



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ARAGÓN**

“ESTUDIO GEOTÉCNICO DESARROLLADO PARA EL  
PREDIO QUE SE LOCALIZA EN AVENIDA TLÁHUAC,  
COLONIA LOMAS ESTRELLA, DELEGACIÓN IZTAPALAPA,  
MÉXICO, D.F., DONDE SE PROYECTA LA  
CONSTRUCCIÓN DE UNA PLAZA COMERCIAL”

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**INGENIERO CIVIL**

PRESENTA:  
**GÓMEZ EMILIO ABEL**

ASESOR:  
**ING. ÁLVAREZ BAUTISTA  
GABRIEL**



MÉXICO, 2014



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A MIS PADRES**

Por haberme ayudado a poder concluir una etapa más de mi vida, ya que en el esfuerzo de ellos esta que tuviera instituciones donde me preparara, alimento que me mantuviera con ganas de obtener mi licenciatura, vestimenta y calzado para vivir dignamente, así como el suficiente dinero para poder realizar mi viaje de la casa a las diferentes instituciones, sino también el viaje del precolar a la primaria, de la primaria a la secundaria, de la secundaria al nivel medio superior y de este último a la licenciatura, sin nada más que agregar solo me resta decir una palabra muy humilde pero significativa ¡gracias!

*Hortensia Emilio Aniceto*  
*Antonio Gómez Guadalupe*

### **A MIS HERMANOS**

Por permitirme convivir con ellos y poder compartir y lograr metas, siempre unidos y que esa unidad se vea reflejada en la realización de una carrera para un integrante más de nuestra familia, deseo que los dos hermanos restantes finalicen su respectiva carrera.

*Dulce María Gómez Emilio*  
*Omar Gómez Emilio*  
*Antonio Gómez Emilio*

### **A MIS TÍOS**

Por recibirme en su morada durante toda mi carrera y apoyarme en estos cuatro años y medio, así como sus respectivos consejos para poder lograr y subsistir en el cambio radical de residencia, para ellos mis más sinceros agradecimientos.

*Ofelia Emilio Aniceto*  
*Carlos Marín Bartolomé*

### **A MIS AMIGOS**

Por su ayuda incondicional y que estuvieron conmigo durante todos los desvelos para poder entregar una tarea, proyecto, resumen, series, en tiempo y forma, que después de todo ese esfuerzo éramos recompensados con buenas notas de parte de nuestros maestros, a todos ellos les doy mi más sincero agradecimiento, y en los cuales menciono a, Osorio Méndez José Juan, Octavio Sosa Rivera, sin tampoco olvidar a una persona que estuvo



siempre conmigo apoyándome para que lograra mi objetivo, que siempre me alentó y que valoro mucho, su nombre Ana Luisa Ramírez Romero, quien sigue compartiéndome su vida y a todos aquellos que me permitieron conocerles, formar parte de sus equipos, proyectos, vivencias, festejos, ¡gracias!

## A MI DIRECTOR DE TESIS

Por aceptarme como uno de sus asesorados y compartirme este conocimiento que tengo por la geotecnia, así mismo como encontrarle el gusto por la misma, por esos consejos y esa realidad que nos decía que encontraríamos durante la vida profesional, también agradezco por tenerme y regalarme un poco de su tiempo tanto en la universidad como en sus oficinas, sin nada más que agregar gracias al ingeniero-amigo.

*Ing. Gabriel Alvarez Bautista*

## A MIS INSTITUCIONES EDUCATIVAS

Por formar parte de ellas, así como a los respectivos maestros encontrados en cada etapa profesional, por compartir su conocimiento, ayudarme a lograr y formar parte de la facultad de estudios superiores Aragón ya que es quien da validez a mi finalización de mi licenciatura y me certifica como ingeniero civil, mis más sinceros agradecimientos.

*Prescolar "Primavera"*

*Primaria "Gabino Barreda"*

*Telesecundaria "Ise Felipe Angeles"*

*Bachiller "COBAP Plantel-19"*

*Universidad "FES Aragón, UNAM"*

## AL JURADO

Por formar parte importante en la culminación de este periodo de titulación por el tiempo que le dedicaron a mi tesis, por esos comentarios y correcciones ¡gracias!

*Ing. Alvarez Bautista Gabriel*

*Ing. Dimas Chora José Antonio*

*Ing. García Cuevas Pascual*

*Ing. Posa Rodríguez Mario*

*Ing. Heras Cruz Ricardo*

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
<b>CAPITULO 1.- ANTECEDENTES</b> .....	<b>8</b>
1.1.- Localización .....	11
1.2.- Descripción del proyecto .....	11
1.3.- Colindancias .....	17
1.4.- Topografía .....	19
1.5.- Objetivo .....	20
<b>CAPITULO 2.- EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA</b> .....	<b>21</b>
2.1.- Generalidades .....	23
2.2.- Pozos a cielo abierto .....	25
2.3.- Método de penetración estándar .....	47
<b>CAPITULO 3.- ENSAYES DE LABORATORIO</b> .....	<b>48</b>
3.1.- Pruebas de laboratorio .....	49
<b>CAPITULO 4.- DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA</b> .....	<b>50</b>
4.1.- Levantamiento geológico local .....	52
4.2.- Características estratigráficas y físicas del subsuelo en el sitio de interés .....	53
4.2.1.- Descripción del sondeo (SPT-1) .....	54
4.2.2.- Descripción del sondeo (SM-1).....	58
4.2.3.- Sondeo mixto (SM – 2) .....	61
4.2.4.- Sondeo mixto (SM – 3) .....	64
<b>CAPITULO 5.- CALCULO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN</b> .....	<b>70</b>
5.1.- Elección de la alternativa de cimentación.....	72
5.2.- Solución de cimentación.....	73
5.2.1.- Capacidad de carga admisible.....	73
5.2.2.- Determinación de capacidad de carga.....	77
5.2.3.- Dimensionamiento de las pilas.....	79
5.2.4.- Estado límite de servicio .....	79
5.2.5.- Condición sísmica.....	80
5.2.6.- Solicitación inducida por sismo.....	80
5.2.7.- Tensiones inducidas por sismo.....	81



5.2.8.- Cortante inducido por sismo.....	81
5.2.9.- Módulo de reacción.....	82
<b>CAPITULO 6.- PROCESO CONSTRUCTIVO E INSTRUMENTACIÓN .....</b>	<b>84</b>
6.1.- Alternativa general del proceso constructivo. ....	84
6.2.- Proceso constructivo de la cimentación con pilas .....	85
6.3.- La secuencia que se propone para la construcción y control de terracerías .....	88
6.4.- Diseño de pavimentos .....	91
6.4.1.- Pavimento de concreto armado en estacionamiento .....	91
6.4.2.- Pavimentos de concreto armado en patio de maniobras .....	92
6.4.3.- Especificaciones para pavimento en estacionamiento y patio de maniobras. ....	94
6.4.4.- Estructura de pavimento rígido en patio de maniobras. ....	95
6.4.5.- Procedimiento constructivo en pavimento rígido.....	96
6.5.- Instrumentación .....	97
6.5.1.- Referencias superficiales. ....	97
6.5.2.- Criterios de instalación.....	98
6.5.3.- Procedimiento de medición.....	98
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXO I REPORTE FOTOGRÁFICO .....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO II PRUEBAS DE LABORATORIO.....</b>	<b>116</b>
<b>ANEXO III ESPECIFICACIONES PAVIMENTOS RÍGIDOS.....</b>	<b>168</b>
<b>ANEXO IV .....</b>	<b>175</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>182</b>

## INTRODUCCIÓN

La cimentación puede definirse en general como el conjunto de elementos de cualquier edificación cuya misión es transmitir al terreno que la soportan las acciones procedentes de la estructura. Su diseño dependerá por tanto no solo de las características del edificio sino también de la naturaleza del terreno.

La importancia del conocimiento de los caracteres propios del suelo se pone de manifiesto desde el momento de la propia ejecución de la obra por su influencia sobre la seguridad de los trabajadores en la realización de excavaciones y movimientos de tierras así como en la de los elementos auxiliares de la construcción: cimbras, encofrados, pozos y zanjas de cimentación líneas enterradas, etc.

Una cimentación inadecuada para el tipo de terreno, mal diseñada o calculada se traduce en la posibilidad de que tanto el propio edificio como las fincas colindantes sufran asentamientos diferenciales con el consiguiente deterioro de los mismos pudiendo llegar incluso al colapso.

Deben preverse tomas de muestras adicionales a medida que la obra avanza con objeto de detectar alteraciones en las condiciones del suelo, aparición de estratos diferentes a los previstos, alteraciones en el nivel de la capa freática, etc.

La apropiada caracterización del subsuelo es uno de los principales factores que permite un diseño seguro y económico de la cimentación de las estructuras. Para conseguir esta caracterización se deberá tener conocimiento del tipo de proyecto y la variabilidad de los estratos en el sitio de implantación de la estructura.

Las características básicas mínimas de los suelos a determinar con los ensayos de laboratorio son: peso unitario, humedad natural, límites de Atterberg y clasificación completa para cada uno de los estratos o unidades estratigráficas y sus distintos niveles de meteorización según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS. De manera similar, se debe determinar cómo mínimo las características de resistencia al esfuerzo cortante en cada uno de los materiales típicos encontrados en el sitio, como por ejemplo; ensayos compresión simple o triaxial UU (no consolidado no drenado), resistencia índice o corte directo en muestras inalteradas de suelos cohesivos o finos, y estimaciones de la resistencia por medio de correlaciones con los ensayos de penetración estándar SPT (en arenas y suelos finos de consistencia rígida a muy dura) o de cono estático CPT en suelos arenosos y cohesivos o finos. Para la caracterización de la compresibilidad de los suelos cohesivos se realizaran ensayos de consolidación unidimensional en laboratorio en muestras inalteradas, considerando en las curvas



de compresibilidad los valores para el cien por ciento de la consolidación primaria para cada incremento de carga analizado.

En este trabajo se definirá unidades tipo de construcción y su importancia en función de la altura y cargas a transmitir de tal forma que sugiera el número mínimo de sondeos, distribución y profundidad de los sondeos y perforaciones que proporcione información de la extensión, espesor, y profundidad de los estratos potencialmente portantes.

Considerando la información dicha anteriormente, se menciona que en el presente trabajo se hablara del estudio geotécnico donde se proyecta la construcción de una plaza comercial, para lo cual se ha necesitado de organizar la información necesaria para llegar a una conclusión óptima y sustentable.

1.- ANTECEDENTES. En este capítulo encontraremos un breviario sobre la zona de lago, localización e información básica del predio analizado, así como su topografía con ayuda del anteproyecto.

2.- EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA. En este apartado se dan a conocer datos como los tipos de sondeos realizados para efectuar ensayos de campo, clases de muestras de suelo para definir los perfiles estratigráficos, propiedades índice y mecánicas.

3.- ENSAYES DE LABORATORIO. Se explica las propiedades índice y mecánicas de las pruebas realizadas a las muestras Alteradas e Inalteradas, para efectos del posterior calculo.

4.- DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA. Esta idea de reconocimiento del suelo implica datos físicos de la materia propiamente dicha, con todas las sutilezas que ello comporta; aspecto visual, color, consistencia, estructura, espesor de las capas, inclinación, estratificación, nivel freático, etc.

5.- CALCULO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN. Con la información recabada de los sondeos y muestreo de los materiales, se procede a dar información técnica así como alternativas de cimentación y estabilidad de taludes.

6.- PROCESO CONSTRUCTIVO E INSTRUMENTACIÓN. En este apartado se explica la metodología que se utilizara para la construcción de la cimentación así como la diferente instrumentación a utilizar.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. Se dan a conocer las observaciones necesarias para la construcción de la cimentación.

ANEXOS. En este apartado se muestra un reporte fotográfico, pruebas de laboratorio e información geotécnica necesaria.



## 1.- ANTECEDENTES



**FOTOGRAFÍAS 1-3. PANORÁMICAS DEL PREDIO ANALIZADO**

En el capítulo 2.2 de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones del actual Reglamento de Construcción del Distrito Federal (GDF 2004a), se da una descripción de las tres zonas identificadas por Marasl y Mazari, así como un mapa de zonificación geotécnica en



donde se muestran las zonas I, II y III.

La zona del lago, presenta grandes depósitos de arcillas de alta plasticidad y muy compresibles y que con la sobre explotación de los acuíferos, ocasionan el problema de hundimiento regional en esta zona, generando grandes problemas en la infraestructura de la ciudad de México.

Una gran sección de la región urbanizada sobre los depósitos lacustres se caracteriza por presentar suelos con la siguiente estratificación:

Costra superficial: constituida por depósitos areno-arcillosos o limosos con abundancia de restos arqueológicos, o bien de rellenos artificiales. Este estrato puede alcanzar hasta los 10 metros de profundidad en algunas zonas de la ciudad.

Formación arcillosa superior: formada por arcillas volcánicas extraordinariamente compresibles comprendidas entre blanda y media, intercaladas con pequeñas capas o lentes de materiales endurecidos por secado solar y de arena, su potencia total oscila entre 15 a 32 m de profundidad.

Primera capa dura: de unos 3 metros de espesor, constituida por suelos arcillosos o areno-limosos, compactos y rígidos, se encuentra a 33 m bajo la superficie aproximadamente. Gran número de edificios de la ciudad se encuentran cimentados sobre este estrato.

Formación arcillosa inferior: de características similares a la formación arcillosa superior, presenta arcillas volcánicas, aunque más comprimidas y resistentes.

Depósitos profundos: compuestos de arena con grava, separados por estratos de limo o arcilla arenosa. (Marsal y Mazari, 1959)

El sistema de alertamiento sísmico debe ser considerado como prioritario en las zonas de lago y de transición (zonas II y III), ya que en dichas zonas la respuesta de terreno es desfavorable para el comportamiento de las estructuras.

México es un país sísmicamente activo, en donde han ocurrido más de 157 sismos con magnitud mayor de 6.5 grados en la escala de Richter (Mw) en los últimos 109 años destacando el sismo registrado el 19 de septiembre de 1985, con una magnitud de 8.1 grados en la escala de Richter, con epicentro en el Océano Pacífico frente a la desembocadura del Río Balsas, entre los límites Michoacán y Guerrero, ocasionó 6,000 muertos y cuantiosos daños materiales en la Ciudad de México, representando un hito en la historia de los desastres naturales del país.



Que en la denominada Brecha de Guerrero, no se ha presentado un sismo de magnitud importante durante las últimas décadas, por lo que la energía acumulada podría detonar un sismo fuerte que afectaría a la Ciudad de México.

Que las características del terreno en que se asienta la Ciudad de México, consistente en arcillas lacustres con alto grado de compresibilidad intercaladas con capas de arena son sísmicamente desfavorables. Esto aunado a la presencia de un número elevado de habitantes, aproximadamente 9 millones, así como una gran infraestructura, la colocan como una de las entidades con mayor riesgo sísmico del mundo.

Que aunado a los fenómenos de subsidencia, agrietamiento regional, presencia de cavidades o socavaciones así como de que un gran número de inmuebles presentan daños estructurales, se incrementa su vulnerabilidad en caso de actividad sísmica.

Diversas investigaciones y trabajos científicos en materia de Ingeniería Sísmica, han dado como resultado una zonificación sísmica de la Ciudad de México, que muestra las zonas con mayor impacto y que presentan aceleraciones del terreno desfavorables para la estabilidad de la infraestructura civil. De esta forma las delegaciones con mayor riesgo sísmico de la ciudad son: Cuauhtémoc, Benito Juárez, Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Iztacalco, Iztapalapa, Xochimilco y Tláhuac.

La ciudad de México es una de las metrópolis más antiguas en el hemisferio occidental. Ocupa una planicie antigua (que fue un lago) rodeada por montañas con más de 16 millones de personas en un área de aproximadamente 1500 kilómetros cuadrados. El subsuelo de la ciudad de México tiene propiedades únicas. El contenido de agua es mayor a 400 %, el índice de plasticidad excede 300% y el índice de compresión  $C_c$  puede llegar a un valor de 10, cuando en la mayoría de los suelos es menor a 1. Lo anterior, ubica a los sedimentos lacustres de la ciudad de México como altamente compresibles, lo que ha dado lugar a intrincados problemas de cimentación para la construcción de edificios elevados y de gran peso en la ciudad de México.

Los sedimentos lacustres de origen volcánico de la ciudad de México presentan propiedades índices y mecánicas singulares, que no se ajustan a los patrones de comportamiento de la mayoría de los suelos. Su comportamiento mecánico, tanto estático como dinámico es complejo y a la fecha aún presenta desafíos de interpretación. En general, el ángulo de fricción interna de los suelos disminuye al aumentar el índice de plasticidad, sin embargo el subsuelo de la ciudad de México presenta un ángulo de fricción de  $43^\circ$  comparable en magnitud con el de las arenas (Lo, 1962; Mesri et al., 1975; Díaz-Rodríguez et al., 1992, 1998).

## 1.1.- Localización

Se desarrolló el presente trabajo para una Mecánica de Suelos, en el predio, ubicado en Avenida Tláhuac No. 4409, Colonia Lomas Estrella, en la Delegación Iztapalapa, México D.F. con una superficie de aproximadamente 19,500m<sup>2</sup>, donde se proyecta la construcción de un **Centro Comercial**. La localización del sitio de interés se indica en la figura 1.



FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DEL LUGAR DE ESTUDIO

## 1.2.- Descripción del proyecto

El proyecto del Centro Comercial estará constituido por un semisótano, planta baja y dos niveles superiores; el semisótano y parte de la planta baja será destinados para estacionamiento, el primer nivel se tendrá una plaza comercial Con un área de 8,101 m<sup>2</sup>, mientras en el segundo nivel se ubicarán los Cines, en la figura 2 a la figura 5 se muestra el sembrado de la estructuras y en la figura 6 una fachada y un corte arquitectónico.

