

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

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

Elaboró	Autorizó	Enterado

## Contenido

1. RESUMEN .....	3
2. ANTECEDENTES .....	7
3. OBJETO .....	7
4. ALCANCES .....	7
5. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 37 .....	8
6. CONDICIONES GEOTÉCNICAS DEL SITIO .....	9
6.1 INFORMACIÓN GEOTÉCNICA DISPONIBLE .....	9
6.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA .....	9
6.3 ENSAYES DE LABORATORIO .....	10
6.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA .....	10
6.5 MODELO GEOMECÁNICO .....	12
7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN .....	13
7.1 CARGAS ACTUANTES .....	13
7.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN .....	13
7.3 ESTADOS LÍMITE DE FALLA .....	13
7.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO .....	15
8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO .....	17
8.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS .....	17
8.2 PILAS .....	18
8.3 EXCAVACIÓN .....	20
8.4 MINAS .....	20
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	21
10. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA .....	24
11. ANEXO 2. PERFILES DE SONDEOS EJECUTADOS .....	27
12. ANEXO 3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO .....	30
13. ANEXO 4. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO, INCLINADA .....	79
14. ANEXO 5. MEMORIA DE CÁLCULO .....	81
15. ANEXO 6. RESULTADOS DE PRUEBAS CON FICÓMETRO .....	96
16. ANEXO 7. RESULTADOS DE GEOFÍSICA (GEORADAR) .....	100

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del Cablebús .....	8
--	---

## Índice de Tablas

Tabla 1- Estaciones del Sistema de Transporte Público Cablebús Línea 3 .....	8
Tabla 2- Profundidad y ubicación del sondeo SM-3 .....	10
Tabla 3. Modelo geomecánico de diseño .....	12
Tabla 4. Valores de $N_{max}$ y $N_{min}$ .....	14
Tabla 5. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación .....	15
Tabla 6. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas .....	16
Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para pilas .....	16
Tabla 8. Módulos de reacción horizontal para dado .....	17

## Índice de Figuras

Figura 1. Croquis de localización y ubicación de sondeos, T-37
Figura 2. Zonificación geotécnica de la Ciudad de México
Figura 3. Corte estratigráfico, T-37
Figura 4. Procedimiento de excavación, T-37



## 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 37**.

Para la exploración geotécnica se ejecutó un sondeo de penetración estándar (SPT-8, T-37), a una profundidad de 35.25 m, un sondeo de avance controlado (SAC-8A, T-37), alternando las técnicas de avance controlado y la ejecución de 3 pruebas de ficómetro a las profundidades de 5.0, 9.8 y 22.0 m, una profundidad de 35.0 m, así como un estudio geofísico mediante el método de georadar, con 9 líneas que suman 115 m lineales de exploración a una profundidad real de 25.0 m. Además de los resultados obtenidos de la exploración geotécnica realizada, también se incluyen los ensayos 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 \_\_\_\_\_ y a solicitud de \_\_\_\_\_ 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.**

**Descripción estratigráfica.** Con base en los datos y resultados obtenidos durante los trabajos de exploración y de los ensayos de laboratorio se describen a continuación las características de los suelos encontrados en el punto de la T-37.

**De 0.00 a 2.10 m. Relleno** compuesto por arena limosa, muy compacta, de color ~~vate en tonos~~ claros. El contenido natural de agua varía de 15.94% a 41.00 %. El porcentaje de finos es de ~~29.80%~~ arena de 70.20% y grava de 0.00%. El número de golpes medido es de más de 50.

**De 2.10 a 4.50 m. Limo de baja plasticidad (ML)**, arenoso, de consistencia muy durá, de ~~v~~ color café-grisáceo. La arena es andesítica. El contenido natural de agua varía de 29.42% a 38.67%. El porcentaje de finos ~~es de 64.70%~~, arena de 35.30% y grava de 0.00%. El Límite Líquido es de 25.81% y el Límite Plástico de 23.10%. La densidad relativa de sólidos es de 2.479. El número de golpes medido en la prueba de penetración estandar es de más de 50.



**De 4.50 a 6.30 m. Arena andesítica, limosa (SM)**, en estado semicompacto, con gravas piroclásticas aisladas de hasta  $\frac{3}{8}$ " de color café grisáceo. El contenido natural de agua varía de 21.00% a 32.21%. El porcentaje de finos es de 30.93%, arena de 49.11% y grava de 19.96%. El Límite Líquido es de 28.76% y el Límite Plástico de 25.55%. El peso volumétrico natural es de  $\gamma_m = 1.753 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 10 a los 17.

**De 6.30 a 7.50 m. Arena andesítica, limosa (SM)**, en estado compacto a muy compacto, con gravas aisladas de hasta  $\frac{3}{8}$ " de color gris. El contenido natural de agua varía de 10.58% a 23.70%. El porcentaje de finos es de 18.90%, arena de 67.68% y grava de 13.42%. El número de golpes medido varía de los 37 a los más de 50.

**De 7.50 a 9.30 m. Arena andesítica, limosa (SM)**, en estado semicompacto, con grumos pumíticos, de color café en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 24.15% a 32.01%. El porcentaje de finos es de 41.63%, arena de 58.37% y grava de 0.00%. El Límite Líquido es de 28.20%, y el Límite Plástico de 23.92%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 21 a los 28.

**De 9.30 a 11.10 m. Arena pumítica poco limosa**, de compacidad media, con gravas aisladas, de color blanco. El contenido natural de agua varía de 46.94% a 64.63%. El porcentaje de finos es de 7.88%, arena de 71.70% y grava de 20.42%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 23 a 25.

**De 11.10 a 14.10 m. Limo de baja plasticidad (ML)**, arenoso de origen piroclástico, de consistencia dura a muy dura, con un lente de arenas finas próximo al inicio del estrato, de color café-grisáceo en tonos oscuros. El contenido natural de agua varía de 24.76% a 37.26%. En el lente central de arenas, el porcentaje de finos es de 33.93%, arena de 66.07% y grava de 0.00%. El Límite Líquido es de 28.09% y el Límite Plástico de 24.79%. La densidad relativa de sólidos es de 2.496. El peso volumétrico natural es de  $\gamma_m = 1.888 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido varía de los 32 a los más de 50.

**De 14.10 a 15.30 m. Gravas de hasta 1" con arena fina a gruesa y finos limosos de color café-grisáceo (GM)**. El contenido natural de agua varía de 18.06% a 26.27%. El porcentaje de finos es de 21.15%, arena de 24.75% y grava de 54.10%. El peso volumétrico natural es de  $\gamma_m = 1.959 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

**De 15.30 a 19.50 m. Limo de baja plasticidad (ML)**, arenoso de origen piroclástico, de consistencia dura a muy dura, de color café-grisáceo. El contenido natural de agua varía de 26.49% a 30.56%. El porcentaje de finos es de 59.81%, arena de 40.19% y grava de 0.00%. El Límite Líquido es de 28.11% y el Límite Plástico de 25.12%. La densidad relativa de sólidos es de 2.503. El peso volumétrico natural varía de  $\gamma_m = 1.794 \text{ Ton/m}^3$  a  $\gamma_m = 1.799 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 27 a los más de 50.

**De 19.50 a 20.70 m. Arena andesítica, limosa (SM)**, en estado compacto, con gravas andesíticas aisladas de hasta  $\frac{1}{2}$ " de color café grisáceo. El contenido natural de agua varía de 25.09% a 30.96%. El porcentaje de finos es de 43.46%, arena de 54.67% y grava de 1.87%. La densidad relativa de sólidos es de 2.466. El peso volumétrico natural es de  $\gamma_m = 1.796 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 41 a los 42.



De 20.70 a 35.25 m. **Arena andesítica, limosa (SM)**, es estado muy compacto, con gravas con granos de hasta  $\frac{3}{4}$ " (andesíticas), de color café-grisáceo. El contenido natural de agua varía de 10.79% a 22.55%. El porcentaje de finos varía de 15.70% a 28.76%, arena de 49.15% a 63.84% y grava de 9.34% a 35.15%. El Límite Líquido varía de 24.00% a 25.03%, y el Límite Plástico de 22.18% a 23.61%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.515 a 2.547. El peso volumétrico natural varía de  $\gamma_m = 1.825 \text{ Ton/m}^3$  a  $\gamma_m = 2.064 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

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

**Minas.** Durante los trabajos de exploración; SPT y SAC, no se detectó la presencia de cavernas o fracturas en la masa de suelo. *Sin embargo, de acuerdo con los resultados del estudio geofísico; georadar, realizado en toda la envolvente de la torre, se presentan anomalías asociadas a la presencia de cavernas, entre 3.0 y 13.0 m, en el caso más desfavorable. Así mismo, se presenta una anomalía entre 16.0 y 21.0 m.*

**Coefficiente sísmico.** Tomando en cuenta la posición de la Torre 21 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 37 es de 22.0 m; respecto al nivel de terreno existente del punto central de la torre, con una longitud total de 20.0 m, considerando un dado de 2.0 m de peralte.** La máxima carga a nivel de cimentación es de 167 ton, la máxima tensión es de -26 ton, cargas factorizadas.

**Capacidad de carga.** La capacidad de carga reducida de la cimentación se presenta en el cuerpo de este informe. Para una pila de 1.0 m de diámetro se obtiene una capacidad de carga a compresión de 655 ton y a la tensión de -350 ton. Aunque los valores pueden ser altos se limitan las deformaciones a lo mínimo permitido por la Reglamentación vigente.

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

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

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



## 2. ANTECEDENTES

Se realizó el presente estudio de mecánica de suelos de un predio ubicado en la Av. Electrificación No. 2 en la alcaldía Miguel Hidalgo, Ciudad de México, en donde se proyecta la construcción de la cimentación para apoyar las obras del proyecto: CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES – LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3. En particular, este informe corresponde al estudio de mecánica de Suelos realizado para la Torre 37.

Este estudio se realizó por medio de la perforación y el muestreo de un sondeo mecánico directo denominado SPT-8, de 35.25 m de profundidad, y de un sondeo de avance controlado denominado SAC-8A de 35.00 m de profundidad, que sirvieron para determinar las propiedades índice y mecánicas del subsuelo en donde se apoyará la cimentación de la futura estructura (Fig. 1).

Asimismo, se incluyen los resultados obtenidos de la exploración geotécnica realizada, los ensayos de laboratorio y su interpretación estratigráfica, para determinar las propiedades índice y mecánicas que se emplearán para la revisión del diseño geotécnico de la cimentación propuesta, que se considera factible para trabajar adecuadamente durante su vida útil. Asimismo, se describe el procedimiento constructivo general para la cimentación considerada como la más adecuada. Finalmente, se incluyen las conclusiones y recomendaciones generales más relevantes del presente estudio.

## 3. OBJETO

Los objetivos principales de este estudio geotécnico son los siguientes:

Identificar las condiciones geotécnicas del subsuelo del sitio en estudio, y la caracterización de las propiedades índice y mecánicas, para definir el modelo geológico-geotécnico de diseño.

Definir el tipo de cimentación más adecuado para la estructura en proyecto, apoyada a diversos niveles de desplante para buscar la opción que satisfaga los requerimientos de las normas y criterios técnicos aplicables, particularmente en lo referente a la revisión de los estados límite de falla y de servicio, considerando las cargas de proyecto, afectadas por sus correspondientes factores de carga, y buscando que su comportamiento sea compatible con las estructuras colindantes.

Emitir las conclusiones y las recomendaciones generales que geotécnicamente son convenientes observar durante la construcción de la cimentación, para garantizar su correcto desempeño para lograr una adecuada capacidad de carga y que la magnitud de los asentamientos totales y diferenciales satisfagan los máximos especificados por la normatividad vigente.

## 4. ALCANCES

En el presente informe se describen los criterios geotécnicos con los cuales se elaborará el proyecto ejecutivo de la Torre 37, del sistema Cablebús, Línea L-3. Este documento contempla los criterios de diseño, el marco legal y la descripción del desarrollo geotécnico de diseño.



## 5. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y UBICACIÓN DE LA TORRE 37

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

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

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

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

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



Ilustración 1 - Trazo de la línea 3 del Cablebús



## 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

A continuación, se describen los trabajos de campo efectuados y los resultados obtenidos, los cuales se tomaron como referencia para interpretar con más elementos de juicio, las condiciones geotécnicas prevalecientes en el área de estudio, mismas que se describen más adelante. En el Anexo No. 1 se muestra el reporte fotográfico de los trabajos de campo.

Los trabajos de exploración y el muestreo de la zona en estudio se llevaron a cabo por medio de un sondeo continuo directo denominado SPT-8 de 35.25 m de profundidad, así como un sondeo de avance controlado gemelo denominado SAC-8A de 35.00 m de profundidad, que sirvieron para determinar las propiedades índice y mecánicas del subsuelo en donde se apoyará la cimentación de la futura estructura.

La localización física de los sondeos mecánicos en el sitio en estudio se determinó en conjunto con el cliente de acuerdo con el proyecto correspondiente.

A las muestras de suelo, obtenidas en los trabajos de campo, se les efectuaron las pruebas necesarias para determinar las propiedades índice y mecánicas para definir los espesores de los estratos existentes a la profundidad de exploración.

Toda la información geotécnica obtenida se tomó como base para determinar la capacidad de carga y los asentamientos correspondientes, y definir las recomendaciones necesarias para realizar posteriormente el proyecto ejecutivo, y además sea posible estimar lo más preciso posible el espesor de los suelos que se deberán excavar y/o rellenar para definir los niveles de proyecto.

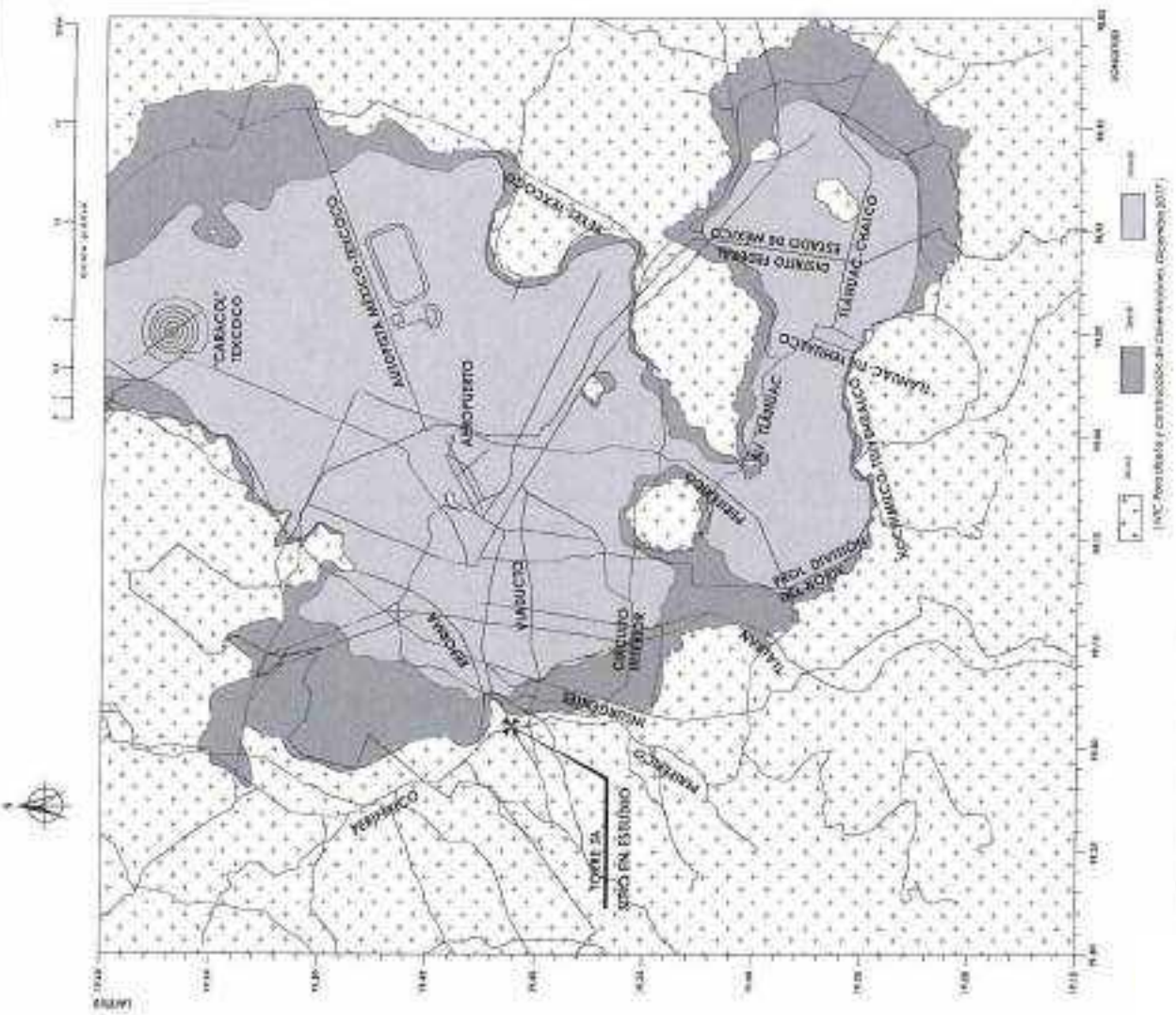
El reconocimiento de las condiciones del subsuelo en el sitio en estudio incluyó la exploración geotécnica directa a base de un sondeo mecánico directo ejecutado por el método de penetración estándar (SPT).

El SPT consiste en hincar en el subsuelo un muestreador denominado penetrómetro estándar que tiene la forma de un tubo partido de media caña, de pared gruesa de 3 cm de diámetro y 60 cm de longitud, utilizando para el hincado un martinete de 63.56 kg (140 libras) de masa, el cual se deja caer libremente de una altura constante de 76.2 cm (30”). Se cuenta el número de golpes (N) necesarios para avanzar los 30 cm centrales del tubo muestreador, esto es debido a que no se consideran los primeros y los últimos 15 cm del tubo por las alteraciones que llega a tener la muestra, cumpliendo con lo establecido en la norma ASTM D1586. Después de haber introducido el tubo partido se extrae con ayuda de un malacate accionado por la misma



ESTADO DE CHIAPAS
MUNICIPIO DE TAMPAC
ACTIVO
VALUACIÓN

FECHA DE EMISIÓN	15/05/2017
FECHA DE VIGENCIA	15/05/2017
FECHA DE REVISIÓN	15/05/2017
FECHA DE ACTUALIZACIÓN	15/05/2017
FECHA DE CANCELACIÓN	15/05/2017
FECHA DE SUSPENSIÓN	15/05/2017
FECHA DE REINICIO	15/05/2017
FECHA DE EXTENSIÓN	15/05/2017
FECHA DE MODIFICACIÓN	15/05/2017
FECHA DE ANULACIÓN	15/05/2017
FECHA DE REVOCACIÓN	15/05/2017
FECHA DE RESCATE	15/05/2017
FECHA DE EXPIRACIÓN	15/05/2017
FECHA DE CADUCIDAD	15/05/2017
FECHA DE CANCELACIÓN	15/05/2017
FECHA DE SUSPENSIÓN	15/05/2017
FECHA DE REINICIO	15/05/2017
FECHA DE EXTENSIÓN	15/05/2017
FECHA DE MODIFICACIÓN	15/05/2017
FECHA DE ANULACIÓN	15/05/2017
FECHA DE REVOCACIÓN	15/05/2017
FECHA DE RESCATE	15/05/2017
FECHA DE EXPIRACIÓN	15/05/2017
FECHA DE CADUCIDAD	15/05/2017



INIC: Instalación y Construcción de Infraestructura, (Enero de 2017)



perforadora, se desacopla el tubo quedando dividido en dos partes, la muestra obtenida se deposita en bolsas de polietileno, para que mantengan su humedad natural, identificándose debidamente cada muestra con todos los datos necesarios como son: el número de sondeo, el número de muestra, la profundidad, la fecha, clasificación preliminar en campo, etc.

En la Tabla No. 2 se resumen los datos tomados a los sondeos en cuanto a profundidad y su ubicación en coordenadas U.T.M.

Sondeo No.	Prof. Sondeo m	N* m	E* m
SPT-8	35.25	2°146,459	479,783
SAC-8A	35.00	2°146,458	479,783

Tabla 2- Profundidad y ubicación del sondeo SM-3

### 6.3 ENSAYES DE LABORATORIO

Para determinar las propiedades índice, de acuerdo con los sondeos mecánicos directos realizados en el sitio, se llevaron a cabo los siguientes ensayos de laboratorio a los suelos alterados representativos obtenidos, entre los que se encuentran los siguientes:

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

Las propiedades mecánicas y de deformabilidad se determinaron por medio de correlaciones comúnmente empleada en la práctica de la mecánica de suelos. No obstante, también fueron considerados los resultados de pruebas de Fícometro proporcionados que fueron efectuadas dentro del barreno correspondiente al SAC-8A (Anexo 4).

### 6.4 INTERPRETACIÓN ESTRATIGRÁFICA

Con base en los datos y resultados obtenidos durante los trabajos de exploración y de los ensayos de laboratorio se describen a continuación las características de los suelos encontrados en el punto de la T-37 (Fig. 3).

**De 0.00 a 2.10 m. Relleno** compuesto por arena limosa, muy compacta, de color café en tonos claros.  $w$  contenido natural de agua varía de 15.94% a 41.00%. El porcentaje de finos es de 29.80%, arena de 70.20% y grava de 0.00%. El número de golpes medido es de más de 50.



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

FECHA

ESTADO

MUNICIPIO

FECHA

ESTADO

MUNICIPIO

PROYECTO

FECHA

ESTADO

MUNICIPIO

FECHA

ESTADO

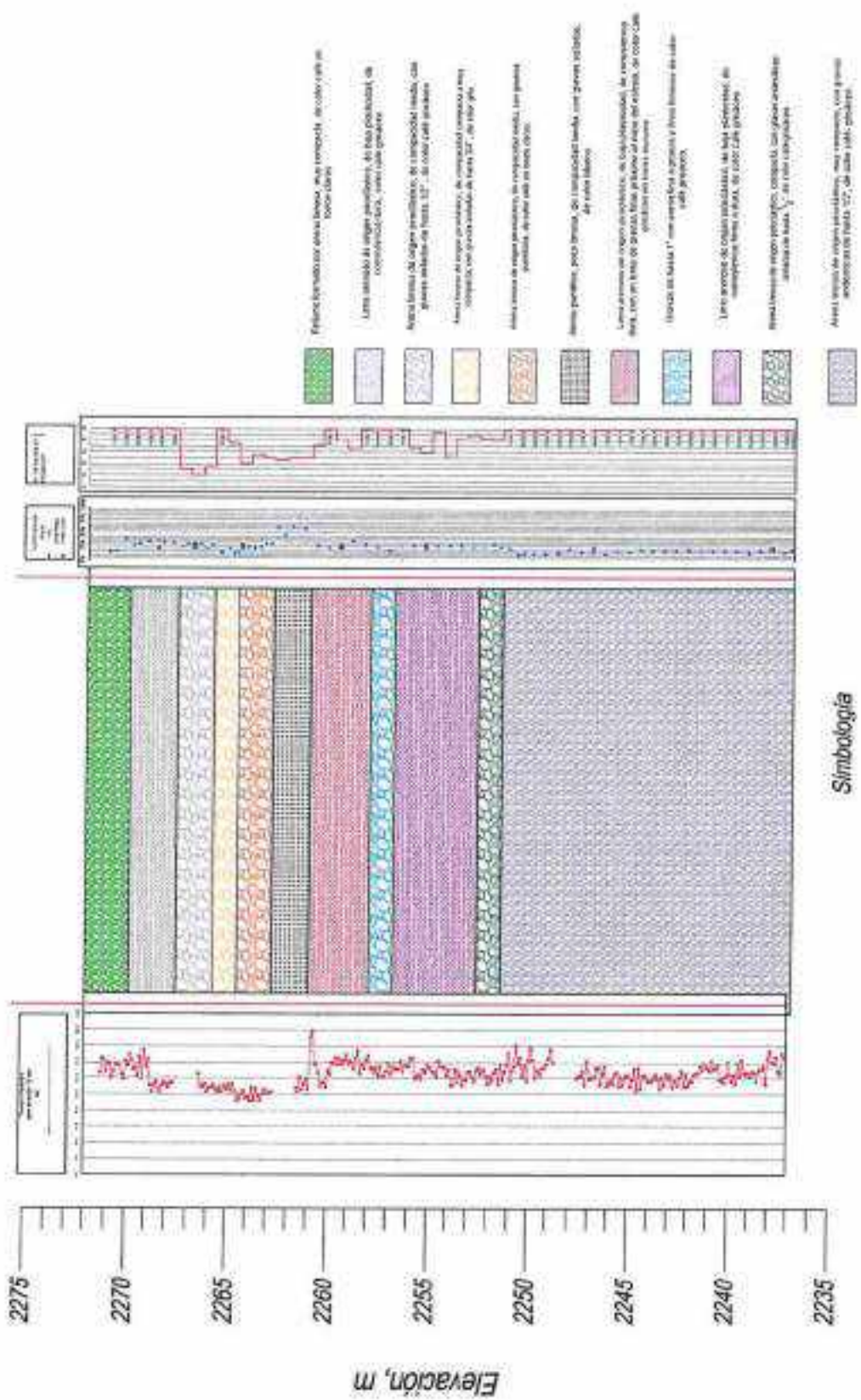
MUNICIPIO

PROYECTO

FECHA

ESTADO

MUNICIPIO





**De 2.10 a 4.50 m. Limo de baja plasticidad (ML)**, arenoso, de consistencia muy dura, de color café-grisáceo. La arena es andesítica. El contenido natural de agua varía de 29.42% a 38.67%. El porcentaje de finos es de 64.70%, arena de 35.30% y grava de 0.00%. El Límite Líquido es de 25.81% y el Límite Plástico de 23.10%. La densidad relativa de sólidos es de 2.479. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

**De 4.50 a 6.30 m. Arena andesítica, limosa (SM)**, en estado semicompacto, con gravas piroclásticas aisladas de hasta ½", de color café grisáceo. El contenido natural de agua varía de 21.00% a 32.21%. El porcentaje de finos es de 30.93%, arena de 49.11% y grava de 19.96%. El Límite Líquido es de 28.76% y el Límite Plástico de 25.55%. El peso volumétrico natural es de  $\gamma_m = 1.753 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 10 a los 17.

**De 6.30 a 7.50 m. Arena andesítica, limosa (SM)**, en estado compacto a muy compacto, con gravas aisladas de hasta ¾", de color gris. El contenido natural de agua varía de 10.58% a 23.70%. El porcentaje de finos es de 18.90%, arena de 67.68% y grava de 13.42%. El número de golpes medido varía de los 37 a los más de 50.

**De 7.50 a 9.30 m. Arena andesítica, limosa (SM)**, en estado semicompacto, con grumos pumíticos, de color café en tonos claros. El contenido natural de agua varía de 24.15% a 32.01%. El porcentaje de finos es de 41.63%, arena de 58.37% y grava de 0.00%. El Límite Líquido es de 28.20%, y el Límite Plástico de 23.92%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 21 a los 28.

**De 9.30 a 11.10 m. Arena pumítica poco limosa**, de compacidad media, con gravas aisladas, de color blanco. El contenido natural de agua varía de 46.94% a 64.63%. El porcentaje de finos es de 7.88%, arena de 71.70% y grava de 20.42%. El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de 23 a 25.

**De 11.10 a 14.10 m. Limo de baja plasticidad (ML)**, arenoso de origen piroclástico, de consistencia dura a muy dura, con un lente de arenas finas próximo al inicio del estrato, de color café-grisáceo en tonos oscuros. El contenido natural de agua varía de 24.76% a 37.26%. En el lente central de arenas, el porcentaje de finos es de 33.93%, arena de 66.07% y grava de 0.00%. El Límite Líquido es de 28.09% y el Límite Plástico de 24.79%. La densidad relativa de sólidos es de 2.496. El peso volumétrico natural es de  $\gamma_m = 1.888 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido varía de los 32 a los más de 50.

