | 94 |
| No. 40 | 88 |
| No. 60 | 75 |
| No. 100 | 63 |
| No. 200 | 43 |
| Desperdicio retenido en 3" | ------- |




| Concepto | | | Resultados obtenidos | Valores Especificados | |
|---|---|---|---|---|---|
| Tipo de suelo | | ( SUCS ) | SM | --------- | |
| Valor soporte de california (cbr) | | ( % ) | ------- | 5,0 | mínimo |
| Compactación | | ( % ) | ------- | 90,0 | % |
| Expansión | | ( % ) | ------- | 5,0 | máximo |
| Método de compactación | | | ------- | Dinámico Estándar | |
| Masa volumétrica seca suelta | | ( kg/m³ ) | ------- | --------- | |
| Masa volumétrica seca máxima | | ( kg/m³ ) | ------- | --------- | |
| Humedad óptima | | ( % ) | ------- | --------- | |
| Humedad natural | | ( % ) | ------- | --------- | |
| Límites de plasticidad | Líquido | ( % ) | 33,2 | 50,0 | máximo |
| | Plástico | ( % ) | 24,1 | --------- | |
| | Índice plástico | ( % ) | 9,1 | --------- | |
| | Contracción Lineal | ( % ) | 4,3 | --------- | |

Observaciones :

[redacted] Aprob[redacted] Referencias : [redacted]

Recibió:
Firma:
Nombre:
Cargo:
Fecha:

Número de informe: ISL/DI/110f4/2022
Páginas: 1 de 1
Fecha de informe: martes, 3 de enero de 2023
JDI-13-017 Revisión 02

[redacted]

Clave:DGOT-PRYCL3-GI-I-S2-GEO_MDS-INP-E5E6-T35-001=R00

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

Doppelmayr®

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
TORRE 35, LÍNEA 3 CABLEBÚS

Revisión 0 – Abril 2023

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

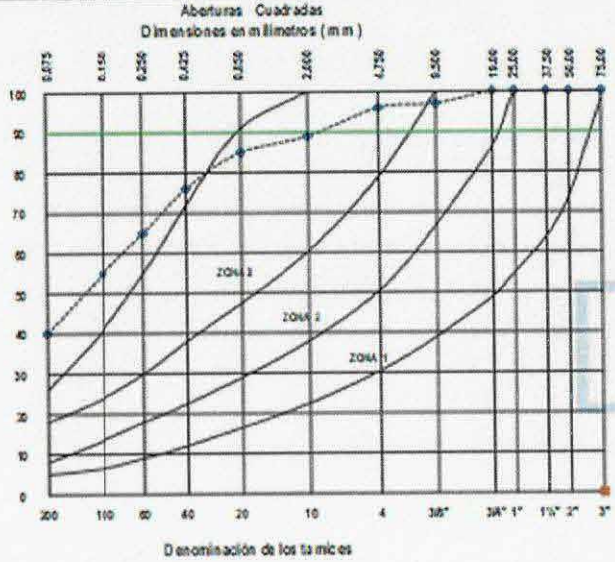
# INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA ( TERRAPLEN )

| | |
|---|---|
| No. Cliente: 18 | No. Cliente: Arturo Montiel Badillo |
| No. Obra: 02 | No. Obra: Cablebus Linea 3. Av. Constituyentes S/N, Miguel Hidalgo, Ciudad de México. |

| Tipo de material: | Procedencia: | Lugar de muestreo: | Fecha de muestreo: | Número de muestra: | Número de ensaye: |
|---|---|---|---|---|---|
| Arena limosa de baja plasticidad | Apoyo T-35 | 0,80 - 1,50 m | martes, 27 de diciembre de 2022 | 2 - 3 | ------ |

## Composición granulométrica

| Malla | % Que pasa |
|---|---|
| 3" | 100 |
| 2" | 100 |
| 1 1/2" | 100 |
| 1" | 100 |
| 3/4" | 100 |
| 3/8" | 97 |
| No. 4 | 96 |
| No. 10 | 89 |
| No. 20 | 85 |
| No. 40 | 76 |
| No. 60 | 65 |
| No. 100 | 55 |
| No. 200 | 40 |
| Desperdicio retenido en 3" | ------ |




| Concepto | | Resultados obtenidos | Valores Especificados | |
|---|---|---|---|---|
| Tipo de suelo | ( SUCS ) | SM | ------- | |
| Valor soporte de california (cbr) | ( % ) | ------- | 5,0 | mínimo |
| Compactación | ( % ) | ------- | 90,0 | % |
| Expansión | ( % ) | ------- | 5,0 | máximo |
| Método de compactación | | ------- | Dinámico Estándar | |
| Masa volumétrica seca suelta | ( kg/m³ ) | ------- | ------- | |
| Masa volumétrica seca máxima | ( kg/m³ ) | ------- | ------- | |
| Humedad óptima | ( % ) | ------- | ------- | |
| Humedad natural | ( % ) | ------- | ------- | |
| Límites de plasticidad: Líquido | ( % ) | 31,7 | 50,0 | máximo |
| Límites de plasticidad: Plástico | ( % ) | 25,2 | ------- | |
| Límites de plasticidad: Índice plástico | ( % ) | 6,5 | ------- | |
| Límites de plasticidad: Contracción Lineal | ( % ) | 3,0 | ------- | |

Observaciones :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Formuló: [redacted] | Aprobó: [redacted] | Referencias: N-CTM-1-01-01, N-MMP-1-02, N-MMP-1-04, N-MMP-1-07, N-MMP-1-09, N-MMP-1-10, N-MMP-1-11 | Recibió: Firma: Nombre: Cargo: Fecha: | Número de informe: ISL/DF11015/2022 — Páginas: 1 de 1 — Fecha de informe: martes, 3 de enero de 2023 — JDI-12-017 Revisión 02 |
| Revisó: [redacted] | | | | |

[redacted]

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

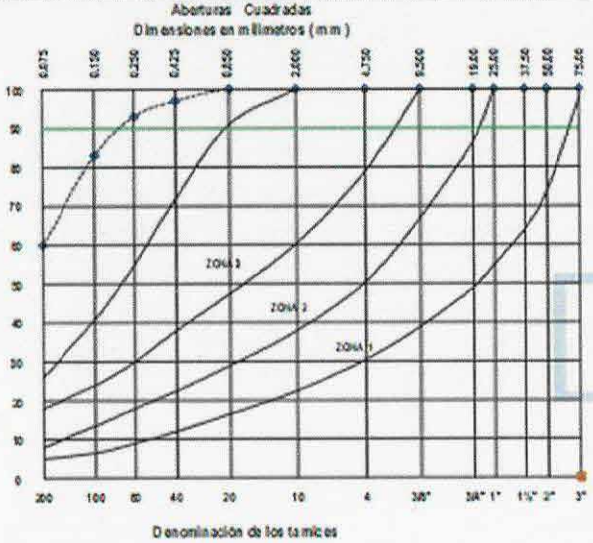
# INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA ( TERRAPLEN )

| | |
|---|---|
| No. Cliente: 18 | No. Cliente: Arturo Montiel Badillo |
| No. Obra: 02 | No. Obra: Cablebus Linea 3 [redacted] |

| Tipo de material: | Procedencia: | Lugar de muestreo: | Fecha de muestreo: | Número de muestra: | Número de ensaye: |
|---|---|---|---|---|---|
| Limo de baja plasticidad | Apoyo T-35 | 2,60 - 3,35 m | martes, 27 de diciembre de 2022 | 4 - 5 | ------ |

## Composición granulométrica

| Malla | % Que pasa |
|---|---|
| 3" | 100 |
| 2" | 100 |
| 1 ½" | 100 |
| 1" | 100 |
| 3/4" | 100 |
| 3/8" | 100 |
| No. 4 | 100 |
| No. 10 | 100 |
| No. 20 | 100 |
| No. 40 | 97 |
| No. 60 | 93 |
| No. 100 | 83 |
| No. 200 | 60 |
| Desperdicio retenido en 3" | ------ |




Observaciones :

| Concepto | | | Resultados obtenidos | Valores Especificados | |
|---|---|---|---|---|---|
| Tipo de suelo | | ( SUCS ) | ML | ------- | |
| Valor soporte de california (cbr) | | ( % ) | ------- | 5,0 | mínimo |
| Compactación | | ( % ) | ------- | 90,0 | % |
| Expansión | | ( % ) | ------- | 5,0 | máximo |
| Método de compactación | | | ------- | Dinámico Estándar | |
| Masa volumétrica seca suelta | | ( kg/m³ ) | ------- | ------- | |
| Masa volumétrica seca máxima | | ( kg/m³ ) | ------- | ------- | |
| Humedad optima | | ( % ) | ------- | ------- | |
| Humedad natural | | ( % ) | ------- | ------- | |
| Límites de plasticidad | Líquido | ( % ) | 37,5 | 50,0 | máximo |
| | Plástico | ( % ) | 32,7 | ------- | |
| | Índice plástico | ( % ) | 4,8 | ------- | |
| | Contracción Lineal | ( % ) | 2,3 | ------- | |

Páginas: 1 de 1

[redacted]

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

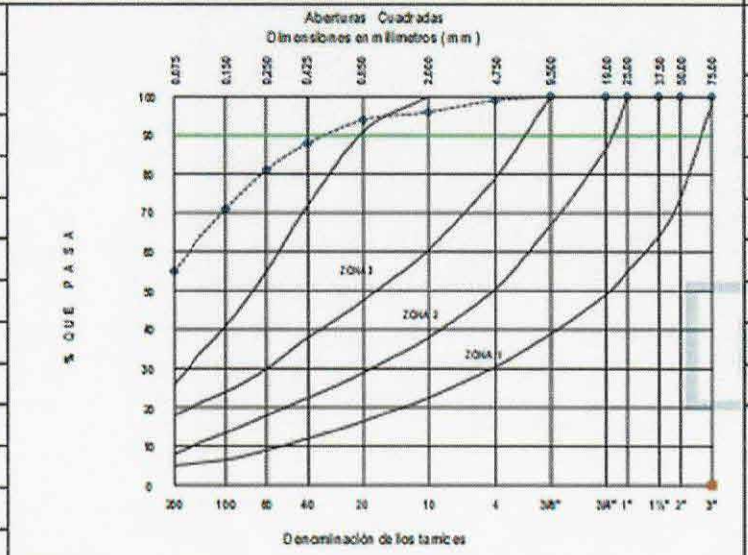
# INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA ( TERRAPLEN )

| | |
|---|---|
| No. Cliente: 18 | No. Cliente: Arturo Montiel Badillo |
| No. Obra: 02 | No. Obra: Cablebus Linea 3 [redacted] |

| Tipo de material: | Procedencia: | Lugar de muestreo: | Fecha de muestreo: | Número de muestra: | Número de ensaye: |
|---|---|---|---|---|---|
| limo de baja plasticidad | Apoyo T-35 | 3,80 - 7,55 m | martes, 27 de diciembre de 2022 | 6 - 11 | ------ |

## Composición granulométrica

| Malla | % Que pasa |
|---|---|
| 3" | 100 |
| 2" | 100 |
| 1 ½" | 100 |
| 1" | 100 |
| 3/4" | 100 |
| 3/8" | 100 |
| No. 4 | 99 |
| No. 10 | 96 |
| No. 20 | 94 |
| No. 40 | 88 |
| No. 60 | 81 |
| No. 100 | 71 |
| No. 200 | 55 |
| Desperdicio retenido en 3" | ------- |




Observaciones :

| Concepto | | Resultados obtenidos | Valores Especificados | |
|---|---|---|---|---|
| Tipo de suelo | ( SUCS ) | ML | ------- | |
| Valor soporte de california (cbr) | ( % ) | ------- | 5,0 | mínimo |
| Compactación | ( % ) | ------- | 90,0 | % |
| Expansión | ( % ) | ------- | 5,0 | máximo |
| Método de compactación | | ------- | Dinámico Estándar | |
| Masa volumétrica seca suelta | ( kg/m³ ) | ------- | ------- | |
| Masa volumétrica seca máxima | ( kg/m³ ) | ------- | ------- | |
| Humedad optima | ( % ) | ------- | ------- | |
| Humedad natural | ( % ) | ------- | ------- | |
| Límites de plasticidad: Líquido | ( % ) | 39,4 | 50,0 | máximo |
| Límites de plasticidad: Plástico | ( % ) | 35,8 | ------- | |
| Límites de plasticidad: Índice plástico | ( % ) | 3,6 | ------- | |
| Límites de plasticidad: Contracción Lineal | ( % ) | 1,7 | ------- | |

[redacted]

Páginas : 1 de 1

[redacted]

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

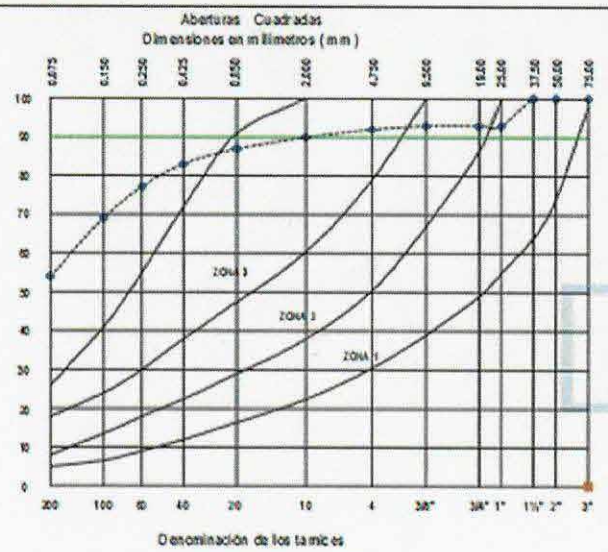
# INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA ( TERRAPLEN )

| | |
|---|---|
| No. Cliente : 18 | No. Cliente : Arturo Montiel Badillo |
| No. Obra : 02 | No. Obra : Cablebus Línea 3 Av. Constituyentes S/N, Miguel Hidalgo, Ciudad de México. |

| Tipo de material : | Procedencia: | Lugar de muestreo : | Fecha de muestreo : | Número de muestra : | Número de ensaye : |
|---|---|---|---|---|---|
| limo de baja plasticidad | Apoyo T-35 | 8,00 - 9,80 m | miércoles, 28 de diciembre de 2022 | 12 - 14 | ------ |

## Composición granulométrica

| Malla | % Que pasa |
|---|---|
| 3" | 100 |
| 2" | 100 |
| 1 1/2" | 100 |
| 1" | 93 |
| 3/4" | 93 |
| 3/8" | 93 |
| No. 4 | 92 |
| No. 10 | 90 |
| No. 20 | 87 |
| No. 40 | 83 |
| No. 60 | 77 |
| No. 100 | 69 |
| No. 200 | 54 |
| Desperdicio retenido en 3" | ------- |




Observaciones :

| Concepto | | | Resultados obtenidos | Valores Especificados | |
|---|---|---|---|---|---|
| Tipo de suelo | | ( SUCS ) | ML | ------- | |
| Valor soporte de california (cbr) | | ( % ) | ------- | 5,0 | mínimo |
| Compactación | | ( % ) | ------- | 90,0 | % |
| Expansión | | ( % ) | ------- | 5,0 | máximo |
| Método de compactación | | | ------- | Dinámico Estándar | |
| Masa volumétrica seca suelta | | ( kg/m³ ) | ------- | ------- | |
| Masa volumétrica seca máxima | | ( kg/m³ ) | ------- | ------- | |
| Humedad optima | | ( % ) | ------- | ------- | |
| Humedad natural | | ( % ) | ------- | ------- | |
| Límites de plasticidad | Líquido | ( % ) | 37,2 | 50,0 | máximo |
| | Plástico | ( % ) | 30,0 | ------- | |
| | Índice plástico | ( % ) | 7,2 | ------- | |
| | Contracción Lineal | ( % ) | 3,4 | ------- | |

Formuló: [redacted]

Revisó : [redacted]

Páginas : 1 de 1

[redacted]

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

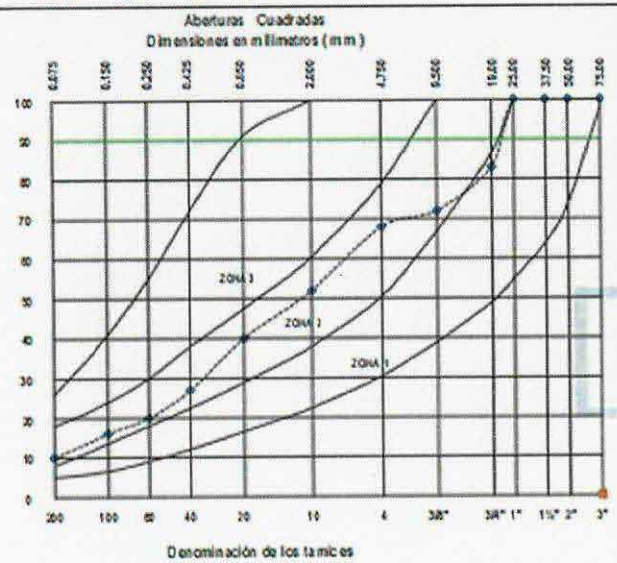
# INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA ( TERRAPLEN )

| | |
|---|---|
| No. Cliente: 18 | No. Cliente: Arturo Montiel Badillo |
| No. Obra: 02 | No. Obra: [redacted] |

| Tipo de material: | Procedencia: | Lugar de muestreo: | Fecha de muestreo: | Número de muestra: | Número de ensaye: |
|---|---|---|---|---|---|
| Arena limosa de baja plasticidad | Apoyo T-35 | 9,80 - 11,15 m | miércoles, 28 de diciembre de 2022 | 15 - 17 | ------ |

## Composición granulométrica

| Malla | % Que pasa |
|---|---|
| 3" | 100 |
| 2" | 100 |
| 1 1/2" | 100 |
| 1" | 100 |
| 3/4" | 83 |
| 3/8" | 72 |
| No. 4 | 68 |
| No. 10 | 52 |
| No. 20 | 40 |
| No. 40 | 27 |
| No. 60 | 20 |
| No. 100 | 16 |
| No. 200 | 10 |
| Desperdicio retenido en 3" | ------- |




| Concepto | | | Resultados obtenidos | Valores Especificados | |
|---|---|---|---|---|---|
| Tipo de suelo | | ( SUCS ) | SM | ------- | |
| Valor soporte de california (cbr) | | ( % ) | ------ | 5,0 | mínimo |
| Compactación | | ( % ) | ------ | 90,0 | % |
| Expansión | | ( % ) | ------ | 5,0 | máximo |
| Método de compactación | | | ------ | Dinámico Estándar | |
| Masa volumétrica seca suelta | | ( kg/m³ ) | ------ | ------- | |
| Masa volumétrica seca máxima | | ( kg/m³ ) | ------ | ------- | |
| Humedad óptima | | ( % ) | ------ | ------- | |
| Humedad natural | | ( % ) | ------ | ------- | |
| Límites de plasticidad | Líquido | ( % ) | 33,7 | 50,0 | máximo |
| | Plástico | ( % ) | 24,8 | ------- | |
| | Índice plástico | ( % ) | 8,9 | ------- | |
| | Contracción Lineal | ( % ) | 4,2 | ------- | |

Observaciones :

Formuló : [redacted]

Revisó :

Páginas : 1 de 1

enero de 2023

Revisión 02

[redacted]

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

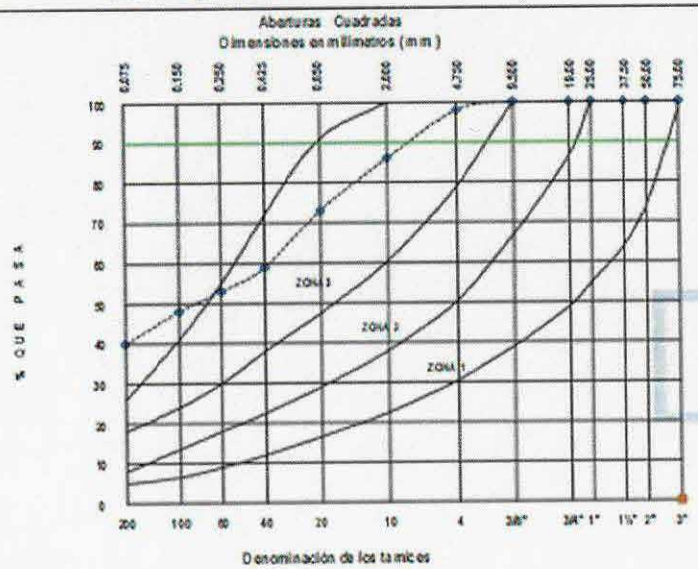
# INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA ( TERRAPLEN )

| | |
|---|---|
| No. Cliente : 18 | No. Cliente : Arturo Montiel Badillo |
| No. Obra : 02 | No. Obra : [redacted] |

| Tipo de material : | Procedencia : | Lugar de muestreo : | Fecha de muestreo : | Número de muestra : | Número de ensaye : |
|---|---|---|---|---|---|
| Arena limosa de baja plasticidad | Apoyo T-35 | 11,60 - 13,40 m | miércoles, 28 de diciembre de 2022 | 18 - 20 | ------ |

## Composición granulométrica

| Malla | % Que pasa |
|---|---|
| 3" | 100 |
| 2" | 100 |
| 1 ½" | 100 |
| 1" | 100 |
| 3/4" | 100 |
| 3/8" | 100 |
| No. 4 | 98 |
| No. 10 | 86 |
| No. 20 | 73 |
| No. 40 | 59 |
| No. 60 | 53 |
| No. 100 | 48 |
| No. 200 | 40 |
| Desperdicio retenido en 3" | ------- |




| Concepto | | | Resultados obtenidos | Valores Especificados | |
|---|---|---|---|---|---|
| Tipo de suelo | | ( SUCS ) | SM | ------- | |
| Valor soporte de california (cbr) | | ( % ) | ------- | 5,0 | mínimo |
| Compactación | | ( % ) | ------- | 90,0 | % |
| Expansión | | ( % ) | ------- | 5,0 | máximo |
| Método de compactación | | | ------- | Dinámico Estándar | |
| Masa volumétrica seca suelta | | ( kg/m³ ) | ------- | ------- | |
| Masa volumétrica seca máxima | | ( kg/m³ ) | ------- | ------- | |
| Humedad óptima | | ( % ) | ------- | ------- | |
| Humedad natural | | ( % ) | ------- | ------- | |
| Límites de plasticidad | Líquido | ( % ) | 34,9 | 50,0 | máximo |
| | Plástico | ( % ) | 29,9 | ------- | |
| | Índice plástico | ( % ) | 5,0 | ------- | |
| | Contracción Lineal | ( % ) | 2,4 | ------- | |

Observaciones :

Formuló : [redacted] Referencias : Recibió : Número de informe : Páginas : 1 de 1

Revisó : [redacted] ...ro de 2023 ...sión 02

[redacted]

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

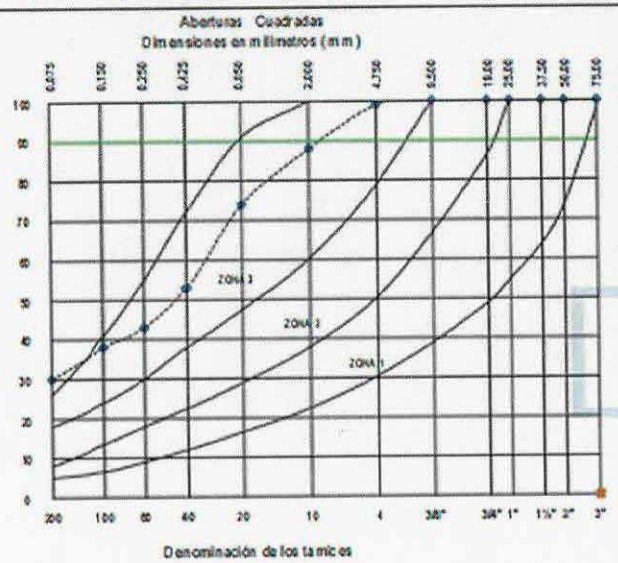
# INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA ( TERRAPLEN )

| | |
|---|---|
| No. Cliente: 18 | No. Cliente: Arturo Montiel Badillo |
| No. Obra: 02 | No. Obra: [redacted] |

| Tipo de material: | Procedencia: | Lugar de muestreo: | Fecha de muestreo: | Número de muestra: | Número de ensaye: |
|---|---|---|---|---|---|
| Arena limosa de baja plasticidad | Apoyo T-35 | 13,40 - 15,20 m | miércoles, 28 de diciembre de 2022 | 21 - 23 | ------ |

## Composición granulométrica

| Malla | % Que pasa |
|---|---|
| 3" | 100 |
| 2" | 100 |
| 1 ½" | 100 |
| 1" | 100 |
| 3/4" | 100 |
| 3/8" | 100 |
| No. 4 | 99 |
| No. 10 | 88 |
| No. 20 | 74 |
| No. 40 | 53 |
| No. 60 | 43 |
| No. 100 | 38 |
| No. 200 | 30 |
| Desperdicio retenido en 3" | ------ |




| Concepto | | Resultados obtenidos | Valores Especificados | |
|---|---|---|---|---|
| Tipo de suelo | ( SUCS ) | SM | --------- | |
| Valor soporte de california (cbr) | ( % ) | ------ | 5,0 | mínimo |
| Compactación | ( % ) | ------ | 90,0 | % |
| Expansión | ( % ) | ------ | 5,0 | máximo |
| Método de compactación | | ------ | Dinámico Estándar | |
| Masa volumétrica seca suelta | ( kg/m³ ) | ------ | --------- | |
| Masa volumétrica seca máxima | ( kg/m³ ) | ------ | --------- | |
| Humedad optima | ( % ) | ------ | --------- | |
| Humedad natural | ( % ) | ------ | --------- | |
| Límites de plasticidad: Líquido | ( % ) | 40,0 | 50,0 | máximo |
| Límites de plasticidad: Plástico | ( % ) | 38,1 | --------- | |
| Límites de plasticidad: Índice plástico | ( % ) | 1,9 | --------- | |
| Límites de plasticidad: Contracción Lineal | ( % ) | 0,9 | --------- | |

Observaciones :

Formuló: [redacted]

Revisó:

Páginas: 1 de 1

[redacted]

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

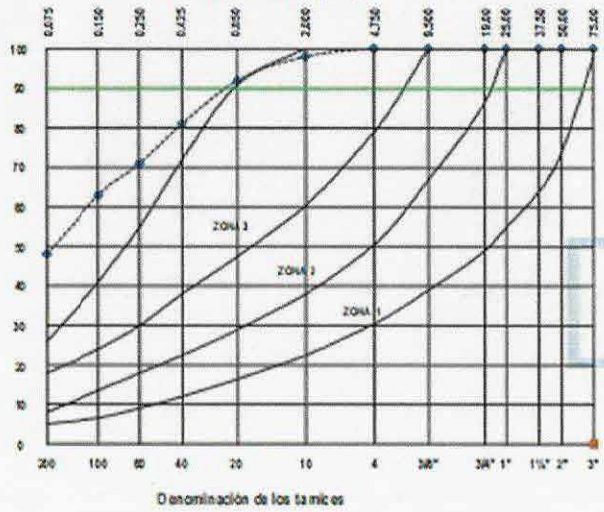
# INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA ( TERRAPLEN )

| | |
|---|---|
| No. Cliente : 18 | No. Cliente : Arturo Montiel Badillo |
| No. Obra : 02 | No. Obra : [redacted] |

| Tipo de material : | Procedencia : | Lugar de muestreo : | Fecha de muestreo : | Número de muestra : | Número de ensaye : |
|---|---|---|---|---|---|
| Arena limosa de baja plasticidad | Apoyo T-35 | 15,20 - 18,95 m | miércoles, 28 de diciembre de 2022 | 24 - 30 | ------ |

## Composición granulométrica

| Malla | % Que pasa |
|---|---|
| 3" | 100 |
| 2" | 100 |
| 1 1/2" | 100 |
| 1" | 100 |
| 3/4" | 100 |
| 3/8" | 100 |
| No. 4 | 100 |
| No. 10 | 98 |
| No. 20 | 92 |
| No. 40 | 81 |
| No. 60 | 71 |
| No. 100 | 63 |
| No. 200 | 48 |
| Desperdicio retenido en 3" | ------- |




Observaciones :

| Concepto | | | Resultados obtenidos | Valores Especificados | |
|---|---|---|---|---|---|
| Tipo de suelo | | ( SUCS ) | SM | ------- | |
| Valor soporte de california (cbr) | | ( % ) | ------- | 5,0 | mínimo |
| Compactación | | ( % ) | ------- | 90,0 | % |
| Expansión | | ( % ) | ------- | 5,0 | máximo |
| Método de compactación | | | ------- | Dinámico Estándar | |
| Masa volumétrica seca suelta | | ( kg/m³ ) | ------- | ------- | |
| Masa volumétrica seca máxima | | ( kg/m³ ) | ------- | ------- | |
| Humedad optima | | ( % ) | ------- | ------- | |
| Humedad natural | | ( % ) | ------- | ------- | |
| Límites de plasticidad | Líquido | ( % ) | 34,7 | 50,0 | máximo |
| | Plástico | ( % ) | 29,8 | ------- | |
| | Índice plástico | ( % ) | 4,9 | ------- | |
| | Contracción Lineal | ( % ) | 2,3 | ------- | |

Formuló : [redacted]

Revisó :

Páginas : 1 de 1

[redacted]

# INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA ( TERRAPLEN )

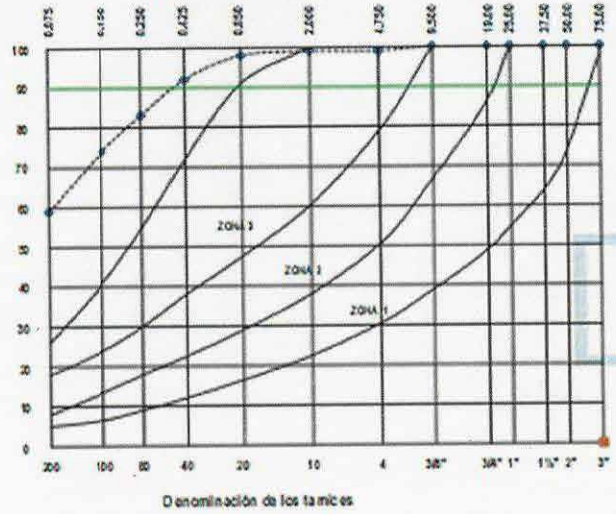
INSPECTEC
SUPERVISION Y LABORATORIOS S.A. DE C.V.

| | |
|---|---|
| No. Cliente: 18 | No. Cliente: Arturo Montiel Badillo |
| No. Obra: 02 | No. Obra: Cablebus Línea 3 [redacted] |

| Tipo de material: | Procedencia: | Lugar de muestreo: | Fecha de muestreo: | Número de muestra: | Número de ensaye: |
|---|---|---|---|---|---|
| Limo de baja plasticidad | Apoyo T-35 | 19,40 - 21,20 m | Jueves, 29 de diciembre de 2022 | 31 - 33 | ------ |

## Composición granulométrica

| Malla | % Que pasa |
|---|---|
| 3" | 100 |
| 2" | 100 |
| 1 ½" | 100 |
| 1" | 100 |
| 3/4" | 100 |
| 3/8" | 100 |
| No. 4 | 99 |
| No. 10 | 99 |
| No. 20 | 98 |
| No. 40 | 92 |
| No. 60 | 83 |
| No. 100 | 74 |
| No. 200 | 59 |
| Desperdicio retenido en 3" | ------ |




| Concepto | | Resultados obtenidos | Valores Especificados | |
|---|---|---|---|---|
| Tipo de suelo | ( SUCS ) | ML | ------- | |
| Valor soporte de california (cbr) | ( % ) | ------- | 5,0 | mínimo |
| Compactación | ( % ) | ------- | 90,0 | % |
| Expansión | ( % ) | ------- | 5,0 | máximo |
| Método de compactación | | ------- | Dinámico Estándar | |
| Masa volumétrica seca suelta | ( kg/m³ ) | ------- | ------- | |
| Masa volumétrica seca máxima | ( kg/m³ ) | ------- | ------- | |
| Humedad optima | ( % ) | ------- | ------- | |
| Humedad natural | ( % ) | ------- | ------- | |
| Límites de plasticidad: Líquido | ( % ) | 36,2 | 50,0 | máximo |
| Límites de plasticidad: Plástico | ( % ) | 33,1 | ------- | |
| Límites de plasticidad: Índice plástico | ( % ) | 3,1 | ------- | |
| Límites de plasticidad: Contracción Lineal | ( % ) | 1,5 | ------- | |

Observaciones :

Formuló : [redacted]

Revisó :

Número de informe :

Páginas : 1 de 1

[redacted]

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

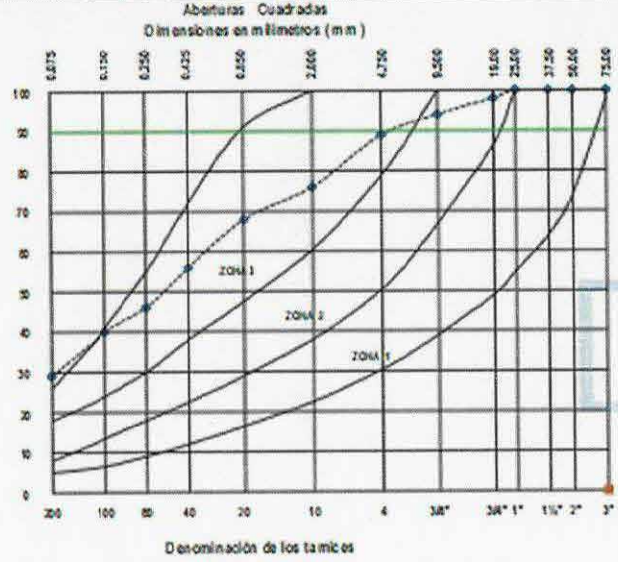
# INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA ( TERRAPLEN )

| | |
|---|---|
| No. Cliente : 18 | No. Cliente : Arturo Montiel Badillo |
| No. Obra : 02 | No. Obra : [redacted] |

| Tipo de material: | Procedencia: | Lugar de muestreo: | Fecha de muestreo: | Número de muestra: | Número de ensaye: |
|---|---|---|---|---|---|
| Arena limosa de baja plasticidad | Apoyo T-35 | 21,20 - 23,25 m | jueves, 29 de diciembre de 2022 | 34 - 37 | ------ |

## Composición granulométrica

| Malla | % Que pasa |
|---|---|
| 3" | 100 |
| 2" | 100 |
| 1 1/2" | 100 |
| 1" | 100 |
| 3/4" | 98 |
| 3/8" | 94 |
| No. 4 | 89 |
| No. 10 | 76 |
| No. 20 | 68 |
| No. 40 | 56 |
| No. 60 | 46 |
| No. 100 | 40 |
| No. 200 | 29 |
| Desperdicio retenido en 3" | ------- |




| Concepto | | Resultados obtenidos | Valores Especificados | |
|---|---|---|---|---|
| Tipo de suelo | ( SUCS ) | SM | ---------- | |
| Valor soporte de california (cbr) | ( % ) | ------- | 5,0 | mínimo |
| Compactación | ( % ) | ------- | 90,0 | % |
| Expansión | ( % ) | ------- | 5,0 | máximo |
| Método de compactación | | ------- | Dinámico Estándar | |
| Masa volumétrica seca suelta | ( kg/m³ ) | ------- | ---------- | |
| Masa volumétrica seca máxima | ( kg/m³ ) | ------- | ---------- | |
| Humedad optima | ( % ) | ------- | ---------- | |
| Humedad natural | ( % ) | ------- | ---------- | |
| Límites de plasticidad: Líquido | ( % ) | 31,4 | 50,0 | máximo |
| Límites de plasticidad: Plástico | ( % ) | 28,6 | ---------- | |
| Límites de plasticidad: Índice plástico | ( % ) | 2,8 | ---------- | |
| Límites de plasticidad: Contracción Lineal | ( % ) | 1,3 | ---------- | |

Observaciones :

Formuló : [redacted]

Revisó : [redacted]

Páginas : 1 de 1

[redacted]

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

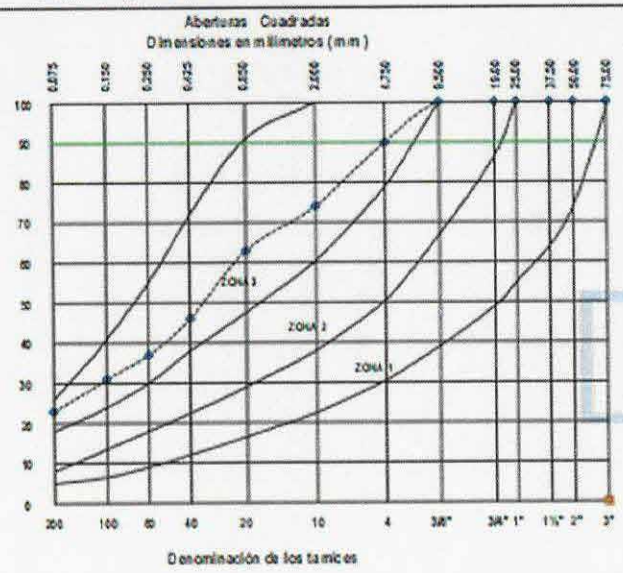
# INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA ( TERRAPLEN )

| | |
|---|---|
| No. Cliente : 18 | No. Cliente : Arturo Montiel Badillo |
| No. Obra : 02 | No. Obra : [redacted] |

| Tipo de material : | Procedencia : | Lugar de muestreo : | Fecha de muestreo : | Número de muestra : | Número de ensaye : |
|---|---|---|---|---|---|
| Arena limosa de baja plasticidad | Apoyo T-35 | 21,60 - 26,90 m | jueves, 29 de diciembre de 2022 | 38 - 43 | ------ |

## Composición granulométrica

| Malla | % Que pasa |
|---|---|
| 3" | 100 |
| 2" | 100 |
| 1 1/2" | 100 |
| 1" | 100 |
| 3/4" | 100 |
| 3/8" | 100 |
| No. 4 | 90 |
| No. 10 | 74 |
| No. 20 | 63 |
| No. 40 | 46 |
| No. 60 | 37 |
| No. 100 | 31 |
| No. 200 | 23 |
| Desperdicio retenido en 3" | ------ |




| Concepto | | Resultados obtenidos | Valores Especificados | |
|---|---|---|---|---|
| Tipo de suelo | ( SUCS ) | SM | ------ | |
| Valor soporte de california (cbr) | ( % ) | ------ | 5,0 | mínimo |
| Compactación | ( % ) | ------ | 90,0 | % |
| Expansión | ( % ) | ------ | 5,0 | máximo |
| Método de compactación | | ------ | Dinámico Estándar | |
| Masa volumétrica seca suelta | ( kg/m³ ) | ------ | ------ | |
| Masa volumétrica seca máxima | ( kg/m³ ) | ------ | ------ | |
| Humedad optima | ( % ) | ------ | ------ | |
| Humedad natural | ( % ) | ------ | ------ | |
| Límites de plasticidad – Líquido | ( % ) | 27,2 | 50,0 | máximo |
| Límites de plasticidad – Plástico | ( % ) | 24,4 | ------ | |
| Límites de plasticidad – Índice plástico | ( % ) | 2,8 | ------ | |
| Límites de plasticidad – Contracción Lineal | ( % ) | 1,3 | ------ | |

Observaciones :

Formuló : [redacted]

Revisó : [redacted]

Referencias : [redacted]

Recibió : [redacted]

Número de informe : [redacted]

Páginas : 1 de 1

[redacted]

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

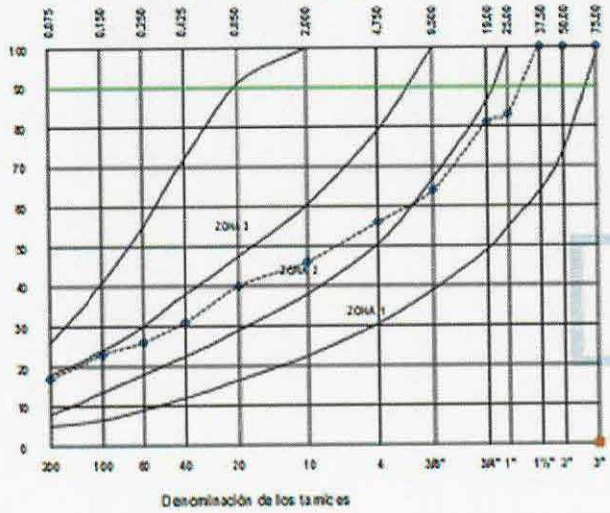
# INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA ( TERRAPLEN )

| | |
|---|---|
| No. Cliente : 18 | No. Cliente : Arturo Montiel Badillo |
| No. Obra : 02 | No. Obra : [redacted] |

| Tipo de material : | Procedencia : | Lugar de muestreo : | Fecha de muestreo : | Número de muestra : | Número de ensaye : |
|---|---|---|---|---|---|
| Arena limosa de baja plasticidad | Apoyo T-35 | 27,20 - 31,55 m | jueves, 29 de diciembre de 2022 | 44 - 50 | ------ |

## Composición granulométrica

| Malla | % Que pasa |
|---|---|
| 3" | 100 |
| 2" | 100 |
| 1 ½" | 100 |
| 1" | 83 |
| 3/4" | 81 |
| 3/8" | 64 |
| No. 4 | 56 |
| No. 10 | 46 |
| No. 20 | 40 |
| No. 40 | 31 |
| No. 60 | 26 |
| No. 100 | 23 |
| No. 200 | 17 |
| Desperdicio retenido en 3" | ------ |




| Concepto | | Resultados obtenidos | Valores Especificados | |
|---|---|---|---|---|
| Tipo de suelo | ( SUCS ) | SM | ------- | |
| Valor soporte de california (cbr) | ( % ) | ------- | 5,0 | mínimo |
| Compactación | ( % ) | ------- | 90,0 | % |
| Expansión | ( % ) | ------- | 5,0 | máximo |
| Método de compactación | | ------- | Dinámico Estándar | |
| Masa volumétrica seca suelta | ( kg/m³ ) | ------- | -------- | |
| Masa volumétrica seca máxima | ( kg/m³ ) | ------- | -------- | |
| Humedad optima | ( % ) | ------- | -------- | |
| Humedad natural | ( % ) | ------- | -------- | |
| Límites de plasticidad: Líquido | ( % ) | 27,5 | 50,0 | máximo |
| Límites de plasticidad: Plástico | ( % ) | 23,4 | -------- | |
| Límites de plasticidad: Índice plástico | ( % ) | 4,1 | -------- | |
| Límites de plasticidad: Contracción Lineal | ( % ) | 1,9 | -------- | |

Observaciones :

Formuló : [redacted]

Revisó :

Páginas : 1 de 1

[redacted]

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

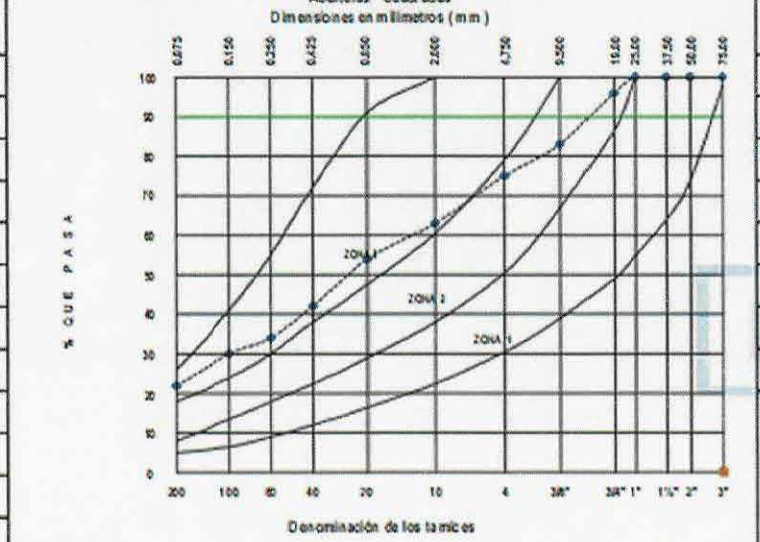
# INFORME DE MATERIAL PARA TERRACERIA ( TERRAPLEN )

| | |
|---|---|
| No. Cliente: 18 | No. Cliente: Arturo Montiel Badillo |
| No. Obra: 02 | No. Obra: Cablebus Linea 3 [redacted] |

| Tipo de material: | Procedencia: | Lugar de muestreo: | Fecha de muestreo: | Número de muestra: | Número de ensaye: |
|---|---|---|---|---|---|
| Arena limosa de baja plasticidad | Apoyo T-35 | 32,00 - 35,20 m | jueves, 29 de diciembre de 2022 | 51 - 56 | ------ |

## Composición granulométrica

| Malla | % Que pasa |
|---|---|
| 3" | 100 |
| 2" | 100 |
| 1 1/2" | 100 |
| 1" | 100 |
| 3/4" | 96 |
| 3/8" | 83 |
| No. 4 | 75 |
| No. 10 | 63 |
| No. 20 | 54 |
| No. 40 | 42 |
| No. 60 | 34 |
| No. 100 | 30 |
| No. 200 | 22 |
| Desperdicio retenido en 3" | ------- |




Observaciones :

| Concepto | | Resultados obtenidos | Valores Especificados | |
|---|---|---|---|---|
| Tipo de suelo | ( SUCS ) | SM | --------- | |
| Valor soporte de california (cbr) | ( % ) | ------- | 50 | mínimo |
| Compactación | ( % ) | ------- | 90,0 | % |
| Expansión | ( % ) | ------- | 5,0 | máximo |
| Método de compactación | | ------- | Dinámico Estándar | |
| Masa volumétrica seca suelta | ( kg/m³ ) | ------- | --------- | |
| Masa volumétrica seca máxima | ( kg/m³ ) | ------- | --------- | |
| Humedad optima | ( % ) | ------- | --------- | |
| Humedad natural | ( % ) | ------- | --------- | |
| Límites de plasticidad: Liquido | ( % ) | 31,8 | 50,0 | máximo |
| Límites de plasticidad: Plástico | ( % ) | 28,1 | --------- | |
| Límites de plasticidad: Índice plástico | ( % ) | 3,7 | --------- | |
| Límites de plasticidad: Contracción Lineal | ( % ) | 1,7 | --------- | |

Formula: [redacted]

Revisó: [redacted]

Páginas: 1 de 1

[redacted]

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

Ciudad de México a 29 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-35
Página 1

[redacted]

## CONTENIDO DE AGUA

| MUESTRA | PROF. M | | NO. DE | PESO CAP. + | PESO CAP.+ | PESO DEL | PESO SE LA | PESO DEL | W% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NO. | DE | A | CAPSULA | SUELO HÚMEDO | SUELO SECO | AGUA | CAPSULA | SUELO SECO | |
| 1 | 0,20 | 0,80 | 19 | 415,70 | 355,83 | 59,87 | 37,31 | 318,52 | 18,80 |
| 2 | 0,80 | 1,35 | 56 | 451,60 | 377,77 | 73,83 | 37,26 | 340,51 | 21,68 |
| 3 | 1,40 | 1,50 | 144 | 65,80 | 58,48 | 7,32 | 22,00 | 36,48 | 20,07 |
| 4 | 2,60 | 2,75 | 156 | 171,65 | 141,88 | 29,77 | 19,80 | 122,08 | 24,39 |
| 5 | 3,20 | 3,35 | 130 | 162,01 | 133,24 | 28,77 | 19,60 | 113,64 | 25,32 |
| 6 | 3,80 | 4,15 | 79 | 437,60 | 344,88 | 92,72 | 33,00 | 311,88 | 29,73 |
| 7 | 4,40 | 4,55 | 74 | 269,51 | 215,07 | 54,44 | 33,30 | 181,77 | 29,95 |
| 8 | 5,60 | 5,80 | 143 | 340,46 | 263,05 | 77,41 | 33,70 | 229,35 | 33,75 |
| 9 | 6,20 | 6,45 | 92 | 369,44 | 280,56 | 88,88 | 32,70 | 247,86 | 35,86 |
| 10 | 6,80 | 6,95 | 44 | 177,63 | 137,42 | 40,21 | 23,06 | 114,36 | 35,16 |
| 11 | 7,40 | 7,55 | 196 | 195,80 | 149,77 | 46,03 | 19,70 | 130,07 | 35,39 |
| 12 | 8,00 | 8,25 | 8 | 429,50 | 340,53 | 88,97 | 37,20 | 303,33 | 29,33 |
| 13 | 8,60 | 8,85 | 129 | 418,90 | 327,82 | 91,08 | 33,50 | 294,32 | 30,95 |
| 14 | 9,20 | 9,80 | 63 | 423,70 | 347,85 | 75,85 | 32,56 | 315,29 | 24,06 |
| 15 | 9,80 | 10,10 | 43 | 498,00 | 438,30 | 59,70 | 36,40 | 401,90 | [redacted] |
| 16 | 10,40 | 10,50 | 84 | 198,21 | 176,46 | 21,75 | 23,80 | 152,66 | [redacted] |
| 17 | 11,00 | 11,15 | 11 | 205,66 | 182,31 | 23,35 | 19,41 | 162,90 | [redacted] |