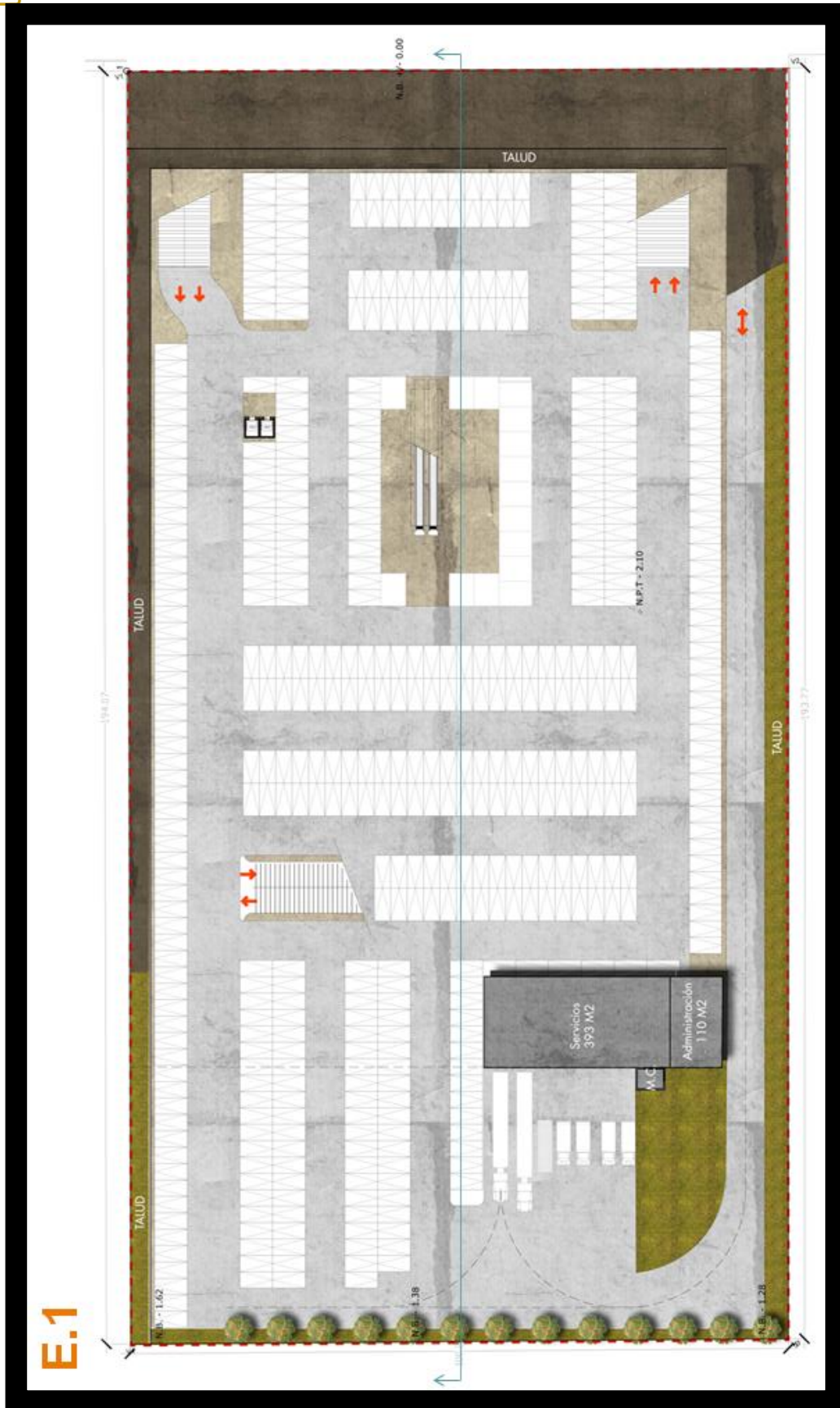


FIGURA 2. PLANTA ARQUITECTÓNICA SEMISÓTANO

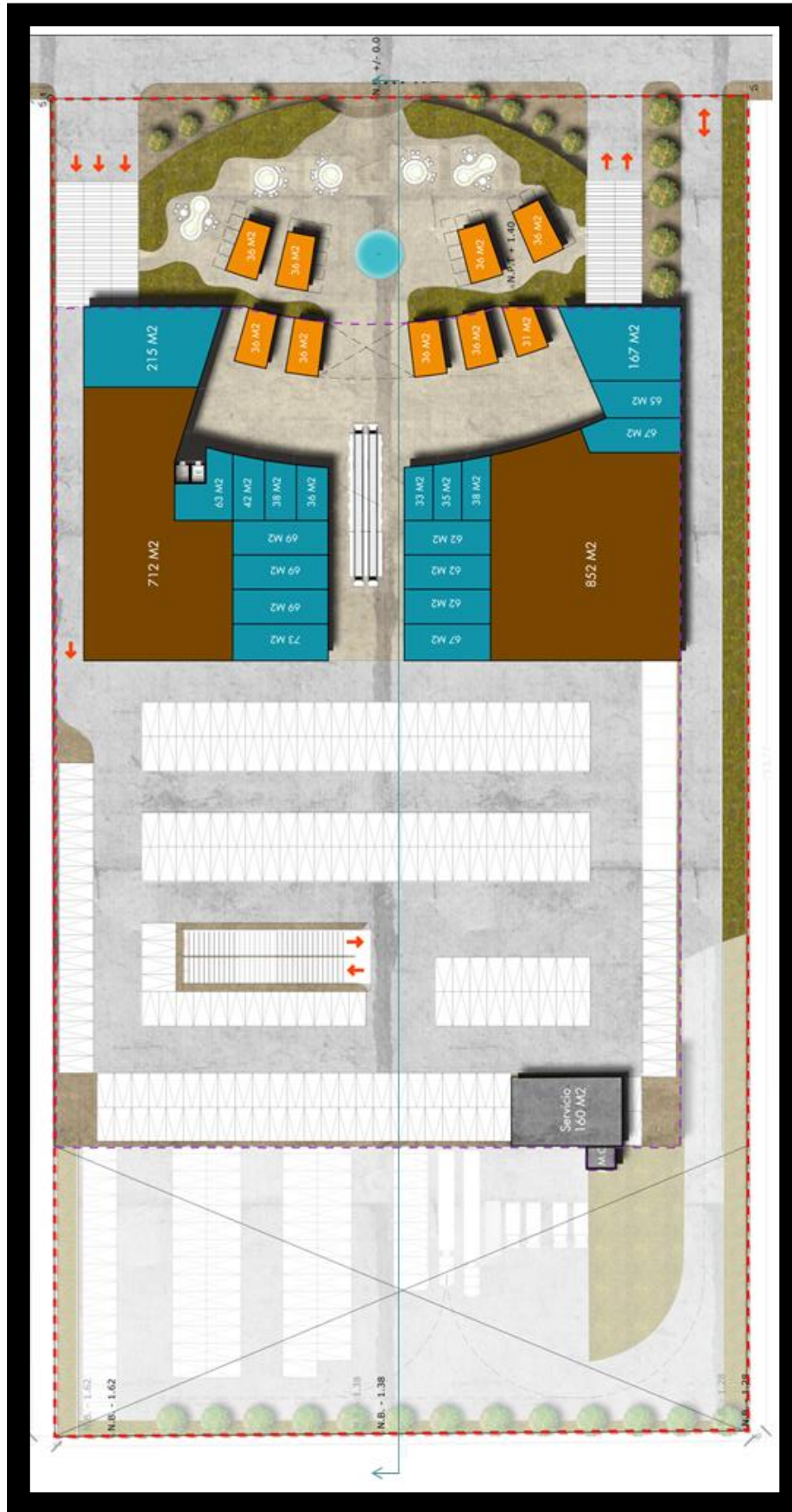


FIGURA 3. PLANTA ARQUITECTÓNICA PLANTA BAJA



FIGURA 4. PLANTA ARQUITECTÓNICA PRIMER NIVEL



FIGURA 5. PLANTA ARQUITECTÓNICA SEGUNDO NIVEL



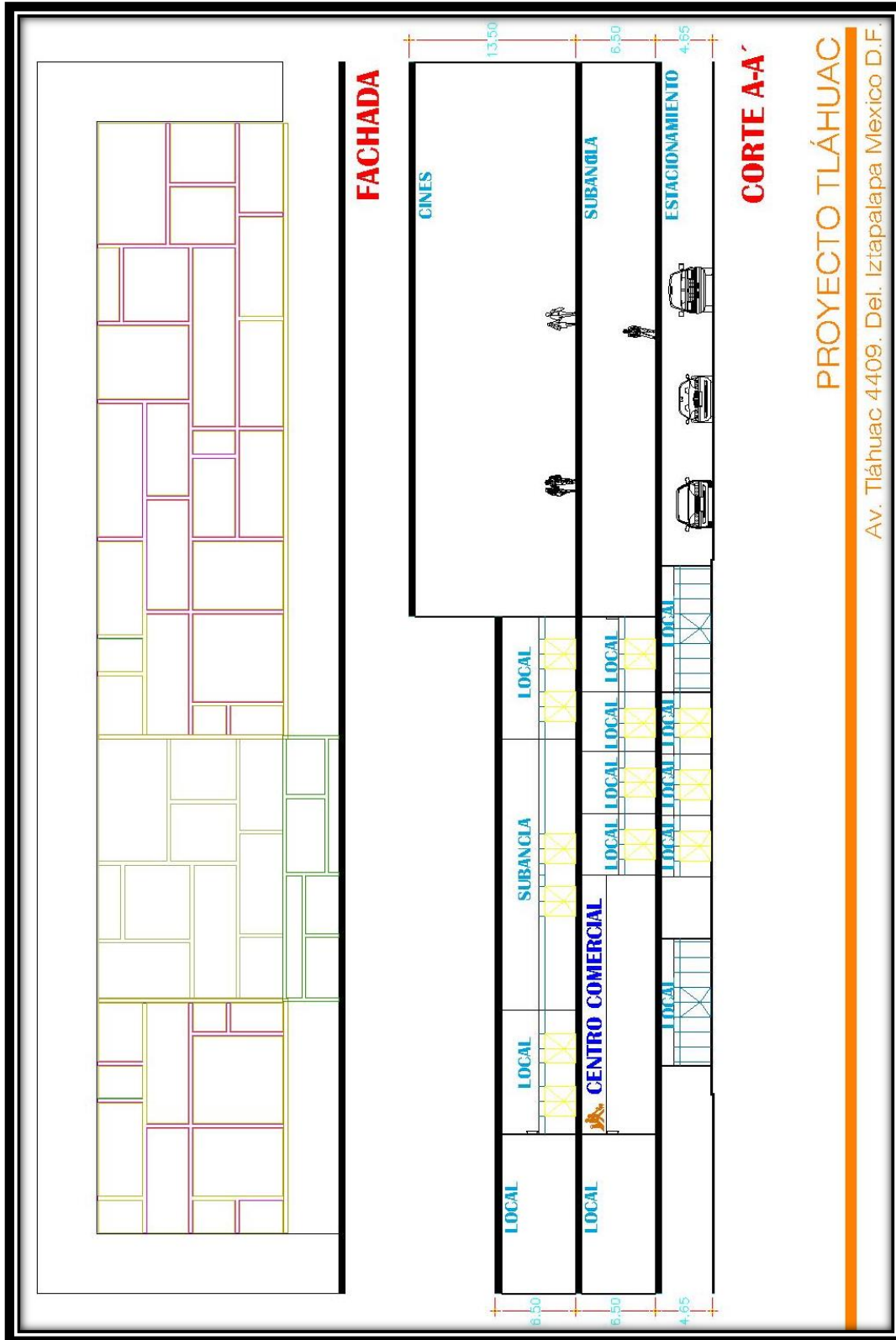


FIGURA 6. FACHADA Y CORTE ARQUITECTÓNICO

### 1.3.- Colindancias

Las colindancias que tiene el predio en estudio y de acuerdo al levantamiento realizado en campo se indican en la figura 7 y son las siguientes:

Al norte colinda con una nave de triple altura y estructuras de un nivel,

Al oriente colinda con la Avenida Tláhuac,

Al poniente colinda con la Calle Morelos, y

Al sur colinda con estacionamientos de una unidad habitacional y áreas verdes.



**FOTOGRAFÍA 4. COLINDANCIA ORIENTE NAVE TRIPLE ALTURA Y ESTRUCTURAS DE UN NIVEL.**



**FOTOGRAFÍA 5. COLINDANCIA ORIENTE AVENIDA TLÁHUAC.**



FOTOGRAFÍA 6. COLINDANCIA SUR ESTACIONAMIENTOS DE UNIDAD HABITACIONAL.

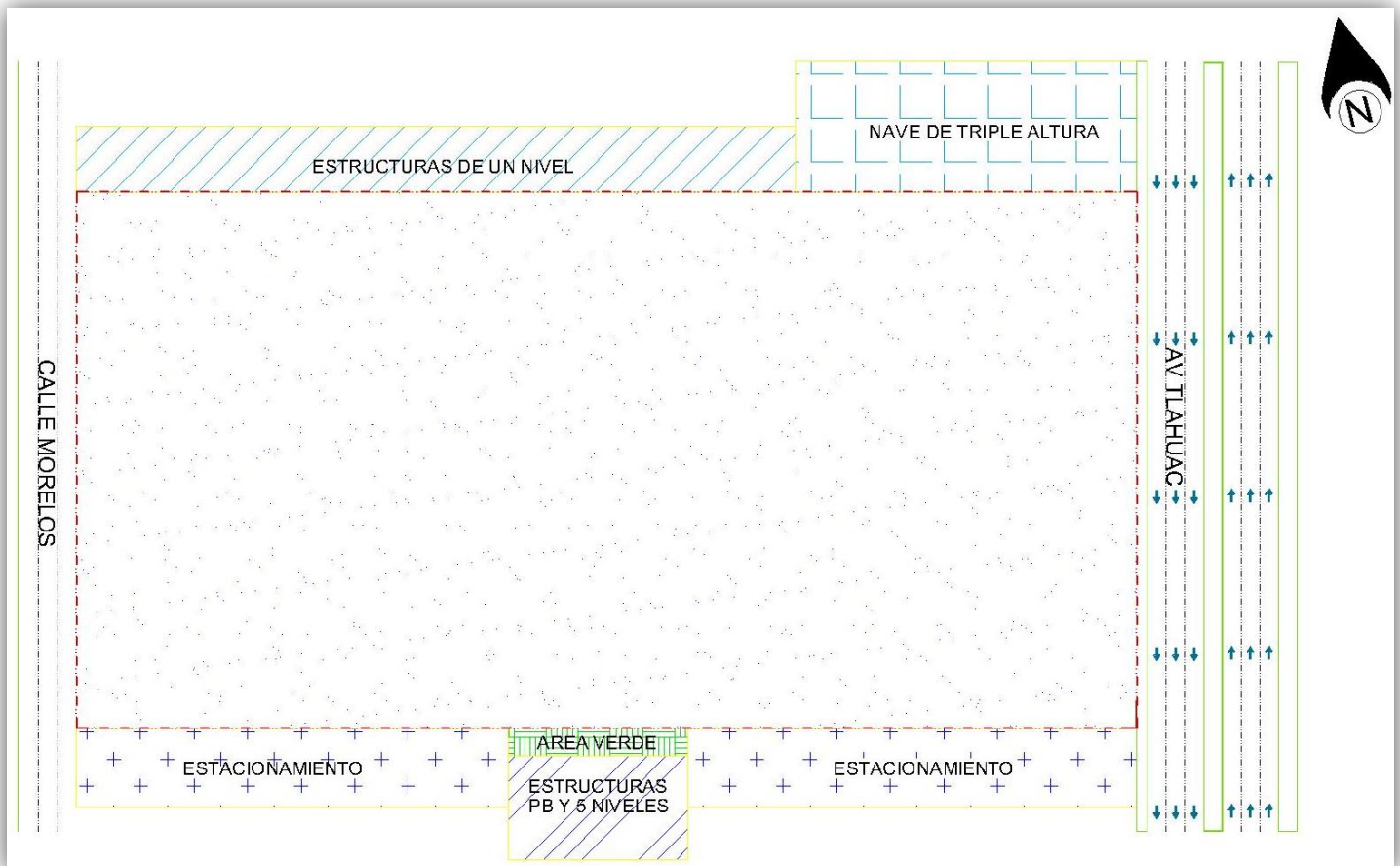


FIGURA 7. COLINDANCIAS DEL PREDIO

## 1.4.- Topografía

El sitio de interés tiene una topografía plana, con un desnivel aproximadamente de 1.2 m de Norte a Sur, sensiblemente horizontal en ambas direcciones, con un área aproximada de 19,500 m<sup>2</sup>. Se encuentra actualmente ocupado por una Nave de doble altura, la cual funciona como Almacenamiento de producto con patio de maniobras, En la figura 8 se muestra el levantamiento topográfico de las construcciones existentes.

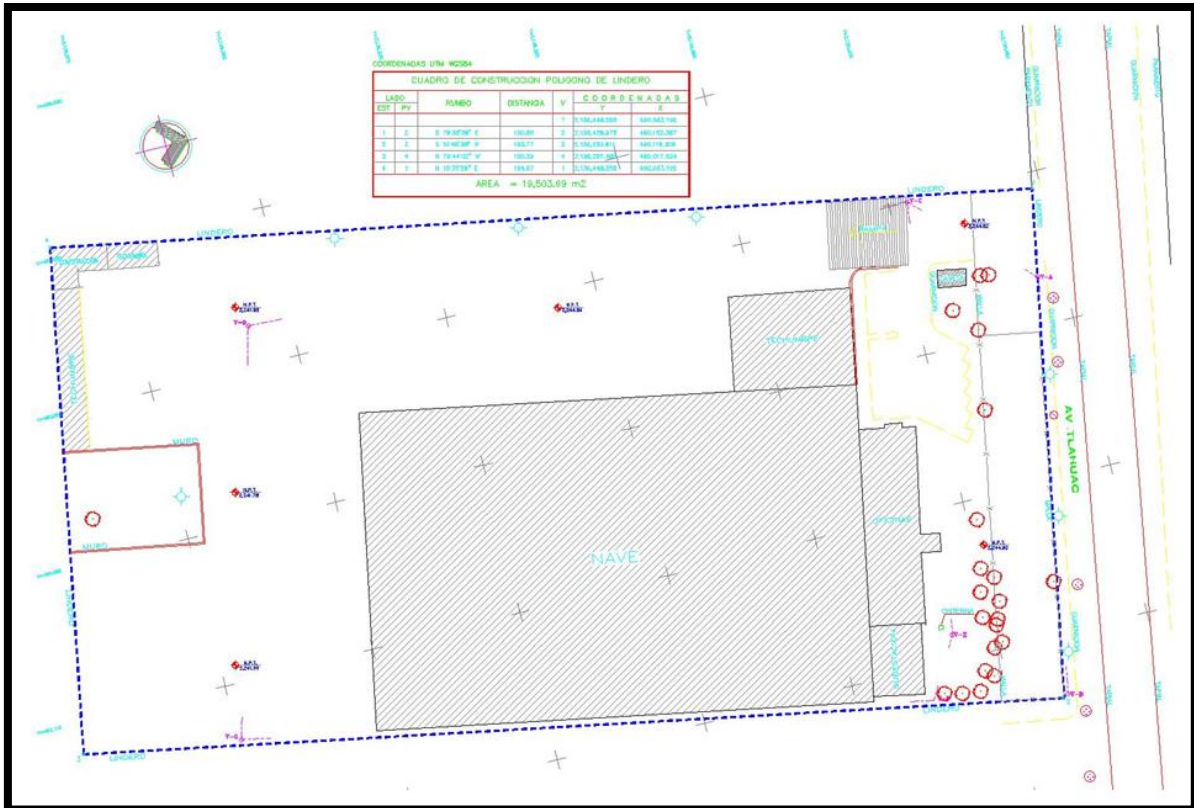


FIGURA 8. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE CONSTRUCCIONES EXISTENTES



### 1.5.- Objetivo

El objeto del presente trabajo es determinar la estratigrafía del subsuelo en el sitio de interés, sus propiedades índice y mecánicas, para establecer la alternativa de cimentación que se juzga más adecuada para la construcción del inmueble que garantice su estabilidad, proporcionando las recomendaciones necesarias para su diseño tales como la capacidad de carga, asentamientos máximos esperados, estos últimos en función de las cargas que transmitirá la estructura a la cimentación, realizando su revisión con los criterios establecidos por el Reglamento de Construcciones, así mismo se establece el procedimiento constructivo más adecuado para la cimentación y recomendaciones para su ejecución.

El estudio geotécnico tiene por finalidad conocer las características del terreno que soportará la obra tanto en su fase de ejecución definiendo:

- ❖ La naturaleza de los materiales a excavar.
- ❖ Modo de excavación y utilización de los mismos.
- ❖ Los taludes a adoptar en los desmontes de la explanación.
- ❖ La capacidad cortante del terreno para soportar los rellenos y la estructura.
- ❖ La forma de realizarlos y sus taludes, tanto en fase de obra como en fase de puesta en servicio previendo los asentamientos que puedan producirse y el tiempo necesario para que se produzcan.
- ❖ Los coeficientes de seguridad que deben adoptarse.
- ❖ Las medidas a tomar para incrementarlos caso de no ser aceptables.
- ❖ Las operaciones necesarias para disminuir los asentamientos y/o acelerarlos.

Como información previa a la realización del estudio geotécnico, y parte integrante del mismo, se debe conocer todos aquellos datos que puedan condicionar sus características, solicitudes e influencias. En particular, y sin ánimo exhaustivo, cabe mencionar el perfil del terreno, la existencia de vertidos, canalizaciones y servicios enterrados, la existencia de posibles fallas, terrenos expansivos, terrenos agresivos, existencia y ubicación de rellenos, pozos, galerías, depósitos enterrados, la naturaleza y configuración de las cimentaciones de los edificios colindantes, etc. Es de especial interés disponer de los datos que se hayan recogido en el estudio geotécnico realizado con motivo de las obras de urbanización de la zona.

En este informe se presenta la descripción de los trabajos realizados, se reportan los resultados obtenidos y se consignan las recomendaciones para diseño y construcción de la alternativa de cimentación más adecuada para las estructuras proyectadas.

## 2.- EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA.



FOTOGRAFÍAS 7-8. EXPLORACIÓN REALIZADA EN EL LUGAR DE ESTUDIO

Dentro de los métodos de exploración de suelos existen dos clasificaciones: métodos directos y métodos indirectos. En la tabla 1 se muestra una clasificación general de los métodos de exploración más usuales y una breve descripción (Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 1998).

**TABLA 1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE ALGUNOS MÉTODOS DE EXPLORACIÓN.**

MÉTODO DE EXPLORACIÓN	DESCRIPCIÓN	
<b>MÉTODOS DIRECTOS</b>	Pozos a cielo abierto.	Es el método más satisfactorio para conocer las condiciones del subsuelo. Consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes para poder introducirse en él, examinar los diferentes estratos del suelo en su estado natural y extraer muestras alteradas e inalteradas. Su aplicación eficiente resulta sobre suelos cohesivos.
	Pala posteadora.	Es un método manual de exploración somera que consiste en hincar un barreno y obtener muestras del tipo alterado, pero representativas en cuanto al contenido de agua. Se utiliza en lugares donde otros equipos mecánicos no pueden ser usados.
	Tubo Shelby.	Consiste en un tubo afilado de 7.5 a 10 cm de diámetro que se hincan a presión para obtener muestras relativamente inalteradas de suelos finos blandos o semiduros.
	Sondeo de penetración estándar.	Con esta técnica se rescatan muestras alteradas de los suelos y se mide la resistencia al corte con el número de golpes con el que se hince el penetrómetro una distancia de 30 cm. El equipo consta de un penetrómetro el cual se hince a golpes mediante un martinete de 63.5 kg que cae desde 76 cm de alto.
	Muestreador Denison.	Consiste en dos tubos concéntricos que se hince en el suelo para obtener muestras alteradas o inalteradas con ayuda de la inyección de fluido de perforación que se hace circular entre ambos tubos.



<b>MÉTODOS INDIRECTOS</b>	Método sísmico.	Consiste en provocar una explosión en un punto determinado del área a explorar usando una pequeña carga de explosivo, usualmente nitro amonio. Por la zona a explorar se sitúan geófonos cada 15 ó 30 cm. Este procedimiento se funda en la velocidad de propagación de las ondas vibratorias de tipo sísmico a través de diferentes medios materiales.
	Método de resistividad eléctrica.	Consiste en inducir una corriente eléctrica a través de los suelos, de tal forma que se presente una mayor o menor resistividad eléctrica para determinar la presencia de estratos de roca en el subsuelo. Mayores resistividades corresponden a rocas duras, siguiendo con rocas suaves y así sucesivamente hasta valores menores correspondientes a suelos suaves saturados.
	Métodos magnéticos y gravimétricos.	Para el primero se utiliza un magnetómetro, que mide la componente vertical del campo magnético terrestre en la zona considerada en varias estaciones próximas entre sí. En los métodos gravimétricos se mide a aceleración del campo gravitacional en diversos puntos de la zona a explorar. La información que proveen estos métodos es algo errática y difícil de interpretar.

## 2.1.- Generalidades

De acuerdo a la magnitud del área y con el objeto de conocer las características estratigráficas y físicas del subsuelo hasta la profundidad en que son significativos los esfuerzos producidos por las cargas que transmitirá la estructura que se proyecta construir y elaborar un perfil del subsuelo correlacionando los sondeos se realizó la siguiente exploración:

**Se efectuaron cuatro sondeos profundos, de los cuales uno fue de tipo penetración estándar a 30 m de profundidad**, empleando el muestreo alterado con la herramienta de penetración estándar, con el tubo de penetración estándar se obtuvieron muestras representativas alteradas y se midió el número de golpes necesarios que oponen los materiales a ser atravesados que permitirá determinar el índice de resistencia de estos.

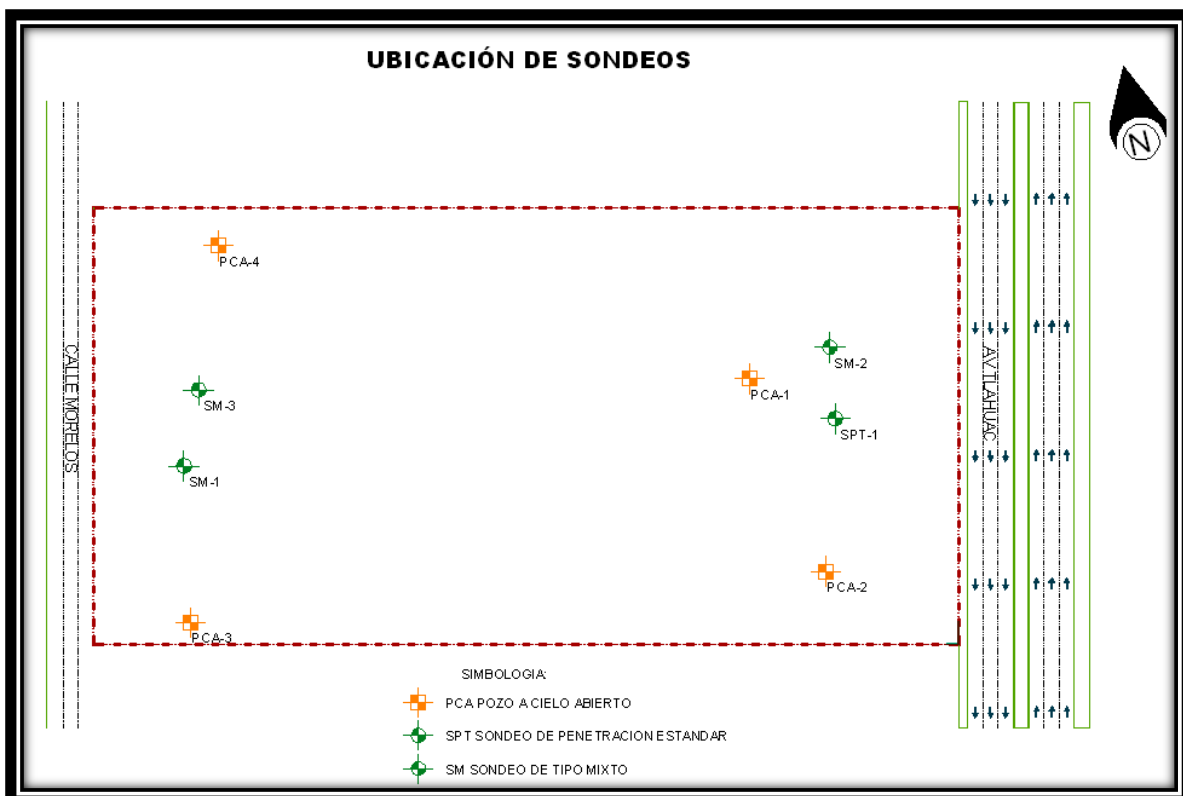


Y tres sondeos de tipo mixto a 15 m, 35 m y 40 m de profundidad, combinando el muestreo inalterado empleando el muestreador de pared delgada tipo Shelby con el muestreo alterado con la herramienta de penetración estándar. Con los tubos Shelby se obtendrán muestras inalteradas, mientras que con el tubo de penetración estándar se obtendrán muestras representativas alteradas y se medirá el número de golpes necesarios que oponen los materiales a ser atravesados que permitirá determinar el índice de resistencia de estos.

Se excavaron cuatro pozos a cielo abierto de 1.90 m a 2.60 m de profundidad o al contacto con el agua, obteniendo muestras cúbicas inalteradas de los materiales representativos y determinando la estratigrafía en las paredes de los pozos mediante técnicas de campo.

El control y coordinación de la exploración de campo y de los ensayos en el lugar se efectuaron por parte de un ingeniero especialista en geotecnia, así como un levantamiento geológico superficial del sitio de interés.