**De 14.10 a 15.30 m. Gravas de hasta 1" con arena fina a gruesa y finos limosos de color café-grisáceo (GM)**. El contenido natural de agua varía de 18.06% a 26.27%. El porcentaje de finos es de 21.15%, arena de 24.75% y grava de 54.10%. El peso volumétrico natural es de  $\gamma_m = 1.959 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

**De 15.30 a 19.50 m. Limo de baja plasticidad (ML)**, arenoso de origen piroclástico, de consistencia dura a muy dura, de color café-grisáceo. El contenido natural de agua varía de 26.49% a 30.56%. El porcentaje de finos es de 59.81%, arena de 40.19% y grava de 0.00%. El Límite Líquido es de 28.11% y el Límite Plástico de 25.12%. La densidad relativa de sólidos es de 2.503. El peso volumétrico natural varía de  $\gamma_m = 1.794 \text{ Ton/m}^3$  a  $\gamma_m = 1.799 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 27 a los más de 50.



De 19.50 a 20.70 m. Arena andesítica, limosa (SM), en estado compacto, con gravas andesíticas aisladas de hasta 1/2", de color café grisáceo. El contenido natural de agua varía de 25.09% a 30.96%. El porcentaje de finos es de 43.46%, arena de 54.67% y grava de 1.87%. La densidad relativa de sólidos es de 2.466. El peso volumétrico natural es de  $\gamma_m = 1.796 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar varía de los 41 a los 42.

De 20.70 a 35.25 m. Arena andesítica, limosa (SM), es estado muy compacto, con gravas con granos de hasta 1/2" (andesíticas), de color café-grisáceo. El contenido natural de agua varía de 10.79% a 22.55%. El porcentaje de finos varía de 15.70% a 28.76%, arena de 49.15% a 63.84% y grava de 9.34% a 35.15%. El Límite Líquido varía de 24.00% a 25.03%, y el Límite Plástico de 22.18% a 23.61%. La densidad relativa de sólidos varía de 2.515 a 2.547. El peso volumétrico natural varía de  $\gamma_m = 1.825 \text{ Ton/m}^3$  a  $\gamma_m = 2.064 \text{ Ton/m}^3$ . El número de golpes medido en la prueba de penetración estándar es de más de 50.

En los anexos 2, 3, 6 y 7 se presentan los perfiles de los sondeos, los resultados de las pruebas de laboratorio, resultados de las pruebas de ficómetro y los resultados de la geofísica, los cuales sirvieron de base para realizar el modelo geotécnico de análisis.

*Es de suma importancia mencionar que el Sondeo de avance controlado SAC-8A ha servido, además de como espacio para ejecución de pruebas de Ficómetro, como un sondeo de verificación gemelo al sondeo SPT-8. Dicho sondeo de verificación ejecutado como un sondeo de avance controlado, NO manifiesta anomalías dentro de la profundidad explorada, tales como minas o pérdidas totales de fluido de perforación que podrían ser asociadas a diversos fenómenos típicos de la zona.*

## 6.5 MODELO GEOMECÁNICO

Las propiedades índice y mecánicas consideradas para la revisión geotécnica de la cimentación de las estructuras en proyecto, se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Modelo geomecánico de diseño

Unidad	Profundidad(m)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	c (t/m <sup>2</sup> )	$\phi^\circ$	E (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0.0 a 2.1	1.70	0.5	30	200
2	2.1 a 4.5	1.70	1.0	36	850
3	4.5 a 12.0	Anomalías asociadas a cavernas (geofísica)			
4	12.0 a 14.1	1.65	6.0	30	420
5	14.1 a 15.3	1.75	10.0	37	820
6	15.3 a 19.5	1.65	10.0	32	350
7	19.5 a 20.7	1.70	10.0	34	400
8	20.7 a 35.3	1.75	7.5	38	850

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



## 7. DISEÑO GEOTÉCNICO DE LA CIMENTACIÓN

**Datos del proyecto.** El sitio en estudio se encuentra sobre la Av. Electrificación No. 2, en donde se proyecta la ejecución de la cimentación para apoyar la Torre 37 del proyecto: CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO CONSTITUYENTES – LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3, como se muestra en la figura No. 1. Esta torre se encuentra ubicada en las coordenadas X=479,776.8441, Y=2,146464.2551. La torre será de tipo inclinada.

### 7.1 CARGAS ACTUANTES

Las cargas actuantes para estas torres en particular aún no se tienen determinadas; sin embargo, por parte del área de estructuras se emitió una memoria de cargas, correspondiente a una torre tipo inclinada. Y se presentan en el Anexo 4; se tiene una máxima compresión de 167 ton y una máxima tensión de -26 ton.

*Resulta muy importante mencionar que, una vez que se tenga el análisis estructural propio de esta torre, se deberá hacer la comparación correspondiente con las capacidades de carga aquí presentadas.*

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

### 7.2 SOLUCIÓN DE CIMENTACIÓN

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

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

*La solución de cimentación será con pilas desplantadas a 22.0 m de profundidad; tomando como referencia el nivel de brocal; es decir, desde el nivel de piso existente. Hasta el momento se tiene considerado un dado de 4.5 x 5.0 m de sección y 2.0 m de peralte, por lo que las pilas tendrán una longitud efectiva de 19.0 m.*

### 7.3 ESTADOS LÍMITE DE FALLA

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

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

Donde:

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

Con:

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

Donde:

- $p'_v$  esfuerzos efectivos al nivel de desplante, igual a 35.2 t/m<sup>2</sup>  
 $N_q^*$  factor de capacidad de carga  
 $F_R$  factor de resistencia, igual a 0.35  
 $P_v$  esfuerzos totales al nivel de desplante, igual a 35.2 t/m<sup>2</sup>

Con:

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

Cuando

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

O bien

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

Cuando

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

Donde:

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

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

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

$\phi$	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):

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

Donde:

- $P_p$  perímetro de la pila, m  
 $F_R$  factor de resistencia, igual a 0.65  
 $L_i$  longitud de la pila en el estrato de interés, m  
 $\alpha_i$  coeficiente de adherencia suelo-pila  
 $\beta_i$  coeficiente de fricción



cui cohesión media de cada estrato, t/m<sup>2</sup>.

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

Con

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

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

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

Donde:

Cte capacidad reducida a la tensión, t.  
las demás literales ya fueron definidas.

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

Tabla 5. Capacidades de carga reducida para pilas de cimentación

D (m)	Wp (t)	Cp (t)	Cf (t)	R (t)	Cte (t)
1.0	37.7	367.4	325.4	655.1	349.9
1.2	54.3	529.0	390.5	865.2	425.8
1.4	73.9	720.1	455.6	1,101.8	503.6

Las capacidades de carga reducida, R, deberán ser comparadas con las cargas máximas factorizadas a compresión y las capacidades a la tensión, Cte, 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<sup>2</sup>, para evitar asentamientos inadmisibles por la reglamentación vigente.**

#### 7.4 ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

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

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

Donde:

$\delta$  deformación total de la pila, cm  
L longitud de la pila, igual a 2,300 cm  
D diámetro de la pila, cm  
Es módulo de elasticidad del suelo de desplante, igual a 850 kg/cm<sup>2</sup>  
Ec módulo de elasticidad del concreto, igual a 261,916 kg/cm<sup>2</sup>, para  $f'c = 350$  kg/cm<sup>2</sup>

con

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

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

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

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

Donde:

- $k_v$  módulo de reacción vertical, t/cm; kg/cm<sup>3</sup>
- $q$  carga asociada, t
- las demás literales ya fueron definidas

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

Tabla 6. Asentamientos y constantes de resorte vertical para pilas

D (m)	$\delta$ (cm)	$k_v$ (t/cm)	$k_r$ (kg/cm <sup>3</sup> )
1.0	1.8	261.4	33.3
1.2	2.1	300.0	26.5
1.4	2.3	336.3	21.8

**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

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

Donde

- $k_h$  módulo de reacción horizontal, (kg/cm<sup>3</sup>)
- $k_2$  coeficiente de Terzaghi para suelos friccionantes, lb/pulg<sup>3</sup>
- $B$  diámetro del 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 7. Módulos de reacción horizontal para pilas



Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm <sup>2</sup> )		
				B (m)		
				1.00	1.2	1.4
2.0 a 4.5	50	1.25	80	2.77	2.31	1.98
4.5 a 13.0	-	-	-	Anomalías asociadas a Cavernas		
13.0 a 14.1	40	11.55	63	20.14	16.78	14.39
14.1 a 15.3	80	12.7	115.00	40.43	33.69	28.88
15.3 a 19.5	34	15.4	54.00	23.02	19.18	16.44
19.5 a 20.7	40	18.1	63.00	31.56	26.30	22.55
20.7 a 22.0	100	19.35	110.00	58.92	49.10	42.08

Tabla 8. Módulos de reacción horizontal para dado

Profundidad (m)	N	z (m)	k2	kh (kg/cm <sup>2</sup> )
				B (m)
				4.50
0.0 a 2.0	20	1	30.00	0.18

**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 minas.

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

## 8. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

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

### 8.1 PREPARACIÓN DE ÁREAS

- 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 pilas de cimentación.

## 8.2 PILAS

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

- a) Trazo y ubicación topográfica de la posición de cada una de las pilas, para garantizar la posición de 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  $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ ; el tamaño de agregado máximo será de 1 1/2 pulg. El acero de refuerzo tendrá un  $f_y$  de  $4,200 \text{ kg/cm}^2$ .
- e) Para garantizar el recubrimiento mínimo de 7.5 cm, es indispensable el empleo de silletas y "poyos" de concreto o plástico; sus dimensiones serán de 7.5x7.5x10.0 cm y se colocarán longitudinalmente a cada 2.0 m.
- f) se deberá tener en campo lámina calibre 20, para crear un encamisado en caso de que efectivamente se presenten 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 apoyo; 2) la fecha y hora en que se terminó la perforación y la profundidad alcanzada; 4) fecha y hora en que se inicia y concluye el colado. **Cada pila deberá ser liberada por un supervisor, una vez que se revisaron las condiciones de las paredes y piso para la posible existencia de minas.**

### 8.3 EXCAVACIÓN

De acuerdo con el preliminar del diseño estructural, el dado de cimentación para las torres tiene una 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  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ , para proceder con el habilitado del acero de refuerzo para el dado de cimentación.
- c) Posteriormente se realizará el colado del dado, habilitando las preparaciones necesarias para la conexión con la superestructura.
- d) El espacio entre el perímetro del dado y los taludes de la excavación será relleno con relleno fluido o 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 cimentación. La lámina se soldará al armado, con sus respectivos separadores para garantizar el recubrimiento de proyecto.

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

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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









## 10. ANEXO 1. MEMORIA FOTOGRÁFICA



Foto No. 1.1 Instalación del equipo de perforación en el punto del sondeo SPT-8.



Foto No. 1.2 Exploración y muestreo del sondeo mecánico directo SPT-8



Foto No. 1.3 Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 0.90 a 1.50 m en el sondeo SPT-8.



Foto No. 1.4 Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 9.90 a 10.50 m en el sondeo SPT-8.



Foto No. 1.5 Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 17.70 a 18.30m en el sondeo SPT-8.

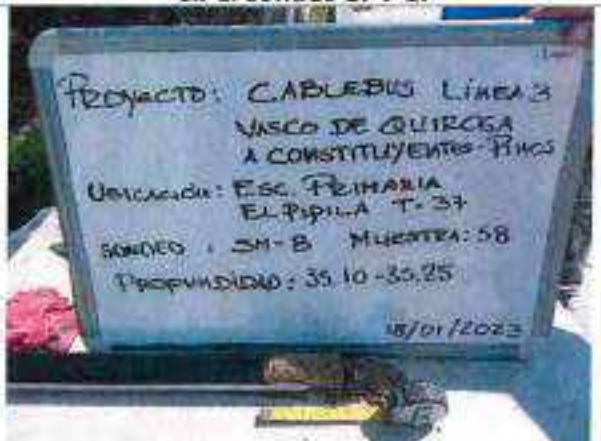


Foto No. 1.6 Detalle de muestra alterada obtenida a la profundidad de 35.10 a 35.25 m en el sondeo SPT-8.





**Foto No. 1.7 Instalación del equipo de perforación en el punto del sondeo SAC-8A.**



**Foto No. 1.8 Exploración del subsuelo con el sondeo mecánico directo SAC-8A**



**Foto No. 1.9 Ejecución de prueba de Phicómetro dentro del sondeo SAC-8A**



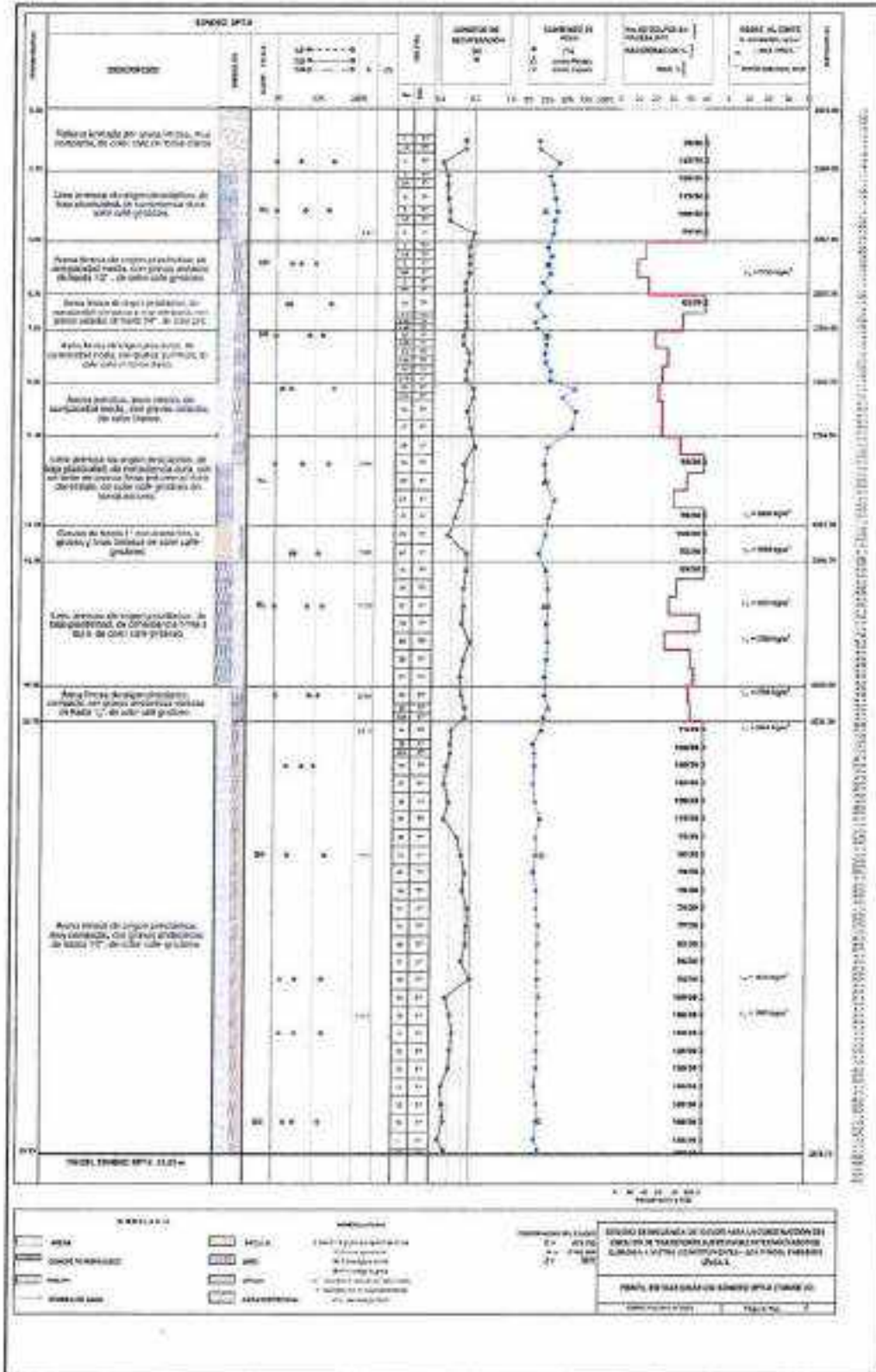
**Foto No. 1.10 Recondicionamiento del sitio.**

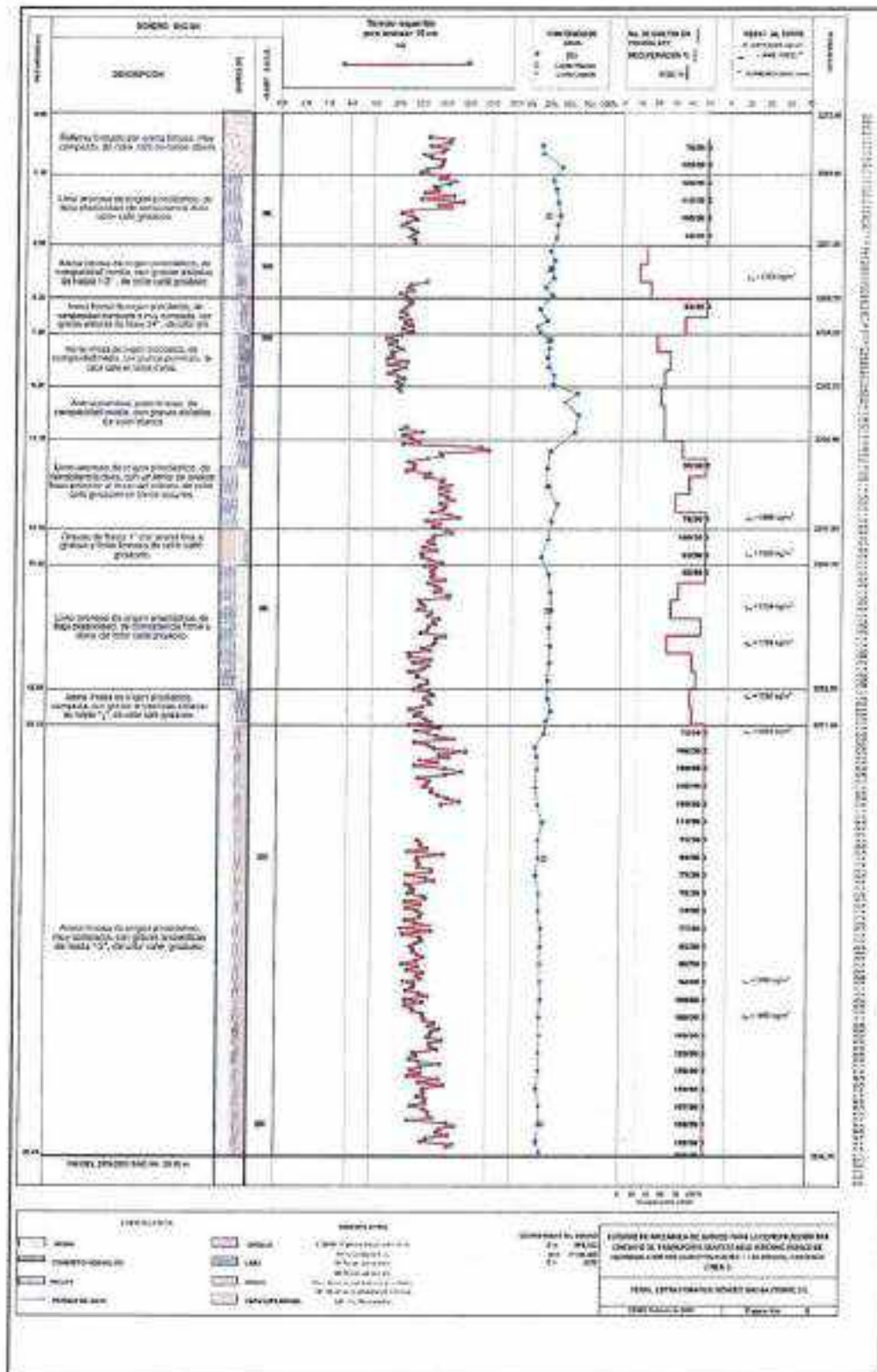


**Foto No. 1.11 Retiro del equipo de perforación del sitio de estudio.**

## 11. ANEXO 2. PERFILES DE SONDEOS EJECUTADOS









## 12. ANEXO 3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LABORATORIO



entidad mexicana de acreditación s.c.

ACREDITA  
A\*

**LABORATORIOS DE CONTROL DE CALIDAD Y MECÁNICA  
DE SUELOS LAB BARRERA, S.A. DE C.V.**

**LABORATORIOS BARRERA.**

Como Laboratorio de Ensayo

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

**Construcción\***

Acreditación No: C-0876-157/17.  
Vigente a partir del: 2017/10/11.

El cumplimiento de los requisitos de la Norma NMX-EC-17025-IMNC-2018 ISO/IEC 17025:2017 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."



**Maía Isabel López Martínez**  
Directora Ejecutiva

\*ISO 17025 Actualización de la Norma de Acreditación vigente a partir del 2016/07/01.  
Siempre que se presente este documento como evidencia de acreditación, deberá estar acompañado de otros datos.  
Para verificar el estado de la vigencia de este certificado, consultar la página electrónica de la EMA.

PGS-LAB-01-01

acreditación



X = 479.783; Y = 2146.469; Z = 2.272

**SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR**

PROYECTO	Cablebús L-3, Torre 37	UNIDAD	SP1-5
LOCALIZACIÓN	Av. Constituyentes Cablebús Línea 3	PROF. EMPUJADA	35.25 m
		NO SE DETECTÓ	FRG LAP

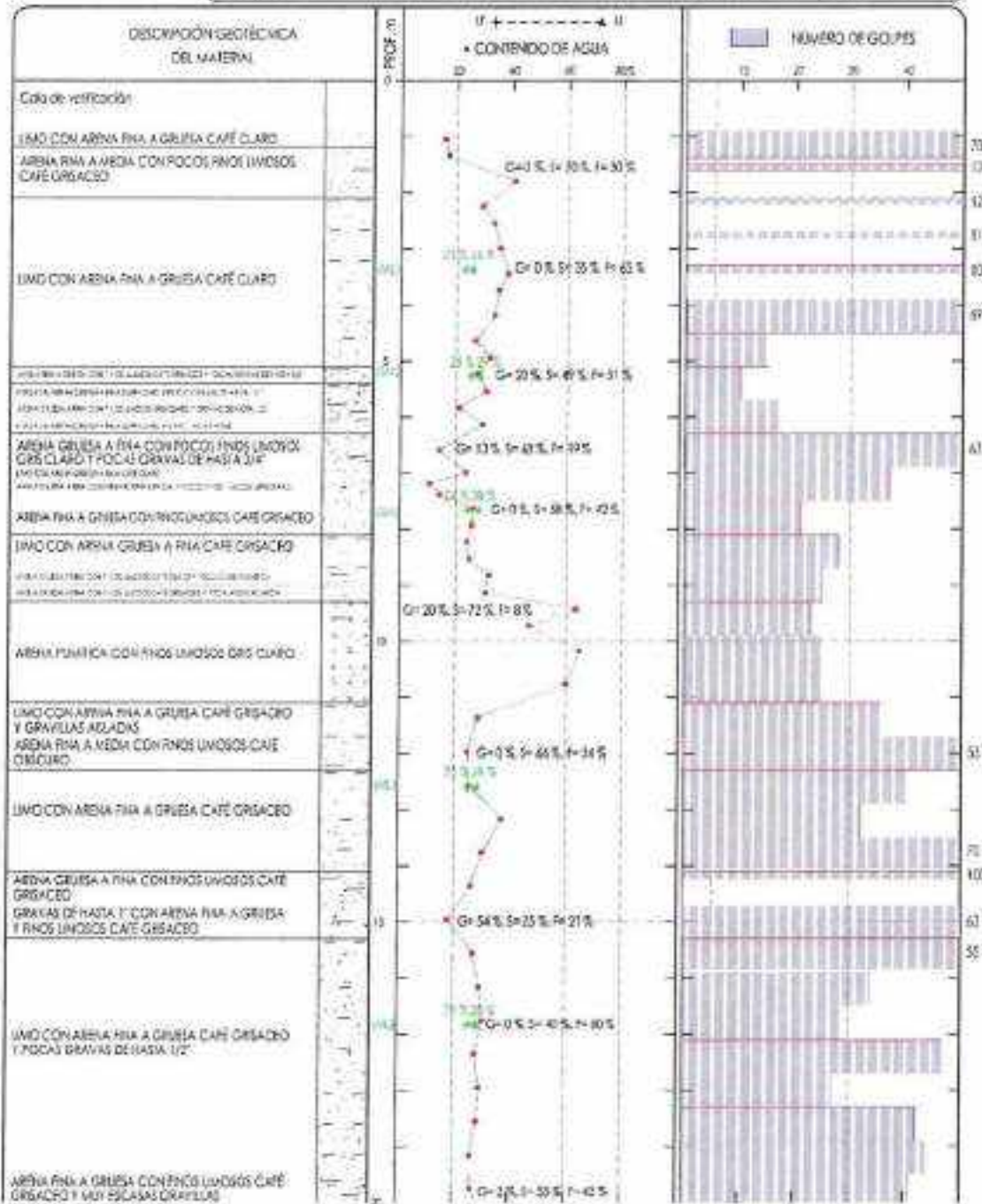
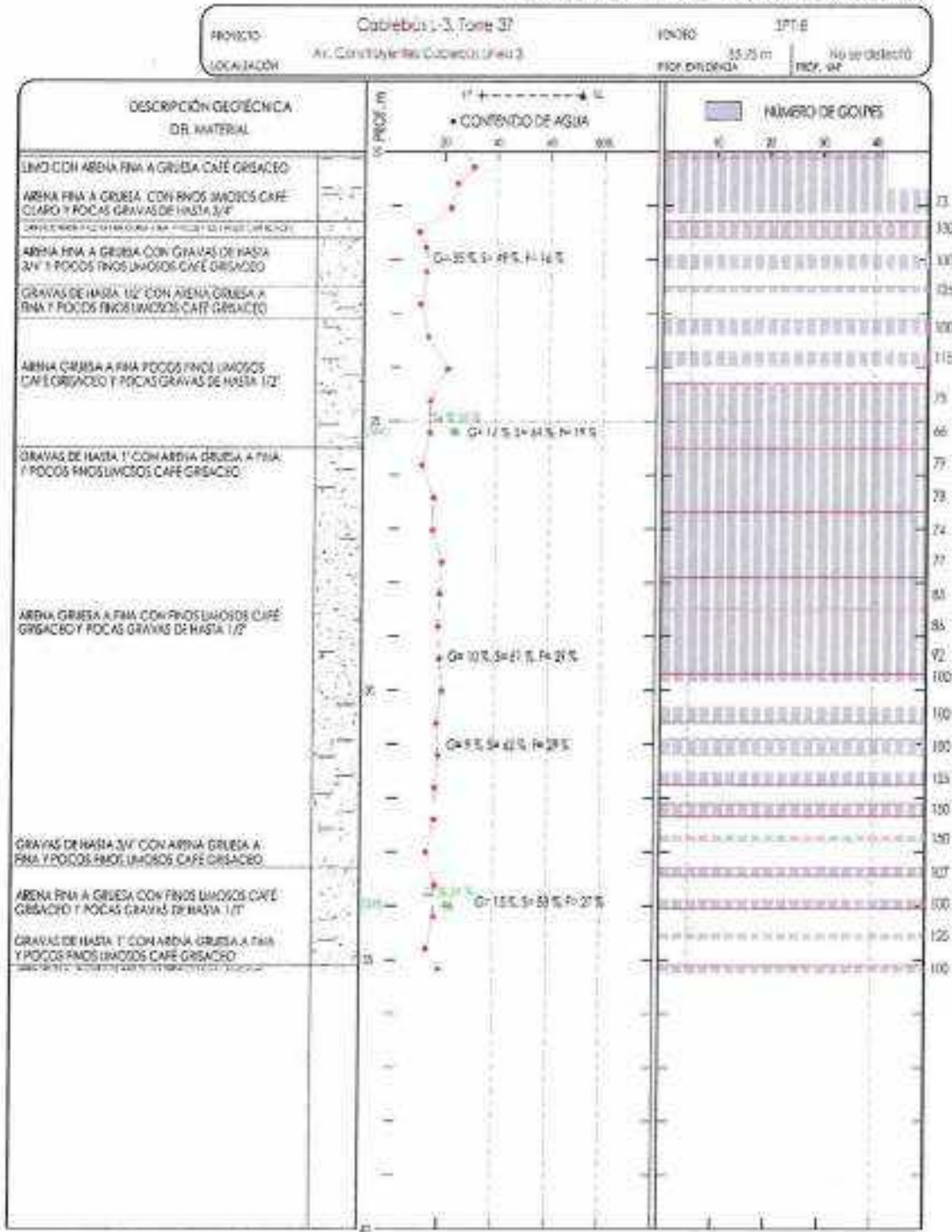