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

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

Ciudad de México a 29 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-35
Página 2

| MUESTRA | PROF. M | | NO. DE | PESO CAP. + | PESO CAP. + | PESO DEL | PESO SE LA | PESO DEL | W% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NO. | DE | A | CAPSULA | SUELO HÚMEDO | SUELO SECO | AGUA | CAPSULA | SUELO SECO | |
| 18 | 11,60 | 12,20 | 127 | 448,70 | 371,27 | 77,43 | 33,10 | 338,17 | 22,90 |
| 19 | 12,20 | 12,80 | 101 | 394,66 | 296,02 | 98,64 | 32,90 | 263,12 | 37,49 |
| 20 | 12,80 | 13,40 | 150 | 407,90 | 324,41 | 83,49 | 33,20 | 291,21 | 28,67 |
| 21 | 13,40 | 14,00 | 49 | 283,35 | 205,51 | 77,84 | 36,90 | 168,61 | 46,17 |
| 22 | 14,00 | 14,60 | 60 | 336,23 | 220,31 | 115,92 | 38,20 | 182,11 | 63,65 |
| 23 | 14,60 | 15,20 | 155 | 323,10 | 229,81 | 93,29 | 32,80 | 197,01 | 47,35 |
| 24 | 15,20 | 15,80 | 153 | 383,80 | 311,35 | 72,45 | 31,90 | 279,45 | 25,93 |
| 25 | 15,80 | 16,40 | 152 | 474,10 | 388,84 | 85,26 | 32,00 | 356,84 | 23,89 |
| 26 | 16,40 | 17,00 | 154 | 458,40 | 375,51 | 82,89 | 33,10 | 342,41 | 24,21 |
| 27 | 17,00 | 17,45 | 160 | 416,00 | 335,23 | 80,77 | 32,95 | 302,28 | 26,72 |
| 28 | 17,60 | 17,90 | 156 | 327,18 | 261,88 | 65,30 | 32,74 | 229,14 | 28,50 |
| 29 | 18,20 | 18,65 | 2 | 538,10 | 429,40 | 108,70 | 72,70 | 356,70 | 30,47 |
| 30 | 18,80 | 18,95 | 26 | 167,04 | 139,06 | 27,98 | 20,42 | 118,64 | 23,58 |
| 31 | 19,40 | 20,00 | 15 | 565,90 | 451,00 | 114,90 | 72,70 | 378,30 | 30,37 |
| 32 | 20,00 | 20,60 | 3 | 537,60 | 439,70 | 97,90 | 67,70 | 372,00 | 26,32 |
| 33 | 20,60 | 21,20 | 18 | 507,30 | 429,00 | 78,30 | 74,10 | 354,90 | 22,06 |
| 34 | 21,20 | 21,80 | 24 | 551,60 | 451,30 | 100,30 | 76,50 | 374,80 | 26,76 |
| 35 | 21,80 | 22,25 | 9 | 560,90 | 471,10 | 89,80 | 72,90 | 398,20 | 22,55 |
| 36 | 22,40 | 22,50 | 53 | 120,70 | 103,19 | 17,51 | 20,74 | 82,45 | [redacted] |
| 37 | 23,00 | 23,25 | 4 | 309,50 | 257,43 | 52,07 | 69,20 | 188,23 | [redacted] |

[redacted]

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

Ciudad de México a 29 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-35
Página 3

| MUESTRA | PROF. M | | NO. DE | PESO CAP. + | PESO CAP. + | PESO DEL | PESO SE LA | PESO DEL | W% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NO. | DE | A | CAPSULA | SUELO HÚMEDO | SUELO SECO | AGUA | CAPSULA | SUELO SECO | |
| 38 | 23,60 | 23,90 | 13 | 399,70 | 357,04 | 42,66 | 76,70 | 280,34 | 15,22 |
| 39 | 24,20 | 24,65 | 1 | 597,20 | 527,70 | 69,50 | 71,80 | 455,90 | 15,24 |
| 40 | 24,80 | 24,95 | 28 | 174,08 | 151,89 | 22,19 | 20,00 | 131,89 | 16,82 |
| 41 | 25,40 | 25,55 | 103 | 202,65 | 177,47 | 25,18 | 22,90 | 154,57 | 16,29 |
| 42 | 26,00 | 26,15 | 94 | 176,42 | 153,78 | 22,64 | 20,80 | 132,98 | 17,03 |
| 43 | 26,60 | 26,90 | 20 | 391,84 | 348,50 | 43,34 | 71,80 | 276,70 | 15,66 |
| 44 | 27,20 | 27,30 | 267 | 202,63 | 185,43 | 17,20 | 19,56 | 165,87 | 10,37 |
| 45 | 27,80 | 27,95 | 104 | 234,30 | 204,76 | 29,54 | 20,70 | 184,06 | 16,05 |
| 46 | 28,40 | 28,55 | 162 | 215,44 | 188,26 | 27,18 | 20,43 | 167,83 | 16,19 |
| 47 | 29,00 | 29,15 | 125 | 213,16 | 189,23 | 23,93 | 19,30 | 169,93 | 14,08 |
| 48 | 29,60 | 29,75 | 22 | 337,96 | 311,67 | 26,29 | 68,60 | 243,07 | 10,82 |
| 49 | 30,80 | 30,95 | 4 | 227,70 | 198,28 | 29,42 | 19,34 | 178,94 | 16,44 |
| 50 | 31,40 | 31,55 | 126 | 197,51 | 172,23 | 25,28 | 20,50 | 151,73 | 16,66 |
| 51 | 32,00 | 32,15 | 54 | 214,20 | 189,58 | 24,62 | 20,20 | 169,38 | 14,54 |
| 52 | 32,60 | 32,75 | 127 | 195,57 | 174,22 | 21,35 | 20,46 | 153,76 | 13,89 |
| 53 | 33,20 | 33,50 | 23 | 526,00 | 456,90 | 69,10 | 72,30 | 384,60 | 17,97 |
| 54 | 33,80 | 34,05 | 19 | 385,05 | 339,93 | 45,12 | 74,80 | 265,13 | 17,02 |
| 55 | 34,40 | 34,70 | 16 | 480,20 | 420,10 | 60,10 | 73,19 | 346,91 | [redacted] |
| 56 | 35,00 | 35,20 | 7 | 349,78 | 304,79 | 44,99 | 76,20 | 228,59 | [redacted] |

[redacted]

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

Ciudad de México a 29 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-35
Página 1

[redacted]

## Densidad Relativa

| MUESTRA | MATRAZ | TEMP | Wm+A+S | PM+A | Wsuelo | PM+A (AF) | SUMA | PM+A+S | Denom | Ss |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. | NO. | °C | gr | gr | gr | gr | | (AP) | | |
| 1 | 1 | 28,7 | 458,60 | 398,63 | 59,97 | 709,14 | 769,11 | 746,30 | 22,81 | 2,63 |
| 2-3 | 2 | 28,8 | 452,90 | 392,92 | 59,98 | 685,55 | 745,53 | 722,90 | 22,63 | 2,65 |
| 4-5 | 3 | 27,9 | 451,60 | 391,68 | 59,92 | 708,93 | 768,85 | 746,10 | 22,75 | 2,63 |
| 6-11 | 4 | 27,5 | 455,60 | 395,71 | 59,89 | 710,20 | 770,09 | 747,20 | 22,89 | 2,62 |
| 12-14 | 5 | 27,6 | 454,70 | 394,58 | 60,12 | 708,44 | 768,56 | 745,80 | 22,76 | 2,64 |
| 15-17 | 6 | 28,7 | 450,00 | 390,00 | 60,00 | 658,82 | 718,82 | 696,20 | 22,62 | 2,65 |
| 18-20 | 7 | 28,2 | 451,50 | 391,59 | 59,91 | 709,60 | 769,51 | 746,80 | 22,71 | 2,64 |
| 21-23 | 1 | 30,7 | 459,50 | 399,46 | 60,04 | 708,73 | 768,77 | 745,90 | 22,87 | 2,63 |
| 24-30 | 2 | 30,4 | 450,40 | 390,38 | 60,02 | 685,16 | 745,18 | 722,20 | 22,98 | 2,61 |
| 31-33 | 3 | 28,5 | 453,40 | 393,50 | 59,90 | 708,79 | 768,69 | 745,90 | 22,79 | 2,63 |
| 34-37 | 4 | 28,8 | 454,70 | 394,61 | 60,09 | 710,82 | 770,91 | 748,00 | 22,91 | 2,62 |
| [redacted] | 5 | 28,6 | 450,10 | 390,00 | 60,10 | 708,24 | 768,34 | 745,70 | 22,64 | 2,65 |
| [redacted] | 6 | 29,8 | 456,40 | 396,37 | 60,03 | 658,58 | 718,61 | 695,80 | 22,81 | 2,63 |
| [redacted] | 7 | 29,4 | 455,30 | 395,41 | 59,89 | 710,00 | 769,89 | 747,20 | 22,69 | [redacted] |

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

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

Ciudad de México a 29 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-35
Página 1

[redacted]

## Peso Volumétrico Natural

| MUESTRA | PROF. M | | Ph | Php | Php' | TARA | Vhp | Pparaf | Vparaf | V | g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NO. | DE | A | gr. | gr. | gr. | gr. | cm3 | gr. | cm3 | cm3 | Ton/m³ |
| 1 | 0,20 | 0,80 | 47,81 | 50,95 | 752,50 | 725,70 | 26,80 | 3,14 | 3,24 | 23,56 | 2,029 |
| 2 | 0,80 | 1,35 | 16,49 | 18,13 | 736,00 | 725,70 | 10,30 | 1,64 | 1,69 | 8,61 | 1,915 |
| 13 | 8,60 | 8,85 | 16,51 | 18,37 | 737,10 | 725,70 | 11,40 | 1,86 | 1,92 | 9,48 | 1,741 |
| 14 | 9,20 | 9,80 | 55,62 | 60,00 | 760,70 | 725,60 | 35,10 | 4,38 | 4,52 | 30,58 | 1,819 |
| 16 | 10,40 | 10,50 | 11,00 | 12,60 | 732,60 | 725,50 | 7,10 | 1,60 | 1,65 | 5,45 | 2,018 |
| 17 | 11,00 | 11,15 | 55,64 | 60,29 | 757,30 | 725,50 | 31,80 | 4,65 | 4,79 | 27,01 | 2,060 |
| 19 | 12,20 | 12,80 | 15,59 | 18,49 | 737,90 | 724,70 | 13,20 | 2,90 | 2,99 | 10,21 | 1,527 |
| 20 | 12,80 | 13,40 | 30,23 | 34,14 | 746,40 | 724,70 | 21,70 | 3,91 | 4,03 | 17,67 | 1,711 |
| 23 | 14,60 | 15,20 | 34,60 | 39,75 | 753,70 | 724,70 | 29,00 | 5,15 | 5,31 | 23,69 | 1,460 |
| 24 | 15,20 | 15,80 | 63,68 | 68,14 | 765,00 | 724,60 | 40,40 | 4,46 | 4,60 | 35,80 | 1,779 |
| 25 | 15,80 | 16,40 | 58,32 | 61,84 | 760,90 | 724,10 | 36,80 | 3,52 | 3,63 | 33,17 | 1,758 |
| 26 | 16,40 | 17,00 | 21,20 | 23,02 | 737,60 | 724,10 | 13,50 | 1,82 | 1,88 | 11,62 | 1,824 |
| 27 | 17,00 | 17,45 | 11,25 | 12,63 | 732,10 | 724,00 | 8,10 | 1,38 | 1,42 | 6,68 | 1,685 |
| 28 | 17,60 | 17,90 | 28,06 | 31,04 | 742,60 | 724,00 | 18,60 | 2,98 | 3,07 | 15,53 | 1,807 |
| 29 | 18,20 | 18,65 | 42,82 | 47,81 | 754,90 | 724,00 | 30,90 | 4,99 | 5,14 | 25,76 | 1,663 |
| 31 | 19,40 | 20,00 | 46,18 | 50,85 | 754,20 | 724,00 | 30,20 | 4,67 | 4,81 | 25,39 | [redacted] |
| 32 | 20,00 | 20,60 | 22,31 | 24,72 | 738,30 | 723,90 | 14,40 | 2,41 | 2,48 | 11,92 | [redacted] |

[redacted]

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

Ciudad de México a 29 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-35
Página 2

| MUESTRA | PROF. M | | Ph | Php | Php' | TARA | Vhp | Pparaf | Vparaf | V | g |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NO. | DE | A | gr. | gr. | gr. | gr. | cm3 | gr. | cm3 | cm3 | Ton/m³ |
| 33 | 20,60 | 21,20 | 17,55 | 20,03 | 736,40 | 723,90 | 12,50 | 2,48 | 2,56 | 9,94 | 1,765 |
| 34 | 21,20 | 21,80 | 9,69 | 11,29 | 731,10 | 723,90 | 7,20 | 1,60 | 1,65 | 5,55 | 1,746 |
| 35 | 21,80 | 22,25 | 26,00 | 29,04 | 741,40 | 723,90 | 17,50 | 3,04 | 3,13 | 14,37 | 1,810 |
| 36 | 22,40 | 22,50 | 41,48 | 45,62 | 750,60 | 723,90 | 26,70 | 4,14 | 4,27 | 22,43 | 1,849 |
| 37 | 23,00 | 23,25 | 30,15 | 31,83 | 739,90 | 718,60 | 21,30 | 1,68 | 1,73 | 19,57 | 1,541 |
| 38 | 23,60 | 23,90 | 19,30 | 20,51 | 729,20 | 718,60 | 10,60 | 1,21 | 1,25 | 9,35 | 2,064 |
| 39 | 24,20 | 24,85 | 37,14 | 39,29 | 738,90 | 718,60 | 20,30 | 2,15 | 2,22 | 18,08 | 2,054 |
| 40 | 24,80 | 24,95 | 19,34 | 20,74 | 729,50 | 718,50 | 11,00 | 1,40 | 1,44 | 9,56 | 2,024 |
| 41 | 25,40 | 25,55 | 46,20 | 48,68 | 743,30 | 718,50 | 24,80 | 2,48 | 2,56 | 22,24 | 2,077 |
| 42 | 26,00 | 26,15 | 29,09 | 31,05 | 734,50 | 718,30 | 16,20 | 1,96 | 2,02 | 14,18 | 2,052 |
| 43 | 26,60 | 26,90 | 14,30 | 15,55 | 727,00 | 718,30 | 8,70 | 1,25 | 1,29 | 7,41 | 1,929 |
| 44 | 27,20 | 27,30 | 15,96 | 17,26 | 726,20 | 718,30 | 7,90 | 1,30 | 1,34 | 6,56 | 2,433 |
| 47 | 29,00 | 29,15 | 11,96 | 12,91 | 724,20 | 718,20 | 6,00 | 0,95 | 0,98 | 5,02 | 2,382 |
| 48 | 29,60 | 29,75 | 10,73 | 11,80 | 724,70 | 718,20 | 6,50 | 1,07 | 1,10 | 5,40 | 1,988 |
| 49 | 30,80 | 30,95 | 45,97 | 49,00 | 743,70 | 718,10 | 25,60 | 3,03 | 3,12 | 22,48 | 2,045 |
| 50 | 31,40 | 31,55 | 71,31 | 75,82 | 757,40 | 717,80 | 39,60 | 4,51 | 4,65 | 34,95 | 2,040 |
| 51 | 32,00 | 32,15 | 38,10 | 41,50 | 740,20 | 717,80 | 22,40 | 3,40 | 3,51 | 18,89 | 2,016 |
| 53 | 33,20 | 33,50 | 65,16 | 71,92 | 759,70 | 717,70 | 42,00 | 6,76 | 6,97 | 35,03 | [redacted] |

[redacted]

[redacted]

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

Ciudad de México a 29 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-35
Página 1

[redacted]

## Prueba de Índice

| PROF. (m) | | No. | W | LL | LP | IP | SUCS | F | A | G | Ss | e | Gw | gs | gh | S.P.T. | qu | C | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DE | A | Muestra | % | % | % | % | | % | % | % | | | % | kg/m³ | kg/m³ | | kg/cm² | kg/cm² | ° |
| 0,00 | 0,20 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 0,20 | 0,80 | 1 | 18,80 | 33,20 | 24,08 | 9,12 | SM | 43 | 55 | 2 | 2,63 | 0,54 | 92 | 1708 | 2029 | 7 | | | |
| 0,80 | 1,35 | 2 | 21,68 | 31,65 | 25,19 | 6,46 | SM | 40 | 55 | 5 | 2,65 | 0,68 | 84 | 1574 | 1915 | 13 | | | |
| 1,35 | 1,40 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 1,40 | 1,50 | 3 | 20,07 | | | | | | | | | | | | | 50/10 | | | |
| 1,50 | 2,00 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 2,00 | 2,10 | SR | | | | | | | | | | | | | | 50/10 | | | |
| 2,10 | 2,60 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 2,60 | 2,75 | 4 | 24,39 | 37,52 | 32,71 | 4,81 | ML | 60 | 40 | 0 | | | | | | 50/15 | | | |
| 2,75 | 3,20 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 3,20 | 3,35 | 5 | 25,32 | | | | | | | | | | | | | 50/15 | | | |
| 3,35 | 3,80 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| [redacted] | 4,15 | 6 | 29,73 | 39,41 | 35,83 | 3,58 | ML | 55 | 44 | 1 | | | | | | 40 | | | |
| [redacted] | 4,40 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| [redacted] | 4,55 | 7 | 29,95 | | | | | | | | | | | | | 50/15 | | | |
| [redacted] | 5,00 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| [redacted] | 5,10 | SR | | | | | | | | | | | | | | 50/10 | | | |

[redacted]

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

Ciudad de México a 29 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-35
Página 2

| PROF.(m) | | No. | W | LL | LP | IP | SUCS | F | A | G | Ss | e | Gw | gs | gh | S.P.T. | qu | C | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DE | A | Muestra | % | % | % | % | | % | % | % | | | % | kg/m³ | kg/m³ | | kg/cm² | kg/cm² | ° |
| 5,10 | 5,60 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 5,60 | 5,80 | 8 | 33,75 | | | | | | | | | | | | | 50/05 | | | |
| 5,80 | 6,20 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 6,20 | 6,45 | 9 | 35,86 | | | | | | | | | | | | | 50/05 | | | |
| 6,45 | 6,80 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 6,80 | 6,95 | 10 | 35,16 | | | | | | | | | | | | | 50/15 | | | |
| 6,95 | 7,40 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 7,40 | 7,55 | 11 | 35,39 | | | | | | | | | | | | | 50/15 | | | |
| 7,55 | 8,00 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 8,00 | 8,25 | 12 | 29,33 | 37,16 | 29,99 | 7,17 | ML | 54 | 38 | 8 | | | | | | 50/10 | | | |
| 8,25 | 8,60 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 8,60 | 8,85 | 13 | 30,95 | | | | | | | | 2,64 | 0,99 | 83 | 1330 | 1741 | 50/10 | | | |
| 8,85 | 9,20 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 9,20 | 9,80 | 14 | 24,06 | | | | | | | | 2,64 | 0,80 | 79 | 1466 | 1819 | 50 | | | |
| 9,80 | 10,10 | 15 | 14,85 | 33,66 | 24,82 | 8,84 | SM | 10 | 58 | 32 | | | | | | 50/15 | | | |
| 10,10 | 10,40 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 10,40 | 10,50 | 16 | 14,25 | | | | | | | | 2,65 | 0,50 | 75 | 1766 | 2018 | 50/10 | | | |
| 10,50 | 11,00 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 11,00 | 11,15 | 17 | 14,33 | | | | | | | | 2,65 | 0,47 | 81 | 1802 | 2060 | 50/15 | | | |
| 11,15 | 11,60 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

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

Ciudad de México a 29 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-35
Página 3

| PROF. (m) | | No. | W | LL | LP | IP | SUCS | F | A | G | Ss | e | Gw | gs | gh | S.P.T. | qu | C | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DE | A | Muestra | % | % | % | % | | % | % | % | | | % | kg/m³ | kg/m³ | | kg/cm² | kg/cm² | ° |
| 11,60 | 12,20 | 18 | 22,90 | 34,92 | 29,86 | 5,06 | SM | 40 | 57 | 3 | | | | | | 26 | | | |
| 12,20 | 12,80 | 19 | 37,49 | | | | | | | | 2,64 | 1,38 | 72 | 1111 | 1527 | 34 | | | |
| 12,80 | 13,40 | 20 | 28,67 | | | | | | | | 2,64 | 0,98 | 77 | 1330 | 1711 | 45 | | | |
| 13,40 | 14,00 | 21 | 46,17 | 40,03 | 38,03 | 2,00 | SM | 30 | 68 | 2 | | | | | | 49 | | | |
| 14,00 | 14,60 | 22 | 63,65 | | | | | | | | | | | | | 50 | | | |
| 14,60 | 15,20 | 23 | 47,35 | | | | | | | | 2,63 | 1,65 | 75 | 991 | 1460 | 35 | | | |
| 15,20 | 15,80 | 24 | 25,93 | 34,68 | 29,72 | 4,96 | SM | 48 | 52 | 0 | 2,61 | 0,85 | 80 | 1412 | 1779 | 35 | | | |
| 15,80 | 16,40 | 25 | 23,89 | | | | | | | | 2,61 | 0,84 | 74 | 1419 | 1758 | 38 | | | |
| 16,40 | 17,00 | 26 | 24,21 | | | | | | | | 2,61 | 0,78 | 81 | 1468 | 1824 | 21 | | | |
| 17,00 | 17,45 | 27 | 26,72 | | | | | | | | 2,61 | 0,96 | 72 | 1330 | 1685 | 27 | | | |
| 17,45 | 17,60 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 17,60 | 17,90 | 28 | 28,50 | | | | | | | | 2,61 | 0,86 | 87 | 1406 | 1807 | 50/15 | | | |
| [redacted] | 18,20 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| [redacted] | 18,65 | 29 | 30,47 | | | | | | | | 2,61 | 1,05 | 76 | 1274 | 1663 | 50/15 | | | |
| [redacted] | 18,80 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| [redacted] | 18,95 | 30 | 23,58 | | | | | | | | | | | | | 50/15 | | | |
| [redacted] | 19,40 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| [redacted] | 20,00 | 31 | 30,37 | 36,22 | 33,09 | 3,13 | ML | 59 | 41 | 0 | 2,63 | 0,88 | 90 | 1395 | 1819 | 46 | | | |
| [redacted] | 20,60 | 32 | 26,32 | | | | | | | | 2,63 | 0,77 | 89 | 1482 | 1872 | 44 | | | |
| [redacted] | 21,20 | 33 | 22,06 | | | | | | | | 2,63 | 0,82 | 71 | 1446 | 1765 | 50 | | | |

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

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

Ciudad de México a 29 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-35
Página 4

| PROF. (m) | | No. | W | LL | LP | IP | SUCS | F | A | G | Ss | e | Gw | gs | gh | S.P.T. | qu | C | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DE | A | Muestra | % | % | % | % | | % | % | % | | | % | kg/m³ | kg/m³ | | kg/cm² | kg/cm² | ° |
| 21,20 | 21,80 | 34 | 26,78 | 31,39 | 28,55 | 2,84 | SM | 29 | 60 | 11 | 2,62 | 0,90 | 78 | 1377 | 1746 | 46 | | | |
| 21,80 | 22,25 | 35 | 22,55 | | | | | | | | 2,62 | 0,78 | 76 | 1477 | 1810 | 50/15 | | | |
| 22,25 | 22,40 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 22,40 | 22,50 | 36 | 21,24 | | | | | | | | 2,62 | 0,72 | 77 | 1525 | 1849 | 50/10 | | | |
| 22,50 | 23,00 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 23,00 | 23,25 | 37 | 27,66 | | | | | | | | 2,62 | 1,17 | 62 | 1207 | 1541 | 50/10 | | | |
| 23,25 | 23,60 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 23,60 | 23,90 | 38 | 15,22 | 27,17 | 24,38 | 2,79 | SM | 23 | 65 | 12 | 2,65 | 0,48 | 84 | 1791 | 2064 | 50/15 | | | |
| 23,90 | 24,20 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 24,20 | 24,65 | 39 | 15,24 | | | | | | | | 2,65 | 0,49 | 83 | 1782 | 2054 | 45 | | | |
| 24,65 | 24,80 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 24,80 | 24,95 | 40 | 16,82 | | | | | | | | 2,65 | 0,53 | 84 | 1732 | 2024 | 50/15 | | | |
| 24,95 | 25,40 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 25,40 | 25,55 | 41 | 16,29 | | | | | | | | 2,65 | 0,49 | 89 | 1786 | 2077 | 50/15 | | | |
| 25,55 | 26,00 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 26,00 | 26,15 | 42 | 17,03 | | | | | | | | 2,65 | 0,51 | 88 | 1753 | 2052 | 50/15 | | | |
| 26,15 | 26,60 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 26,60 | 26,90 | 43 | 15,66 | | | | | | | | 2,65 | 0,59 | 70 | 1668 | 1929 | 50/15 | | | |
| 26,90 | 27,20 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 27,20 | 27,30 | 44 | 10,37 | 27,47 | 23,36 | 4,11 | SM | 17 | 39 | 44 | 2,63 | 0,19 | 100 | 2204 | 2433 | 50/10 | | | |

[redacted]

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

Ciudad de México a 29 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-35
Página 5

| PROF.(m) | | No. | W | LL | LP | IP | SUCS | F | A | G | Sr | e | Gw | gs | gh | S.P.T. | qu | C | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DE | A | Muestra | % | % | % | % | | % | % | % | | | % | kg/m³ | kg/m³ | | kg/cm² | kg/cm² | ° |
| 27,30 | 27,80 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 27,80 | 27,95 | 45 | 16,05 | | | | | | | | | | | | | 50/15 | | | |
| 27,95 | 28,40 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 28,40 | 28,55 | 46 | 16,19 | | | | | | | | | | | | | 50/15 | | | |
| 28,55 | 29,00 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 29,00 | 29,15 | 47 | 14,08 | | | | | | | | 2,63 | 0,26 | 100 | 2088 | 2382 | 50/15 | | | |
| 29,15 | 29,60 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 29,60 | 29,75 | 48 | 10,82 | | | | | | | | 2,63 | 0,47 | 61 | 1794 | 1988 | 50/15 | | | |
| 29,75 | 30,20 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 30,20 | 30,30 | SR | | | | | | | | | | | | | | 50/10 | | | |
| 30,30 | 30,80 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 30,80 | 30,95 | 49 | 16,44 | | | | | | | | 2,63 | 0,50 | 87 | 1756 | 2045 | 50/15 | | | |
| 30,95 | 31,40 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| | 31,55 | 50 | 16,66 | | | | | | | | 2,63 | 0,50 | 87 | 1749 | 2040 | 50/15 | | | |
| | 32,00 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| | 32,15 | 51 | 14,54 | 31,78 | 28,10 | 3,68 | SM | 22 | 53 | 25 | 2,64 | 0,50 | 77 | 1761 | 2016 | 50/15 | | | |
| | 32,60 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| | 32,75 | 52 | 13,89 | | | | | | | | | | | | | 50/15 | | | |
| | 33,20 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| | 33,50 | 53 | 17,97 | | | | | | | | 2,64 | 0,67 | 70 | 1577 | 1860 | 50/15 | | | |

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

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

Ciudad de México a 29 de diciembre de 2022
Asunto: Tabla de pruebas Apoyo T-35
Página 6

| PROF. (m) | | No. | W | LL | LP | IP | SUCS | F | A | G | Ss | e | Gw | gs | gh | S.P.T. | qu | C | F |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DE | A | Muestra | % | % | % | % | | % | % | % | | | % | kg/m³ | kg/m³ | | kg/cm² | kg/cm² | ° |
| 33,50 | 33,80 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 33,80 | 34,05 | 54 | 17,02 | | | | | | | | | | | | | 50/10 | | | |
| 34,05 | 34,40 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 34,40 | 34,70 | 55 | 17,32 | | | | | | | | | | | | | 50/15 | | | |
| 34,70 | 35,00 | | | | | | | | | | | | | | | BT | | | |
| 35,00 | 35,20 | 56 | 19,68 | | | | | | | | | | | | | 50/05 | | | |

[redacted]

[redacted]

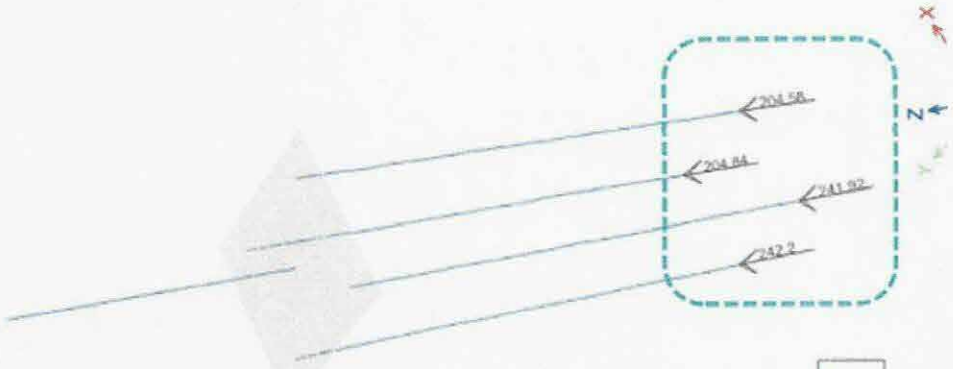
[redacted]

[redacted]

# 11. ANEXO 5. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO, CONCÉNTRICA

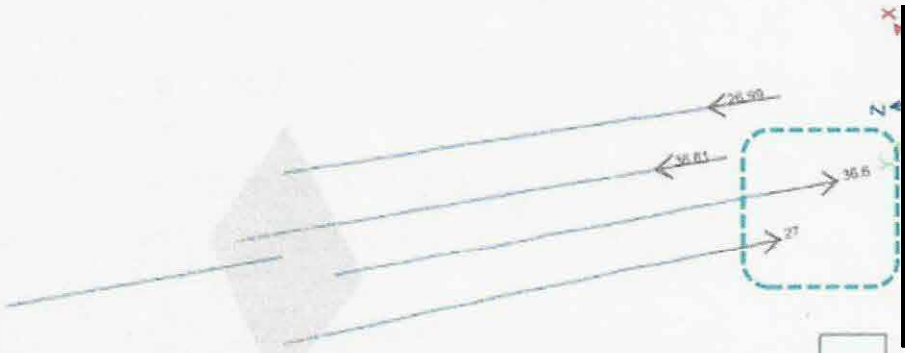
[redacted]

# TORRE CONCENTRICA DESCARGAS




DESCARGAS (FACTORIZADAS)

[redacted]




TENSIONES POR SISMO (FACTORIZADAS)

[redacted]

# 12. ANEXO 6. MEMORIA DE CÁLCULO

[redacted]

# TORRE 35, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423

SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

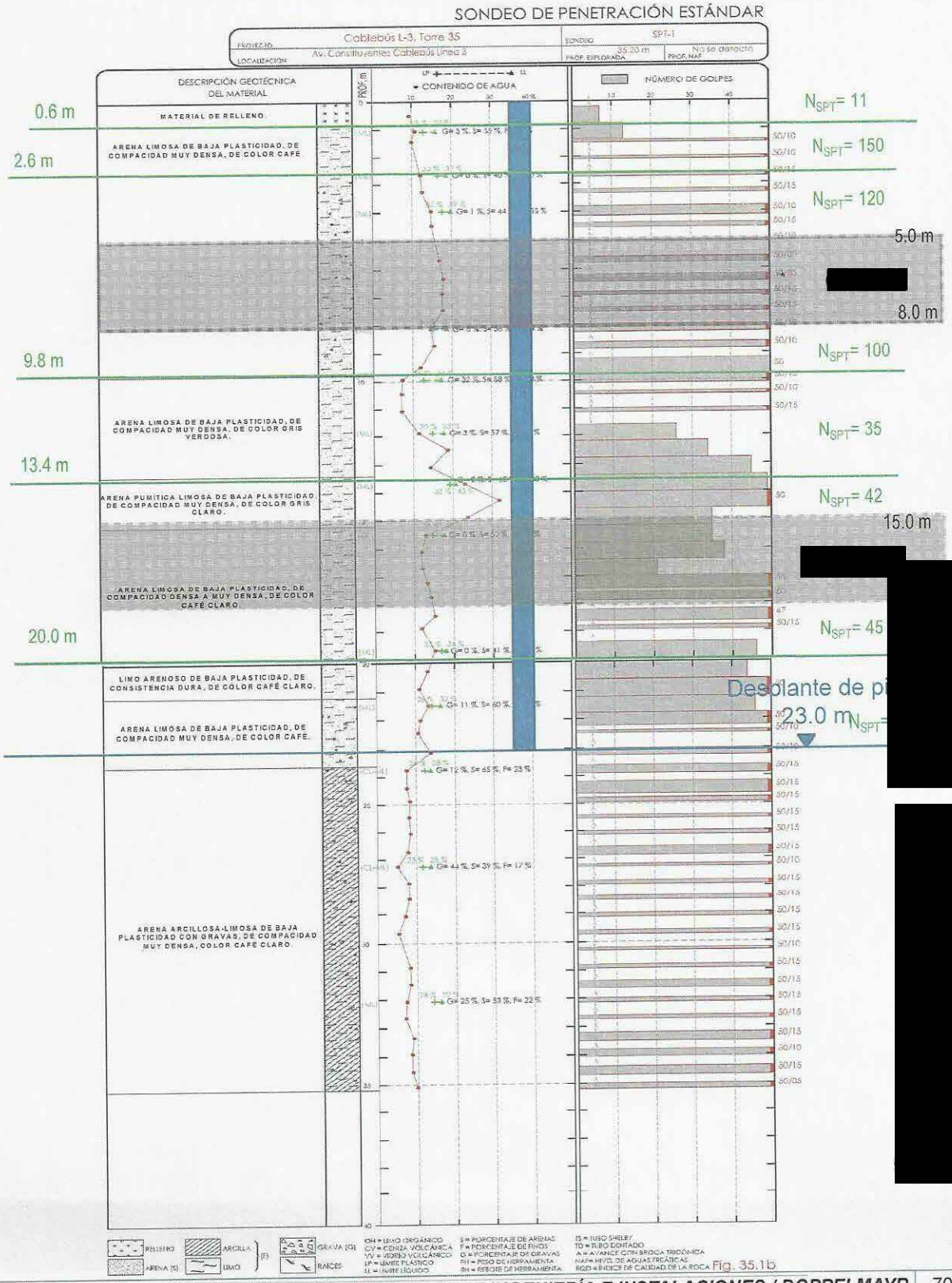
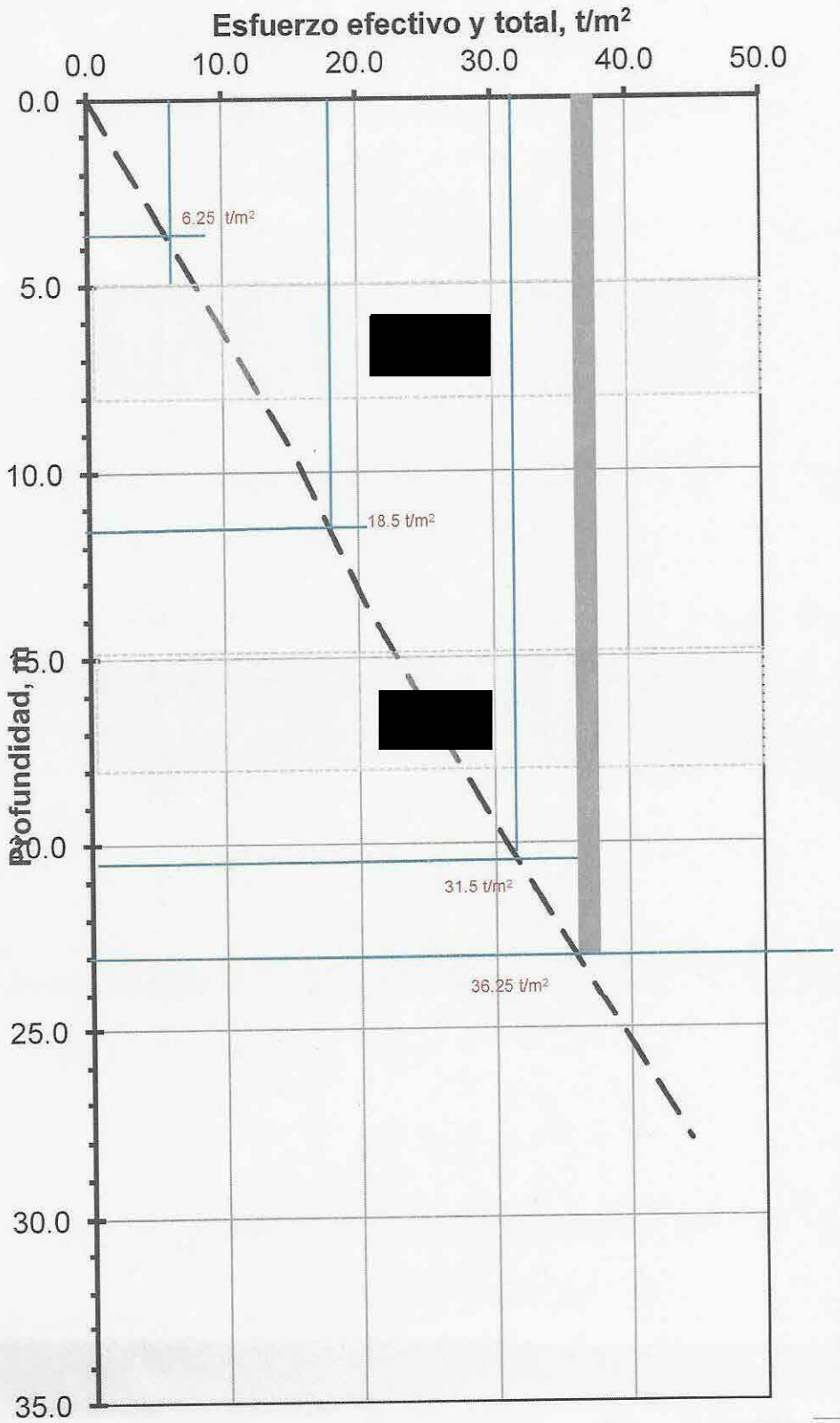



Fig. 35.1b

[redacted]

## TORRE 35, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423




[redacted]

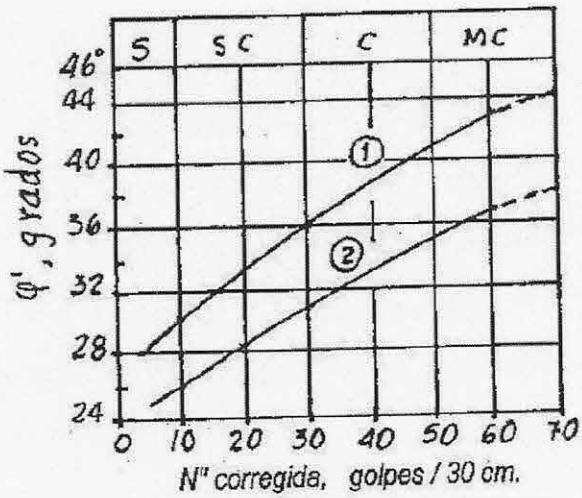
[redacted]

# TORRE 35, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423

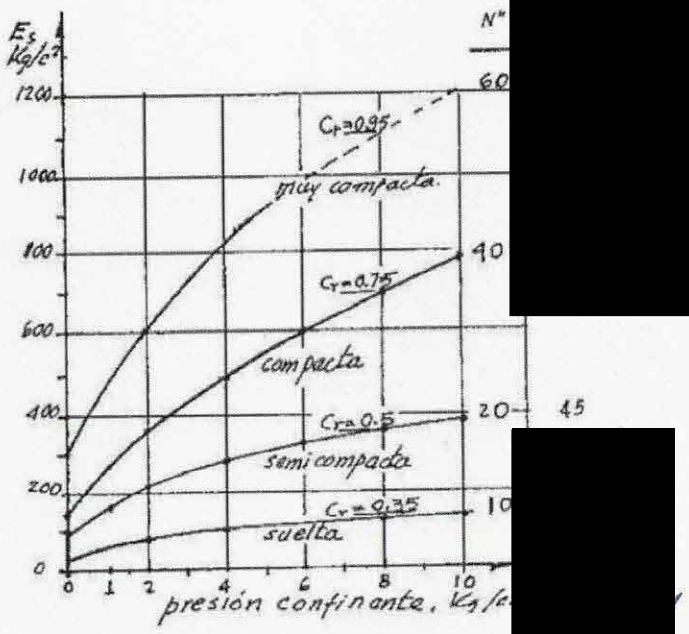
| TORRE 35. LÍNEA 3 DE CABLEBÚS | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ESTRATO No | PROFUNDIDAD, m | | c, t/m² | ϕ, grados | γm, t/m³ | E, kg/cm2 | ν | Nspt | DESCRIPCION DEL SUELO |
| | DE | A | | | | | | | |
| 1 | 0.00 | 0.80 | - | - | 1.50 | 30(**) | 0.40 | 11 | Material de relleno |
| | 0.80 | 2.60 | - | 38(**) | 1.65 | 320(**) | 0.25 | 150 | Limo arenoso. Material café y de consistencia dura |
| 2 | 2.60 | 5.00 | - | 38(**) | 1.60 | 350(**) | 0.25 | 120 | Limo arenoso. Material café y de consistencia dura |
| 3 | 5.00 | 8.00 | CAVERNA | | | | | | |
| 4 | 8.00 | 9.80 | - | 38(**) | 1.60 | 520(**) | 0.25 | 100 | Limo arenoso. Material café y de consistencia dura |
| 5 | 9.80 | 13.40 | - | 32(**) | 1.55 | 580(**) | 0.30 | 35 | Arena limosa. Material gris verdoso y compacto. |
| 6 | 13.40 | 15.00 | - | 33(**) | 1.30 | 420(**) | 0.30 | 42 | Arena pumitica. Material gris claro y compacto. |
| 7 | 15.00 | 18.00 | CAVERNA | | | | | | |
| 8 | 18.00 | 20.00 | - | 33(**) | 1.60 | 510(**) | 0.30 | 45 | Arena limosa. Material café claro y compacto. |
| 9 | 20.00 | 23.00 | - | 35(**) | 1.70 | 650(**) | 0.25 | 50 | Arena limosa. Material café claro y muy compacto. |

c = Parametro de cohesión
ϕ = Ángulo de fricción
γm= Peso volumétrico

E= Módulo de elasticidad
ν= Relación de Poisson
Nspt= Número de golpes promedio en prueba de penetración estándar
(**) Obtenido por correlación, E Tamez, ref 2.