La ubicación dentro del predio de los pozos a cielo abierto excavados se muestra en la figura 9.



**FIGURA 9. UBICACIÓN DE SONDEOS**

En el Anexo I se presenta un reporte fotográfico de los trabajos de campo realizados.

## 2.2.- Pozos a cielo abierto

Esta exploración es de los comúnmente empleados y recomendados para determinar las propiedades del subsuelo, debido a que las muestras obtenidas son prácticamente inalteradas.

El método queda limitado principalmente al tipo de material y posición del nivel de agua freática, sin embargo si el nivel freático se encontrara antes de cumplir con los objetivos de esta investigación, esto no deberá considerarse como limitante de la profundidad del pozo, el cual deberá continuarse, aunque se requiera utilizar equipo de bombeo.

El procedimiento consiste en realizar excavaciones a cielo abierto dentro del predio en estudio de aproximadamente 0.8 m. x 1.50 m. y profundidad tal que permita determinar las características de los depósitos superficiales (rellenos y/o capa de suelo vegetal) y la profundidad a la que se tiene el N.A.F. (Nivel de Agua Freática) que en este caso se detectó a una profundidad de 2.40 m para el PCA-1 Y 2 con respecto a nivel de terreno actual, y para el PCA-3 y 4 se detectó a una profundidad de 1.70 m con respecto al nivel de patio de maniobra en la parte trasera del predio, (el Nivel freático puede variar, esto depende de la época del año).



FOTOGRAFÍAS 9-10. UBICACIÓN DE SONDEOS

El pozo debe realizarse con pico y pala, una vez hecha la excavación, en una de las paredes del pozo se va abriendo una ranura vertical de sección uniforme de la cual se obtiene una muestra cúbica de aproximadamente 25 cm de lado por 20 cm. de profundidad, este trozo de suelo se empaqueta debidamente y se envía al laboratorio para su estudio. Si se detectan a simple vista varios estratos de suelo, se toman muestras de cada uno de ellos de la misma forma.

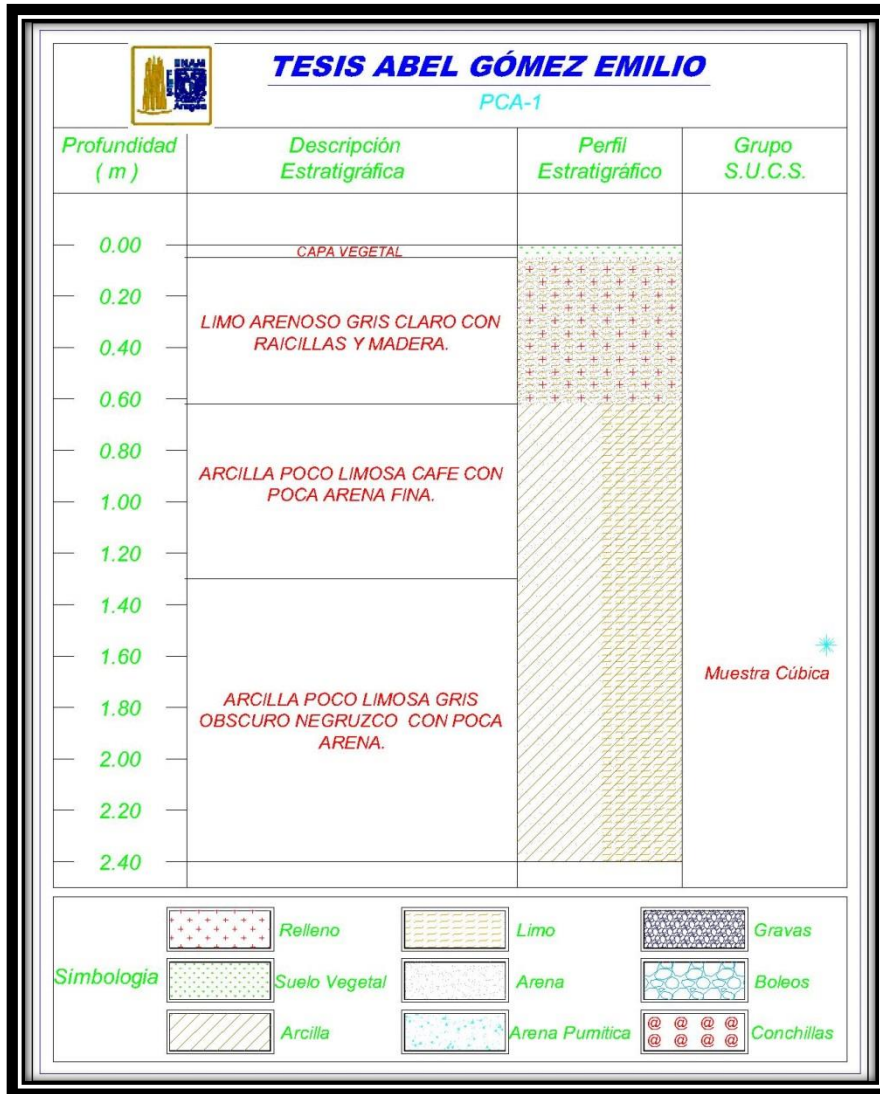


**FOTOGRAFÍAS 11-12. MUESTRA CUBICA**

La ubicación y número de pozos a realizar será en función del tamaño del predio, del área que abarque la nueva construcción, del conocimiento previo de las construcciones que existan y de las colindancias.

Los pozos también deben permitir obtener información acerca de las cimentaciones antiguas en el predio en el caso de que existan.

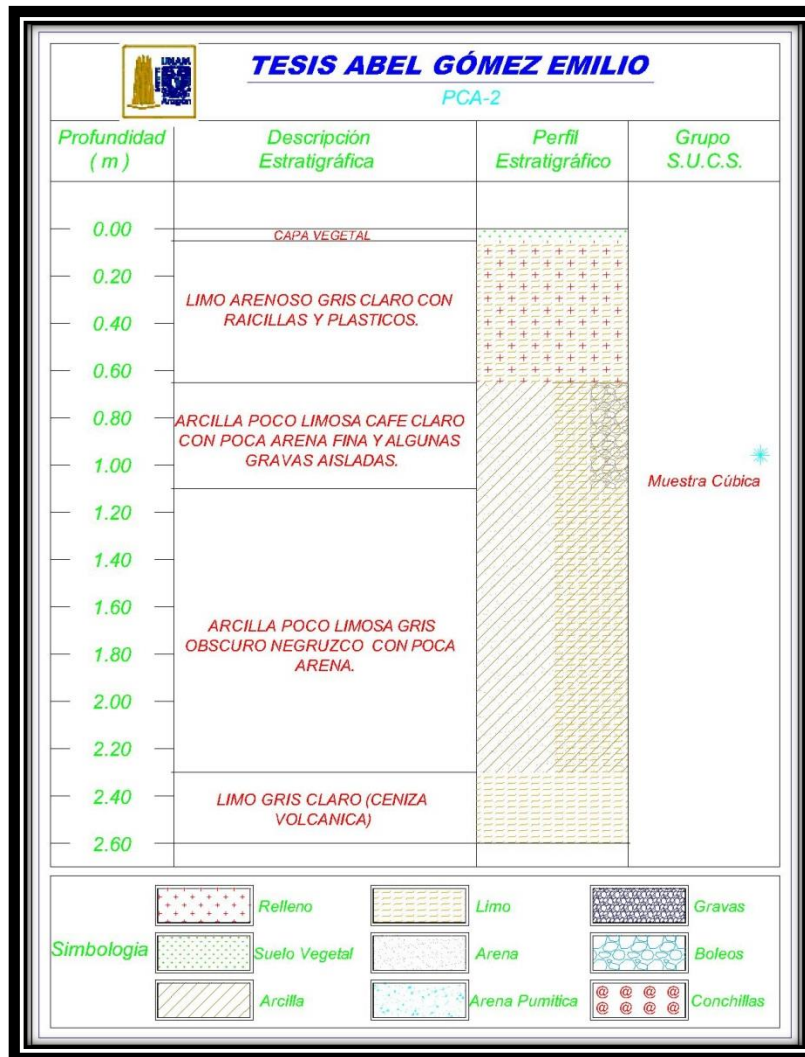
El perfil estratigráfico de los pozos a cielo abierto excavados y los resultados de las pruebas de laboratorio efectuadas en las muestras obtenidas del mismo, se presentan en las figuras 10 a 13 y en las fotografías 13 a 20.



**FIGURA 10. PERFIL ESTRATIGRÁFICO PCA-1**



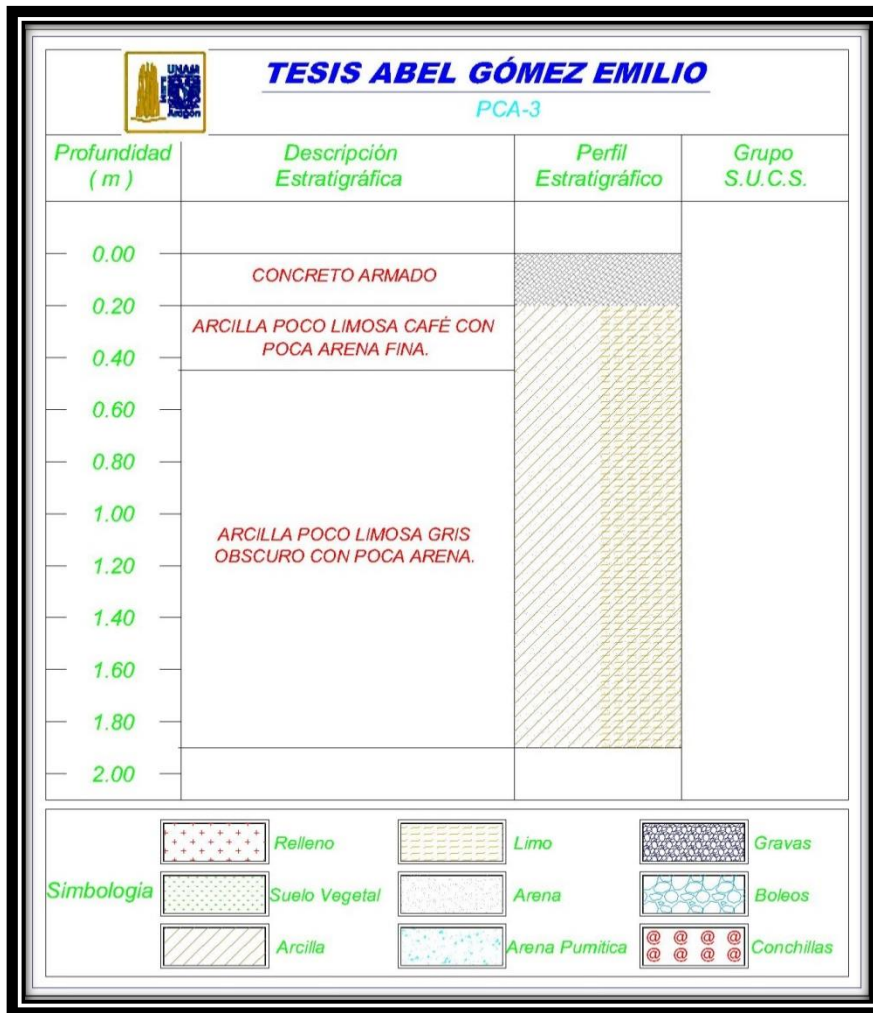
**FOTOGRAFÍAS 13-14. PERFIL ESTRATIGRÁFICO PCA-1**



**FIGURA 11. PERFIL ESTRATIGRÁFICO PCA-2**



**FOTOGRAFÍAS 15-16. PERFIL ESTRATIGRÁFICO PCA-2**



**FIGURA 12. PERFIL ESTRATIGRÁFICO PCA-3**



**FIGURA 17-18. PERFIL ESTRATIGRÁFICO PCA-3**

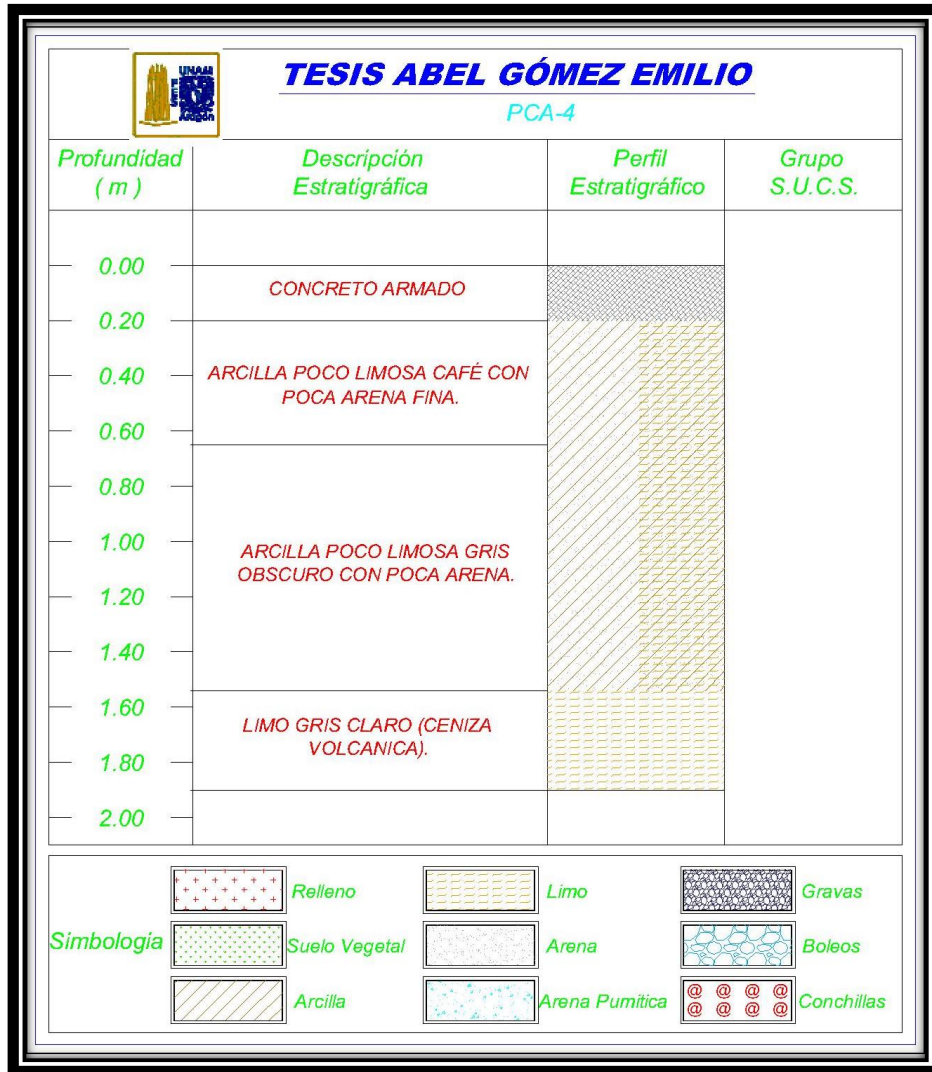


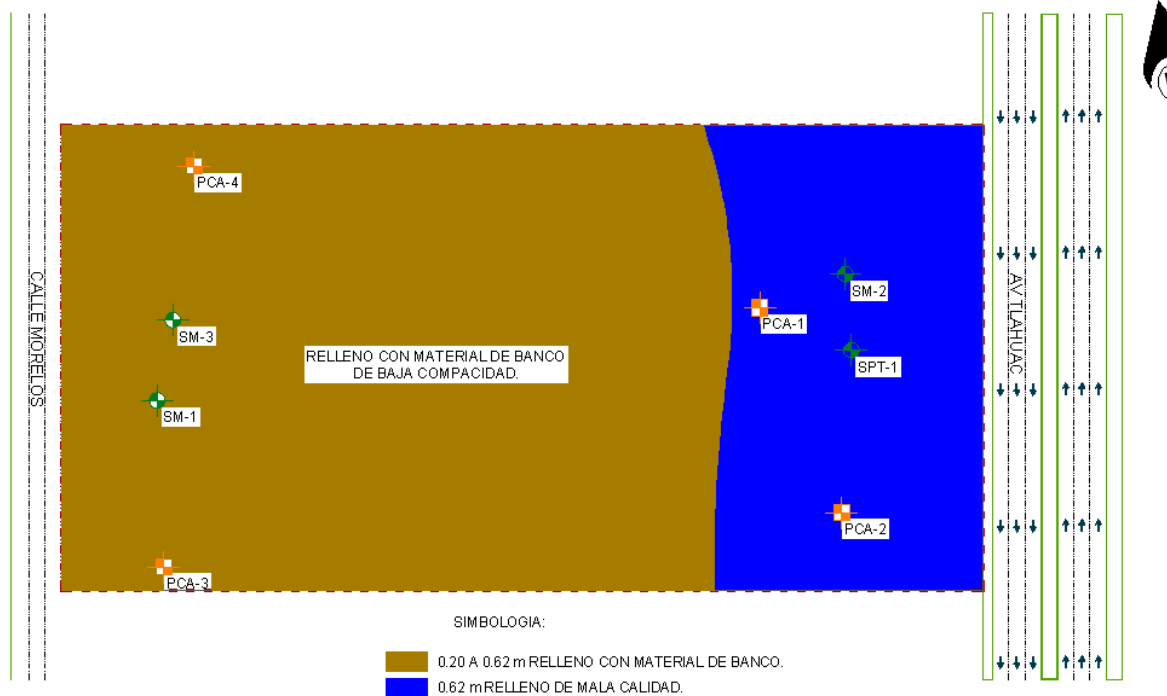
FIGURA 13. PERFIL ESTRATIGRÁFICO PCA-4



FOTOGRAFÍAS 19-20. PERFIL ESTRATIGRÁFICO PCA-4

La zonificación de rellenos y materiales redepositados localizados en los pozos a cielo abierto excavados se muestra en la figura 14.

## ZONIFICACIÓN DE RELLENOS



**FIGURA 14. ZONIFICACIÓN DE RELLENOS**

En la figura 15 se presenta los registros de campo del sondeo profundo de penetración estándar, en la figura 16, 17 Y 18 se presentan los registros de campo de los sondeos mixtos, y en las figuras 19, 20, 21 y 22 se muestran las gráficas de los perfiles estratigráficos de los sondeos profundos realizados.



PROYECTO: AV. TLAHUAC 4409      HOJA 1 UBICACIÓN: TLAHUAC IZTAPALAPA      BOMBA: MOYNO 3L6 SONDEO: SPT-1      LONG YEAR 34      FECHA DE TERMINACIÓN: 19/ABRIL/12 N.A.F.: (2.40mts (19-abril-12))      PREFORADORA: 16/ABRIL/12      FECHA DE INICIO:											
Numero Muestra	Profundidad		No. De Golpes			Recuperación		Muestreo		Descripción	
	DE	A	15 cm	30 cm	15 cm	( cm)	Avance				
-	0.00	0.10		AVANCE		-		BT	Avance con Broca Triconica		
1	0.10	0.50	11	50/28		22		TP	Limo arenoso color cafe claro (Materia Organico)		
-	0.50	0.70		AVANCE		-		BT	Avance con Broca Triconica		
2	0.70	1.30	10	14	8	15		TP	Limo poco arenoso arcilloso color cafe obscuro		
3	1.30	1.90	1	5	3	33		TP	Arcilla escaso arenosa color negra		
4	1.90	2.50	1	1	1	30		TP	Arcilla color cafe obscuro		
5	2.50	3.10	1	5	6	46		TP	Arcilla gruesa color cafe grisaceo		
6	3.10	3.70	5	6	3	23		TP	Arcilla escaso limosa color gris verdoso		
7	3.70	4.30	1	2	2	30		TP	Arcilla escaso limosa color gris verdoso		
8	4.30	4.90	PH	1	7	46		TP	Parte/S Arcilla color gris verdosa, Parte/ Arena fina color negra		
SM	4.90	5.50	7	19	8	SR		TP	Sin recuperación de muestra		
9	5.50	6.10	3	6	6	25		TP	Arena fina color negra		
10	6.10	6.70	1	2	1	45		TP	Parte/S Arena fina color negra, Parte/ Arcilla escaso limosa color cafe verdosa		
11	6.70	7.30	PH	1	1	43		TP	Arcilla color cafe verdosa		
12	7.30	7.90	PH	PH	PH	28		TP	Arcilla color cafe verdosa		
13	7.90	8.50	PH	PH	PH	48		TP	Arcilla color cafe verdosa con lentes de arena fina negra		
14	8.50	9.10	PH	PH	PH	40		TP	Arena color cafe verdoso		
15	9.10	9.70	PH	PH	PH	33		TP	Arena color cafe verdoso		
16	9.70	10.30	PH	PH	PH	52		TP	Arena varios tonos		
17	10.30	10.90	PH	PH	PH	34		TP	Arena varios tonos		
18	10.90	11.50	PH	7	10	20		TP	Arena fina color negra		
19	11.50	12.10	PH	1	2	40		TP	Arena fina color negra		
SM	12.10	12.70	1	5	8	SR		TP	Sin recuperación de muestra		
20	12.70	13.30	PH	2	1	50		TP	Parte/S fina fina negra, Parte/ Arcilla rojiza a cafe verdosa		
21	13.30	13.90	PH	5	3	48		TP	Arcilla color cafe rojiza		
22	13.90	14.50	PH	PH	2	45		TP	Arcilla color rojiza a gris verdosa		
23	14.50	15.10	PH	3	3	55		TP	Arcilla color gris verdosa		
24	15.10	15.70	PH	PH	3	53		TP	Arcilla color gris verdosa		
25	15.70	16.30	1	10	9	52		TP	Arcilla poco limosa gris verdosa con lentes de Arena fina color gris verdosa		
26	16.30	16.90	1	4	3	34		TP	Arcilla poco limosa con grumos color gris verdosa		
27	16.90	17.50	6	14	8	48		TP	Arcilla poco limosa con grumos color gris verdosa		
28	17.50	18.10	PH	2	1	57		TP	Arcilla color gris verdosa		
29	18.10	18.70	1	5	4	58		TP	Arcilla color gris verdosa		

SM= SIN MUESTRA  
 SR= SIN RECUPERACION DE MUESTRA  
 TSH= TUBO SHELBY

FIGURA 15. REGISTRO DE CAMPO SPT-1

PROYECTO: AV. TLAHUAC 4409 UBICACIÓN: TLAHUAC IZTAPALAPA SONDEO: SPT-1 N.A.F.: (2.40 mts (19-abril-12))											
PREFORADORA: LONG YEAR 3 BOMBA: M OVNO 3L6 FECHA DE INICIO: 16/ABRIL/12 FECHA DE TERMINACIÓN: 19/ABRIL/12											
HOJA 2											
Numero Muestra	Profundidad		No. De Golpes			Recuperación (cm)	Muestreo		Descripción		
	DE	A	15 cm	30 cm	15 cm		Avance				
30	18.70	19.30	PH	3	3	57	TP	Arcilla color cafe verdosa			
31	19.30	19.90	2	11	8	60	TP	Arcilla varios tonos con lentes de arena fina negra			
32	19.90	20.50	PH	1	5	33	TP	Arcilla color gris verdosa con lentes de arena fina negra			
33	20.50	21.10	PH	9	25	14	TP	Arena fina poco arcillosa color gris verdosa			
34	21.10	21.70	8	12	7	18	TP	Arcilla poco limosa de gris obscuro a claro			
35	21.70	22.30	6	11	6	45	TP	Arcilla poco limosa color gris verdoso claro			
36	22.30	22.90	PH	2	1	54	TP	Arcilla poco arenosa varios tonos			
37	22.90	23.50	PH	11	8	23	TP	Arcilla poco limosa color gris verdosa			
38	23.50	24.10	PH	6	5	19	TP	Arcilla color gris verdosa			
39	24.10	24.70	4	6	3	60	TP	Arcilla escasa arenosa color gris obscuro a claro			
SM	24.70	25.30	2	10	6	SR	TP	Sin recuperación de muestra			
40	25.30	25.90	1	9	9	57	TP	Arcilla escasa arenosa color gris verdosa a cafe verdoso			
41	25.90	26.50	15	39	19	29	TP	Parte/S Arena fina negra, Parte/ Limoso poco arcilloso color gris verdoso			
42	26.50	26.75	22	50/10		22	TP	Limo poco arenoso color gris verdoso a obscuro			
-	26.75	27.10		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica			
43	27.10	27.70	9	37	25	28	TP	Limo arcilloso color gris verdoso			
44	27.70	28.10	8	50	45	45	TP	Parte/S Arcilla poco limosa color verdosa, Parte/ Arcilla Limosa con lentes de ceniza volcanica			
-	28.10	28.30		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica			
45	28.30	28.90	6	30	22	35	TP	Parte/S Arcilla poco limosa gris verdosa, Parte/ Arena fina color gris obscuro			
46	28.90	29.35	30	50	14	14	TP	Arena fina color gris verdoso			
-	29.35	29.50		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica			
47	29.50	29.95	15	50	34	34	TP	Limo arenosa color gris verdoso			
	FIN DEL	SONDEO A LOS	29.95 MTS								