Fig. 37.1a

**SONDEO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR**



			OH = LIMO ORGANICO	S = HORIZONTAL DE ARENAS	TS = TIPO SUELO
			CV = CENIZA VOLCANICA	F = HORIZONTAL DE FINOS	TD = TIPO SUELO
			YV = VIDRIO VOLCANICO	G = HORIZONTAL DE GRAVAS	A = AVANCE CON MECANICA TRICÓNICA
			UP = HUMO PLASMACO	PH = PIEZA DE ARRANQUE	NAP = NIVEL DE AGUAS FRESCAS
			U = ÚMIDO	RA = RESIDUO DE ARRANQUE	ROD = ROCE DE CUBIERTA DE LA ROCA

Fig. 37.1b



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

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN: ESCUELA PRIM. "EL PIPILA" T-37

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDES  
CALCULISTA: NELSON BARRERA

SONDEO: SM-4      FECHA: 19/01/2023      HOJA: 1 DE 3

MTRA.	PROF. m	TARA N°	Ws + C		W	W <sub>s</sub> gr.	w %	DESCRIPCIÓN DEL SUELO		
			gr.	gr.						
1	0.20	277	33.70	123.77	12.38	77.69	15.94	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO		
1A		328	35.50	205.78	24.93	145.35	17.15	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y GRAVAS DE HASTA 3/8"		
2	1.50	152	35.57	75.74	64.06	28.49	41.00	ARENA FINA A MEDIA CON POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISADO		
3	2.10	222	20.78	75.94	83.40	12.54	42.62	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISADO		
3A		87	21.07	83.52	67.86	15.68	46.79	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO		
4	2.70	283	33.02	129.72	103.72	25.40	70.70	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISADO Y GRAVILLAS ABLADAS DE HASTA 3/8"		
5	3.30	345	25	20.73	76.28	90.79	15.49	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ GRISADO		
5A		237	21.00	121.12	94.88	26.24	73.88	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CLARO		
6	3.90	450	48	20.28	145.90	114.16	31.74	93.88	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO	
7	4.50	510	161	20.92	81.23	66.37	12.86	47.55	27.05	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ CLARO
7A		30	21.12	180.05	141.33	38.72	120.21	32.21	LIMO CON ARENA GRUESA A FINA CAFÉ GRISADO	
8	5.10	570	211	20.02	105.34	86.75	16.59	66.73	27.86	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISADO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
8A		166	20.67	185.43	146.47	38.96	125.80	30.97	LIMO CON ARENA GRUESA A FINA CAFÉ CLARO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"	
9	5.70	627	298	20.42	67.86	59.48	8.20	39.04	21.00	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS GRIS CLARO Y GRAVAS DE HASTA 1/2"
9A		10	21.00	172.28	137.70	34.59	116.70	29.63	LIMO CON ARENA GRUESA A FINA CAFÉ CLARO Y GRAVILLAS ABLADAS	
10	6.30	690	113	20.98	190.04	160.07	20.97	148.49	14.12	ARENA GRUESA A FINA CON POCOS FINOS LIMOSOS GRIS CLARO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/8"
11	6.90	750	325	35.93	133.48	114.79	18.69	78.86	23.70	LIMO CON ARENA GRUESA A FINA CAFÉ CLARO
11A		121	20.57	106.88	98.62	8.26	78.05	10.68	ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 3/8" Y POCOS FINOS LIMOSOS GRIS CLARO	
11B		33	20.52	212.00	188.10	23.90	167.28	14.29	ARENA GRUESA A FINA CON GRAVAS DE HASTA 1/2" Y POCOS FINOS LIMOSOS GRIS CLARO	
12	7.50	810	139A	20.40	71.50	60.78	10.72	40.38	28.55	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO
12A		223	20.52	177.94	145.50	32.44	124.88	25.96	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISADO	
13	8.10	870	123	21.00	78.41	65.63	10.78	44.63	24.15	LIMO CON ARENA GRUESA A FINA CAFÉ GRISADO
13A		275	20.51	157.30	129.88	27.42	109.37	25.07	LIMO CON ARENA GRUESA A FINA CAFÉ CLARO	
14	8.70	930	310	20.52	83.88	75.94	17.74	55.42	32.01	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y POCAS ARENA PUMITICA

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

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN: ESCUELA PRIM. "EL PIPILA" T-37.

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDES  
CALCULISTA: NELSON BARRERA

SONDEO: SM-3 FECHA: 19/01/2023

HOJA: 2 DE 3

MTRA.	PROF. m	TARA		Wh + C gr.	Ws + C gr.	W gr.	Ws gr.	w %	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
		N°	gr.						
14A	8.70	9.30	11	20.18	167.56	132.82	34.74	30.84	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISADO Y POCAS ARENA PUMITICA
15	9.30	9.90	97	21.29	139.15	83.40	45.06	63.24	ARENA PUMITICA CON GRAVAS Y ESCASOS FINOS LIMOSOS DEL MISMO MATERIAL CAFÉ GRISADO
15A			15	21.13	167.73	120.90	46.83	46.94	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISADO
16	9.90	10.50	137	20.50	173.56	113.47	60.09	64.63	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS GRIS CLARO
17	10.50	11.10	34	20.72	161.97	108.98	52.99	60.04	ARENA PUMITICA CON FINOS LIMOSOS GRIS CLARO
18	11.10	11.70	133	20.87	179.63	144.29	35.34	123.62	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ GRISADO Y GRAVILLAS AISLADAS
19	11.70	12.30	344	19.87	167.67	136.36	29.31	118.36	ARENA FINA A MEDIA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ OSCURO
20	12.30	12.90	52	21.32	187.69	154.16	33.53	132.84	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ GRISADO
21	12.90	13.50	173	20.83	160.63	122.68	37.95	101.65	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OSCURO
22	13.50	14.05	12	21.44	123.64	99.96	23.68	78.52	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISADO
23	14.05	14.25	65	21.43	151.74	124.63	27.11	103.20	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISADO
24	14.70	15.30	245	34.30	213.37	195.66	17.71	151.64	GRAVAS DE HASTA 1" CON ARENA FINA A GRUESA Y FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISADO
25	15.30	15.85	184	20.80	198.46	158.92	37.54	138.52	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ GRISADO
26	15.85	16.50	68	20.82	192.10	153.11	38.99	132.19	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ GRISADO
27	16.50	17.10	70	21.31	177.62	141.19	36.63	119.68	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISADO
28	17.10	17.70	305	20.03	218.20	174.72	43.48	154.69	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ OSCURO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
29	17.70	18.30	333	34.29	197.29	160.03	37.26	125.74	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISADO
30	18.30	18.90	302	19.87	188.00	150.47	37.53	130.60	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CAFÉ GRISADO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
31	18.90	19.50	313	20.28	216.78	175.63	41.15	155.34	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ GRISADO Y MUY ESCASAS GRAVILLAS
32	19.50	20.10	244	33.24	215.08	176.76	38.32	143.52	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISADO Y MUY ESCASAS GRAVILLAS
33	20.10	20.70	102	20.81	246.37	193.05	53.32	173.24	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ GRISADO
33A			83	20.95	167.66	138.39	29.47	117.44	LIMO CON ARENA FINA A GRUESA CAFÉ GRISADO
34	21.15	21.30	230	20.24	173.17	145.03	28.14	124.79	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ CLARO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/8"
35	21.30	21.60	323	26.04	242.62	221.43	21.09	195.39	GRAVAS DE HASTA 1" CON ARENA GRUESA A FINA Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ ROSADO



CONTENIDO DE AGUA Y DESCRIPCIÓN  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO: CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN: ESCUELA PRIM. "EL PIPILA" T.37

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDES  
CALCULISTA: NELSON BARRERA

SONDEO: SM-8 FECHA: 19/01/2023

HOJA: 3 DE 3

MTRAL	PROF. m	TARA		W <sub>s</sub> + C gr.	W gr.	W <sub>s</sub> gr.	W %	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	
		N°	gr.						
35A	21.30	21.60	327	131.23	119.85	11.38	85.56	ARENA FINA A GRUESA CON GRAVAS DE HASTA 3/8" Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ ROSACEO	
36	21.50	22.20	152	105.65	148.34	17.31	127.36	ARENA FINA A GRUESA CON GRAVAS DE HASTA 3/4" Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO	
37	22.50	22.82	174	20.69	187.22	17.16	149.37	GRAVAS DE HASTA 1/2" CON ARENA GRUESA A FINA Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO	
38	23.10	23.40	262	20.49	192.04	170.24	21.80	149.75	ARENA GRUESA A FINA POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
39	23.70	23.98	134	20.87	147.37	124.85	22.52	103.98	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y ARENA PUMITCA
40	24.30	24.90	146	20.87	221.07	194.27	26.80	173.80	ARENA GRUESA A FINA POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
41	24.90	25.30	18	20.78	213.36	187.73	25.63	166.95	ARENA GRUESA A FINA CON POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
42	25.50	26.10	181	20.93	217.10	195.67	21.43	174.74	GRAVAS DE HASTA 1" CON ARENA GRUESA A FINA Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
43	26.10	26.70	337	34.46	236.97	207.68	29.31	173.20	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/8"
44	26.70	27.30	116	20.71	211.52	184.37	27.15	163.66	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
45	27.30	27.90	5	21.01	199.55	169.85	29.70	148.84	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y GRAVILLAS AISLADAS
46	27.90	28.50	307	20.47	174.94	149.95	24.99	129.48	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y GRAVILLAS AISLADAS
47	28.50	29.10	83	21.31	193.46	168.13	27.33	144.82	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y GRAVILLAS AISLADAS
48	29.10	29.70	95	20.63	190.37	162.78	27.59	141.95	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/8"
49	29.70	29.85	280	20.25	167.18	142.43	24.75	122.18	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/8"
50	30.30	30.80	235	20.72	191.20	164.58	26.71	143.86	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/8"
51	30.90	31.20	199	21.07	180.00	154.36	25.64	133.29	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/4"
52	31.50	31.77	111	20.58	184.28	159.20	25.08	138.62	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/4"
53	32.10	32.35	16	21.03	226.06	194.83	31.23	173.80	GRAVAS DE HASTA 3/4" CON ARENA GRUESA A FINA Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
54	32.70	32.98	264	20.58	144.67	128.00	19.07	108.02	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/8"
55	33.30	33.44	22	21.44	182.69	157.65	25.04	136.21	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 3/8"
56	33.90	34.00	153	20.37	178.52	154.26	24.26	133.89	ARENA FINA A GRUESA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y POCAS GRAVAS DE HASTA 1/2"
57	34.50	34.82	42	20.74	153.42	136.11	17.31	115.37	GRAVAS DE HASTA 1" CON ARENA GRUESA A FINA Y POCOS FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO
58	35.10	35.20	278	35.52	216.62	188.24	30.38	152.72	ARENA GRUESA A FINA CON FINOS LIMOSOS CAFÉ GRISACEO Y GRAVILLAS AISLADAS

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

**PROYECTO:** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN:** TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"

**FECHA:** 23 ene. 23  
**LABORATORISTA:** SOCRATES MATILDE  
**CALCULISTA:** NELSON BARRERA

**MUESTRA N°:** 2 **SONDEO:** SM-8  
**PROFUNDIDAD:** 1.50-1.62 m  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**  
**OBSERVACIONES:**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara N°: 0 **Peso de la tara:** 0 gr.  
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.75	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 64.06 gr.  
TARA # : 338 **Peso de la tara:** 35.57 gr.  
Peso de la muestra total: 28.49 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
6	2.36	0.73	2.56		97.44
16	1.00	0.50	1.76		95.68
20	850	0.64	2.25		93.44
30	600 µ	3.18	11.16		82.27
40	425 µ	3.19	11.20		71.08
60	250 µ	3.72	13.08		58.02
100	150 µ	2.53	8.88		49.14
200	75 µ	5.51	19.34		29.80
charola		6.48	29.80		
suma		20.00			

**% MATERIAL > MALLA N° 4 :**  
% GRAVA: 0.00  
% ARENA: 70.20  
% FINOS: 29.80

**CLASIFICACIÓN S. U. C. S. :**  
TOTAL: 100.00





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBÚS LÍNEA 3 VASCO DE CARGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIRLA"  
0  
0  
 SONDEO : GA-9  
 MUESTRA N° : 2  
 PROFUNDIDAD : 1.50-1.62 m

FECHA : 23/01/2023  
 BORADORISTA : SCORRER MA TILDES  
 CALCULISTA : NELSON BARRERA

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

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} = 0.157$        $D_{30} = 0.076$        $D_{60} = 0.270$   
 $D_{10} = 0.157$        $D_{30} = 0.756$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.270}{0.157} = 1.72$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})(D_{60})} = \frac{(0.076)^2}{(0.157)(0.270)} = 1.18$

% GRAVA :	0.00
% ARENA :	70.20
% FINOS :	29.80
S. U. C. S. :	0.00

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

**PROYECTO:** CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN:** TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"

**FECHA:** 23-mar-23  
**LABORATORISTA:** SOCRATES MATILDE  
**MUESTRA N°:** 5 **SONDEO:** SM-8 **CALCULISTA:** NELSON BARRERA  
**PROFUNDIDAD:** 3.30-3.45 m.  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**  
**OBSERVACIONES:**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4:**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara N°: 0 **Peso de la tara:** 0 gr.  
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	18.00	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	4.75	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4:**  
Peso de la muestra total + tara: 80.79 gr.  
TARA #: 25 **Peso de la tara:** 20.73 gr.  
Peso de la muestra total: 40.06 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA + T	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.00	0.00		100.00
16	1.00	0.00	0.00		100.00
20	850	0.00	0.00		100.00
30	600 $\mu$	0.39	0.97		99.03
40	425 $\mu$	0.87	2.17		96.85
60	250 $\mu$	2.70	6.74		90.11
100	150 $\mu$	2.28	5.72		84.40
200	75 $\mu$	7.89	19.70		64.70
charola		25.92	64.70		
suma		14.14			

**% MATERIAL > MALLA N° 4:**  
% GRAVA: 0.00  
% ARENA: 35.30  
% FINOS: 64.70  
**CLASIFICACIÓN S. U. C. S.:** ML  
TOTAL: 100.00





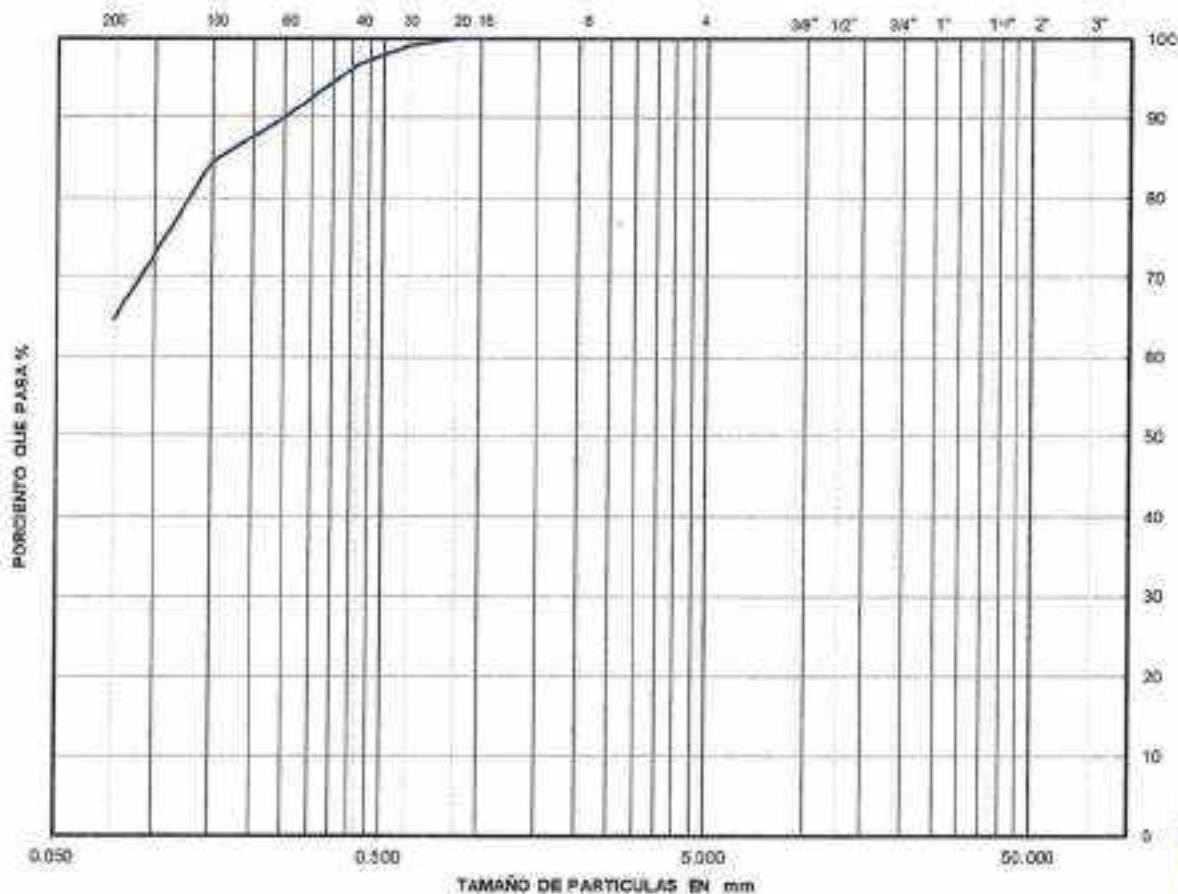
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIRÓFANO A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : TORRE 37 EDICULA PRIM "B. PIVLA"  
 9  
 0  
 SONDEO : SMI-E  
 MUESTRA N° : 5  
 PROFUNDIDAD : 3.30-3.45 m

FECHA : 23/01/2023  
 LABORATORISTA : SOCRA TES MILDÉE  
 CALCULISTA : NELSON BARRERA

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :  
 OBSERVACIONES :

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  \_\_\_\_\_  
 $D_{90} =$  \_\_\_\_\_       $D_{95} = 0.247$  \_\_\_\_\_  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})(D_{60})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 35.30  
 % FINOS : 64.70  
 S. U. C. S. : ML

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

**PROYECTO:** CABLEBÚS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN:** TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"

**FECHA:** 23-ene-23  
**LABORATORISTA:** SOCRATES MATLDE  
**MUESTRA N°:** 8 **SONDED:** SM-6 **CALCULISTA:** NELSON BARRERA  
**PROFUNDIDAD:** 5.10-5.70 m  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**  
**OBSERVACIONES:**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4:**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara N°: 0 **Peso de la tara:** 0 gr.  
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	9.97	14.94	85.06
3/8"	9.50	2.19	3.28	81.78
4	4.75	1.16	1.74	80.04
suma		13.32	19.98	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4:**  
Peso de la muestra total + tara: 86.73 gr.  
TARA # 211 **Peso de la tara:** 20.02 gr.  
Peso de la muestra total: 66.73 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	2.33	3.49		76.55
16	1.00	4.11	6.16		70.39
20	850	1.95	2.92		67.47
30	600 $\mu$	3.89	5.83		61.64
40	425 $\mu$	3.44	5.16		56.48
60	250 $\mu$	4.80	7.15		49.29
100	150 $\mu$	5.40	8.10		44.19
200	75 $\mu$	8.85	13.26		30.93
charola		33.96	50.89		
suma		32.77			

**% MATERIAL > MALLA N° 4:**  
% GRAVA: 19.98  
% ARENA: 49.11  
% FINOS: 30.93  
**CLASIFICACION S. U. C. S.:** SM  
TOTAL: 100.00





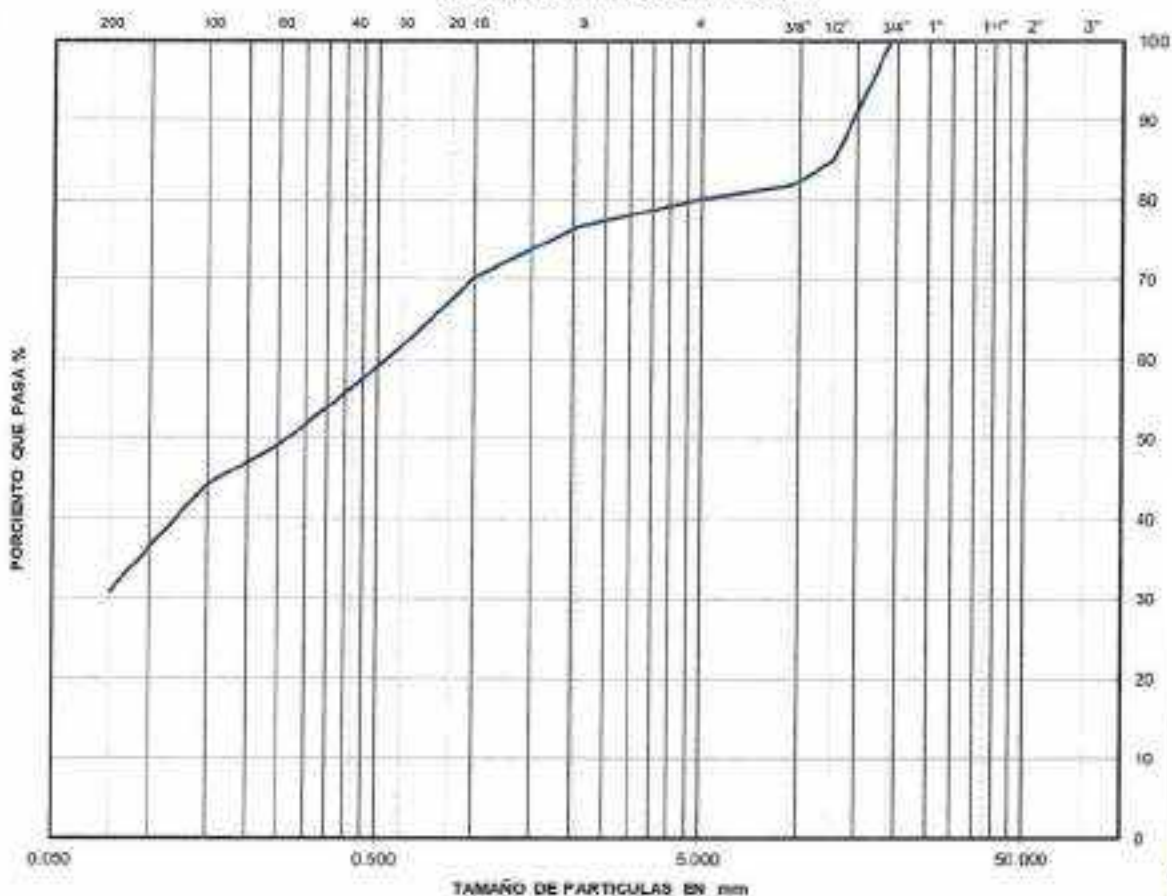
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos

PROYECTO : CABLEBÚS LÍNEA 3 Y ASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL POPILÁ"  
0  
0  
 SONDEO : SM-8  
 MUESTRA N° : 8  
 PROFUNDIDAD : 8.10-6.70 m

FECHA : 20/01/2023  
 BORATORISTA : SOCRATES MATEOS  
 CALCULISTA : NELSON BARRERA

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

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} =$  0.533  
 $D_{10} =$  0.265       $D_{60} =$  14.922  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})(D_{60})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA :	<u>19.96</u>
% ARENA :	<u>48.11</u>
% FINOS :	<u>30.93</u>
S. U. C. S. :	<u>SM</u>

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

**PROYECTO:** CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN:** TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA" **FECHA:** 23-mar-23

**LABORATORISTA:** SOCRATES MATLDE  
**MUESTRA N°:** 12 **SONDED:** SM-8 **CALCULISTA:** NELSON BARRERA

**PROFUNDIDAD:** 6.30-6.90 m.  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**  
**OBSERVACIONES:**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara N°: 0 **Peso de la tara:** 0 gr.  
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
5"	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"	18.00	8.52	6.41	93.59
1/2"	12.50	6.66	4.49	89.10
3/8"	9.50	3.75	2.53	86.58
4	4.75	0.00	0.00	86.58
suma		19.93	13.42	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 169.07 gr.  
TARA N°: 113 **Peso de la tara:** 20.58 gr.  
Peso de la muestra total: 148.49 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	16.30	10.88		75.60
16	1.00	19.79	13.33		62.27
20	850	5.81	3.91		58.36
30	600 µ	12.74	8.58		49.78
40	425 µ	9.17	6.18		43.61
60	250 µ	11.28	7.60		36.01
100	150 µ	7.81	5.12		30.88
200	75 µ	17.80	11.99		18.90
charola		47.89	32.32		
suma		100.50			

% MATERIAL > MALLA N° 4: \_\_\_\_\_  
% GRAVA: 13.42  
% ARENA: 87.68  
% FINOS: 18.90  
CLASIFICACION S. U. C. S.: \_\_\_\_\_  
TOTAL: 100.00





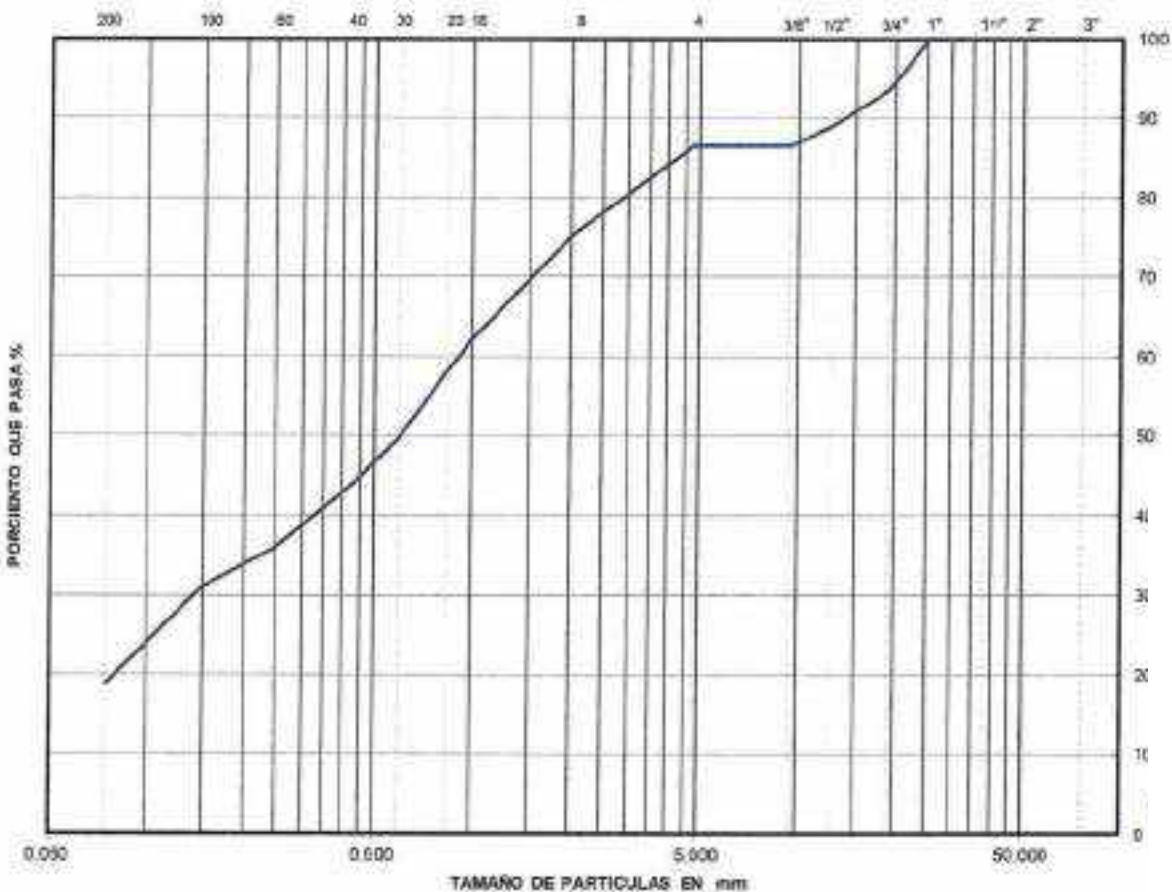
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS,**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE DERRAMA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PUELO"  
 D \_\_\_\_\_  
 SONDEO : SMA-8  
 MUESTRA N° : 10  
 PROFUNDIDAD : 6.39-6.90 m