(a)




b) Módulo de Young para arena lim
media, en prueba triaxial drenad
para diferentes presiones confina
y compacidades relativas

# TORRE 35, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423



**Proyecto:** T-35, CABLEBUS LINEA 3 (Abril 2023 )

**Memoria de cálculo:**

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

### 1.- PROPIEDADES DEL SUELO Y DIMENSIONES DE LAS PILAS

$B := 1.0, 1.2 .. 1.4$ Diámetro de las pilas, m

$L := 23$ Longitud de las pilas, m

$Le := 0$ Longitud de la pila empotrada en el estrato resistente, m

$\gamma 1 := 1.56$ Peso volumétrico de estrato superior, t/m$^2$

$\phi 1 := 35$ Ángulo de fricción del estrato superior, °

$\gamma 2 := 1.56$ Peso volumétrico de estrato resistente, t/m$^2$

$\phi 2 := 35$ Ángulo de fricción del estrato resistente, °

$\gamma w := 0$ Peso volumétrico del agua, t/m$^2$

### 2.- CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA, INCISO 3.6.1.1

$Fr1 := 0.35$ Factor de resistencia

$Pv := 35.88$ Presión vertical total debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas, t/m$^2$

$P'v := (\gamma 1 - \gamma w)\cdot(L - Le) + (\gamma 2 - \gamma w)\cdot Le$ $P'v = 35.88$ Presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas, t/m$^2$

$P'v := 35.88$ Presión vertical efectiva real debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas

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

$a1(B) := \frac{Le}{B}$

$a1(B) =$

| |
|---|
| 0.00 |
| 0.00 |
| 0.00 |

## TORRE 35, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423



$a2 := 4 \cdot \tan\left[\left(45 + \frac{\phi 2}{2}\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right]$ $\quad a2 = 7.68$

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

$Nmax := 0.3306 e^{0.175 \cdot \phi 2}$ $\quad Nmax = 151.13$

$Nmin := 0.5916 e^{0.1201 \cdot \phi 2}$ $\quad Nmin = 39.59$

$Nq(B) := if\left[a1(B) > a2, Nmax, Nmin + Le \cdot \frac{Nmax - Nmin}{4 \cdot B \cdot \tan\left[\left(45 + \frac{\phi 2}{2}\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right]}\right]$

Coeficiente de capacidad de carga

$Nq(B) =$

| |
|---|
| 39.59 |
| 39.59 |
| 39.59 |

Coeficiente de capacidad de carga

[redacted]

$Cp(B) := (P'v \cdot Nq(B) \cdot Fr1 + Pv) \cdot Ap(B)$

Capacidad de carga por punta, t, ec. 3.14

| $B =$ | $Cp(B) =$ |
|---|---|
| 1.00 | 418.66 |
| 1.20 | 602.87 |
| 1.40 | 820.57 |

Capacidad de carga por punta, t, ec. 3.14

[redacted]

# TORRE 35, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423



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

$Fr2 := 0.65$ Factor de reducción

$P'vm := \frac{(L \cdot \gamma 1)}{2}$ $P'vm = 17.94$ Presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad media de desplante de las pilas, t/m$^2$

$zm := \frac{L}{2}$ $zm = 11.50$ Presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad media de desplante de las pilas, t/m$^2$

$\beta := (1.5 - 0.24\sqrt{zm})$ $\beta = 0.69$ coeficiente de fricción elemento suelo en el estrato, t/m$^2$

$L := 21$ Longitud efectiva de las pilas, m

$Al1(B) := \pi \cdot B \cdot (L)$ Área lateral del elemento en el estrato superior, m$^2$

$Cf(B) := Al1(B) \cdot \beta \cdot Fr2 \cdot P'vm$ Capacidad por fricción lateral, t, ec. 3.12

## 4.- CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA Y FRICCIÓN LATERAL

$R(B) := Cp(B) + Cf(B)$ Capacidad de carga, t

| B = | Al1(B) = | Ap(B) = | Cf(B) = | Cp(B) = | R(B) = |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 65.97 | 0.79 | 527.84 | 418.66 | 946.50 |
| 1.20 | 79.17 | 1.13 | 633.41 | 602.87 | $1.24 \cdot 10^3$ |
| 1.40 | 92.36 | 1.54 | 738.98 | 820.57 | $1.56 \cdot 10^3$ |

# TORRE 35, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423



## 5.- ASENTAMIENTOS

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

$\upsilon := 0.25$ módulo de Poisson

Propiedades del material que compone la pila

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

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

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

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

[redacted]

### 2.1.4 Asentamiento elástico de la columna de concreto, $\rho c$

$$\rho c(B) := \frac{Cp(B) + 0.66 \cdot Cf(B)}{10 \cdot \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4}\right)} \cdot \left(\frac{L}{Ec}\right) \cdot 100$$

[redacted]

### 2.1.5 Asentamiento elástico del suelo bajo la punta de la pila, $\rho s$

$$\rho s(B) := \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot \left(1 - \upsilon^2\right)}{4 \cdot Es} \cdot \frac{Cp(B) \cdot B}{10 \cdot \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4}\right)} \cdot 100$$

### 2.1.6 Asentamiento total en la cabeza de la pila, $\rho t$

$$\rho t(B) := \rho c(B) + \rho s(B)$$

| B = | $\rho c(B)$ = | $\rho s(B)$ = | $\rho t(B)$ = |
|---|---|---|---|
| 1.00 | 0.78 | 3.02 | 3.80 |
| 1.20 | 0.72 | 3.62 | 4.35 |
| 1.40 | 0.68 | 4.23 | 4.91 |

# TORRE 35, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423



## 6. CAPACIDAD DE CARGA ESTRUCTURAL

### 3.1 Resistencia última, Re

### 3.1.1 Area de la sección en m 2

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

### 3.1.2 Area del acero m 2

Se considera 0.01 de As

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

## 6. PESO DEL ELEMENTO

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

$$W(B) := V(B) \cdot \gamma c$$

## 7. CAPACIDAD DE CARGA A LA TENSIÓN

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

| B = | Al1(B) = | Ap(B) = | Cf(B) = | Cp(B) = | R(B) = |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 65.97 | 0.79 | 527.84 | 418.66 | 946.50 |
| 1.20 | 79.17 | 1.13 | 633.41 | 602.87 | $1.24 \cdot 10^3$ |
| 1.40 | 92.36 | 1.54 | 738.98 | 820.57 | $1.56 \cdot 10^3$ |

| W(B) = | V(B) = | CT(B) = | Re(B) = | ρc(B) = | ρs(B) = | ρt(B) = |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 39.58 | 16.49 | 567.43 | $1.31 \cdot 10^3$ | 0.78 | 3.02 | 3.80 |
| 57.00 | 23.75 | 690.41 | $1.88 \cdot 10^3$ | 0.72 | 3.62 | 4.35 |
| 77.58 | 32.33 | 816.57 | $2.56 \cdot 10^3$ | 0.68 | 4.23 | 4.91 |

[redacted]

[redacted]

# TORRE 35, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423



## 5.- ASENTAMIENTOS CONSIDERANDO LA CARGA A NIVEL DE CIMENTACIÓN

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

$\upsilon := 0.25$ módulo de Poisson

Propiedades del material que compone la pila

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

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

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

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

$W(B) := V(B) \cdot \gamma c$

$$Cp(B) := \left[\frac{(P'v \cdot Nq(B) \cdot Fr1 + Pv) \cdot Ap(B)}{868}\right]$$ Capacidad de carga por punta, t, ec. 3.14

$$Cf(B) := \left(\frac{Al1(B) \cdot \beta \cdot Fr2 \cdot P'vm}{1.77}\right) - W(B)$$ Capacidad por fricción lateral, t, ec. 3.12

[redacted]

### 2.1.4 Asentamiento elástico de la columna de concreto, $\rho c$

$$\rho c(B) := \frac{Cp(B) + 0.66 \cdot Cf(B)}{10 \cdot \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4}\right)} \cdot \left(\frac{L}{Ec}\right) \cdot 100$$

[redacted]

### 2.1.5 Asentamiento elástico del suelo bajo la punta de la pila, $\rho s$

$$\rho s(B) := \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot \left(1 - \upsilon^2\right)}{4 \cdot Es} \cdot \frac{Cp(B) \cdot B}{10 \cdot \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4}\right)} \cdot 100$$

# TORRE 35, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423

## 2.1.6 Asentamiento total en la cabeza de la pila, $\rho t$

Hoja 7 de 7

$$\rho t(B) := \rho c(B) + \rho s(B)$$

| B = | Cp(B) = | Cf(B) = | ρc(B) = | ρs(B) = | ρt(B) = |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 0.48 | 258.63 | 0.17 | $3.48 \cdot 10^{-3}$ | 0.18 |
| 1.20 | 0.69 | 300.86 | 0.14 | $4.17 \cdot 10^{-3}$ | 0.15 |
| 1.40 | 0.95 | 339.92 | 0.12 | $4.87 \cdot 10^{-3}$ | 0.12 |

NOTA IMPORTANTE: Las deformaciones disminuyen al considerar la máxima carga provocada por la estructura a nivel de cimentación, de acuerdo con la información proporcionada por el departamento de estructuras la carga máxima es de 242 ton factorizada para ésta T-35. Se puede observar que la capacidad de carga que trabajará sera solo la fricción. Para los modulos de reacción se considera la deformación de 1.0 cm, menor al valor que establece el Reglamento.

[redacted]

[redacted]

# TORRE 25, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423

PROYECTO CABLEBUS LINEA 3, TORRE 35
Módulos de reacción horizontal para pilas, ref 6

Diámetro de la pila, B= 1.40 m

| Profundidad, m | | z m | DESCRIPCION DEL SUELO | Nspt prom | $k_2$ | z/B | Modulos de reacción $K_h$, ton/m$^3$ .cm | Modulos de reacción $K_h$, Kg/cm$^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| De | a | -- | -- | | | | | |
| 0.00 | 0.80 | 0.40 | Material de relleno | 10 | 15.0 | | | |
| 0.80 | 2.60 | 1.70 | Limo arenoso. Material café y de consistencia dura. | 115 | 125.0 | 1.2 | 42.0 | 4.20 |
| 2.60 | 5.00 | 3.80 | Limo arenoso. Material café y de consistencia dura. | 120 | 125.0 | 2.7 | 93.9 | 9.39 |
| 5.00 | 8.00 | 6.50 | CAVERNA | | | | | |
| 8.00 | 9.80 | 8.90 | Limo arenoso. Material café y de consistencia dura | 100 | 125.0 | 6.4 | 220.0 | 22.00 |
| 9.80 | 13.40 | 11.60 | Arena limosa. Material gris verdoso y compacto. | 35 | 60.0 | 8.3 | 137.6 | 13.76 |
| 13.40 | 15.00 | 14.20 | Arena pumitica. Material gris claro y compacto. | 42 | 70.0 | 10.1 | 196.5 | 19.65 |
| 15.00 | 18.00 | 16.50 | CAVERNA | | | | | |
| 18.00 | 20.00 | 19.00 | Arena limosa. Material café claro y compacto. | 45 | 75.0 | 13.6 | 281.7 | 28.17 |
| 20.00 | 20.30 | 20.15 | Arena limosa. Material café claro y muy compacto. | 50 | 85.0 | 14.4 | 338.6 | 33.86 |
| 20.30 | 23.00 | 21.65 | Arena limosa. Material café claro y muy compacto. | 50 | 85.0 | 15.5 | 363.8 | 36.38 |

z = profundidad promedio del estrato, m
$k_2$ = coeficientes que se determinan a partir de gráficas, pag 52 ref 6
B = diámetro o ancho de cimiento, m
$k_h$ = Módulo de reacción

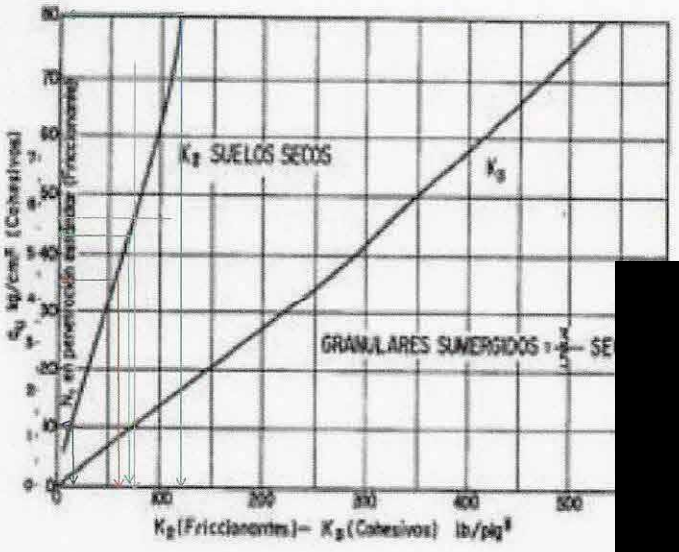
$K_h = 0{,}2768\ k_2\ z / B$ SUELOS FRICCIONANTES

$K_h = 0{,}0562\ k_3 / B$ SUELOS COHESIVOS

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

[redacted]

*Referencia 6*
*Del Castillo, Rico (2002). La ingeniería de suelos en la vías terrestres (Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas). Editorial Limusa, Noriega editores*




[redacted]

Capacidades de carga de pilas, Marzo 2023. **T-35** LÍNEA 3 DE CABLEBÚS

| Diametro de pila m | Área lateral, $A_L$ $m^2$ | Área de punta $A_p$ $m^2$ | Capacidad por fricción, $C_f$ t | Capacidad por punta, $C_p$ t | Peso de pila t | Capacidad de carga reducida, R t | Compresión t | Tensión t | Deformaciòn, cm | Esf, kg/cm2 | Kv, ton/cm | K, kg/cm³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 66.0 | 0.785 | 527.8 | 418.7 | 39.6 | 906.9 | 906.9 | 553.6 | 3.80 | 82.5 | 170.5 | 21.7 |
| 1.2 | 79.2 | 1.131 | 633.4 | 602.9 | 57.0 | 1179.3 | 1179.3 | 670.5 | 4.35 | 74.5 | 193.6 | 17.1 |
| 1.4 | 92.4 | 1.539 | 739.0 | 820.6 | 77.6 | 1482.0 | 1482.0 | 789.4 | 4.91 | 68.8 | 215.6 | 14.0 |

Capacidades de carga de pilas, Marzo 2023. **T-35** LÍNEA 3 DE CABLEBÚS (CONSIDERANDO CAVERNAS DE 5.0 m a 8.0 m Y DE 15.0 a 18.0 m).

| Diametro de pila m | Área lateral, $A_L$ $m^2$ | Área de punta $A_p$ $m^2$ | Capacidad por fricción, $C_f$ t | Capacidad por punta, $C_p$ t | Peso de pila t | Capacidad de carga reducida, R t | Compresión t | Tensión t | Deformaciòn, cm | Esf, kg/cm2 | Kv, ton/cm | K, kg/cm³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 66.0 | 0.785 | 378.8 | 418.7 | 39.6 | 757.9 | 757.9 | 404.5 | 3.78 | 68.9 | 143.2 | 18.2 |
| 1.2 | 79.2 | 1.131 | 454.6 | 602.9 | 57.0 | 1000.4 | 1000.4 | 491.6 | 4.36 | 63.2 | 163.9 | 14.5 |
| 1.4 | 92.4 | 1.539 | 530.3 | 820.6 | 77.6 | 1273.3 | 1273.3 | 580.7 | 4.95 | 59.1 | 183.7 | 11.9 |

Capacidades de carga de pilas, Marzo 2023. **T-35** LÍNEA 3 DE CABLEBÚS (CONSIDERANDO CAVERNAS DE 5.0 m a 8.0 m Y DE 15.0 a 18.0 m). CONSIDERANDO LA DEFORMACIÓN DE 1.0 cm Y TRABAJANDO SOLO LA FRICCIÓN

| Diametro de pila m | Área lateral, $A_L$ $m^2$ | Área de punta $A_p$ $m^2$ | Capacidad por fricción, $C_f$ t | Capacidad por punta, $C_p$ t | Peso de pila t | Capacidad de carga reducida, R t | Compresión t | Tensión t | Deformaciòn, cm | Esf, kg/cm2 | Kv, ton/cm | K, kg/cm³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 66.0 | 0.785 | 378.8 | 0.0 | 39.6 | 339.2 | 339.2 | 404.5 | 1.00 | 30.8 | 242.3 | 30.8 |
| 1.2 | 79.2 | 1.131 | 454.6 | 0.0 | 57.0 | 397.6 | 397.6 | 491.6 | 1.00 | 25.1 | 284.0 | 25.1 |
| 1.4 | 92.4 | 1.539 | 530.3 | 0.0 | 77.6 | 452.7 | 452.7 | 580.7 | 1.00 | 21.0 | 323.4 | 21.0 |

$F_R$= 0.65
$D_p$= 1.40 m
$P_p$= 3.14 m
$P_v$= 35.88 t/m²
$F_R$= 0.35
$A_p$= 1.54 m²
$\phi$= 35 °
$N_{max}$= 151.13
$N_{min}$= 39.59
$L_e$= 0.00 m
$N_q$= 39.59
$C_p$= 820.57 ton

$$C_f = P_p F_R \sum_{i=1} \overline{p}_{vi} \beta_i L_i$$

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

$$C_p = (\overline{p}_v N_q^* F_R + p_v) A_p$$

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

| $\phi$ | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° | 45° |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $N_{máx}$ | 12.5 | 26 | 55 | 132 | 350 | 1000 |
| $N_{mín}$ | 7 | 11.5 | 20 | 39 | 78 | 130 |

| | | De, m | a, m | Zi, m | Li, m | γ i, t/m³ | P vi, t/m² | β | Cf, ton |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Limo arenoso café | | 0.00 | 5.00 | 2.50 | 3.00 | 1.50 | 6.25 | 1.12 | 60.06 |
| | | 5.00 | 8.00 | CAVERNA | | | | | |
| Limo arenoso café | | 8.00 | 15.00 | 11.50 | 7.00 | 2.60 | 18.50 | 0.69 | 254.02 |
| | | 15.00 | 18.00 | CAVERNA | | | | | |
| Arena limosa café | | 18.00 | 24.00 | 21.00 | 6.00 | 1.55 | 31.50 | 0.40 | 216.23 |
| | | | | | | | | Cf= | 530.31 ton |

[redacted]

[redacted]

# TORRE 35, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 030423

| PROYECTO CABLEBUS LINEA 3, TORRE 35 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Módulos de reacción horizontal para pilas, ref -6 | | | | |
| | | 1.00 | 1.20 | 1.40 |
| Profundidad, m | | Modulos de reacción $K_h$, $Kg/cm^3$ | Modulos de reacción $K_h$, $Kg/cm^3$ | Modulos de reacción $K_h$, $Kg/cm^3$ |
| De | a | | | |
| 0.00 | 0.80 | 0.11 | 0.11 | 0.11 |
| 0.80 | 2.60 | 5.88 | 4.90 | 4.20 |
| 2.60 | 5.00 | 13.15 | 10.96 | 9.39 |
| 5.00 | 8.00 | 0.00 | | |
| 8.00 | 9.80 | 30.79 | 25.66 | 22.00 |
| 9.80 | 13.40 | 19.27 | 16.05 | 13.76 |
| 13.40 | 15.00 | 27.51 | 22.93 | 19.65 |
| 15.00 | 18.00 | 0.00 | | |
| 18.00 | 20.00 | 39.44 | 32.87 | 28.17 |
| 20.00 | 20.30 | 47.41 | 39.51 | 33.86 |
| 20.30 | 23.00 | 50.94 | 42.45 | 36.38 |

[redacted]

PROYECTO CABLEBUS LINEA 3, TORRE 35

Módulos de reacción horizontal para dado, ref 6

Ancho de la zapata, B= 4.50 m

| Profundidad, m | | z m | Material | | $k_2$ | z/B | Modulos de reacción $K_h$, $ton/m^2.cm$ | Modulos de reacción $K_h$, $Kg/cm^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| De | a | -- | -- | N, golpes | | | | |
| 0.00 | 2.40 | 1.20 | Limo arenoso café claro de consistencia firme | 11.0 | 15.0 | 0.3 | 1.1 | 0.11 |
| | | | | | | | | |

[redacted]

z = profundidad promedio del estrato, m
$k_2$ = coeficientes que se determinan a partir de gráficas, pag 52 ref 3
B = diámetro o ancho de cimiento, m
$k_h$ = Módulo de reacción

CRITERIO. Con datos de sondeo puntual y clasificación de campo

$$K_h = 0{,}2768\, k_2\, z / B \qquad \textit{SUELOS FRICCIONANTES}$$

$$K_h = 0{,}0562\, k_3 / B \qquad \textit{SUELOS COHESIVOS}$$

***Referencia 6***

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

[redacted]

**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: _____

| Elaboró | Autorizó | [redacted] |
|---|---|---|
| [redacted] | [redacted] | [redacted] |

## Contenido

1. RESUMEN ..... 3
2. ANTECEDENTES ..... 6
3. OBJETO ..... 6
4. ALCANCES ..... 6
5. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 36 ..... 6
6. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO ..... 8
6.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE ..... 8
6.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA ..... 8
6.3 ENSAYES DE LABORATORIO ..... 8
6.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA ..... 9
6.5 MODELO GEOMECÁNICO ..... 10
7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN ..... 11
7.1 CARGAS ACTUANTES ..... 11
7.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN ..... 11
7.3 ESTADOS LÍMITE DE FALLA ..... 11
7.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO ..... 13
8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO ..... 15
8.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS ..... 15
8.2 PILAS ..... 15
8.3 EXCAVACIÓN ..... 17
8.4 MINAS ..... 18
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 19
10. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA ..... 22
11. ANEXO 2. PERFILES DE SONDEOS EJECUTADOS ..... 25
12. ANEXO 3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO ..... 27
13. ANEXO 4. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO, CONCÉNTRICA ..... 76
14. ANEXO 5. MEMORIA DE CÁLCULO ..... 78
15. ANEXO 6. RESULTADOS DE GEOFÍSICA (GEORADAR) ..... 93

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús ..... 7

## Índice de Tablas

Tabla 1. Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3 ..... 7
Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño ..... 10
Tabla 3 Valores de $N_{max}$ y $N_{min}$ ..... 12
Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación ..... 13
Tabla 5. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas ..... 14
Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas ..... 15

## Índice de Figuras

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

## 1. RESUMEN

**Antecedentes**. Con el propósito de cumplir con los términos de referencia del proyecto "CONSTRUCCIÓN CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES - LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3" DEL SISTEMA DE TRANSPORTE PUBLICO CABLEBÚS DE LA CIUDAD DE MÉXICO. El consorcio solicito a la empresa PGS PERFORACIÓN Y SUMINISTRO SA DE CV, realizar el estudio de mecánica de suelos para la Torre 36, que es una tipo concéntrica.

Para la exploración geotécnica se ejecutó un sondeo de penetración estándar (SPT-1, T-36), a una profundidad de 35.10 m, un sondeo de avance controlado (SAC-1, T-36), a una profundidad de 35.0 m, así como un estudio geofísico mediante el método de georadar, a una profundidad real de 15.0 m. Además de los resultados obtenidos de la exploración geotécnica realizada, también se incluyen los ensayes de laboratorio y su interpretación, para determinar las propiedades índice de los materiales y poder definir la estratigrafía del sitio. Para las propiedades mecánicas, se recurren a los resultados de las pruebas de ficómetro ejecutadas en las torres cercanas, así como correlaciones comúnmente utilizadas en mecánica de suelos. Todo lo anterior se empleará para la revisión del diseño geotécnico de la cimentación propuesta, que se considera factible para trabajar adecuadamente durante su vida útil. El diseño original es de la empresa PGS PERFORACIÓN Y SUMINISTRO SA DE CV y a solicitud de PROYECO, Ingenieros Cuevas Asociados hacen un compendio, que es el resultado del presente informe.

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

**Interpretación estratigráfica**:

**De 0.00 a 2.10 m. Arena gruesa a fina andesítica, limosa (SM),** en estado muy compacto, con gravillas aisladas, de color café claro. El contenido natural de agua varía de 24.0% a 29.9 %. El porcentaje de finos es de 23.6%, arena de 69.5% y grava de 6.9%. El número de golpes medido es mayor de 50.

**De 2.10 a 6.30 m. Limo de baja plasticidad (ML), arenoso**, de consistencia dura a muy dura, de color café-rojizo, con gravas aisladas de hasta $^3/_4$" de diámetro. La arena es andesítica. El contenido natural de agua varía de 25.9% a 35.7%. El porcentaje de finos varía de 50.1% a 58.7%, arena de 33.0% a 3[redacted] 8.3% a 10.0%. El Límite Líquido varía de 27.20% a 34.44% y el Límite Plá[redacted] 22.69% a 30.9[redacted] relativa de sólidos es de 2.522. El número de golpes medido en la pru[redacted]ación es[redacted] 25 a más de 50.

[redacted]

**De 6.30 a 10.50 m. Arena fina a media andesítica, limosa (SM),** en estado compacto a muy compacto, con gravas aisladas de hasta 3/4" de diámetro, de color café en tonos grisáceos. El contenido natural de agua varía de 6.7% a 26.0%. El porcentaje de finos varía de 12.5% a 13.0%, arena de 68.5% a 72.1% y grava de 15.0% a 19.0%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 42 a más de 50.

**De 10.50 a 11.70 m. Arena gruesa a fina andesítica, limosa (SM),** en estado semicompacto, con gravillas aisladas, de color café claro. El contenido natural de agua varía de 23.9% a 29.8%. El porcentaje de finos es de 48.5%, arena de 51.5% y grava de 0.0%. El número de golpes promedio es de 26.

**De 11.70 a 14.70 m. Arena pumítica limosa**, en estado semicompacto a compacto, de color gris claro. El contenido natural de agua varía de 22.9% a 67.4%. El porcentaje de finos es de 48.4%, arena de 51.2% y grava de 0.3%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 24 a 41.

**De 14.70 a 22.50 m. Limo de baja plasticidad (ML),** arenoso, de consistencia muy dura, de color café claro, intercalada con lentes de arena limosa compacta. La arena es andesítica. El contenido natural de agua varía de 23.1% a 32.7%. El porcentaje de finos varía de 54.0% a 68.3%, arena de 31.7% a 44.7% y grava de 0.0 a 1.3%. El Límite Líquido varía de 27.14% a 29.18% y el Límite Plástico de 23.53% a 24.90%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.465 a 2.473. El peso volumétrico natural es de $\gamma_m$= 1.823 ton/m$^3$. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 38 a más de 50.

**De 22.50 a 26.10 m. Arena gruesa a fina andesítica, limosa (SM),** en estado compacto a compacto, de color café claro, con gravas de hasta 1" de diámetro. El contenido natural de agua varía de 12.2% a 17.8%. El porcentaje de finos es de 19.9%, arena de 55.7% y grava de 24.4%. El número de golpes medido varía de 40 a más de 50.

**De 26.10 a 27.90 m. Arena gruesa a fina andesítica, limosa (SM)**, en estado semicompacto a compacto, con un lente de grava areno limosa, de color café en tonos claro y grisáceo. El contenido natural de agua varía de 10.9% a 161%. El porcentaje de finos es de 18.2%, arena de 60.8% y grava de 21.0%. El Límite Líquido es de 20.59% y el Límite Plástico de 18.19%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 25 a más de 50.

**De 27.90 a 31.50 m. Arena gruesa a fina andesítica, limosa (SM),** en estado compacto a muy compacto, con gravas, de color café en tonos claro y grisáceo. El contenido natural de agua varía de 16.4% a 18.9%. El porcentaje de finos varía de 21.0% a 23.5%%, arena de 55.9% a 67.6% y grava de 11.4% a 21.0%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 46 a más de 50.

**De 31.50 a 35.10 m. Limo arenoso (ML),** de consistencia dura, de color café claro, intercalado con lentes de arena limosa de compacidad media y compacta. El contenido natural de agua varía de 1[redacted] El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 23 a más de 50.

**Condiciones piezométricas.** Durante los trabajos de exploración no se det[redacted]ico se presenta a gran profundidad.

**Minas**. Durante los trabajos de exploración no se detectó la presencia de cavernas o fracturas en la masa de suelo. ***Sin embargo, de acuerdo con los resultados recientes del estudio geofísico; georadar, realizado en toda la envolvente de la torre, se presentan anomalías asociadas a la presencia de cavernas, entre 2.5 y 6.0 m. Así mismo, se toma en cuenta la posible presencia de cavernas entre 11.0 y 14.7 m, debido a la posible explotación de materiales pumíticos en estas profundidades.***

**Coeficiente sísmico**. Tomando en cuenta la posición de la Torre 26 y el software SASID, el coeficiente sísmico elástico es de 0.326, con una aceleración espectral, $a_0$= 0.119. Queda a juicio del Ingeniero estructurista los factores de hiperestaticidad, importancia, irregularidad y de sobre-resistencia para la obtención del espectro de diseño.

**Solución de cimentación**. Tomando en cuenta la importancia de la estructura; que es considerada TIPO A1, la posible existencia de cavernas; en ocasiones puntuales o cercanas a la torre, obliga a una solución de cimentación profunda a base de pilas de sección circular de 1.0 m de diámetro como mínimo, que trabajen por fricción y por punta. Aunque la capacidad de carga puede ser mayor a las cargas actuantes, es obligado y recomendable que el diámetro mínimo sea de 1.0 m, con la intención de que una vez que se haya terminado los trabajos de perforación, se realice una inspección visual en toda su longitud y en el piso del nivel del desplante. En caso de que se detecten cavernas, la profundidad de las pilas aquí recomendada deberá ser ajustada, así como los valores de la capacidad de carga.

***La profundidad de desplante de las pilas para la Torre 36 es de 20.0 m; respecto al nivel de terreno existente del punto central de la torre, con una longitud total de 18.0 m, considerando un dado de 2.0 m de peralte.***

**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.

[redacted]

## 2. 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 PGS PERFORACIÓN Y SUMINISTRO SA DE CV, realizar el presente estudio de mecánica de suelos para la Torre 36, del proyecto correspondiente al sistema de transporte urbano, Cablebús, [redacted]

La Torre 36; con coordenadas X= 479,684.7160; Y=2,146,405.8526, se ubica dentro del hospital militar [redacted]

## 3. OBJETO

Con base en los resultados de la exploración geotécnica, de las pruebas de laboratorio, de la geometría y de las cargas del proyecto, se determinaron las condiciones estratigráficas del sitio, así como la solución de cimentación y su nivel de desplante, la capacidad de carga reducida del suelo y los asentamientos que se presentarán en la masa. También el cumplimiento con la revisión de los estados límite de falla y de servicio. Todo lo anterior, en pleno cumplimiento de las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de cimentaciones (Ref. 1).

## 4. ALCANCES

En el presente informe se describen los criterios geotécnicos con los cuales se elaborará el proyecto ejecutivo de la Torre 36 del sistema Cablebús, L-3. Este documento contempla los criterios de diseño, el marco legal y la descripción del desarrollo de diseño de las Estaciones que conforman el proyecto [redacted]

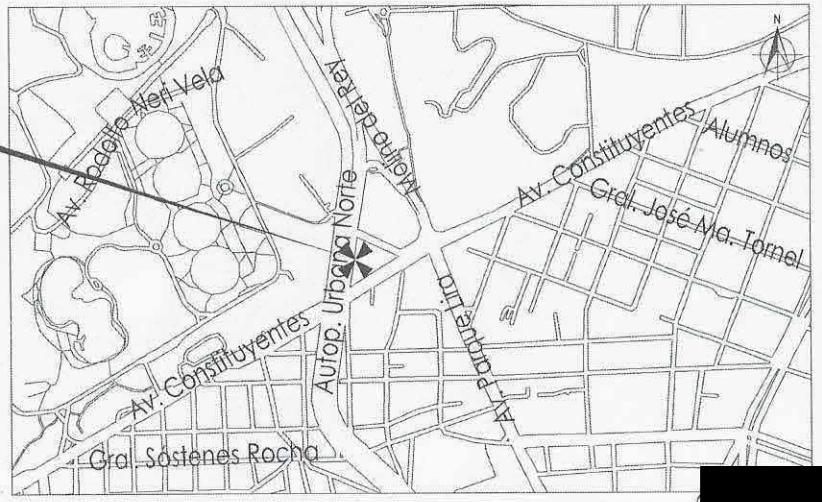
## 5. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 36

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

El proyecto será realizado en la demarcación territorial de Álvaro Obregón y Miguel Hidalgo, ub[redacted] zona centro – poniente de la Ciudad de México limitado al sur con las alcaldías de Magdalena [redacted] Tlalpan, oriente con la alcaldía de Benito Juárez y Cuauhtémoc, al norte con la alcaldía Azcapotz[redacted] con los municipios mexiquenses de Tecamachalco y Naucalpan de Juárez. La denominación y ubica[redacted] de cada una de las 6 estaciones se describe en la siguiente tabla:

Cablebús L-3, Torre 36

SITIO EN ESTUDIO



[redacted]

[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*

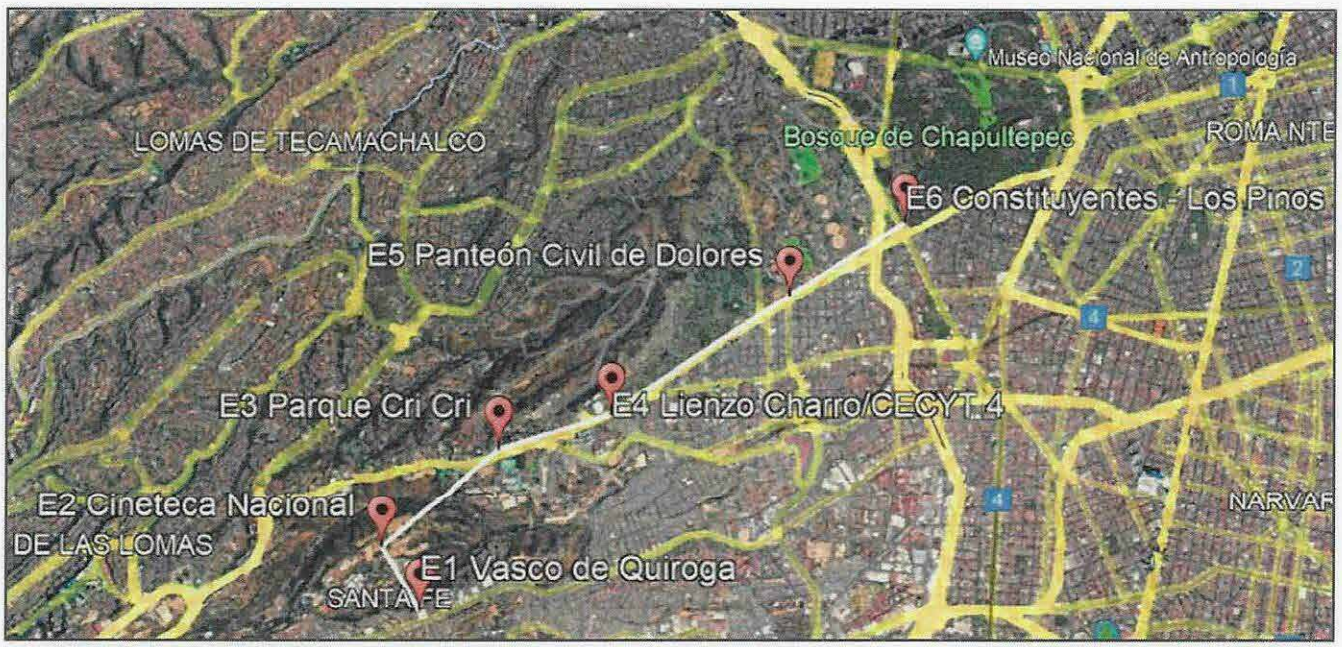



*Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del cablebús*

La Torre 36; con coordenadas X= 479,684.7160; Y=2,146,405.8526, se ubica d[redacted] Constituyentes, ubicado en Av Constituyentes 240, Ampliación Daniel Garza, Danie[redacted] Hidalgo, 11840 Ciudad de México.

## 6. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO

### 6.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE

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

### 6.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

Para definir las condiciones estratigráficas del sitio, se realizó un sondeo de penetración estándar, (SPT-1, T-36), a una profundidad máxima de 35.10 m. La técnica de penetración estándar consiste en el hincado a percusión de un muestreador de medidas estandarizadas (penetrómetro), dejando caer sobre este, un peso de 63.0 kg, desde una altura de 76 cm, contabilizando el número de golpes necesarios para hincar los 30 cm centrales del muestreador (Ref. 2).

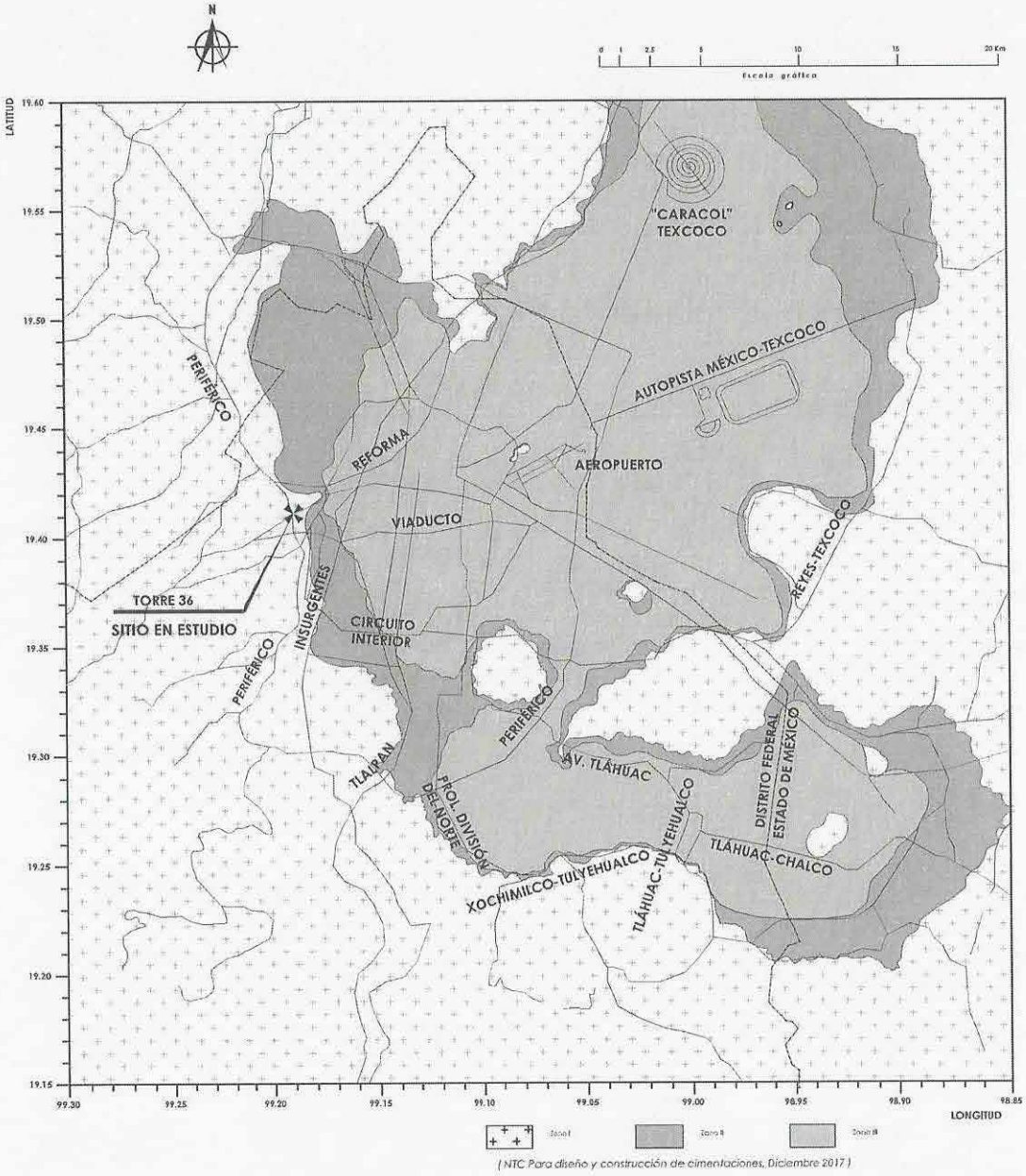
Así mismo, se ejecutó un sondeo de avance controlado, (SAC-1, T-36), a una profundidad de 35.0 m. El sondeo de avance controlado consiste en la medición del tiempo en segundos, para el avance de cada 10 cm de la perforación con broca tricónica de acero, de 2 15/16" de diámetro. Anotando la vibración, la presión y el color del lodo que se presenta durante la ejecución del sondeo. Los tiempos de avance ayudarán a identificar inconsistencias en la continuidad de la masa de suelo.
Como complemento a la exploración y debido a que la torre sufrió un desface de aproximadamente 5.0 m del punto en donde se realizaron los sondeos, se ejecutó un estudio geofísico con el método del georadar, a una profundidad máxima de 15.0 m; debido al tipo de material.
Para complementar el diseño de esta Torre, se tomaron en cuenta los resultados de las pruebas de ficómetro realizadas en torres cercanas, así como los resultados del sondeo de penetración estándar realizado en esta misma.

### 6.3 ENSAYES DE LABORATORIO

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

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

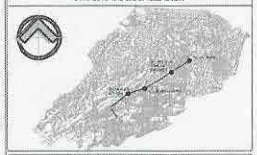
***En la Figura 1 se presenta la ubicación de los sondeos realizados, en el Anexo 1 se presenta una memo fotográfica con aspectos relevantes de los trabajos de campo, en el Anexo 2 se exhiben los perfiles de***




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

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

[redacted]

| No. | MODIFICACIÓN | FECHA | APROBO | Vo.Bo. |
|---|---|---|---|---|

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefe de Gobierno de la Ciudad de México
Dra. Claudia Sheinbaum Pardo

Secretaría de Obras y Servicios de la CDMX
Lic. Jesús Antonio Esteva Medina

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

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Ing. Mario Hernández Rosales Echeverría

Proyecto Ejecutivo Línea 3 Cablebús

DGOT-LPS-F-1-042-2022

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]

***sondeos realizados, en el Anexo 3 se presentan los resultados de las pruebas de laboratorio. Por su parte, en el Anexo 4 se presentan las cargas actuantes derivadas del diseño estructural. En el Anexo 5 se presenta el la memoria de cálculo y en el Anexo 6 se presenta el estudio geofísico.***

### 6.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA

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

**Corte estratigráfico A-A', con profundidades referidas al SPT-1, (Fig. 3):**

**De 0.00 a 2.10 m. Arena gruesa a fina andesítica, limosa (SM),** en estado muy compacto, con gravillas aisladas, de color café claro. El contenido natural de agua varía de 24.0% a 29.9 %. El porcentaje de finos es de 23.6%, arena de 69.5% y grava de 6.9%. El número de golpes medido es mayor de 50.

**De 2.10 a 6.30 m. Limo de baja plasticidad (ML), arenoso**, de consistencia dura a muy dura, de color café-rojizo, con gravas aisladas de hasta $^3/_4$" de diámetro. La arena es andesítica. El contenido natural de agua varía de 25.9% a 35.7%. El porcentaje de finos varía de 50.1% a 58.7%, arena de 33.0% a 39.8% y grava de 8.3% a 10.0%. El Límite Líquido varía de 27.20% a 34.44% y el Límite Plástico de 22.69% a 30.99%. La densidad relativa de sólidos es de 2.522. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 25 a más de 50.

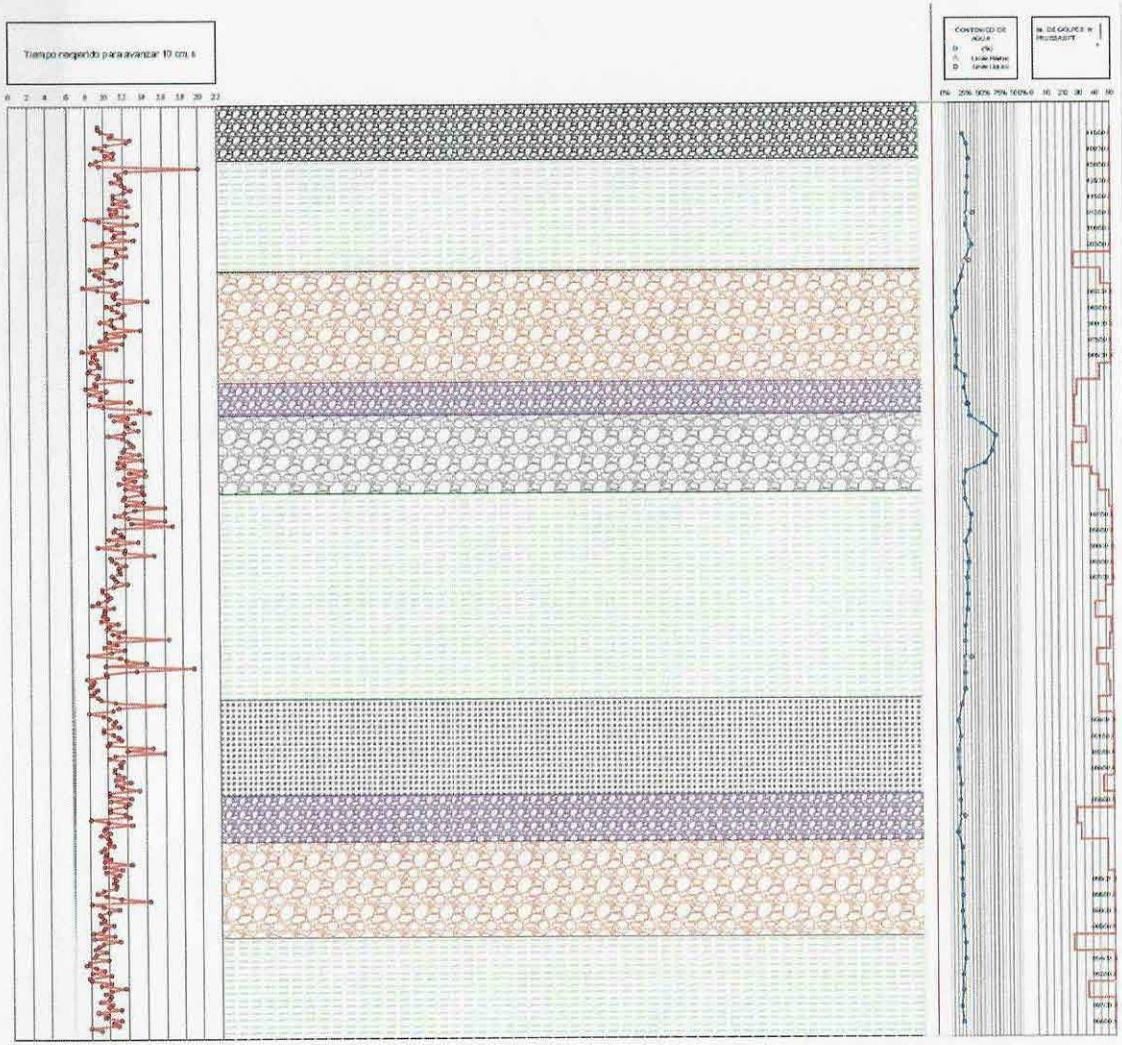
**De 6.30 a 10.50 m. Arena fina a media andesítica, limosa (SM),** en estado compacto a muy compacto, con gravas aisladas de hasta 3/4" de diámetro, de color café en tonos grisáceos. El contenido natural de agua varía de 6.7% a 26.0%. El porcentaje de finos varía de 12.5% a 13.0%, arena de 68.5% a 72.1% y grava de 15.0% a 19.0%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 42 a más de 50.

**De 10.50 a 11.70 m. Arena gruesa a fina andesítica, limosa (SM),** en estado semicompacto, con gravillas aisladas, de color café claro. El contenido natural de agua varía de 23.9% a 29.8%. El porcentaje de finos es de 48.5%, arena de 51.5% y grava de 0.0%. El número de golpes promedio es de 26.

**De 11.70 a 14.70 m. Arena pumítica limosa**, en estado semicompacto a compacto, de color gris claro. El contenido natural de agua varía de 22.9% a 67.4%. El porcentaje de finos es de 48.4%, arena de 51.2% y grava de 0.3%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 24 a 41.

**De 14.70 a 22.50 m. Limo de baja plasticidad (ML),** arenoso, de consistencia muy dura, de color [redacted] intercalada con lentes de arena limosa compacta. La arena es andesítica. El contenido natural de [redacted] de 23.1% a 32.7%. El porcentaje de finos varía de 54.0% a 68.3%, arena de 31.7% a 44.7% y grav[redacted] 1.3%. El Límite Líquido varía de 27.14% a 29.18% y el Límite Plástico de 23.53% [redacted] de sólidos varía de 2.465 a 2.473. El peso volumétrico natural es de $\gamma_m$= 1.823 [redacted] mero[redacted] medido en la prueba de penetración estándar varía de 38 a más de 50.

**De 22.50 a 26.10 m. Arena gruesa a fina andesítica, limosa (SM),** en estado co[redacted]pact[redacted] café claro, con gravas de hasta 1" de diámetro. El contenido natural de agua varía de 12.2% a [redacted]

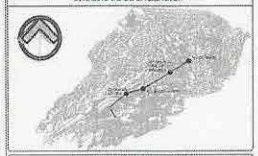



## Simbología

- Arena gruesa a fina, limosa, de origen piroclástico, compacta, con gravillas aisladas, de color café claro
- Limo arenoso de baja plasticidad, de origen piroclástico, de consistencia dura, de color café-rojizo, con gravas aisladas de hasta 3/4" de diámetro
- Arena fina a media, limosa, de origen piroclástico, de compacta a muy compacta, con gravas aisladas de hasta 3/4" de diámetro, de color café en tonos grisáceos
- Arena gruesa a fina, limosa, de origen piroclástico, de compacidad media, con gravillas aisladas, de color café claro
- Arena pumítica limosa, se compacidad media a compacta, de color gris claro
- Grava con granos de hasta 1" de diámetro, empacada en una matriz de arena gruesa a fina, limosa, de origen piroclástico, de compacta a muy compacta, de color café claro

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

[redacted]

| No. | MODIFICACIÓN | FECHA | APROBÓ | Vo.Bo. |
|---|---|---|---|---|

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefe de Gobierno de la Ciudad de México
Dra. Claudia Sheinbaum Pardo

Secretaría de Obras y Servicios de la CDMX
Lic. Jesús Antonio Esquivel Utrilla

Dirección General de Obras para el Transporte
Ing. Francisco Javier Avila Ruiz

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Arq. Martín Rodolfo Navarro Cárdenas

Proyecto Ejecutivo: Línea 3 Cablebús

DGOT-LPI-F-1-043-2022

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

[redacted]

porcentaje de finos es de 19.9%, arena de 55.7% y grava de 24.4%. El número de golpes medido varía de 40 a más de 50.

**De 26.10 a 27.90 m. Arena gruesa a fina andesítica, limosa (SM)**, en estado semicompacto a compacto, con un lente de grava areno limosa, de color café en tonos claro y grisáceo. El contenido natural de agua varía de 10.9% a 161%. El porcentaje de finos es de 18.2%, arena de 60.8% y grava de 21.0%. El Límite Líquido es de 20.59% y el Límite Plástico de 18.19%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 25 a más de 50.

**De 27.90 a 31.50 m. Arena gruesa a fina andesítica, limosa (SM),** en estado compacto a muy compacto, con gravas, de color café en tonos claro y grisáceo. El contenido natural de agua varía de 16.4% a 18.9%. El porcentaje de finos varía de 21.0% a 23.5%%, arena de 55.9% a 67.6% y grava de 11.4% a 21.0%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 46 a más de 50.

**De 31.50 a 35.10 m. Limo arenoso (ML),** de consistencia dura, de color café claro, intercalado con lentes de arena limosa de compacidad media y compacta. El contenido natural de agua varía de 14.9% a 20.9%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 23 a más de 50.