SM= SIN MUESTRA  
 SR= SIN RECUPERACION DE MUESTRA  
 TSH= TUBO SHELBY

FIGURA 15.1 REGISTRO DE CAMPO SPT-1

Numero Muestra		Profundidad		No. De Golpes			Recuperación (cm)	Muestreo Avance	Descripción
		DE	A	15 cm	30 cm	15 cm			
1	0.00	0.60	3	11	5	20	TP	Arcilla limosa negra (Material organico)	
2	0.60	1.20	4	13	9	19	TP	Arcilla poco limosa color negra	
3	1.20	1.80	1	4	3	40	TP	Arcilla color café oscuro con material organico	
4	1.80	2.40	1	3	3	29	TP	Arcilla arenosa color negra	
5	2.40	3.00	4	36	14	46	TP	Arcilla limosa color gris verdoso con grumos	
6	3.00	3.60	4	11	5	26	TP	Arcilla poco limosa color gris verdoso	
7	3.60	4.40	SHELBYA	PRESION		34	TSH	Arcilla poco limosa color gris verdosa ambos lados	
8	4.40	5.00	PH	3	8	42	TP	Arcilla poco limosa café verdosa	
9	5.00	5.60	15	33	20	41	TP	Arena fina color negra	
10	5.60	6.20	5	2	1	14	TP	Arena fina color negra escasa arcillosa	
11	6.20	6.80	PH	1	2	14	TP	Arcilla color gris verdoso	
12	6.80	7.60	SHELBYA	PRESION		53	TPH	P/S arcilla color gris verdosa, P/I arcilla color café con lentes arena fina	
13	7.60	8.20	PH	2	1	12	TP	Arena color café rojiza	
14	8.20	8.80	2	6	3	43	TP	P/S arcilla color café, P/I arena fina negra	
15	8.80	9.40	5	2	1	29	TP	P/S arena fina color negra, P/I arcilla color café verdosa	
16	9.40	10.20	SHELBYA	PRESION		79	TSH	Arcilla color café verdosa ambos lados	
17	10.20	10.80	23	30	9	50	TP	P/S arcilla color gris verdosa, P/I arena fina color negra	
18	10.80	11.40	1	8	7	46	TP	Arena fina color negra en partes media arcilla del mismo color	
SM	11.40	12.00	1	2	2	SM	TP	Sin recuperacion de muestra	
19	12.00	12.60	3	4	2	50	TP	P/S arena fina color negra, P/I arcilla varios tonos	
20	12.60	13.20	PH	PH	PH	34	TP	Arcilla color café rojiza	
21	13.20	13.80	PH	4	2	42	TP	Arcilla color café rojiza	
22	13.80	14.40	1	2	3	46	TP	Arcilla varios tonos	
23	14.40	15.20	SHELBYA	PRESION		64	TSH	Arcilla color café verdosa a rojiza	
FIN DEL		SONDEO	15.20mts						

FIGURA 16. REGISTRÓ DE CAMPO SM-1

SM = SIN MUESTRA  
 SR = SIN RECUPERACION DE MUESTRA  
 TSH = TUBO SHELBY

PROYECTO: TLAHUAC      LONG YEAR 3 BOMBA: MOYNO 3L6      HOJA 1 UBICACIÓN: MEX. D.F.      PREFORADORA:      26-sep-12      FECHA DE INICIO:      29-sep-12 SONDEO: SM-2      FECHA DE INICIO:      26-sep-12      FECHA DE TERMINACIÓN: N.A.F.: 2.65.mts (25-9-12), 2.05.mts (26-9-12)											
Numero Muestra	Profundidad		No. De Golpes			Recuperación (cm)	Muestreo		Descripción		
	DE	A	15 cm	30 cm	15 cm		Avance	Avance			
-	0.00	0.20		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Tricónica			
1	0.20	0.80	13	30	19	27	TP	Limo arenoso color café claro (Material de relleno)			
2	0.80	1.40	8	21	14	10	TP	Limo arenoso color café claro (Material de relleno)			
3	1.40	2.00	2	5	3	37	TP	Arcilla limosa con arena fina color negrozco			
4	2.00	2.60	2	4	3	35	TP	Arcilla limosa con arena en zapata color café obscuro			
5	2.60	3.20	1	2	1	37	TP	Arena fina limosa poco arcillosa color negrozco y café obscuro			
6	3.20	3.80	3	7	3	30	TP	Arcilla limosa color gris claro con arena pomítica en zapata			
7	3.80	4.40	6	17	8	30	TP	Limo arcilloso color gris verdoso			
8	4.40	5.00	7	10	4	27	TP	Arcilla limosa color gris verdosa			
9	5.00	5.80	SHELBY	A	PRESION	17	THS	Arcilla limosa color gris verdosa (Muestra Representativa)			
10	5.80	6.40	1	2	1	37	TP	Arcilla limosa con un lente de arena fina varios tonos			
11	6.40	7.20	SHELBY	A	PRESION	38	THS	Arcilla limosa color café claro y café rojizo ambos lados			
12	7.20	7.80	1	2	1	42	TP	Arcilla limosa con un lente de arena fina varios tonos			
13	7.80	8.40	PH	1	1	35	TP	Arcilla limosa con intercalaciones de arena fina color café claro y negrozco			
SM	8.40	9.00	2	5	3	SR	TP	Sin recuperacion de muestra			
14	9.00	9.60	PH	PH	PH	27	TP	Arcilla limosa color café rojizo			
15	9.60	10.20	8	20	11	57	TP	Parte/S Arcilla limosa café rojizo, Parte// Arena fina limosa negrozca			
16	10.20	10.80	PH	2	3	12	TP	Arena fina limosa negrozca			
17	10.80	11.40	1	2	3	45	TP	P/S Arcilla limosa con un lente de arena fina café claro y negrozco, P// Arena fina en zapata negrozca			
SM	11.40	12.00	14	30	10	SR	TP	Sin recuperacion de muestra			
18	12.00	12.60	1	3	7	17	TP	Arena fina limosa negrozca			
19	12.60	13.20	7	22	2	57	TP	Parte/S Arena fina limosa negrozca Parte// Arcilla limosa café obscura en zapata			
20	13.20	14.00	SHELBY	A	PRESION	60	THS	Parte/S Arcilla café obscuro, Parte// arcilla limosa color gris verdoso			
21	14.00	14.60	PH	PH	PH	57	TP	Arcilla limosa color gris verdoso			
22	14.60	15.20	PH	1	1	30	TP	Arcilla limosa varios tonos con un lente de arena fina			
23	15.20	15.80	PH	1	1	50	TP	Arcilla limosa con arena fina gris verdosa			
24	15.80	16.40	PH	8	9	35	TP	Arcilla limosa con un lente de arena fina color gris obscuro			
25	16.40	17.00	4	7	4	40	TP	Arcilla limosa color gris verdoso con arena fina en zapata			
26	17.00	17.60	8	6	4	35	TP	Arcilla limosa con arena fina en zapata color gris obscuro poco verdoso			
27	17.60	18.20	2	1	2	30	TP	Arcilla limosa color gris verdosa			
28	18.20	19.00	SHELBY	A	PRESION	75	THS	Arcilla limosa color gris verdosa ambos lados			
29	19.00	19.60	PH	PH	PH	37	TP	Arcilla limosa color café obscuro y gris verdoso			
SM	19.60	20.20	PH	PH	PH	SR	TP	Sin recuperacion de muestra			
<b>PERDIDA TOTAL DE AGUA A LOS 28 MTS</b>											
<b>SR- SIN RECUPERACION DE MUEST</b>											
<b>OBSERVACION:</b>											
<b>SE RECUPERO EL AGUA A LOS 30 MTS</b>											
<b>PERDIDA DE AGUA EN UN 40 %</b>											

FIGURA 17. REGISTRÓ DE CAMPO SM-2

Número Muestra		Profundidad		No. De Golpes			Recuperación (cm)	Muestreo		Descripción	
		DE	A	15 cm	30 cm	15 cm		Avance	TP		
30		20.20	20.80	PH	PH	PH	38	TP	Arcilla limosa color café obscuro		
SM		20.80	21.40	PH	PH	PH	SR	TP	Sin recuperación de muestra		
31		21.40	22.00	PH	10	11	38	TP	Arcilla limosa color gris verdoso		
32		22.00	22.60	PH	PH	PH	40	TP	Arcilla escasa limosa color café verdoso claro		
33		22.60	23.20	PH	PH	PH	50	TP	Arcilla escasa limosa color café obscuro a verdoso		
34		23.20	23.80	6	18	19	40	TP	Arcilla limosa poco arenosa color gris verdosa		
35		23.80	24.40	2	6	9	60	TP	Arcilla limosa poco arenosa color gris verdosa		
SM		24.40	25.00	4	8	11	SR	TP	Sin recuperación de muestra		
36		25.00	25.60	PH	1	6	47	TP	Arcilla limosa varios tonos con lentos de ceniza volcanica en zapata		
37		25.60	26.20	10	21	23	10	TP	Arena fina color gris obscuro		
38		26.20	26.80	14	28	50	35	TP	Limo arcilloso color gris obscuro		
39		26.80	27.40	17	35	27	15	TP	Limo arcilloso color gris obscuro		
40		27.40	28.00	6	19	27	20	TP	Limo arcilloso color gris verdoso		
SM		28.00	28.60	1	6	26	SR	TP	Sin recuperación de muestra		
41		28.60	29.05	21	50		24	TP	Arena fina limosa color gris obscuro a poco verdoso		
-		29.05	29.20		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica		
42		29.20	29.55	37	50/20		19	TP	Arena fina limosa color gris obscura poco verdosa		
-		29.55	29.80		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica		
43		29.80	30.25	12	50		30	TP	Arena fina limosa color gris obscura		
-		30.25	30.40		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica		
44		30.40	30.85	22	50		13	TP	Arena fina limosa color gris verdosa		
-		30.85	31.00		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica		
45		31.00	31.45	14	50		30	TP	Arena fina limosa color gris verdosa		
-		31.45	31.60		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica		
46		31.60	31.95	12	50/20		27	TP	Arena fina limosa color gris verdosa		
-		31.95	32.20		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica		
47		32.20	32.60	19	50/25		25	TP	Arena fina limosa color gris verdosa		
-		32.60	32.80		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica		
48		32.80	33.15	24	50/20		33	TP	Arena fina limosa color gris verdosa		
-		33.15	33.40		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica		
49		33.40	33.80	38	50/25		38	TP	Arena fina limosa color gris verdosa		
-		33.80	34.00		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica		
SM		34.00	34.15	50			SR	TP	Sin recuperación de muestra		
SM= SIN MUESTRA		PERDIDA TOTAL DE AGUA A LOS 28 MTS									
SR= SIN RECUPERACION DE MUESTRA		SE RECUPERO EL AGUA A LOS 30 MTS									
TSH= TURBO SHELBY		PERDIDA DE AGUA EN UN 40 %									

FIGURA 17.1 REGISTRO DE CAMPO SM-2

PROYECTO: TLAHUAC		LONG YEAR 3 BOMBA: M OYNO 3L6		HOJA 3	
UBICACIÓN: MEX. D.F. SM-2		PREFORADORA: 26-sep-12		FECHA DE TERMINACIÓN: 29-sep-12	
SONDEO: 2.65 mts (25-9-12), 2.05 mts (26-9-12)		FECHA DE INICIO: 26-sep-12			
N.A.F.:					
Numero Muestra	Profundidad DE	No. De Golpes	Recuperación ( cm )	Muestreo Avance	Descripción
-	34.15	30 cm AVANCE	15 cm	-	BT Avance con Broca Triconica
50	34.60	50/14	37	26	TP Limo arenoso color gris verdoso
-	34.89	AVANCE		-	BT Avance con Broca Triconica
51	35.20	50/10	25	12	TP Limo arenoso color gris verdoso
FIN DEL SONDEO		A LOS 35.45 MTS			
SM= SIN MUESTRA		PERDIDA TOTAL DE AGUA A LOS 28 MTS			
SR- SIN RECUPERACION DE MUESTRA		SE RECUPERO EL AGUA A LOS 30 MTS			
TSH- TUBO SHELBY		PERDIA DE AGUA EN UN 40 %			
OBSERVACION:					

FIGURA 17.2 REGISTRÓ DE CAMPO SM-2

PROYECTO: TLAHUAC      HOJA 1 UBICACIÓN: MEX. D.F.      LONG YEAR 34      BOMBA: MOYNO 3L6 SONDEO: SM-3      PREFORADORA:      1-oct-12      FECHA DE TERMINACIÓN: 6-oct-12 N.A.F.: 1.40mts (02-10-12), 2.10mts (5-10-12)      PREFERADORA:      1-oct-12      FECHA DE TERMINACIÓN:											
Numero Muestra	Profundidad		No. De Golpes			Recuperación (cm)	Muestreo	Descripción			
	DE	A	15 cm	30 cm	15 cm						
1	0.00	0.60	2	1	2	37	TP	Arcilla limosa negraza con raíces			
2	0.60	1.20	1	2	2	33	TP	Arcilla limosa negraza			
3	1.20	1.80	3	5	4	35	TP	Arcilla limosa negraza			
4	1.80	2.40	2	4	2	38	TP	Limo arenoso con un lente de Arena pomítica negraza y gris verdoso			
5	2.40	3.00	1	3	4	42	TP	Arcilla limosa color gris obscuro y café obscuro			
6	3.00	3.60	20	33	36	30	TP	Arcilla limosa color gris obscuro y café obscuro			
7	3.60	4.40	-	SHELBY	-	42	THS	Arcilla limosa color gris obscuro y café obscuro			
8	4.40	5.00	18	35	33	38	TP	Arcilla limosa color gris obscuro y café obscuro			
9	5.00	5.60	2	2	3	35	TP	Arcilla limosa color café claro			
10	5.60	6.20	PH	PH	PH	40	TP	Arcilla limosa color café claro			
11	6.20	6.80	1	2	2	47	TP	Arcilla limosa color café claro			
12	6.80	7.40	1	1	1	51	TP	Arcilla limosa color café claro			
13	7.40	8.00	PH	PH	1	49	TP	Arcilla limosa color café claro			
14	8.00	8.80	SHELBY	SHELBY	70	70	THS	Arcilla limosa color café claro			
15	8.80	9.40	PH	3	6	45	TP	Arcilla limosa color café claro			
16	9.40	10.00	7	7	50	50	TP	Arcilla limosa color café claro			
17	10.00	10.60	35	40	41	57	TP	Parte/S Arcilla limosa café claro, Parte// Arena fina limosa negraza			
18	10.60	11.20	5	8	9	55	TP	Arcilla limosa color café claro			
19	11.20	11.80	2	3	5	47	TP	Arcilla limosa color café claro			
20	11.80	12.60	SHELBY	SHELBY	80	80	THS	Arcilla limosa color café claro			
21	12.60	13.20	4	2	3	41	TP	Arcilla limosa color café claro			
22	13.20	13.80	2	6	4	44	TP	Arcilla limosa color café claro			
23	13.80	14.40	40	45	48	45	TP	Parte/S Arcilla limosa gris verdosa, Parte// Ceniza volcánica			
24	14.40	15.00	3	5	7	51	TP	Arcilla limosa color café verdoso			
25	15.00	15.60	2	3	4	46	TP	Arcilla limosa color café verdoso			
26	15.60	16.40	1	SHELBY	3	50	THS	Arcilla limosa con arena fina color gris verdoso ambos lados			
27	16.40	17.00	4	9	11	38	TP	Arcilla limosa color café verdoso			
28	17.00	17.60	6	1	17	43	TP	Arcilla limosa color café verdoso			
29	17.60	18.20	PH	PH	1	35	TP	Arcilla limosa color café verdoso			
30	18.20	18.80	PH	PH	1	47	TP	Arcilla limosa color café verdoso			
31	18.80	19.40	1	2	2	35	TP	Arcilla limosa color café verdoso			
32	19.40	20.00	3	5	4	42	TP	Arcilla limosa color café verdoso			

FIGURA 18. REGISTRÓ DE CAMPO SM-3

PROYECTO: TLAHUAC UBICACIÓN: MEX. D.F. SONDEO: SM-3 N.A.F.: 1-40 mts (02-10-12), 2-10 mts (5-10-12)											
PREFORADORA: M OYNO 316 BOMBA: 1-oct-12 FECHA DE TERMINACIÓN: 6-oct-12											
LONG YEAR 34 BOMBA: 1-oct-12 FECHA DE TERMINACIÓN: 6-oct-12											
HOJA 2											
Número Muestra	Profundidad		No. De Golpes			Recuperación (cm)	Muestreo		Descripción		
	DE	A	15 cm	30 cm	15 cm		Avance	TP			
33	20.00	20.60	4	7	3	42	TP	Arcilla limosa color café verdoso			
34	20.60	21.20	2	4	4	35	TP	Arcilla limosa color café verdoso			
35	21.20	21.80	1	3	2	37	TP	Arcilla limosa con un lente de arena fina varios tonos			
36	21.80	22.40	PH	4	7	53	TP	Arcilla limosa con arena en zapata varios tonos			
37	22.40	23.00	11	35	15	14	TP	Parte/S Arena fina limosa negruzco, Parte/ Arcilla limosa color café grisáceo			
38	23.00	23.60	1	5	3	50	TP	Arcilla limosa con material orgánico color café rojizo y gris verdoso			
39	23.60	24.20	1	14	11	39	TP	Limo arenoso poco arcilloso color gris claro			
40	24.20	24.80	6	10	17	42	TP	Limo arenoso poco arcilloso color gris claro			
41	24.80	25.40	15	25	12	35	TP	Limo arenoso poco arcilloso color gris claro			
42	25.40	26.00	2	11	8	53	TP	Arcilla limosa varios tonos			
43	26.00	26.60	6	17	15	38	TP	Arcilla limosa con un lente de ceniza volcánica color gris verdosa			
44	26.60	27.20	PH	4	6	35	TP	Arcilla limosa con arena fina en zapata color gris obscuro			
45	27.20	27.80	10	12	12	37	TP	Arcilla limosa con arena fina color gris obscura			
46	27.80	28.40	3	10	8	45	TP	Limo arenoso poco arcilloso color gris verdoso			
47	28.40	29.00	18	37	26	20	TP	Limo arenoso poco arcilloso color gris verdoso			
48	29.00	29.60	17	34	23	30	TP	Limo arenoso color gris verdoso			
49	29.60	30.20	16	40	44	37	TP	Limo arenoso poco arcilloso color gris verdoso			
50	30.20	30.80	16	24	19	17	TP	Arena fina limosa color gris verdoso			
51	30.80	31.40	3	13	9	47	TP	Limo arenoso poco arcilloso color gris verdoso			
52	31.40	32.00	2	30	15	37	TP	Limo arenoso color gris verdoso			
53	32.00	32.30	10	50/15		17	TP	Limo arenoso color gris obscuro			
-	32.30	32.60		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica			
54	32.60	33.05	20	50		29	TP	Arena fina limosa color gris obscuro			
-	33.05	33.20		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica			
55	33.20	33.65	19	50		35	TP	Arena fina limosa color gris obscuro			
-	33.65	33.80		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica			
56	33.80	34.40	16	35	25	42	TP	Arena fina limosa color gris claro			
57	34.40	34.75	15	50/20		35	TP	Arena fina limosa color gris verdoso			
-	34.75	35.00		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica			
58	35.00	35.30	26	50/15		27	TP	Arena fina limosa color gris verdoso			
-	35.30	35.60		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica			
SM	35.60	35.73	50/13			SR	TP	Sin recuperación de muestra			
-	35.73	36.20		AVANCE		-	BT	Avance con Broca Triconica			

FIGURA 18.1 REGISTRO DE CAMPO SM-3



PROYECTO: TLAHUAC UBICACIÓN: MEX. D.F. SONDEO: SM-3 N.A.F.: 1.40 mts (02-10-12), 2.10 mts (5-10-12)											
PREFORADORA: MOYNO 3L6 LONG YEAR 3 BOMBA: MOYNO 3L6 FECHA DE INICIO: 1-oct-12 FECHA DE TERMINACIÓN: 6-oct-12											
HOJA 3											
Numero Muestra	Profundidad		No. De Golpes			Recuperación (cm)	Muestreo		Descripción		
	DE	A	15 cm	30 cm	15 cm		Avance				
59	36.20	36.35	50			15	TP		Arena fina limosa color gris obscura		
-	36.35	36.80		AVANCE		-	BT		Avance con Broca Triconica		
60	36.80	37.15	28	50/20		27	TP		Arena fina limosa color gris obscura		
-	37.15	37.40		AVANCE		-	BT		Avance con Broca Triconica		
61	37.40	37.70	20	50/15		27	TP		Limo arenoso color gris verdoso		
-	37.70	38.00		AVANCE		-	BT		Avance con Broca Triconica		
62	38.00	38.25	39	50/10		21	TP		Limo arenoso con grumos color gris verdoso		
-	38.25	38.60		AVANCE		-	BT		Avance con Broca Triconica		
SM	38.60	38.67	50/07				TP		Sin recuperación de muestra		
-	38.67	39.20		AVANCE		-	BT		Avance con Broca Triconica		
63	39.20	39.55	47	50/20		33	TP		Limo arenoso color gris verdoso		
-	39.55	39.80		AVANCE		-	BT		Avance con Broca Triconica		
64	39.80	40.10	38	50/15		27	TP		Arena fina limosa con grumos color gris obscuro		
SM= SIN MUESTRA							OBSERVACION: A LOS 23.60 PERDIDA TOTAL DE AGUA				
SR= SIN RECUPERACION DE MUESTRA											
TSH= TUBO SHELBY											

FIGURA 18.2 REGISTRÓ DE CAMPO SM-3

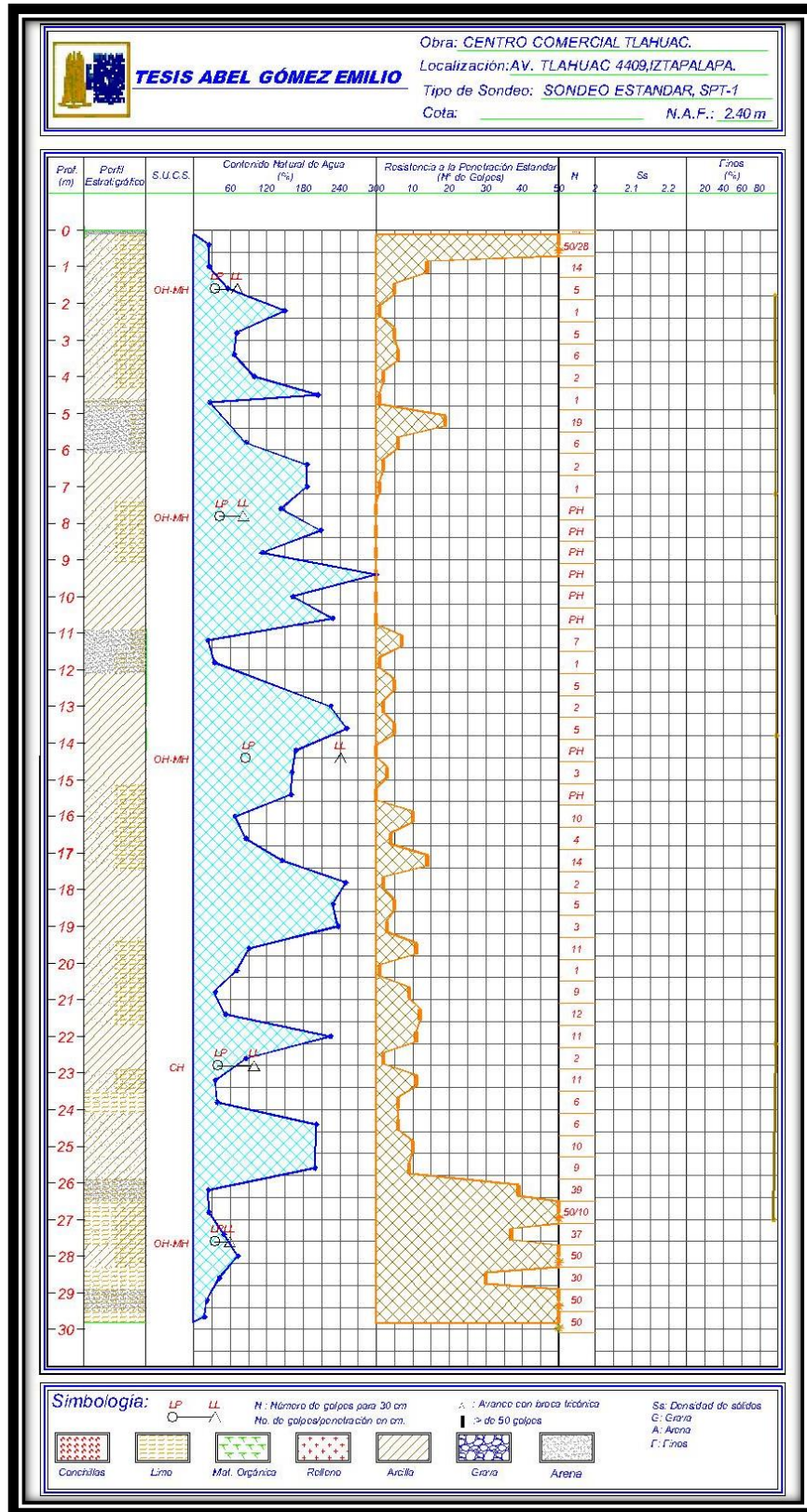


FIGURA 19. PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SPT-1.