FECHA : 23/01/2023  
 LABORATORISTA : SOCRATES MARTÍNEZ  
 CALCULISTA : NELSON BARBERA

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

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  0.142       $D_{60} =$  0.905  
 $D_{50} =$  0.600       $D_{70} =$  13.772  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60} \cdot D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA	<u>12.42</u>
% ARENA	<u>67.68</u>
% FINOS	<u>18.90</u>
S. U. C. S.	<u>0.00</u>

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

**PROYECTO:** CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN:** TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"

**FECHA:** 23-ene-23

**LABORATORISTA:** SOCRATES MATILDEI  
**CALCULISTA:** NELSON BARRERA

**MUESTRA N°:** 12 **SONDEO:** SM-6  
**PROFUNDIDAD:** 7.50-8.10 m.

**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**  
**OBSERVACIONES:**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara N°: 0 **Peso de la tara:** 0 gr.  
**Peso de la muestra total:** 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	18.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.76	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4**  
Peso de la muestra total + tara: 60.78 gr.  
TARA n°: 138-A **Peso de la tara:** 20.40 gr.  
**Peso de la muestra total:** 40.38 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	1.39	3.44		96.56
16	1.00	2.79	6.91		89.65
20	850	1.23	3.05		86.60
30	600 μ	2.74	6.79		79.82
40	425 μ	1.97	4.88		74.94
60	250 μ	2.80	6.93		68.00
100	150 μ	2.26	5.60		62.41
200	75 μ	3.39	20.78		41.63
charola		16.81	41.63		
suma		23.57			

**% MATERIAL > MALLA N° 4:**  
% GRAVA: 0.00  
% ARENA: 58.37  
% FINOS: 41.63  
**CLASIFICACION S. U. C. S.:** SM  
**TOTAL:** 100.00





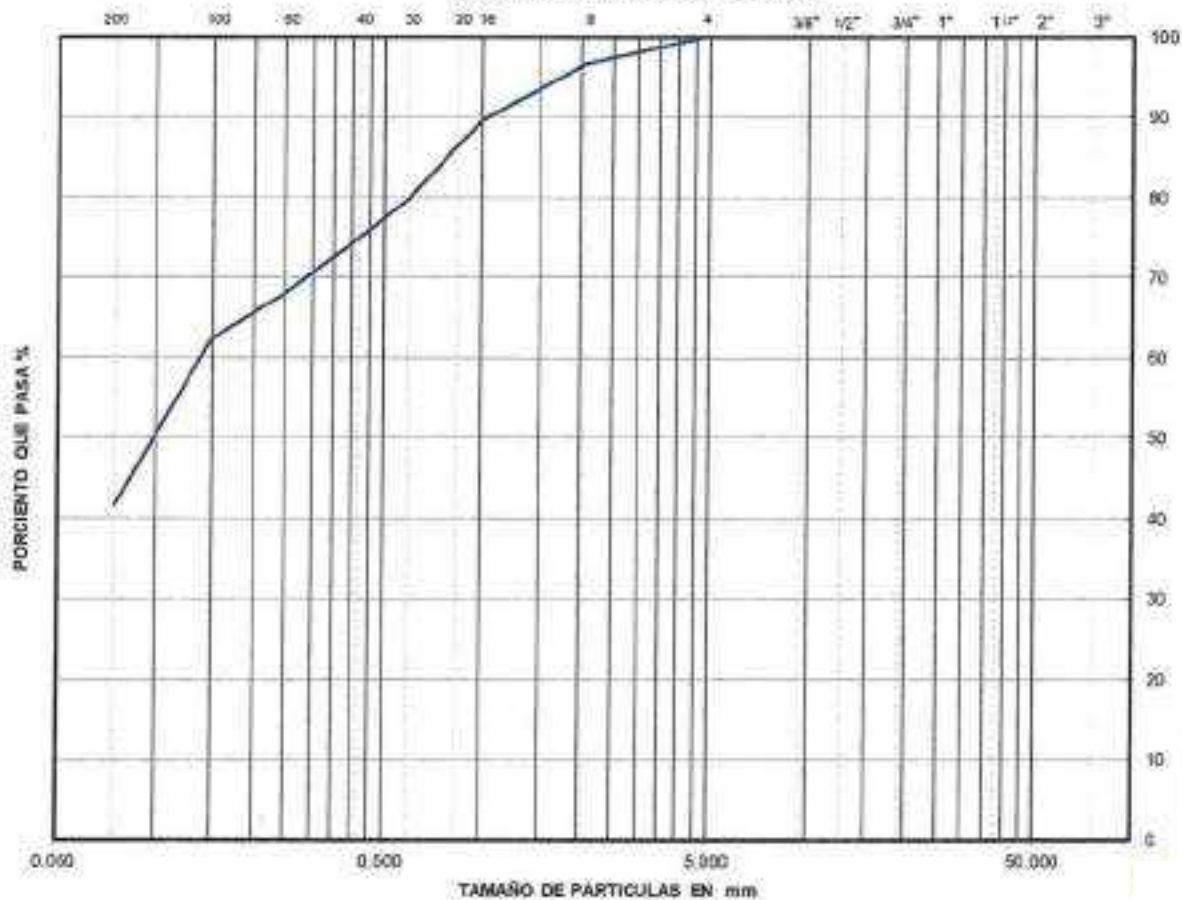
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos

PROYECTO : CABLEBÚS LÍNEA 3 VASCO DE GURDGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL HIRLA"  
8  
D  
 SONDEO : DVA-2  
 MUESTRA N° : 12  
 PROFUNDIDAD : 7.50-8.70 m

FECHA : 22/10/23  
 BORATORISTA : SOCRATES MATILDE  
 CALCULISTA : MELKON BARBERA

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

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} = 0.075$        $D_{30} = 0.150$        $D_{60} = 0.138$   
 $D_{50} = 0.099$        $D_{80} = 1.040$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{0.138}{0.075} = 1.84$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \frac{(0.150)^2}{(0.138)(0.075)} = 2.28$

% GRAVA	0.00
% ARENA	58.37
% FINOS	41.63
S. U. C. S.	SM

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

**PROYECTO:** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN:** TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"

**FECHA:** 23-ene-23  
**LABORATORISTA:** SOCRATES MATLOE  
**MUESTRA N°:** 15 **SONDEO:** SM-B **CALCULISTA:** NELSON BARRERA  
**PROFUNDIDAD:** 9.30-9.90 m.  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**  
**OBSERVACIONES:** ARENA PUMITICA

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4:**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara N°: 0 **Peso de la tara:** 0 gr.  
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	8.82	12.22	87.78
3/8"	9.50	1.26	1.75	86.04
4	4.75	4.96	6.45	79.58
suma		14.74	20.42	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4:**  
Peso de la muestra total + tara: 93.49 gr.  
TARA N°: 97 **Peso de la tara:** 21.29 gr.  
Peso de la muestra total: 72.20 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA + C	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	11.30	15.65		63.93
16	1.00	9.99	13.84		50.10
20	850	2.78	3.85		46.25
30	600 µ	6.82	9.45		36.80
40	425 µ	5.32	7.37		29.43
60	250 µ	6.66	9.22		20.21
100	150 µ	2.80	3.88		16.33
200	75 µ	6.10	8.45		7.88
charola		20.43	28.30		
suma		51.77			

**% MATERIAL > MALLA N° 4:**  
% GRAVA: 20.42  
% ARENA: 71.70  
% FINOS: 7.88

**CLASIFICACION S. U. C. S.:**  
TOTAL: 100.00





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBÚS LÍNEA 3 VASCO DE QUERÓO A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PUYLA"  
0  
 SONDED : SM-2  
 MUESTRA N° : 15  
 PROFUNDIDAD : 0.30-0.30 m

FECHA : 23/01/2023

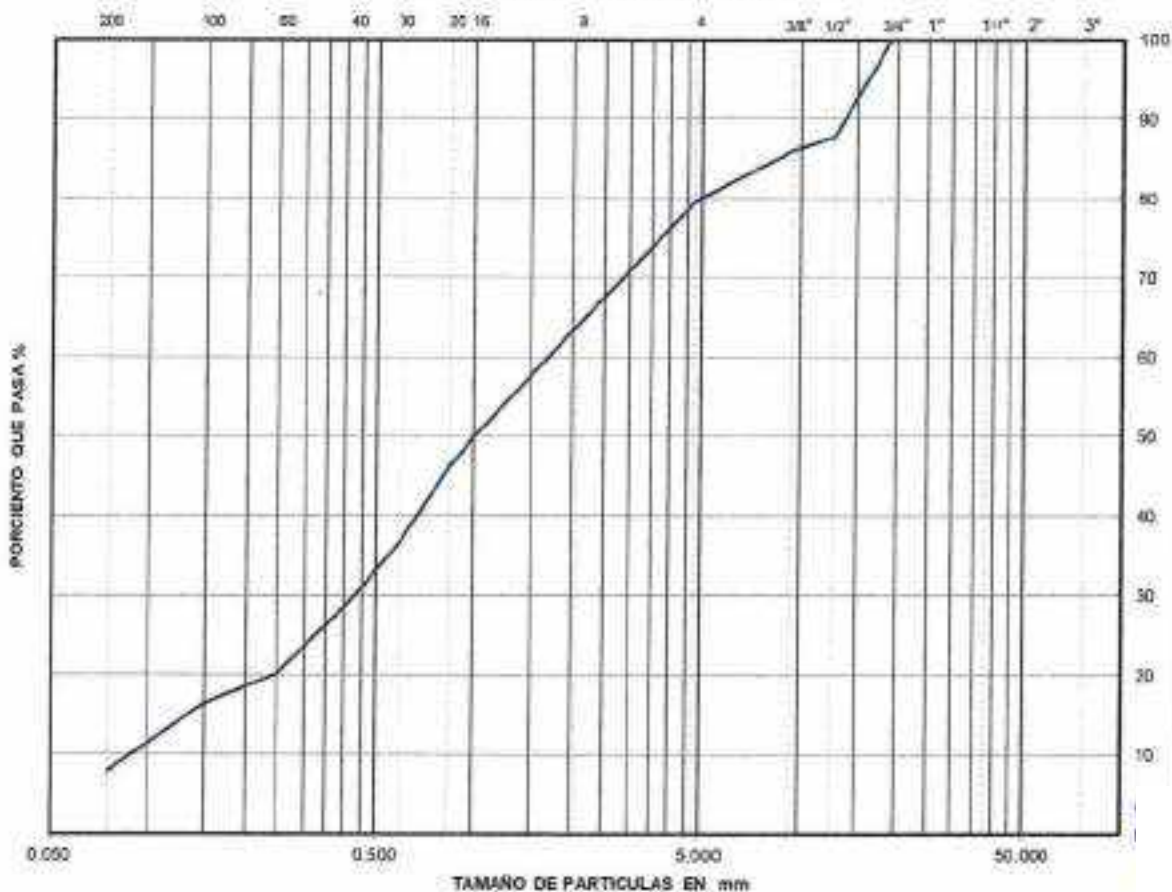
BORATORISTA : SOCRATES NA TILDES

CALCULISTA : NELSON BARRERA

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA :

OBSERVACIONES : ARENA PUMTICA

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} = 0.089$        $D_{30} = 0.431$        $D_{60} = 1.677$   
 $D_{50} = 0.989$        $D_{80} = 13.069$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 18.824$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})(D_{60})} = 1.316$

% GRAVA :	20.42
% ARENA :	71.70
% FINOS :	7.88
S. U. C. S. :	0.00

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

**PROYECTO:** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN:** TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"

**FECHA:** 23-mar-23  
**LABORATORISTA:** SOCRATES MATLDE  
**CALCULISTA:** NELSON BARRERA

**MUESTRA N°:** 19 **SONDEO:** SM-8  
**PROFUNDIDAD:** 11.70-12.30 m.  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**  
**OBSERVACIONES:**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4:**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara N°: 0 **Peso de la tara:** 0 gr.  
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.75	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4:**  
Peso de la muestra total - tara: 138.36 gr.  
TARA N°: 344 **Peso de la tara:** 19.97 gr.  
Peso de la muestra total: 118.39 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.69	0.58		99.42
16	1.00	3.27	2.76		96.66
20	850	3.82	3.06		93.60
30	600 μ	11.23	9.49		84.11
40	425 μ	12.28	10.37		73.74
60	250 μ	15.85	13.39		60.35
100	150 μ	9.76	8.24		52.11
200	75 μ	21.52	18.18		33.93
charola		40.17	33.93		
suma		78.22			

**% MATERIAL > MALLA N° 4:**  
% GRAVA: 0.00  
% ARENA: 66.07  
% FINOS: 33.93

**CLASIFICACIÓN S. U. C. S.:**  
TOTAL: 100.00





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 SONDEO : SM-2  
 MUESTRA N° : 13  
 PROFUNDIDAD : 11.70-12.30 m.

FECHA : 22/01/2023

LABORATORISTA : SOCRATES MATILDES

CALCULISTA : NELSON BARREDA

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} = 0.245$   
 $D_{90} = 0.138$        $D_{95} = 0.738$   
 $C_u = \frac{D_{95}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{60})^2}{(D_{10})(D_{90})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 66.07  
 % FINOS : 33.93  
 S. U. C. S. : 0.00

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

**PROYECTO:** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN:** TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"

**FECHA:** 23-ene-23  
**LABORATORISTA:** SOCRATES MATILDE  
**CALCULISTA:** NELSON BARRERA

**MUESTRA N°:** 24 **SONDEO:** SM-8  
**PROFUNDIDAD:** 14.70-15.30 m.  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**  
**OBSERVACIONES:**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4:**  
Peso de la n Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara N°: 0 Peso de la tara: 0 gr.  
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	21.25	14.01	85.99
3/4"	19.00	31.36	20.89	65.30
1/2"	12.50	16.58	10.93	54.37
3/8"	9.50	6.05	3.99	50.38
4	4.75	6.90	4.48	45.90
suma		82.06	54.10	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4:**  
Peso de la muestra total + tara: 185.98 gr.  
TARA N°: 246 Peso de la tara: 34.30 gr.  
Peso de la muestra total: 151.68 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	6.07	4.00		41.90
16	1.00	2.12	1.40		40.50
20	850	1.76	1.16		39.34
30	600 µ	3.78	2.49		36.85
40	425 µ	3.20	2.11		34.74
60	250 µ	5.10	3.36		31.38
100	150 µ	4.31	2.84		28.53
200	75 µ	11.20	7.38		21.15
charola		114.14	75.25		
suma		37.54			

**% MATERIAL > MALLA N° 4:**  
% GRAVA: 54.10  
% ARENA: 24.75  
% FINOS: 21.15

**CLASIFICACION S. U. C. S.:**  
TOTAL: 100.00





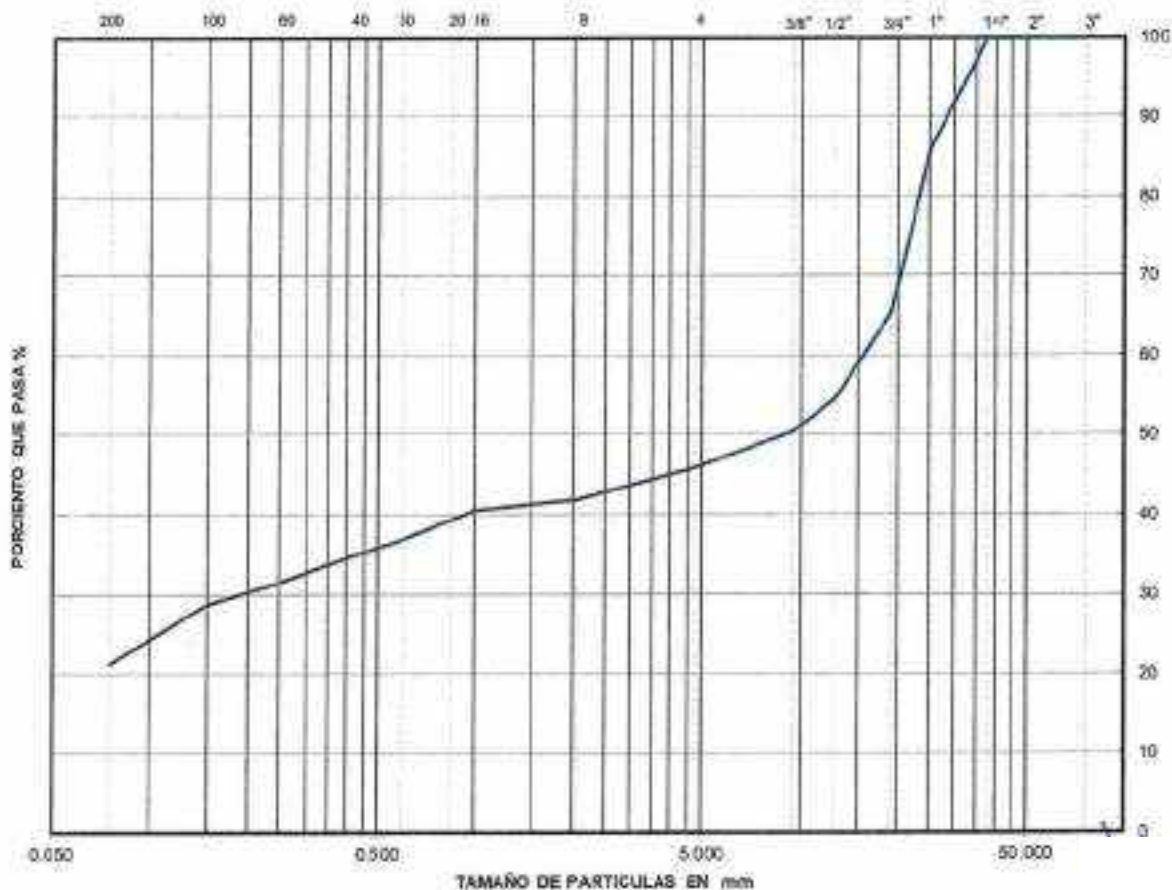
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos

PROYECTO : CABLEBÚS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL POPILÁ"  
3  
0  
 SONDEO : SM-1  
 MUESTRA N° : 24  
 PROFUNDIDAD : 14.70-15.30 m

FECHA : 23/01/2023  
 LABORATORISTA : SOCRA TES MÁTILDE  
 CALCULISTA : NELSON BARRER

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

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_  $D_{30} =$  0.165  $D_{60} =$  15.649

$D_{10} =$  0.075  $D_{60} =$  28.525

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

% GRAVA	<u>54.30</u>
% ARENA	<u>24.75</u>
% FINOS	<u>21.15</u>
S. U. C. S.	<u>0.00</u>

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

**PROYECTO:** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN:** TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"

**FECHA:** 23-mar-23  
**LABORATORISTA:** SOCRATES MATILDE  
**CALCULISTA:** NELSON BARRERA

**MUESTRA N°:** 27 **SONDEO:** SM-6  
**PROFUNDIDAD:** 16.50-17.10 m.  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**  
**OBSERVACIONES:**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4:**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara N°: 0 **Peso de la tara:** 0 gr.  
**Peso de la muestra total:** 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.75	0.00	0.00	100.00
suma		0.00	0.00	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4:**  
Peso de la muestra total + tara: 141.19 gr.  
TARA # : 70 **Peso de la tara:** 21.31 gr.  
**Peso de la muestra total:** 119.88 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	0.00	0.00		100.00
16	1.00	0.14	0.12		99.88
20	850	0.09	0.08		99.81
30	600 $\mu$	0.94	0.78		99.02
40	425 $\mu$	3.46	2.89		96.14
60	250 $\mu$	9.29	7.75		88.39
100	150 $\mu$	8.84	8.21		80.18
200	75 $\mu$	24.42	20.37		59.81
charola		71.70	59.81		
suma		48.18			

**% MATERIAL > MALLA N° 4:**  
% GRAVA: 0.00  
% ARENA: 40.19  
% FINOS: 59.81  
**CLASIFICACIÓN S. U. C. S.:** ML  
**TOTAL:** 100.00





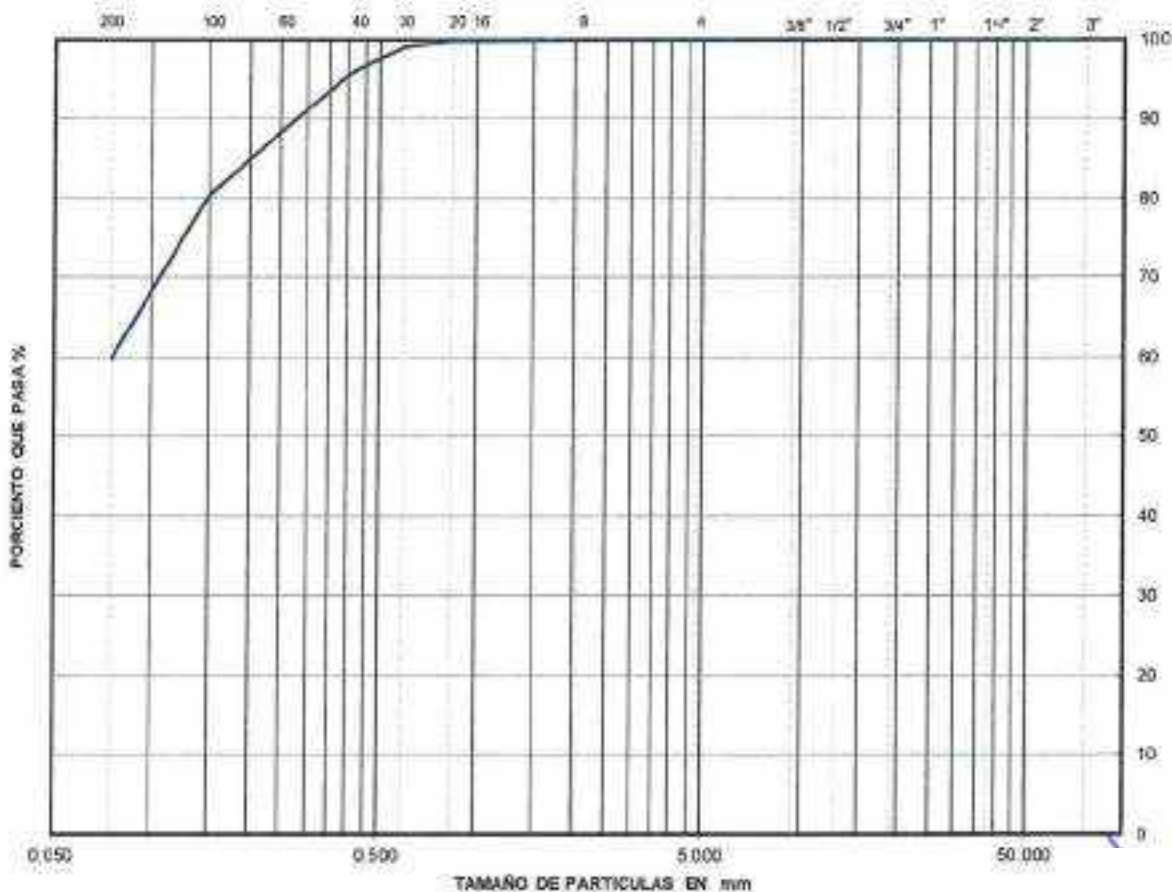
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBÚS LÍNEA 3 VASCO DE GRABOSA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : TORRE 37 ESCUELA PRIM. "B. RINELA"  
0  
 SONDEO : SM-6  
 MUESTRA N° : 27  
 PROFUNDIDAD : 16.50-17.10 m

FECHA : 23/01/2023  
 BORATORISTA : SOPHIA TES MA TILDES  
 CALCULISTA : NELSON BARRERA

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

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  \_\_\_\_\_       $D_{60} = 0.075$   
 $D_{50} =$  \_\_\_\_\_       $D_{90} = 0.278$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})(D_{60})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA : 0.00  
 % ARENA : 40.10  
 % FINOS : 59.81  
 S. U. C. S. : ML

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

**PROYECTO:** CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN:** TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"

**FECHA:** 23-ene-23  
**LABORATORISTA:** SOCRATES MATLDES  
**MUESTRA N°:** 32 **SONDEO:** SN-B **CALCULISTA:** NELSON BARRERA  
**PROFUNDIDAD:** 19.50-20.10 m.  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**  
**OBSERVACIONES:**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara N°: 0 Peso de la tara: 0 gr.  
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
4	4.75	2.68	1.87	98.13
suma		2.68	1.87	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 176.76 gr.  
TARA #: 244 Peso de la tara: 33.24 gr.  
Peso de la muestra total: 143.52 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	3.15	2.19		95.94
16	1.00	3.88	2.70		83.23
20	850	1.70	1.18		92.05
30	600 µ	6.47	4.51		87.54
40	425 µ	9.05	6.31		81.24
60	250 µ	14.33	9.98		71.25
100	150 µ	11.05	7.70		63.55
200	75 µ	28.83	20.09		43.46
charola		65.06	45.33		
suma		78.46			

**% MATERIAL > MALLA N° 4:**  
% GRAVA: 1.87  
% ARENA: 54.67  
% FINOS: 43.46

**CLASIFICACIÓN S. U. C. S.:**  
TOTAL: 100.00





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

PROYECTO : CABLEBÚS LÍNEA 3 VASCO DE GURDGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"  
0  
 SONDEO : SM-5  
 MUESTRA N° : 32  
 PROFUNDIDAD : 18.53-23.10 m

FECHA : 23/01/2023  
 BORADORISTA : SOORATES MARTÍNEZ  
 CALCULISTA : NELSON BARRERA

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

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{30} = \underline{\hspace{2cm}}$        $D_{60} = \underline{0.132}$   
 $D_{90} = \underline{0.094}$        $D_{100} = \underline{0.719}$   
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \underline{\hspace{2cm}}$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} = \underline{\hspace{2cm}}$

% GRAVA :	1.87
% ARENA :	54.67
% FINOS :	43.46
G. U. C. S. :	0.00

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

**PROYECTO:** CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN:** TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"

**FECHA:** 23-mar-23  
**LABORATORISTA:** SOCRATES MATLDE  
**MUESTRA N°:** 38 **SONDEO:** SM-8 **CALCULISTA:** NELSON BARRERA  
**PROFUNDIDAD:** 21.95-22.50 m.  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**  
**OBSERVACIONES:**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara N°: 0 Peso de la tara: 0 gr.  
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	20.89	16.40	83.60
1/2"	12.50	11.16	8.72	74.87
3/8"	9.50	8.90	6.96	67.92
4	4.75	3.93	3.07	64.85
suma		44.88	35.15	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 146.34 gr.  
TARA #: 152 Peso de la tara: 20.38 gr.  
Peso de la muestra total: 127.96 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
5	2.36	9.42	7.36		57.49
10	1.00	10.31	8.08		49.43
20	850	2.73	2.13		47.30
30	600 µ	7.84	6.13		41.17
40	425 µ	7.38	5.77		35.40
60	250 µ	9.15	7.15		28.25
100	150 µ	5.30	4.14		24.11
200	75 µ	10.76	8.41		15.70
charola		65.07	50.85		
suma		62.89			

**% MATERIAL > MALLA N° 4.:**  
% GRAVA: 35.15  
% ARENA: 49.15  
% FINOS: 15.70  
**CLASIFICACION S. U. C. S.:**  
TOTAL: 100.00





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

**PROYECTO:** CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN:** TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"

**FECHA:** 23-ene-23  
**LABORATORISTA:** SOCRATES MATLDE  
**MUESTRA Nº:** 41 **SONDEO:** SM-B **CALCULISTA:** NELSON BARRERA  
**PROFUNDIDAD:** 24.90-25.50 m  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**  
**OBSERVACIONES:**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA Nº 4:**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara Nº: 0 **Peso de la tara:** 0 gr.  
**Peso de la muestra total:** 0.00 gr.