**Minas**. Durante los trabajos de exploración no se detectó la presencia de cavernas o fracturas en la masa de suelo. ***Sin embargo, de acuerdo con los resultados recientes del estudio geofísico; georadar, realizado en toda la envolvente de la torre, se presentan anomalías asociadas a la presencia de cavernas, entre 2.5 y 6.0 m. Así mismo, se toma en cuenta la posible presencia de cavernas entre 11.0 y 14.7 m, debido a la posible explotación de materiales pumíticos en estas profundidades.***

**Coeficiente sísmico**. Tomando en cuenta la posición de la Torre 36 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 siguiente y son resultados de los resultados de la exploración geotécnica, laboratorio, pruebas de ficómetro realizadas en torres cercanas y correlaciones comúnmente utilizadas en mecánica de suelos. [redacted] orrelaciones se presentan en la memoria de cálculo:

*Tabla 2. Modelo geomecánico de diseño*

| Unidad | Profundidad(m) | γ (t/m³) | c (t/m²) | ϕ° | E (kg/cm²) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.0 a 2.1 | 1.70 | 2.0 | 37 | 850 |
| 2 | 2.1 a 2.5 | 1.65 | 2.0 | 37 | 850 |
| | 2.5 a 6.3 | Anomalías asociadas a presencia de cavernas (geofísica) | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 6.3 a 10.5 | 1.70 | 10.0 | 34 | 600 |
| | 10.5 a 14.7 | Hipótesis de presencia de caverna, por explotación de material pumítico | | | |
| 4 | 14.7 a 22.5 | 1.70 | 11.0 | 30 | 400 |
| 5 | 22.5 a 26.1 | 1.75 | 7.5 | 38 | 600 |
| 6 | 26.1 a 27.9 | 1.60 | 5.0 | 30 | 250 |
| 7 | 27.9 a 31.5 | 1.75 | 5.0 | 37 | 600 |
| 8 | 31.5 a 35.1 | 1.70 | 7.0 | 30 | 500 |

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

## 7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

**Datos del proyecto**. La Torre 36; con coordenadas X= 479,684.7160; Y=2,146,405.8526, se ubica dentro del hospital militar Constituyentes, ubicado en Av Constituyentes 240, Ampliación Daniel Garza, Daniel Garza al Poniente, Miguel Hidalgo, 11840 Ciudad de México. De acuerdo con la información recibida, esta estructura tendrá una altura aproximada de 46.0 m sobre el nivel de banqueta y será una torre concéntrica.

### 7.1 CARGAS ACTUANTES

Las cargas actuantes que se determinaron en el análisis estructural de la Torre 36; que corresponde con una torre concéntrica, se presenta en el Anexo 4.

### 7.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN

Tomando en cuenta la importancia de la estructura; que es considerada TIPO A1, la posible existencia de cavernas; en ocasiones puntuales o cercanas a la torre, obliga a una solución de cimentación profunda a base de pilas de sección circular de 1.0 m de diámetro como mínimo, que trabajen por fricción y por punta.
Aunque la capacidad de carga puede ser mayor a las cargas actuantes, es obligado y recomendable que el diámetro mínimo sea de 1.0 m, con la intención de que una vez que se haya terminado los trabajos de perforación, se realice una inspección visual en toda su longitud y en el piso del nivel del desplante. En caso de que se detecten cavernas, la profundidad de las pilas aquí recomendada deberá ser ajustada, así como los valores de la capacidad de carga.

***La profundidad de desplante de las pilas para la Torre 36 es de 20.0 m; respecto al nivel de terreno existente del punto central de la torre, con una longitud total de 18.0 m, consid[redacted] 2.0 m de peralte.***

### 7.3 ESTADOS LÍMITE DE FALLA

**Capacidad de carga reducida.** La capacidad de carga de las pilas fue de[redacted]e la [redacted] 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:

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

Donde:

$p'_v$ esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 32.0 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 32.0 t/m$^2$

Con:

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

Cuando

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

O bien

$$N_q{}^* = N_{máx} \tag{5}$$

Cuando

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

Donde:

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

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

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

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

Por su parte, la capacidad de carga por fricción se determinó mediante la siguiente expresión (Ref. 1):

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

Donde:

$P_p$ perímetro de la pila, m
$F_R$ factor de resistencia, igual a 0.65
$L_i$ longitud de la pila en el estrato de interés, m
$\alpha_i$ coeficiente de adherencia suelo-pila
$\beta_i$ coeficiente de fricción

$c_{ui}$ cohesión media de cada estrato, t/m$^2$

$\bar{p}_{vi}$ esfuerzos efectivos a la profundidad media del estrato de interés, t/m$^2$

Con

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

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

$$C_{te}=C_f+ 0.65\ W_p \tag{9}$$

Donde:

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

las demás literales ya fueron definidas

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

*Tabla 4. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación*

| D (m) | Wp (t) | $C_p$ (t) | $C_f$ (t) | R (t) | $C_{te}$ (t) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 33.9 | 334.0 | 255.6 | 555.7 | 277.7 |
| 1.2 | 48.9 | 480.9 | 306.7 | 738.8 | 338.5 |
| 1.4 | 66.5 | 654.6 | 357.9 | 946.0 | 401.1 |

Las capacidades de carga reducida, R, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a compresión y las capacidades a la tensión, $C_{te}$, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a tensión. ***Cabe mencionar que las capacidades de carga por punta de las pilas, están limitadas a un esfuerzo de 900 t/m$^2$, para evitar la concentración de esfuerzos y el desarrollo de asentamientos excesivos.***

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

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

Donde:

$\delta$ deformación total de la pila, cm

L longitud efectiva de la pila, igual a 1,800 cm

D diámetro de la pila, cm

$E_s$ módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 350 kg/cm$^2$

**$E_c$ módulo de elasticidad del concreto, igual a 261,916 kg/cm$^2$, para f'c= 350 kg/cm$^2$**

con

$$E_c=14{,}000\sqrt{f'c} \tag{11}$$

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

$$k_v=\frac{q}{\delta} \tag{12}$$

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 (12), 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) |
|---|---|---|---|
| 1.0 | 3.1 | 129.3 | 16.5 |
| 1.2 | 3.6 | 145.8 | 12.9 |
| 1.4 | 4.2 | 162.0 | 10.5 |

**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

$$k_h=0.2768\,k_2\,\frac{z}{B} \tag{13}$$

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 siguiente se muestran los módulos de reacción horizontal para las pilas de cimentación

*Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para pilas*

| Profundidad (m) | N | z (m) | k2 | kh (kg/cm³) B (m) 1.00 | 1.2 | 1.4 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.0 a 6.3 | - | - | - | Anomalías asociadas a cavernas (geofísica) | | |
| 6.3 a 10.5 | 30 | 6.4 | 47.00 | 8.33 | 6.94 | 5.95 |
| 10.5 a 14.7 | - | - | - | Hipóstesis de caverna (por explotación de arena pumítica) | | |
| 14.7 a 20.0 | 40 | 15.35 | 63.00 | 26.77 | 22.31 | 19.12 |

*Tabla 6. Módulos de reacción horizontal para dado*

| Profundidad (m) | N | z (m) | k2 | kh (kg/cm³) B (m) 4.50 |
|---|---|---|---|---|
| 0.0 a 2.0 | 10 | 1 | 13.00 | 0.08 |

## 8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

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

### 8.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS

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 y todos los preparativos necesarios que permitan trabajar sin dañar colindancias, instalaciones de servicios, etc.

b) Concluidos los trabajos anteriores, se procederá con los trabajos d[redacted] cimentación.

### 8.2 PILAS

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

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

**b)** Enseguida se realizará la perforación en seco, hasta el nivel de desplante de proyecto. **Es importante mencionar que cada una de las pilas con diámetro mínimo de 1.0 m; sea para mástiles o estación, deberán ser inspeccionada en toda su longitud, por un supervisor geotécnico y verificar el estado de las paredes y fondo, en busca de indicios de minas adicionales a las ya consideradas.**

c) Durante la perforación de las pilas, se deberá reducir las vibraciones lo máximo posible y evitar el movimiento y posicionamiento brusco de equipo pesado.

d) El concreto para la construcción de las pilas será de una $f'_c$= 350 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$^2$.

e) Para garantizar el recubrimiento mínimo de 7.5 cm, es indispensable el empleo de silletas y "poyos" de concreto o plástico; sus dimensiones serán de 7.5x7.5x10.0 cm y se colocarán longitudinalmente a cada 2.0 m.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

l) Es indispensable llevar un registro en donde se anote: 1) la ubicación del ap[redacted] que se terminó la perforación y la profundidad alcanzada; 4) fecha y hora e[redacted] el colado. **Cada pila deberá ser liberada por un supervisor, una vez que se [redacted] de las paredes y piso para la posible existencia de minas.**

## 8.3 EXCAVACIÓN

De acuerdo con el preliminar del diseño estructural, el dado de cimentación para las torres tiene una 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 la profundidad máxima de 2.0 m, con taludes con una inclinación de 70° respecto a la horizontal, protegiendo las paredes contra intemperismo, con zampeado de mortero (Fig. 4).

b) Al llegar a la profundidad máxima, se realizará el descabece de las pilas de cimentación y en el fondo de la excavación se colocará una plantilla de concreto pobre con una f'c= 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 o relleno con calidad de terraplén, compactado al 95% de su P.V.S.M.

## 8.4 MINAS

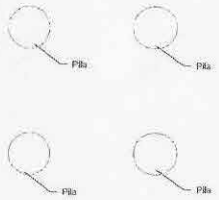
A pesar de que con la exploración geotécnica y geofísica realizados no se detectaron indicios de la presencia de cavernas o fracturas en la masa de suelo, es posible que este tipo de afectaciones se detecten durante los trabajos de excavación y perforación de pilas. Por esta razón, se procederá como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

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

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

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

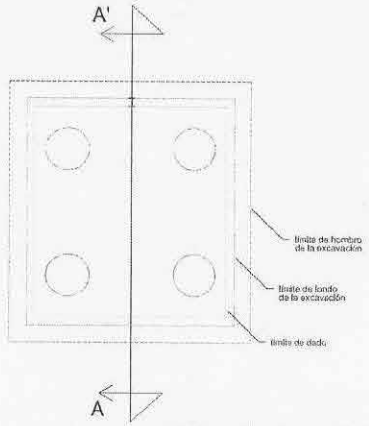
**d) En cualquiera de las posibilidades, se deberá revisar nuevamente la capacidad de [redacted] garantizar su estabilidad ante las cargas actuantes.**

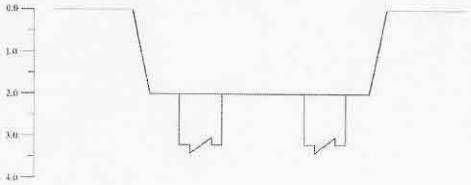



1) Una vez que se tenga el area liberada se procederá con la reubicación las instalaciones que se encuentren dentro del área de afectación.

2) Posteriormente se realizará la perforación y el colado de las pilas de cimentación. Previa inspección por un supervisor en mecánica de suelos verificando las paredes y fondo de las perforaciones. En caso de que se presenten minas subterráneas y/o oquedades importantes, se deberá tener en campo lámina para crear un encamisado en caso de que efectivamente se presenten antiguas minas en esta zona. Esta camisa se colocará durante el habilitado del acero para cada una de las pilas (Ver Fotos 1 y 2 del estudio, apartado 8.4). Esta lámina servirá como ademe perdible, para poder realizar el colado de los elementos de cimentación. La lámina se suelldará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubrimiento de proyecto.

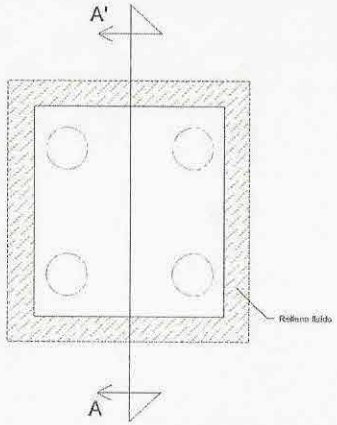
3) En caso de que se presenten condiciones diferentes a las consideradas en el estudio, se dará aviso inmediato al área de geotecnia, para revisar nuevamente la profundidad de desplante y las capacidades de carga.

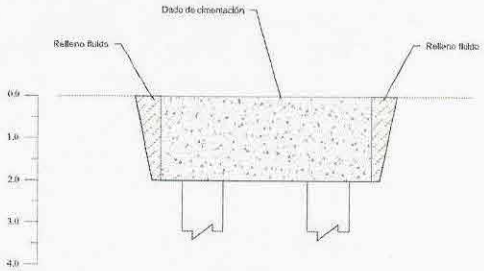



Corte A-A'

4) Colados las pilas, 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/m² en la corona de los cortes, por lo que se deberá evitar la colocación de equipos pesados en esta zona.




Corte A-A'

5) Al llegar a la profundidad máxima para el dado: 2.0 m, se realizará el descabeze 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/cm², para proceder con el habilitado del acero de refuerzo para el dado de cimentación.

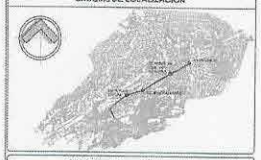
6) Posteriormente se realizará el colado del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la superestructura.

7) El espacio entre el perímetro del dado y los taludes de la excavación será rellenado con relleno fluido. O bien, con material con calidad de banco, compactado al 95% de su P.V.S.M.

[redacted]

CABLEBÚS LÍNEA 3, VASCO DE QUIROGA - LOS PINOS

CROQUIS DE LOCALIZACIÓN



CROQUIS DE ESTACIÓN/TRAMO

SIMBOLOGÍA

[redacted]

| NO. | MODIFICACIÓN | FECHA | APROBÓ | VIS.BL. |
|---|---|---|---|---|

GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO
SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS

Jefe de Gobierno de la Ciudad de México
Lic. Claudia Sheinbaum Pardo

Secretario de Obras y Servicios de la CDMX
Mtro. Héctor Arturo Escobar Martínez

Dirección General de Obras para el Transporte
Ing. Pablo Gómez Jiménez Ch. Ing. Agrim.

Dirección Ejecutiva de Proyectos Especiales
Ing. Mario Humberto Navarro Camacho

Proyecto Cuerdas Línea 3 Cablebús

DGOTAPM-I-042022

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]

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

3. Órgano de difusión del gobierno de la Ciudad de México. **Normas Técnicas Complementarias para el Diseño por Sismo.** Gaceta Oficial De La Ciudad de México, Vigésima época, Tomo I, diciembre de 2017.
4. Tamez, E. **Ingeniería de Cimentaciones**, Ed. tgc geotecnia 2001.

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

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

[redacted]

PARA USO EXCLUSIVO DEL PROYECTO INTEGRAL DE LA "CONSTRUCCIÓN DE TRANSPORTE SUSTENTABLE (CABLEBÚS), QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES, SISTEMA DE TRANSPORTE CIUDADANO PÚBLICO CABLEBÚS LÍNEA 3"

[redacted]

[redacted]

PARA USO
INTEGRAL
TRANS
QUIROG
CABLEBÚS L
PÚBLICO CABL

[redacted]

# 10. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA

[redacted]

**Foto No. 1.1 Instalación del equipo de perforación en el punto del sondeo SPT-9.**

**Foto No. 1.2 Exploración y muestreo del sondeo mecánico directo SPT-9**

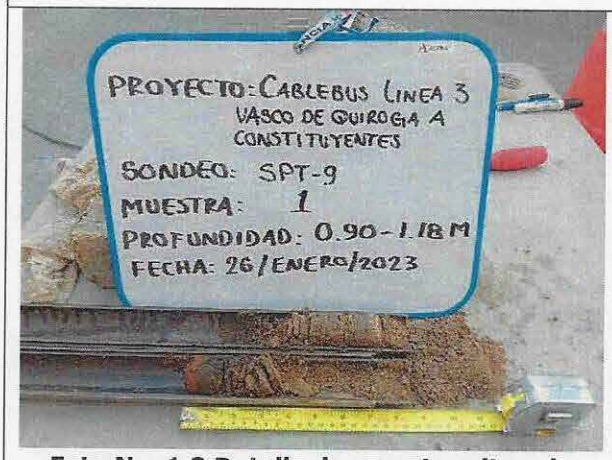



**Foto No. 1.3 Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 0.90 a 1.18 m en el sondeo SPT-9.**

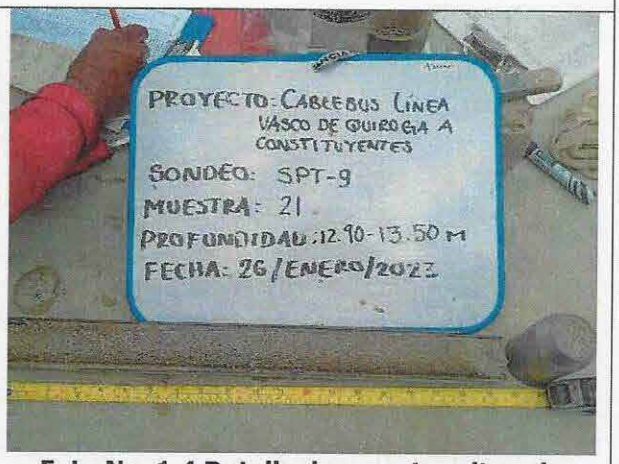



**Foto No. 1.4 Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 12.90 a 13.50 m en el sondeo SPT-9.**

**Foto No. 1.5 Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 21.30 a 21.90m en el sondeo SPT-9.**

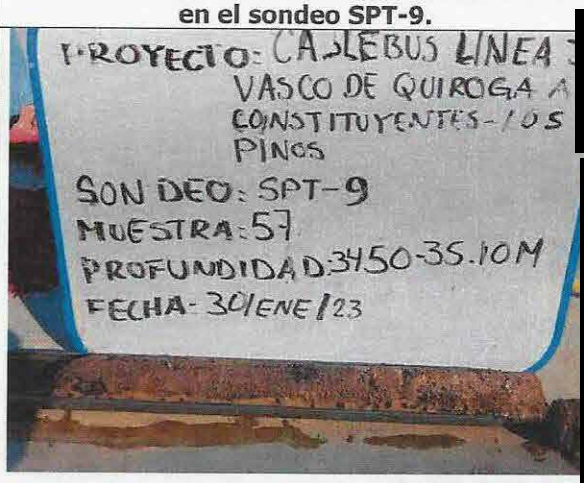



**Foto No. 1.6 Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 34.50 a 35.10 m en el sondeo SPT-9.**

[redacted]

**Foto No. 1.7 Instalación del equipo de perforación en el punto del sondeo SAC-9A.**

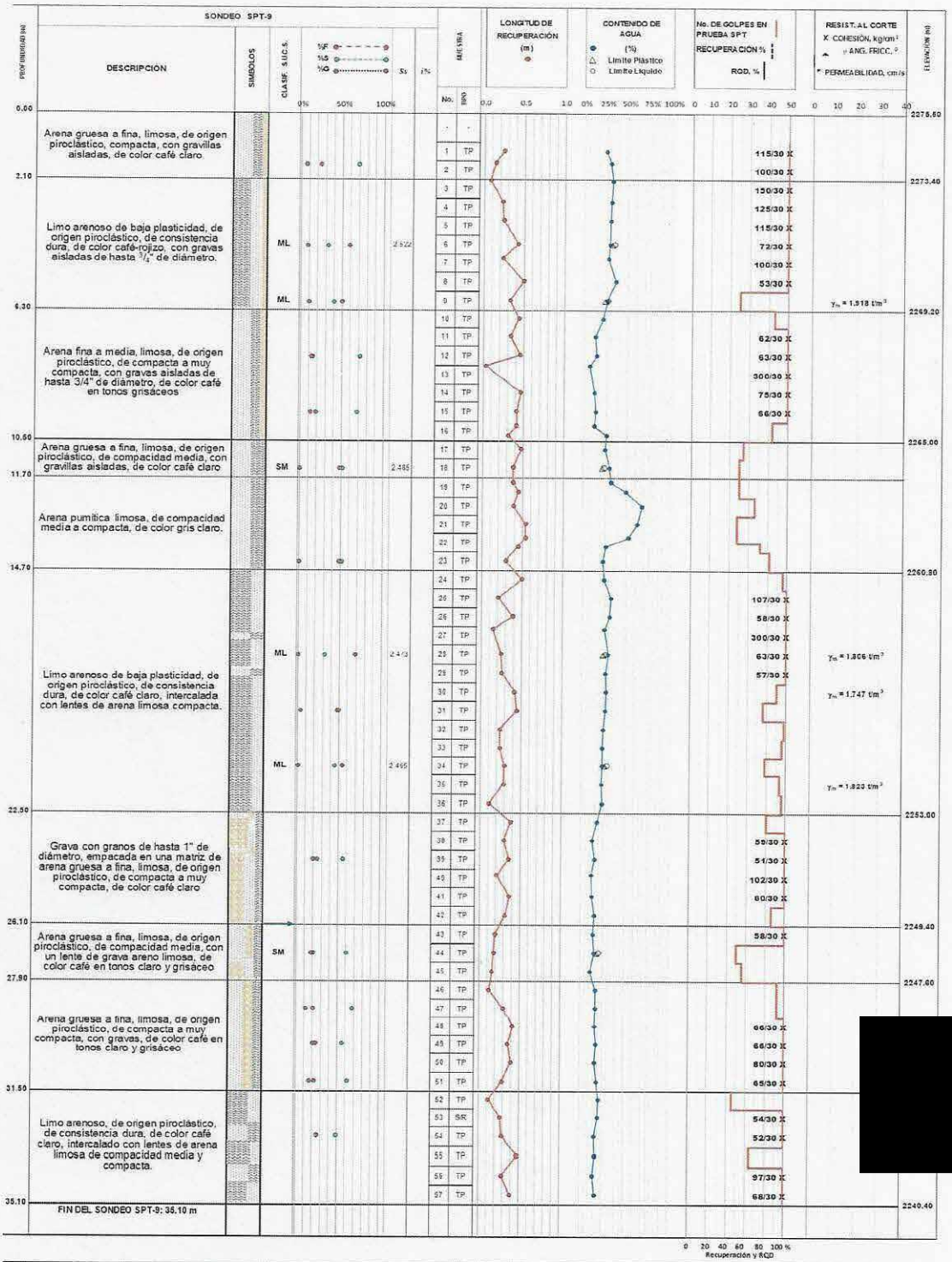
**Foto No. 1.8 Exploración del subsuelo con el sondeo mecánico directo SAC-9A**

[redacted]

# 11. ANEXO 2. PERFILES DE SONDEOS EJECUTADOS

[redacted]

[redacted]


SONDEO SPT-9
PROFUNDIDAD (m)
DESCRIPCIÓN
SIMBOLOS
CLASIF. S.U.C.S.
%F %S %G Ss i%
MUESTRA
No.
TIPO
LONGITUD DE RECUPERACIÓN (m)
CONTENIDO DE AGUA (%)
Límite Plástico
Límite Líquido
No. DE GOLPES EN PRUEBA SPT
RECUPERACIÓN %
RQD, %
RESIST. AL CORTE
X COHESIÓN, kg/cm²
ANG. FRICC.
PERMEABILIDAD, cm/s
ELEVACIÓN (m)
0.00
Arena gruesa a fina, limosa, de origen piroclástico, compacta, con gravillas aisladas, de color café claro
2.10
Limo arenoso de baja plasticidad, de origen piroclástico, de consistencia dura, de color café-rojizo, con gravas aisladas de hasta 3/4" de diámetro.
ML
2.522
6.30
Arena fina a media, limosa, de origen piroclástico, de compacta a muy compacta, con gravas aisladas de hasta 3/4" de diámetro, de color café en tonos grisáceos
10.60
Arena gruesa a fina, limosa, de origen piroclástico, de compacidad media, con gravillas aisladas, de color café claro
SM
2.485
11.70
Arena pumítica limosa, de compacidad media a compacta, de color gris claro.
14.70
Limo arenoso de baja plasticidad, de origen piroclástico, de consistencia dura, de color café claro, intercalada con lentes de arena limosa compacta.
ML
2.473
2.465
22.50
Grava con granos de hasta 1" de diámetro, empacada en una matriz de arena gruesa a fina, limosa, de origen piroclástico, de compacta a muy compacta, de color café claro
26.10
Arena gruesa a fina, limosa, de origen piroclástico, de compacidad media, con un lente de grava areno limosa, de color café en tonos claro y grisáceo
SM
27.90
Arena gruesa a fina, limosa, de origen piroclástico, de compacta a muy compacta, con gravas, de color café en tonos claro y grisáceo
31.50
Limo arenoso, de origen piroclástico, de consistencia dura, de color café claro, intercalado con lentes de arena limosa de compacidad media y compacta.
35.10
FIN DEL SONDEO SPT-9: 35.10 m
115/30
100/30
150/30
125/30
115/30
72/30
100/30
53/30
$\gamma_m$ = 1.918 t/m³
62/30
63/30
300/30
75/30
66/30
107/30
58/30
300/30
63/30
57/30
$\gamma_m$ = 1.806 t/m³
$\gamma_m$ = 1.747 t/m³
$\gamma_m$ = 1.823 t/m³
59/30
51/30
102/30
60/30
58/30
66/30
66/30
80/30
65/30
54/30
52/30
97/30
68/30
2275.60
2273.40
2269.20
2265.00
2260.80
2253.00
2249.40
2247.60
2240.40
0 20 40 60 80 100 %
Recuperación y RQD
SIMBOLOGÍA
ARENA
CONCRETO HIDRAULICO
RIOLITA
PÉRDIDA DE AGUA
ARCILLA
LIMO
GRAVA
CAPA SUPERFICIAL
NOMENCLATURA
X 50/10 30 golpes para penetrar 10 cm
F = Porcentaje de finos
S = Porcentaje de arena
G = Porcentaje de grava
T.P. Muestreo con Penetración Estándar
S/R = Sin Recuperación
COORDENADAS DEL SONDEO
E= 479.687
N= 2'146.407
Z= 2275.50
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES – LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3.
PERFIL ESTRATIGRÁFICO SONDEO SPT-9 (TORRE -36)
CDMX, Febrero de 2023
Figura No. 7

[redacted]

# 12. ANEXO 3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO

[redacted]

ema
entidad mexicana de acreditación a.c.

ACREDITA
A *

[redacted]

Construcción*

Acreditación No: C-0876-157/17.
Vigente a partir del: 2017/10/11.

[redacted]

ilac-MRA ema [redacted]

*20LP1888 Actualización de la Norma de Acreditación vigente a partir del 2020/07/27.
Siempre que se presente este documento como evidencia de acreditación, debera estar acompañado del an
Para verificar el estatus de la vigencia de este certificado, consultar la página electrónica de la ema.

acreditación
Documento informativo

X = 479,687, Y = 2'146,407, Z = 2,275.50

# SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

PROYECTO: Cablebús L-3, Torre 36
LOCALIZACIÓN: Av. Constituyentes Cablebús Línea 3
SONDEO: SPT-9
PROF. EXPLORADA: 35.10 m
PROF. NAF: No se detectó

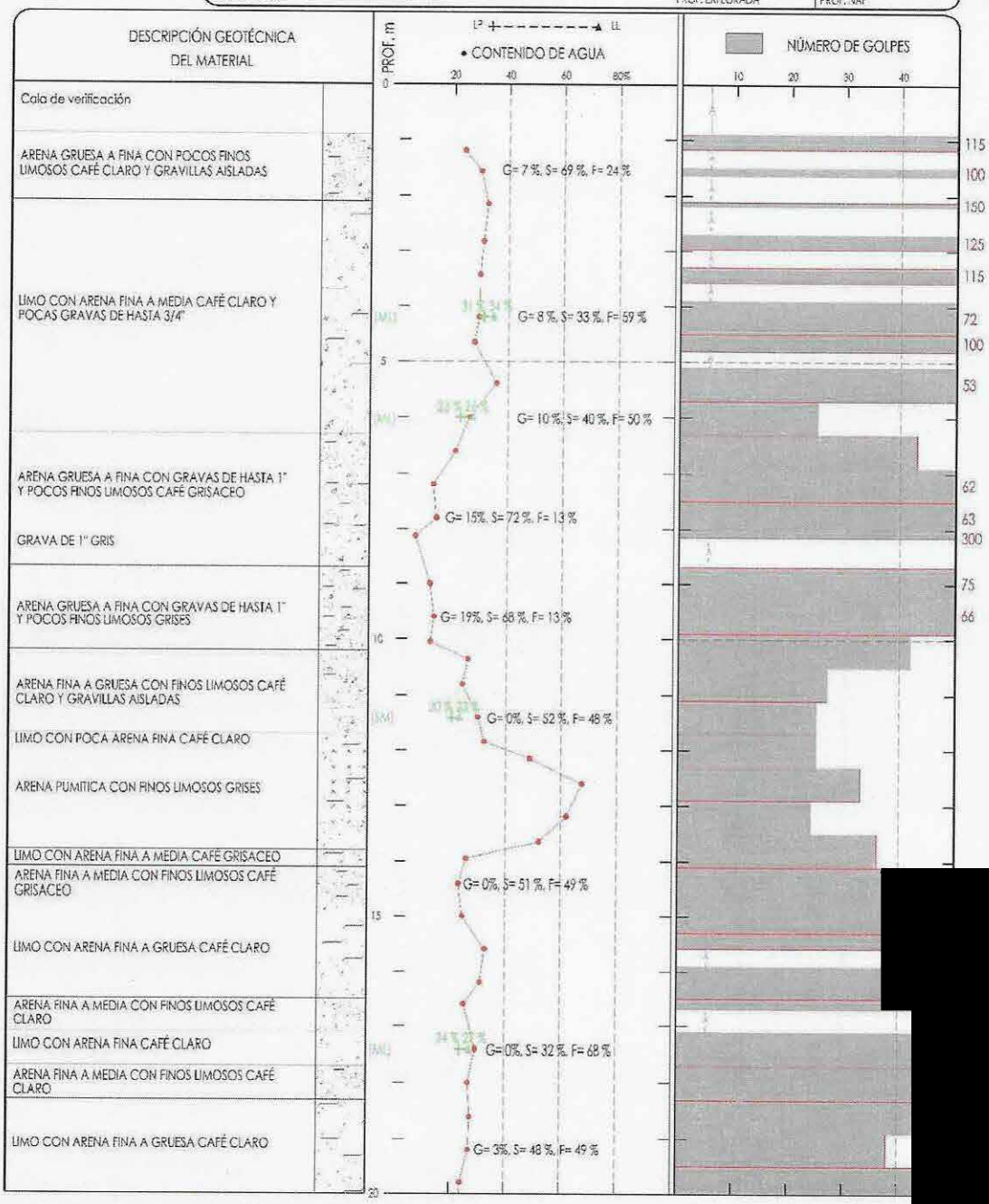
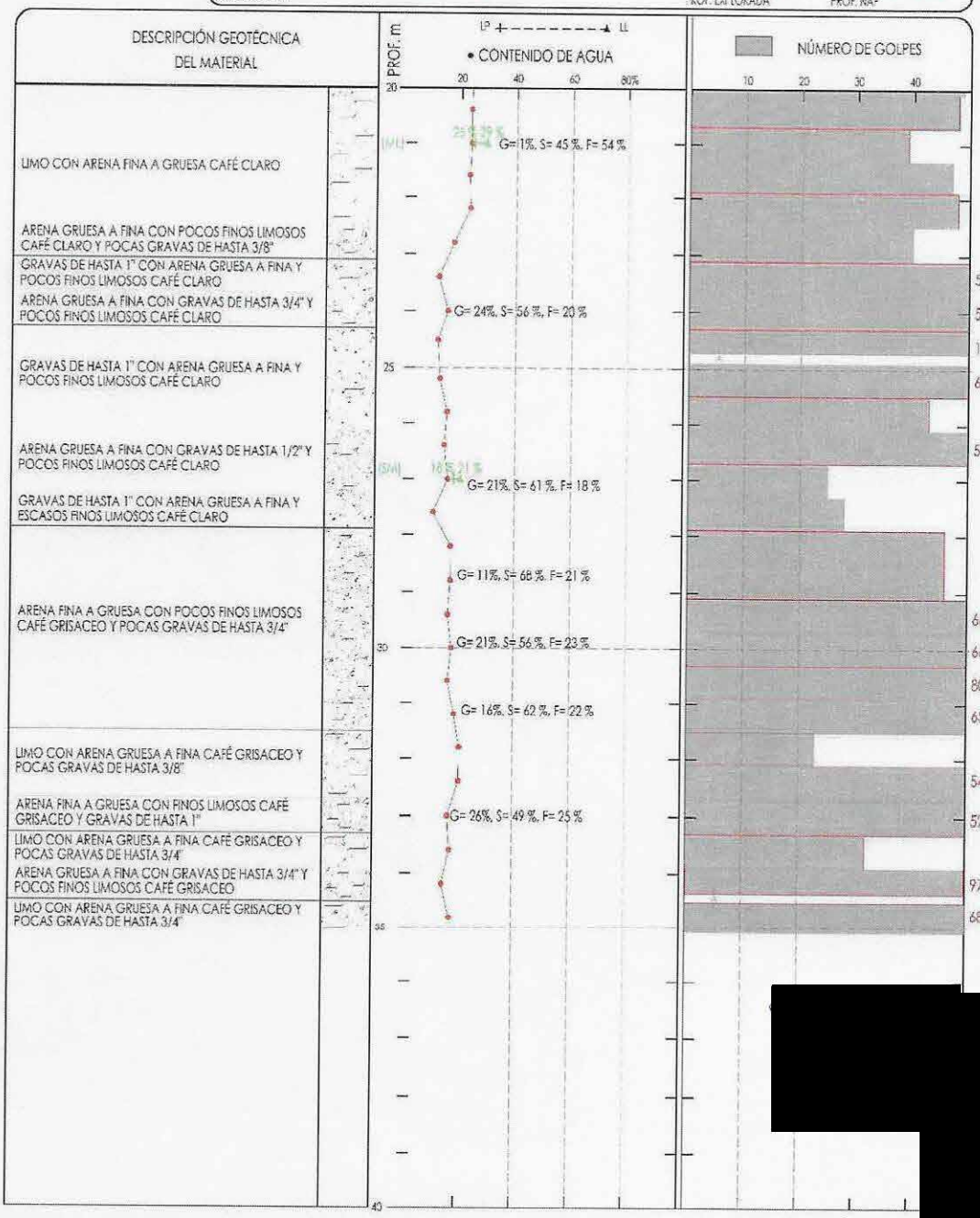



Fig. 3

[redacted]

## SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

PROYECTO: Cablebús L-3, Torre 36
LOCALIZACIÓN: Av. Constituyentes Cablebús Línea 3
SONDEO: SPT-9
PROF. EXPLORADA: 35.10 m
PROF. NAF: No se detectó




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

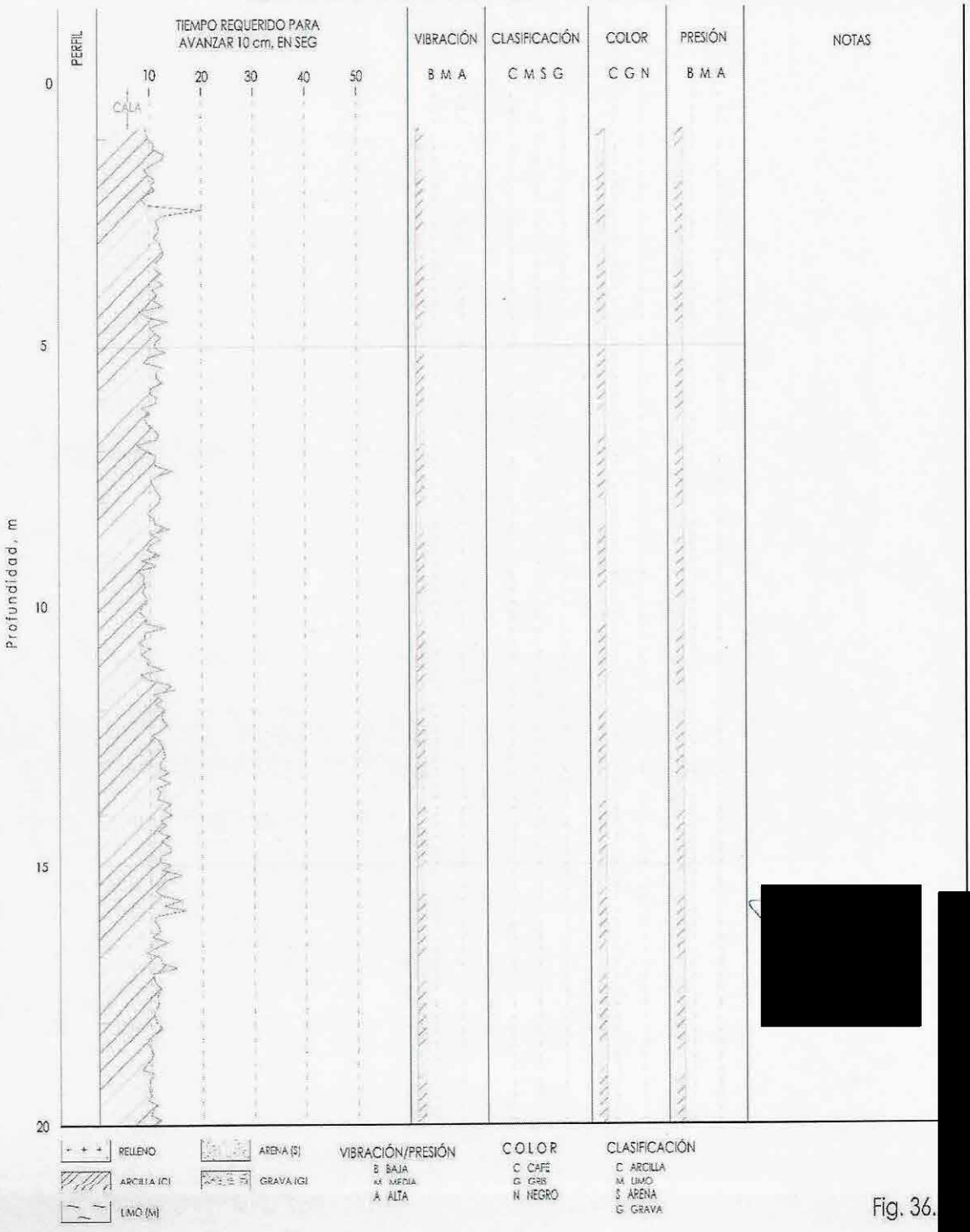
OH = LIMO ORGÁNICO
CV = CENIZA VOLCÁNICA
VV = VIDRIO VOLCÁNICO
LP = LÍMITE PLÁSTICO
LL = LÍMITE LÍQUIDO
S = PORCENTAJE DE ARENAS
F = PORCENTAJE DE FINOS
G = PORCENTAJE DE GRAVAS
PH = PESO DE HERRAMIENTA
RH = REBOTE DE HERRAMIENTA
TS = TUBO SHELBY
TD = TUBO DENTADO
A = AVANCE CON BROCA TRICÓNICA
NAF =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

Fig. 3

[redacted]

# SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| OBRA | CABLEBÚS L-3, T-36 | OPERADOR/SUPERVISOR | Hugo Pérez | EQUIPO | LONGYEAR-34 |
| LOCALIZACIÓN | Av. Constituyentes Cablebús Línea 3 | FECHA | 01/02/2023 | SONDEO | SAC- 9 |



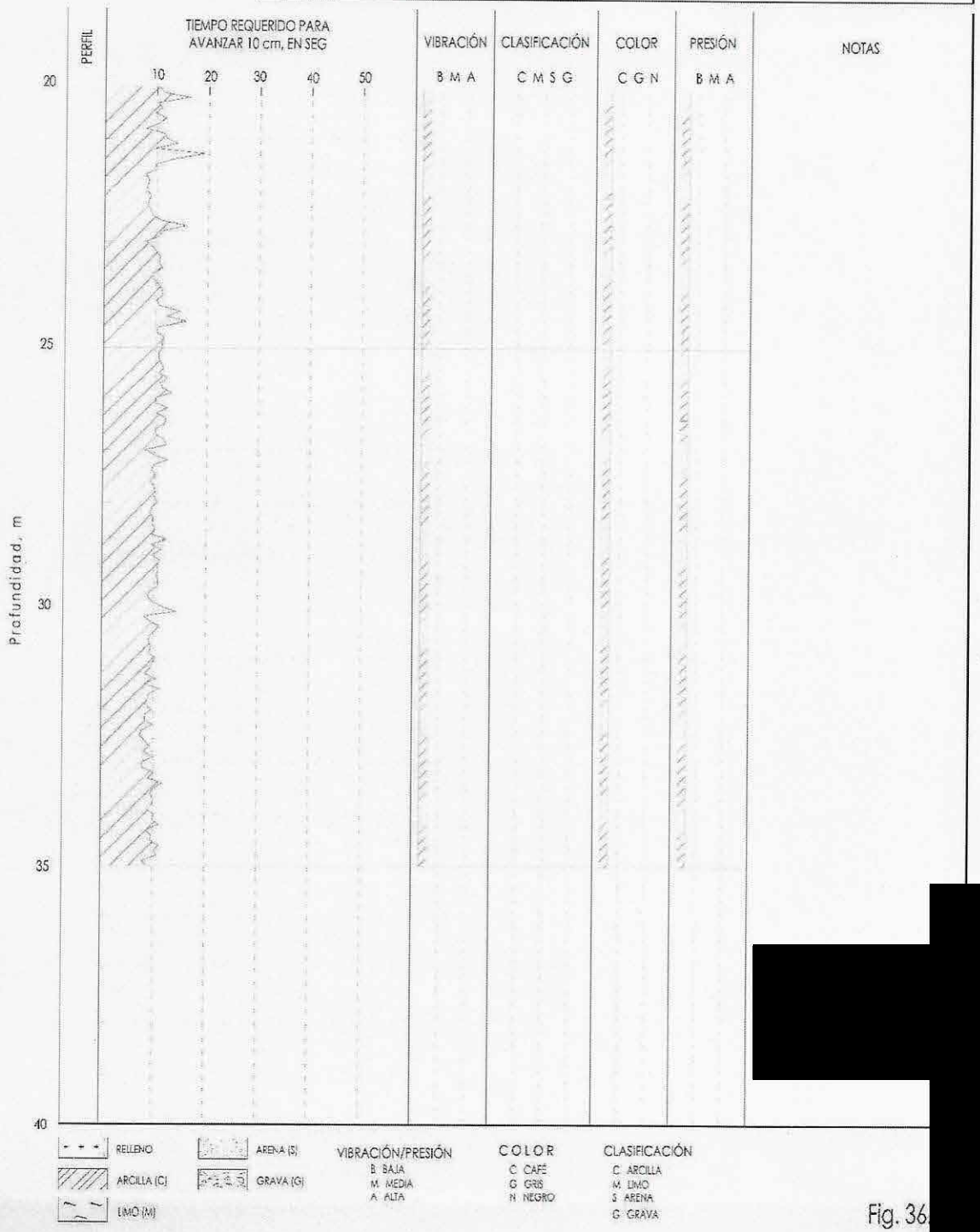

[redacted]

[redacted]

Fig. 36.

# SONDEO DE AVANCE CONTROLADO

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| OBRA | CABLEBÚS L-3, T-36 | OPERADOR/SUPERVISOR | Hugo Pérez | EQUIPO | LONGYEAR-34 |
| LOCALIZACIÓN | Av. Constituyentes Cablebús Línea 3 | FECHA | 01/02/2023 | SONDEO | SAC-9 |




[redacted]

Fig. 36.