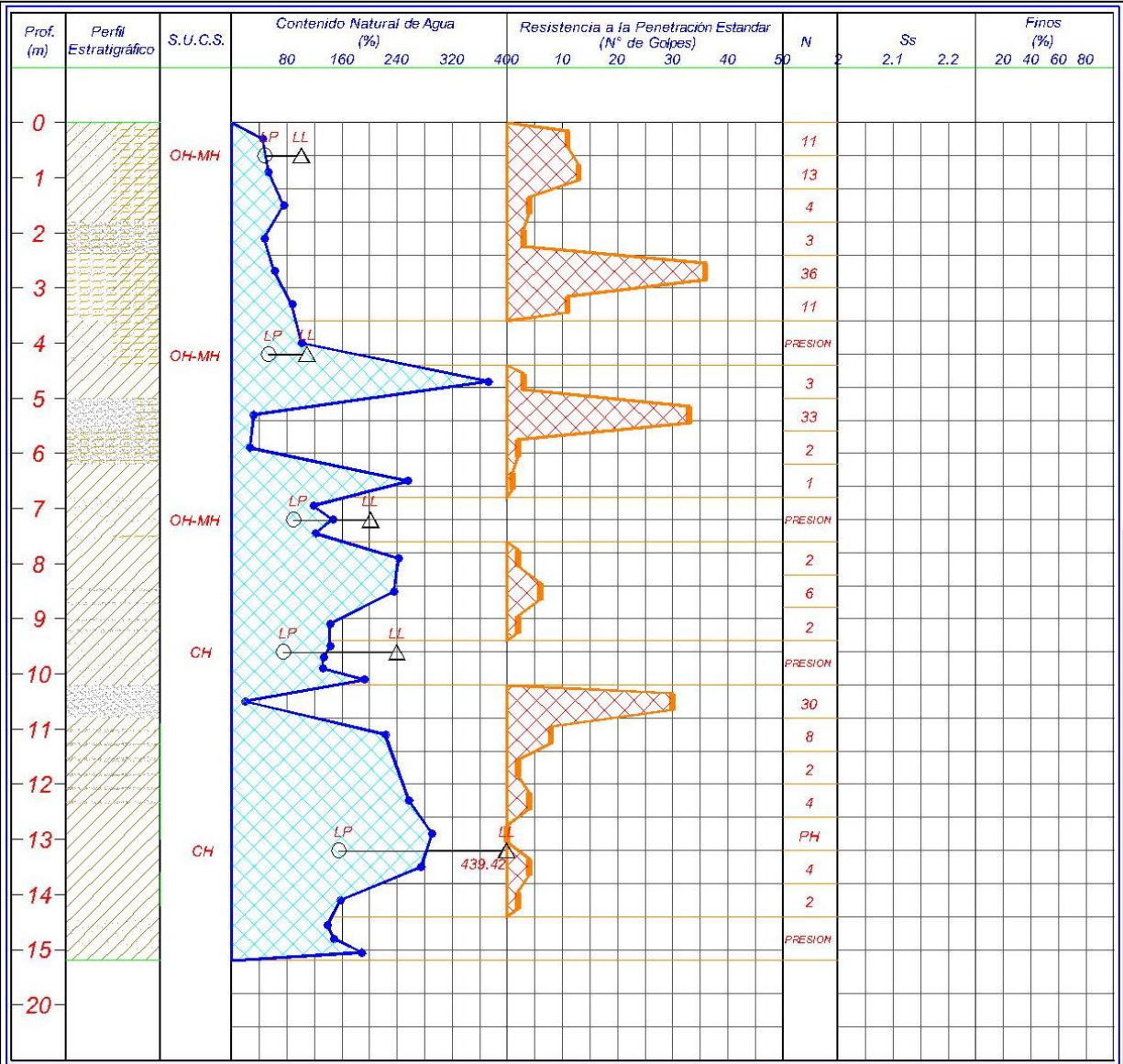
## TESIS ABEL GÓMEZ EMILIO

Obra: CENTRO COMERCIAL TLAHUAC.

Localización: AV. TLAHUAC 4409, IZTAPALAPA.

Tipo de Sondeo: SONDEO MIXTO, SM-1

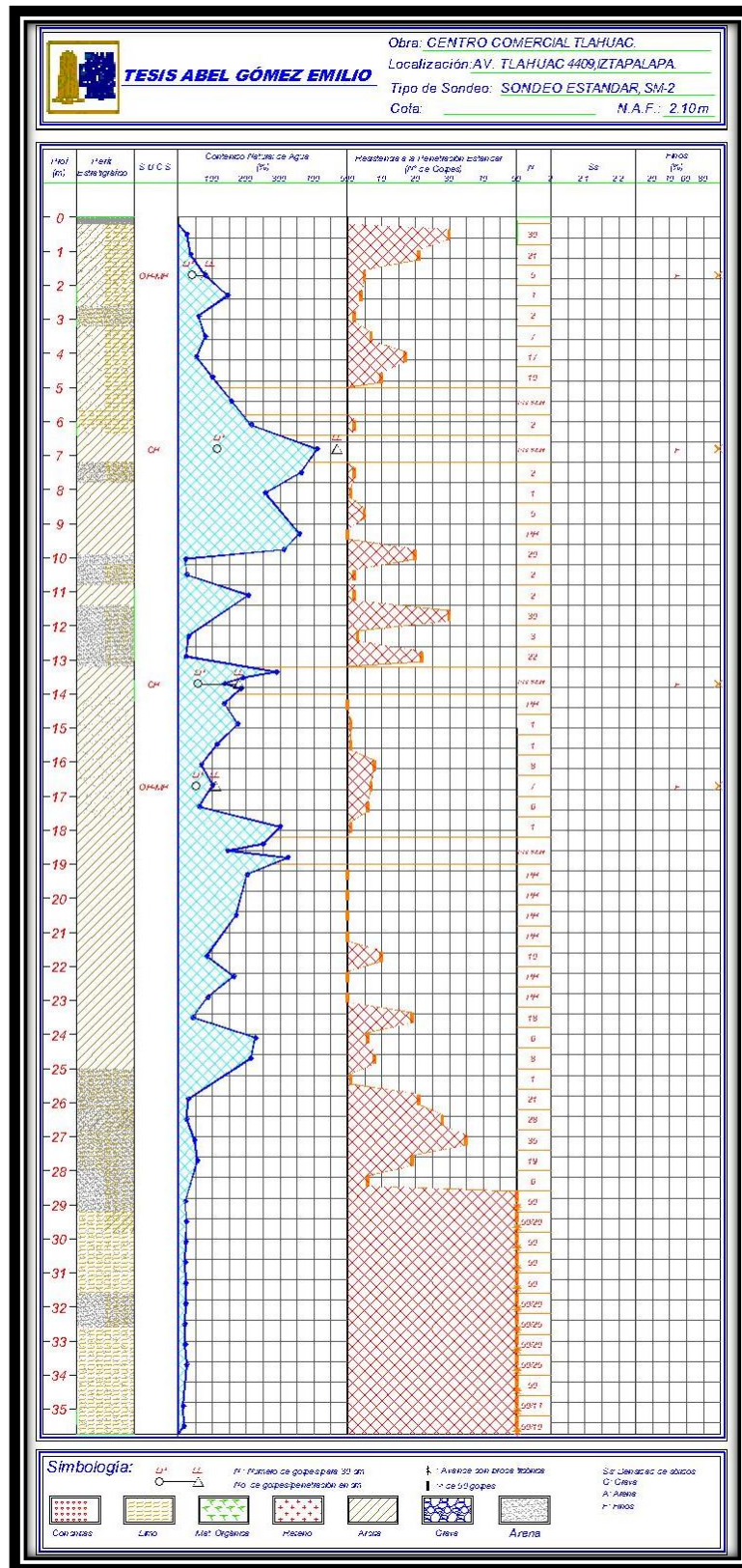
Cota: \_\_\_\_\_ N.A.F.: 1.80 m



### Simbología:



FIGURA 20. PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SM-1.



**FIGURA 21. PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SM-2.**

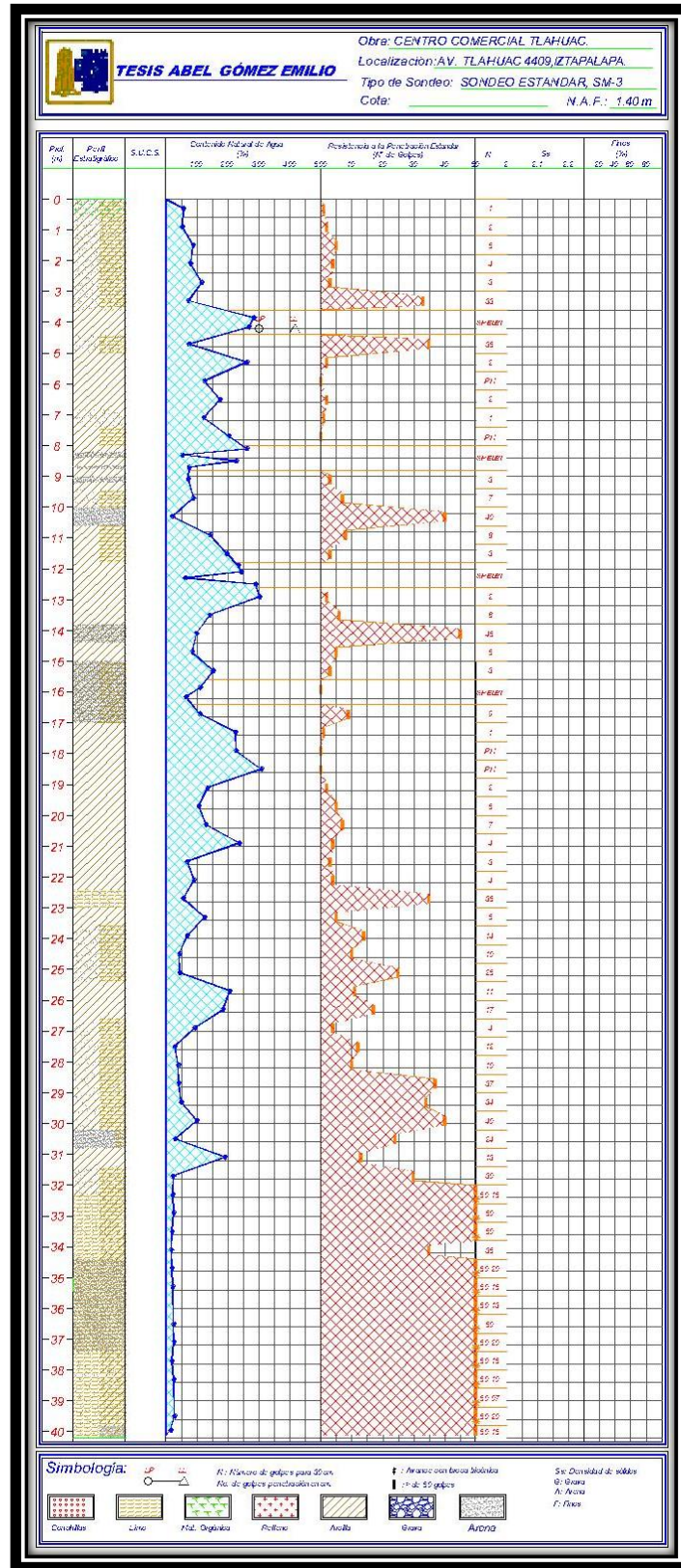


FIGURA 22. PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SM-3.

En la figura 23 se presenta un corte estratigráfico longitudinal general del subsuelo en el sitio de interés correlacionando los sondeos profundos realizados.

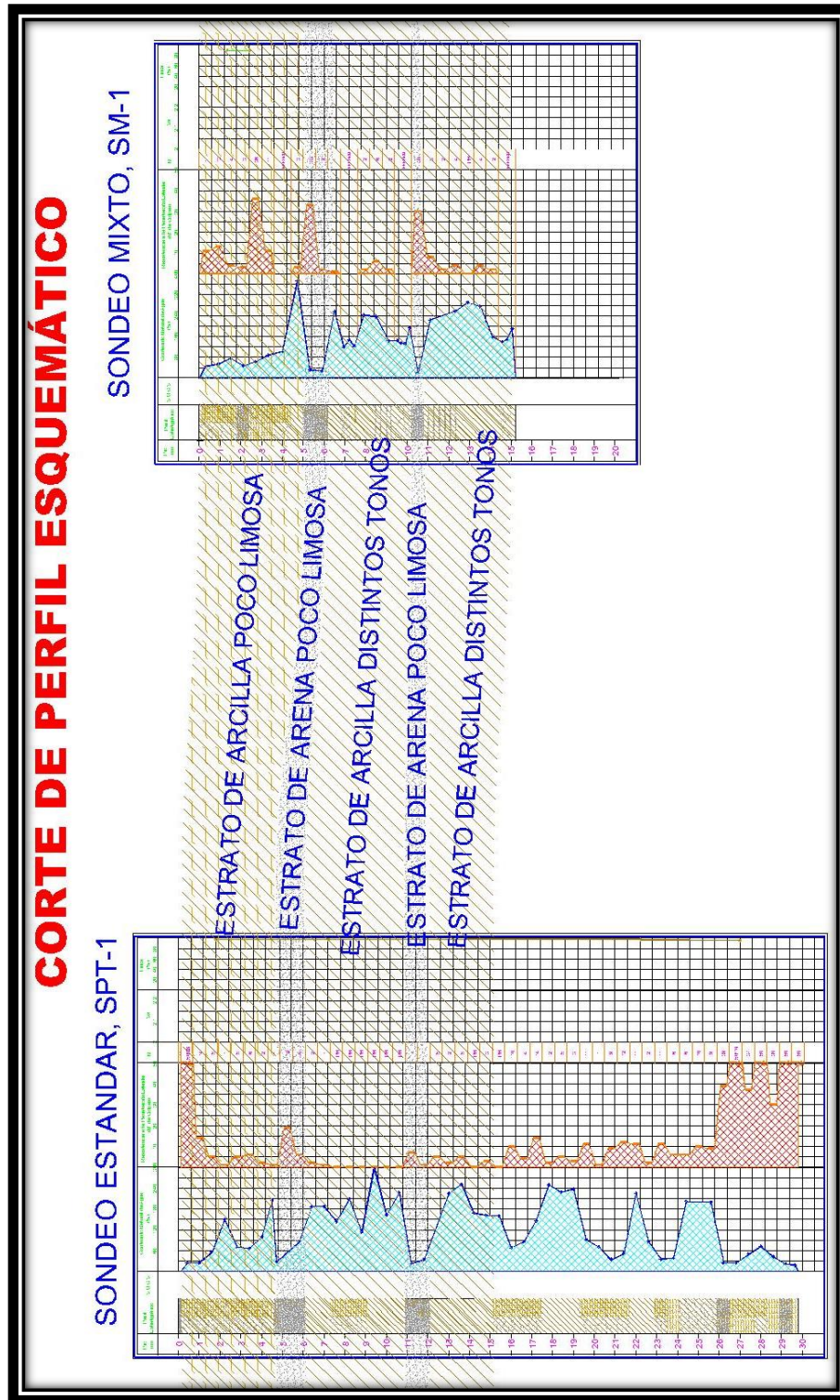


FIGURA 23. CORTE REPRESENTATIVO ESTRATIGRÁFICO

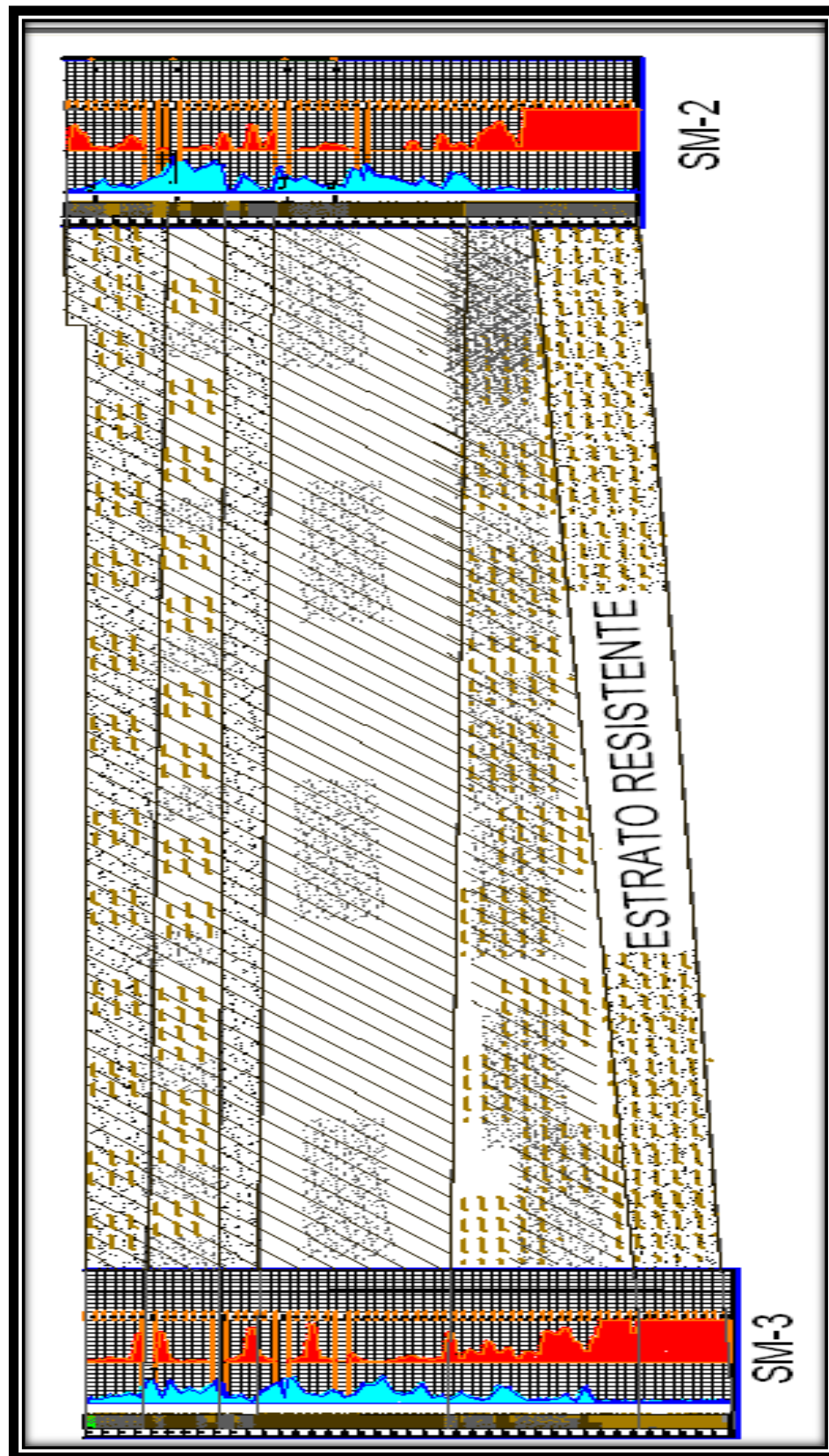


FIGURA 23.1 CORTE REPRESENTATIVO ESTRATIGRÁFICO



## 2.3.- Método de penetración estándar

Con este método se obtiene principalmente muestras alteradas de suelo, la importancia y utilidad mayores de la prueba de penetración estándar radican en las correlaciones realizadas en el campo y en el laboratorio en diversos suelos, sobre todo en arenas, que permiten relacionar aproximadamente la compacidad, el ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) en arenas y el valor de la resistencia a la compresión simple ( $q_u$ ) en arcillas.

La prueba se realiza dejando caer un martillo que pesa 63.5 Kg sobre la barra de perforación, desde una altura de 76 cm. El número de golpes N necesarios para producir una penetración de 30 cm se considera la resistencia a la penetración. Por considerar la falta de apoyo, los golpes de los primeros 15 cm. de penetración no se toman en cuenta; en cambio se cuentan los golpes necesarios para la penetración de los siguientes 15 cm, es decir entre 15 y 45 cm, que constituyen el valor de N.

Se obtuvieron muestras alteradas, así como inalteradas del sondeo profundo, dentro de las cuales se realizaron diversas pruebas de laboratorio, se obtuvieron resultados para obtener los parámetros con los cuales se realizarán los cálculos y la revisión de la cimentación que se considere más conveniente y su proceso constructivo.

Con estas pruebas se obtienen las propiedades físicas y mecánicas del suelo que subyace al terreno de interés y en la figuras 15 y 19 se muestran los perfiles estratigráficos de los sondeos profundos junto con los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas al muestreo.

### Correlación entre la resistencia a la penetración y las propiedades de los suelos a partir de la prueba de penetración estándar (TABLA 2-3).