A MALLA Nº	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	18.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	14.44	6.65	93.35
3/8"	9.00	4.75	2.85	88.51
4	4.75	9.59	5.74	82.76
suma		28.78	17.24	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA Nº 4:**  
**Peso de la muestra total + tara:** 187.73 gr.  
**TARA Nº:** 18 **Peso de la tara:** 20.78 gr.  
**Peso de la muestra total:** 166.95 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	16.80	11.26		71.50
16	1.00	16.81	10.13		61.37
20	850	4.81	2.76		58.61
30	600 µ	12.29	7.38		51.25
40	425 µ	12.65	7.58		43.67
60	250 µ	15.18	9.09		34.58
100	150 µ	9.24	5.53		29.04
200	75 µ	16.90	10.12		18.92
charola		60.37	36.16		
suma		106.58			

**% MATERIAL > MALLA Nº 4:**  
% GRAVA: 17.24  
% ARENA: 63.84  
% FINOS: 18.92  
**CLASIFICACIÓN S. U. C. S.:** SM  
**TOTAL:** 100.00





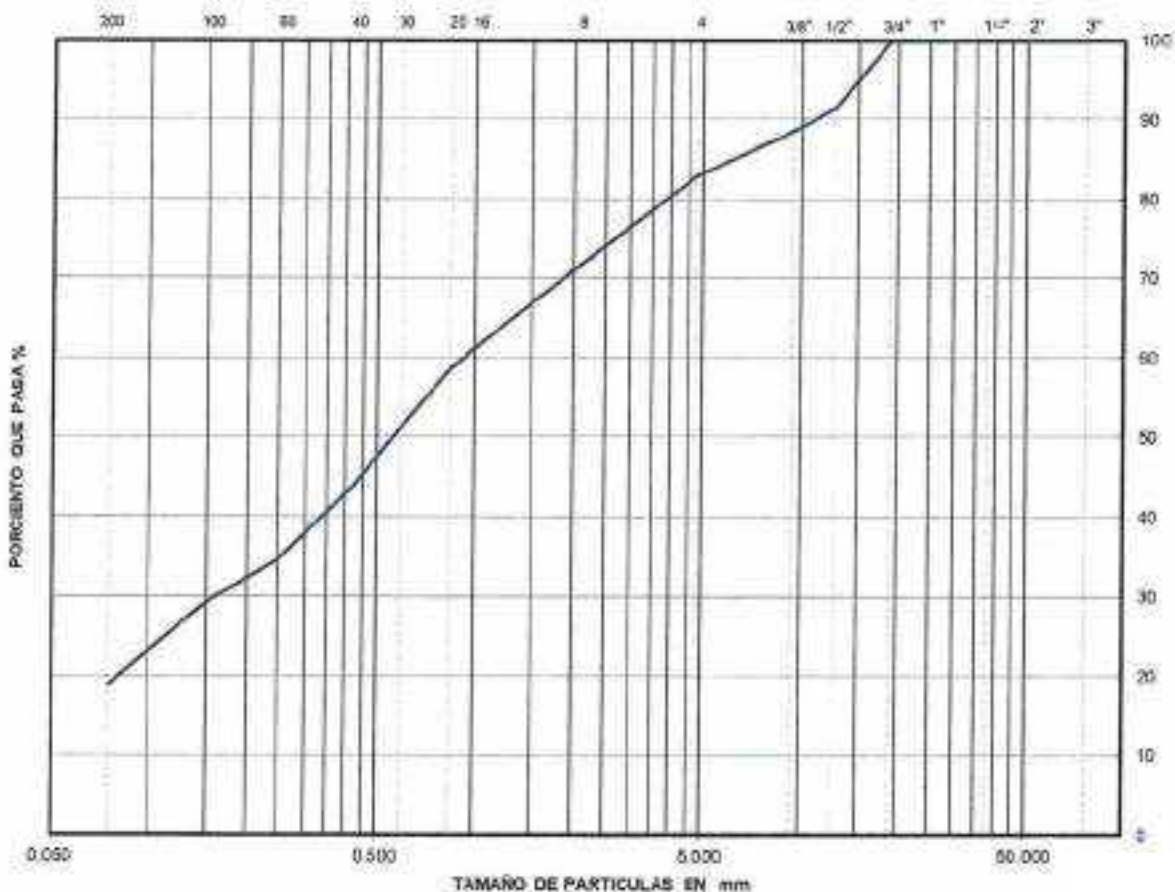
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**  
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBÚS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL POPILÁ"  
0  
 SONDEO : SM-3  
 MUESTRA N° : 41  
 PROFUNDIDAD : 24.50-25.50 m

FECHA : 23/01/2023  
 BORATORISTA : SOCRATES NAJLDES  
 CALCULISTA : NELSON SAÑEPA

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

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  0.163       $D_{60} =$  0.919  
 $D_{50} =$  0.562       $D_{90} =$  11.079  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10})(D_{60})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA	<u>17.21</u>
% ARENA	<u>61.84</u>
% FINOS	<u>10.92</u>
S. U. C. S.	<u>SM</u>

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

**PROYECTO:** CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN:** TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"

**FECHA:** 23-ene-23  
**LABORATORISTA:** SOCRATES MATLDE  
**CALCULISTA:** NELSON BARRERA

**MUESTRA N°:** 48 **SONDEO:** SM-5  
**PROFUNDIDAD:** 29.10-29.70 m.

**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**  
**OBSERVACIONES:**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara N°: 0 **Peso de la tara:** 0 gr.  
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	18.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	7.39	5.21	94.79
4	4.75	6.82	4.80	89.99
suma		14.21	10.01	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 162.78 gr.  
TARA # : 85 **Peso de la tara:** 20.83 gr.  
Peso de la muestra total: 141.95 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	9.99	7.04		82.95
16	1.00	12.35	8.70		74.25
20	850	3.62	2.55		71.70
30	600 µ	10.84	7.64		64.06
40	425 µ	10.26	7.23		56.84
60	250 µ	13.76	9.69		47.14
100	150 µ	8.51	6.00		41.15
200	75 µ	17.65	12.43		28.71
charola		54.97	38.72		
suma		86.88			

**% MATERIAL > MALLA N° 4 :**  
% GRAVA: 10.01  
% ARENA: 61.28  
% FINOS: 28.71

**CLASIFICACIÓN S. U. C. S. :**  
TOTAL: 100.00





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

**PROYECTO:** CABLEBÚS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN:** TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"

**FECHA:** 23-mar-23  
**LABORATORISTA:** SOCRATES MATLDE  
**MUESTRA N°:** 51 **SONDEO:** SM-B **CALCULISTA:** NELSON BARRERA  
**PROFUNDIDAD:** 30.90-31.20 m.  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**  
**OBSERVACIONES:**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara N°: 0 **Peso de la tara:** 0 gr.  
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	18.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.00	6.34	4.78	95.24
4	4.75	6.11	4.58	90.66
suma		12.45	9.34	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 154.36 gr.  
TARA #: 198 **Peso de la tara:** 21.07 gr.  
Peso de la muestra total: 133.29 gr.

A MALLA N°	B ABERTURA mm	C PESO RETENIDO gr.	D % RETENIDO PARCIAL	E % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA < 4"	F % ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	10.08	7.56		63.10
16	1.00	11.93	8.95		74.15
20	850	3.43	2.57		71.57
30	600 µ	9.63	7.22		64.33
40	425 µ	10.05	7.54		56.81
60	250 µ	12.68	9.51		47.30
100	150 µ	7.92	5.94		41.35
200	75 µ	16.78	12.59		28.76
charola		50.79	38.10		
suma		82.50			

**% MATERIAL > MALLA N° 4:**  
% GRAVA: 9.34  
% ARENA: 61.90  
% FINOS: 28.76

**CLASIFICACIÓN S. U. C. S.:**  
TOTAL: 100.00





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

Laboratorio de Mecánica de Suelos.

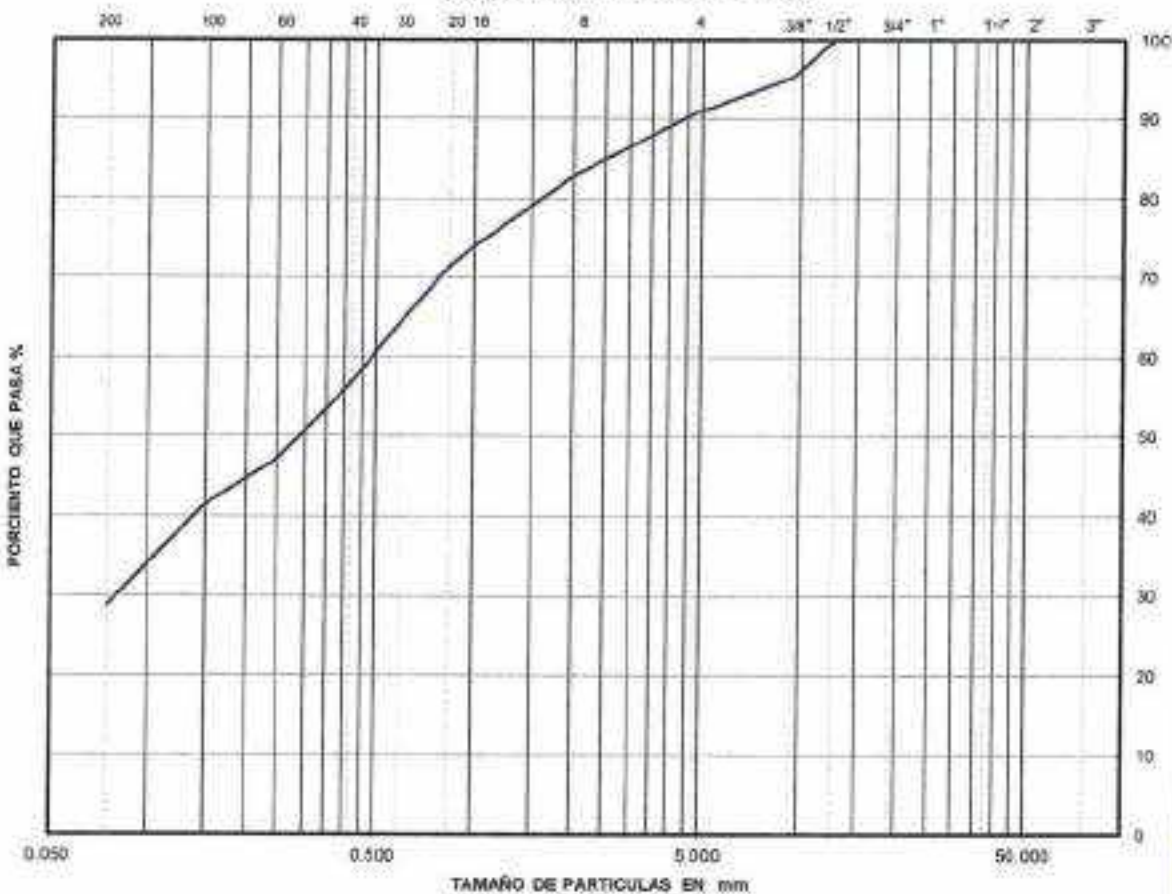
PROYECTO : CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE GURUGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN : TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIRLA"  
0  
0  
 SONDEO : SU-3  
 MUESTRA N° : 31  
 PROFUNDIDAD : 20.99-21.20 m

FECHA : 23/01/2023

LABORATORISTA : SOCRATES NATLIDIE  
 CALCULISTA : NELSON BARRERA

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

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} =$  0.080       $D_{60} =$  0.487  
 $D_{10} =$  0.290       $D_{30} =$  4.424  
 $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} =$  \_\_\_\_\_       $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} =$  \_\_\_\_\_

% GRAVA :	0.34
% ARENA :	61.90
% FINOS :	28.76
S. U. C. S. :	0.00

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

**PROYECTO:** CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
**UBICACIÓN:** TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"

**FECHA:** 23-ene-23  
**LABORATORISTA:** SOCRATES MATILDE  
**CALCULISTA:** NELSON BARRERA

**MUESTRA N°:** 55 **SONDEO:** SM-8  
**PROFUNDIDAD:** 33.90-34.00 m.  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:**  
**OBSERVACIONES:**

**PARA MATERIALES RETENIDOS EN LA MALLA N° 4.**  
Peso de la muestra total + tara: 0 gr.  
Tara N°: 0 **Peso de la tara:** 0 gr.  
Peso de la muestra total: 0.00 gr.

A	B	C	D	E
MALLA N°	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	% RETENIDO PARCIAL	% 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"	18.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	11.89	6.88	91.12
3/8"	9.50	0.69	0.52	90.60
4	4.75	6.83	5.10	85.50
suma		19.41	14.50	

**PARA MATERIALES QUE PASAN LA MALLA N° 4**  
Peso de la muestra total + tara: 154.26 gr.  
TARA # : 153 **Peso de la tara:** 20.37 gr.  
Peso de la muestra total: 133.89 gr.

A	B	C	D	E	F
MALLA N°	ABERTURA mm	PESO RETENIDO gr	% RETENIDO PARCIAL	% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA - 4"	% ACUMULADO QUE PASA MUESTRA TOTAL
8	2.36	10.81	8.07		77.43
15	1.00	10.57	7.89		69.53
20	850	3.13	2.34		67.20
30	600 µ	6.62	5.59		60.61
40	425 µ	9.19	6.86		53.75
60	250 µ	12.07	9.01		44.73
100	150 µ	7.18	5.38		39.37
200	75 µ	15.75	11.76		27.60
charola		56.37	42.10		
suma		77.52			

% MATERIAL > MALLA N° 4 :  
% GRAVA : 14.50  
% ARENA : 57.90  
% FINOS : 27.60  
CLASIFICACION S. U. C. S. : SM  
TOTAL : 100.00





**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MALLAS.**

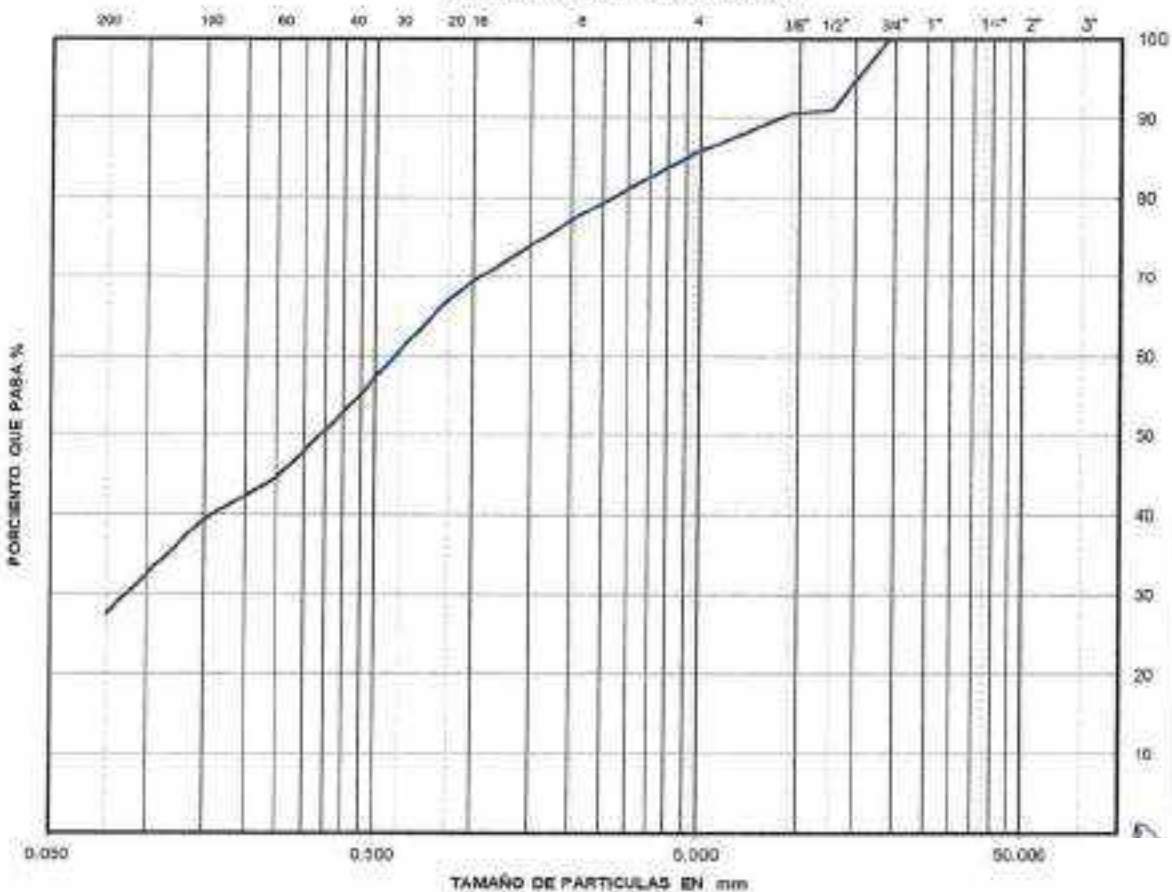
Laboratorio de Mecánica de Suelos.

PROYECTO : CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE GUARDIA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN: TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"  
2  
0  
 SONDEO : SM 8  
 MUESTRA N° : 95  
 PROFUNDIDAD : 23.50-24.00 m

FECHA : 23/01/2023  
 BORADORISTA: SOCORATES MARTÍNEZ  
 CALCULISTA: NELSON BARRERA

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

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



$D_{10} =$  \_\_\_\_\_       $D_{30} = 0.086$        $D_{60} = 0.577$

$D_{90} = 0.359$        $D_{95} = 6.774$

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

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

% GRAVA	14.50
% ARENA	57.80
% FINOS	27.60
S. U. C. S.	SM



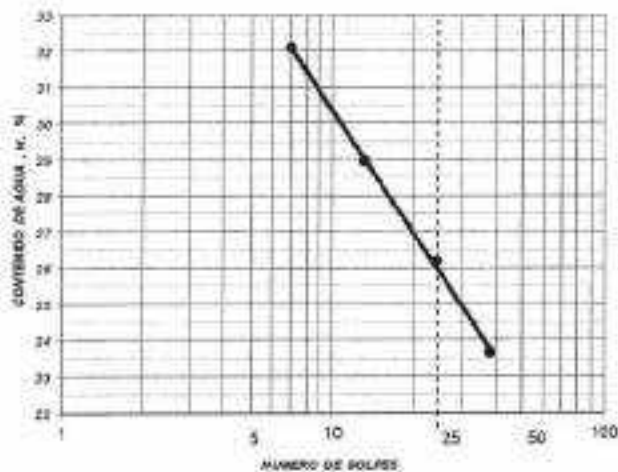
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO:	CABLEBÚS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"		
	FECHA	25/01/2023	
SONDEO:	SM-8	LABORATORISTA	EZEQUIEL RODRIGUEZ
MUESTRA No.	6	PROPUNDAIDAD	3.30-3.45 m. COLISTA NELSON BARRERA
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	LMO CON ARENA CAPE GRISACEO		
	ML		

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

LÍMITE LÍQUIDO,  $L_w$

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	39	239	241	225
NÚMERO DE GOLPES	38	24	13	7
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	15.59	15.80	17.13	17.47
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	14.56	14.53	15.57	15.81
PESO DEL AGUA (gr)	1.03	1.07	1.56	1.66
PESO DE TARA (gr)	10.21	10.44	10.18	10.64
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4.35	4.09	5.39	5.17
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	5.38	5.16	6.95	6.83
CONTENIDO DE AGUA, w, %	23.68	26.16	28.64	32.11



LÍMITE LÍQUIDO  $L_w$  26.01

LÍMITE PLÁSTICO,  $P_w$  23.10

ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD,  $P_i$  2.72

CONTRACCIÓN UNIAL,  $CL$  %

SUCS ML

LÍMITE PLÁSTICO,  $P_w$

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	253	179
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	12.44	11.94
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	12.00	11.63
PESO DEL AGUA (gr)	0.44	0.41
PESO DE TARA (gr)	10.10	9.75
PESO DEL SUELO SECO (gr)	1.90	1.78
CONTENIDO DE AGUA, w, %	23.18	23.03





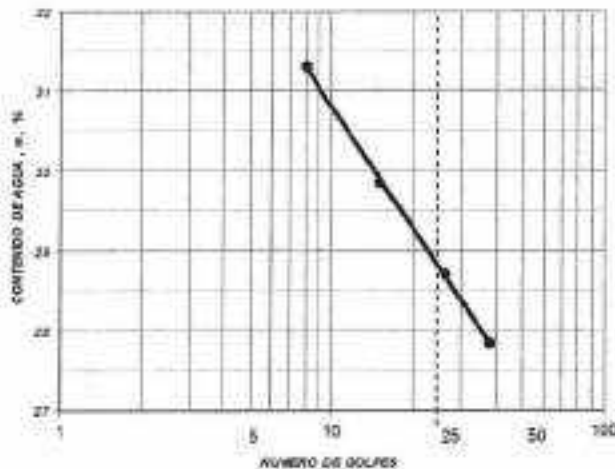
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**LIMITES DE CONSISTENCIA**

PROYECTO:	CABLEBÚS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"		
		FECHA:	24/01/2023
SONDEO:	SM-8	LABORATORISTA:	EZEQUIEL RODRIGUEZ
MUESTRA No.:	8	PROFUNDIDAD:	5.10-5.70 m.
		CULISTA:	NELSON BARRERA
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	LIMO CON ARENA CARÉ 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.	143	300	901	73
NUMERO DE GOLPES	38	26	15	8
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	13.06	16.38	17.19	18.17
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	11.66	14.98	15.59	16.26
PESO DEL AGUA (gr)	1.20	1.40	1.60	1.91
PESO DE TARA (gr)	7.35	10.10	10.23	10.16
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4.31	4.88	5.36	6.10
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	5.51	6.28	6.96	8.01
CONTENIDO DE AGUA, w, %	27.84	28.69	29.85	31.31



LIMITE LIQUIDO 26.76  
LIMITE PLASTICO, Pw 25.55  
INDICE DE PLASTICIDAD, PI 3.22  
CONTRACCION LINEAL, CL 0  
SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, Pw**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	35	167
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	11.28	13.28
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	10.57	12.58
PESO DEL AGUA (gr)	0.71	0.70
PESO DE TARA (gr)	7.77	9.86
PESO DEL SUELO SECO (gr)	2.80	2.72
CONTENIDO DE AGUA, w, %	25.36	25.74



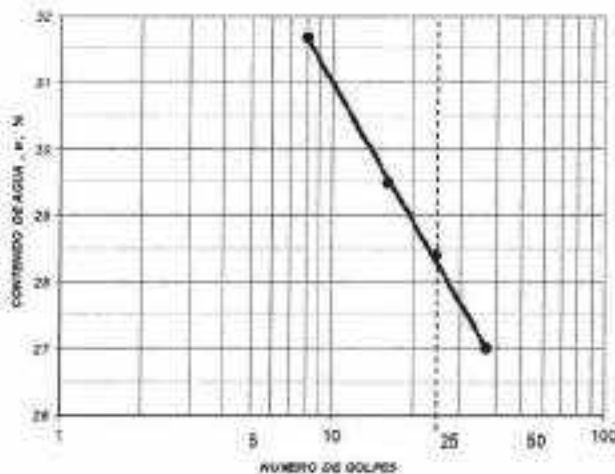
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO:	CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"		
		FECHA:	24/01/2023
SONDEO:	SM-B	LABORATORISTA:	EZEQUIEL RODRIGUEZ
MUESTRA No.	12	PROFUNDIDAD 7.50-8.10 m.	CULISTA NELSON BARRERA
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	LIMO CON ARENA CAPE CLARO		
			ML

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

LÍMITE LÍQUIDO,  $L_w$

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	33	104	234	162
NÚMERO DE GOLPES	37	24	18	8
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	14.46	17.21	17.95	18.84
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	13.48	15.64	16.19	16.58
PESO DEL AGUA (gr)	0.98	1.57	1.76	2.05
PESO DE TARA (gr)	8.85	10.11	10.22	10.12
PESO DEL SUELO SECO (gr)	3.63	5.53	5.97	6.47
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	4.61	7.10	7.73	8.52
CONTENIDO DE AGUA, w, %	27.00	28.39	29.48	31.66



LÍMITE LÍQUIDO  $L_w$  28.20  
LÍMITE PLÁSTICO  $P_w$  23.92  
ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD,  $P_I$  4.28  
CONTRACCIÓN LINEAL,  $CL$  %       
SUCS ML

LÍMITE PLÁSTICO,  $P_w$

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	201	213
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	15.20	14.47
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	14.31	13.65
PESO DEL AGUA (gr)	0.89	0.82
PESO DE TARA (gr)	10.57	10.24
PESO DEL SUELO SECO (gr)	3.74	3.41
CONTENIDO DE AGUA, w, %	23.80	24.05





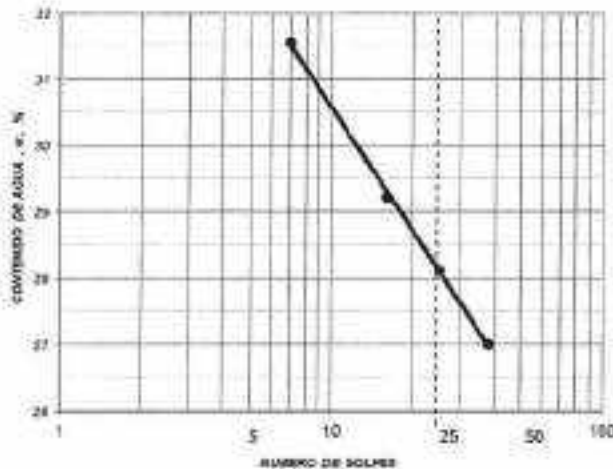
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO:	CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"		
		FECHA:	24/01/2023
SONDEO:	SM-8	LABORATORISTA:	EZEQUEL RODRIGUEZ
MUESTRA No.:	20	PROFUNDIDAD:	12.30-12.90 m. CALCULISTA: NELSON BARRERA
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	LIMO CON ARENA CAFÉ GRISACEO		
			ML

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

LÍMITE LÍQUIDO,  $L_w$

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	49	44	109	160
NÚMERO DE GOLPES	38	25	18	7
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	15.71	15.78	18.38	19.83
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	14.53	14.51	16.58	17.33
PESO DEL AGUA (gr)	1.18	1.27	1.80	2.50
PESO DE TARA (gr)	10.16	9.99	10.42	10.04
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4.37	4.52	6.16	7.29
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	5.55	5.79	7.96	9.59
CONTENIDO DE AGUA, w, %	27.00	28.10	29.22	31.55



LÍMITE LÍQUIDO  $L_w$  28.09  
LÍMITE PLÁSTICO,  $P_w$  24.79  
ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD,  $P_I$  3.30  
CONTRACCIÓN LINEAL,  $CL$  0  
SUCS ML

LÍMITE PLÁSTICO,  $P_w$

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	26	297
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	14.23	14.82
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	13.39	13.93
PESO DEL AGUA (gr)	0.84	0.89
PESO DE TARA (gr)	10.02	10.32
PESO DEL SUELO SECO (gr)	3.37	3.61
CONTENIDO DE AGUA, w, %	24.93	24.69



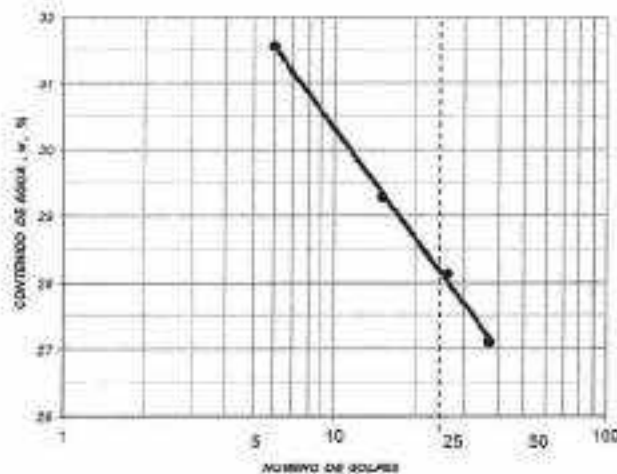
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**LIMITES DE CONSISTENCIA**