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

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV. CONSTITUYENTES TORRE 36

[redacted]

SONDEO : SPT-9 FECHA: 08/02/2023

HOJA : 1 DE 3

| MTRA. | PROF. m | | TARA N° | TARA gr. | Wh + C gr. | Ws + C gr. | W gr. | Ws gr. | w % | DESCRIPCION DEL SUELO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.90 | 1.18 | 268 | 20.23 | 166.02 | 137.83 | 28.19 | 117.60 | **23.97** | ARENA GRUESA A FINA CON POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y GRAVILLAS AISLADAS |
| 2 | 1.50 | 1.65 | 236 | 21.00 | 154.44 | 123.72 | 30.72 | 102.72 | **29.91** | ARENA GRUESA A FINA CON POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y GRAVILLAS AISLADAS |
| 3 | 2.10 | 2.20 | 17 | 21.03 | 123.48 | 98.44 | 25.04 | 77.41 | **32.35** | LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO Y GRAVAS AISLADAS DE HASTA 3/8" |
| 4 | 2.70 | 2.97 | 284 | 32.18 | 176.25 | 142.32 | 33.93 | 110.14 | **30.81** | LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO |
| 5 | 3.30 | 3.58 | 57 | 21.44 | 124.36 | 100.86 | 23.50 | 79.42 | **29.59** | LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO |
| 6 | 3.90 | 4.50 | 163 | 20.41 | 174.56 | 139.65 | 34.91 | 119.24 | **29.28** | LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2" |
| 7 | 4.50 | 4.80 | 229 | 20.10 | 154.82 | 125.63 | 29.19 | 105.53 | **27.66** | LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/4" |
| 8 | 5.10 | 5.70 | 288 | 20.43 | 189.05 | 144.68 | 44.37 | 124.25 | **35.71** | LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO |
| 9 | 5.70 | 6.30 | 204 | 20.27 | 176.01 | 143.99 | 32.02 | 123.72 | **25.88** | LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2" |
| 10 | 6.30 | 6.90 | 222 | 20.53 | 217.67 | 183.57 | 34.10 | 163.04 | **20.92** | ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y GRAVAS DE HASTA 1" |
| 11 | 6.90 | 7.50 | 5 | 21.07 | 230.01 | 205.85 | 24.16 | 184.78 | **13.08** | ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 1" Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO |
| 12 | 7.50 | 8.10 | 264 | 20.57 | 218.66 | 193.99 | 24.67 | 173.42 | **14.23** | ARENA GRUESA A FINA CON POCAS GRAVAS DE HASTA 3/8" Y POCOS FINOS LIMOSOS GRISES |
| 13 | 8.10 | 8.15 | 63 | 21.31 | 57.20 | 54.95 | 2.25 | 33.64 | **6.69** | GRAVA DE 1" GRIS |
| 14 | 8.70 | 9.30 | 298 | 20.43 | 267.32 | 240.65 | 26.67 | 220.22 | **12.11** | ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 1" Y POCOS FINOS LIMOSOS GRISES |
| 15 | 9.30 | 9.90 | 150 | 20.66 | 241.16 | 214.77 | 26.39 | 194.11 | **13.60** | ARENA GRUESA A FINA CON POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2" Y POCOS FINOS LIMOSOS GRISES |
| 16 | 9.90 | 10.50 | 98 | 20.29 | 245.80 | 221.06 | 24.74 | 200.77 | **12.32** | ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 3/4"Y POCOS FINOS LIMOSOS GRISES |
| 16-A | 9.90 | 10.50 | 323 | 26.03 | 127.95 | 106.94 | 21.01 | 80.91 | **25.97** | ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO |
| 17 | 10.50 | 11.10 | 302 | 19.87 | 156.47 | 130.09 | 26.38 | 110.22 | **23.93** | ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y GRAVILLAS AISLADAS |
| 18 | 11.10 | 11.70 | 12 | 21.42 | 165.10 | 132.15 | 32.95 | 110.73 | **29.76** | ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO |
| 19 | 11.70 | 12.30 | 65 | 21.38 | 141.20 | 112.13 | 29.07 | 90.75 | **32.03** | LIMO CON POCA ARENA FINA CAFÉ CLARO |
| 19-A | 11.70 | 12.30 | 173 | 20.82 | 144.37 | 103.93 | 40.44 | 83.11 | **48.66** | ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS GRISES |
| 20 | 12.30 | 12.90 | 333 | 34.26 | 137.37 | 95.84 | 41.53 | 61.58 | **67.44** | ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS GRISES |
| 21 | 12.90 | 13.50 | 305 | 19.98 | 143.82 | 96.43 | 47.39 | 76.45 | **61.99** | ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS GRISES |
| 22 | 13.50 | 14.10 | 325 | [redacted] | [redacted] | [redacted]4.93 | 41.15 | 79.01 | **52.08** | ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS GRISES |

[redacted]

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

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN: AV. CONSTITUYENTES TORRE 36

[redacted]

SONDEO : SPT-9 FECHA: 08/02/2023

HOJA : 2 DE 3

| MTRA. | PROF. m | | TARA N° | TARA gr. | Wh + C gr. | Ws + C gr. | W gr. | Ws gr. | w % | DESCRIPCION DEL SUELO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22-A | 13.50 | 14.10 | 184 | 20.86 | 171.71 | 140.93 | 30.78 | 120.07 | **25.64** | LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISACEO |
| 23 | 14.10 | 14.70 | 148 | 20.67 | 183.16 | 152.85 | 30.31 | 132.18 | **22.93** | ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO |
| 24 | 14.70 | 15.30 | 134 | 20.89 | 181.21 | 149.82 | 31.39 | 128.93 | **24.35** | LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO |
| 25 | 15.30 | 15.59 | 307 | 20.48 | 148.50 | 116.99 | 31.51 | 96.51 | **32.65** | LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO |
| 26 | 15.90 | 16.50 | 52 | 21.31 | 180.78 | 143.05 | 37.73 | 121.74 | **30.99** | LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO |
| 27 | 16.50 | 16.70 | 22 | 21.60 | 170.49 | 140.64 | 29.85 | 119.04 | **25.08** | ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO |
| 28 | 17.10 | 17.70 | 102 | 20.79 | 172.61 | 138.11 | 34.50 | 117.32 | **29.41** | LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO |
| 29 | 17.70 | 18.30 | 262 | 20.48 | 142.35 | 116.67 | 25.68 | 96.19 | **26.70** | ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO |
| 30 | 18.30 | 18.90 | 251 | 35.54 | 181.06 | 149.71 | 31.35 | 114.17 | **27.46** | LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO |
| 31 | 18.90 | 19.50 | 183 | 20.48 | 216.39 | 174.87 | 41.52 | 154.39 | **26.89** | LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO |
| 32 | 19.50 | 20.10 | 306 | 20.56 | 166.90 | 138.55 | 28.35 | 117.99 | **24.03** | LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO |
| 33 | 20.10 | 20.70 | 195 | 20.66 | 169.57 | 141.09 | 28.48 | 120.43 | **23.65** | LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO |
| 34 | 20.70 | 21.30 | 266 | 20.50 | 146.56 | 122.42 | 24.14 | 101.92 | **23.69** | LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO |
| 35 | 21.30 | 21.90 | 339 | 20.40 | 135.72 | 114.09 | 21.63 | 93.69 | **23.09** | LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO |
| 36 | 21.90 | 22.50 | 74 | 21.20 | 165.90 | 138.50 | 27.40 | 117.30 | **23.36** | LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO |
| 37 | 22.50 | 23.10 | 164 | 20.60 | 191.27 | 165.52 | 25.75 | 144.92 | **17.77** | ARENA GRUESA A FINA CON POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/8" |
| 38 | 23.10 | 23.70 | 315 | 20.04 | 257.20 | 230.98 | 26.22 | 210.94 | **12.43** | GRAVAS DE HASTA 1" CON ARENA GRUESA A FINA Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO |
| 39 | 23.70 | 24.30 | 341 | 34.76 | 259.25 | 228.74 | 30.51 | 193.98 | **15.73** | ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 3/4" Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO |
| 40 | 24.30 | 24.73 | 129 | 20.76 | 197.31 | 178.13 | 19.18 | 157.37 | **12.19** | GRAVAS DE HASTA 3/4" CON ARENA GRUESA A FINA Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO |
| 41 | 24.90 | 25.50 | 331 | 32.01 | 312.42 | 280.24 | 32.18 | 248.23 | **12.96** | GRAVAS DE HASTA 1" CON ARENA GRUESA A FINA Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO |
| 42 | 25.50 | 26.10 | 133 | 20.70 | 245.98 | 215.57 | 30.41 | 194.87 | **15.61** | GRAVAS DE HASTA 1" CON ARENA FINA A GRUESA Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO |
| 43 | 26.10 | 26.70 | 121 | 20.55 | 239.09 | 211.12 | 27.97 | 190.57 | **14.68** | ARENA GRUESA A FINA CON POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y GRAVAS DE HASTA 3/8" |
| 44 | 26.70 | 27.30 | 123 | 20.99 | 204.11 | 178.78 | 25.33 | 157.79 | **16.05** | ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 1/2" Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO |
| [redacted] | | | | | | 05 | 19.62 | 180.36 | **10.88** | GRAVAS DE HASTA 1" CON ARENA GRUESA A FINA Y ESCASOS FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO |

[redacted]

[redacted]

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

LAB GABRERA

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV. CONSTITUYENTES TORRE 36 [redacted]

SONDEO : SPT-9 FECHA: 08/02/2023

HOJA : 3 DE 3

| MTRA. | PROF. m | | TARA N° | TARA gr. | Wh + C gr. | Ws + C gr. | W gr. | Ws gr. | w % | DESCRIPCION DEL SUELO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 46 | 27.90 | 28.50 | 270 | 20.25 | 159.19 | 138.82 | 20.37 | 118.57 | **17.18** | ARENA GRUESA A FINA CON POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y ESCASAS GRAVAS DE HASTA 3/8" |
| 47 | 28.50 | 29.10 | 349 | 20.16 | 195.86 | 170.03 | 25.83 | 149.87 | **17.23** | ARENA GRUESA A FINA CON POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y ESCASAS GRAVAS DE HASTA 3/8" |
| 48 | 29.10 | 29.70 | 282 | 33.53 | 282.04 | 247.02 | 35.02 | 213.49 | **16.40** | ARENA GRUESA A FINA CON POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y ESCASAS GRAVAS DE HASTA 1/2" |
| 49 | 29.70 | 30.30 | 48 | 21.09 | 208.46 | 180.15 | 28.31 | 159.06 | **17.80** | ARENA FINA A GRUESA CON POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/4" |
| 50 | 30.30 | 30.90 | 56 | 21.25 | 225.95 | 196.96 | 28.99 | 175.71 | **16.50** | ARENA GRUESA A FINA CON POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y ESCASAS GRAVAS DE HASTA 3/8" |
| 51 | 30.90 | 31.50 | 280 | 33.31 | 218.49 | 189.05 | 29.44 | 155.74 | **18.90** | ARENA FINA A GRUESA CON POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2" |
| 52 | 31.50 | 32.10 | 310 | 20.52 | 151.91 | 129.21 | 22.70 | 108.69 | **20.89** | LIMO CON ARENA GRUESA A FINA CAFÉ GRISACEO Y GRAVILLAS AISLADAS |
| 53 | 32.10 | 32.70 | 58 | 21.10 | 196.00 | 165.99 | 30.01 | 144.89 | **20.71** | LIMO CON ARENA GRUESA A FINA CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/8" |
| 54 | 32.70 | 33.30 | 28 | 21.38 | 235.05 | 204.31 | 30.74 | 182.93 | **16.80** | ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y GRAVAS DE HASTA 1" |
| 55 | 33.30 | 33.90 | 162 | 20.98 | 212.16 | 183.67 | 28.49 | 162.69 | **17.51** | LIMO CON ARENA GRUESA A FINA CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/4" |
| 56 | 33.90 | 34.35 | 9 | 20.99 | 206.28 | 182.24 | 24.04 | 161.25 | **14.91** | ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 3/4" Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO |
| 57 | 34.50 | 35.10 | 11 | 20.22 | 234.50 | 202.34 | 32.16 | 182.12 | **17.66** | LIMO CON ARENA GRUESA A FINA CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/4" |

[redacted]

[redacted]

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 36

FECHA: 10-feb.-23

[redacted]

MUESTRA Nº : 2 SONDEO: SPT-9

PROFUNDIDAD: 1.50-1.65 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la n Peso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>%<br>ACUMULADO QUE PASA |
|---|---|---|---|---|
| 3 " | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 " | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 " | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 " | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2 " | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8 " | 9.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 4 | 4.76 | 7.11 | 6.92 | 93.08 |
| | suma | 7.11 | 6.92 | |

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la muestra total + tara : 123.72 gr.

TARA # : 236 Peso de la tara: 21.00 gr.

Peso de la muestra total : 102.72 gr

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>% ACUMULADO QUE PASA<br>MUESTRA < 4" | F<br>% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 2.36 | 15.51 | 15.10 | | 77.98 |
| 16 | 1.00 | 15.39 | 14.98 | | 63.00 |
| 20 | 850 | 4.09 | 3.98 | | 59.01 |
| 30 | 600 µ | 7.96 | 7.75 | | 51.27 |
| 40 | 425 µ | 6.24 | 6.07 | | 45.19 |
| 60 | 250 µ | 7.13 | 6.94 | | 38.25 |
| 100 | 150 µ | 3.63 | 3.53 | | 34.72 |
| 200 | 75 µ | 11.45 | 11.15 | | 23.57 |
| | charola | 31.32 | 30.49 | | |
| | suma | 71.40 | [redacted] | | |

[redacted]

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 6.92

% ARENA : 69.51

% FINOS : 23.57

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

[redacted]

LAB BARRERA

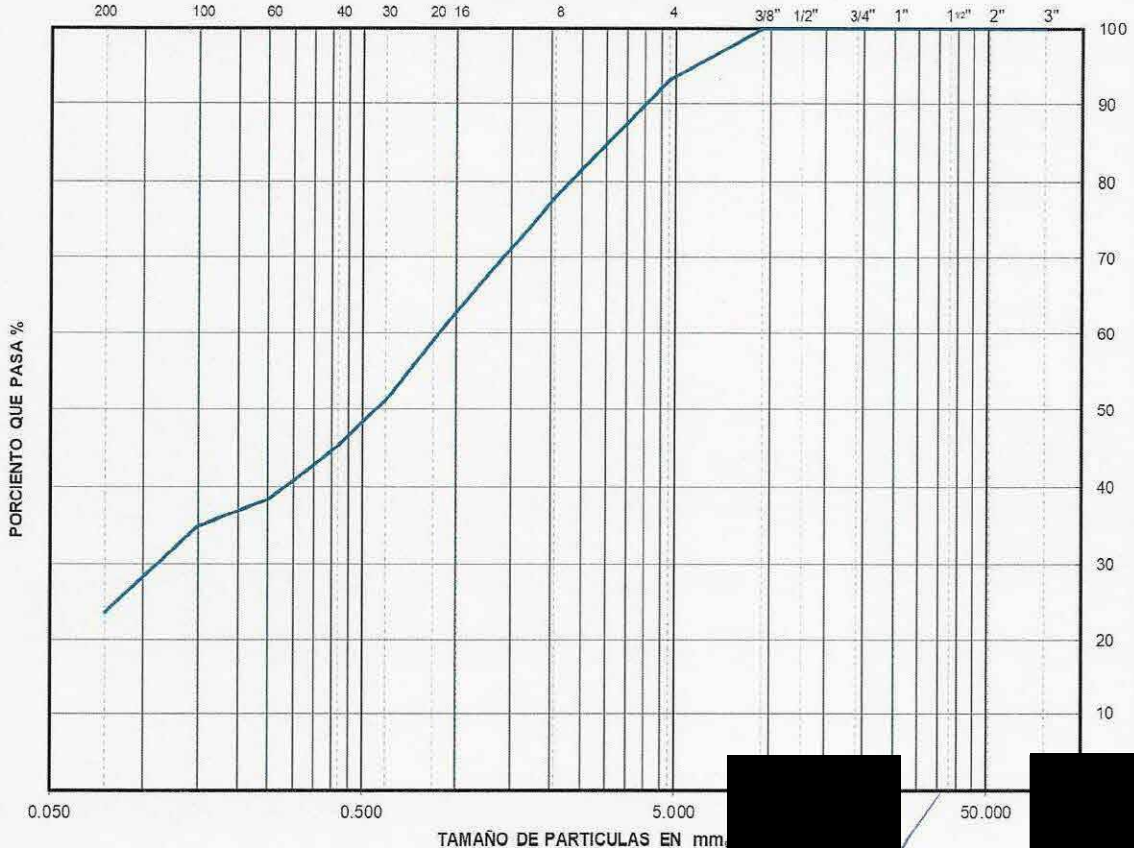
## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 36
0
0
FECHA : 10/02/2023
SONDEO : SPT-9
MUESTRA Nº : 2
PROFUNDIDAD : 1.50-1.65 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

### CURVA GRANULOMETRICA




$D_{10}$ = _____ $D_{30}$ = 0.111 $D_{60}$ = 0.878

$D_{50}$ = 0.553 $D_{90}$ = 4.012

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

% GRAVA :
% ARENA :
% FINOS :
S. U. C. S. :

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 36

FECHA: 10-feb.-23

[redacted]

MUESTRA Nº : 6 SONDEO: SPT-9

PROFUNDIDAD 3.90-4.50 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la nPeso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

| A MALLA Nº | B ABERTURA mm | C PESO RETENIDO gr. | D % RETENIDO PARCIAL | E % ACUMULADO QUE PASA |
|---|---|---|---|---|
| 3 " | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 " | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 " | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 " | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2 " | 12.50 | 8.53 | 7.15 | 92.85 |
| 3/8 " | 9.50 | 0.00 | 0.00 | 92.85 |
| 4 | 4.76 | 1.42 | 1.19 | 91.66 |
| | suma | 9.95 | 8.34 | |

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la muestra total + tara : 139.65 gr.

TARA # : 163 Peso de la tara: 20.41 gr.

Peso de la muestra total : 119.24 gr

| A MALLA Nº | B ABERTURA mm | C PESO RETENIDO gr. | D % RETENIDO PARCIAL | E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4" | F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 2.36 | 0.68 | 0.57 | | 91.09 |
| 16 | 1.00 | 0.14 | 0.12 | | 90.97 |
| 20 | 850 | 0.09 | 0.08 | | 90.89 |
| 30 | 600 µ | 0.89 | 0.75 | | 90.15 |
| 40 | 425 µ | 2.13 | 1.79 | | 88.36 |
| 60 | 250 µ | 5.40 | 4.53 | | 83.83 |
| 100 | 150 µ | 5.88 | 4.93 | | 78.90 |
| 200 | 75 µ | 24.08 | 20.19 | | 58.71 |
| | charola | 79.95 | 67.06 | | |
| | suma | 39.29 | [redacted] | | |

[redacted]

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 8.34

% ARENA : 32.95

% FINOS : 58.71

CLASIFICACION S. U. C. S. : ML

TOTAL: 100.00

[redacted]

[redacted]

LAB BARRERA

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 36
0
0
FECHA : 10/02/2023
[redacted]
SONDEO : SPT-9
MUESTRA N° : 6
PROFUNDIDAD : 3.90-4.50 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

### CURVA GRANULOMETRICA

[redacted]

$D_{10}$ = _____ $D_{30}$ = _____ $D_{60}$ = 0 [redacted]

$D_{50}$ = _____ $D_{90}$ = 0.578

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

| | |
|---|---|
| % GRAVA : | 8.34 |
| % ARENA : | 32.95 |
| % FINOS : | 58.71 |
| S. U. C. S. : | ML |

[redacted]

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 36

FECHA: 10-feb.-23

[redacted]

MUESTRA Nº : 9 SONDEO: SPT-9

PROFUNDIDAD: 5.70-6.30 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la n Peso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>%<br>ACUMULADO QUE PASA |
|---|---|---|---|---|
| 3 " | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 " | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 " | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 " | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2 " | 12.50 | 8.97 | 7.25 | 92.75 |
| 3/8 " | 9.50 | 2.08 | 1.68 | 91.07 |
| 4 | 4.76 | 1.34 | 1.08 | 89.99 |
| | suma | 12.39 | 10.01 | |

[redacted]

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la muestra total + tara : 143.99 gr.

TARA # : 204 Peso de la tara: 20.27 gr:

Peso de la muestra total : 123.72 gr

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4" | F<br>% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 2.36 | 1.04 | 0.84 | | 89.14 |
| 16 | 1.00 | 1.65 | 1.33 | | 87.81 |
| 20 | 850 | 1.30 | 1.05 | | 86.76 |
| 30 | 600 µ | 4.56 | 3.69 | | 83.07 |
| 40 | 425 µ | 5.67 | 4.58 | | 78.49 |
| 60 | 250 µ | 9.25 | 7.48 | | 71.02 |
| 100 | 150 µ | 6.20 | 5.01 | | 66.00 |
| 200 | 75 µ | 19.63 | 15.87 | | 50.14 |
| | charola | 74.42 | [redacted] | | |
| | suma | 49.30 | [redacted] | | |

[redacted]

MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 10.01

% ARENA : 39.85

% FINOS : 50.14

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

[redacted]

LAB BARRERA

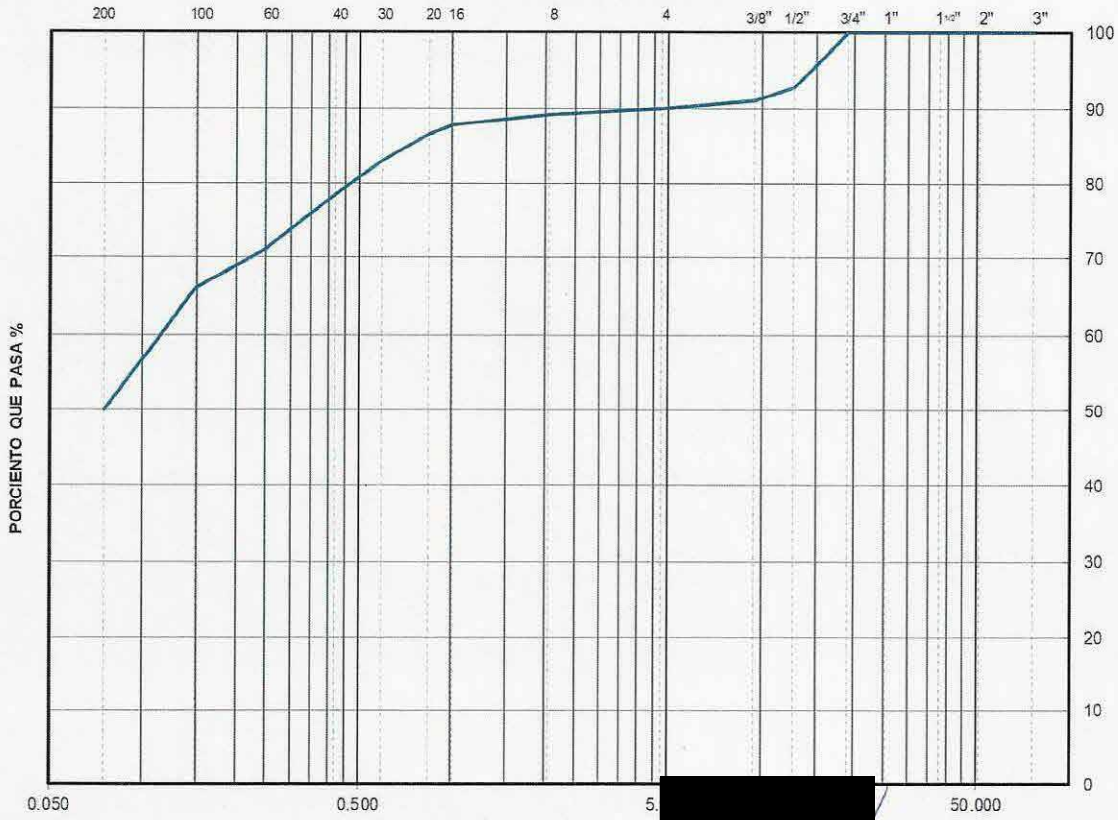
## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 36
0
0
[redacted]
SONDEO : SPT-9
MUESTRA Nº : 9
PROFUNDIDAD : 5.70-6.30 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

### CURVA GRANULOMETRICA




[redacted]

$D_{10}$ = _____ $D_{30}$ = _____ $D_{60}$ = [redacted]

$D_{50}$ = _____ $D_{90}$ = 4.805

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

| | |
|---|---|
| % GRAVA : | 10.01 |
| % ARENA : | 39.85 |
| % FINOS : | 50.14 |
| S. U. C. S. : | 0.00 |

[redacted]

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 36

FECHA: 10-feb.-23

[redacted]

MUESTRA Nº : 12 SONDEO: SPT-9

PROFUNDIDAD: 7.50-8.10 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la n Peso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>%<br>ACUMULADO QUE PASA |
|---|---|---|---|---|
| 3 " | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 " | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 " | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 " | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2 " | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8 " | 9.50 | 5.10 | 2.94 | 97.06 |
| 4 | 4.76 | 20.86 | 12.03 | 85.03 |
| | suma | 25.96 | 14.97 | |

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la muestra total + tara : 193.99 gr.

TARA # : 264 Peso de la tara: 20.57 gr:

Peso de la muestra total : 173.42 gr

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>% ACUMULADO QUE PASA<br>MUESTRA < 4" | F<br>% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 2.36 | 25.30 | 14.59 | | 70.44 |
| 16 | 1.00 | 26.52 | 15.29 | | 55.15 |
| 20 | 850 | 7.49 | 4.32 | | 50.83 |
| 30 | 600 µ | 14.47 | 8.34 | | 42.49 |
| 40 | 425 µ | 11.01 | 6.35 | | 36.14 |
| 60 | 250 µ | 13.37 | 7.71 | | 28.43 |
| 100 | 150 µ | 7.92 | [redacted] | | 23.86 |
| 200 | 75 µ | 18.91 | [redacted] | | 12.96 |
| | charola | 48.43 | [redacted] | | |
| | suma | 124.99 | [redacted] | | |

[redacted]

[redacted]ATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 14.97

% ARENA : 72.07

% FINOS : 12.96

CLASIFICACION S. U. C. S. : SM

TOTAL: 100.00

[redacted]

LAB DABBERA

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

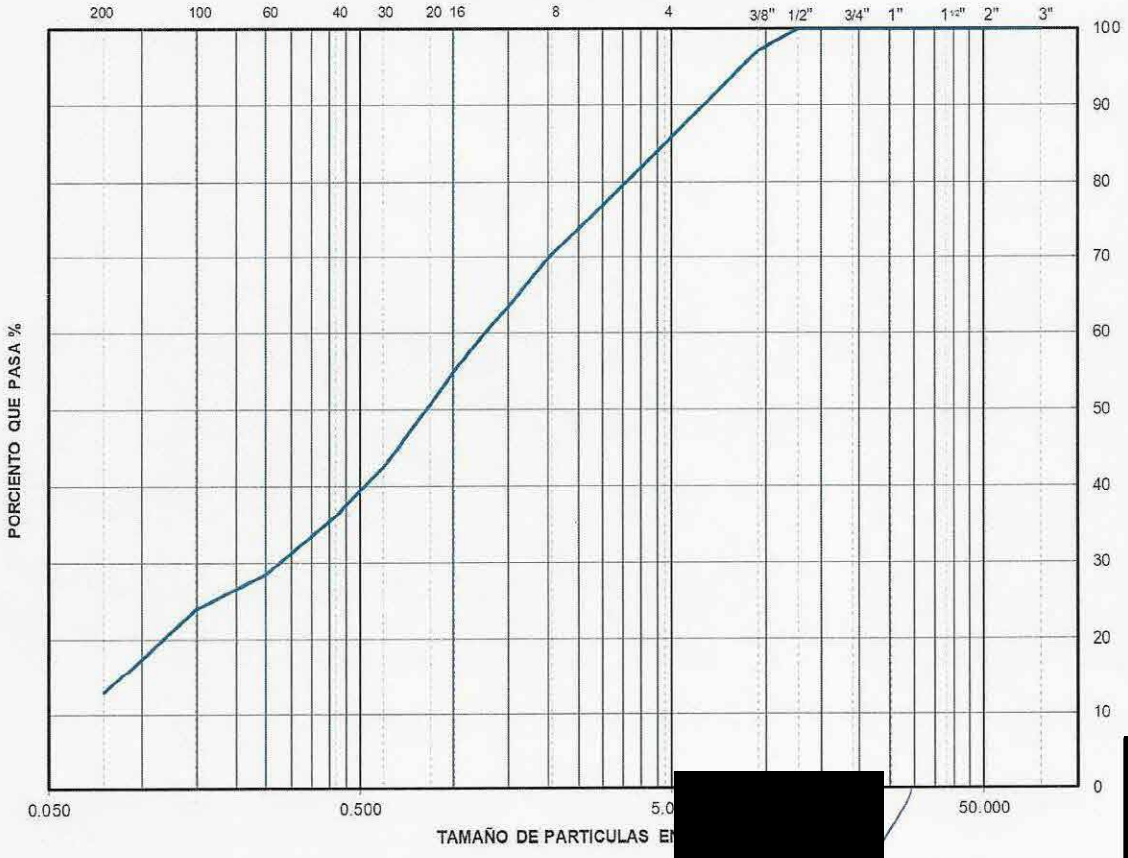
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 36
0
0
FECHA : 10/02/2023
SONDEO : SPT-9
MUESTRA Nº : 12
PROFUNDIDAD : 7.50-8.10 m.

[redacted]

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

### CURVA GRANULOMETRICA




[redacted]

$D_{10}$ = _____ $D_{30}$ = 0.278 $D_{60}$ = [redacted]

$D_{50}$ = 0.813 $D_{90}$ = 6.340

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

% GRAVA : 14.97
% ARENA : 72.07
% FINOS : 12.96
S. U. C. S. : SM

[redacted]

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 36

FECHA: 10-feb.-23

[redacted]

MUESTRA Nº : 15 SONDEO: SPT-9 [redacted]

PROFUNDIDAD: 9.30-9.90 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la n Peso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>%<br>ACUMULADO QUE PASA |
|---|---|---|---|---|
| 3 " | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 " | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 " | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 " | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2 " | 12.50 | 6.56 | 3.38 | 96.62 |
| 3/8 " | 9.50 | 12.94 | 6.67 | 89.95 |
| 4 | 4.76 | 17.41 | 8.97 | 80.99 |
| | suma | 36.91 | 19.01 | |

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la muestra total + tara : 214.77 gr.

TARA # : 150 Peso de la tara: 20.66 gr:

Peso de la muestra total : 194.11 gr

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4" | F<br>% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 2.36 | 26.12 | 13.46 | | 67.53 |
| 16 | 1.00 | 27.32 | 14.07 | | 53.45 |
| 20 | 850 | 7.89 | 4.06 | | 49.39 |
| 30 | 600 µ | 16.08 | 8.28 | | 41.11 |
| 40 | 425 µ | 12.03 | 6.20 | | 34.91 |
| 60 | 250 µ | 14.27 | 7.35 | | 27.56 |
| 100 | 150 µ | 8.83 | 4.55 | | 23.01 |
| 200 | 75 µ | 20.44 | 10.53 | | 12.48 |
| | charola | 61.13 | 31.49 | | |
| | suma | 132.98 | [redacted] | | |

[redacted]

ERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 19.01

% ARENA : 68.51

% FINOS : 12.48

IFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

[redacted]

LAB BARBERA

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

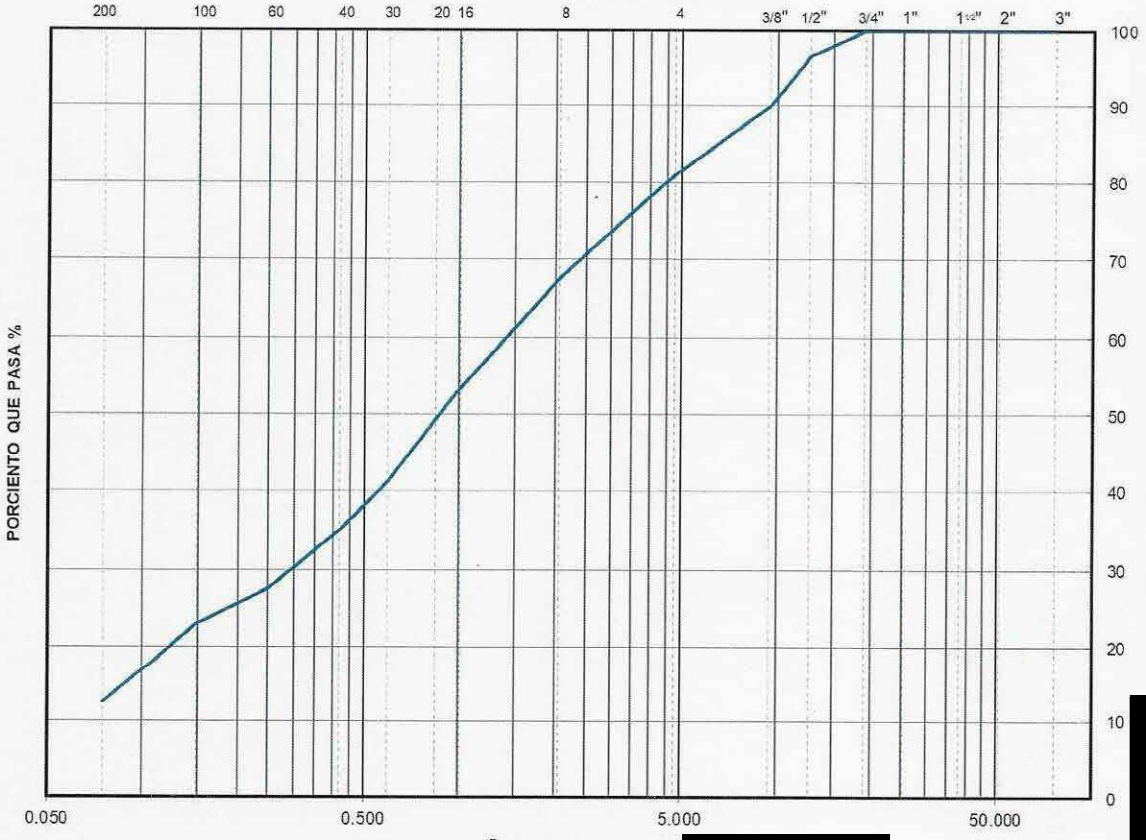
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 36
0
0
FECHA : 10/02/2023
SONDEO : SPT-9
MUESTRA Nº : 15
PROFUNDIDAD : 9.30-9.90 m.

[redacted]

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

## CURVA GRANULOMETRICA




[redacted]

$D_{10}$ = _____ $D_{30}$ = 0.297 $D_{60}$ = [redacted]

$D_{50}$ = 0.864 $D_{90}$ = 9.544

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

| | |
|---|---|
| % GRAVA : | 19.01 |
| % ARENA : | 68.51 |
| % FINOS : | 12.48 |
| S. U. C. S. : | 0.00 |

[redacted]

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 36

FECHA: 10-feb.-23

[redacted]

MUESTRA Nº : 18 SONDEO: SPT-9

PROFUNDIDAD 11.10-11.70 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la n Peso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>%<br>ACUMULADO QUE PASA |
|---|---|---|---|---|
| 3 " | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 " | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 " | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 " | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2 " | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8 " | 9.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 4 | 4.76 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| | suma | 0.00 | 0.00 | |

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la muestra total + tara : 132.15 gr.

TARA # : 12 Peso de la tara: 21.42 gr:

Peso de la muestra total : 110.73 gr

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>% ACUMULADO QUE PASA<br>MUESTRA < 4" | F<br>% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 2.36 | 0.00 | 0.00 | | 100.00 |
| 16 | 1.00 | 0.47 | 0.42 | | 99.58 |
| 20 | 850 | 0.79 | 0.71 | | 98.86 |
| 30 | 600 µ | 8.37 | 7.56 | | 91.30 |
| 40 | 425 µ | 7.60 | 6.86 | | [redacted] |
| 60 | 250 µ | 12.13 | 10.95 | | [redacted] |
| 100 | 150 µ | 8.27 | 7.47 | | [redacted] |
| 200 | 75 µ | 19.44 | 17.56 | | [redacted] |
| | charola | 53.66 | 48.46 | | |
| | suma | 57.07 | | | |

% MATERIAL > MALLA Nº 4 [redacted]

% GRAVA : 0.00

% ARENA : 51.54

% FINOS : 48.46

CLASIFICACION S. U. C. S. : SM

TOTAL: 100.00

[redacted]

LAB BARRERA

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 36
0
0

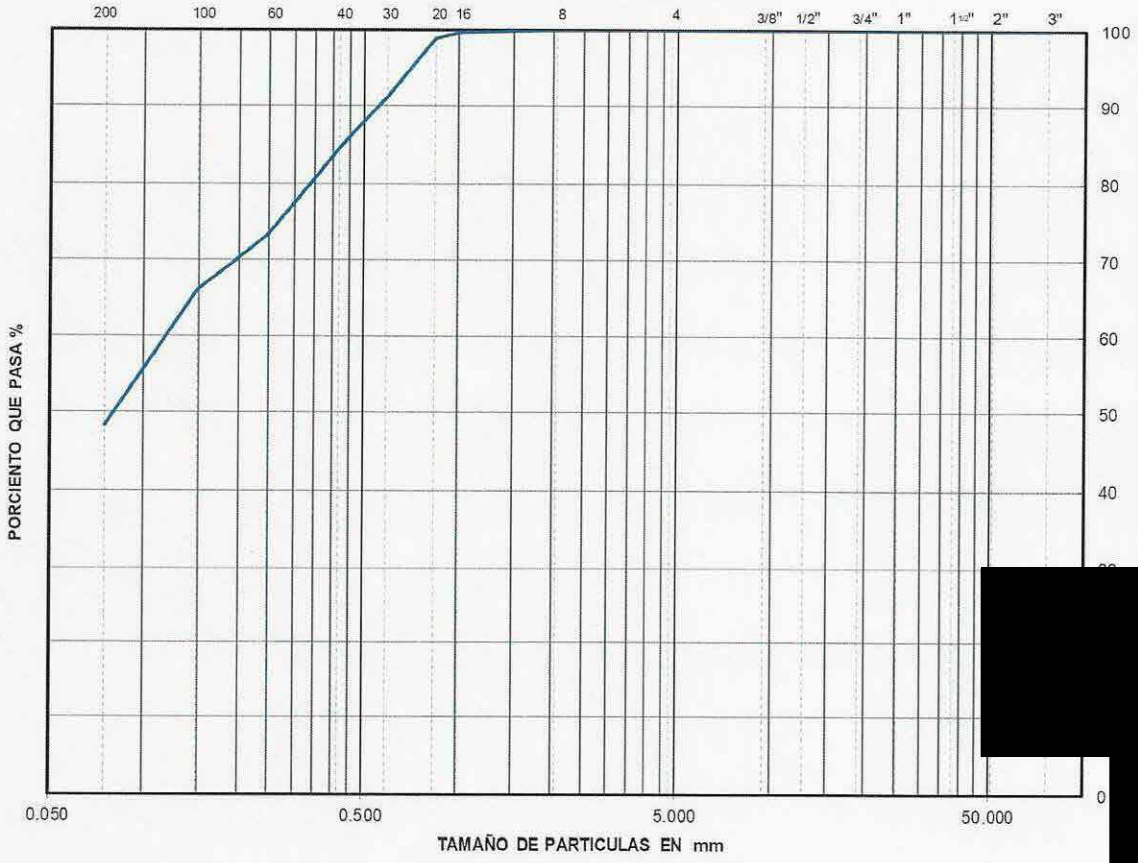
FECHA : 10/02/2023

SONDEO : SPT-9
MUESTRA Nº : 18
PROFUNDIDAD : 11.10-11.70 m.

[redacted]

DESCRIPCION DE LA MUESTRA:
OBSERVACIONES :

### CURVA GRANULOMETRICA




[redacted]

$D_{10}$ = _____ $D_{30}$ = _____ $D_{60}$ = 0.118

$D_{50}$ = 0.080 $D_{90}$ = 0.557

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

% GRAVA : 0.00
% ARENA : 51.54
% FINOS : 48.46
S. U. C. S. : SM

[redacted]

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 36

FECHA: 10-feb.-23

[redacted]

MUESTRA Nº : 23 SONDEO: SPT-9

PROFUNDIDAD 14.10-14.70 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la n Peso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>%<br>ACUMULADO QUE PASA |
|---|---|---|---|---|
| 3 " | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 " | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 " | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 " | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2 " | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8 " | 9.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 4 | 4.76 | 0.44 | 0.33 | 99.67 |
| | suma | 0.44 | 0.33 | |

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la muestra total + tara : 152.85 gr.

TARA # : 148 Peso de la tara: 20.67 gr.

Peso de la muestra total : 132.18 gr

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>% ACUMULADO QUE PASA<br>MUESTRA < 4" | F<br>% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 2.36 | 0.20 | 0.15 | | 99.52 |
| 16 | 1.00 | 0.74 | 0.56 | | 98.96 |
| 20 | 850 | 1.06 | 0.80 | | 98.15 |
| 30 | 600 µ | 6.75 | 5.11 | | 93.05 |
| 40 | 425 µ | 9.37 | 7.09 | | 85.96 |
| 60 | 250 µ | 15.96 | 12.07 | | 73.88 |
| 100 | 150 µ | 10.28 | 7.78 | | 66.11 |
| 200 | 75 µ | 23.35 | 17.67 | | 48.44 |
| | charola | 64.47 | 48.77 | | |
| | suma | 67.71 | | | |

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 0.33

% ARENA : 51.23

% FINOS : 48.44

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

[redacted]

LAB BARRERA

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

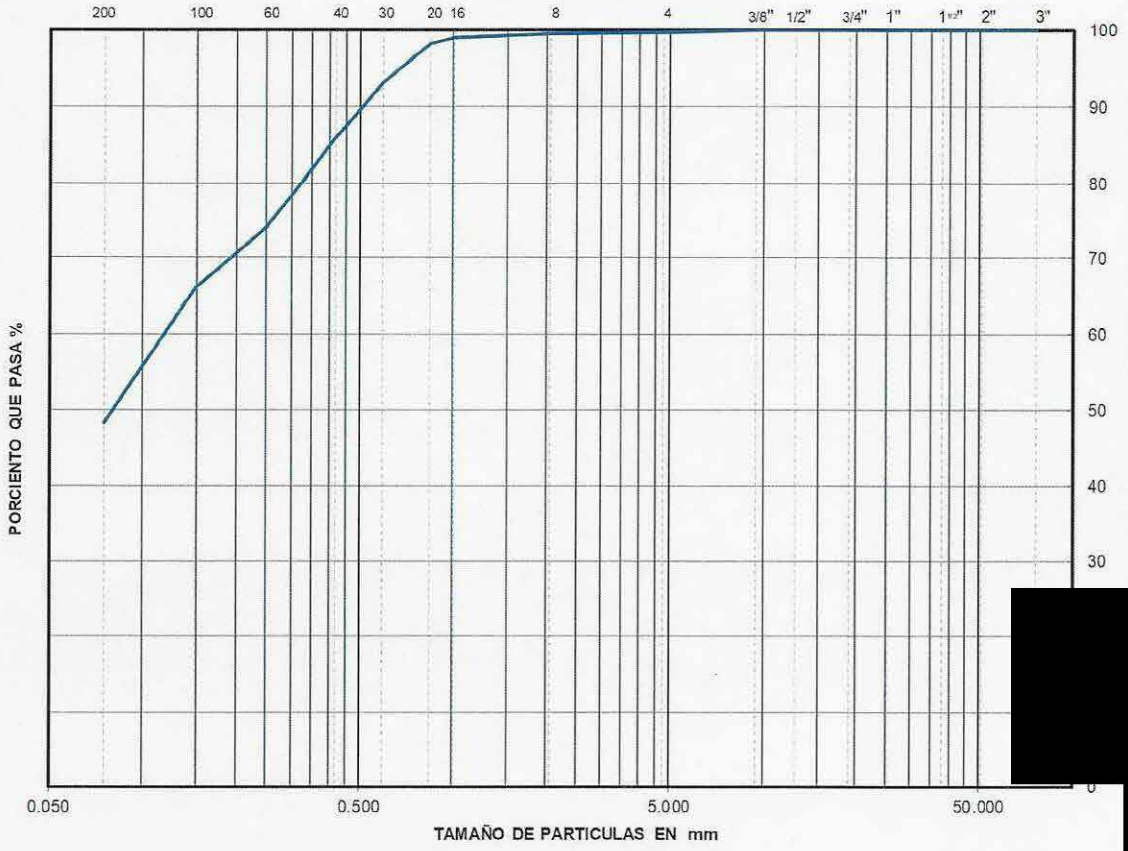
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 36
0
0
SONDEO : SPT-9
MUESTRA Nº : 23
PROFUNDIDAD : 14.10-14.70 m.

[redacted]

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

### CURVA GRANULOMETRICA




[redacted]

$D_{10}$ = _____ $D_{30}$ = _____ $D_{60}$ = 0.118

$D_{50}$ = 0.080 $D_{90}$ = 0.512

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

| | |
|---|---|
| % GRAVA : | 0.33 |
| % ARENA : | 51.23 |
| % FINOS : | 48.44 |
| S. U. C. S. : | 0.00 |

[redacted]

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 36

FECHA: 10-feb.-23

[redacted]

MUESTRA Nº : 28 SONDEO: SPT-9

PROFUNDIDAD: 17.10-17.70 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la n Peso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>%<br>ACUMULADO QUE PASA |
|---|---|---|---|---|
| 3 " | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 " | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 " | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 " | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2 " | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8 " | 9.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 4 | 4.76 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| | suma | 0.00 | 0.00 | |

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la muestra total + tara : 138.11 gr.

TARA # : 102 Peso de la tara: 20.79 gr:

Peso de la muestra total : 117.32 gr

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>% ACUMULADO QUE PASA<br>MUESTRA < 4" | F<br>% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 2.36 | 0.18 | 0.15 | | 99.85 |
| 16 | 1.00 | 0.18 | 0.15 | | 99.69 |
| 20 | 850 | 0.10 | 0.09 | | 99.61 |
| 30 | 600 µ | 0.89 | 0.76 | | 98.85 |
| 40 | 425 µ | 2.16 | 1.84 | | 97.01 |
| 60 | 250 µ | 6.43 | 5.48 | | 91.53 |
| 100 | 150 µ | 6.32 | 5.39 | | 86.14 |
| 200 | 75 µ | 20.97 | 17.87 | | 68.27 |
| | charola | 80.09 | 68.27 | | |
| | suma | 37.23 | | | |

[redacted]

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 0.00

% ARENA : 31.73

% FINOS : 68.27

CLASIFICACION S. U. C. S. : ML

TOTAL: 100.00

[redacted]

LAB BANRERA

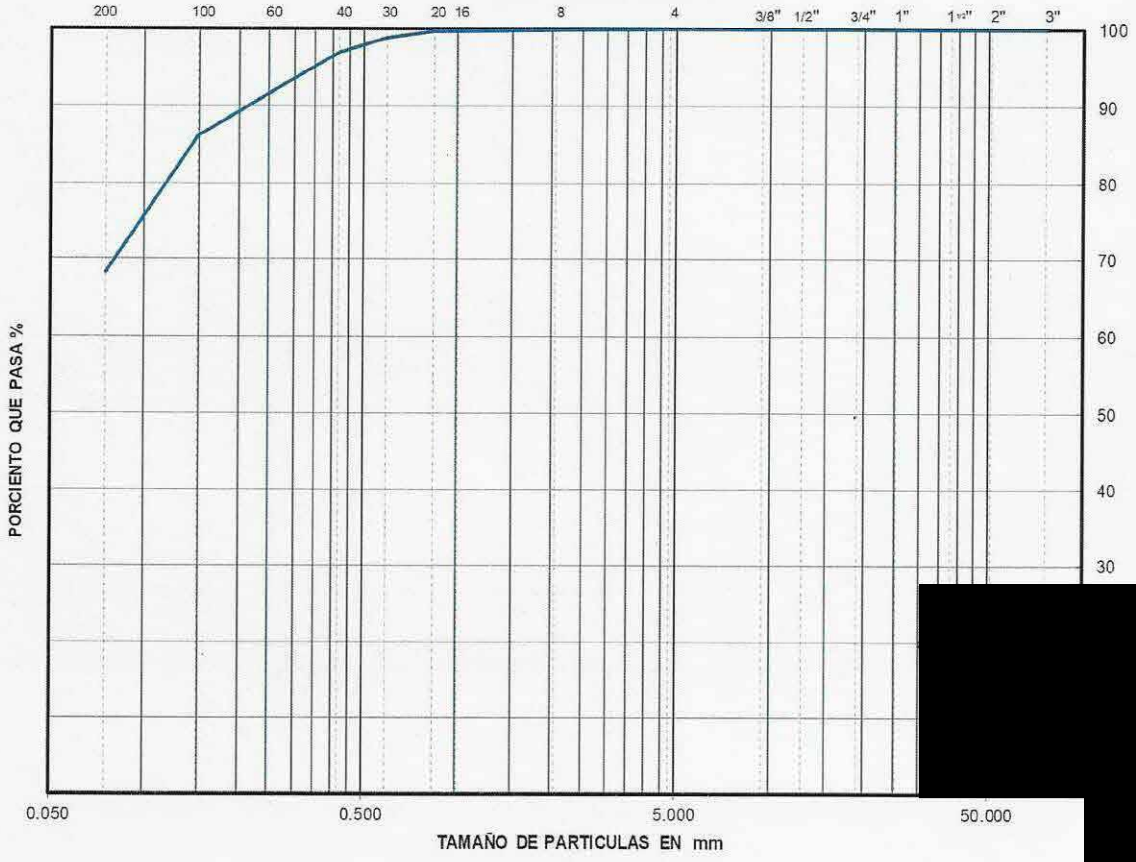
## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 36
0
0
FECHA : 10/02/2023
SONDEO : SPT-9
MUESTRA Nº : 28
PROFUNDIDAD : 17.10-17.70 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

### CURVA GRANULOMETRICA




$D_{10}$ = _____ $D_{30}$ = _____ $D_{60}$ = _____

$D_{50}$ = _____ $D_{90}$ = 0.216

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

% GRAVA : 0.0
% ARENA : 31.7
% FINOS : 68.2
S. U. C. S. : ML

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

L A B BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 36

[redacted]

MUESTRA Nº : 31 SONDEO: SPT-9

PROFUNDIDAD: 18.90-19.50 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la n Peso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>%<br>ACUMULADO QUE PASA |
|---|---|---|---|---|
| 3 " | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 " | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 " | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 " | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2 " | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8 " | 9.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 4 | 4.76 | 5.37 | 3.48 | 96.52 |
| | suma | 5.37 | 3.48 | |

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la muestra total + tara : 174.87 gr.