ARENAS (BASTANTE SEGURAS)	
No. DE GOLPES POR 30 CM. N	COMPACIDAD RELATIVA
0 - 4	MUY SUELTA
5 - 10	SUELTA
11 - 30	MEDIA
31 - 50	COMPACTA
MAS DE 50	MUY COMPACTA

ARCILLAS (RELATIVAMENTE INSEGURA)	
No. DE GOLPES POR 30 CM. N	CONSISTENCIA
MENOS DE 2	MUY BLANDA
2 - 4	BLANDA
5 - 8	MEDIA
9 - 15	FIRME
15 - 30	MUY FIRME
MAS DE 30	DURA



### 3.- ENSAYES DE LABORATORIO



PRUEBA LIMITES DE CONSISTENCIA



PRUEBA COMPRESIÓN SIMPLE



PRUEBA TRIAXIAL



PRUEBA DE CONSOLIDACIÓN

FOTOGRAFÍAS 21-24. EQUIPO DE LABORATORIO



## 3.1.- Pruebas de laboratorio

En las muestras representativas alteradas obtenidas, se hicieron las siguientes Pruebas de laboratorio:

- Clasificación visual y al tacto, en húmedo y en seco
- Contenido de agua
- Límites de consistencia y/o granulometría

En las muestras inalteradas obtenidas, además de las anteriores pruebas se hicieron:

- ❖ Compresión axial no confinada
- ❖ Peso volumétrico natural
- ❖ Compresión triaxial rápida.

Las pruebas de laboratorio se realizaron siguiendo las especificaciones establecidas en el Manual de Laboratorio de la S.A.R.H.

Todas las muestras obtenidas se clasificaron en forma visual y al tacto, en estado húmedo y seco mediante pruebas del Sistema Unificado de Clasificación de suelos (S.U.C.S.); se determinó también su contenido natural de agua. En el Anexo II se presentan los registros de laboratorio con los resultados de estos trabajos.

En los estratos representativos se hicieron límites de consistencia o se determinó el porcentaje de finos, según se tratara de suelos finos o gruesos; se obtuvieron en ambos la densidad de sólidos.

En el Anexo II se presentan los resultados de las pruebas para determinar los límites de consistencia, y de porcentajes de finos.

Para conocer los parámetros de resistencia del suelo, se efectuaron en muestras inalteradas ensayos de compresión triaxial no consolidada- no drenada (pruebas UU).

La ley de resistencia definida por la envolvente de los círculos de Mohr correspondientes a los estados de esfuerzo desviador máximo, obtenidos en pruebas de compresión triaxial no consolidada - no drenada, UU, así como los registros de laboratorio y las gráficas de esfuerzo-deformación unitaria, de las pruebas UU, se presentan en el Anexo II.

## 4.- DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA



FIGURA 24. GEOLOGÍA DEL SITIO EN ESTUDIO

Como lo define el artículo 170 del Capítulo VIII del Título Sexto del Reglamento de Construcciones, el Distrito Federal se divide en tres zonas con las siguientes características generales:

- a) Zona I. Lomas, formadas por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta zona, es frecuente la presencia de oquedades en rocas, de cavernas y túneles excavados en suelos para explotar minas de arena y de rellenos no controlados.
- b) Zona II. Transición, en la que los depósitos profundos se encuentran a 20 m de profundidad, o menos, y que está constituida predominantemente por estratos arenosos y limo arenosos intercalados con capas de arcilla lacustre; el espesor de estas es variable entre decenas de centímetros y pocos metros.
- c) Zona III. Lacustre, integrada por potentes depósitos de arcilla altamente compresibles, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Estas capas arenosas son generalmente medianamente compactas a muy compactas y de espesor variable de centímetros a varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales, materiales desecados y rellenos artificiales; el espesor de este conjunto puede ser superior a 50 m.

La investigación del subsuelo del sitio mediante exploración de campo y pruebas de laboratorio se apoyará en el conocimiento geológico general y local que se tenga de la zona de interés y deberá ser suficiente para definir de manera confiable los parámetros de diseño de la cimentación y la variación de los mismos en el predio. Además, deberá permitir obtener información suficiente sobre los aspectos siguientes:

- 1) En la zona I se averiguará si existen en ubicaciones de interés materiales sueltos superficiales, grietas, oquedades naturales o galerías de minas y, en caso afirmativo, se obtendrá la información requerida para su apropiado tratamiento.

En la porción de la zona I no cubierta por derrames basálticos, los estudios se iniciarán con un reconocimiento detallado del lugar donde se localice el predio, así como de las barrancas, cañadas o cortes cercanos al mismo, para investigar la existencia de bocas de antiguas minas o de capas de arena, grava y materiales pumíticos que hubieran podido ser objeto de explotación subterránea en el pasado. El reconocimiento deberá complementarse con los datos que proporcionen habitantes del lugar y la observación del comportamiento del terreno y de las construcciones existentes así como el análisis de fotografías aéreas antiguas. Se determinará si el predio fue usado en el pasado como depósito de desechos o fue nivelado con rellenos colocados sin compactación. Se prestará asimismo atención a la posibilidad de



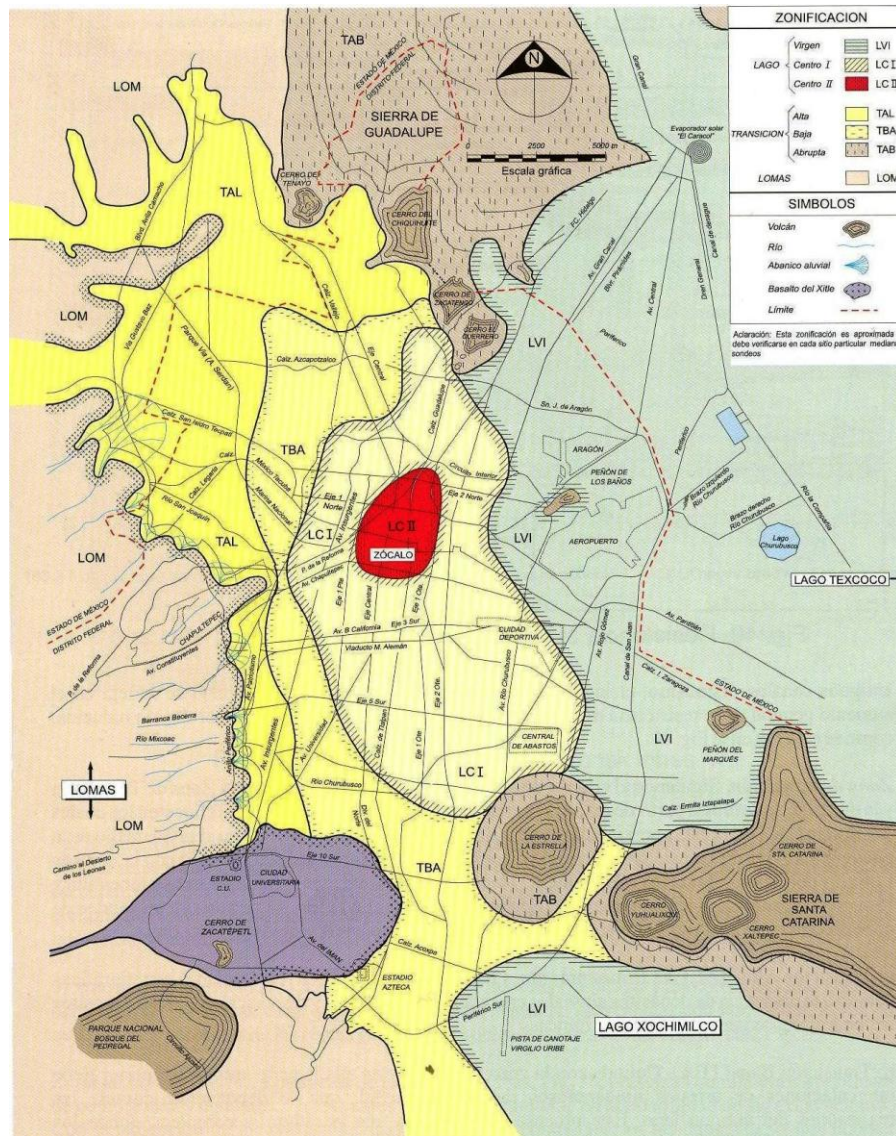
que el suelo natural esté constituido por depósitos de arena en estado suelto o por materiales finos cuya estructura sea inestable en presencia de agua o bajo carga. En los suelos firmes se buscarán evidencias de grietas limpias o rellenas con material de baja resistencia, que pudieran dar lugar a inestabilidad del suelo de cimentación, principalmente, en laderas abruptas. Se prestará también atención a la posibilidad de erosión diferencial en taludes o cortes, debida a variaciones del grado de cementación de los materiales que los constituyen. En las zonas de derrames basálticos, además de localizar los materiales volcánicos sueltos y las grietas superficiales que suelen estar asociados a estas formaciones, se buscarán evidencias de oquedades subterráneas dentro de la lava que pudieran afectar la estabilidad de las cimentaciones. Se tomará en cuenta que, en ciertas áreas del Distrito Federal, los derrames basálticos yacen sobre materiales arcillosos compresibles.

- 2) En las zonas II y III, se averiguará la historia de carga del predio y la existencia de cimentaciones antiguas, restos arqueológicos, rellenos superficiales antiguos o recientes, variaciones fuertes de estratigrafía, suelos inestables o colapsables, o cualquier otro factor que pueda originar asentamientos diferenciales de importancia, de modo que todo ello pueda tomarse en cuenta en el diseño. Asimismo, en estas zonas se deberá investigar la existencia de grietas en el terreno, principalmente en las áreas de transición abrupta entre las zonas I y III.

En la zona II, la exploración del subsuelo se planeará tomando en cuenta que suele haber irregularidades en el contacto entre las diversas formaciones así como mantos de agua colgada y variaciones importantes en el espesor de los suelos compresibles.

#### 4.1.- Levantamiento geológico local

El predio de interés se localiza al Norte del Ex Lago de Xochimilco, en el que se encuentran depósitos lacustres de baja resistencia y alta deformabilidad, de acuerdo a la zonificación geotécnica se ubica en la Zona III denominada Zona de Lago como se observa en la figura 25.



**FIGURA 25. ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

## 4.2.- Características estratigráficas y físicas del subsuelo en el sitio de interés

Los materiales del subsuelo en esta zona están constituidos por depósitos lacustres constituidos por capas interestratificadas de arcilla arenosa y limo poco arcilloso de varios tonos de alta compresibilidad y baja resistencia, del grupo CH según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, y de consistencia variable entre muy blanda y blanda, con un estado de esfuerzos efectivos de la estructura de los depósitos aluvio lacustres pre consolidados por desecación en la superficie pero normalmente consolidados conforme se profundiza; además subyaciendo al estrato anterior entre 0.60 y 28 m se tienen estratos arcillosos poco limosos con

escasa arena, de consistencia muy blanda, con alto contenido de agua, subyaciendo se tienen materiales resistentes.

De acuerdo a los resultados de los trabajos de exploración y muestreo del subsuelo en el sitio de interés, las características estratigráficas y físicas generales de los depósitos del subsuelo presentan la siguiente secuencia:

## 4.2.1.- Descripción del sondeo (SPT-1)

<b>Profundidad (m)</b>	<b>Descripción</b>
0.00 -1.30	Arcilla poco limosa, café claro con poca arena fina; con contenido de humedad medio del 25%, de consistencia variable de firme a dura; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable entre 14 y de más de 50 golpes.
1.30 – 4.30	Arcilla poco limosa, café grisáceo oscuro con poca arena fina; con contenido de humedad variable del 56 a 150%, de consistencia variable de muy blanda a media; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable entre 1 y 6 golpes, de limite liquido igual a 72% y limite plástico de 34% en su porción fina; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo OH-MH.
4.30–4.60	Arcilla, gris verdoso oscuro; con contenido del 186%, de consistencia muy blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 1 golpe.
4.60 – 4.90	Limo arenoso fino, gris oscuro negruzco; con contenido del 27%, de consistencia muy blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 1 golpe.
4.90 – 6.10	Arena fina, gris oscuro negruzco con poco fino de limo no cohesivo; con contenido del 85%, de compacidad media; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 19 golpes.
6.10 – 7.30	Arcilla, gris verdoso oscuro; con contenido del 186%, de consistencia muy blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 1 golpe.

<b>Profundidad (m)</b>	<b>Descripción</b>
7.30 – 9.10	Arcilla poco limosa, gris verdoso oscuro con escasa arena fina; con contenido de humedad variable del 113 a 209%, de consistencia variable de muy blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) peso de herramienta, de límite líquido igual a 82% y límite plástico de 41% en su porción fina; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo OH-MH.
9.10 – 10.90	Arcilla, gris verdoso oscuro; con contenido de humedad variable del 162 a 228%, de consistencia variable de muy blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) peso de herramienta.
10.90 – 11.50	Arena fina, gris obscura negruzca con poco fino de limo no cohesivo; con contenido del 23%, de compactación suelta; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 7 golpes.
11.50 – 12.10	Arena fina y media poco limosa, gris oscuro negruzco; con contenido del 34%, de compactación muy suelta; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 1 golpes.
12.10 – 15.10	Arcilla, café y gris verdoso; con contenido de humedad variable del 161 a 251%, de consistencia variable de muy blanda a blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de peso de herramienta a 5 golpes, de límite líquido igual a 242% y límite plástico de 85% en su porción fina; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo OH-MH.
15.10 – 17.50	Arcilla poco limosa, gris oscuro con escasa arena fina; con contenido de humedad variable del 68 a 146%, de consistencia variable de muy blanda a firme; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de peso de herramienta a 14 golpes.
17.50 – 19.30	Arcilla, gris verdoso oscuro; con contenido de humedad variable del 230 a 250%, de consistencia



variable de blanda a media; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 2 a 5 golpes.

<b>Profundidad (m)</b>	<b>Descripción</b>
19.30 – 21.70	Arcilla poco limosa, gris oscuro con escasa arena fina; con contenido de humedad variable del 35 a 91%, de consistencia variable de muy blanda a firme; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 1 a 12 golpes.
21.70 – 22.90	Arcilla, gris verdoso oscuro; con contenido humedad variable del 86 a 225%, de consistencia variable de blanda a firme; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 2 a 11 golpes, de limite liquido igual a 100% y limite plástico de 40% en su porción fina; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH.
22.90 – 23.50	Arcilla poco limosa, gris oscura con escasa arena fina; con contenido del 35%, de consistencia firme; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 11 golpes.
23.50 – 24.10	Limo, gris oscuro con escasa arena fina; con contenido del 38%, de consistencia muy blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 6 golpes.
24.10 – 25.90	Arcilla, gris oscuro con escasa arena fina; con contenido humedad media del 200%, de consistencia variable de media a firme; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 6 a 10 golpes.
25.90 – 26.50	Arena fina limosa, gris oscuro; con contenido del 24%, de compacidad compacta; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 39 golpes.
26.50 – 27.70	Limo poco arcilloso, café grisáceo con poca arena fina; con contenido de humedad variable del 25 a 50%, de consistencia compacta; índice de



resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 37 a 50 golpes, de límite líquido igual a 60% y límite plástico de 34% en su porción fina; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo OH-MH.

<b>Profundidad (m)</b>	<b>Descripción</b>
27.70 – 28.30	Arcilla poco limosa, gris oscuro con poca arena fina; con contenido del 73%, de consistencia muy compacta; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) más de 50 golpes.
28.30 – 28.90	Limo, gris oscuro con poca arena fina; con contenido de humedad del 42%, de consistencia media; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 30 golpes.
28.90 – 29.35	Arena fina limosa, gris oscuro; con contenido del 22%, de compactación muy compacta; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) más de 50 golpes.
29.35 – 29.95	Limo, gris oscuro con poca arena fina; con contenido de humedad del 18%, de consistencia muy compacta; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) más de 50 golpes.

## 4.2.2.- Descripción del sondeo (SM-1)

<b>Profundidad (m)</b>	<b>Descripción</b>
0.00 – 0.60	Arcilla poco limosa, gris oscuro con poca arena fina; con contenido del 45%, de consistencia muy compacta; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 11 golpes.
0.60 – 1.80	Arcilla poco limosa, gris oscuro con escasa arena fina; con contenido humedad variable del 54 a 76%, de consistencia variable de blanda a firme; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 4 a 13 golpes, de limite liquido igual a 76% y limite plástico de 36% en su porción fina; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo OH-MH.
1.80 – 2.40	Limo arenoso fino, gris oscuro negruzco; con contenido de humedad del 47%, de consistencia blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 3 golpes.
2.40 – 3.60	Limo poco arcilloso, café grisáceo oscuro con poca arena fina; con contenido humedad variable del 63 a 102%, de consistencia media; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 11 a 36 golpes.
3.60 – 4.40	Arcilla poco limosa, gris verdoso oscuro con escasa arena fina; con contenido del 102%, de consistencia blanda; hincado a presión tubo Shelby, de limite liquido igual a 83% y limite plástico de 40% en su porción fina; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo OH-MH.
4.40 – 5.00	Arcilla, gris verdoso oscuro; con contenido humedad del 373%, de consistencia muy blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 3 golpes.
5.00 – 5.60	Arena fina, gris oscuro negruzco con poco fino de limo no cohesivo; con contenido del 32%, de compacidad compacta; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 33 golpes.

<b>Profundidad (m)</b>	<b>Descripción</b>
5.60 – 6.20	Limo arenoso fino, gris oscuro negruzco; con contenido de humedad del 27%, de consistencia blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 2 golpes.
6.20 – 6.80	Arcilla, gris verdoso oscuro; con contenido humedad del 256%, de consistencia muy blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 1 golpes.
6.80 – 7.24	Arcilla, café grisáceo oscuro con poca arena fina; con contenido humedad del 119%, de consistencia blanda; hincado a presión tubo Shelby.
7.24 – 7.42	Arcilla, café rojizo con manchas gris verdoso; con contenido humedad del 147%, de consistencia blanda; hincado a presión tubo Shelby.
7.42 – 7.60	Arcilla poco limosa, gris oscuro con escasa arena fina; con contenido del 122%, de consistencia blanda; hincado a presión tubo Shelby, de límite líquido igual a 151% y límite plástico de 68% en su porción fina; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo OH-MH.
7.60 – 8.20	Arcilla, café rojizo; con contenido humedad del 243%, de consistencia blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 2 golpes.
8.20 – 9.40	Arcilla, gris verdoso con vetas de arena gris oscuro negruzco; con contenido humedad variable del 143 a 236%, de consistencia blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) variable de 2 a 5 golpes.
9.40 – 10.20	Arcilla, café grisáceo oscuro con escasa arena fina; con contenido humedad variable del 132 a 193%, de consistencia variable de blanda a firme, hincado a presión tubo Shelby, de límite líquido igual a 180% y límite plástico de 56% en su porción fina; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH.



<b>Profundidad (m)</b>	<b>Descripción</b>
10.20 – 10.80	Arena fina, gris oscuro negruzco con veta de arcilla gris verdoso; con contenido del 20%, de compacidad media; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 23 golpes.
10.80 – 12.60	Arcilla, gris verdoso con vetas de arena poco limosa gris oscuro negruzco; con contenido humedad variable del 223 a 258%, de consistencia muy blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) medio de 2 golpes.
12.60 – 13.20	Arcilla, café rojizo; con contenido humedad del 291%, de consistencia muy blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) peso de herramienta.
13.20 – 13.80	Arcilla, café verdoso; con contenido humedad del 275%, de consistencia muy blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) peso de herramienta, limite liquido igual a 439% y limite plástico de 116% en su porción fina; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH.
13.80 – 14.40	Arcilla, gris verdoso con manchas café verdoso; con contenido humedad del 158%, de consistencia blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (IRPE) de 4 golpes.
14.40 – 15.00	Arcilla, gris oscuro con escasa arena fina; con contenido humedad variable del 139 a 149%, de consistencia blanda, hincado a presión tubo Shelby.
15.00 – 15.20	Arcilla, gris verdoso oscuro; con contenido humedad del 189%, de consistencia blanda, hincado a presión tubo Shelby.

## 4.2.3.- Sondeo mixto (SM – 2)

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.20	Piso de concreto
0.20 – 1.40	Arcilla poco limosa de color café a café grisáceo oscuro con poca arena fina, la resistencia a la penetración estándar varía entre 21 y 30 golpes, de consistencia media. (Material de relleno)
1.40 – 6.40	Arcilla poco limosa de color café grisáceo , gris oscuro y gris claro, con poca a escasa arena fina, con contenido de agua variable de 61 a 215%, resistencia a la penetración estándar variable entre 2 y 17 golpes, de consistencia blanda a media.
6.40 – 9.90	Arcilla de color café rojizo con lente de arena fina poco limosa de color gris oscuro negruzco, el contenido de agua variable de 257 a 410%, límite líquido igual a 469% y límite plástico de 112% en su porción fina; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH. De consistencia blanda a media.
9.90 – 13.20	Estrato de arena fina, poco limosa de color gris oscuro negruzco, con intercalaciones de arcilla gris verdoso con manchas de color gris oscuro, contenido de agua variable de 22 a 31% para los materiales arenosos y de 207% para la arcilla intercalada, resistencia a la penetración estándar de 2 a 20 golpes, de compacidad relativa muy suelta a media.
13.20 – 14.00	Arcilla de color café rojizo a gris verdoso y contenidos de agua variable de 137 a 291%, límite líquido igual a 180% y límite plástico de 55% en su porción fina; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH., resistencia a la penetración estándar sólo con el peso de la herramienta, de consistencia muy blanda.
14.00 – 17.00	Arcilla gris oscuro con tonos gris verdoso y café rojizo con escasa arena fina, contenido de agua de 69 a 176%, resistencia a la penetración estándar variable entre el peso de la herramienta y un máximo de 8 golpes, de consistencia muy blanda a media.



<b>Profundidad (m)</b>	<b>Descripción</b>
17.00 – 17.60	Arcilla, gris oscuro con poca arena fina, contenido de agua de 62%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De 6 golpes; de consistencia media.
17.60 – 22.60	Arcilla, gris verdoso, contenido de agua variable de 84% a 123%; límite líquido igual a 110% y límite plástico de 50% en su porción fina; de acuerdo al SUCS pertenece al grupo OH-MH; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) Variable del peso de herramienta a 10 golpes; de consistencia muy blanda a firme.
22.60 – 23.20	Arcilla, café rojizo con manchas gris verdoso, contenido de agua de 87%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) Del peso de herramienta; de consistencia muy blanda.
23.20 – 25.00	Arcilla, gris verdoso, contenido de agua variable de 42% a 214%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) Variable de 6 a 18 golpes; de consistencia media a muy firme.
25.00 – 25.60	Limo, gris oscuro, con poca arena fina, contenido de agua de 29%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De un golpe; de consistencia muy blanda.
25.60 – 26.80	Arcilla poco limosa, gris oscuro negruzco con poca arena fina, contenido de agua de 25%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De 28 golpes; de consistencia muy firme.
26.80 – 28.00	Limo, gris claro con poca arena fina, contenido de agua variable de 48% a 57%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) Variable de 19 a 35 golpes; de consistencia muy firme a dura.
28.00 – 29.05	Arena fina poco limosa, gris oscuro, contenido de agua de 21%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) Variable de 6 a más de 50 golpes, compacidad suelta a muy compacta.
29.05 – 29.55	Limo poco arcilloso, gris oscuro con poca arena fina, contenido de agua de 24%; resistencia a la penetración



estándar I.R.P.E.) De más de 50 golpes; de consistencia muy firme.

<b>Profundidad (m)</b>	<b>Descripción</b>
29.55 – 31.45	Limo, gris oscuro con poca arena fina, contenido de agua variable de 21% a 23%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De más de 50 golpes; de consistencia muy firme.
31.45 – 32.60	Arena fina poco limosa, gris oscuro, contenido de agua variable de 19% a 22%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De más de 50 golpes; de compactidad muy compacta.
32.60 – 35.45	Limo, gris claro con poca arena fina contenido de agua variable de 14% a 25%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De más de 50 golpes; de consistencia muy firme.