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"		
SONDEO:	SM-8	FECHA:	24/01/2023
MUESTRA No:	27	LABORATORISTA:	EZEQUIEL RODRIGUEZ
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	LMO CON ARENA CAFE GRISACEO	CALCULISTA:	NELSON BARRERA
			ML

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

**LIMITE LIQUIDO, L<sub>w</sub>**

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	276	193	215	16
NUMERO DE GOLPES	37	26	15	6
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	16.96	17.29	18.10	17.41
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	15.51	15.74	16.34	15.06
PESO DEL AGUA (gr)	1.45	1.55	1.76	2.35
PESO DE TARA (gr)	10.16	10.23	10.33	7.61
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.35	5.51	6.01	7.45
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	6.80	7.06	7.77	9.80
CONTENIDO DE AGUA, w, %	27.10	26.13	29.28	31.54



LIMITE LIQUIDO 28.11  
LIMITE PLASTICO, P<sub>w</sub> 25.12  
INDICE DE PLASTICIDAD, P<sub>I</sub> 2.99  
CONTRACCION LINEAL, CL %  
SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, P<sub>w</sub>**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	266	294
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	13.25	14.19
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	12.62	13.39
PESO DEL AGUA (gr)	0.63	0.80
PESO DE TARA (gr)	10.05	10.28
PESO DEL SUELO SECO (gr)	2.57	3.11
CONTENIDO DE AGUA, w, %	24.51	25.72





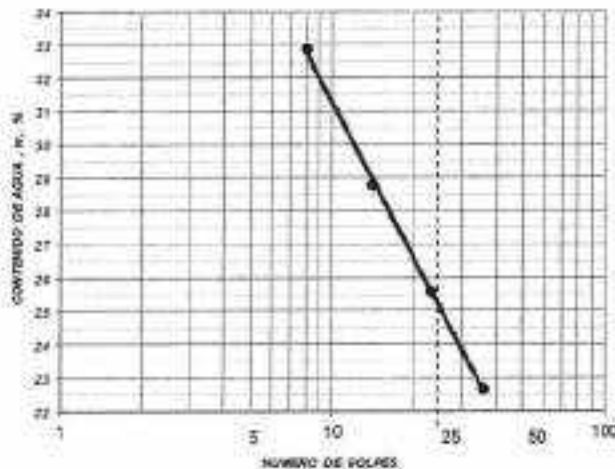
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**LIMITES DE CONSISTENCIA**

PROYECTO:	CABLEBÚS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"		
		FECHA:	24/01/2023
SONDEO:	SM-8	LABORATORISTA:	EZEQUIEL RODRIGUEZ
MUESTRA No.:	41	PROFUNDIDAD:	24.90-25.30 m. CALCULISTA: NELSON BARRERA
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA LIMOSA CAFÉ GRISACEO		
			ML

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

**LIMITE LIQUIDO, L<sub>w</sub>**

MUESTRA No.	1	2	3	4
CAPSULA No.	65	126	168	145
NUMERO DE GOLPES	36	23	14	8
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	16.65	17.43	16.00	17.07
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	15.44	15.97	14.74	15.37
PESO DEL AGUA (gr)	1.21	1.46	1.26	1.70
PESO DE TARA (gr)	10.10	10.26	10.36	10.20
PESO DEL SUELO SECO (gr)	5.34	5.71	4.39	5.17
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	6.55	7.17	5.64	6.87
CONTENIDO DE AGUA, w, %	22.86	25.57	28.77	32.88



LIMITE LIQUIDO 25.93  
LIMITE PLASTICO, P<sub>w</sub> 23.61  
INDICE DE PLASTICIDAD, P<sub>I</sub> 1.43  
CONTRACCION LINEAL, CL 0  
SUCS ML

**LIMITE PLASTICO, P<sub>w</sub>**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	63	270
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	9.97	12.98
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	9.48	12.45
PESO DEL AGUA (gr)	0.49	0.53
PESO DE TARA (gr)	7.39	10.22
PESO DEL SUELO SECO (gr)	2.09	2.23
CONTENIDO DE AGUA, w, %	23.44	23.77



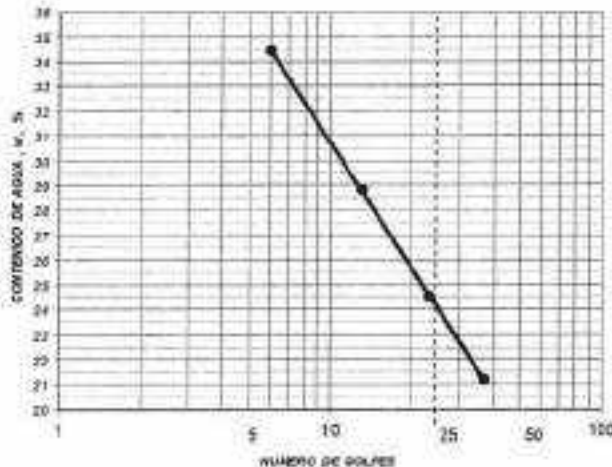
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
**LIMITES DE CONSISTENCIA**

PROYECTO:	CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES		
UBICACIÓN:	TORRE 37 ESCUELA PRIM. "EL PIPILA"		
		FECHA:	24/01/2023
SONDEO:	SM-II	LABORATORISTA:	EZEQUIEL RODRIGUEZ
MUESTRA No.:	58	PROFUNDIDAD:	33.90-34.90 m. CALCULISTA: NELSON BARRERA
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	LIMO ARENOSO CAPE 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.	227-A	275	198	59
NUMERO DE GOLPES	37	23	13	6
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	15.18	16.43	16.87	19.60
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	14.23	15.04	15.10	17.16
PESO DEL AGUA (gr)	0.95	1.39	1.57	2.44
PESO DE TARA (gr)	9.74	9.34	9.65	10.07
PESO DEL SUELO SECO (gr)	4.49	5.66	5.45	7.09
PESO DEL SUELO HUMEDO (gr)	5.44	7.05	7.02	9.53
CONTENIDO DE AGUA, w, %	21.16	24.56	28.81	34.41



LIMITE LIQUIDO 24.00  
LIMITE PLÁSTICO, Pw 22.18  
INDICE DE PLASTICIDAD, PI 1.82  
CONTRACCIÓN LINEAL, CL 0  
SUCS ML

**LIMITE PLÁSTICO, Pw**

MUESTRA No.	1	2
CAPSULA No.	205-A	80
PESO DE MUESTRA HUMEDA + TARA (gr)	13.35	13.37
PESO DE MUESTRA SECA + TARA (gr)	12.81	12.79
PESO DEL AGUA (gr)	0.54	0.58
PESO DE TARA (gr)	10.37	10.18
PESO DEL SUELO SECO (gr)	2.44	2.61
CONTENIDO DE AGUA, w, %	22.17	22.22



**DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO SECO EN MUESTRAS**  
**INAL TERADAS POR EL METODO DE LA PARAFINA**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO: CABLEBUS LINEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACION: ESCUELA PRIMARIA PEPLA TORRE 37

LABORATORISTA: LEONARDO MATILDES

LABORATORISTA: NELSON RAMIRENA

FECHA: 25/01/2023

HOJA 1 DE 3

ENSAYE N°	SCHEDE N°	MUESTRA, N°	PROFUNDIDAD, m	PESO VOLUMETRICO DE LA PARAFINA, $V_p$ , $g/cm^3$	PESO MUESTRA HUMEDA, $W_m$ , g	PESO MUESTRA CUBIERTA CON PARAFINA, $W_{mp}$ , g	VOLUMEN LECTURA INICIAL, $l_0$ , $cm^3$ LECTURA FINAL, $l_f$ , $cm^3$	TESTIGO DE HUMEDAD PESO MUESTRA HUMEDA + TARA, $Ph + T$ , g PESO MUESTRA SECA + TARA, $Fs + T$ , g PESO DE TARA, $T$ , g PESO AGUA $g$ PESO SECO $g$ CONTENIDO DE AGUA	CALCULOS VOLUMEN DESALZADO: $V_d = l_f - l_0$ , $cm^3$ VOLUMEN DE PARAFINA: $V_p = W_{mp} - W_m$ , $g$ , $cm^3$ VOLUMEN DE LA MUESTRA: $V_m = V_d - V_p$ , $cm^3$ PESO VOLUMETRICO HUMEDO: $m = W_m/V_m$ , $g/cm^3$ PESO VOLUMETRICO SECO: $s = W_{mp}/(V_m + w/100)$ , $g/cm^3$
1	SM-8	8-A	5.10-5.70	0.884	109.73 119.43 186.53 289.09		85.77 70.14 21.20 15.63 48.94 31.94	73.56 10.973 62.597 1.763 1.329	
2	SM-8	22	13.50-14.05	0.884	85.53 92.74 184.35 247.90		87.25 72.89 20.77 14.06 52.22 28.92	53.45 8.156 45.294 1.888 1.488	
3	SM-8	24	14.75-15.30	0.884	126.85 144.16 184.2 278.55		79.30 63.99 21.14 14.52 42.84 33.09	84.35 19.581 64.769 1.959 1.463	
4	SM-8	27	15.50-17.10	0.884	92.53 73.83 184.87 262.50		85.90 55.05 20.53 10.84 34.53 31.39	47.63 12.783 34.847 1.794 1.368	

OBSERVACIONES:



**DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO SECO EN MUESTRAS  
INALTERADAS POR EL METODO DE LA PARAFINA**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO: CASLEBUS LINEA 3 VASCO DE GUROBA A CONSTITUYENTES  
UBICACION: ESCUELA PRIMARIA PIPILA TORRE 37

LABORATORISTA: LEONARDO MATI DE S

LABORATORISTA: NELSON BARRERA

FECHA: 24/01/2023

HOJA 2 DE 3

CALCULISTA:

ENSAYE N°	SONDEO, N°	MUESTRA, N°	PROFUNDIDAD, m	PESO VOLUMETRICO DE LA PARAFINA, $\gamma_p, g/cm^3$	PESO MUESTRA HUMEDA, $W_m, g$	PESO MUESTRA CUBIERTA CON PARAFINA, $W_{mp}, g$	VOLUMEN	LECTURA INICIAL, $l_0, cm^3$	LECTURA FINAL, $l_f, cm^3$	TERTIGO DE HUMEDAD	CALCULOS						
5	SM-8	29	17,70-18,30	0,884	143,46	157,28	115,42	93,57	20,53	21,75	73,14	29,74	95,38	15,633	79,747	1,799	1,387
6	SM-8	32	19,50-20,10	0,884	116,00	138,96	73,02	63,22	27,82	9,80	35,80	27,53	90,58	25,973	54,587	1,796	1,408
7	SM-8	34	20,70-21,15	0,884	117,50	137,36	148,52	131,73	35,04	16,79	96,89	17,38	79,44	22,600	56,940	2,064	1,738
8	SM-8	40	29,10-29,70	0,884	114,07	129,07	82,37	73,09	20,14	9,18	52,96	17,34	79,46	16,868	62,492	1,825	1,558

OBSERVACIONES:



**DETERMINACIÓN DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO EN MUESTRAS  
INALTERADAS POR EL MÉTODO DE LA PARAFINA**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO: CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE OJROGA A CONSTITUYENTES  
UBICACIÓN: ESCUELA PRIMARIA PIPILA TORRE 37

LABORATORISTA: LEONARDO MATILDES

FECHA: 24/01/2023


HOJA 3 DE 3

CALCULISTA:



<p>ENSAYE N° SONDEO, N° MUESTRA, N° PROFUNDIDAD, m</p>	<p>9 SM-8 50 30.30-30.60</p>			
<p>PESO VOLUMÉTRICO DE LA PARAFINA, <math>\gamma_p</math>, g/cm<sup>3</sup> PESO MUESTRA HUMEDA, <math>W_m</math>, g PESO MUESTRA COBERTA CON PARAFINA, <math>W_{mp}</math>, g VOLUMEN <input type="text"/> LECTURA INICIAL, <math>l_0</math>, cm<sup>3</sup> LECTURA FINAL, <math>l_f</math>, cm<sup>3</sup></p>	<p>0.864 64.09 74.34 194.44 238.17</p>			
<p>TESTEO DE HUMEDAD PESO MUESTRA HUMEDA + TARA, <math>P_h + T</math>, g PESO MUESTRA SECA + TARA, <math>P_s + T</math>, g PESO DE TARA, <math>T</math>, g PESO AGUA, <math>g</math> PESO SECO, <math>g</math> CONTENIDO DE AGUA</p>	<p>33.37 36.67 20.32 6.50 36.55 17.78</p>			
<p>CALCULOS VOLUMEN DESALZADO: <math>V_d = l_f - l_0</math>, cm<sup>3</sup> VOLUMEN DE PARAFINA: <math>V_p = W_{mp} - W_m / \rho_p</math>, cm<sup>3</sup> VOLUMEN DE LA MUESTRA: <math>V_m = V_d - V_p</math>, cm<sup>3</sup> PESO VOLUMÉTRICO HUMEDO: <math>m = W_m / V_m</math>, g/cm<sup>3</sup> PESO VOLUMÉTRICO SECO, <math>s = W_s / V_m</math>, g/cm<sup>3</sup></p>	<p>43.73 11.143 32.587 1.985 1.665</p>			

OBSERVACIONES:



**DENSIDAD DE SÓLIDOS**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO: CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES  
 UBICACIÓN: ESCUELA PRIM. "EL PÍPILA" T-37

SONDEO: SM-8

FECHA: 24-ene.-23  
 LABORATORISTA: SOCRATES MATILDES  
 CALCULISTA: NELSON BARRERA  
 HOJA 1 DE 2

MUESTRA	PROFUNDIDAD m	PIC No	TEMP °C	PIC+W <sub>w</sub> g	PIC+W <sub>w</sub> +V <sub>s</sub> g	W <sub>bas</sub> g	W <sub>w</sub> g	W <sub>s</sub> g	V <sub>s</sub> cm <sup>3</sup>	S <sub>s</sub>
6	3.90-4.50	16	22.00	158.95	209.56	657.60	637.34	90.63	20.37	2.486
		17	22.00	163.89	214.47	692.39	662.27	50.58	20.46	2.472
										2.479
19	11.70-12.30	11	22.00	173.55	224.03	702.84	672.74	90.48	20.38	2.477
		13	22.00	176.27	226.74	705.61	675.20	90.47	20.06	2.516
										2.496
24	14.70- 15.30	9	22.00	165.87	216.35	694.72	684.30	50.48	20.06	2.516
		10	22.00	161.46	211.99	690.44	660.21	50.53	20.30	2.489
										2.503
27	16.50-17.10	8	22.00	164.86	215.23	693.74	663.22	50.37	19.85	2.538
		7	22.00	159.91	210.31	688.94	658.96	50.40	20.42	2.488
										2.503

**FORMULA**

W<sub>s</sub> = (PIC+W<sub>w</sub>+W<sub>s</sub>)-(PIC+W<sub>w</sub>)

V<sub>s</sub> = W<sub>s</sub>/W<sub>bas</sub>

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

NORMA: \_\_\_\_\_





**DENSIDAD DE SÓLIDOS**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO: CABLEBUS LÍNEA 3 VASCO DE QUIROGA A CONSTITUYENTES

UBICACIÓN: ESCUELA PRIM. "EL PÍPILA" T-37

FECHA: 24-ene.-23

SONDEO: SM-8

LABORATORISTA: SOCRATES MATILDES

CALCULISTA: NELSON BARRERA

HOJA 2 DE 2

MUESTRA	PROFUNDIDAD m	PIC No	TEMP °C	PIC+Ww g	PIC+Ww+Ws g	Wbws g	Wbw g	Ws g	Vs cm <sup>3</sup>	S <sub>g</sub>
32	19.50-20.10	1	23.00	156.55	208.75	687.00	657.02	50.20	20.22	2.483
		8	23.00	162.27	212.52	680.64	680.91	50.25	20.52	2.449
										2.466
34	21.15-21.30	18	23.00	164.62	214.82	693.09	662.87	50.20	19.88	2.513
		19	23.00	161.09	211.24	689.06	659.43	50.15	19.92	2.518
										2.515
41	24.90-25.50	7	23.00	159.98	210.20	689.13	658.73	50.22	19.82	2.534
		8	23.00	164.92	215.15	693.24	662.91	50.23	19.90	2.524
										2.529
50	30.30-30.60	9	23.00	165.80	216.17	694.70	664.17	50.28	19.75	2.546
		10	23.00	161.56	211.63	690.48	659.94	50.27	19.73	2.548
										2.547

**FORMULA**

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

$$Vs = Ws / Wbws$$

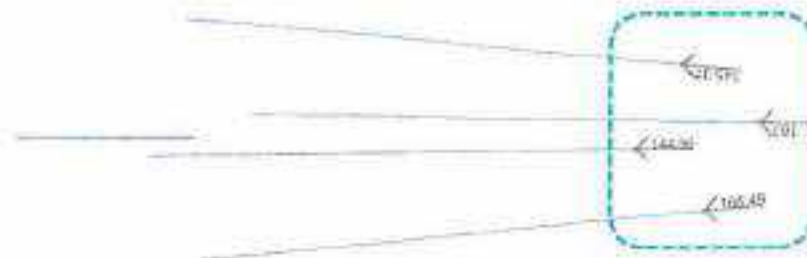
OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

NORMA: \_\_\_\_\_

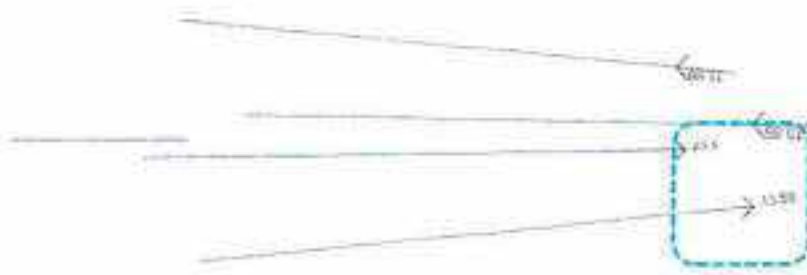
**13. ANEXÓ 4. CARGAS ACTUANTES EN TORRE TIPO, INCLINADA**



**TORRE INCLINADA** DESCARGAS



DESCARGAS  
(FACTORIZADAS)

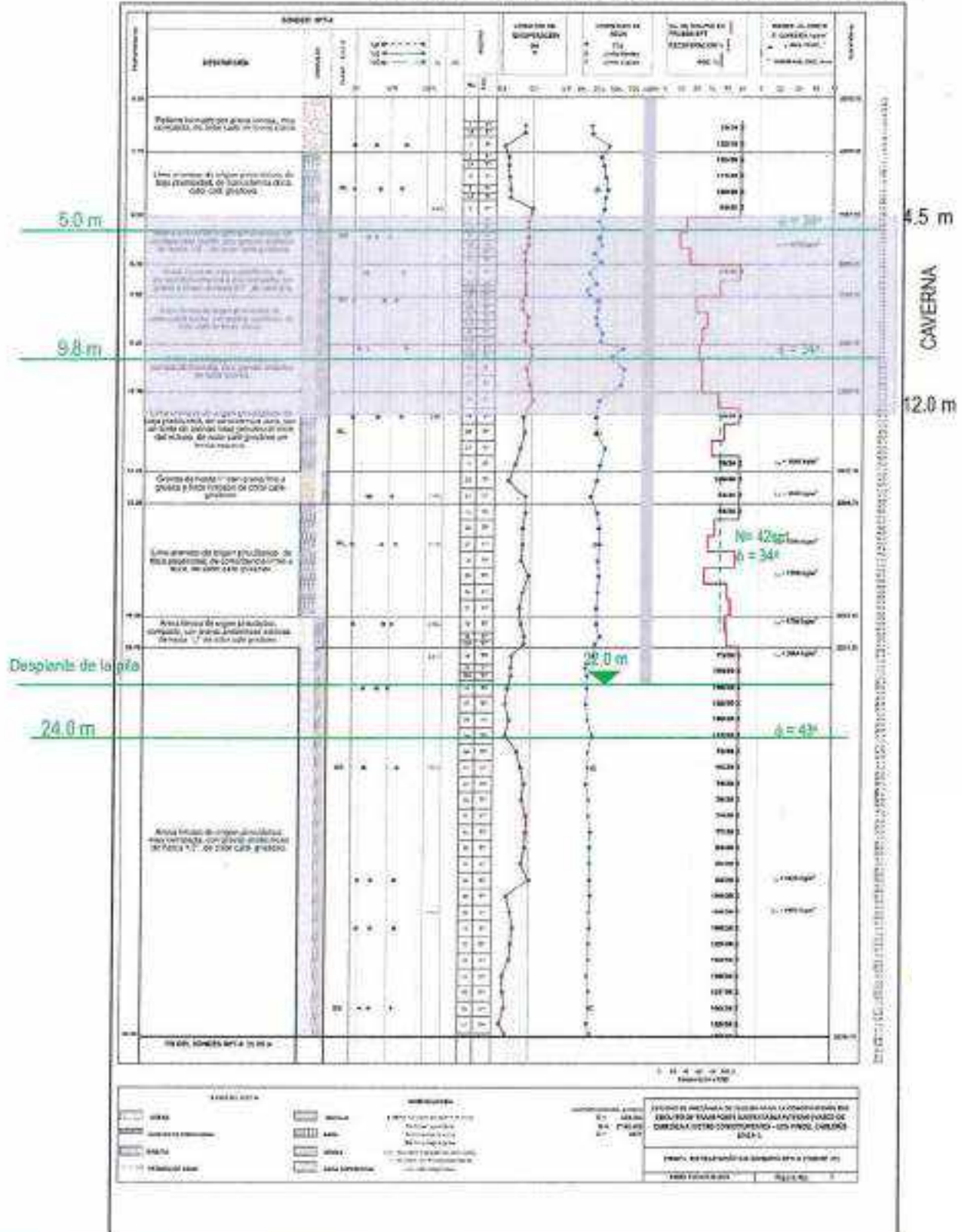


TENSIONES POR SISMO  
(FACTORIZADAS)

#### 14. ANEXO 5. MEMORIA DE CÁLCULO



**TORRE 37, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323**





### TORRE 37, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323

Calculo Line 3, Torre 37, Cablesistema 0360

4.- Determinación de parámetros geotécnicos en Unidad de M de grava y de grava 2PT.  
Código: 1974

Número	Prof. m	h	s	s	s	Saturación c, %			Ángulo de fricción, $\phi$ (°)						Observaciones					
						de ar/20	de ar/30	de ar/40	de ar/50	de ar/60	de ar/70	de ar/80	de ar/90	de ar/100						
1	0.00	0.00				0.0														
2	0.00	0.00				0.0														
3	0.00	0.00				0.0														
4	0.00	0.00				0.0														
5	0.00	0.00				0.0														
6	0.00	0.00				0.0														
7	0.00	0.00				0.0														
8	0.00	0.00				0.0														
9	0.00	0.00				0.0														
10	0.00	0.00				0.0														
11	0.00	0.00				0.0														
12	0.00	0.00				0.0														
13	0.00	0.00				0.0														
14	0.00	0.00				0.0														
15	0.00	0.00				0.0														
16	0.00	0.00				0.0														
17	0.00	0.00				0.0														
18	0.00	0.00				0.0														
19	0.00	0.00				0.0														
20	0.00	0.00				0.0														
21	0.00	0.00				0.0														
22	0.00	0.00				0.0														
23	0.00	0.00				0.0														
24	0.00	0.00				0.0														
25	0.00	0.00				0.0														
26	0.00	0.00				0.0														
27	0.00	0.00				0.0														
28	0.00	0.00				0.0														
29	0.00	0.00				0.0														
30	0.00	0.00				0.0														
31	0.00	0.00				0.0														
32	0.00	0.00				0.0														
33	0.00	0.00				0.0														
34	0.00	0.00				0.0														
35	0.00	0.00				0.0														
36	0.00	0.00				0.0														
37	0.00	0.00				0.0														
38	0.00	0.00				0.0														
39	0.00	0.00				0.0														
40	0.00	0.00				0.0														
41	0.00	0.00				0.0														
42	0.00	0.00				0.0														
43	0.00	0.00				0.0														
44	0.00	0.00				0.0														
45	0.00	0.00				0.0														
46	0.00	0.00				0.0														
47	0.00	0.00				0.0														
48	0.00	0.00				0.0														
49	0.00	0.00				0.0														
50	0.00	0.00				0.0														
51	0.00	0.00				0.0														
52	0.00	0.00				0.0														
53	0.00	0.00				0.0														
54	0.00	0.00				0.0														
55	0.00	0.00				0.0														
56	0.00	0.00				0.0														
57	0.00	0.00				0.0														
58	0.00	0.00				0.0														
59	0.00	0.00				0.0														
60	0.00	0.00				0.0														
61	0.00	0.00				0.0														
62	0.00	0.00				0.0														
63	0.00	0.00				0.0														
64	0.00	0.00				0.0														
65	0.00	0.00				0.0														
66	0.00	0.00				0.0														
67	0.00	0.00				0.0														
68	0.00	0.00				0.0														
69	0.00	0.00				0.0														
70	0.00	0.00				0.0														
71	0.00	0.00				0.0														
72	0.00	0.00				0.0														
73	0.00	0.00				0.0														
74	0.00	0.00				0.0														
75	0.00	0.00				0.0														
76	0.00	0.00				0.0														
77	0.00	0.00				0.0														
78	0.00	0.00				0.0														
79	0.00	0.00				0.0														
80	0.00	0.00				0.0														
81	0.00	0.00				0.0														
82	0.00	0.00				0.0														
83	0.00	0.00				0.0														
84	0.00	0.00				0.0														
85	0.00	0.00				0.0														
86	0.00	0.00				0.0														

71) Estándar medio de la norma 2.4 de la Tab. 8, pág. 100  
 72) Estándar medio de la norma 2.3 de la Tab. 8, pág. 100  
 73) Estándar medio de la Tabla 2.3 de la Tab. 8, pág. 100  
 74) Estándar medio de la norma 2.4 de la Tab. 8, pág. 100 y en el caso de los valores de  $\phi$  de 40°  
 75) Estándar medio de la norma 2.3 de la Tab. 8, pág. 100 y en el caso de los valores de  $\phi$  de 40°  
 76) Estándar medio de la norma 2.4 de la Tab. 8, pág. 100 y en el caso de los valores de  $\phi$  de 40°  
 77) Nota:  
 La información es válida al momento de la impresión.

**CORRELACIONES ENTRE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS**

- $\phi_{1/2}$  =  $1.25 \cdot \phi_{1/30}$
- $\phi_{1/30}$  =  $1.25 \cdot \phi_{1/100}$
- $\phi_{1/100}$  =  $1.25 \cdot \phi_{1/200}$
- $\phi_{1/200}$  =  $1.25 \cdot \phi_{1/$



TORRE 37, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323

Cablear Línea 3, Torre No. 37, Construcción 0008

1.1. Datos para la obtención de los diagramas de presión verticales totales del subsuelo.  
Correlación de presión de cimentación.