TARA # : 183 Peso de la tara: 20.48 gr:

Peso de la muestra total : 154.39 gr

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4" | F<br>% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TO[redacted] |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 2.36 | 5.72 | 3.70 | | 92.82 |
| 16 | 1.00 | 8.25 | 5.34 | | 87.47 |
| 20 | 850 | 2.32 | 1.50 | | 85.97 |
| 30 | 600 µ | 5.44 | 3.52 | | 82.45 |
| 40 | 425 µ | 7.15 | 4.63 | | 77.82 |
| 60 | 250 µ | 12.75 | 8.26 | | 69.56 |
| 100 | 150 µ | 9.38 | 6.08 | | 63.48 |
| 200 | 75 µ | 22.68 | 14.69 | | 48.79 |
| | charola | 80.70 | 52.27 | | |
| | suma | 73.69 | | | |

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 3.48

% ARENA : 47.73

% FINOS : 48.79

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

[redacted]

LAB BARRERA

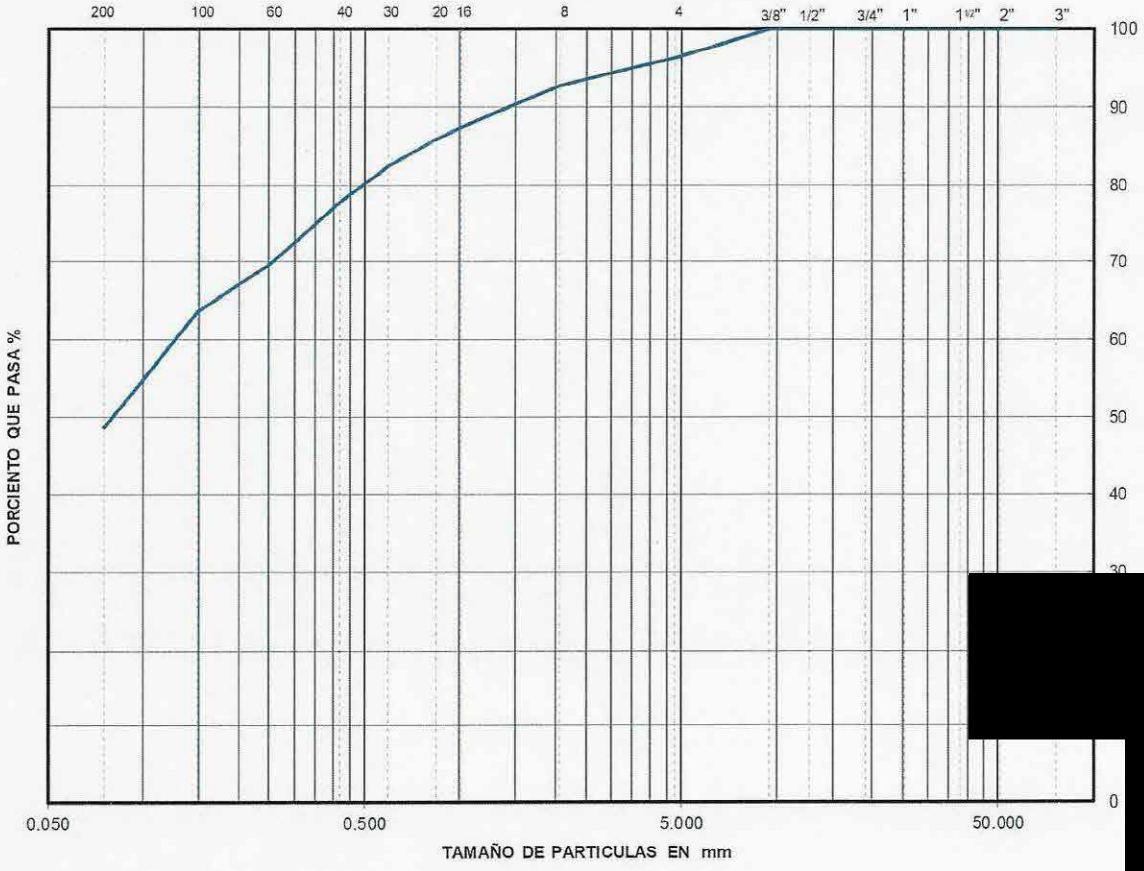
## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 36
0
0
[redacted]
SONDEO : SPT-9
MUESTRA Nº : 31
PROFUNDIDAD : 18.90-19.50 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

### CURVA GRANULOMETRICA




[redacted]

$D_{10}$ = .
$D_{30}$ =
$D_{60}$ = 0.127
$D_{50}$ = 0.079
$D_{90}$ = 1.409

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

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

% GRAVA : 3.48
% ARENA : 47.73
% FINOS : 48.79
S. U. C. S. : 0.00

[redacted]

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 36

[redacted]

MUESTRA Nº : 34 SONDEO: SPT-9

PROFUNDIDAD 20.70-21.30 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la n Peso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>%<br>ACUMULADO QUE PASA |
|---|---|---|---|---|
| 3 " | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 " | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 " | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 " | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2 " | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8 " | 9.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 4 | 4.76 | 1.28 | 1.26 | 98.74 |
| | suma | 1.28 | 1.26 | |

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la muestra total + tara : 122.42 gr.

TARA # : 266 Peso de la tara: 20.50 gr.

Peso de la muestra total : 101.92 gr

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>% ACUMULADO QUE PASA<br>MUESTRA < 4" | F<br>% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 2.36 | 0.40 | 0.39 | | 98.35 |
| 16 | 1.00 | 0.25 | 0.25 | | 98.11 |
| 20 | 850 | 0.12 | 0.12 | | 97.99 |
| 30 | 600 μ | 1.04 | 1.02 | | 96.97 |
| 40 | 425 μ | 2.99 | 2.93 | | 94.03 |
| 60 | 250 μ | 7.29 | 7.15 | | 86.88 |
| 100 | 150 μ | 8.18 | 8.03 | | 78.86 |
| 200 | 75 μ | 25.30 | 24.82 | | 54.03 |
| | charola | 56.35 | 55.29 | | |
| | suma | 45.57 | | | |

| | |
|---|---|
| % MATERIAL > MALLA Nº 4. : | |
| % GRAVA : | 1.26 |
| % ARENA : | 44.71 |
| % FINOS : | 54.03 |
| CLASIFICACION S. U. C. S. : | ML |
| TOTAL: | 100.00 |

[redacted]

LAB BARRERA

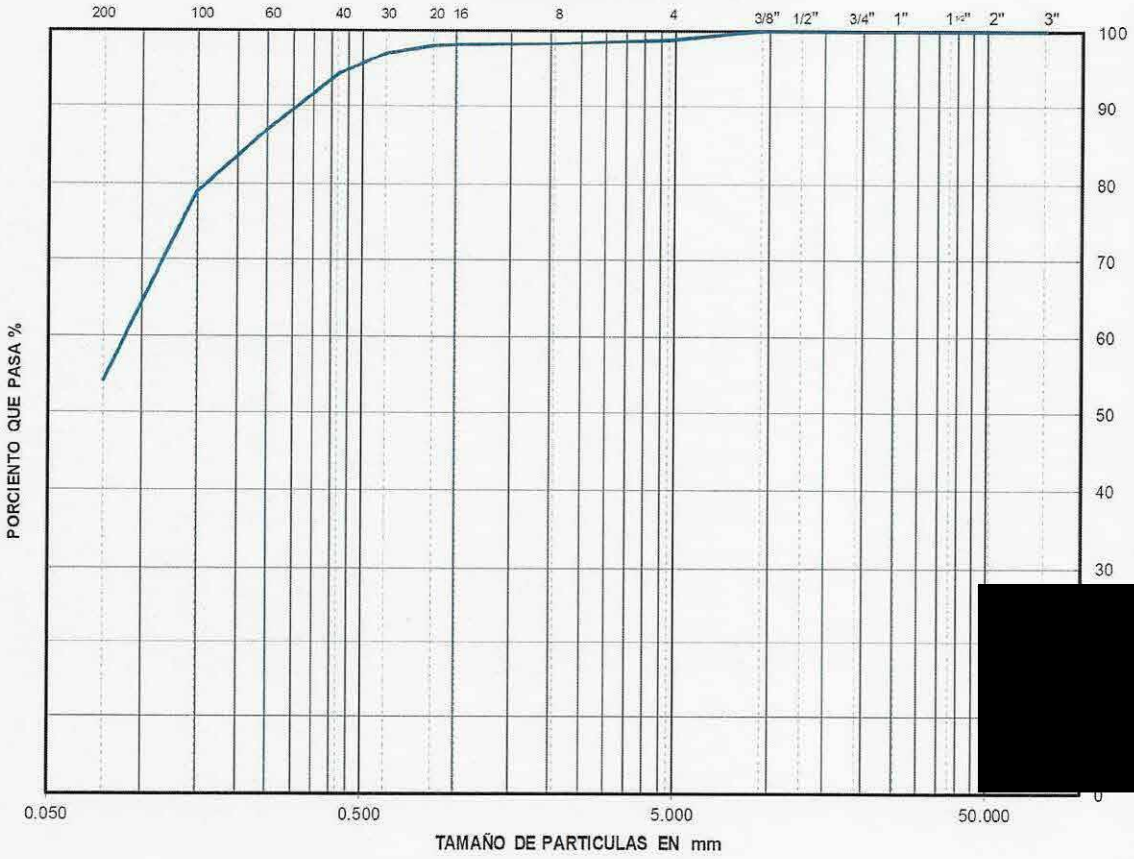
## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 36
0
0
[redacted]
SONDEO : SPT-9
MUESTRA Nº : 34
PROFUNDIDAD : 20.70-21.30 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

## CURVA GRANULOMETRICA




[redacted]

$D_{10}$ = _____ $D_{30}$ = _____ $D_{60}$ = 0.088

$D_{50}$ = _____ $D_{90}$ = 0.313

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

| | |
|---|---|
| % GRAVA : | 1.26 |
| % ARENA : | 44.71 |
| % FINOS : | 54.03 |
| S. U. C. S. : | ML |

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB GARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 36

[redacted]

MUESTRA Nº : 39 SONDEO: SPT-9

PROFUNDIDAD 23.70-24.30 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la n Peso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>%<br>ACUMULADO QUE PASA |
|---|---|---|---|---|
| 3 " | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 " | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 " | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 " | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 19.00 | 13.28 | 6.85 | 93.15 |
| 1/2 " | 12.50 | 7.42 | 3.83 | 89.33 |
| 3/8 " | 9.50 | 9.36 | 4.83 | 84.50 |
| 4 | 4.76 | 17.29 | 8.91 | 75.59 |
| | suma | 47.35 | 24.41 | |

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la muestra total + tara : 228.74 gr.

TARA # : 341 Peso de la tara: 34.76 gr.

Peso de la muestra total : 193.98 gr

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4" | F<br>% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 2.36 | 17.81 | 9.18 | | 66.41 |
| 16 | 1.00 | 16.25 | 8.38 | | 58.03 |
| 20 | 850 | 4.47 | 2.30 | | 55.73 |
| 30 | 600 µ | 11.94 | 6.16 | | 49.57 |
| 40 | 425 µ | 13.06 | 6.73 | | 42.84 |
| 60 | 250 µ | 15.77 | 8.13 | | 34.71 |
| 100 | 150 µ | 9.42 | 4.86 | | 29.85 |
| 200 | 75 µ | 19.33 | 9.96 | | 19.89 |
| | charola | 85.93 | 44.30 | | |
| | suma | 108.05 | | | |

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 24.41

% ARENA : 55.70

% FINOS : 19.89

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

[redacted]

LAB BARRERA

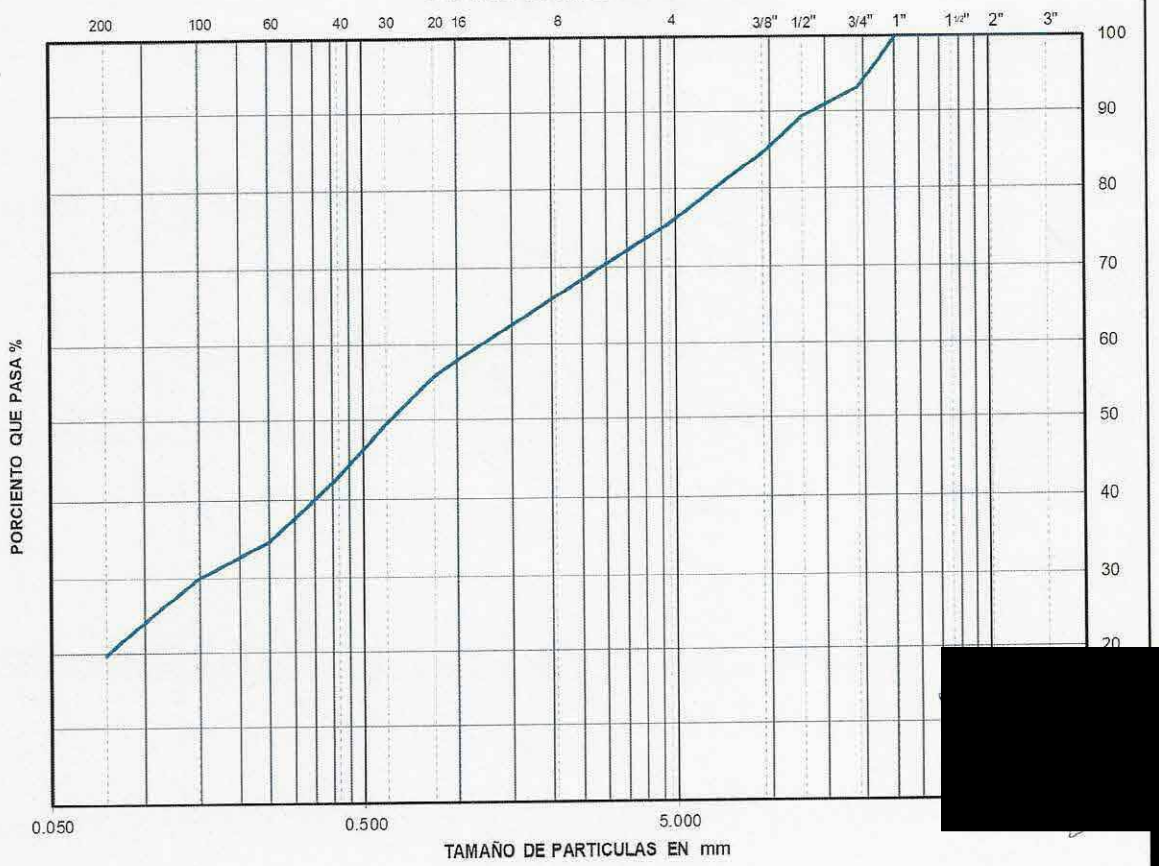
## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 36
0
0
[redacted]
SONDEO : SPT-9
MUESTRA Nº : 39
PROFUNDIDAD : 23.70-24.30 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA:
OBSERVACIONES :

## CURVA GRANULOMETRICA




[redacted]

$D_{10}$ = _____ $D_{30}$ = 0.151 $D_{60}$ = 1.187

$D_{50}$ = 0.609 $D_{90}$ = 13.636

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

% GRAVA : 24.41
% ARENA : 55.70
% FINOS : 19.89
S. U. C. S. : 0.00

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 36

FECHA: 10-feb.-23

[redacted]

MUESTRA Nº : 44 SONDEO: SPT-9

PROFUNDIDAD: 26.70-27.30 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la n Peso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>%<br>ACUMULADO QUE PASA |
|---|---|---|---|---|
| 3 " | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 " | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 " | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 " | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2 " | 12.50 | 16.65 | 10.55 | 89.45 |
| 3/8 " | 9.50 | 3.63 | 2.30 | 87.15 |
| 4 | 4.76 | 12.86 | 8.15 | 79.00 |
| | suma | 33.14 | 21.00 | |

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la muestra total + tara : 178.78 gr.

TARA # : 123 Peso de la tara: 20.99 gr:

Peso de la muestra total : 157.79 gr

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>% ACUMULADO QUE PASA<br>MUESTRA < 4" | F<br>% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 2.36 | 17.28 | 10.95 | | 68.05 |
| 16 | 1.00 | 14.99 | 9.50 | | [redacted] |
| 20 | 850 | 3.94 | 2.50 | | [redacted] |
| 30 | 600 µ | 11.19 | 7.09 | | [redacted] |
| 40 | 425 µ | 11.00 | 6.97 | | [redacted] |
| 60 | 250 µ | 13.93 | 8.83 | | [redacted] |
| 100 | 150 µ | 8.08 | 5.12 | | [redacted] |
| 200 | 75 µ | 15.51 | 9.83 | | 18.21 |
| | charola | 61.87 | 39.21 | | |
| | suma | 95.92 | | | |

% MATERIAL > MALLA Nº 4. : [redacted]

% GRAVA : 21.[redacted]

% ARENA : 60.7[redacted]

% FINOS : 18.2[redacted]

CLASIFICACION S. U. C. S. : SM[redacted]

TOTAL: 100.00

LAB BARRERA

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**PROYECTO :** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
**UBICACIÓN:** AV.CONSTITUYENTES TORRE 36
0
0
[redacted]
**SONDEO :** SPT-9
**MUESTRA Nº :** 44
**PROFUNDIDAD :** 26.70-27.30 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

### CURVA GRANULOMETRICA

[redacted]

$D_{10}$ = _____ $D_{30}$ = 0.182 $D_{60}$ = 1.120

$D_{50}$ = 0.626 $D_{90}$ = 12.972

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

% GRAVA : 21.00
% ARENA : 60.79
% FINOS : 18.21
S. U. C. S. : SM

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 36

FECHA: 10-feb.-23

[redacted]

MUESTRA Nº : 47 SONDEO: SPT-9

PROFUNDIDAD 28.50-29.10 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la n Peso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>%<br>ACUMULADO QUE PASA |
|---|---|---|---|---|
| 3 " | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 " | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 " | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 " | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1/2 " | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8 " | 9.50 | 2.84 | 1.89 | 98.11 |
| 4 | 4.76 | 14.32 | 9.55 | 88.55 |
| | suma | 17.16 | 11.45 | |

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la muestra total + tara : 170.03 gr.

TARA # : 349 Peso de la tara: 20.16 gr:

Peso de la muestra total : 149.87 gr

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>% ACUMULADO QUE PASA<br>MUESTRA < 4" | F<br>% ACUMULAD<br>PASA MUESTR |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 2.36 | 17.52 | 11.69 | | 76.86 |
| 16 | 1.00 | 14.61 | 9.75 | | 67.11 |
| 20 | 850 | 4.51 | 3.01 | | 64.10 |
| 30 | 600 µ | 12.02 | 8.02 | | 56.08 |
| 40 | 425 µ | 12.14 | 8.10 | | 47.98 |
| 60 | 250 µ | 14.78 | 9.86 | | 38.12 |
| 100 | 150 µ | 8.90 | 5.94 | | 32.18 |
| 200 | 75 µ | 16.80 | 11.21 | | 20.97 |
| | charola | 48.59 | 32.42 | | |
| | suma | 101.28 | | | |

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 11.45

% ARENA : 67.58

% FINOS : 20.97

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

[redacted]

LAB BARRERA

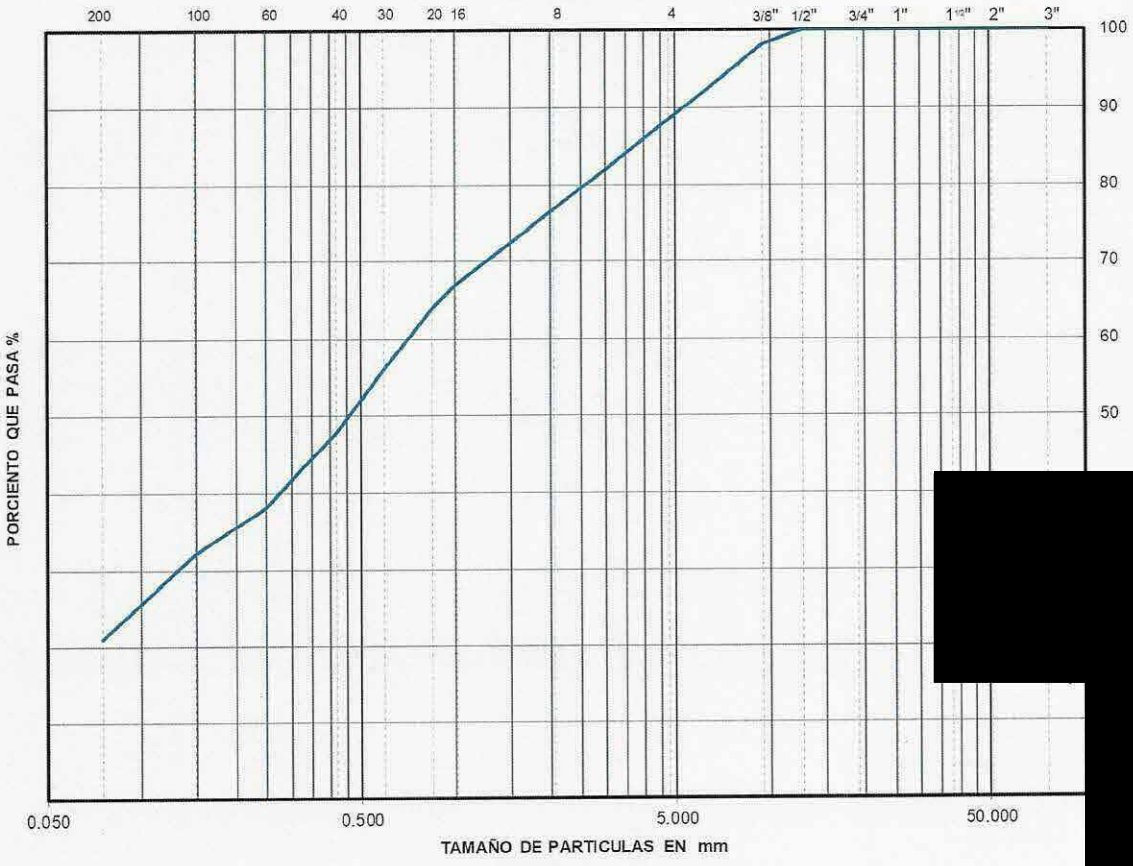
## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 36
0
0
[redacted]
SONDEO : SPT-9
MUESTRA Nº : 47
PROFUNDIDAD : 28.50-29.10 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

## CURVA GRANULOMETRICA




[redacted]

$D_{10}$ = _____ $D_{30}$ = 0.130 $D_{60}$ = 0.705

$D_{50}$ = 0.458 $D_{90}$ = 5.288

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

% GRAVA : 11.
% ARENA : 67.
% FINOS : 20.
S. U. C. S. : 0.

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 36

[redacted]

MUESTRA Nº : 49 SONDEO: SPT-9

PROFUNDIDAD: 29.70-30.30 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la n Peso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total ; 0.00 gr.

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>%<br>ACUMULADO QUE PASA |
|---|---|---|---|---|
| 3 " | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 " | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 " | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 " | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 19.00 | 8.06 | 5.07 | 94.93 |
| 1/2 " | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 94.93 |
| 3/8 " | 9.50 | 10.32 | 6.49 | 88.44 |
| 4 | 4.76 | 14.32 | 9.00 | 79.44 |
| | suma | 32.70 | 20.56 | |

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la muestra total + tara : 180.15 gr.

TARA # : 48 Peso de la tara: 21.09 gr:

Peso de la muestra total : 159.06 gr

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>% ACUMULADO QUE PASA<br>MUESTRA < 4" | F<br>% ACUMULADO C<br>PASA MUESTRA T |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 2.36 | 10.85 | 6.82 | | 72.62 |
| 16 | 1.00 | 12.10 | 7.61 | | 65.01 |
| 20 | 850 | 3.68 | 2.31 | | 62.70 |
| 30 | 600 μ | 10.22 | 6.43 | | 56.27 |
| 40 | 425 μ | 11.21 | 7.05 | | 49.23 |
| 60 | 250 μ | 13.88 | 8.73 | | 40.50 |
| 100 | 150 μ | 8.16 | 5.13 | | 35.37 |
| 200 | 75 μ | 18.81 | 11.83 | | 23.54 |
| | charola | 70.15 | 44.10 | | |
| | suma | 88.91 | | | |

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 20.56

% ARENA : 55.90

% FINOS : 23.54

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

[redacted]

LAB BARRERA

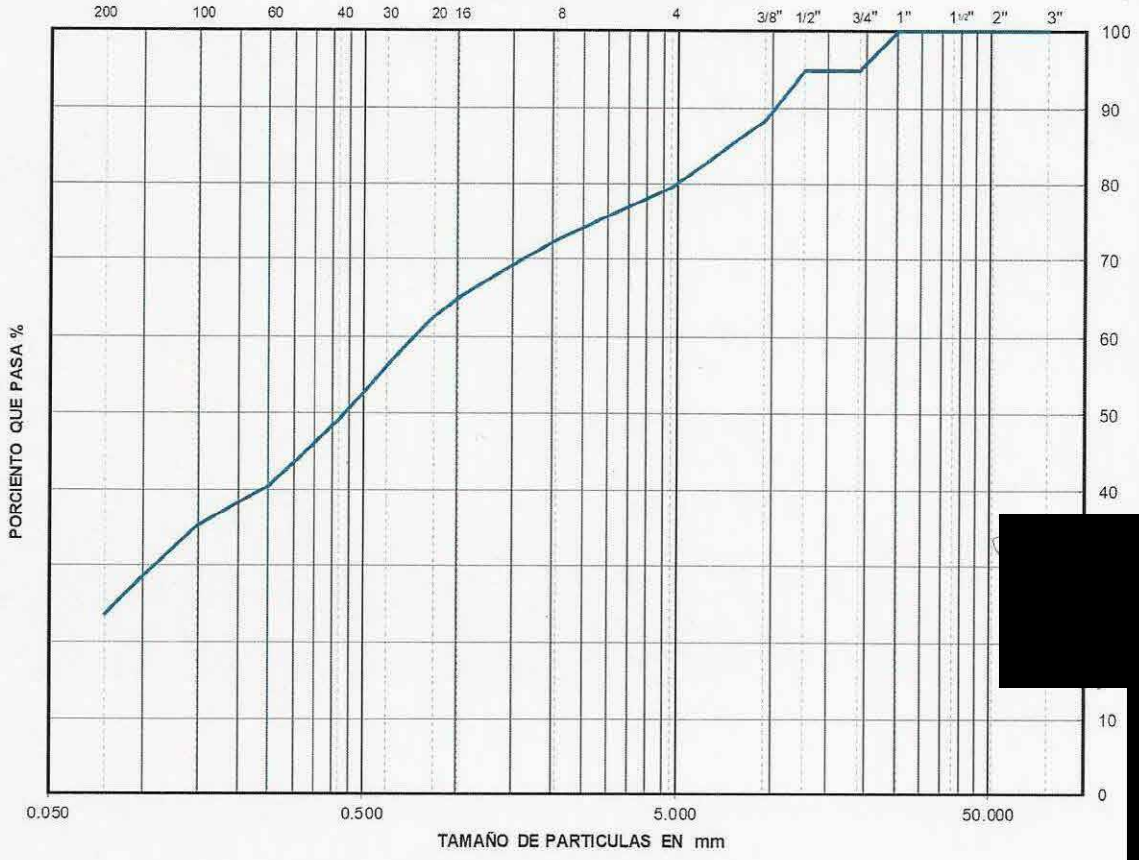
## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 36
0
0
[redacted]
SONDEO : SPT-9
MUESTRA Nº : 49
PROFUNDIDAD : 29.70-30.30 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

### CURVA GRANULOMETRICA




[redacted]

$D_{10}$ = _____ $D_{30}$ = 0.109 $D_{60}$ = 0.727

$D_{50}$ = 0.436 $D_{90}$ = 10.205

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

| | |
|---|---|
| % GRAVA : | 20.56 |
| % ARENA : | 55.90 |
| % FINOS : | 23.54 |
| S. U. C. S. : | 0.00 |

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 36

[redacted]

MUESTRA Nº : 51 SONDEO: SPT-9

PROFUNDIDAD: 30.90-31.50 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la n Peso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

| A MALLA Nº | B ABERTURA mm | C PESO RETENIDO gr. | D % RETENIDO PARCIAL | E % ACUMULADO QUE PASA |
|---|---|---|---|---|
| 3 " | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 " | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 " | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 " | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/4 " | 19.00 | 8.06 | 5.18 | 94.82 |
| 1/2 " | 12.50 | 3.64 | 2.34 | 92.49 |
| 3/8 " | 9.50 | 7.70 | 4.94 | 87.54 |
| 4 | 4.76 | 5.95 | 3.82 | 83.72 |
| | suma | 25.35 | 16.28 | |

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la muestra total + tara : 189.05 gr.

TARA # : 280 Peso de la tara: 33.31 gr.

Peso de la muestra total : 155.74 gr

| A MALLA Nº | B ABERTURA mm | C PESO RETENIDO gr. | D % RETENIDO PARCIAL | E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4" | F % ACUMULAD PASA MUESTR |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 2.36 | 13.27 | 8.52 | | 75.20 |
| 16 | 1.00 | 13.51 | 8.67 | | 66.53 |
| 20 | 850 | 3.94 | 2.53 | | 64.00 |
| 30 | 600 µ | 12.07 | 7.75 | | 56.25 |
| 40 | 425 µ | 11.15 | 7.16 | | 49.09 |
| 60 | 250 µ | 14.52 | 9.32 | | 39.76 |
| 100 | 150 µ | 8.89 | 5.71 | | 34.06 |
| 200 | 75 µ | 18.99 | 12.19 | | 21.86 |
| | charola | 59.40 | 38.14 | | |
| | suma | 96.34 | | | |

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 16.28

% ARENA : 61.86

% FINOS : 21.86

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

[redacted]

LAB BARRERA

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 36
0
0
[redacted]
SONDEO : SPT-9
MUESTRA Nº : 51
PROFUNDIDAD : 30.90-31.50 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :
OBSERVACIONES :

## CURVA GRANULOMETRICA

[redacted]

$D_{10}$ = _____ $D_{30}$ = 0.119 $D_{60}$ = 0.704

$D_{50}$ = 0.439 $D_{90}$ = 10.989

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

% GRAVA : 16.28
% ARENA : 61.86
% FINOS : 21.86
S. U. C. S. : 0.00

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

LAB BARRERA

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN : AV.CONSTITUYENTES TORRE 36

[redacted]

MUESTRA Nº : 54 SONDEO: SPT-9

PROFUNDIDAD: 32.70-33.30 m.

DESCRIPCION DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES :

*PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la n Peso de la muestra total + tara 0 gr.

Tara Nº : 0 Peso de la tara: 0 gr.

Peso de la muestra total : 0.00 gr.

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>%<br>ACUMULADO QUE PASA |
|---|---|---|---|---|
| 3 " | 75.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 " | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 1/2 " | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 1 " | 25.00 | 31.12 | 17.01 | 82.99 |
| 3/4 " | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 82.99 |
| 1/2 " | 12.50 | 4.74 | 2.59 | 80.40 |
| 3/8 " | 9.50 | 5.54 | 3.03 | 77.37 |
| 4 | 4.76 | 5.75 | 3.14 | 74.23 |
| | suma | 47.15 | 25.77 | |

*PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4.*

Peso de la muestra total + tara : 204.31 gr.

TARA # : 28 Peso de la tara: 21.38 gr.

Peso de la muestra total : 182.93 gr

| A<br>MALLA<br>Nº | B<br>ABERTURA<br>mm | C<br>PESO RETENIDO<br>gr. | D<br>%<br>RETENIDO PARCIAL | E<br>% ACUMULADO QUE PASA<br>MUESTRA < 4" | F<br>% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 2.36 | 9.31 | 5.09 | | 69.14 |
| 16 | 1.00 | 10.99 | 6.01 | | 63.13 |
| 20 | 850 | 3.35 | 1.83 | | 61.30 |
| 30 | 600 µ | 10.61 | 5.80 | | 55.50 |
| 40 | 425 µ | 11.36 | 6.21 | | 49.29 |
| 60 | 250 µ | 14.85 | 8.12 | | 41.17 |
| 100 | 150 µ | 9.10 | 4.97 | | 36.19 |
| 200 | 75 µ | 19.97 | 10.92 | | 25.28 |
| | charola | 93.39 | 51.05 | | |
| | suma | 89.54 | | | |

% MATERIAL > MALLA Nº 4. :

% GRAVA : 25.77

% ARENA : 48.95

% FINOS : 25.28

CLASIFICACION S. U. C. S. :

TOTAL: 100.00

[redacted]

LAB BARBERA

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR MALLAS.

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV.CONSTITUYENTES TORRE 36
0
0
[redacted]
SONDEO : SPT-9
MUESTRA Nº : 54
PROFUNDIDAD : 32.70-33.30 m

DESCRIPCION DE LA MUESTRA:
OBSERVACIONES :

## CURVA GRANULOMETRICA

[redacted]

$D_{10}$ = _____ $D_{30}$ = 0.101 $D_{60}$ = 0.778

$D_{50}$ = 0.437 $D_{90}$ = 30.020

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

% GRAVA : 25.77
% ARENA : 48.95
% FINOS : 25.28
S. U. C. S. : 0.00

LAB BARRERA

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
### LIMITES DE CONSISTENCIA

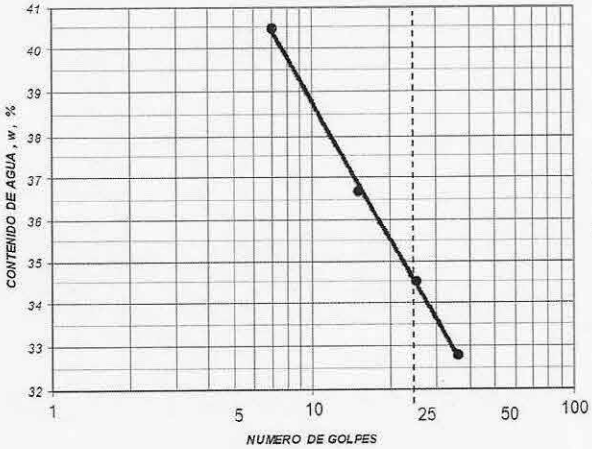
PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV. CONSTITUYENTES TORRE 36 [redacted]

SONDEO: SPT-9
MUESTRA No. 6 PROFUNDIDAD 3.90-4.50 [redacted]
DESCRIPCION DE LA MUESTRA LIMO CON ARENA CAFÉ CLARO
ML

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

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

| MUESTRA No. | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| CAPSULA No. | 187 | 87 | 100 | 211 |
| NUMERO DE GOLPES | 36 | 25 | 15 | 7 |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr) | 16.10 | 15.00 | 17.96 | 19.01 |
| PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr) | 14.56 | 13.13 | 15.84 | 16.37 |
| PESO DEL AGUA (gr) | 1.54 | 1.87 | 2.12 | 2.64 |
| PESO DE TARA (gr) | 9.86 | 7.71 | 10.06 | 9.85 |
| PESO DEL SUELO SECO (gr) | 4.70 | 5.42 | 5.78 | 6.52 |
| PESO DEL SUELO HUMEDO (gr) | 6.24 | 7.29 | 7.90 | 9.16 |
| CONTENIDO DE AGUA, w, % | 32.77 | 34.50 | 36.68 | 40.49 |




LIMITE LIQUIDO 34.44
LIMITE PLASTICO, Pw 30.99
INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 3.46
CONTRACCION LINEAL, CL
SUCS ML

[redacted]

**LIMITE PLASTICO, Pw**

| MUESTRA No. | 1 | 2 |
|---|---|---|
| CAPSULA No. | 280 | 23 |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr) | 13.79 | 13.24 |
| PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr) | 12.93 | 12.47 |
| PESO DEL AGUA (gr) | 0.86 | 0.77 |
| PESO DE TARA (gr) | 10.16 | 9.98 |
| PESO DEL SUELO SECO (gr) | 2.77 | 2.49 |
| CONTENIDO DE AGUA, w, % | 31.05 | 30.92 |

[redacted]

[redacted]

LAB BARRERA

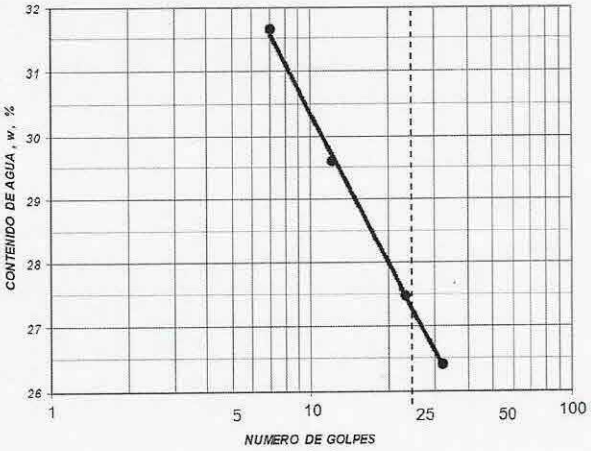
## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
### LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV. CONSTITUYENTES TORRE 36
[redacted]
SONDEO: SPT-9
MUESTRA No. 9 PROFUNDIDAD 5,70-6,30 [redacted]
DESCRIPCION DE LA MUESTRA LIMO CON ARENA CAFÉ CLARO
ML

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

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

| MUESTRA No. | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| CAPSULA No. | 202 | 288 | 175 | 12 |
| NUMERO DE GOLPES | 32 | 23 | 12 | 7 |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr) | 14.48 | 15.22 | 15.18 | 16.60 |
| PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr) | 13.58 | 14.14 | 13.99 | 15.04 |
| PESO DEL AGUA (gr) | 0.90 | 1.08 | 1.19 | 1.56 |
| PESO DE TARA (gr) | 10.17 | 10.21 | 9.97 | 10.11 |
| PESO DEL SUELO SECO (gr) | 3.41 | 3.93 | 4.02 | 4.93 |
| PESO DEL SUELO HUMEDO (gr) | 4.31 | 5.01 | 5.21 | 6.49 |
| CONTENIDO DE AGUA, w, % | 26.39 | 27.48 | 29.60 | 31.64 |




LIMITE LIQUIDO 27.20
LIMITE PLASTICO, Pw 22.69
INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 4.51
CONTRACCION LINEAL, CL
SUCS ML

[redacted]

**LIMITE PLASTICO, Pw**

| MUESTRA No. | 1 | 2 |
|---|---|---|
| CAPSULA No. | 213 | 65 |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr) | 12.94 | 13.97 |
| PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr) | 12.44 | 13.26 |
| PESO DEL AGUA (gr) | 0.50 | 0.71 |
| PESO DE TARA (gr) | 10.25 | 10.11 |
| PESO DEL SUELO SECO (gr) | 2.19 | 3.15 |
| CONTENIDO DE AGUA, w, % | 22.83 | 22.54 |

[redacted]

[redacted]

LAB BARBERA

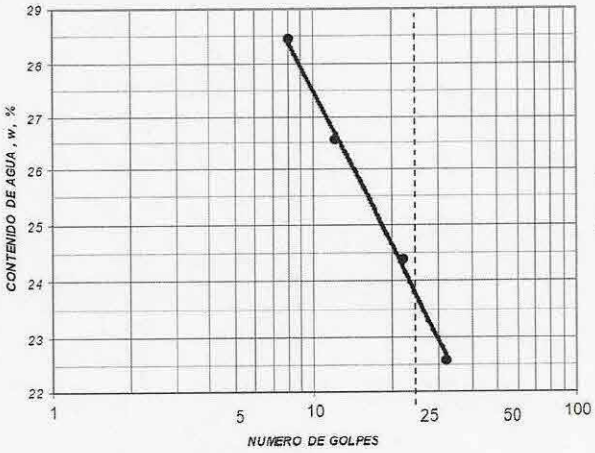
## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
## LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV. CONSTITUYENTES TORRE 36
[redacted]
SONDEO: SPT-9
MUESTRA No. 18 PROFUNDIDAD 11.10-11.70
DESCRIPCION DE LA MUESTRA LIMO ARENOSO CAFÉ GRISACEO
ML

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

### LIMITE LIQUIDO, Lw

| MUESTRA No. | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| CAPSULA No. | 166 | 193 | 276 | 215 |
| NUMERO DE GOLPES | 32 | 22 | 12 | 8 |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr) | 14.33 | 15.21 | 15.42 | 16.28 |
| PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr) | 13.61 | 14.25 | 14.33 | 14.98 |
| PESO DEL AGUA (gr) | 0.72 | 0.96 | 1.09 | 1.30 |
| PESO DE TARA (gr) | 10.35 | 10.23 | 10.15 | 10.33 |
| PESO DEL SUELO SECO (gr) | 3.26 | 4.02 | 4.18 | 4.65 |
| PESO DEL SUELO HUMEDO (gr) | 3.98 | 4.98 | 5.27 | 5.95 |
| CONTENIDO DE AGUA , w , % | 22.09 | 23.88 | 26.08 | 27.96 |




LIMITE LIQUIDO 23.19
LIMITE PLASTICO, Pw 20.29
INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 2.90
CONTRACCION LINEAL, CL
SUCS ML

[redacted]

### LIMITE PLASTICO, Pw

| MUESTRA No. | 1 | 2 |
|---|---|---|
| CAPSULA No. | 234 | 108 |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr) | 13.55 | 13.56 |
| PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr) | 12.99 | 12.99 |
| PESO DEL AGUA (gr) | 0.56 | 0.57 |
| PESO DE TARA (gr) | 10.23 | 10.18 |
| PESO DEL SUELO SECO (gr) | 2.76 | 2.81 |
| CONTENIDO DE AGUA , w , % | 20.29 | 20.28 |

[redacted]

LAB BARRERA

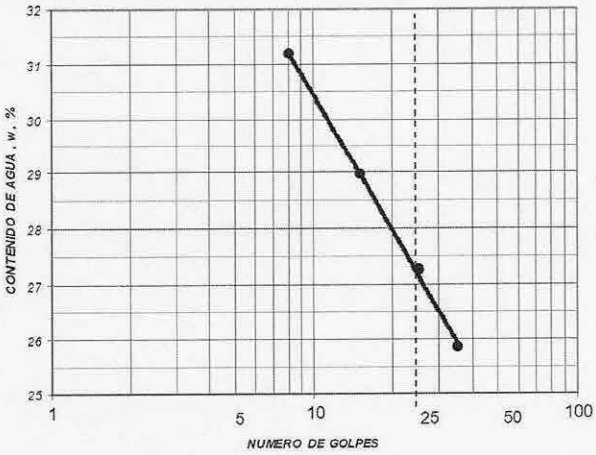
## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
### LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV. CONSTITUYENTES TORRE 36
[redacted]
SONDEO: SPT-9
MUESTRA No. 28 PROFUNDIDAD 17.10-17.70 [redacted]
DESCRIPCION DE LA MUESTRA LIMO CON ARENA CAFÉ GRISACEO
ML

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

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

| MUESTRA No. | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| CAPSULA No. | 3 | 101 | 220 | 68 |
| NUMERO DE GOLPES | 35 | 25 | 15 | 8 |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr) | 14.75 | 14.05 | 15.95 | 17.19 |
| PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr) | 13.76 | 12.66 | 14.66 | 15.49 |
| PESO DEL AGUA (gr) | 0.99 | 1.39 | 1.29 | 1.70 |
| PESO DE TARA (gr) | 9.93 | 7.56 | 10.21 | 10.04 |
| PESO DEL SUELO SECO (gr) | 3.83 | 5.10 | 4.45 | 5.45 |
| PESO DEL SUELO HUMEDO (gr) | 4.82 | 6.49 | 5.74 | 7.15 |
| CONTENIDO DE AGUA, w, % | 25.85 | 27.25 | 28.99 | 31.19 |




LIMITE LIQUIDO 27.14
LIMITE PLASTICO, Pw 23.53
INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 3.62
CONTRACCION LINEAL, CL
SUCS ML

[redacted]

**LIMITE PLASTICO, Pw**

| MUESTRA No. | 1 | 2 |
|---|---|---|
| CAPSULA No. | 287 | 230 |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr) | 13.76 | 14.17 |
| PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr) | 13.06 | 13.39 |
| PESO DEL AGUA (gr) | 0.70 | 0.78 |
| PESO DE TARA (gr) | 10.08 | 10.08 |
| PESO DEL SUELO SECO (gr) | 2.98 | 3.31 |
| CONTENIDO DE AGUA, w, % | 23.49 | 23.56 |

[redacted]

LAB BARRERA

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
### LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV. CONSTITUYENTES TORRE 36 [redacted]

SONDEO: SPT-9
MUESTRA No. 34 PROFUNDIDAD 20.70-21.30 [redacted]
DESCRIPCION DE LA MUESTRA LIMO CON ARENA CAFÉ CLARO
ML

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

**LIMITE LIQUIDO, Lw**

| MUESTRA No. | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| CAPSULA No. | 233 | 139 | 122 | 83 |
| NUMERO DE GOLPES | 32 | 22 | 12 | 7 |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr) | 17.28 | 17.81 | 17.32 | 17.75 |
| PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr) | 15.75 | 16.01 | 15.60 | 15.76 |
| PESO DEL AGUA (gr) | 1.53 | 1.80 | 1.72 | 1.99 |
| PESO DE TARA (gr) | 10.26 | 10.01 | 10.33 | 10.11 |
| PESO DEL SUELO SECO (gr) | 5.49 | 6.00 | 5.27 | 5.65 |
| PESO DEL SUELO HUMEDO (gr) | 7.02 | 7.80 | 6.99 | 7.64 |
| CONTENIDO DE AGUA, w, % | 27.87 | 30.00 | 32.64 | 35.22 |

LIMITE LIQUIDO 29.18
LIMITE PLASTICO, Pw 24.90
INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 4.29
CONTRACCION LINEAL, CL
SUCS ML

[redacted]

**LIMITE PLASTICO, Pw**

| MUESTRA No. | 1 | 2 |
|---|---|---|
| CAPSULA No. | 167 | 264 |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr) | 13.55 | 13.69 |
| PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr) | 12.94 | 13.04 |
| PESO DEL AGUA (gr) | 0.61 | 0.65 |
| PESO DE TARA (gr) | 10.47 | 10.45 |
| PESO DEL SUELO SECO (gr) | 2.47 | 2.59 |
| CONTENIDO DE AGUA, w, % | 24.70 | 25.10 |

[redacted]

LAB BARBERA

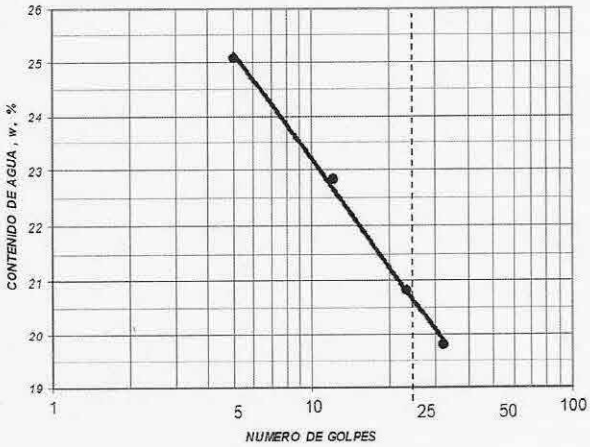
## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
## LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES
UBICACIÓN: AV. CONSTITUYENTES TORRE 36
FECHA 10/02/2023
SONDEO: SPT-9 [redacted]
MUESTRA No. 44 PROFUNDIDAD 26.70-27.30
DESCRIPCION DE LA MUESTRA ARENA LIMOSA GRIS CLARO
ML

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

### LIMITE LIQUIDO, Lw

| MUESTRA No. | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| CAPSULA No. | 232 | 196 | 34 | 206 |
| NUMERO DE GOLPES | 32 | 23 | 12 | 5 |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr) | 16.24 | 16.63 | 15.67 | 20.32 |
| PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr) | 15.23 | 15.43 | 14.19 | 18.31 |
| PESO DEL AGUA (gr) | 1.01 | 1.20 | 1.48 | 2.01 |
| PESO DE TARA (gr) | 10.13 | 9.67 | 7.71 | 10.30 |
| PESO DEL SUELO SECO (gr) | 5.10 | 5.76 | 6.48 | 8.01 |
| PESO DEL SUELO HUMEDO (gr) | 6.11 | 6.96 | 7.96 | 10.02 |
| CONTENIDO DE AGUA, w, % | 19.80 | 20.83 | 22.84 | 25.09 |




LIMITE LIQUIDO 20.59
LIMITE PLASTICO, Pw 18.19
INDICE DE PLASTICIDAD, Pi 2.39
CONTRACCION LINEAL, CL
SUCS ML

[redacted]

### LIMITE PLASTICO, Pw

| MUESTRA No. | 1 | 2 |
|---|---|---|
| CAPSULA No. | 106-A | 64 |
| PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr) | 11.36 | 14.16 |
| PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr) | 10.80 | 13.52 |
| PESO DEL AGUA (gr) | 0.56 | 0.64 |
| PESO DE TARA (gr) | 7.67 | 10.06 |
| PESO DEL SUELO SECO (gr) | 3.13 | 3.46 |
| CONTENIDO DE AGUA, w, % | 17.89 | 18.50 |

[redacted]

LAB BARRERA

## DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO SECO EN MUESTRAS INALTERADAS POR EL METODO DE LA PARAFINA

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**PROYECTO:** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

**UBICACIÓN:** AV. CONSTITUYENTES TORRE 36

[redacted]