## 4.2.4.- Sondeo mixto (SM – 3)

PROFUNDIDAD (m)	DESCRIPCIÓN
0.00 – 0.60	Arcilla poco limosa, café oscuro con poca arena fina y raicillas, contenido de agua de 56%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De un golpe; de consistencia muy blanda.
0.60 – 3.60	Arcilla poco limosa, café oscuro con poca arena fina, contenido de agua variable de 52% a 116%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De 2 a 33 golpes; de consistencia muy blanda a dura.
3.60 – 4.40	Arcilla, gris verdoso oscuro, contenido de agua variable de 268% a 284%;
4.40 – 5.00	Arcilla limosa café oscuro con poca arena fina, contenido de agua de 75%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De 35 golpes; de consistencia dura.
5.00 – 6.80	Arcilla, café verdoso, contenido de agua variable de 124% a 261%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) Variable del peso de herramienta a 2 golpes; de consistencia muy blanda.
6.80 – 7.40	Arcilla, café grisáceo con poca arena fina, contenido de agua de 122%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De un golpe; de consistencia muy blanda.
7.40 – 8.00	Arcilla poco limosa, gris oscuro, contenido de agua variable de 203%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) Del peso de herramienta; de consistencia muy blanda.
8.00 – 8.20	Arcilla, café verdoso, contenido de agua de 261%;
8.20 – 8.40	Arena fina, gris oscuro negruzco con arcilla café verdoso, contenido de agua variable de 53%;
8.40 – 8.60	Arcilla, café verdoso, contenido de agua de 226%
8.60 – 9.40	Arcilla, café verdoso con vetas de arena gris oscuro, contenido de agua variable de 72% a 73%; resistencia a



la penetración estándar I.R.P.E.) De 3 golpes; de consistencia blanda.

<b>Profundidad (m)</b>	<b>Descripción</b>
9.40 – 10.00	Arcilla poco limosa, gris oscuro con poca arena fina, contenido de agua de 89%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De 7 golpes; de consistencia media.
10.00 – 10.60	Arena fina, gris oscuro negruzco, contenido de agua de 21%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De 40 golpes; compacidad compacta.
10.60 – 11.80	Arcilla poco limosa, gris verdoso, contenido de agua variable de 143% a 197%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De 3 a 8 golpes; de consistencia blanda a media.
11.80 – 12.20	Arcilla gris verdoso oscuro, contenido de agua variable de 234% a 243%.
12.20 – 12.60	Arcilla, café rojizo, contenido de agua variable de 62% a 289%.
12.60 – 13.80	Arcilla, café verdoso, contenido de agua variable de 141% a 302%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De 2 a 6 golpes; de consistencia blanda a media.
13.80 – 14.40	Arcilla, gris claro con escasa arena fina, contenido de agua de 99%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De 45 golpes; consistencia dura.
14.40 – 15.00	Arcilla, café verdoso, contenido de agua de 85%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De 5 golpes; consistencia media.
15.00 – 15.60	Arcilla poco limosa, café verdoso, contenido de agua de 152%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De 3 golpes; consistencia blanda.
15.60 – 17.00	Arcilla poco limosa, gris oscuro con poca arena fina, contenido de agua variable de 64% a 111%; resistencia

a la penetración estándar I.R.P.E.) De 9 golpes; de consistencia firme.

<b>Profundidad (m)</b>	<b>Descripción</b>
17.00 – 21.20	Arcilla, gris verdoso oscuro, contenido de agua variable de 106% a 307%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) Variable del peso de herramienta a 9 golpes; de consistencia muy blanda a firme.
21.20 – 21.80	Arcilla, gris oscuro con manchas café rojizo, contenido de agua de 68%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De 3 golpes; consistencia blanda.
21.80 – 22.40	Arcilla, gris verdoso oscuro, contenido de agua de 90%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De 4 golpes; consistencia blanda.
22.40 – 23.00	Limo, gris oscuro negruzco con poca arena fina, contenido de agua de 55%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De 35 golpes; consistencia dura.
23.00 – 23.60	Arcilla, gris verdoso con manchas café rojizo, contenido de agua de 124%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De 5 golpes; consistencia media.
23.60 – 25.40	Arcilla poco limosa, gris verdoso con poca arena fina, contenido de agua variable de 43% a 69%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) Variable de 10 a 25 golpes; consistencia firme a muy firme.
25.40 – 26.60	Arcilla, gris verdoso oscuro, contenido de agua variable de 184% a 207%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) Variable de 11 a 17 golpes; consistencia firme a muy firme.
26.60 – 30.20	Arcilla poco limosa, gris verdoso oscuro con escasa arena fina, contenido de agua variable de 28% a 100%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) Variable de 4 a 40 golpes; consistencia blanda a dura.
30.20 – 30.80	Arena fina, gris oscuro negruzco con poco finos de limo no cohesivo, contenido de agua de 30%;



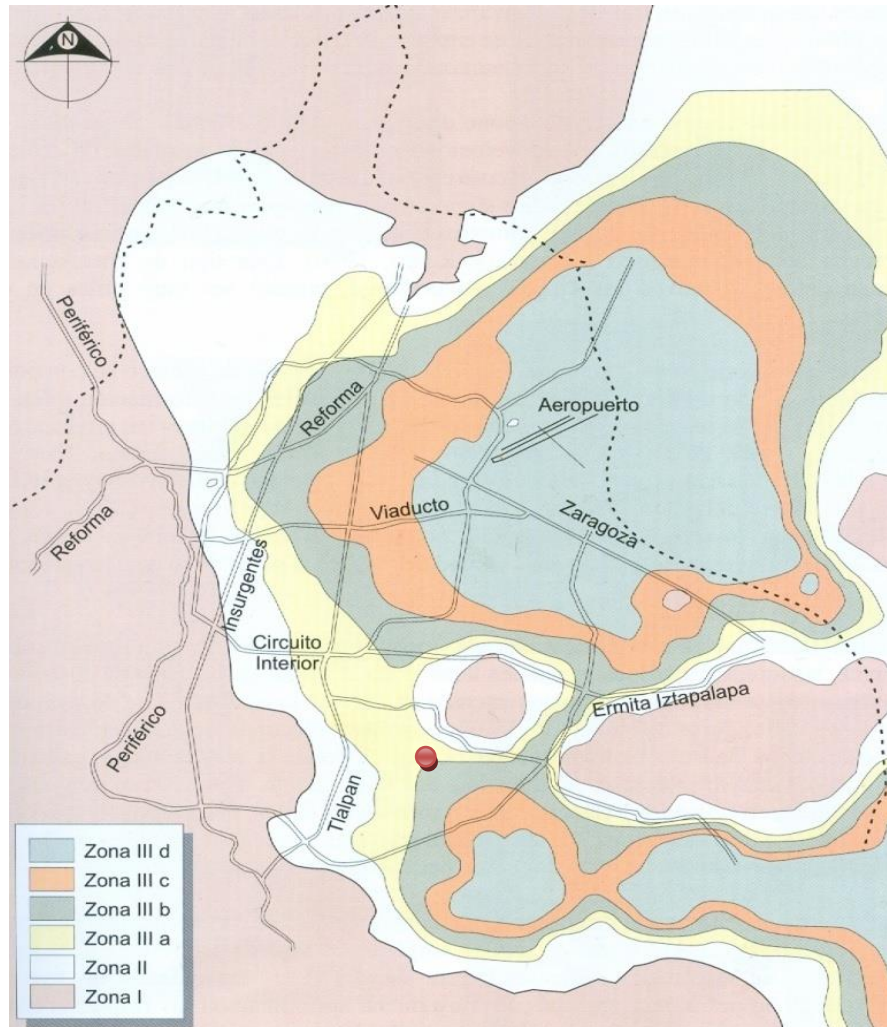
resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De 24 golpes; compacidad media.

<b>Profundidad (m)</b>	<b>Descripción</b>
30.80 – 31.40	Arcilla, gris verdoso claro, contenido de agua de 191%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De 13 golpes; consistencia firme.
31.40 – 32.30	Arcilla poco limosa gris verdoso oscuro con poca arena fina, contenido de agua variable de 22% a 23%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) Variable de 30 a más de 50 golpes; consistencia dura.
32.30 – 34.40	Limo poco arcilloso, gris oscuro con poca arena fina, contenido de agua variable de 17% a 25%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) Variable de 35 a más de 50 golpes; consistencia dura.
34.40 – 37.15	Limo arenoso fino, gris oscuro, contenido de agua variable de 20% a 26%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De más de 50 golpes; consistencia dura.
37.15 – 40.20	Limo poco arcilloso, gris claro con poca arena fina, contenido de agua variable de 15% a 27%; resistencia a la penetración estándar I.R.P.E.) De más de 50 golpes; consistencia dura.

El nivel freático se encontró a 2.20 m de profundidad, con respecto al nivel de la Avenida Tláhuac y a 1.20 m con respecto a nivel de patio de maniobras en la parte posterior del predio, en la fecha en la que se realizó la exploración. De información de la Comisión de Aguas del Valle de México se sabe que se tienen abatimientos en la presión del agua del orden de 10 ton/m<sup>2</sup> a 20 m de profundidad.

Considerando las características de rigidez de la cimentación que más adelante se define, la deformabilidad de los materiales del subsuelo y la presión de contacto aplicada a los materiales de apoyo por la cimentación, el módulo de reacción del suelo deberá considerarse de 2 kg/cm<sup>3</sup>.

De acuerdo a las características estratigráficas de los depósitos del subsuelo y a la zonificación geotécnica de la Ciudad de México el predio de interés se encuentra en la zona IIIa, a la que corresponde un coeficiente sísmico de 0.40, como se observa en la figura 26 y tabla 4.



**FIGURA 26. ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

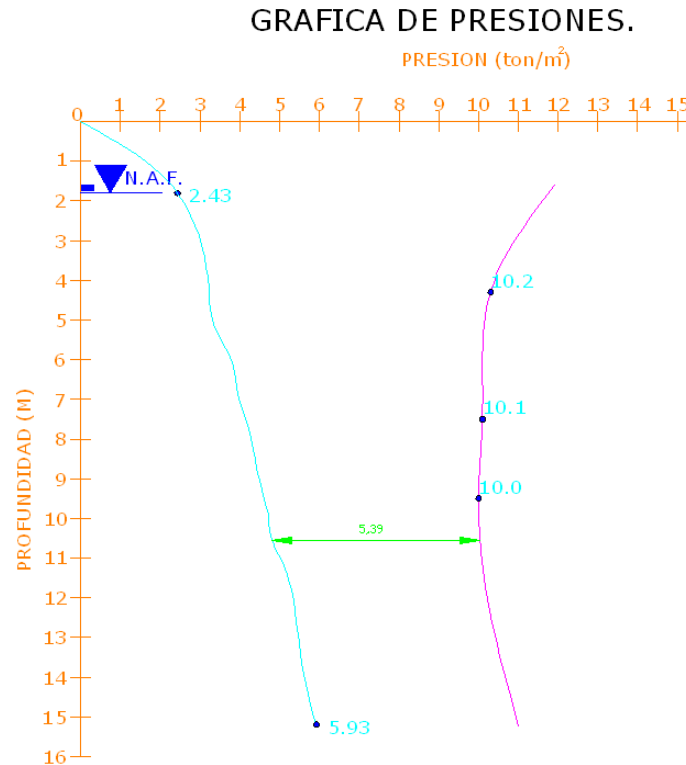
*Coefficientes Sísmicos según las NTC D.F. 2001*

Zona sísmica del D.F.	C	a <sub>0</sub>	T <sub>a</sub> (s)	T <sub>b</sub> (s)	r
Zona I	0.16	0.04	0.2	1.35	1.0
Zona II	0.32	0.08	0.2	1.35	1.33
Zona III <sub>a</sub>	0.40	0.10	0.53	1.8	2
Zona III <sub>b</sub>	0.45	0.11	0.85	3.0	2
Zona III <sub>c</sub>	0.40	0.10	1.25	4.2	2
Zona III <sub>d</sub>	0.30	0.10	0.85	4.2	2

**TABLA 4. COEFICIENTES SÍSMICOS SEGÚN LAS NTC**

La distribución de esfuerzos con respecto a la profundidad se indica en la figura 27, donde se indica la diferencia entre las presiones efectivas y la carga de preconsolidación de los depósitos arcillosos profundos.

En esta gráfica se observa que los suelos están preconsolidados del orden de 6 ton/m<sup>2</sup> hasta los 10 m y se decrecimiento con la profundidad.



**FIGURA 27. DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS**



## **5.- CALCULO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIÓN**

La metodología para la selección y el diseño de la cimentación de la futura estructura, puede resumirse en los siguientes pasos:

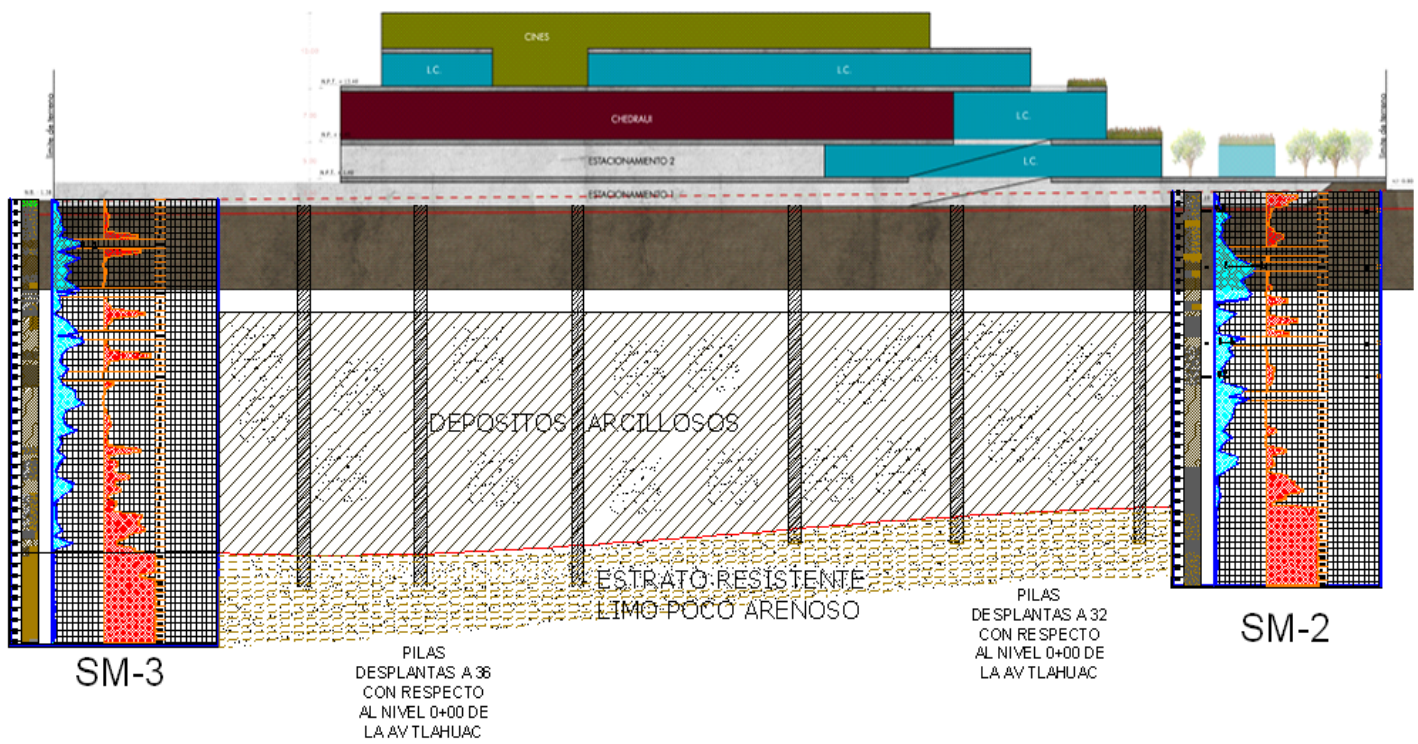
- I. Selección preliminar del tipo de cimentación (superficial o profunda), en función de la magnitud del proyecto y de las cargas de trabajo esperadas, de las condiciones estratigráficas encontradas en la campaña de prospección geotécnica, de la profundidad y fluctuaciones del nivel freático.
- II. Cálculo de la capacidad portante, según las teorías de la Mecánica de Suelos tradicional (condiciones de falla de la cimentación).
- III. Determinación de la presión admisible final, en función de los cálculos de capacidad portante.
- IV. Verificación y chequeo del tipo de cimentación inicialmente propuesto, en función de la presión admisible final calculada. Sí el tipo de cimentación no es adecuado (técnica o económicamente inconveniente), debe volverse al paso 1.

Aplicando el anterior esquema metodológico, se obtuvieron los siguientes resultados.

Debido a que el proyecto requiere un semisótano para estacionamiento se recomienda dejar el nivel de piso terminado a -1.20 m por debajo del nivel de banquetta de la Av. Tláhuac, y en relación a la cimentación una alternativa con cajón de cimentación no es viable, tomando en cuenta la diversidad y magnitud de las cargas del proyecto, así como la excentricidad que se genera, pues no se satisface ni por capacidad de carga, ni por asentamientos, pues estos últimos resultan mayores a los permitidos por el Reglamento, por tal motivo y considerando el tipo de materiales del subsuelo y la magnitud de las cargas que se tendrán por los claros entre columnas, será necesario emplear una cimentación de tipo profunda con pilas de sección constante.

La solución de la cimentación propuesta para el proyecto será empleando pilas de sección constante, desplantadas entre 32m y 36m de profundidad con respecto al nivel de la Av. Tláhuac, como se muestra en la figura 28.

## DESPLANTE DE PILAS



**FIGURA 28. DESPLANTE DE PILAS**

El semisótano se diseñará como firme, y el cual quedara desplantado sobre un mejoramiento constituido por una capa de pedraplén de 20 cm debidamente bandeado, (excepto en la zona de acceso y patio de maniobras de transporte pesado donde se colocará dos capas de 15 cm de pedraplén debidamente bandeado, posteriormente una capa de sub-base 20 cm compactada al 95% de su PVSM próctor estándar, sobre esta se colocará una capa de 20 cm de base hidráulica (material granular) compactada al 98% de PVSM porter estándar, y por último en la zona de estacionamiento un firme armado con malla electrosoldada debidamente calzada y un espesor de 8 cm de concreto con un  $f'c$  de  $150 \text{ Kg/cm}^2$ , en tanto que la zona de acceso y patio de maniobras de transporte pesado se colocará un pavimento de concreto hidráulico de 18 cm de espesor armado con varilla o con fibra metálica.

La cimentación se dimensionará siguiendo el criterio indicado más adelante y se revisará la estabilidad de la cimentación bajo condiciones estáticas y dinámicas.

Para las estructuras analizadas, el peso de la estructura que incluye el peso de la cimentación para las condiciones de carga muerta más carga viva en





condiciones máximas se transmitirá a las pilas desplantadas entre 32 y 36 m de profundidad respecto al nivel de calle de la Av. Tláhuac.

De acuerdo a la exploración realizada se observa que la estratigrafía es muy errática, que en los primeros veinticinco metros, ya que se tienen materiales con un alto contenido de agua y una baja resistencia a la penetración estándar, sin embargo se tienen intercalados estratos de arenas con resistencia media, y en la parte frontal del predio se encontró el estrato resistente a 29 m constituido por limo poco arenoso de color gris, las pilas se desplantarán entre 32 m y 33 m de profundidad y en la parte posterior se encontró a los 32 m sin embargo a los 34.4 m se encontró una disminución en su resistencia razón por la cual, las pilas se desplantarán entre 34 m y 36 m de profundidad con respecto al nivel de la calle de la Av. Tláhuac.

### 5.1.- Elección de la alternativa de cimentación

Considerando la heterogeneidad tanto en la constitución de los materiales como en su consistencia, característica de los depósitos de tipo arcilloso en la zona de Lago, que en particular en el predio de interés en los primeros 29 m de profundidad se tienen materiales de consistencia variable entre blanda y firme, con diferentes proporciones de contenido arcilloso, que dan lugar a que su módulo de elasticidad sea variable, disminuyendo éste al aumentar el contenido arcilloso; una cimentación de tipo superficial no resulta adecuada para cargas de gran magnitud proyectada, ya que al tener un área de apoyo de dimensiones importantes existe la posibilidad de que los materiales que la subyacen puedan variar en sus características de deformabilidad, además de que al tener los materiales de apoyo valores del módulo de elasticidad del orden de  $650 \text{ ton/m}^2$ , al variar el incremento de esfuerzos aplicado al suelo por la base de una cimentación superficial, debido a la variación del momento de volteo por efecto de sismo, se tendrían fluctuaciones en movimientos verticales de deformación de los materiales de apoyo de la cimentación.

Por otra parte considerando que entre 29 y 32 m de profundidad con respecto al nivel de la Av. Tláhuac, se encuentra un depósito resistente muy compacto constituido por limo poco arenoso, de color gris, el cual se profundiza hacia la zona posterior del predio, es necesario profundizar las pilas a 36 m con respecto al nivel de banqueta de la Av. Tláhuac, mientras que en la parte frontal del predio las pilas quedarán apoyadas a 32 m de profundidad respectivamente, que ya considera el empotramiento de 2.0 m dentro de los materiales muy compactos que subyacen a los materiales de baja resistencia; en estas condiciones la estructura tendrá un comportamiento admisible ante cargas de gran magnitud, que cumplirá las condiciones de operación solicitadas.

A continuación se presentan los resultados de los análisis de los estados límite de falla y de servicio de la cimentación propuesta en base a pilas.

## 5.2.- Solución de cimentación

En función de las condiciones estratigráficas del sitio, de la magnitud de las cargas estimadas, de las condiciones topográficas del sitio y del proyecto arquitectónico, se propone resolver la cimentación a base de pilas desplantadas entre 32 m y 36 m de profundidad con respecto al nivel de la Av. Tláhuac, es decir, que la longitud efectiva de estas será variable entre 30.8 a 34.8 m aproximadamente.

### 5.2.1.- Capacidad de carga admisible.

Tomando en cuenta los resultados de los sondeos realizados en el sitio, la capacidad de carga admisible  $K_{ha}$  para las pilas se calcula con la siguiente expresión:

$$Q_a = \frac{Q_{pu}}{F_{Db}} + \frac{Q_{fu}}{F_{Df}}$$

Dónde:

$Q_{pu}$  capacidad de carga última por punta, ton.

$Q_{fu}$  fricción en el fuste de la pila, ton.

$F_{Db}$  factor de dimensionamiento por punta, 3 (estático) y 2.5 (sísmico)

$F_{Df}$  factor de dimensionamiento por fricción, 2 /estático y sísmico).

Se determinó la capacidad de carga para 31 m, 32 m, 33 m y 34 m de longitud efectiva, y para diámetros entre 0.8 m y 1.8 m, es decir que deberá considerarse la longitud adicional repartida en el traslape con sus traveses correspondientes de acuerdo a lo establecido por los planos estructurales.

A partir de los resultados de los sondeos profundos SPT y SM la capacidad de carga admisible por punta y fricción,  $Q_a$  se calcula mediante la siguiente expresión

La capacidad de carga  $Q_a$  se determinó considerando:

$$Q_a = \left( \frac{Q_{pu}}{F_{Db}} + \frac{Q_{fu}}{F_{Df}} \right) - FN$$

Dónde:

$Q_{fu}$  es la capacidad friccional que resulta de la suma de las fuerzas cohesivo friccional desarrolladas por cada estrato resistente sobre el fuste de la pila.

$$Q_{fu} = P Li [ C + P'_{hm} \tan \phi ]$$

Si  $L = 2$  m,  $\phi = 32^\circ$ ,  $c = 10$  ton/m<sup>2</sup>,  $P'_{hm} = 31.5$  ton/m<sup>3</sup>

$$Q_{fu} = D \pi Li [ 10 + 31.5 \tan 32^\circ ]$$

$$Q_{fu} = 186.5 D$$



El producto  $P'_{hm} \tan\phi'$  es el valor medio del esfuerzo resistente friccionante del estrato resistente que actúa sobre el fuste de la pila.