847,7 38,25 = (Elev + 20700) / 50000 - 9914

Profundidad m	Pres. Med. m	Exposición del estrato, m	Densidad de suelos	Capacidad de carga	Reacción de Váctas, m	Peso vol. del suelo	Presión total, kPa	Presión de agua, kPa	Presión de agua Presión efectiva	Presión efectiva, kPa
0,00	0,00	0-45	8,80			1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
0,90	1,30	1,68	8,58	1,00	12,075	1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
1,80	1,60	1,78	8,38	1,00	11,175	1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
2,70	2,10	1,88	8,18	1,00	10,275	1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
3,60	2,40	1,98	8,00	1,00	9,375	1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
4,50	2,70	2,08	7,82	1,00	8,475	1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
5,40	3,00	2,18	7,64	1,00	7,575	1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
6,30	3,30	2,28	7,46	1,00	6,675	1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
7,20	3,60	2,38	7,28	1,00	5,775	1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
8,10	3,90	2,48	7,10	1,00	4,875	1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
9,00	4,20	2,58	6,92	1,00	3,975	1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
9,90	4,50	2,68	6,74	1,00	3,075	1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
10,80	4,80	2,78	6,56	1,00	2,175	1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
11,70	5,10	2,88	6,38	1,00	1,275	1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
12,60	5,40	2,98	6,20	1,00	0,375	1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
13,50	5,70	3,08	6,02	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
14,40	6,00	3,18	5,84	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
15,30	6,30	3,28	5,66	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
16,20	6,60	3,38	5,48	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
17,10	6,90	3,48	5,30	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
18,00	7,20	3,58	5,12	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
18,90	7,50	3,68	4,94	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
19,80	7,80	3,78	4,76	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
20,70	8,10	3,88	4,58	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
21,60	8,40	3,98	4,40	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
22,50	8,70	4,08	4,22	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
23,40	9,00	4,18	4,04	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
24,30	9,30	4,28	3,86	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
25,20	9,60	4,38	3,68	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
26,10	9,90	4,48	3,50	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
27,00	10,20	4,58	3,32	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
27,90	10,50	4,68	3,14	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
28,80	10,80	4,78	2,96	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
29,70	11,10	4,88	2,78	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
30,60	11,40	4,98	2,60	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
31,50	11,70	5,08	2,42	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
32,40	12,00	5,18	2,24	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
33,30	12,30	5,28	2,06	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
34,20	12,60	5,38	1,88	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
35,10	12,90	5,48	1,70	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
36,00	13,20	5,58	1,52	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
36,90	13,50	5,68	1,34	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
37,80	13,80	5,78	1,16	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
38,70	14,10	5,88	0,98	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
39,60	14,40	5,98	0,80	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
40,50	14,70	6,08	0,62	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
41,40	15,00	6,18	0,44	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
42,30	15,30	6,28	0,26	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
43,20	15,60	6,38	0,08	1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
44,10	15,90	6,48		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
45,00	16,20	6,58		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
45,90	16,50	6,68		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
46,80	16,80	6,78		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
47,70	17,10	6,88		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
48,60	17,40	6,98		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
49,50	17,70	7,08		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
50,40	18,00	7,18		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
51,30	18,30	7,28		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
52,20	18,60	7,38		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
53,10	18,90	7,48		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
54,00	19,20	7,58		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
54,90	19,50	7,68		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
55,80	19,80	7,78		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
56,70	20,10	7,88		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
57,60	20,40	7,98		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
58,50	20,70	8,08		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
59,40	21,00	8,18		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
60,30	21,30	8,28		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
61,20	21,60	8,38		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
62,10	21,90	8,48		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
63,00	22,20	8,58		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
63,90	22,50	8,68		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
64,80	22,80	8,78		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
65,70	23,10	8,88		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
66,60	23,40	8,98		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
67,50	23,70	9,08		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
68,40	24,00	9,18		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
69,30	24,30	9,28		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
70,20	24,60	9,38		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
71,10	24,90	9,48		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
72,00	25,20	9,58		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
72,90	25,50	9,68		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
73,80	25,80	9,78		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
74,70	26,10	9,88		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
75,60	26,40	9,98		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
76,50	26,70	10,08		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
77,40	27,00	10,18		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
78,30	27,30	10,28		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
79,20	27,60	10,38		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
80,10	27,90	10,48		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
81,00	28,20	10,58		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
81,90	28,50	10,68		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
82,80	28,80	10,78		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
83,70	29,10	10,88		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
84,60	29,40	10,98		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
85,50	29,70	11,08		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
86,40	30,00	11,18		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
87,30	30,30	11,28		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
88,20	30,60	11,38		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
89,10	30,90	11,48		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
90,00	31,20	11,58		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
90,90	31,50	11,68		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
91,80	31,80	11,78		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
92,70	32,10	11,88		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
93,60	32,40	11,98		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
94,50	32,70	12,08		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
95,40	33,00	12,18		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
96,30	33,30	12,28		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
97,20	33,60	12,38		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
98,10	33,90	12,48		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
99,00	34,20	12,58		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77
99,90	34,50	12,68		1,00		1,77	1,77	0,00	1,77	1,77

NOTA 1. Las reacciones en agua, suelo y roca son dadas en sentido contrario al estudio y las de color rojo son de reactivos máximos.  
2. La profundidad para el estudio se tomó de acuerdo al nivel de frentes actual (Nº) de CDS, para fines de cálculo.

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CABLEBÚS DE TRÁNSITO TURÍSTICO EN EL PARQUE DE QUINDÍ, A NIVEL CONDOMINIO DE LA CIUDAD DE CALABUZO (LÍNEA 3 - TORRE 37)	REVISED: 03/03/2023
ELABORADO POR: Ing. Juan Pablo Muñoz	PROYECTADO POR: Ing. Juan Pablo Muñoz
REVISADO POR: Ing. Ricardo Díaz Torres	PROYECTADO POR: Ing. Ricardo Díaz Torres
APROBADO POR: Ing. Ricardo Díaz Torres	PROYECTADO POR: Ing. Ricardo Díaz Torres



**TORRE 37, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323**

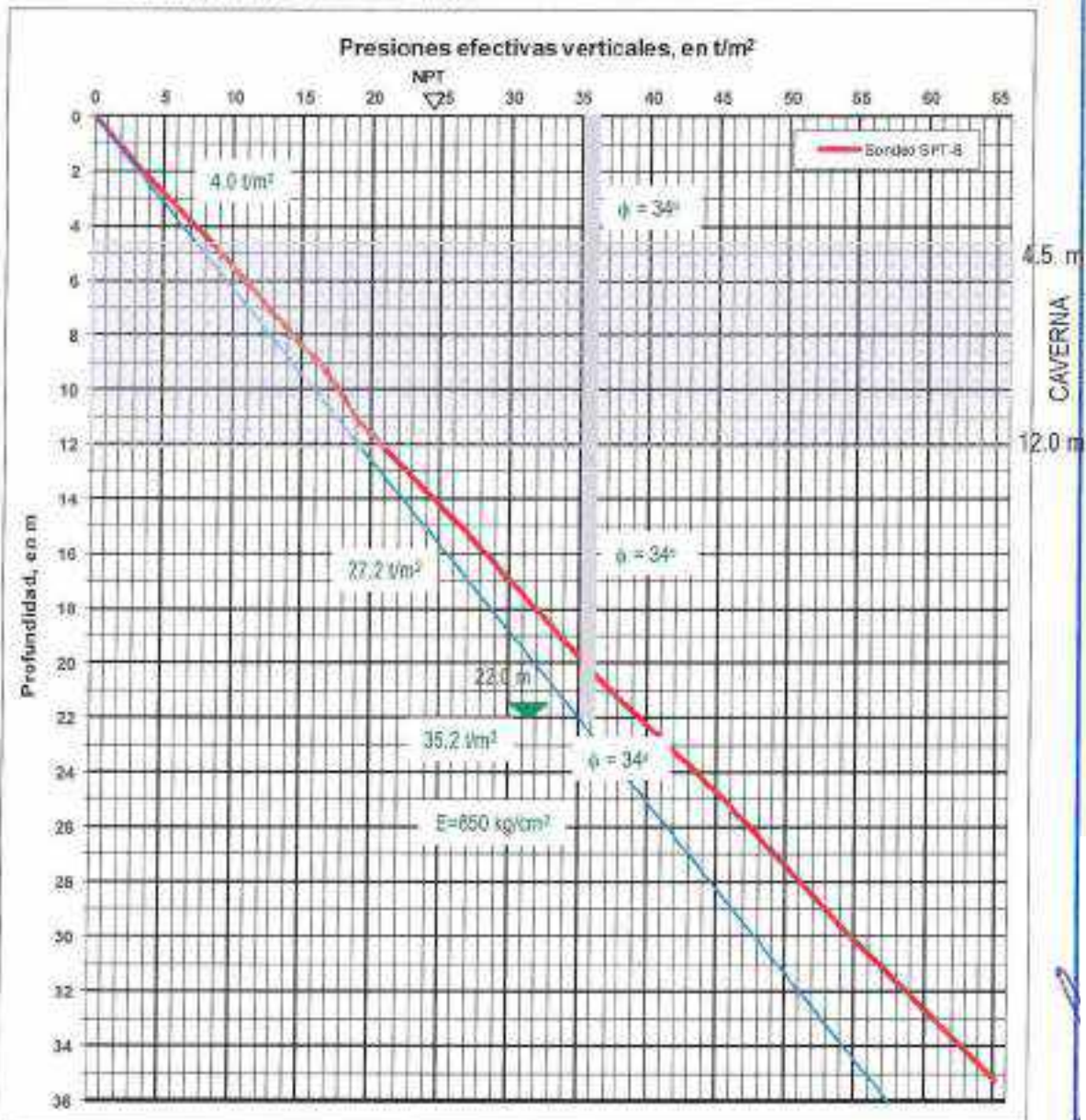
Cablebús Línea 3, Torre No. 37, Constituyentes, CDMX

**Análisis Geotécnico**

**5.2.- Determinación de presiones efectivas geostáticas**

Sondeos empleados: SPT-8

Elevación del brocal de 2272.00 msnm



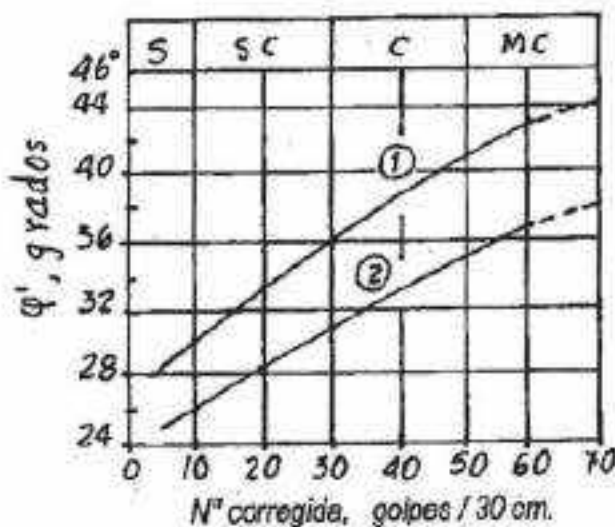
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA LA  
CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE TRANSPORTE  
SUSTENTABLE INTERNO (VASCO DE QUIROGA A METRO  
CONSTITUYENTES - LOS PINOS), CABLEBÚS LÍNEA 3.-  
TORRE 37

FECHA: Febrero de 2023  
CALCULO: Ing. Luis Enrique Mucifoz  
REVISO: Ing. Benjamin Silva Zárate  
HOJA: 5 DE 12



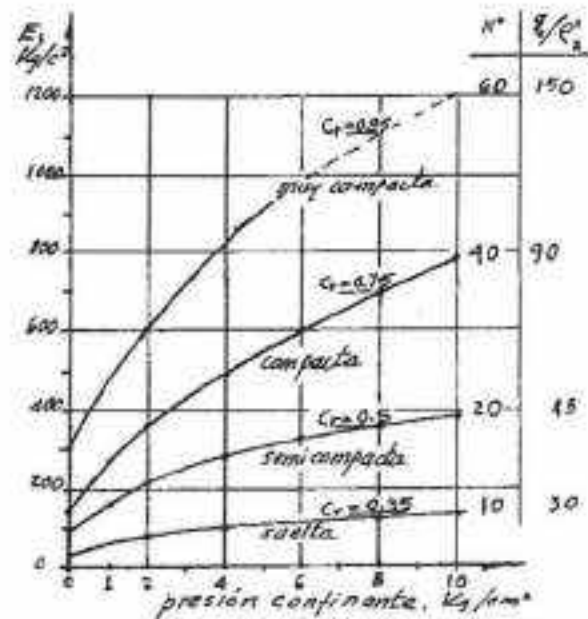
**TORRE 37, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323**

Unidad	Profundidad(m)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	c (t/m <sup>2</sup> )	$\phi^\circ$	E (kg/cm <sup>2</sup> )
1	0.0 a 2.1	1.70	0.5	30	200
2	2.1 a 4.5	1.70	1.0	36	850
3	4.5 a 12.0	Anomalías asociadas a cavernas (geofísica)			
4	12.0 a 14.1	1.65	6.0	30	420
5	14.1 a 15.3	1.75	10.0	37	820
6	15.3 a 19.5	1.65	10.0	32	350
7	19.5 a 20.7	1.70	10.0	34	400
8	20.7 a 35.3	1.75	7.5	38	850



- (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

## TORRE 37, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323

Hoja 1 de 8

Proyecto: T-37, 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
$L := 22$	Longitud de las pilas, m
$L_e := 0$	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

$F_r := 0.35$  Factor de resistencia

$P_v := 35.2$  Presión vertical total debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas,  $t/m^2$

$P'_v := (\gamma_1 - \gamma_w) \cdot (L - L_e) + (\gamma_2 - \gamma_w) \cdot L_e$   $P'_v = 35.20$  Presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas,  $t/m^2$

$P'_{v, \text{real}} := 35.2$  Presión vertical efectiva real debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas

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

$$a_l(B) = \frac{L_e}{B}$$

$a_l(B) =$

0.00
0.00
0.00



## TORRE 37, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323

Hoja 2 de 8

$$a2 := 4 \cdot \tan \left[ \left( 45 + \frac{\phi2}{2} \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right] \quad a2 = 7.52$$

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

$$N_{max} = 0.3306 e^{0.175 \cdot \phi2} \quad N_{max} = 126.87$$

$$N_{min} = 0.5916 e^{0.1201 \cdot \phi2} \quad N_{min} = 35.11$$

$$Nq(B) := \text{if} \left[ a1(B) > a2, N_{max}, N_{min} + L \cdot \frac{N_{max} - N_{min}}{4 \cdot B \cdot \tan \left[ \left( 45 + \frac{\phi2}{2} \right) \cdot \frac{\pi}{180} \right]} \right]$$

Coficiente de capacidad de carga

Nq(B) =

35.11
35.11
35.11

Coficiente de capacidad de carga

$$Cp(B) := (P'v \cdot Nq(B) \cdot Fr1 + Pv) \cdot Ap(B)$$

Capacidad de carga por punta, t, ec. 3.14

B =

1.00
1.20
1.40

Cp(B) =

367.37
529.01
720.05

Capacidad de carga por punta, t, ec. 3.14

## TORRE 37, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323

Hoja 3 de 8

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

$$Fr2 := 0.65$$

Factor de reducción

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

$$P'_{vm} = 17.60$$

Presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad media de desplante de las pilas, t/m<sup>2</sup>

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

$$z_m = 11.00$$

Presión vertical efectiva debida al peso del suelo a la profundidad media de desplante de las pilas, t/m<sup>2</sup>

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

$$\beta = 0.70$$

coeficiente de fricción elemento suelo en el estrato, t/m<sup>2</sup>

$$L_m = 20$$

Longitud efectiva de las pilas, m

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

Área lateral del elemento en el estrato superior, m<sup>2</sup>

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

Capacidad por fricción lateral, t, ec. 3.12

### 4.- CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA Y FRICCIÓN LATERAL

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

Capacidad de carga, t

B =	A <sub>ll</sub> (B) =	A <sub>p</sub> (B) =	C <sub>f</sub> (B) =	C <sub>p</sub> (B) =	R(B) =
1.00	62.83	0.79	506.04	367.37	873.41
1.20	75.40	1.13	607.25	529.01	1.14·10 <sup>3</sup>
1.40	87.96	1.54	708.46	720.05	1.43·10 <sup>3</sup>



## TORRE 37, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323

Hoja 4 de 8

### 5.- ASENTAMIENTOS

$E_s := 850$  módulo de elasticidad del suelo en  $\text{kg/cm}^2$ . (Figura 9, valores determinados por el Ing ETG a partir de los resultados obtenidos en pruebas de carga realizadas en pilas).

$\nu := 0.25$  módulo de Poisson

#### Propiedades del material que compone la pila

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

$f'_{c'} := 350$  resistencia del concreto a la compresión, en  $\text{kg/cm}^2$

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

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

#### 2.1.4 Asentamiento elástico de la columna de concreto, $\rho_c$

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

#### 2.1.5 Asentamiento elástico del suelo bajo la punta de la pila, $\rho_s$

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

#### 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	0.68	2.03	2.71
1.20	0.63	2.43	3.06
1.40	0.59	2.84	3.43

## TORRE 37, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323

Hoja 5 de 8

### 6. CAPACIDAD DE CARGA ESTRUCTURAL

#### 3.1 Resistencia última, $R_e$

##### 3.1.1 Area de la sección en $m^2$

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

##### 3.1.2 Area del acero $m^2$

Se considera 0.01 de  $A_s$

$$R_e(B) := \frac{0.85 \cdot \frac{\pi}{4} [(f_c - 10) + (0.01 \cdot f_y - 10)] \cdot (B)^2}{2}$$

### 6. PESO DEL ELEMENTO

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

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

### 7. CAPACIDAD DE CARGA A LA TENSION

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

B =	$A_{II}(B) =$	$A_p(B) =$	$C_f(B) =$	$C_p(B) =$	$R(B) =$
1.00	62.83	0.79	506.04	367.37	873.41
1.20	75.40	1.13	607.25	529.01	$1.14 \cdot 10^3$
1.40	87.96	1.54	708.46	720.05	$1.43 \cdot 10^3$

$W(B) =$	$V(B) =$	$CT(B) =$	$R_e(B) =$	$\rho_c(B) =$	$\rho_s(B) =$	$\rho_t(B) =$
37.70	15.71	543.74	$1.31 \cdot 10^3$	0.68	2.03	2.71
54.29	22.62	661.53	$1.88 \cdot 10^3$	0.63	2.43	3.06
73.69	30.79	782.35	$2.56 \cdot 10^3$	0.59	2.84	3.43



## TORRE 37, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323

Hoja 6 de 8

### 5.- ASENTAMIENTOS CONSIDERANDO LA CARGA DE LA SOLICITACIÓN SIN FACTORIZAR.

$E_{s,med}$  = 850      módulo de elasticidad del suelo en  $\text{kg/cm}^2$ . (Figura 9, valores determinados por el Ing ETG a partir de los resultados obtenidos en pruebas de carga realizadas en pilas).

$\nu_{med}$  = 0.25      módulo de Poisson

#### Propiedades del material que compone la pila

$\gamma_c$  = 2.4      peso volumétrico del concreto en  $\text{tm}^3$ .

$f_{cd}$  = 350      resistencia del concreto a la compresión, en  $\text{kg/cm}^2$ .

$E_c = \sqrt{f_{cd}} \cdot 14000$        $E_c = 2.62 \times 10^5$       módulo de elasticidad del concreto, en  $\text{kg/cm}^2$ .

$f_{yk}$  = 4200      esfuerzo de fluencia del acero, en  $\text{kg/cm}^2$ .

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

$$C_{p1}(B) := \left[ \frac{(P' \cdot \nu_{med} \cdot N_q(B) \cdot Fr1 + P \cdot \nu) \cdot A_p(B)}{1.4} \right] \quad \text{Capacidad de carga por punta, t, ec. 3.14}$$

$$C_{p2}(B) := \left( \frac{A11(B) \cdot \beta \cdot Fr2 \cdot P' \cdot \nu_{med}}{1.4} \right) - W_p(B) \quad \text{Capacidad por fricción lateral, t, ec. 3.12}$$

#### 2.1.4 Asentamiento elástico de la columna de concreto. $s_c$

$$s_c(B) = \frac{C_{p1}(B) + 0.66 C_{p2}(B)}{10 \left( \frac{B^2 \cdot \pi}{4} \right)} \cdot \left( \frac{L}{E_c} \right) \cdot 100$$

#### 2.1.5 Asentamiento elástico del suelo bajo la punta de la pila. $s_s$

$$s_s(B) = \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot (1 - \nu^2)}{4 E_s} \cdot \frac{C_{p1}(B) \cdot B}{10 \left( \frac{B^2 \cdot \pi}{4} \right)} \cdot 100$$

## TORRE 37, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323

### 2.1.6 Asentamiento total en la cabeza de la pila, $\rho^t$

Hoja 7 de 8

$$\rho_{\text{tot}}(B) := \rho_{\text{el}}(B) + \rho_{\text{fr}}(B) + \rho_{\text{v}}(B)$$

B =	B =	$\rho_{\text{el}}(B) =$	$\rho_{\text{fr}}(B) =$	$\rho_{\text{v}}(B) =$
1.00	1.00	0.46	1.45	1.91
1.20	1.20	0.42	1.74	2.16
1.40	1.40	0.40	2.03	2.42

### 5.- ASENTAMIENTOS CONSIDERANDO LA CARGA DE LA SOLICITACIÓN SIN FACTORIZAR Y LA DISMINUCIÓN DEL APORTE DE LA FRICCIÓN POR LA PRESENCIA DE LAS MINAS.

$E_s := 850$  módulo de elasticidad del suelo en  $\text{kg/cm}^2$ . (Figura 9, valores determinados por el Ing ETG a partir de los resultados obtenidos en pruebas de carga realizadas en pilas).

$\nu_s := 0.25$  módulo de Poisson

#### Propiedades del material que compone la pila

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

$f_{c,c} := 350$  resistencia del concreto a la compresión, en  $\text{kg/cm}^2$

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

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

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

$$C_p(B) := \left[ \frac{(P \cdot \nu_s \cdot N_q(B) \cdot Fr1 + P \cdot \nu_s) \cdot A_p(B)}{1.4} \right] \quad \text{Capacidad de carga por punta, t, ec. 3.14}$$

$$C_f(B) := \left( \frac{A_{ll}(B) \cdot \beta \cdot Fr2 \cdot P \cdot \nu_m}{2.8} \right) - W(B) \quad \text{Capacidad por fricción lateral, t, ec. 3.12}$$

### 2.1.4 Asentamiento elástico de la columna de concreto, $\rho^c$

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



## TORRE 37, LÍNEA 3 CABLEBÚS, 230323

Hoja 6 de 8

### 2.1.5 Asentamiento elástico del suelo bajo la punta de la pila, $p_s$

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

### 2.1.6 Asentamiento total en la cabeza de la pila, $p_t$

$$p_t(B) := p_{\alpha(B)} p_s(B) + p_s(B)$$

B =	B =	$p_{\alpha(B)}$ =	$p_s(B)$ =	$p_t(B)$ =
1.00	1.00	0.35	1.45	1.79
1.20	1.20	0.33	1.74	2.06
1.40	1.40	0.31	2.03	2.34

Capacidades de carga de pilas, Marzo 2023, T-97 LÍNEA 3 DE CABLEBÚS (CONSIDERANDO CAVERNAS DE 4.5 m a 11.0 m)

Diametro de pila m	Área lateral, $A_l$ $m^2$	Área de panta $A_p$ $m^2$	Capacidad por fricción, $C_f$ t	Capacidad por punta, $C_p$ t	Piso de pila t	Capacidad de carga reducida, $R_c$ t	Compresión t	Tensión t	Deformación, cm	Esf. $kg/cm^2$	$R_v$ , ton/cm	$K$ , $kg/cm^3$
1.0	65.6	0.785	325.4	357.4	37.7	655.1	655.1	349.9	1.8	59.5	261.4	33.3
1.2	54.7	1.131	390.5	529.0	54.3	865.2	865.2	425.8	2.1	54.6	300.0	26.5
1.4	63.8	1.539	455.6	710.1	73.9	1101.8	1101.8	503.6	2.3	51.1	336.3	21.8

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

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

$$C_p = (\bar{P}_v N_q^* F_R + P_v) A_p$$

$$N_q^* = N_{qs} + L_v \frac{N_{qs} - N_{qs'}}{45 \tan(45^\circ + \phi/2)}$$

$\phi$	20°	25°	30°	35°	40°	45°
$N_{qs}$	13.5	26	55	112	350	1000
$N_{qs'}$	7	11.5	21	39	78	191

ESTRATO	De, m	a, m	$z_0$ , m	$L_i$ , m	$\gamma_i$ , $t/m^3$	$P_v$ , $t/m^2$	$\beta$	$C_f$ , ton
Limo arenoso café grisáceo	0.00	4.50	2.25	4.50	1.60	4.00	1.14	58.66
Limo arenoso café grisáceo	12.00	22.00	17.00	10.00	1.50	27.20	0.51	396.33
								$C_f =$ 455.00

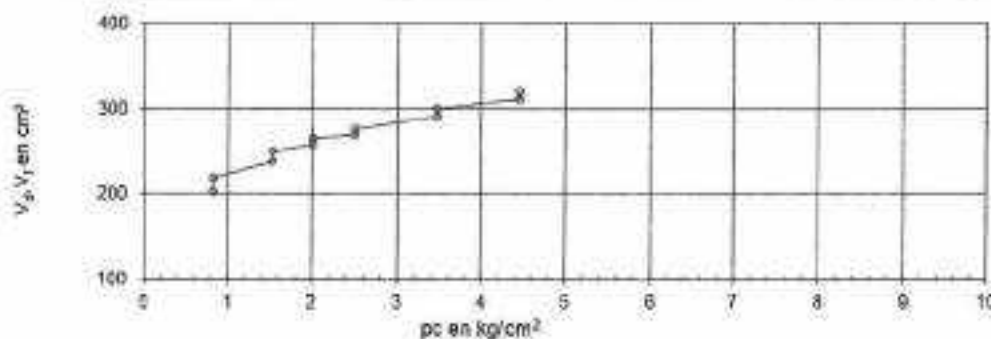
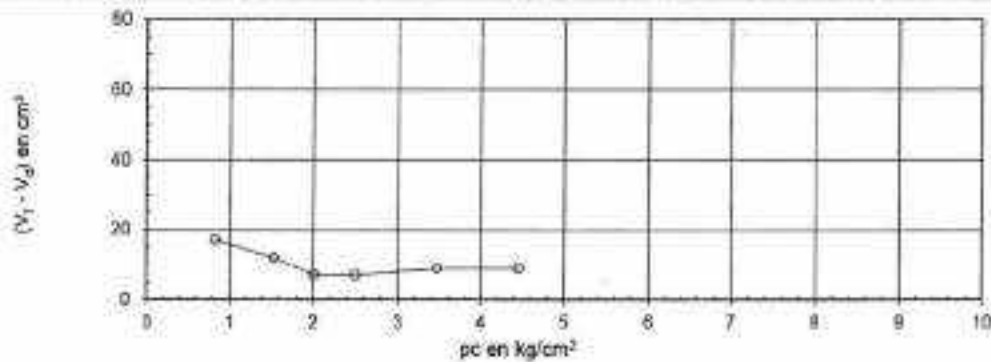
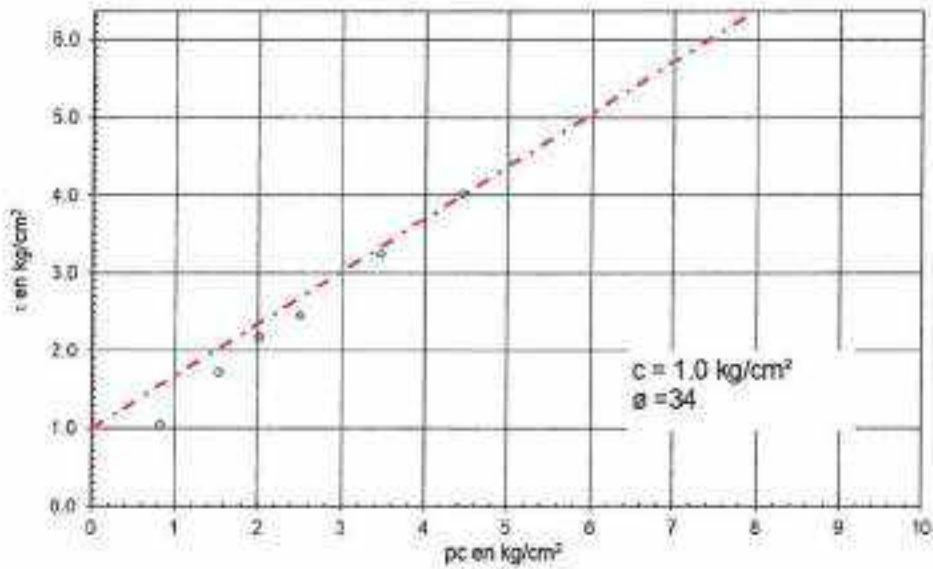


## 15. ANEXO 6. RESULTADOS DE PRUEBAS CON FICÓMETRO



**PHICOMETRO**  
(AFNOR XP P 94-120)

Proyecto: CABLEBUS L-3, SECCIÓN 2		
Localización: T-37	Sondeo: SPH-1	
Prueba No.: 1	Prof. (m): 5.00	Fecha: 19-mar-23