**FECHA:** 09/01/2023

| ENSAYE Nº | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|---|
| SONDEO, Nº | SPT-9 | SPT-9 | SPT-9 | SPT-9 |
| MUESTRA , Nº | 5 | 28 | 30 | 35 |
| PROFUNDIDAD, m | 3.30-3.58 | 17.10-17.70 | 18.30-18.90 | 21.30-21.90 |
| PESO VOLUMETRICO DE LA PARAFINA, $\gamma p$, g/cm$^3$ | 0.884 | 0.884 | 0.884 | 0.884 |
| PESO MUESTRA HUMEDA, Wm, g | 102.94 | 74.05 | 67.93 | 105.43 |
| PESO MUESTRA CUBIERTA CON PARAFINA, Wmp, g | 116.64 | 84 | 80.18 | 121.63 |
| VOLUMEN — LECTURA INICIAL, lo, cm$^3$ | 253.2 | 254.12 | 253.61 | 254.28 |
| VOLUMEN — LECTURA FINAL, lf, cm$^3$ | 322.37 | 306.38 | 306.36 | 330.45 |
| **TESTIGO DE HUMEDAD** | | | | |
| PESO MUESTRA HUMEDA + TARA, Ph + T, g | 87.89 | 57.78 | 82.64 | 74.92 |
| PESO MUESTRA SECA + TARA, Ps + T, g | 75.73 | 49.88 | 69.77 | 65.43 |
| PESO DE TARA, T, g | 32.99 | 21.21 | 20.61 | 21.11 |
| PESO AGUA g. | 12.16 | 7.90 | 12.87 | 9.49 |
| PESO SECO g. | 42.74 | 28.67 | 49.16 | 44.32 |
| CONTENIDO DE AGUA | 28.45 | 27.55 | 26.18 | 21.41 |
| **CALCULOS** | | | | |
| VOLUMEN DESALOJADO: Va = lf - lo, cm$^3$ | 69.17 | 52.26 | 52.75 | 76.17 |
| VOLUMEN DE PARAFINA: Vp = Wmp - Wm/ p, cm$^3$ | 15.498 | 11.256 | 13.857 | 18.326 |
| VOLUMEN DE LA MUESTRA: Vm = Va - Vp, cm$^3$ | 53.672 | 41.004 | 38.893 | 57.844 |
| PESO VOLUMETRICO HUMEDO: m = Wm/Vm, g/cm$^3$ | 1.918 | 1.806 | 1.747 | 1.823 |
| PESO VOLUMETRICO SECO, s = Wm/1 + w/100, g/cm$^3$ | 1.493 | 1.416 | 1.384 | 1.501 |

**OBSERVACIONES :**

[redacted]

LAB BARRERA

# DENSIDAD DE SOLIDOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN: AV. CONSTITUYENTES TORRE 36

FECHA : 9-feb.-23

SONDEO: SPT-9

[redacted]

| MUESTRA | PROFUNDIDAD m | PIC No | TEMP °C | PIC+Ww gr | PIC+Ww+Ws gr | Wbws gr | Wbw gr | Ws gr | Vs cm3 | Ss |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 3,90-4,50 | 7 | 28.00 | 159.87 | 209.93 | 688.33 | 658.06 | 50.06 | 19.79 | 2.530 |
| | | 8 | 28.00 | 164.85 | 215.07 | 692.34 | 662.10 | 50.22 | 19.98 | 2.514 |
| | | | | | | | | | | 2.522 |
| 18 | 11,10-11,70 | 1 | 28.00 | 158.53 | 208.68 | 686.54 | 656.32 | 50.15 | 19.93 | 2.516 |
| | | 6 | 28.00 | 162.22 | 212.44 | 690.08 | 660.33 | 50.22 | 20.47 | 2.453 |
| | | | | | | | | | | 2.485 |
| 28 | 17,10-17,70 | 9 | 28.00 | 165.80 | 216.00 | 693.52 | 663.45 | 50.20 | 20.13 | 2.494 |
| | | 10 | 28.00 | 161.46 | 211.69 | 688.98 | 659.23 | 50.23 | 20.48 | 2.453 |
| | | | | | | | | | | 2.473 |
| 34 | 20,70-21,30 | 11 | 28.00 | 173.49 | 223.87 | 701.48 | 671.54 | 50.38 | 20.44 | 2.465 |
| | | 13 | 28.00 | 176.23 | 226.58 | 704.33 | 674.40 | 50.35 | 20.42 | 2.466 |
| | | | | | | | | | | 2.465 |

**FORMULA**

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

Vs= Ws+Wbws

OBSERVACIONES :

NORMA:

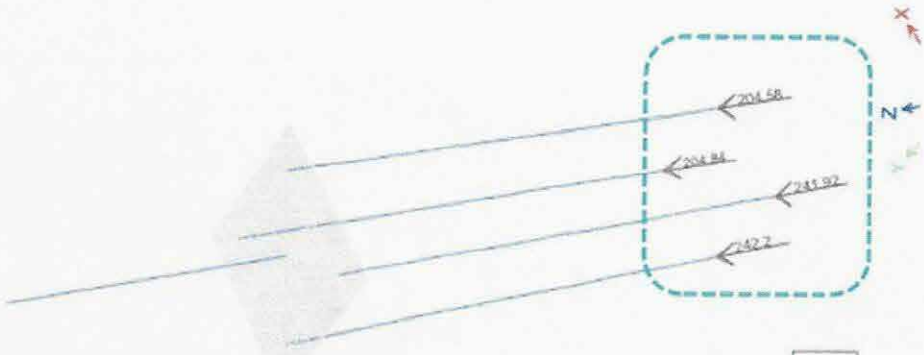
[redacted]

## 13. ANEXO 4. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO, CONCÉNTRICA

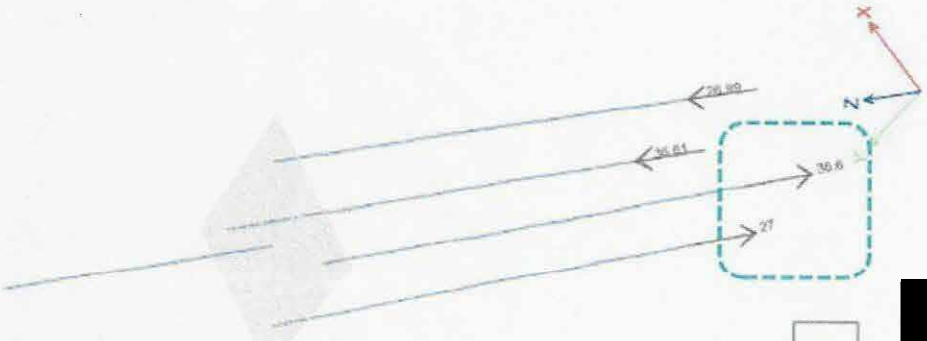
[redacted]

[redacted]

# TORRE CONCENTRICA DESCARGAS




DESCARGAS (FACTORIZADAS)




[redacted]

TENSIONES POR SISMO (FACTORIZADAS)

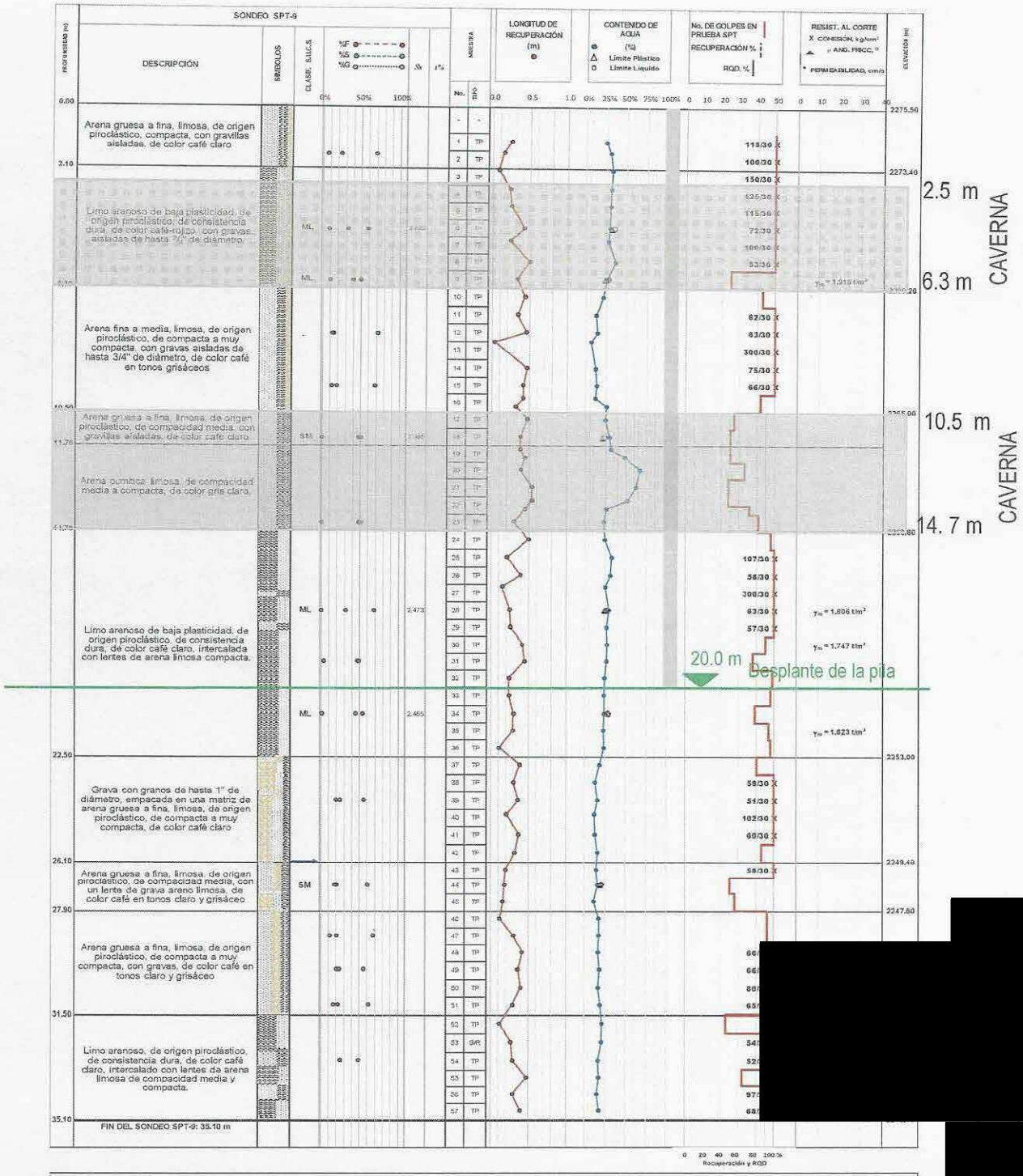
[redacted]

[redacted]

# 14. ANEXO 5. MEMORIA DE CÁLCULO

[redacted]

# TORRE 36, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323




NOMENCLATURA

ARENA
CONCRETO HIDRAULICO
RIOLITA
PÉRDIDA DE AGUA
ARCILLA
LIMO
GRAVA
CAPA SUPERFICIAL

X: 30/10 30 golpes para penetrar 10 cm
F = Porcentaje de finos
S = Porcentaje de arena
G = Porcentaje de grava
T.S.R = Muestreo realizado con tubo Shelby
T.P. = Muestreo con Penetración Estándar
S/R = Sin Recuperación

COORDENADAS DEL SONDEO
E= 479,687
N= 2'145,407
Z= 2275.50

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES – LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO SONDEO SPT-9 (TORRE -36)

CDMX, Febrero de 2023 | Figura No. 7

# TORRE 36, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323

*Cablebús Línea 3, Torre No. 36, Constituyentes, CDMX*

4.- Determinación de parámetros geotécnicos en función del No. de golpes N de la prueba SPT
Sondeo: SPT-8

| Muestra | Prof., m | | N | N | N | Cohesión c, t/m² | | | | | | Ángulo de fricción, φ° (4) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. | De | a | medio | corr | diseño | Stroud (1) | Hara (2) | Terzaghi (3) | Mesri (5) | Tx | Min | Wolff | Shioi-Fukui | Terzaghi | Muromachi | Dunham | Mínimo | Suelo |
| - | 0.00 | 0.90 | 50 | 127 | 50 | | | | | | 2.0 | | | 36.0 | | | 36.0 | Arena gruesa a fina, limosa, piroclástica, compacta, con gravillas |
| 1 | 0.90 | 1.50 | 50 | 88 | 50 | | | | | | 2.0 | | | 36.0 | | | 36.0 | Arena gruesa a fina, limosa, piroclástica, compacta, con gravillas |
| 2 | 1.50 | 2.10 | 50 | 83 | 50 | | | | | | 2.0 | | | 36.0 | | | 36.0 | Arena gruesa a fina, limosa, piroclástica, compacta, con gravillas |
| 3 | 2.10 | 2.20 | 50 | 81 | 50 | 32.5 | 48.5 | 33.5 | | | 16.3 | | | 18.0 | | | 18.0 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con gravas |
| 4 | 2.70 | 2.97 | 50 | 77 | 50 | 32.5 | 48.5 | 33.5 | | | 16.3 | | | 18.0 | | | 18.0 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con gravas |
| 5 | 3.30 | 3.58 | 50 | 73 | 50 | 32.5 | 48.5 | 33.5 | | | 16.3 | | | 18.0 | | | 18.0 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con gravas |
| 6 | 3.90 | 4.50 | 50 | 66 | 50 | 32.5 | 48.5 | 33.5 | | | 16.3 | | | 18.0 | | | 18.0 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con gravas |
| 7 | 4.50 | 4.80 | 50 | 63 | 50 | 32.5 | 48.5 | 33.5 | | | 16.3 | | | 18.0 | | | 18.0 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con gravas |
| 8 | 5.10 | 5.70 | 50 | 56 | 50 | 32.5 | 48.5 | 33.5 | | | 16.3 | | | 18.0 | | | 18.0 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con gravas |
| 9 | 5.70 | 6.30 | 25 | 27 | 25 | 16.3 | 29.4 | 16.6 | | | 8.1 | | | 16.5 | | | 16.5 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con gravas |
| 10 | 6.30 | 6.90 | 43 | 44 | 43 | | | | | | 2.0 | 39.0 | 42.5 | 36.0 | 43.0 | 42.7 | 36.0 | Arena limosa piroclástica, compacta a muy compacta, con gravas |
| 11 | 6.90 | 7.50 | 50 | 48 | 48 | | | | | | 2.0 | 40.3 | 44.3 | 36.0 | 44.2 | 44.0 | 36.0 | Arena limosa piroclástica, compacta a muy compacta, con gravas |
| 12 | 7.50 | 8.10 | 50 | 46 | 46 | | | | | | 2.0 | 39.8 | 43.6 | 36.0 | 43.7 | 43.5 | 36.0 | Arena limosa piroclástica, compacta a muy compacta, con gravas |
| 13 | 8.10 | 8.15 | 50 | 46 | 46 | | | | | | 2.0 | 39.8 | 43.6 | 36.0 | 43.7 | 43.5 | 36.0 | Arena limosa piroclástica, compacta a muy compacta, con gravas |
| 14 | 8.70 | 9.30 | 50 | 44 | 44 | | | | | | 2.0 | 39.3 | 42.8 | 36.0 | 43.2 | 43.0 | 36.0 | Arena limosa piroclástica, compacta a muy compacta, con gravas |
| 15 | 9.30 | 9.90 | 50 | 42 | 42 | | | | | | 2.0 | 38.7 | 42.1 | 36.0 | 42.7 | 42.4 | 36.0 | Arena limosa piroclástica, compacta a muy compacta, con gravas |
| 16 | 9.90 | 10.20 | 43 | 38 | 38 | | | | | | 2.0 | 36.9 | 39.6 | 35.0 | 40.7 | 40.5 | 35.0 | Arena limosa piroclástica, compacta a muy compacta, con gravas |
| 16-A | 10.20 | 10.50 | 42 | 34 | 34 | | | | | | 2.0 | 36.7 | 39.2 | 35.0 | 40.4 | 40.2 | 35.0 | Arena limosa piroclástica, compacta a muy compacta, con gravas |
| 17 | 10.50 | 11.10 | 27 | 21 | 21 | | | | | | 2.0 | 33.2 | 34.6 | 33.0 | 36.0 | 35.9 | 33.0 | Arena limosa piroclástica, de compacidad media, con gravillas |
| 18 | 11.10 | 11.70 | 25 | 19 | 19 | | | | | | 2.0 | 32.6 | 33.8 | 33.0 | 35.3 | 35.1 | 32.6 | Arena limosa piroclástica, de compacidad media, con gravillas |
| 19 | 11.70 | 12.00 | 25 | 18 | 18 | | | | | | 2.0 | 32.3 | 33.5 | 33.0 | 34.8 | 34.7 | 32.3 | Arena pumítica limosa, media a compacta, de color gris claro |
| 19-A | 12.00 | 12.30 | 25 | 18 | 18 | | | | | | 2.0 | 32.3 | 33.5 | 33.0 | 34.8 | 34.7 | 32.3 | Arena pumítica limosa, media a compacta, de color gris claro |
| 20 | 12.30 | 12.90 | 33 | 24 | 24 | | | | | | 2.0 | 34.0 | 35.6 | 34.0 | 37.1 | 37.0 | 34.0 | Arena pumítica limosa, media a compacta, de color gris claro |
| 21 | 12.90 | 13.50 | 24 | 17 | 17 | | | | | | 2.0 | 32.0 | 33.1 | 33.0 | 34.4 | 34.3 | 32.0 | Arena pumítica limosa, media a compacta, de color gris claro |
| 22 | 13.50 | 13.80 | 24 | 16 | 16 | | | | | | 2.0 | 31.9 | 32.8 | 33.0 | 34.0 | 33.9 | 31.8 | Arena pumítica limosa, media a compacta, de color gris claro |
| 22-A | 13.80 | 14.10 | 36 | 25 | 25 | | | | | | 2.0 | 34.3 | 36.0 | 34.0 | 37.5 | 37.3 | 34.0 | Arena pumítica limosa, media a compacta, de color gris claro |
| 23 | 14.10 | 14.70 | 41 | 27 | 27 | | | | | | 2.0 | 34.8 | 36.7 | 35.0 | 38.2 | 38.0 | 34.8 | Arena pumítica limosa, media a compacta, de color gris claro |
| 24 | 14.70 | 15.30 | 46 | 31 | 31 | 20.2 | 34.4 | 32.1 | | | 10.1 | | | 17.0 | | | 17.0 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con lentes de arena |
| 25 | 15.30 | 15.90 | 50 | 32 | 32 | 20.8 | 35.2 | 33.6 | | | 10.4 | | | 17.0 | | | 17.0 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con lentes de arena |
| 26 | 15.90 | 16.50 | 50 | 31 | 31 | 20.2 | 34.4 | 33.5 | | | 10.1 | | | 17.0 | | | 17.0 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con lentes de arena |
| 27 | 16.50 | 16.70 | 50 | 31 | 31 | 20.2 | 34.4 | 33.5 | | | 10.1 | | | 17.0 | | | 17.0 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con lentes de arena |
| 28 | 17.10 | 17.70 | 50 | 30 | 30 | 19.5 | 33.6 | 33.5 | | | 9.8 | | | 17.0 | | | 17.0 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con lentes de arena |
| 29 | 17.70 | 18.30 | 50 | 30 | 30 | 19.5 | 33.6 | 33.5 | | | 9.8 | | | 17.0 | | | 17.0 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con lentes de arena |
| 30 | 18.30 | 18.90 | 45 | 26 | 26 | 16.9 | 30.3 | 30.1 | | | 8.5 | | | 16.5 | | | 16.5 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con lentes de arena |
| 31 | 18.90 | 19.50 | 38 | 22 | 22 | 14.3 | 26.8 | 25.4 | | | 7.2 | | | 16.0 | | | 16.0 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con lentes de arena |
| 32 | 19.50 | 20.10 | 49 | 28 | 28 | 18.2 | 31.9 | 32.8 | | | 9.1 | | | 16.5 | | | 16.5 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con lentes de arena |
| 33 | 20.10 | 20.70 | 48 | 27 | 27 | 17.6 | 31.1 | 32.1 | | | 8.8 | | | 16.5 | | | 16.5 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con lentes de arena |
| 34 | 20.70 | 21.30 | 39 | 21 | 21 | 13.7 | 28.0 | 26.1 | | | 6.8 | | | 16.0 | | | 16.0 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con lentes de arena |
| 35 | 21.30 | 21.90 | 47 | 25 | 25 | 16.3 | 29.4 | 31.4 | | | 8.1 | | | 16.5 | | | 16.5 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con lentes de arena |
| 36 | 21.90 | 22.50 | 49 | 25 | 25 | 16.3 | 29.4 | 32.1 | | | 8.1 | | | 16.5 | | | 16.5 | Limo arenoso poco plastico piroclástico, duro, con lentes de arena |
| 37 | 22.50 | 23.10 | 49 | 21 | 21 | | | | | | 2.0 | 33.2 | 34.6 | 36.0 | 36.0 | 35.9 | 33.2 | Grava empacada en arena limosa piroclástica, compacta a muy co |
| 38 | 23.10 | 23.70 | 50 | 26 | 26 | | | | | | 2.0 | 34.5 | 36.4 | 36.0 | 37.8 | 37.7 | 34.5 | Grava empacada en arena limosa piroclástica, compacta a muy co |
| 39 | 23.70 | 24.30 | 50 | 25 | 25 | | | | | | 2.0 | 34.3 | 36.0 | 36.0 | 37.5 | 37.3 | 34.3 | Grava empacada en arena limosa piroclástica, compacta a muy co |
| 40 | 24.30 | 24.73 | 50 | 25 | 25 | | | | | | 2.0 | 34.3 | 36.0 | 36.0 | 37.5 | 37.3 | 34.3 | Grava empacada en arena limosa piroclástica, compacta a muy co |
| 41 | 24.90 | 25.50 | 50 | 25 | 25 | | | | | | 2.0 | 34.3 | 36.0 | 36.0 | 37.5 | 37.3 | 34.3 | Grava empacada en arena limosa piroclástica, compacta a muy co |
| 42 | 25.50 | 26.10 | 43 | 21 | 21 | | | | | | 2.0 | 33.2 | 34.6 | 35.0 | 36.0 | 35.9 | 33.2 | Grava empacada en arena limosa piroclástica, compacta a muy co |
| 43 | 26.10 | 26.70 | 50 | 24 | 24 | | | | | | 2.0 | 34.0 | 35.6 | 36.0 | 37.1 | 37.0 | 34.0 | Arena gruesa a fina, limosa, piroclástica, de compacidad media |
| 44 | 26.70 | 27.30 | 25 | 12 | 12 | | | | | | 2.0 | 30.6 | 31.3 | 33.0 | 32.1 | 32.0 | 30.6 | Arena gruesa a fina, limosa, piroclástica, de compacidad media |
| 45 | 27.30 | 27.90 | 28 | 13 | 13 | | | | | | 2.0 | 30.9 | 31.7 | 33.0 | 32.6 | 32.5 | 30.9 | Arena gruesa a fina, limosa, piroclástica, de compacidad media |
| 46 | 27.90 | 28.50 | 46 | 21 | 21 | | | | | | 2.0 | 33.2 | 34.6 | 36.0 | 36.0 | 35.9 | 33.2 | Arena gruesa a fina, limosa, piroclástica, muy compacta |
| 47 | 28.50 | 29.10 | 46 | 21 | 21 | | | | | | 2.0 | 33.2 | 34.6 | 36.0 | 36.0 | 35.9 | 33.2 | Arena gruesa a fina, limosa, piroclástica, muy compacta |
| 48 | 29.10 | 29.70 | 50 | 23 | 23 | | | | | | 2.0 | 33.7 | 35.3 | 36.0 | 36.8 | 36.6 | 33.7 | Arena gruesa a fina, limosa, piroclástica, muy compacta |
| 49 | 29.70 | 30.30 | 50 | 22 | 22 | | | | | | 2.0 | 33.4 | 34.9 | 36.0 | 36.4 | 36.2 | 33.4 | Arena gruesa a fina, limosa, piroclástica, muy compacta |
| 50 | 30.30 | 30.90 | 50 | 22 | 22 | | | | | | 2.0 | 33.4 | 34.9 | 36.0 | 36.4 | 36.2 | 33.4 | Arena gruesa a fina, limosa, piroclástica, muy compacta |
| 51 | 30.90 | 31.50 | 50 | 22 | 22 | | | | | | 2.0 | 33.4 | 34.9 | 36.0 | 36.4 | 36.2 | 33.4 | Arena gruesa a fina, limosa, piroclástica, muy compacta |
| 52 | 31.50 | 32.10 | 23 | 10 | 10 | 6.5 | 15.2 | 15.3 | | | 3.3 | | | 14.5 | | | 14.5 | Limo arenoso piroclástico, duro, con lentes de arena limosa |
| 53 | 32.10 | 32.70 | 50 | 21 | 21 | 13.7 | 26.0 | 33.5 | | | 6.8 | | | 16.0 | | | 16.0 | Limo arenoso piroclástico, duro, con lentes de arena limosa |
| 54 | 32.70 | 33.30 | 50 | 21 | 21 | 13.7 | 26.0 | 33.5 | | | 6.8 | | | 16.0 | | | 16.0 | Limo arenoso piroclástico, duro, con lentes de arena limosa |
| 55 | 33.30 | 33.90 | 32 | 13 | 13 | 8.6 | 18.4 | 21.3 | | | 4.2 | | | 15.0 | | | 15.0 | Limo arenoso piroclástico, duro, con lentes de arena limosa |
| 56 | 33.90 | 34.50 | 50 | 21 | 21 | 13.7 | 26.0 | 33.5 | | | 6.8 | | | 16.0 | | | 16.0 | Limo arenoso piroclástico, duro, con lentes de arena limosa |
| 57 | 34.50 | 35.10 | 50 | 20 | 20 | 13.0 | 25.1 | 33.5 | | | 6.5 | | | 16.0 | | | 16.0 | Limo arenoso piroclástico, duro, con lentes de arena limosa |

(1). Estimados mediante la expresión 2.4 de la Ref. 9, pág. 100
(2). Estimados mediante la expresión 2.5 de la Ref. 9, pág. 101
(3). Estimados mediante la Tabla 2.3 de la Ref. 9, pág. 100
(4). Estimados los de color verde con la Ref. 5, pág. 622 y los de color verde con ensayes de laboratorio
(5). Estimados mediante la expresión de Mesri de tabla 1.16 de Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones, Braja M. Das. (1999), pag. 67
NOTA:
La profundidad esta en relación al Nivel de Terreno Natural

CORRELACIONES PARA DETERMINAR PARAMETROS MECANICOS

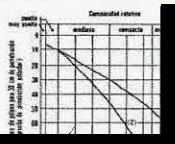
Angulo de friccion interna

ref. 1 Wolff (1989) $\phi = 27.1 + 0.3N_{60} - 0.00054N_{60}^2$ Das. 102

ref. 2 Shioi-Fukui (1982) $\phi = 0.36\ N_{corr} + 27$ Bowles. 103

ref. 3 Muromachi (1974) $\phi = 20 + 3.5N$

ref. 4 Dunham (1954) #2 $\phi = (12.2N)^{0.5} +$




[redacted]

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE ENTRE IZAZAGA DE DUBLÁN A METRO CONSTITUYENTES – LOS PINOS.
CABLEBÚS LÍNEA 3.- TORRE 36

| | |
|---|---|
| FECHA: | Febrero de 2023 |
| CALCULO: | Ing. Benjamín Silva Zárate |
| REVISO: | Ing. Benjamín Silva Zárate |
| HOJA: | 9 DE 12 |

# TORRE 36, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323

*Cablebús Línea 3, Torre No. 36, Constituyentes, CDMX*

**5.1.- Datos para la obtención de los diagramas de presiones verticales iniciales del subsuelo.**
(Considerando la propuesta de cimentación:

N.A.F. > 35.10 m ( Elev. < 2240.40 m)

**SONDEO : SPT-9**

| Profundidad, m De | a | Prof. Media m | Espesor del estrato, m | Densidad de Solidos, Ss | Contenido de agua, $w$, % | Relación de Vacios, e | Grado de Saturación, Gw | Peso vol. t/m³ | Presión total, t/m² Parcial | Acumulada | Presión de poro t/m² | Presión efectiva t/m² | Presión efectiva media, t/m² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | | | | | | | | | | | 0 | |
| 0.00 | 0.90 | 0.45 | 0.90 | 2.485 | 23.97% | 0.80 | 74.8% | 1.715 | 1.54 | 1.54 | 0.00 | 1.54 | 1.54 |
| 0.90 | 1.50 | 1.20 | 0.60 | 2.485 | 23.97% | 0.80 | 74.8% | 1.715 | 1.03 | 2.57 | 0.00 | 2.57 | 2.06 |
| 1.50 | 2.10 | 1.80 | 0.60 | 2.485 | 29.91% | 0.93 | 80.0% | 1.673 | 1.00 | 3.58 | 0.00 | 3.58 | 3.07 |
| 2.10 | 2.20 | 2.15 | 0.10 | 2.522 | 32.35% | 0.98 | 83.0% | 1.683 | 0.17 | 3.74 | 0.00 | 3.74 | 3.66 |
| 2.70 | 2.97 | 2.84 | 0.27 | 2.522 | 30.81% | 0.95 | 81.9% | 1.693 | 0.46 | 4.20 | 0.00 | 4.20 | 3.97 |
| 3.30 | 3.58 | 3.44 | 0.28 | 2.522 | 29.59% | 0.92 | 80.9% | 1.700 | 0.48 | 4.68 | 0.00 | 4.68 | 4.44 |
| 3.90 | 4.50 | 4.20 | 0.60 | 2.522 | 29.28% | 0.91 | 80.7% | 1.703 | 1.02 | 5.70 | 0.00 | 5.70 | 5.19 |
| 4.50 | 4.80 | 4.65 | 0.30 | 2.522 | 27.66% | 0.88 | 79.4% | 1.714 | 0.51 | 6.21 | 0.00 | 6.21 | 5.96 |
| 5.10 | 5.70 | 5.40 | 0.60 | 2.522 | 35.71% | 1.06 | 85.1% | 1.663 | 1.00 | 7.21 | 0.00 | 7.21 | 6.71 |
| 5.70 | 6.30 | 6.00 | 0.60 | | | | | 1.918 | 1.15 | 8.36 | 0.00 | 8.36 | 7.79 |
| 6.30 | 6.90 | 6.60 | 0.60 | 2.485 | 20.92% | 0.73 | 71.3% | 1.738 | 1.04 | 9.40 | 0.00 | 9.40 | 8.88 |
| 6.90 | 7.50 | 7.20 | 0.60 | 2.485 | 13.08% | 0.55 | 58.7% | 1.809 | 1.09 | 10.49 | 0.00 | 10.49 | 9.95 |
| 7.50 | 8.10 | 7.80 | 0.60 | 2.485 | 14.23% | 0.58 | 61.0% | 1.797 | 1.08 | 11.57 | 0.00 | 11.57 | 11.03 |
| 8.10 | 8.15 | 8.13 | 0.05 | 2.485 | 8.69% | 0.41 | 40.4% | 1.879 | 0.09 | 11.66 | 0.00 | 11.66 | 11.62 |
| 8.70 | 9.30 | 9.00 | 0.60 | 2.485 | 12.11% | 0.53 | 55.6% | 1.818 | 1.09 | 12.75 | 0.00 | 12.75 | 12.21 |
| 9.30 | 9.90 | 9.60 | 0.60 | 2.485 | 13.60% | 0.57 | 59.8% | 1.803 | 1.08 | 13.84 | 0.00 | 13.84 | 13.29 |
| 9.90 | 10.20 | 10.05 | 0.30 | 2.485 | 12.32% | 0.54 | 57.0% | 1.816 | 0.54 | 14.38 | 0.00 | 14.38 | 14.11 |
| 10.20 | 10.50 | 10.35 | 0.30 | 2.485 | 25.97% | 0.84 | 76.7% | 1.700 | 0.51 | 14.89 | 0.00 | 14.89 | 14.63 |
| 10.50 | 11.10 | 10.80 | 0.60 | 2.485 | 23.93% | 0.80 | 74.7% | 1.715 | 1.03 | 15.92 | 0.00 | 15.92 | 15.40 |
| 11.10 | 11.70 | 11.40 | 0.60 | 2.485 | 29.76% | 0.93 | 79.9% | 1.674 | 1.00 | 16.92 | 0.00 | 16.92 | 16.42 |
| 11.70 | 12.00 | 11.85 | 0.30 | 2.451 | 32.03% | 0.98 | 80.4% | 1.637 | 0.49 | 17.41 | 0.00 | 17.41 | 17.17 |
| 12.00 | 12.30 | 12.15 | 0.30 | 2.451 | 48.66% | 1.36 | 86.5% | 1.552 | 0.47 | 17.88 | 0.00 | 17.88 | 17.65 |
| 12.30 | 12.90 | 12.60 | 0.60 | 2.451 | 67.44% | 1.77 | 93.6% | 1.484 | 0.89 | 18.77 | 0.00 | 18.77 | 18.33 |
| 12.90 | 13.50 | 13.20 | 0.60 | 2.451 | 61.99% | 1.64 | 92.4% | 1.501 | 0.90 | 19.67 | 0.00 | 19.67 | 19.22 |
| 13.50 | 13.80 | 13.65 | 0.30 | 2.451 | 52.06% | 1.42 | 89.7% | 1.538 | 0.46 | 20.13 | 0.00 | 20.13 | 19.90 |
| 13.80 | 14.10 | 13.95 | 0.30 | 2.451 | 25.64% | 0.83 | 75.4% | 1.679 | 0.50 | 20.64 | 0.00 | 20.64 | 20.38 |
| 14.10 | 14.70 | 14.40 | 0.60 | 2.451 | 22.93% | 0.77 | 72.7% | 1.699 | 1.02 | 21.66 | 0.00 | 21.66 | 21.15 |
| 14.70 | 15.30 | 15.00 | 0.60 | 2.473 | 24.35% | 0.81 | 74.8% | 1.704 | 1.02 | 22.68 | 0.00 | 22.68 | 22.17 |
| 15.30 | 15.90 | 15.60 | 0.60 | 2.473 | 32.65% | 0.99 | 81.5% | 1.648 | 0.99 | 23.67 | 0.00 | 23.67 | 23.17 |
| 15.90 | 16.50 | 16.20 | 0.60 | 2.473 | 30.99% | 0.95 | 80.4% | 1.659 | 1.00 | 24.66 | 0.00 | 24.66 | 24.16 |
| 16.50 | 16.70 | 16.60 | 0.20 | 2.473 | 25.08% | 0.82 | 75.5% | 1.698 | 0.34 | 25.00 | 0.00 | 25.00 | 24.83 |
| 17.10 | 17.70 | 17.40 | 0.60 | | 29.41% | | | 1.806 | 1.08 | 26.09 | 0.00 | 26.09 | 25.54 |
| 17.70 | 18.30 | 18.00 | 0.60 | 2.465 | 26.70% | 0.86 | 76.7% | 1.681 | 1.01 | 27.09 | 0.00 | 27.09 | 26.59 |
| 18.30 | 18.90 | 18.60 | 0.60 | | 27.46% | | | 1.747 | 1.05 | 28.14 | 0.00 | 28.14 | 27.62 |
| 18.90 | 19.50 | 19.20 | 0.60 | 2.465 | 26.89% | 0.86 | 76.9% | 1.680 | 1.01 | 29.15 | 0.00 | 29.15 | 28.65 |
| 19.50 | 20.10 | 19.80 | 0.60 | 2.465 | 24.03% | 0.80 | 74.2% | 1.700 | 1.02 | 30.17 | 0.00 | 30.17 | 29.66 |
| 20.10 | 20.70 | 20.40 | 0.60 | 2.465 | 23.65% | 0.79 | 73.8% | 1.703 | 1.02 | 31.19 | 0.00 | 31.19 | 30.68 |
| 20.70 | 21.30 | 21.00 | 0.60 | 2.465 | 23.69% | 0.79 | 73.9% | 1.703 | 1.02 | 32.21 | 0.00 | 32.21 | 31.70 |
| 21.30 | 21.90 | 21.60 | 0.60 | | 23.09% | | | 1.823 | 1.09 | 33.31 | 0.00 | 33.31 | 32.76 |
| 21.90 | 22.50 | 22.20 | 0.60 | 2.465 | 23.36% | 0.78 | 73.5% | 1.705 | 1.02 | 34.33 | 0.00 | 34.33 | 33.82 |
| 22.50 | 23.10 | 22.80 | 0.60 | 2.547 | 17.77% | 0.66 | 68.7% | 1.809 | 1.09 | 35.42 | 0.00 | 35.42 | 34.87 |
| 23.10 | 23.70 | 23.40 | 0.60 | 2.547 | 12.43% | 0.54 | 58.7% | 1.860 | 1.12 | 36.53 | 0.00 | 36.53 | 35.98 |
| 23.70 | 24.30 | 24.00 | 0.60 | 2.547 | 15.73% | 0.61 | 65.4% | 1.828 | 1.10 | 37.63 | 0.00 | 37.63 | 37.08 |
| 24.30 | 24.73 | 24.52 | 0.43 | 2.547 | 12.19% | 0.53 | 58.1% | 1.863 | 0.80 | 38.43 | 0.00 | 38.43 | 38.03 |
| 24.90 | 25.50 | 25.20 | 0.60 | 2.547 | 12.95% | 0.55 | 59.9% | 1.855 | 1.11 | 39.54 | 0.00 | 39.54 | 38.99 |
| 25.50 | 26.10 | 25.80 | 0.60 | 2.547 | 15.61% | 0.61 | 65.1% | 1.829 | 1.10 | 40.64 | 0.00 | 40.64 | 40.09 |
| 26.10 | 26.70 | 26.40 | 0.60 | 2.485 | 14.68% | 0.59 | 61.9% | 1.793 | 1.08 | 41.72 | 0.00 | 41.72 | 41.18 |
| 26.70 | 27.30 | 27.00 | 0.60 | 2.485 | 16.05% | 0.62 | 64.3% | 1.780 | 1.07 | 42.78 | 0.00 | 42.78 | [redacted] |
| 27.30 | 27.90 | 27.60 | 0.60 | 2.485 | 10.88% | 0.50 | 53.6% | 1.831 | 1.10 | 43.88 | 0.00 | 43.88 | [redacted] |
| 27.90 | 28.50 | 28.20 | 0.60 | 2.547 | 17.18% | 0.65 | 67.8% | 1.814 | 1.09 | 44.97 | 0.00 | 44.97 | [redacted] |
| 28.50 | 29.10 | 28.80 | 0.60 | 2.547 | 17.23% | 0.65 | 67.9% | 1.814 | 1.09 | 46.06 | 0.00 | 46.06 | [redacted] |
| 29.10 | 29.70 | 29.40 | 0.60 | 2.547 | 16.40% | 0.63 | 65.5% | 1.821 | 1.09 | 47.15 | 0.00 | 47.15 | [redacted] |
| 29.70 | 30.30 | 30.00 | 0.60 | 2.547 | 17.80% | 0.66 | 68.6% | 1.809 | 1.09 | 48.24 | 0.00 | 48.24 | [redacted] |
| 30.30 | 30.90 | 30.60 | 0.60 | 2.547 | 16.50% | 0.63 | 66.7% | 1.820 | 1.09 | 49.33 | 0.00 | 49.33 | [redacted] |
| 30.90 | 31.50 | 31.20 | 0.60 | 2.547 | 18.90% | 0.68 | 70.4% | 1.799 | 1.08 | 50.41 | 0.00 | 50.41 | [redacted] |
| 31.50 | 32.10 | 31.80 | 0.60 | 2.465 | 20.89% | 0.73 | 70.7% | 1.725 | 1.03 | 51.44 | 0.00 | 51.44 | [redacted] |
| 32.10 | 32.70 | 32.40 | 0.60 | 2.465 | 20.71% | 0.72 | 70.5% | 1.726 | 1.04 | 52.48 | 0.00 | 52.48 | [redacted] |
| 32.70 | 33.30 | 33.00 | 0.60 | 2.465 | 16.80% | 0.64 | 65.0% | 1.759 | 1.06 | 53.54 | 0.00 | 53.54 | [redacted] |
| 33.30 | 33.90 | 33.60 | 0.60 | 2.465 | 17.51% | 0.65 | 66.1% | 1.753 | 1.05 | 54.59 | 0.00 | 54.59 | [redacted] |
| 33.90 | 34.50 | 34.20 | 0.60 | 2.465 | 14.91% | 0.59 | 61.8% | 1.776 | 1.07 | 55.65 | 0.00 | 55.65 | [redacted] |
| 34.50 | 35.10 | 34.80 | 0.60 | 2.465 | 17.66% | 0.66 | 66.4% | 1.751 | 1.05 | 56.70 | 0.00 | 56.70 | 56.18 |
| | | | 31.93 | | | | | | | | | | [redacted] |

NOTA: 1. Los números en color verde y negro son datos del sondeo considerado en el análisis.
y los de color rojo son los cálculos realizados.
2. La profundidad esta en relación al Nivel de Terreno Natural NTN 0.00, para fines de cálculos.

# TORRE 36, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323

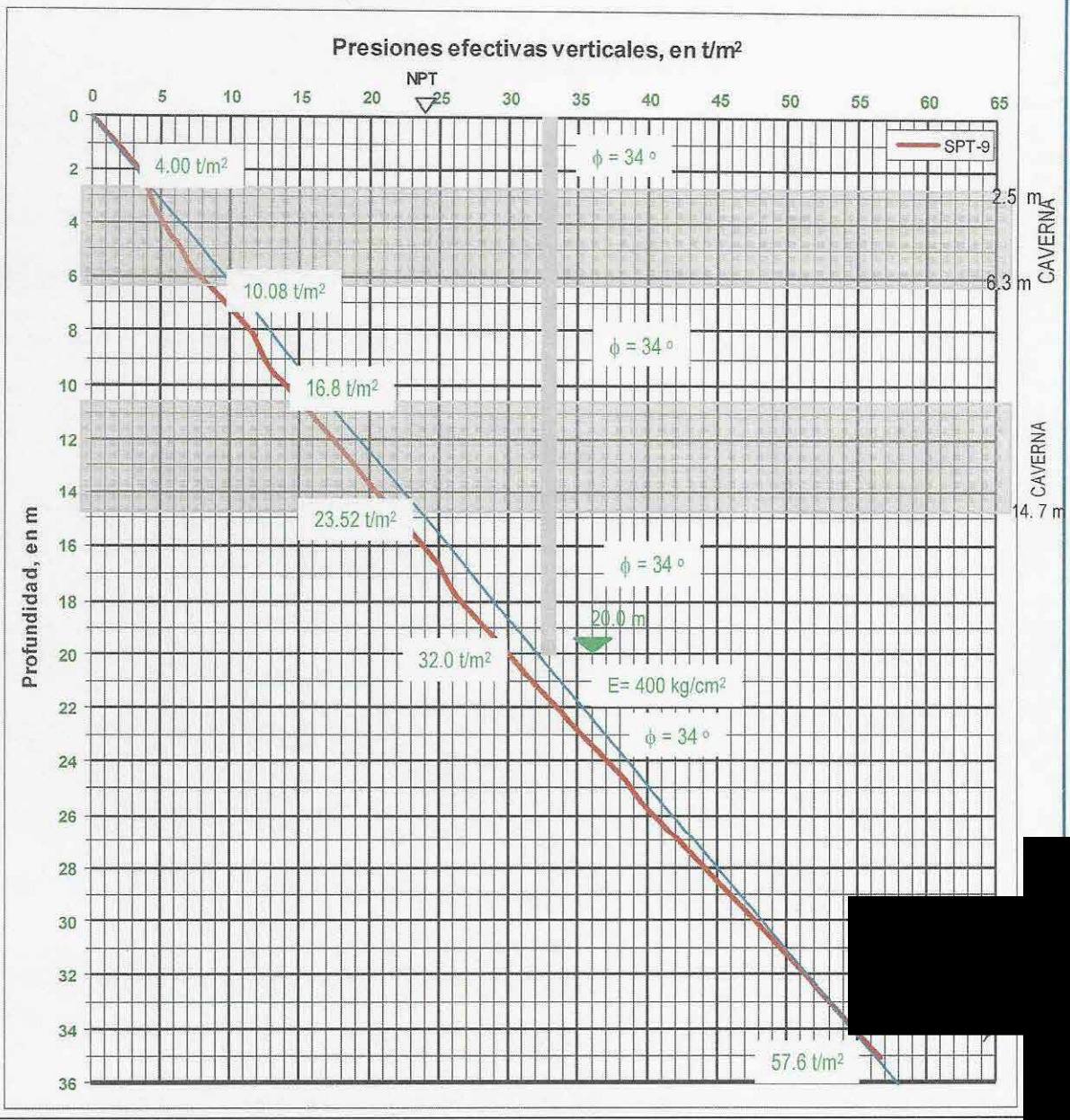
*Cablebús Línea 3, Torre No. 36, Constituyentes, CDMX*

## Análisis Geotécnico

**5.2.- Determinación de presiones efectivas geostáticas**

Sondeos empleados: **SPT-9**

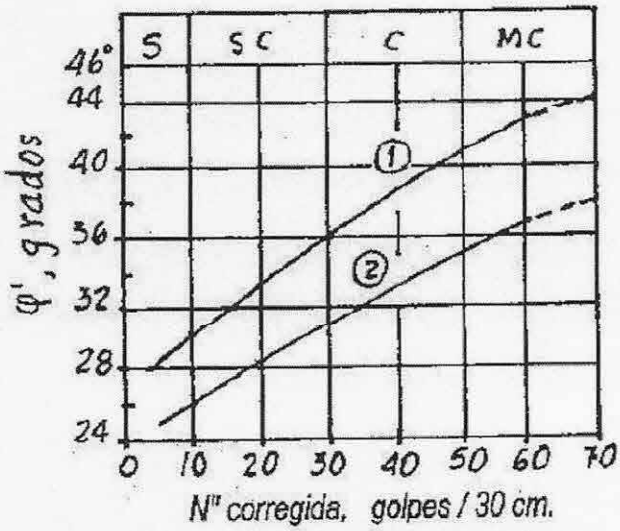
Elevación del brocal de **#¡REF!** msnm




[redacted]

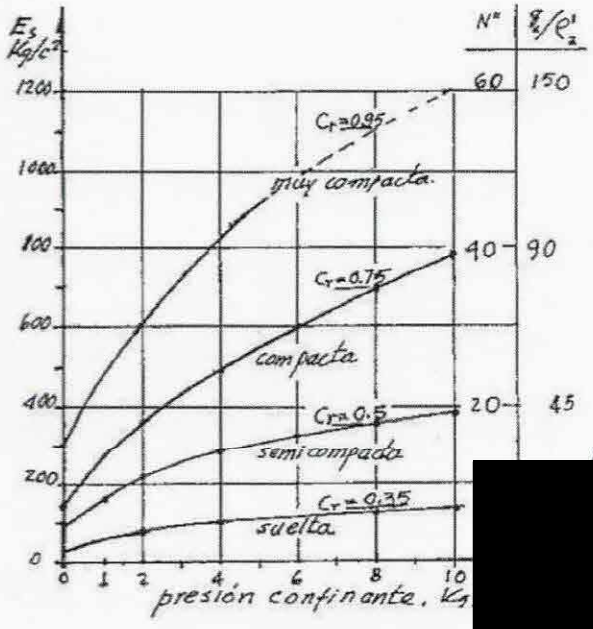
# TORRE 36, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323

| Unidad | Profundidad(m) | $\gamma$ (t/m$^3$) | c (t/m$^2$) | $\phi$° | E (kg/cm$^2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.0 a 2.1 | 1.70 | 2.0 | 37 | 850 |
| 2 | 2.1 a 2.5 | 1.65 | 2.0 | 37 | 850 |
| | 2.5 a 6.3 | Anomalías asociadas a presencia de cavernas (geofísica) | | | |
| 3 | 6.3 a 10.5 | 1.70 | 10.0 | 34 | 600 |
| | 10.5 a 14.7 | Hipótesis de presencia de caverna, por explotación de material pumítico | | | |
| 4 | 14.7 a 22.5 | 1.70 | 11.0 | 30 | 400 |
| 5 | 22.5 a 26.1 | 1.75 | 7.5 | 38 | 600 |
| 6 | 26.1 a 27.9 | 1.60 | 5.0 | 30 | 250 |
| 7 | 27.9 a 31.5 | 1.75 | 5.0 | 37 | 600 |
| 8 | 31.5 a 35.1 | 1.70 | 7.0 | 30 | 500 |




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

(a)




b) Módulo de Young para arena li[redacted]
media, en prue[redacted]n
para diferentes [redacted]fi
y compacidade[redacted]

# TORRE 36, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323



**Proyecto:** T-36, CABLEBUS LINEA 3 (Marzo 2023 )

**Memoria de cálculo:**

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

## 1.- PROPIEDADES DEL SUELO Y DIMENSIONES DE LAS PILAS

$B := 1.0, 1.2.. 1.4$ Diámetro de las pilas, m

$L := 20$ Longitud de las pilas, m

$Le := 0$ Longitud de la pila empotrada en el estrato resistente, m

$\gamma 1 := 1.6$ Peso volumétrico de estrato superior, t/m$^2$

$\phi 1 := 34$ Ángulo de fricción del estrato superior, °

$\gamma 2 := 1.6$ Peso volumétrico de estrato resistente, t/m$^2$

$\phi 2 := 34$ Ángulo de fricción del estrato resistente, °

$\gamma w := 0$ Peso volumétrico del agua, t/m$^2$

## 2.- CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA, INCISO 3.6.1.1

$Fr1 := 0.35$ Factor de resistencia

$Pv := 32.0$ Presión vertical total debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas, t/m$^2$

$P'v := (\gamma 1 - \gamma w)\cdot(L - Le) + (\gamma 2 - \gamma w)\cdot Le$ $P'v = 32.00$ Presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas, t/m$^2$

$P'v := 32.0$ Presión vertical efectiva real debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas

$Ap(B) := \frac{\pi \cdot B^2}{4}$ Área transversal del área de la bas[redacted]

$a1(B) := \frac{Le}{B}$

$a1(B) =$

| |
|---|
| 0.00 |
| 0.00 |
| 0.00 |

[redacted]

# TORRE 36, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323



$a2 := 4 \cdot \tan\left[\left(45 + \frac{\phi 2}{2}\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right]$ $\quad a2 = 7.52$

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

$Nmax := 0.3306\, e^{0.175 \cdot \phi 2}$ $\quad Nmax = 126.87$

$Nmin := 0.5916\, e^{0.1201 \cdot \phi 2}$ $\quad Nmin = 35.11$

$Nq(B) := if\left[a1(B) > a2, Nmax, Nmin + Le \cdot \frac{Nmax - Nmin}{4 \cdot B \cdot \tan\left[\left(45 + \frac{\phi 2}{2}\right) \cdot \frac{\pi}{180}\right]}\right]$

Coeficiente de capacidad de carga

$Nq(B) =$

| |
|---|
| 35.11 |
| 35.11 |
| 35.11 |

Coeficiente de capacidad de carga

$Cp(B) := (P'v \cdot Nq(B) \cdot Fr1 + Pv) \cdot Ap(B)$

Capacidad de carga por punta, t, ec. 3.14

| $B =$ | $Cp(B) =$ |
|---|---|
| 1.00 | 333.97 |
| 1.20 | 480.92 |
| 1.40 | 654.59 |

Capacidad de carga por punta, t, ec. 3.14

[redacted]

[redacted]

# TORRE 36, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323



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

$Fr2 := 0.65$ Factor de reducción

$P'vm := \frac{(L \cdot \gamma 1)}{2}$ $P'vm = 16.00$ Presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad media de desplante de las pilas, t/m 2

$zm := \frac{L}{2}$ $zm = 10.00$ Presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad media de desplante de las pilas, t/m 2

$\beta := \left(1.5 - 0.24\sqrt{zm}\right)$ $\beta = 0.74$ coeficiente de fricción elemento suelo en el estrato, t/m 2

$L := 18$ Longitud efectiva de las pilas, m

$Al1(B) := \pi \cdot B \cdot (L)$ Área lateral del elemento en el estrato superior, m2

$Cf(B) := Al1(B) \cdot \beta \cdot Fr2 \cdot P'vm$ Capacidad por fricción lateral, t, ec. 3.12

## 4.- CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA Y FRICCIÓN LATERAL

$R(B) := Cp(B) + Cf(B)$ Capacidad de carga, t

| B = | Al1(B) = | Ap(B) = | Cf(B) = | Cp(B) = | R(B) = |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 56.55 | 0.79 | 435.82 | 333.97 | 769 |
| 1.20 | 67.86 | 1.13 | 522.98 | 480.92 | 1.00 |
| 1.40 | 79.17 | 1.54 | 610.15 | 654.59 | 1.26 |

[redacted]

# TORRE 36, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323



## 5.- ASENTAMIENTOS

$Es := 400$ módulo de elasticidad del suelo en kg/cm$^2$. (Figura 9, valores determinados por el Ing ETG a partir de los resultados obtenidos en pruebas de carga realizadas en pilas).

$\upsilon := 0.25$ módulo de Poisson

Propiedades del material que compone la pila

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

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

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

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

### 2.1.4 Asentamiento elástico de la columna de concreto, $\rho c$

$$\rho c(B) := \frac{Cp(B) + 0.66\,Cf(B)}{10 \cdot \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4}\right)} \cdot \left(\frac{L}{Ec}\right) \cdot 100$$

### 2.1.5 Asentamiento elástico del suelo bajo la punta de la pila, $\rho s$

$$\rho s(B) := \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot \left(1 - \upsilon^2\right)}{4 \cdot Es} \cdot \frac{Cp(B) \cdot B}{10 \cdot \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4}\right)} \cdot 100$$

### 2.1.6 Asentamiento total en la cabeza de la pila, $\rho t$

$$\rho t(B) := \rho c(B) + \rho s(B)$$

| B = | $\rho c(B)$ = | $\rho s(B)$ = | $\rho t(B)$ = |
|---|---|---|---|
| 1.00 | 0.54 | 3.91 | 4.46 |
| 1.20 | 0.50 | 4.70 | 5.20 |
| 1.40 | 0.47 | 5.48 | 5.95 |

[redacted]

# TORRE 36, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323



## 6. CAPACIDAD DE CARGA ESTRUCTURAL

### 3.1 Resistencia última, Re

### 3.1.1 Area de la sección en m 2

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

### 3.1.2 Area del acero m 2

Se considera 0.01 de As

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

## 6. PESO DEL ELEMENTO

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

$$W(B) := V(B) \cdot \gamma c$$

## 7. CAPACIDAD DE CARGA A LA TENSIÓN

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

| B = | Al1(B) = | Ap(B) = | Cf(B) = | Cp(B) = | R(B) = |
|---|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 56.55 | 0.79 | 435.82 | 333.97 | 769.79 |
| 1.20 | 67.86 | 1.13 | 522.98 | 480.92 | $1.00 \cdot 10^3$ |
| 1.40 | 79.17 | 1.54 | 610.15 | 654.59 | $1.26 \cdot 10^3$ |

| W(B) = | V(B) = | CT(B) = | Re(B) = | ρc(B) = | ρs(B) = | ρt(B) = |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 33.93 | 14.14 | 469.75 | $1.31 \cdot 10^3$ | 0.54 | 3.91 | 4.4 |
| 48.86 | 20.36 | 571.84 | $1.88 \cdot 10^3$ | 0.50 | 4.70 | 5.2 |
| 66.50 | 27.71 | 676.65 | $2.56 \cdot 10^3$ | 0.47 | 5.48 | 5.9 |

[redacted]

# TORRE 36, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323



## 5.- ASENTAMIENTOS CONSIDERANDO LA CARGA DE LA SOLICITACIÓN SIN FACTORIZAR.

$Es := 400$ módulo de elasticidad del suelo en kg/cm$^2$. (Figura 9, valores determinados por el Ing ETG a partir de los resultados obtenidos en pruebas de carga realizadas en pilas).

$\upsilon := 0.25$ módulo de Poisson

Propiedades del material que compone la pila

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

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

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

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

$W(B) := V(B) \cdot \gamma c$

$$Cp(B) := \left[\frac{(P'v \cdot Nq(B) \cdot Fr1 + Pv) \cdot Ap(B)}{1.4}\right]$$ Capacidad de carga por punta, t, ec. 3.14

$$Cf(B) := \left(\frac{Al1(B) \cdot \beta \cdot Fr2 \cdot P'vm}{1.4}\right) - W(B)$$ Capacidad por fricción lateral, t, ec. 3.12

### 2.1.4 Asentamiento elástico de la columna de concreto, $\rho c$

$$\rho c(B) := \frac{Cp(B) + 0.66 \cdot Cf(B)}{10 \cdot \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4}\right)} \cdot \left(\frac{L}{Ec}\right) \cdot 100$$

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

$$\rho s(B) := \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot \left(1 - \upsilon^2\right)}{4 \cdot Es} \cdot \frac{Cp(B) \cdot B}{10 \cdot \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4}\right)} \cdot 100$$

# TORRE 36, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323



### 2.1.6 Asentamiento total en la cabeza de la pila, $\rho t$

$$\rho t(B) := \rho c(B) + \rho s(B)$$

| B = | B = | ρc(B) = | ρs(B) = | ρt(B) = |
|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 1.00 | 0.37 | 2.80 | 3.16 |
| 1.20 | 1.20 | 0.34 | 3.35 | 3.69 |
| 1.40 | 1.40 | 0.32 | 3.91 | 4.23 |

## 5.- ASENTAMIENTOS CONSIDERANDO LA CARGA DE LA SOLICITACIÓN SIN FACTORIZAR Y LA DISMINUCIÓN DEL APORTE DE LA FRICCIÓN POR LA PRESENCIA DE LAS MINAS.

$Es := 400$ módulo de elasticidad del suelo en kg/cm $^2$. (Figura 9, valores determinados por el Ing ETG a partir de los resultados obtenidos en pruebas de carga realizadas en pilas).

$\upsilon := 0.25$ módulo de Poisson

### Propiedades del material que compone la pila

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

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

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

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

$$W(B) := V(B) \cdot \gamma c$$

$$Cp(B) := \left[ \frac{(P'v \cdot Nq(B) \cdot Fr1 + Pv) \cdot Ap(B)}{1.4} \right]$$

Capacidad de carga por punta, t, ec. 3.14

$$Cf(B) := \left( \frac{Al1(B) \cdot \beta \cdot Fr2 \cdot P'vm}{2.8} \right) - W(B)$$

Capacidad por fricción latera[redacted]

### 2.1.4 Asentamiento elástico de la columna de concreto, $\rho c$

$$\rho c(B) := \frac{Cp(B) + 0.66 \cdot Cf(B)}{10 \cdot \left( \frac{B^2 \cdot \pi}{4} \right)} \cdot \left( \frac{L}{Ec} \right) \cdot 100$$

# TORRE 36, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323



## 2.1.5 Asentamiento elástico del suelo bajo la punta de la pila, $\rho s$

$$\rho s(B) := \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot \left(1 - \upsilon^2\right)}{4 \cdot Es} \cdot \frac{Cp(B) \cdot B}{10 \cdot \left(\frac{B^2 \cdot \pi}{4}\right)} \cdot 100$$

## 2.1.6 Asentamiento total en la cabeza de la pila, $\rho t$

$$\rho t(B) := \rho c(B) + \rho s(B)$$

| B = | B = | ρc(B) = | ρs(B) = | ρt(B) = |
|---|---|---|---|---|
| 1.00 | 1.00 | 0.28 | 2.80 | 3.07 |
| 1.20 | 1.20 | 0.26 | 3.35 | 3.62 |
| 1.40 | 1.40 | 0.25 | 3.91 | 4.17 |

[redacted]

[redacted]

[redacted]

# TORRE 36, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323

Capacidades de carga de pilas, Marzo 2023. **T-36** LÍNEA 3 DE CABLEBÚS (CONSIDERANDO CAVERNAS DE 2.5 m a 6.3 m Y DE 10.5 a 14.7 m)

| Diametro depila m | Área lateral, $A_L$ $m^2$ | Área de punta $A_p$ $m^2$ | Capacidad por fricción, $C_f$ t | Capacidad por punta, $C_p$ t | Peso de pila t | Capacidad de carga reducida, R t | Compresión t | Tensión t | Deformación, cm | Esf, kg/cm2 | Kv, ton/cm | K, kg/cm³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 56.6 | 0.785 | 255.6 | 334.0 | 33.9 | 555.7 | 555.7 | 277.7 | 3.1 | 50.5 | 129.3 | 16.5 |
| 1.2 | 67.9 | 1.131 | 306.7 | 480.9 | 48.9 | 738.8 | 738.8 | 338.5 | 3.6 | 46.7 | 145.8 | 12.9 |
| 1.4 | 79.2 | 1.539 | 357.9 | 654.6 | 66.5 | 946.0 | 946.0 | 401.1 | 4.2 | 43.9 | 162.0 | 10.5 |

$F_R$= 0.65
$D_p$= 1.00 m
$P_p$= 3.14 m
$P_v$= 32.00 t/m²
$F_R$= 0.35
$A_p$= 0.79 m²
$\phi$= 34
$N_{max}$= 126.87
$N_{min}$= 35.11
$L_e$= 0.00 m
$N_q$*= 35.11
$C_p$= 333.98 ton

$$C_f = P_p F_R \sum_{i=1} \overline{p}_{vi} \beta_i L_i$$

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

$$C_p = (\overline{p}_v N_q^* F_R + p_v) A_p$$

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

| $\phi$ | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° | 45° |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $N_{máx}$ | 12.5 | 26 | 55 | 132 | 350 | 1000 |
| $N_{mín}$ | 7 | 11.5 | 20 | 39 | 78 | 130 |

| ESTRATO | De, m | a, m | Zi, m | Li, m | γ i, t/m³ | P vi, t/m² | β | Cf, ton |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Arena limosa café | 0.00 | 2.50 | 1.25 | 2.50 | 1.60 | 2.00 | 1.23 | 12.58 |
| CAVERNA | 2.50 | 6.30 | | | | | | |
| Arena limosa café | 6.30 | 10.50 | 8.40 | 4.20 | 1.60 | 13.44 | 0.80 | 92.72 |
| CAVERNA | 10.50 | 14.70 | | | | | | |
| Limo arenoso café claro | 14.70 | 20.00 | 17.35 | 5.30 | 1.60 | 27.76 | 0.50 | 150.32 |
| | | | | | | | Cf= | 255.62 ton |

[redacted]

[redacted]

[redacted]

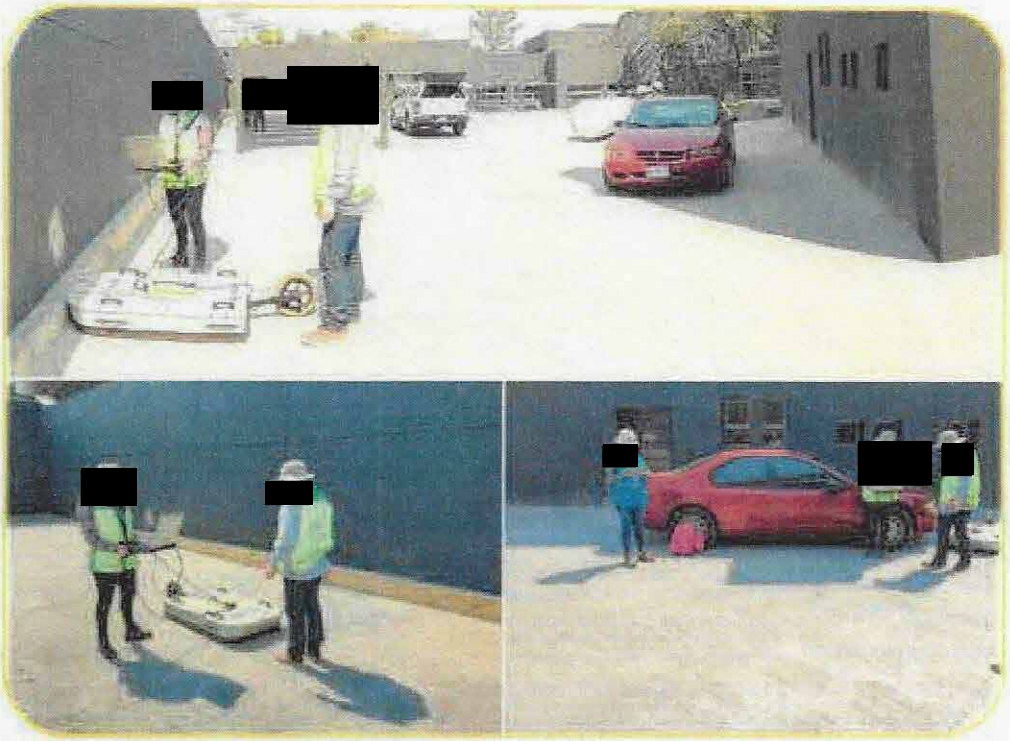
# 15. ANEXO 6. RESULTADOS DE GEOFÍSICA (GEORADAR)

[redacted]

[redacted]

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

# ESTUDIO GEOFÍSICO DE GEORADAR PARA LA BASE DE LA TORRE 36 DEL CABLE BUS LINEA 03, (HOSPITAL MILITAR). AVE. CONSTITUYENTES S/N, COL. LAS AMÉRICAS, ALC. MIGUEL HIDALGO, CIUDAD DE MÉXICO.



[redacted]

ELABORADO POR:
SERGBEN
Ingeniería del Subsuelo, S. A. de C. V.

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

FEBRERO 21 DEL 2023.

[redacted]

# INDICE GENERAL

1. GENERALIDADES
   1.1 OBJETIVOS
   1.2 ACTIVIDADES REALIZADAS.
2. RESULTADOS
3. CONCLUSIONES
BIBLIOGRAFÍA
ANEXO 1 MÉTODO DE GEORADAR
ANEXO 2 FOTOGRÁFICO
ANEXO 3 PLANOS

[redacted]



[redacted]

# 1. GENERALIDADES

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

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

*Es por ello que la empresa* **GAMI INGENIERA E INSTALACIONES S.A. de C.V**, *quien es la responsable del proyecto, ingeniería y construcción nos solicitó la realización de un Estudio Geofísico en la base de la Torre 36 del Cable Bus, que se ubica dentro de las instalaciones del Hospital Militar de Especialidades Oftalmológicas, este estudio permitirá definir las condiciones litológicas y la potencial presencia de cavidades en el subsuelo del predio en donde se ubicara la Torre T 36.*

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

## 1.1 OBJETIVOS

*El objetivo del presente estudio es el definir la distribución de los materiales del subsuelo, así como definir la potencial presencia de cavidades bajo el área de la Torre 36.*

## 1.2 ACTIVIDADES REALIZADAS

### Exploración Geofísica

*El método de exploración que se uso fue el de georadar, ya que nos permite tener una buena profundidad de exploración (15m reales), así como un perfil continuo de información sin dejar zonas sin explorar.*

*El método se basa en que con un equipo que cuenta con dos antenas, una transmite un pulso electromagnético al subsuelo, y este viaja al subsuelo, y regresa y es cap[redacted]na receptora. La información se va observando en una computadora a manera de [redacted]la "Radagrama". Que es una especie de grafica de ultrasonido como el que se le ha[redacted]d la medicina. En este radagrama se puede observar directamente en campo con[redacted]do esta grafica, e identificarse desde ahí posibles puntos criticos.*

*Esta información es almacenada en una computadora, para posteri[redacted]te hacer un procesado mayor y una interpretación final de los resultados obten[redacted]as observaciones de campo y de la mecánica de suelos.*

*Este método tiene la ventaja que no requiere de una gran extensión para lograr penetrar más de 15m reales. Se realizaron* ***7 (SIETE)*** *líneas. (Fotografías 1 a 14, Plano 1).*

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

| No. DE LÍNEA | DISTANCIA (m) |
|---|---|
| 1 | 12.65 |
| 2 | 12.70 |
| 3 | 12.65 |
| 4 | 12.65 |
| 5 | 5.70 |
| 6 | 5.60 |
| 7 | 5.70 |
| TOTAL | 67.65 |

Es decir en total **se realizaron 64.65 metros lineales** de exploración con georadar.

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

En el presente texto se describen los resultados obtenidos y en el Plano 2 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.

[redacted]

*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]



[redacted]

## 2. RESULTADOS

Se realizaron un total de **7 (SIETE)** líneas, se ubicaron las líneas adecuándose a los espacios disponibles en el momento de la realización de la exploración geofísica. (Fotografías 1 a 14 y Planos 1 y 2).

Después del procesamiento de la información obtenida en campo y para su interpretación se basó en los resultados de la mecánica de suelos proporcionada por PROYECO, en donde se identifica una estratigrafía constituida por una alternancia de materiales limosos, arcillosos y arenosos (Tobas de la formación Tarango) conformando diferentes estratos hasta los 15m 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 en la mecánica de suelos que se realizó (Sondeo SPT-9 T36) en donde se identifica un estrato de Toba Pumítica entre 10.5 a 13.5m, por lo que es importante en esta zona identificar en los radagramas anomalías que se pudieran asociar a la presencia de cavidades a esa profundidad y/o rasgos que indiquen fracturamiento y/o zonas de colapsos en proceso asociadas a la presencia de cavidades a esa profundidad en estos materiales.

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

A continuación se describen cada una de estos materiales:

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

El material **M1**, es un material constituido por un paquete de Tobas Limosas que se distribuye en las 7 líneas realizadas entre 0.0 y los 10.50m de profundidad en términos generales, su compacidad es alta.

El material **M2**, se describe en la mecánica de suelos como un paquete de Toba Pumítica Limosa y/o arenosa, se presenta prácticamente en todas las 7 líneas realizadas conformando el segundo estrato a una profundidad de 10.5 a 13.5m. Es muy homogénea y se presenta en posición no exactamente horizontal, teniendo un espesor de casi de 3m en términos generales.

El **M3** se asocia a una Toba Limosa un poco arenosa la cual puede ser de grano fino a grueso, su compacidad muy alta. Se presenta entre los 13.5 a 21.0metros de profundidad. En los radagramas se observa que el contacto no es totalmente horizontal sino que tiene ciertas ondulaciones y variaciones de su espesor pero se mantiene más o menos igual.

Este horizonte es el último que se define con el georadar ya que este so[redacted]os 15.0m

[redacted]

***SEGUNDO GRUPO***: *En esta Torre T36 se observa que en todas las líneas realizadas y dentro del Material 1; que existen dos diferentes tipos de anomalías; una que bien pudiera verse como una especie de cúpula y/o concavidad, así como zonas irregulares donde la "estratificación" (continuidad de la ondas del georadar) se ve interrumpida y/o desplazada en el sentido vertical; que se pudieran asociara a la posible presencia de cavidades bajo el subsuelo del área explorada.*

*Pero también casi a la misma profundidad se presentan otras anomalías sobre las líneas 1, 2 y 3 que tienen una forma muy regular, que pareciera que se tiene una losa con concreto armado (Línea 3 entre el cadenamiento 6.5 a 11m) que cubre algo ya que su forma es muy "rectangular", y no se ve como si fuera una cavidad.*

*Estas anomalías definidas con el georadar se marcaron en el plano 1, con su ubicación de la extensión sobre cada línea explorada del inicio y fin de cada uno de estas irregularidades, así como también la profundidad a la que se encuentra. Se usó un recuadro achurado en color magenta (posibles cavidades) y en achurado color verde (posible infraestructura enterrada), se marca también la profundidad a la que se presenta cada una de ellas.*

*A continuación se presenta a manera de tabla la ubicación en cada línea de estas anomalías asociadas a posibles cavidades.*

| Posibles Cavidades | | | Posible Infraestructura Enterrada | |
|---|---|---|---|---|
| LÍNEA | Cadenamiento (m) | Profundidad (m) | Cadenamiento (m) | Profundidad (m) |
| 1 | 5.2 a 7.0 | 2.0 a 6.5 | 7.5 a 11.5 | 2.5 a 6.0 |
| 2 | 3.8 a 6.0 | 3.5 a 6.0 | 7.4 a 12.2 | 2.5 a 6.5 |
| 3 | | | 6.5 a 11.0 | 2.0 a 6.0 |
| 4 | 1.0 a 3.0 | 2.0 a 5.0 | | |
| | 4.5 a 8.0 | 2.0 a 6.5 | | |
| 5 | | | | |
| 6 | 4.5 a 5.6 | 3.5 a 6.5 | | |
| 7 | 0.75 a 1.5 | 2.5 a 5.5 | | |
| | 4.4 a 5.6 | 2.5 a 5.5 | | |

*Es importante señalar que el plano 1 en planta se construyó en base a una fotografía satelital de 2009, ya que no se contó con la topografía de detalle del área y se colocaron las líneas de la mejor manera posible en función de las mediciones que se tomaron en campo.*

[redacted]

[redacted]

## 3. CONCLUSIONES

*Del presente estudio se desprenden las siguientes conclusiones.*

- *En este caso la exploración con georadar realizada logro penetrar solo hasta los 15m de profundidad, ya que el tipo de material impidió una mayor penetración.*

- *Se observa en los radagramas de las 7 líneas realizadas que existen zonas con deformaciones en la señal del georadar, lo cual nos evidencia la presencia de anomalías en los diferentes materiales del subsuelo, pero teniendo el antecedente de este tipo de anomalías en otros proyectos se le asocia este tipo de anomalías a la posible presencia de cavidades en el subsuelo.*

- *Con los reportes de la mecánica de suelos se identificó un horizonte de tobas pumíticas que va de 10.5 a 13.5m, por lo que de haber cavidades se esperaría que existieran anomalías a partir de ahí hacia arriba o hacia abajo en algunos casos ya que pudieran haber generado la llamada migración de cavidades (la cavidad se empieza a colapsar y se presenta la oquedad a una menor profundidad que la del horizonte de Toba Pumítica. Pero estas se ubican en una material de tipo Toba Limosa que no es la que se usaba como arena explotable. Pero puede ser que lateralmente existan variaciones del material y que ahí si exista algún tipo de cavidad.*

- *Es importante mencionar que además de las anomalías que se pudieran asociar a posibles cavidades se encontró otro tipo de anomalía que por su forma pudiera corresponder a algún tipo de estructura enterrada sobre las Líneas 1, 2 y 3.*

- *En los radagramas de las 7 líneas realizadas la presencia de deformaciones en la señal del georadar que nos indican anomalías que se pueden asociar a la presencia de estas cavidades en el subsuelo del predio y/o infraestructura enterrada. (Ver Tabla de anomalías) Estas anomalías se sitúan entre 2.5 a 6.5m de profundidad en términos generales, son muy variables las dimensiones.*

- ***Con estos resultados de la exploración del subsuelo realizada con georadar y específicamente en la zona de la TORRE T 36 (Hospital de Especialid[redacted] Oftalmológicas) de la Línea 3 del Cable Bus, SE PUEDE CONCLUIR QUE SI EXIS[redacted] ANOMALÍAS QUE SE ASOCIAN A LA PRESENCIA DE POSIBLES CAVIDADES [redacted] INFRAESTRUCTURA ENTERRADA.***

- *Es importante mencionar que pudieran ser en algunos casos algunas variaciones [redacted] litología de los diferentes estratos pueden generar algún tipo de anomalía parecida a [redacted] una cavidad, pero el hecho es que hay una serie de anomalías que se deben tomar toma[redacted] en cuenta para la construcción de la Torre T36.*

- *La cimentación de la estructura debe de ser por debajo de esta profundidad (8.0m) y tom[redacted] en cuenta eventualidades como posibles hundimientos en las anomalías someras a la [redacted] de colocar equipos pesados en las zonas afectadas.*

- *Estos resultados solo son válidos única y exclusivamente para el área explorada en la z[redacted] de la Torre 36 específicamente, ya que es sabido que en el área hay una alta probabilidad[redacted] tener cavidades y/o minas subterráneas en su subsuelo.*

- *De ser necesario se requerirá de hace alguna verificación de estas anomalías [redacted] exploración directa para verificar el estado del subsuelo y sus implicaciones geomecánica[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).

[redacted]

# ANEXO 1
# MÉTODO DE GEORADAR

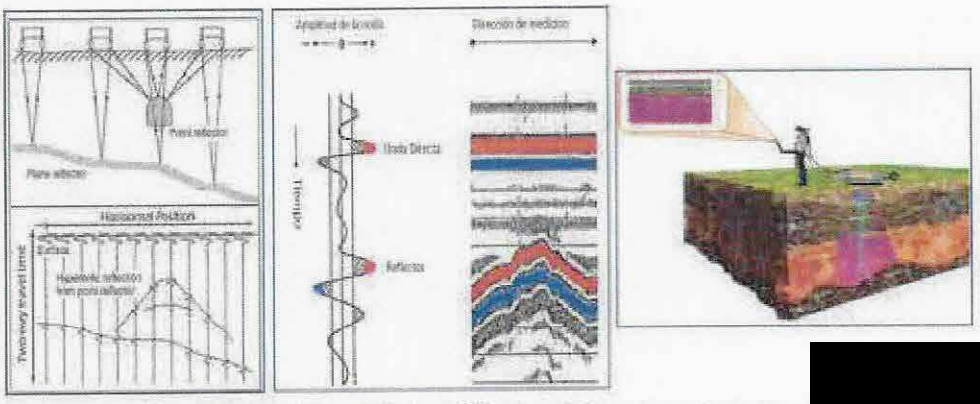
## INTRODUCCION:

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 empleo 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 un [redacted] individual y el despliegue de las múltiples trazas formando una imagen, [redacted] posteriormente hacer su procedimiento en gabinete.

[redacted]



[redacted]

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

## PROCESAMIENTO E INTERPRETACION DE DATOS

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

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

## PARAMETROS DE CAMPO

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

## EQUIPO EMPLEADO

- *Georadar Mca MALA GEOSCIENCE MOD. X3M (Fotografía 15)*
- *Antena de 100 M Hz.*
- *Computadora portátil para la captura de datos.*

[redacted]

# ANEXO 2
## FOTOGRÁFICO

[redacted]

SERGEN INGENIERIA DEL SUBSUELO, S.A. DE

[redacted]

FOTOGRAFÍA 1

Cable Bus Línea 3 Torre 36, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 1.

FOTOGRAFÍA 2

[redacted]

FOTOGRAFÍA 3

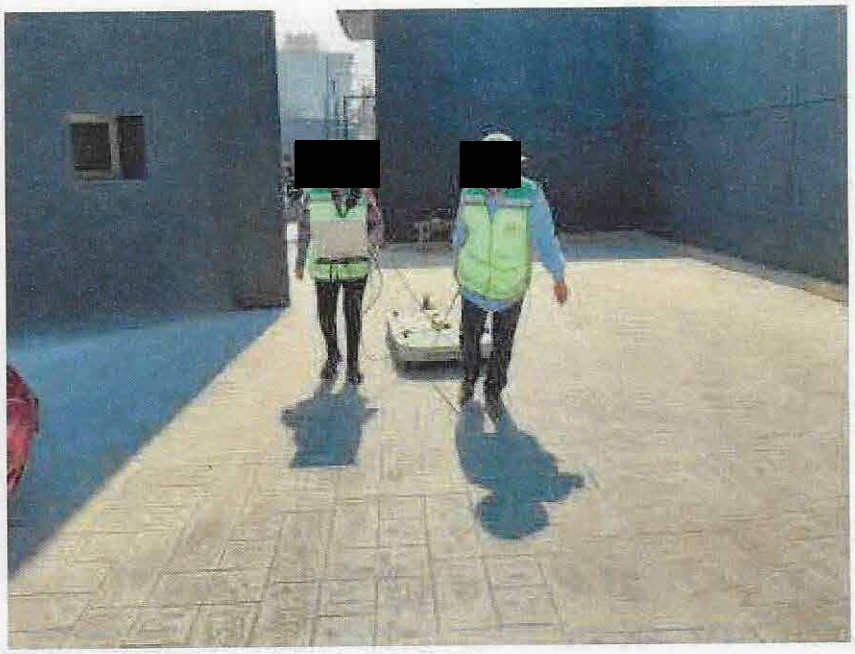
Cable Bus Linea 3 Torre 36, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Linea 2.

FOTOGRAFÍA 4

Cable Bus Linea 3 Torre 36, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Linea 2.

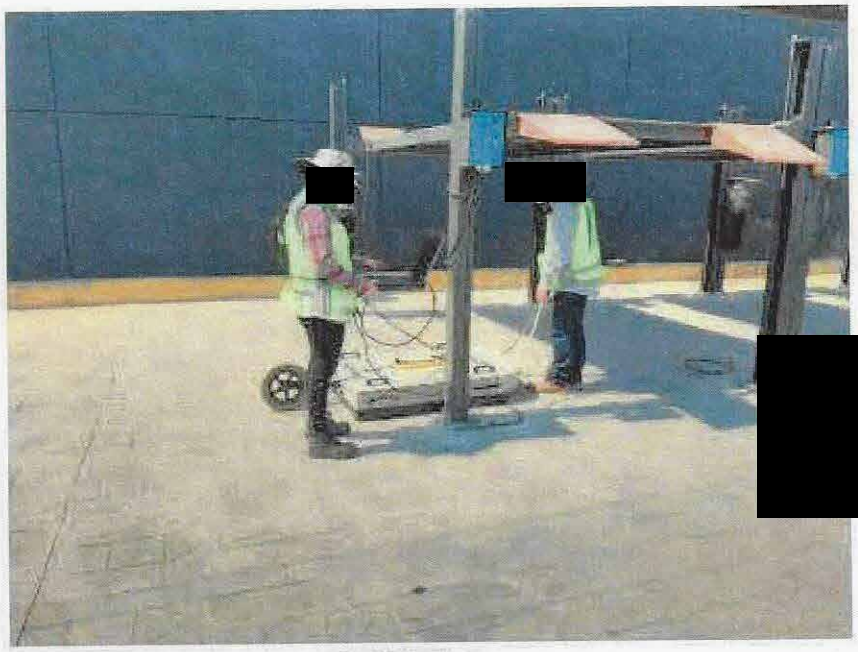
SERGPEN INGENIERIA DEL SUBSUELO, S.A. DE C.V. 14

[redacted]



FOTOGRAFÍA 5

Cable Bus Línea 3 Torre 36, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 3.



FOTOGRAFÍA 6

Cable Bus Línea 3 Torre 36, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 3

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

[redacted]

FOTOGRAFÍA 7

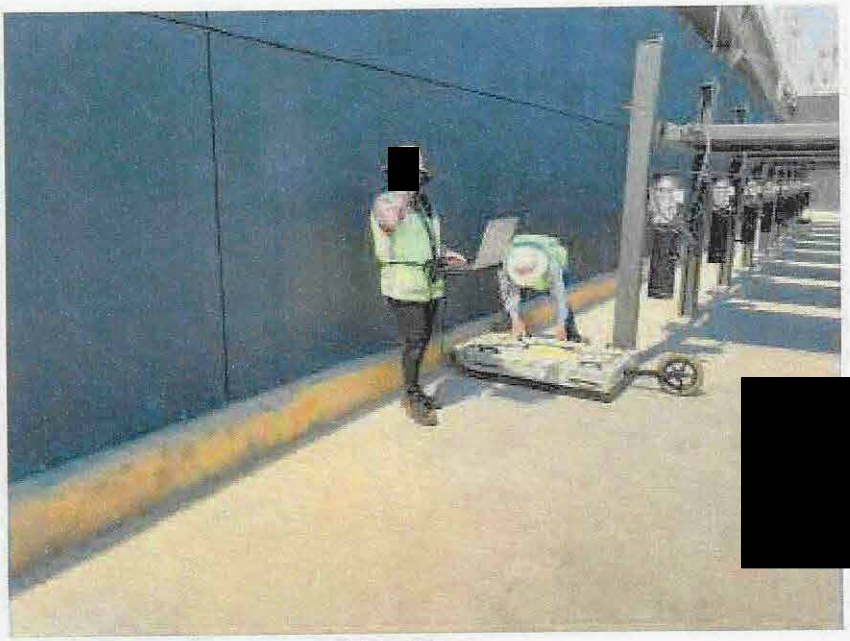
Cable Bus Linea 3 Torre 36, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Linea 4.

FOTOGRAFÍA 8

Cable Bus Linea 3 Torre 36, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Linea 4.

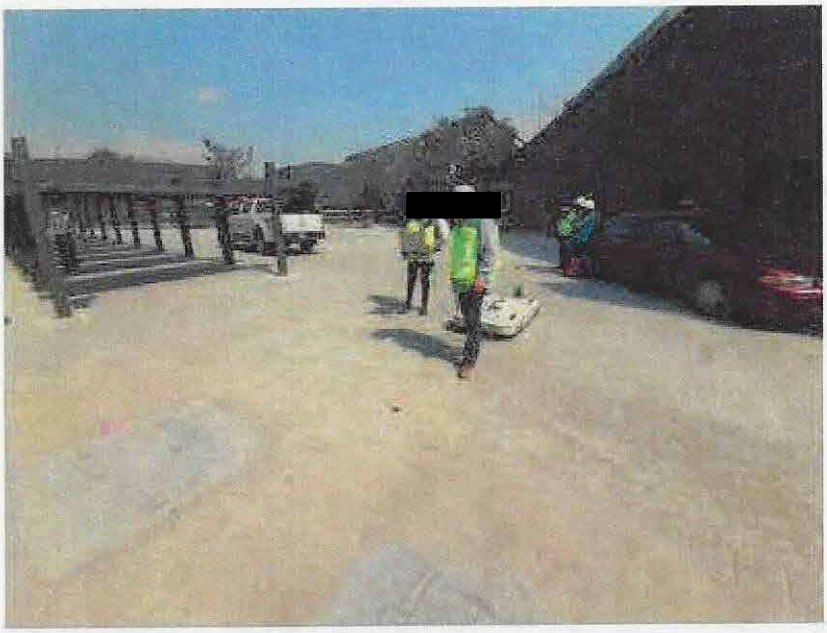
FOTOGRAFÍA 9

Cable Bus Línea 3 Torre 36, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 5.



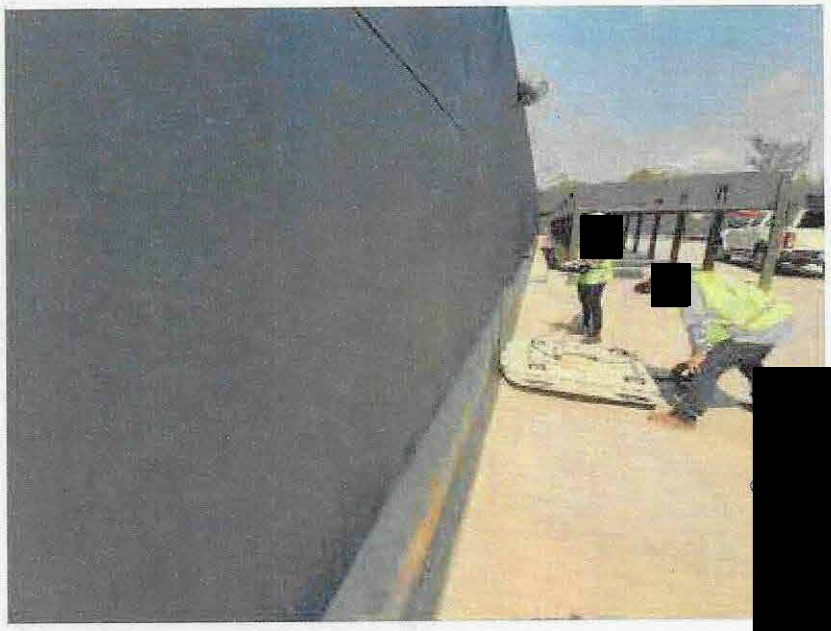
FOTOGRAFÍA 10

[redacted]



FOTOGRAFÍA 11

Cable Bus Línea 3 Torre 36, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 6.

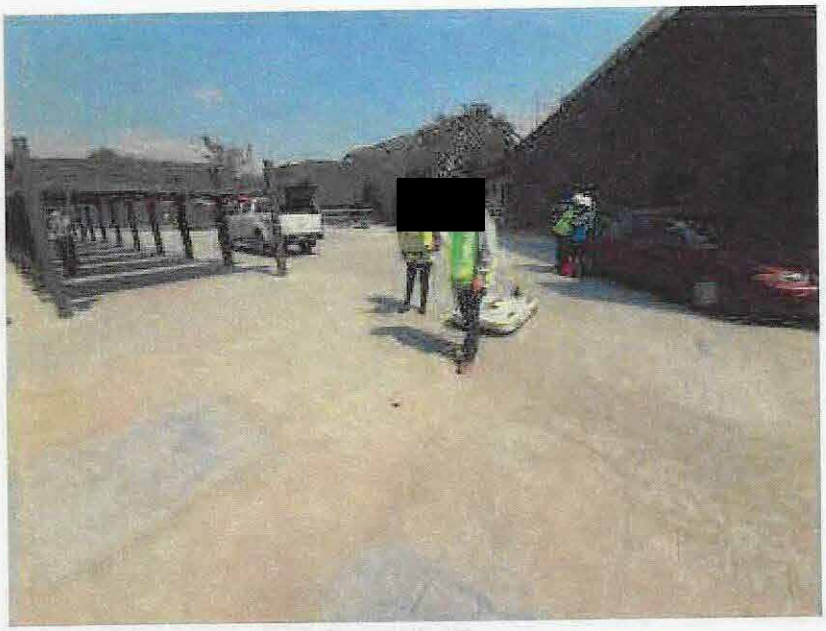


FOTOGRAFÍA 12

Cable Bus Línea 3 Torre 36, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 6.

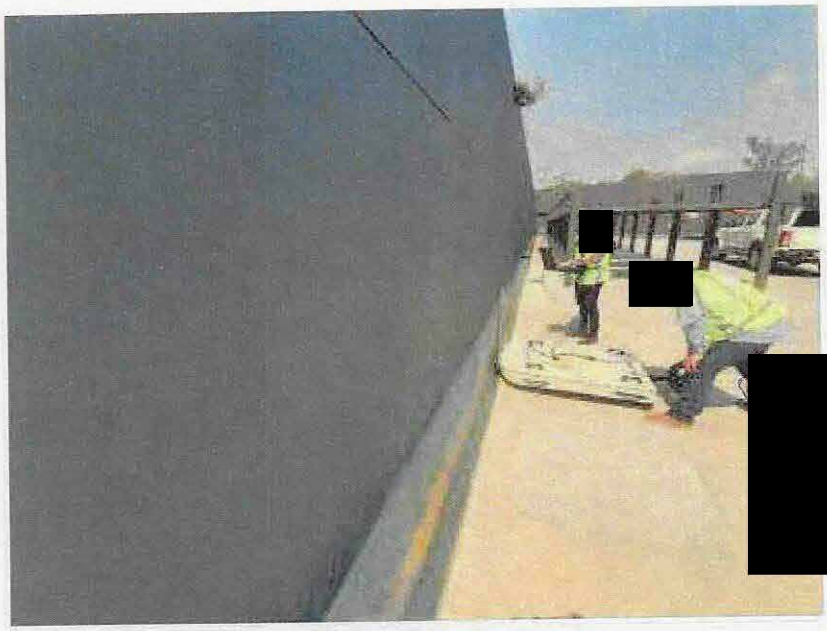
SERGBEN INGENIERIA DEL SUBSUELO,

[redacted]



FOTOGRAFÍA 11

Cable Bus Línea 3 Torre 36, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 6.

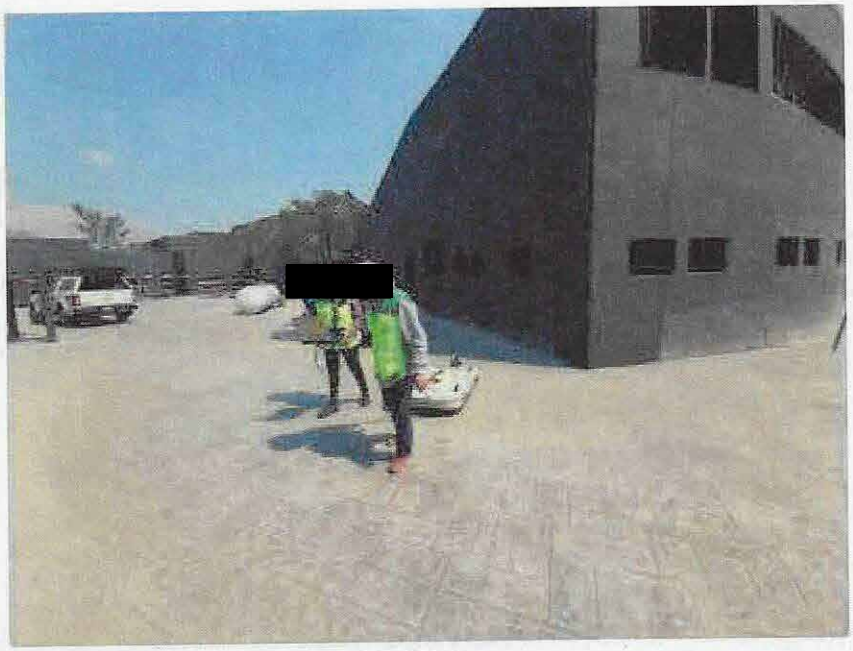


FOTOGRAFÍA 12

Cable Bus Línea 3 Torre 36, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 6.

SERGBEN INGENIERIA DEL SUBSUELO, S.A. DE C.V. 18

[redacted]



FOTOGRAFÍA 13

Cable Bus Línea 3 Torre 36, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 7.

FOTOGRAFÍA 14

Cable Bus Línea 3 Torre 36, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 7.

SERGEEN INGENIERÍA DEL SUBSUELO, S.A. DE C.V. 19

[redacted]

**FOTOGRAFÍA 15**

**Cable Bus Línea 3 Torre 36,** Exploración con Georadar.
(Antena de 100 MHz, CPU y computadora Lap Top).

[redacted]



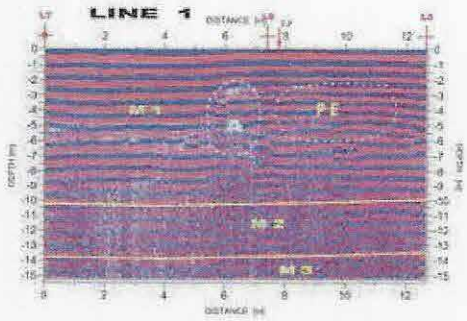
[redacted]

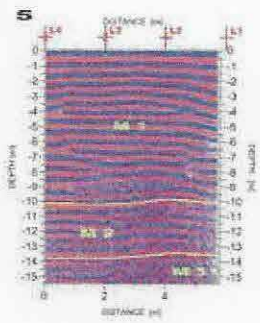
# ANEXO 3

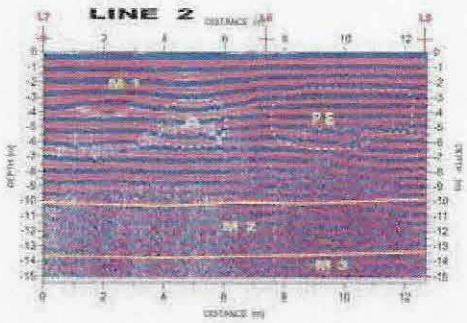
## PLANOS

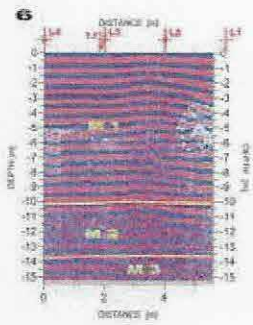
[redacted]

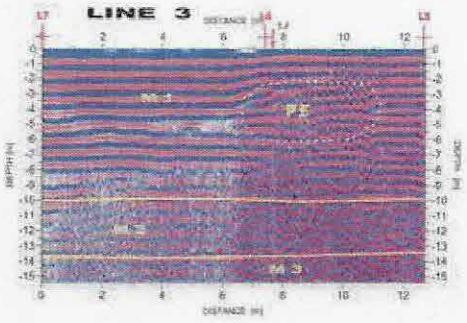
[redacted]

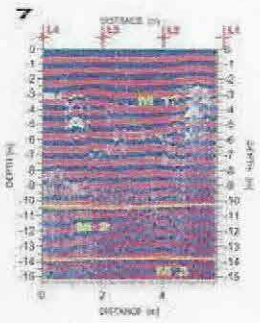


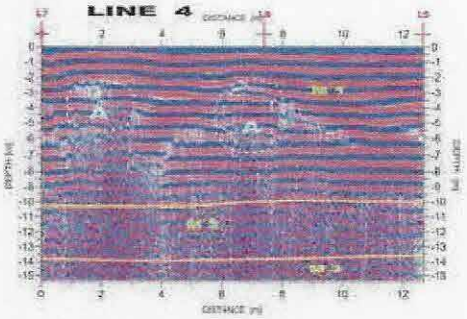




[redacted]

[redacted]