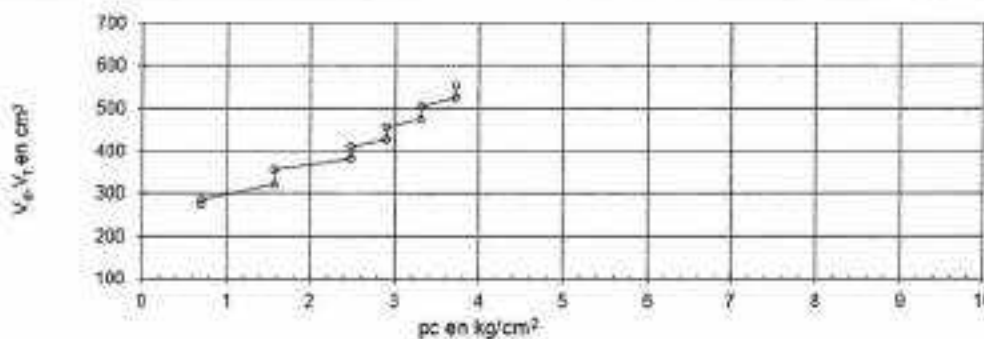
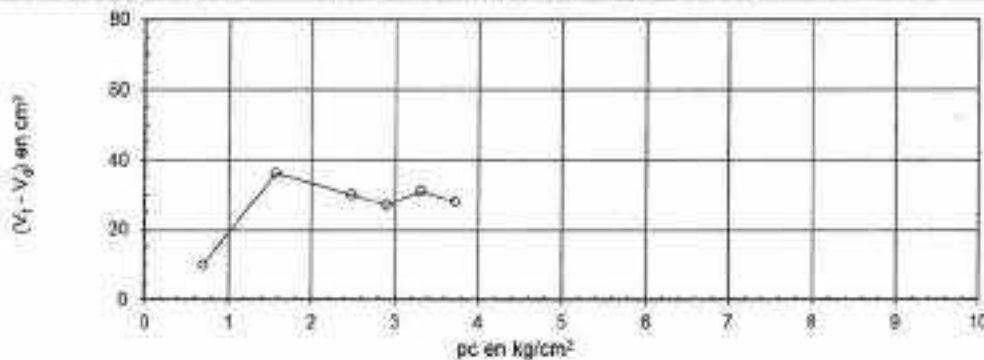
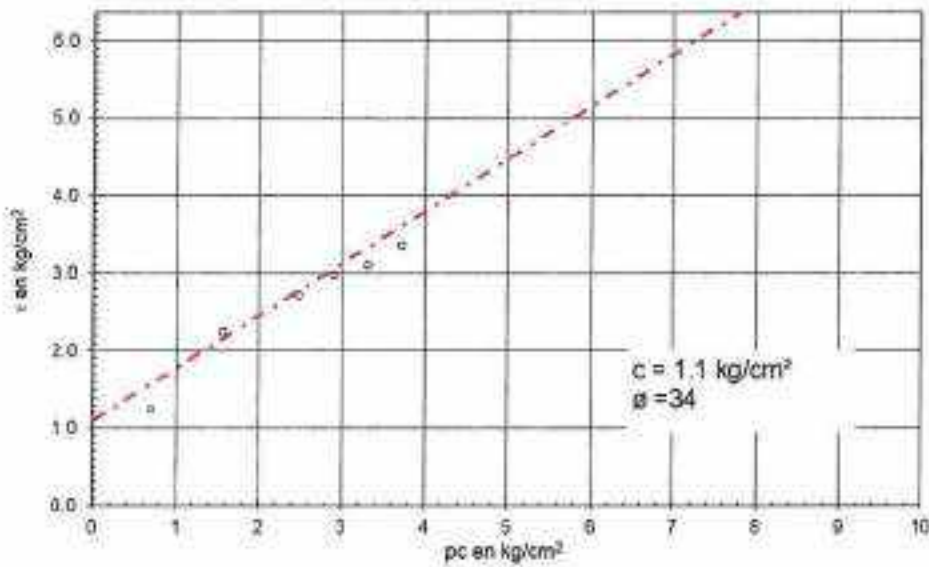




**PHICOMETRO**  
(AFNOR XP P 94-120)



Proyecto:	CABLEBUS L-3, SECCIÓN 2		
Localización:	T-37	Sondeo:	SPH-1
Prueba No.:	2	Prof. (m):	9.80
		Fecha:	10-ene-23



sondeo de picómetro SPH-A

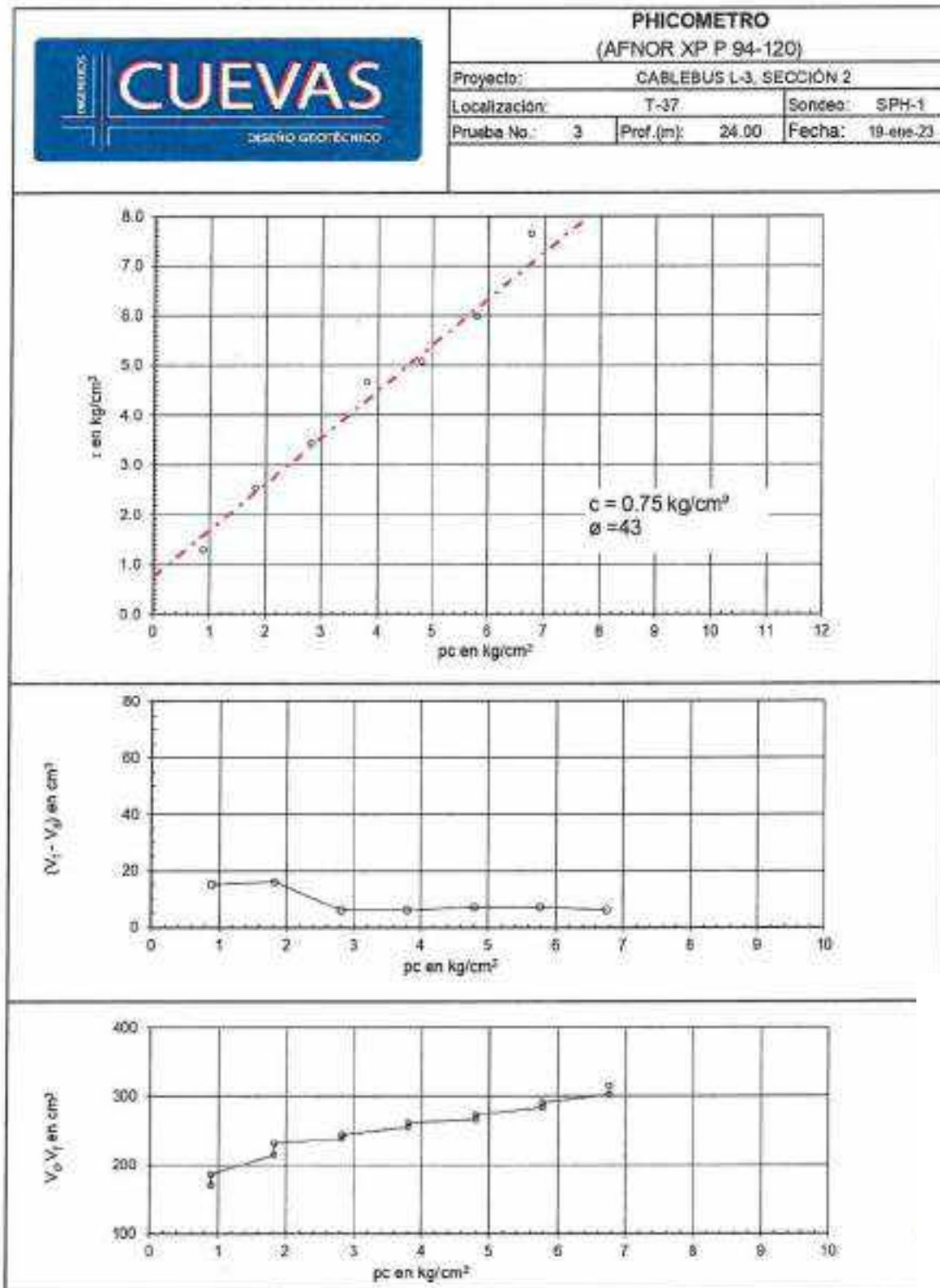
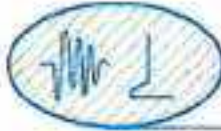


Fig. A.-\* Resultados del sondeo de phicómetro SPH-A



## 16. ANEXO 7. RESULTADOS DE GEOFÍSICA (GEORADAR)



**S E R G B E N**  
Ingeniería del Subsuelo, S. A. de C. V.

**ESTUDIO GEOFÍSICO DE GEORADAR PARA LA BASE DE LA TORRE 37  
DEL CABLE BUS LINEA 03, ESCUELA EL PÍPILA.  
AVE. CONSTITUYENTES S/N, COL. LAS AMÉRICAS,  
ALC. MIGUEL HIDALGO, CIUDAD DE MÉXICO.**



ELABORADO POR:

**S E R G B E N**  
Ingeniería del Subsuelo, S. A. de C. V.

PARA:

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

FEBRERO 20 DEL 2023.



## **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**

INPN GEORADAR CABLEBUSL3 T37.DOC RED 5/55A/MD1/INPO 2021 /GPO/INDI / CABLE BUS L3 / TORRE T 37 /INPN

SEORDEN INGENIERÍA DEL SUELO, S.A. DE C.V. 2

ESTUDIO GEOFÍSICO DE GEORADAR PARA LA BASE DE LA TORRE 34 DEL CABLE BUS LÍNEA 3, AVE. CONSTITUYENTES S/N,  
COL. LAS AMÉRICAS ALIC. MIGUEL HIDALGO, DISTRITO DE MÉXICO.

## 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 INGENIERIA 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 37 del Cable Bus, que se ubica dentro de las instalaciones de la Escuela Primaria "El Pipilo", 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 37.*

*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 37.*

### 1.2 ACTIVIDADES REALIZADAS

#### **Exploración Geofísica**

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

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

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

*Este método tiene la ventaja que no requiere de una gran extensión para lograr penetrar más de 22m reales. Se realizaron **9 (NUEVE)** 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	15.65
2	13.00
3	13.00
4	13.00
5	13.05
5 A	13.05
6	9.45
7	10.00
8	14.80
<b>TOTAL</b>	<b>115.00</b>

Es decir en total se realizaron 115.00 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 un modelado matemático del comportamiento del mismo, y finalmente una interpretación de estos modelos matemáticos, pudiendo existir una serie de factores externos y ajenos a las mediciones geofísicas que pueden alterar esta interpretación.

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

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

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

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

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

*El Anexo 3 corresponde a los planos generados.*



## 2. RESULTADOS

Se realizaron un total de 9 (NUEVE) líneas, se ubicaron las líneas adecuándose a los espacios disponibles en el momento de la realización de la exploración geofísica. (Fotografías 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 22m 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-6 T37) en donde se identifica un estrato de Toba Pumítica entre 9.0 a 11.0m 16.6 a 18.0m, 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 y Arenosas que se distribuye en las 9 líneas realizadas entre 0.0 y los 6.0m de profundidad en términos generales, su compacidad es alta.

El **M2** se asocia a una Toba Arenosa que puede ser de grano fino a grueso de compacidad media a alta. Se presenta entre los 6 a 9 metros 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.

El material **M3**, de acuerdo a la mecánica de suelos se asocia a un paquete de Toba Pumítica Limosa y/o arenosa fina, se presenta prácticamente en todas las 9 líneas realizadas conformando el tercer estrato. Es muy homogénea y se presenta en posición no exactamente horizontal, teniendo un espesor de casi de 2 m en términos generales.

El **M4**, se asocia a una alternancia de Tobas Arenosas y Limosa, presentándose en las 9 Líneas exploradas, se pueden observar en los radagramas procesados e interpretados que existe una uniformidad en las ondas, y en algunos casos se empieza a amortiguar la señal lo cual indica que el terreno es más arcillosos y/o compacto, se presenta a una profundidad de 11.0m en promedio.

Este horizonte se define perfectamente en la mecánica de suelos el cual prevalece en términos generales hasta los 35m que fue la profundidad del sondeo.

**SEGUNDO GRUPO:** En esta Torre T37 se observa que en todas las líneas realizadas y dentro de los Materiales 1, 2, 3 e incluso en el 4 se presenta una especie de cúpula y/o concavidad, así como zonas irregulares donde la "estratificación" (continuidad de las ondas del georadar) se ve interrumpida y/o desplazada en el sentido vertical o en una especie de plano inclinado, esto se debe justo a que existen cavidades bajo el subsuelo del área explorada, así como también pudieran existir colapsos de los materiales de relleno, ya que presentan esta irregularidad y/o contactos casi verticales que indican el desplazamiento de los materiales hacia abajo.

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 y se marca también la profundidad a la que se presenta.

A continuación se presenta a manera de tabla la ubicación en cada línea de estas anomalías asociadas a posibles cavidades.

LÍNEA	Cadenamiento (m)	Profundidad (m)
1	10.5 a 12.0	4.5 a 9.5
	14.0 a 15.65	5.0 a 9.0
2	0.0 a 1.5	16.0 a 21.0
	6.0 a 9.0	5.0 a 9.5
	11.0 a 12.5	6.5 a 12.0
3	6.0 a 8.5	5.0 a 10.0
	11.0 a 12.5	6.5 a 12.0
4	3.0 a 5.5	6.0 a 11.0
	10.5 a 12.0	6.0 a 13.0
5	1.0 a 3.5	3.0 a 9.0
5A	5.5 a 8.5	7.0 a 10.5
6	5.5 a 8.5	5.0 a 9.5
7	1.5 a 3.5	7.5 a 12.5
	6.4 a 9.5	7.5 a 12.5
8	0.0 a 1.5	6.0 a 9.5
	6.0 a 10.5	3.0 a 6.5
	12.0 a 14.8	6.0 a 11.0

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.

Pero aun así se logra identificar que casi justo en la posición donde se ubica el centro de la torre T37 al cruce de las líneas 4 y 7 se ubica una anomalía que se asocia a posible cavidad y que habría que tomar en cuenta a la hora de hacer las excavaciones para las pilas que serán la cimentación de la torre casi en ese punto.



### 3. CONCLUSIONES

*Del presente estudio se desprenden las siguientes conclusiones.*

- *En este caso la exploración con georadar realizada logró penetrar hasta los 22m de profundidad, ya que el tipo de material.*
- *Se observa en los radagramas de las 9 líneas realizadas que existen zonas con deformaciones en la señal del georadar, lo cual nos evidencia la presencia de anomalías en los diferentes materiales del subsuelo, pero teniendo el antecedente de este tipo de anomalías en otros proyectos se le asocia este tipo de anomalías a la posible presencia de cavidades en el subsuelo.*
- *En la mecánica de suelos se identificó un horizonte de tobas pumíticas que van de 9 a 11m, 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).*
- *Se observa en los radagramas de las 9 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. (Ver Tabla de anomalías) Estas anomalías se sitúan entre 3 a 13m 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 37 (Escuela El Pipila) de la Línea 3 del Cable Bus, SE PUEDE CONCLUIR QUE SI EXISTEN ANOMALÍAS QUE SE ASOCIAN A LA PRESENCIA DE POSIBLES CAVIDADES.*
- *Es importante mencionar que pudieran ser en algunos casos algunas variaciones en la litología de los diferentes estratos pueden generar algún tipo de anomalía parecida a la de una cavidad, pero el hecho es que hay una serie de anomalías que se deben tomar en cuenta para la construcción de la Torre T37.*
- *La cimentación de la estructura debe de ser por debajo de esta profundidad (6.0m) y tomara en cuenta eventualidades como posibles hundimientos en las anomalías someras a la hora de colocar equipos pesados en las zonas afectadas.*
- *Estos resultados solo son válidos única y exclusivamente para el área explorada en la zona de la Torre 37 específicamente, ya que es sabido que en el área hay una alta probabilidad de tener cavidades y/o minas subterráneas en su subsuelo.*
- *De ser necesario se requerirá de hacer alguna verificación de estas anomalías con exploración directa para verificar el estado del subsuelo y sus condiciones geomecánicas y determinar si es apto o no para soportar la estructura que se proyecta construir ahí.*

### **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 2<sup>nd</sup> Edition. Ed. The Institution of Electrical Engineers, London, UK.

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

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

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

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

Software MALA VISION GuidelineGeo ABEN MALA (Sweden 2022).



## **ANEXO 1 MÉTODO DE GEORADAR**

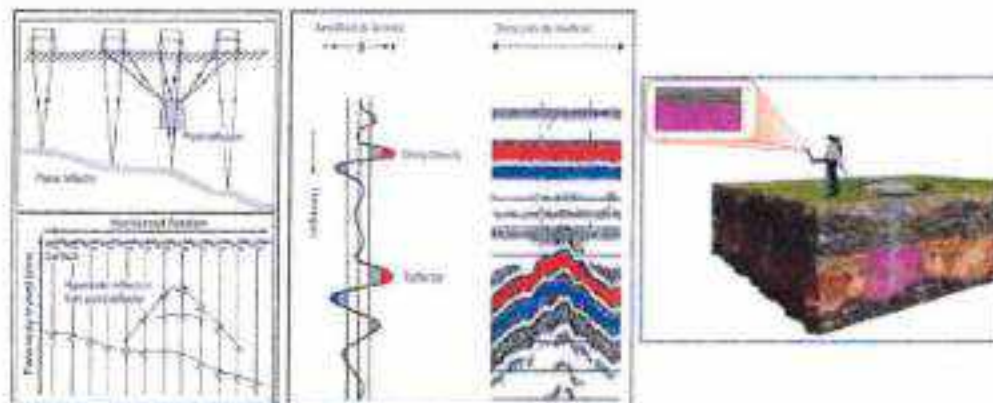
### **INTRODUCCION:**

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

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

### **PRINCIPIOS TEORICOS**

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



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

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

### **PROCESAMIENTO E INTERPRETACION DE DATOS**

La interpretación y el procesamiento de los sondeos es la fase del trabajo que requiere más tiempo y experiencia. El objeto de la interpretación es identificar el origen de las reflexiones y los cambios que presentan por lo que es importante conocer de antemano cual es el objetivo del trabajo para saber 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 último con los dos primeros.

### **PARAMETROS DE CAMPO**

Para poder llevar a cabo un levantamiento con Georadar es importante tener conocimiento del sitio y saber 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.



**ANEXO 2  
FOTOGRAFICO**



**FOTOGRAFÍA 1**

Cable Bus Línea 3 Torre 37 Escuela El Pipila, Exploración con Georadar, antena 100 MHz. Línea 1.



**FOTOGRAFÍA 2**

Cable Bus Línea 3 Torre 37 Escuela El Pipila, Exploración con Georadar, antena 100 MHz. Línea 1.

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

13





**FOTOGRAFIA 3**

Cable Bus Línea 3 Torre 37 Escuela El Pipila, Exploración con Georadar, antena 100 MHz. Línea 3.



**FOTOGRAFIA 4**

Cable Bus Línea 3 Torre 37 Escuela El Pipila, Exploración con Georadar, antena 100 MHz. Línea 4.

SERGEN INGENIERIA DEL SUBSUELO S.A. DE C.V.

14

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



**FOTOGRAFÍA 5**

Cable Bus Línea 3 Torre 37 Escuela El Pipila, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 4.



**FOTOGRAFÍA 6**

Cable Bus Línea 3 Torre 37 Escuela El Pipila, Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 5.

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

15

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





FOTOGRAFÍA 7

Cable Bus Línea 3 Torre 37 Escuela El Pipila. Exploración con Georadar, antena 100 MHz. Línea 5.



FOTOGRAFÍA 8

Cable Bus Línea 3 Torre 37 Escuela El Pipila. Exploración con Georadar, antena 100 MHz. Línea 5 A.

SERGIOBEN INGENIERIA DEL SUBSUELO S.A. DE C.V.

16



FOTOGRAFÍA 9

Cable Bus Línea 3 Torre 37 Escuela El Pipila, Exploración con Georadar, antena 100 MHz. Línea 8.



FOTOGRAFÍA 10

Cable Bus Línea 3 Torre 37 Escuela El Pipila, Exploración con Georadar, antena 100 MHz. Línea 6.

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

17

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





FOTOGRAFÍA 11

Cable Bus Línea 3 Torre 37 Escuela El Pipila. Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 7.



FOTOGRAFÍA 12

Cable Bus Línea 3 Torre 37 Escuela El Pipila. Exploración con Georadar, antena 100 MHz Línea 7.

SEROBEN INGENIERIA DEL SUBSUELO S.A. DE C.V.

15

ESTUDIO GEOFÍSICO DE GEORADAR PARA LA BASE DE LA TORRE 34 DEL CABLE BUS LÍNEA 3 AVE. CONSTITUYENTES S/N, COL. LAS AMÉRICAS, ALC. MIGUEL HIDALGO, CIUDAD DE MÉXICO



FOTOGRAFÍA 13.

Cable Bus Línea 3 Torre 37 Escuela El Pipila. Exploración con Georadar, antena 100 MHz. Línea 8.



FOTOGRAFÍA 14.

Cable Bus Línea 3 Torre 37 Escuela El Pipila. Exploración con Georadar, antena 100 MHz. Línea 8.

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

19

ESTUDIO GEOFÍSICO DE GEORADAR PARA LA BASE DE LA TORRE 37 DEL CABLE BUS LÍNEA 3, AVE. CONSTITUYENTES S/N,  
COL. LAS AMÉRICAS, ALC. MIGUEL HIDALGO, CIUDAD DE MÉXICO.





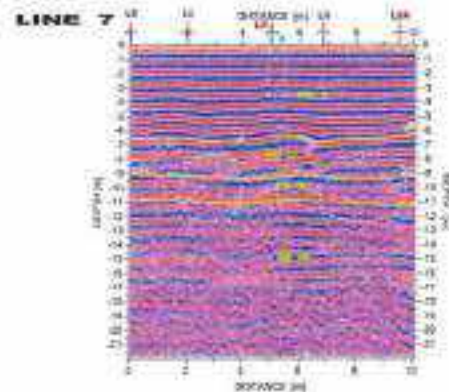
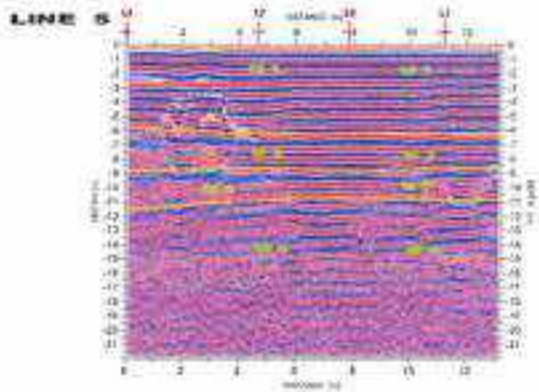
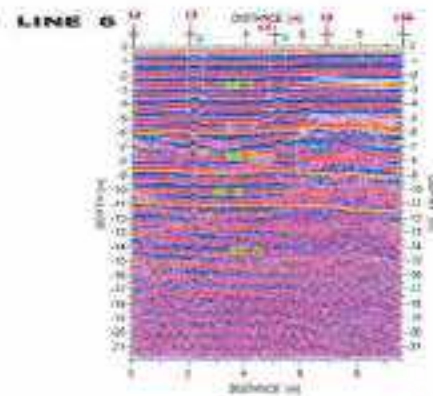
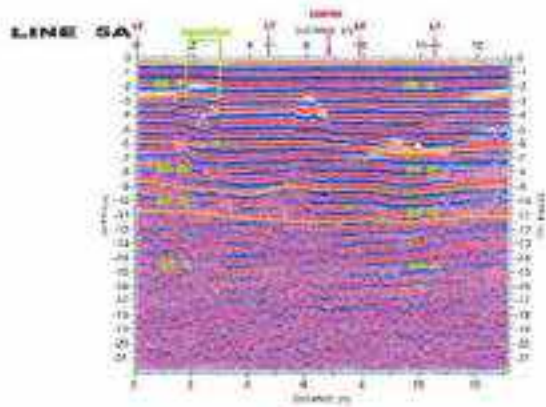
FOTOGRAFÍA 15

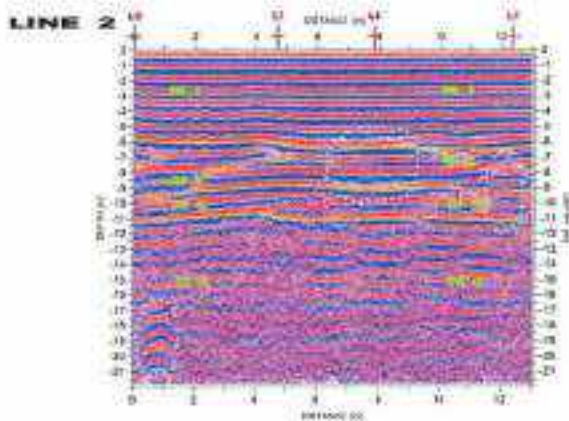
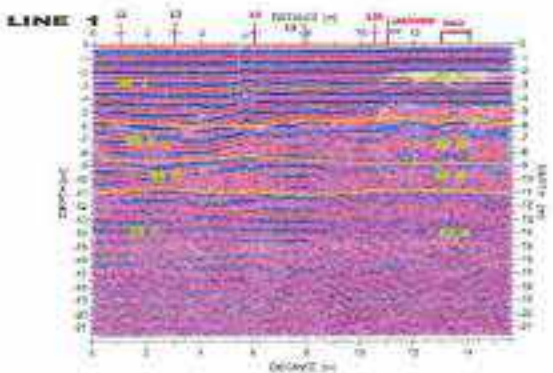
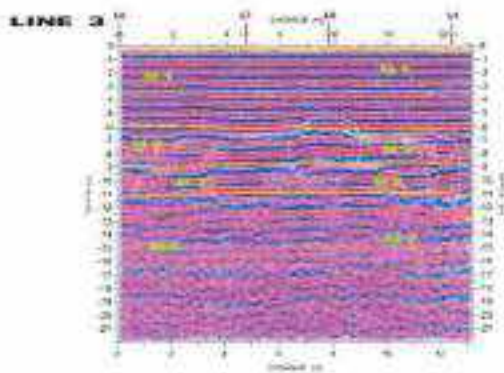
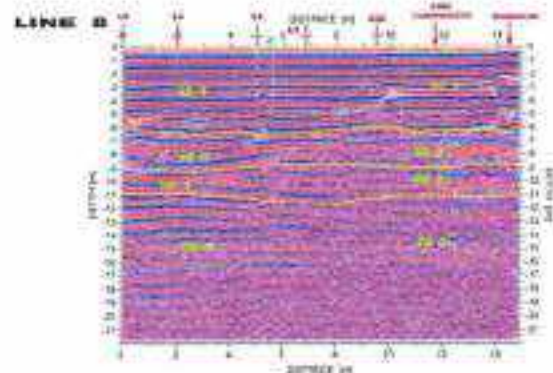
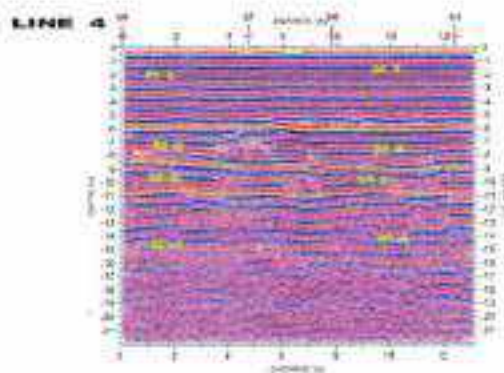
Cable Bus Línea 3 Torre 37 Escuela El Pipila, Exploración con Georadar.  
(Antena de 100 MHz, CPU y computadora Lap Top)

**ANEXO 3**

**PLANOS**







**SIMBOLOGÍA**

—	Margen	+	Cables
+	Instalación	+	Instalación
+	Instalación	+	Instalación
+	Instalación	+	Instalación

**LEYENDA**

+	Talud libre
+	Talud libre + cable
+	Talud libre + cable
+	Talud libre

ESCALA: 1:100

ALINE 1: ESTUDIO DE RESPONDA PARA LA TORRE  
Y TORRE 37, PARADA DE FRENADO DEL  
CABLEBÚS L. 37, AL CABLEBÚS TORRE  
37 Y 38.

INDICADO EN EL DISEÑO DE CABLEBÚS L. 37