El valor de la presión efectiva horizontal  $P'h$  en cualquier punto de la superficie del fuste a la profundidad  $Z$  es igual a la presión hidrostática  $P'z = \gamma'cz$ , que produce el concreto fluido al ser colocado por el tubo tremie.

**De aquí la importancia de mantener el concreto con alto revenimiento (mayor de 20 cm + 2%) durante todo el tiempo del colado de la pila, agregando un retardante de fraguado, un controlador de volumen, y en caso necesario un fluidizante.**

Adicionalmente la capacidad de carga de la punta se consideró desplantada sobre materiales con más de 50 golpes y constituidos por materiales andesíticos, con porcentajes variables de grava, arena y limo, predominando la grava, en estado muy compacto y cementado.

La capacidad de carga unitaria teórica considerada fue:

$$Q_{p\mu} = [ \frac{1}{2} \gamma D N_{\gamma} + P'z N_q ] A_b$$

Para los materiales de apoyo se consideró  $\phi=32^\circ$  la cual de acuerdo a Berezantzer le corresponde un factor de  $N_q=46$

Es costumbre ignorar el primer término del segundo miembro de la ecuación anterior porque su valor normalmente resulta muy pequeño para un cimiento profundo, comparado con el segundo término, es por ello que generalmente se emplea:

$$Q_{p\mu} = A_b P'z N_q = A_b Q_p$$

Dónde  $A_b$  es el área de la base de la pila,  $P'z$  es la presión vertical efectiva en el suelo a nivel del desplante de la pila y  $N_q$  que es función del  $\phi$  ángulo de fricción interna del material de apoyo y de acuerdo a los valores de Berezantzer para cimientos profundos.

Para el estrato resistente en el que se apoya la pila el ángulo que le corresponde es de  $\phi=32^\circ$ , con este valor se obtiene de la gráfica de Berezantzer  $N_q=46$  y tomando en cuenta  $P'z=31.5\text{ton/m}^2$  para una  $L=31$  m y considerando los valores en la ecuación antes mencionada se obtuvo:

$$Q_p = 31.5 \text{ ton/m}^3 \times 46 = 1449 \text{ ton/m}^2$$

Valor que multiplicado por el área de la base de la pila da:

$$Q_{p\mu} = 1138 D^2$$

Por lo que la capacidad de carga última total de fricción más punta para el caso de una pila de 31 m de longitud efectiva y con 2 m de empotramiento será:

$$Q_{p\mu} = 186.5 D + 1,138D^2$$

Por lo tanto para una pila de 1.0 m de diámetro la capacidad de carga última resulta de:

$$Q_{p\mu} = 186.5 + 1,138 = 1324.5 \text{ ton}$$

Para condiciones estáticas el FS = 3.0, por lo que la capacidad de carga admisible para una pila de un metro de diámetro es igual a:

$$Q_{\mu} = \text{estática} = \frac{Q_{p\mu}}{FS=3} = 441 \text{ ton}$$

Para condiciones dinámicas el FS = 2.5, por lo que la capacidad de carga admisible para una pila de un metro de diámetro es igual a:

$$Q_{\mu} = \text{dinámica} = \frac{Q_{p\mu}}{FS=2.5} = 530 \text{ ton}$$

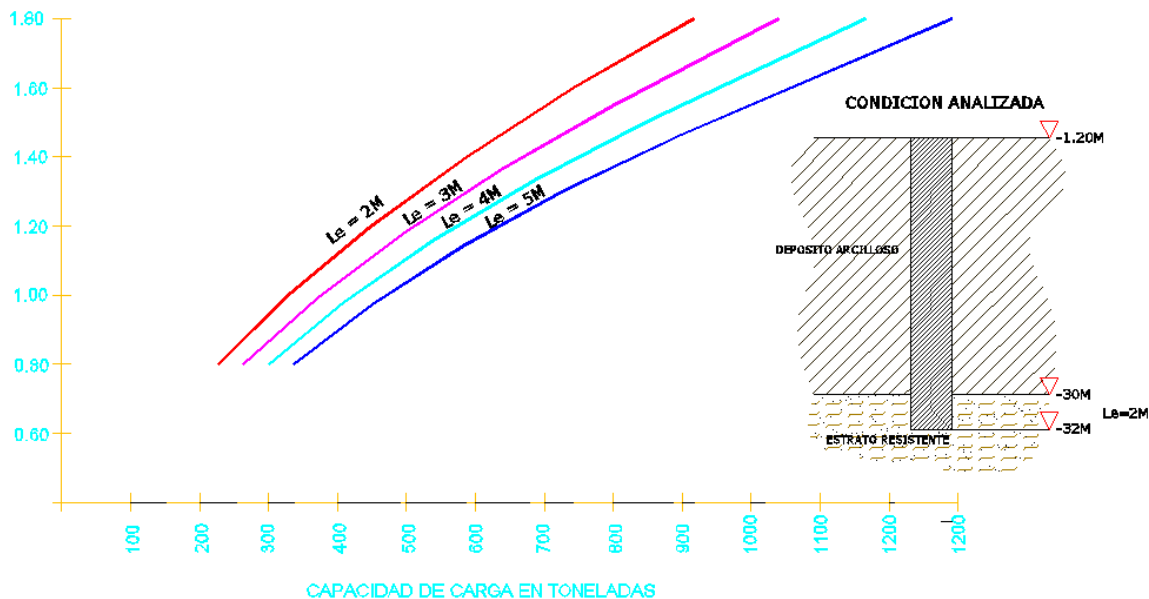
Sustituyendo valores y dejando en función del diámetro, la capacidad de carga admisible total de las pilas de cimentación se calcula como sigue:

**Condición estática:**  $Q_{\mu} = ((379 D^2 + 62.1 D) - FN)$

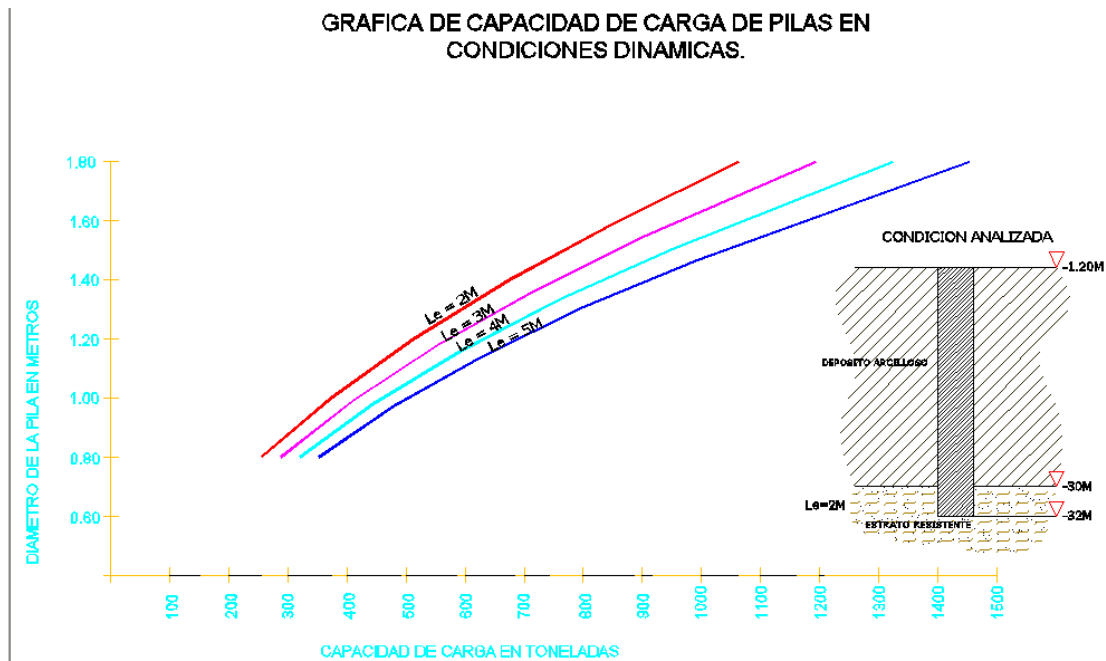
**Condición sísmica:**  $Q_{\mu} = ((379 D^2 + 74.6 D) - FN)$

En las figuras 29 y 30 se presentan las capacidades de carga en condiciones estática y dinámica, para longitudes efectivas de 31 m, 32 m, 33 m y 34 m

**GRAFICA DE CAPACIDAD DE CARGA DE PILAS EN CONDICIONES ESTATICAS.**



**FIGURA 29. CAPACIDAD DE CARGA DE PILAS EN CONDICIONES ESTÁTICAS**



**FIGURA 30. CAPACIDAD DE CARGA DE PILAS EN CONDICIONES DINÁMICAS**

Cabe mencionar que una pila de longitud igual a 35 m su capacidad de carga llega a resultar mayor hasta 1.5 veces que la de una pila de 31 m de longitud; lo anterior es debido a que la carga de trabajo elegida para una pila larga será transferida principalmente por fricción al suelo adyacente al fuste con un asentamiento pequeño, mientras que la carga soportada por la punta será muy pequeña.

Cuando la pila tiene una longitud corta de 31 m la carga desarrollada por punta y fricción llegan alcanzar las que se han podido observar en algunas pruebas de carga realizadas en pilas de prueba; el método empleado es analítico y se basa en simplificaciones para representar el equilibrio plástico del sistema suelo–pila, como en la determinación aproximada de los parámetros representativos del suelo; resistencia y peso volumétrico, cuyos valores se deducen empíricamente, a través de su correlación con la resistencia a la penetración dinámica del tubo muestreador estándar.

Se determinó la curva de carga – asentamiento real, mediante el empleo de la siguiente ecuación que es una simplificación de la solución de Mindlin para una carga distribuida en un área rígida de diámetro D, aplicada en el interior de un medio elástico, semi infinito, con relación de Poisson  $\mu = 0.35$  en la que:

$$\delta s = \frac{0.56 Q_p D}{10 A E_s}$$

Tomando en cuenta la magnitud de las cargas que se generarán se calculó la capacidad de carga admisible para las pilas de sección constante, con longitudes variables entre 31 y 35 m de longitud efectiva, y para diámetros entre 0.8 m y 1.8 m; además deberá considerarse la longitud adicional repartida en el traslape con sus trabes correspondientes de acuerdo a lo establecido por los planos estructurales.

Inicialmente se realizó el cálculo de la capacidad de carga considerando que en los materiales de relleno existen estratos arcillosos compresibles que pudieran generar fricción negativa sobre el fuste de las pilas, aplicando el siguiente criterio:

Teniendo en cuenta la heterogeneidad tanto de los depósitos arcillosos como de los materiales naturales compactos, se revisó la capacidad de carga de acuerdo con el Reglamento de Construcciones

De conformidad con el Reglamento de Construcción del DF, considera que la capacidad de carga de las pilas la proporciona el estrato de apoyo por medio de su punta. De esta manera se revisa la propuesta de cimentación.

## 5.2.2.- Determinación de capacidad de carga

La capacidad de la carga de las pilas se determinó mediante el criterio establecido en el Reglamento de Construcciones y que se indica a continuación:

Dado que las pilas quedarán prácticamente fijas en la relación a los depósitos arcillosos que se encuentran sobre su nivel de desplante, al generarse en éstos asentamientos provocados por sobrecargas superficiales o por desecación de los depósitos superficiales, las pilas se sobrecargarán al desarrollarse fricción negativa sobre su fuste.

Los efectos de este proceso son: una disminución de la presión efectiva al nivel de la base de la pila y una reducción en la capacidad de carga útil.

La fricción negativa (FN) se calculó aplicando la siguiente fórmula:

$$FN = ( w k_o ) / ( 1 + ( w k_o d / 3a ) ) \int P_{oz} dz$$

Dónde:

FN : magnitud de la fricción negativa, en ton.

w : perímetro del fuste de la pila, en m.

Ko : coeficiente de adherencia entre los materiales de arcillosos y la pila; para este caso igual a 0.2

d: longitud de la pila, en la que ocurre la fricción negativa, en ton.

a : área tributaria de las pilas.

Poz: esfuerzo vertical a la profundidad z, en m.



La disminución de la presión efectiva en la capacidad de carga útil de las pilas ( $Q_a$ ) se obtuvo de la siguiente expresión:

Se determinó la capacidad de los depósitos que subyacen a las pilas, considerando que los materiales afectados por la superficie potencial de falla son de tipo cohesivos y aplicando el criterio de Meyerhof, dado por la siguiente expresión:<sup>1</sup>

$$Q_a = (\{c N_c^* F_R + P_v\} A_p) F_{RE} - F_N$$

Dónde:

$Q_a$ : capacidad de carga admisible por punta de las pilas.

$P_v$ : presión vertical efectiva al nivel de desplante de la pila, en ton.

$F_R$ : factor de resistencia, adimensional e igual a 0.35.

$P_v$ : presión vertical total debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas, en  $\text{ton/m}^2$ .

$A_p$ : área transversal de la base de las pilas, en  $\text{m}^2$ .

$N_c^*$ : coeficiente de capacidad de carga, adimensional, que esta función del ángulo de fricción interna del material de apoyo de las pilas  $\phi$ , y del empotramiento dentro de los materiales resistentes, determinado mediante la siguiente fórmula:

$$N_c^* = N_{cmin} + (N_{cmax} - N_{cmin}) L_e / L_{opt}$$

Siendo:

$N_{cmin}$ : coeficiente de capacidad de carga, para el caso en que la pila quede apoyada sin empotramiento en los materiales resistentes.

$L_e$ : longitud de empotramiento de la pila dentro de los materiales resistentes, en m.

$N_{cmax}$ : coeficiente de capacidad de carga, para el caso en que la pila tenga como mínimo la longitud óptima,  $L_{opt}$ , dentro de los materiales resistentes, obtenida mediante la siguiente ecuación:

$$L_{opt} = 4 B \tan (45^\circ + \phi / 2)$$

Dónde:

$B$ : diámetro de las pilas, en m.

$\phi$ : ángulo de fricción interna del material de apoyo de las pilas, en grados.

<sup>1</sup>Meyerhof, G.G. "Some Recent Research on the Bearing Capacity of Foundations" Canadian Geotechnical Journal, Vol. 1, No. 1, 1963.



La capacidad de carga de las pilas obtenidas con la fórmula anterior, deberá afectarse por el resultado de la siguiente expresión, para tomar en cuenta el efecto de escala, siempre y cuando se haya tomado la resistencia por punta de cono.

$$Fre = \{ ( B + 1 ) / 2B + 1 \}$$

Siendo:

Fre: factor de reducción de capacidad de carga, para tomar en cuenta el efecto de escala.

En los cálculos realizados se consideró una cohesión de 10 ton/m<sup>2</sup>, un ángulo de fricción interna de 32° para los materiales de apoyo de las pilas, obteniéndose las capacidades de carga que se muestran en la figura 29, en función del diámetro de la pila, para un empotramiento de 2.0 m dentro de los materiales resistentes de apoyo.

### 5.2.3.- Dimensionamiento de las pilas

Para el dimensionamiento de las pilas se deberá considerar la carga que resulte mayor de las siguientes condiciones:

- ✓ Condiciones estáticas, que considera la combinación de cargas permanentes más carga viva máxima, afectadas por un factor de carga de 1.4
- ✓ Condiciones dinámicas que considera la combinación de cargas permanentes más carga viva instantánea y la acción accidental más crítica (incremento de esfuerzos provocado por el momento de volteo debido a sismo), afectadas por un factor de carga de 1.1.

El coeficiente sísmico que deberá considerarse que actúa en la base de construcción por efecto de sismo, será igual a 0.40 por considerarse que el subsuelo en el sitio de interés tiene las características de la zona que el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal denomina Zona IIIa o de Lago.

### 5.2.4.- Estado límite de servicio

Los asentamientos elásticos que sufrirán las pilas debido a las cargas verticales a que estarán sometidas se calcularon mediante la siguiente expresión:

$$S = ( Q L ) / ( E_c A_b ) + ( F N L ) / ( 2 E_c A_b ) + ( m C_s f_p Q ( 1 - u^2 ) ) / ( E_s A_b )$$

Dónde:

S: asentamiento de la cabeza de la pila, en m.

L: longitud de la pila, en m.

E<sub>c</sub>: módulo de elasticidad del concreto de la pila, en ton/m<sup>2</sup>.





Ab: área de la base de la pila, en m<sup>2</sup>.

m: factor de forma, adimensional e igual a 0.95 para pilas de sección transversal circular.

Cs: factor de rigidez de la subestructura de cimentación, adimensional igual a

fp: factor de profundidad, adimensional e igual a 0.5 para  $D/B > 5$ .

Es: módulo de elasticidad del manto de apoyo, en ton/m<sup>2</sup>

Q: carga aplicada al nivel de la base de la pila, en ton

u: relación de Poisson

FN: fricción negativa, en ton.

Considerando un módulo de elasticidad de los materiales de apoyo de 8,000 ton/m<sup>2</sup> y una relación de Poisson de 0.35, se obtuvieron asentamientos elásticos de 0.98, 1.23 y 1.48 cm, para pilas de 0.8, 1.0 y 1.2 m de diámetro, respectivamente, que se consideran admisibles

De acuerdo al análisis realizado con cargas estimadas, se define que la magnitud de los asentamientos en las pilas puede oscilar entre 0.9 cm y 2.8 cm. Estas deformaciones son admisibles de acuerdo con los lineamientos del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y deben considerarse en el diseño estructural.

### 5.2.5.- Condición sísmica.

Para el diseño en condiciones sísmicas se considera la carga estática (CM + CVMAX.), combinada con el sismo actuando con un 100% de intensidad en la dirección más desfavorable (corta) y de un 30% en las más favorable (larga).

La distribución y magnitud de las cargas en condiciones estáticas y sísmicas deberán ser proporcionadas por el Ingeniero estructurista para realizar la revisión correspondiente. Las cargas generadas por la condición sísmica (cortante y axial) estarán multiplicadas por un factor reductivo por irregularidad de 0.8, ratificado por el estructurista.

### 5.2.6.- Solicitación inducida por sismo.

La estabilidad en condición sísmica se efectúa revisando que la sollicitación en la pila más cargada o subgrupo de pilas en cada módulo sea por lo menos 2 veces menor que la capacidad de carga última, definida con la expresión:

$$FS = \frac{\sum Q_{PU}}{\sum Q_e + \sum^n_i Q_{si}} \leq 2$$

Dónde:

FS factor de seguridad.

$\sum Q_{PU}$  capacidad de carga última en la pila más cargada, ton.

$\Sigma Q_e$  carga estática en las pilas analizadas, ton.

$Q_{si}$  incremento de carga por sismo en la pila del eje analizado, ton.

$n_i$  número de pilas en el eje analizado.

Una vez que el ingeniero estructurista defina la dimensión de las pilas en cada apoyo, estas deben revisarse para cumplir con la expresión por compresión. Posteriormente con el diámetro de las pilas se define la capacidad de carga a tensión,  $Q_{fu}$  utilizando para ello la siguiente expresión:

$$Q_{fu} = 162.88D$$

Con esta información se procede a revisar las sollicitaciones a tensión presentada en condición sísmica con la capacidad de las pilas.

### 5.2.7.- Tensiones inducidas por sismo.

La zona de cimentación sujeta a tensiones deberá cumplir con la siguiente desigualdad:

$$FS_{st} = \left| \frac{\Sigma Q_{fu}}{\Sigma Q_e - \Sigma^n_i Q_{si}} \right| \leq 1.7$$

Todas las variables han sido definidas anteriormente.

### 5.2.8.- Cortante inducido por sismo.

La fuerza cortante sísmica  $V$  deberá ser soportada por el empuje pasivo  $P$ , la fricción, la base  $F_f$ , además de la eventual contribución de la resistencia estructural de las pilas  $R_v$ , esta condición se expresa en la siguiente ecuación:

$$V \leq \frac{P + F_f + R_v}{F_s}$$

$$P = \frac{1}{FR} \left( 2c + \frac{\sigma_d}{2} \right) Ld$$

$$F_f = (2Bd + BL - \Sigma^a_{pi})$$

$$R_v = \Sigma v_{pi}$$

dónde:

$L$ : dimensión del cajón en la dirección perpendicular al sismo, m.

$D$ : profundidad de desplante (incluye contra trabes atrincheradas en su caso), m.

$f$ : coeficiente de fricción suelo-cajón de cimentación.

$B, L$ : dimensiones del cajón en planta, m.

$\sum a_{pi}$ : suma de las áreas transversales de las pilas, m<sup>2</sup>.

$\sum v_{pi}$ : suma de la resistencia estructural al corte de las pilas, ton.

F<sub>s</sub>: factor de seguridad mínimo de 1.5

En este caso solo consideramos la fricción de la losa de fondo, tomando en cuenta la fricción del suelo y cimentación, así como el cortante estimado en condiciones sísmicas se obtienen un factor de seguridad superior al mínimo permisible. Por ende, la cimentación no presentara problemas en este rubro.

### 5.2.9.- Módulo de reacción.

El módulo de reacción del subsuelo se define como:

$$k = \frac{\Delta\sigma}{\delta}$$

Dónde:

k módulo de reacción, kg/cm<sup>3</sup>.

$\Delta\gamma$  incremento de esfuerzo neto, kg/cm<sup>2</sup>.

$\delta$  asentamiento esperado, cm.

**Tabla 5. Asentamientos y módulos de reacción vertical para pilas son:**

Diámetro de Pila (m)	Deformación (cm)	Kv (ton/cm)
0.8	0.9	135
1.0	1.1	142
1.2	1.3	148
1.4	1.5	153
1.6	1.7	157
1.8	1.9	161

El módulo de reacción vertical del suelo de desplante para el diseño de pilas se presenta en la tabla 6; mientras que los módulos de reacción horizontales promedio para el diseño de pilas se resumen en la tabla 7.

**Tabla 6. Módulos de reacción vertical para el diseño de pilas desplantadas a 32 m respecto al nivel de la Av. Tláhuac**

Diámetro de Pila (m)	Módulo Estático (ton/m <sup>2</sup> /cm)	Módulo Dinámico (ton/m <sup>2</sup> /cm)
0.8	870	990
1.0	620	740
1.2	480	592
1.4	360	446
1.6	240	302

**Tabla 7. Módulos de reacción horizontal para el diseño de pilas.**

Tipo de suelo	Profundidades Efectivas	Módulo Estático (ton/m <sup>2</sup> /cm)	Módulo Dinámico (ton/m <sup>2</sup> /cm)
Capa vegetal y rellenos	0.00 – 1.00 m	25.5	30.56
Arcilla con escasa arena	1.0 – 29.0m	215.25	417.30
Depósito resistente (arcilla limosa con escasa arena)	29.0 – 30.0 m	435.25	897.64

Las pilas soportarán la totalidad de las sollicitaciones transmitidas por la estructura, por lo que deberán diseñarse estructuralmente para soportar las cargas axiales de trabajo de compresión y tensión del análisis estructural definitivo.

El módulo de reacción vertical del suelo de desplante para el diseño de pilas se presenta en la tabla 6; mientras que los módulos de reacción horizontales promedio para el diseño de pilas se indican en la tabla 7.



## **6.- PROCESO CONSTRUCTIVO E INSTRUMENTACIÓN**

Se han desarrollado numerosos procedimientos constructivos para fabricar y posteriormente instalar en el lugar o para fabricar en el sitio mismo pilas y pilotes; la característica fundamental que los diferencia es que durante su construcción se induzca o no desplazamiento del suelo que los rodea; debe observarse que las pilas siempre se fabrican de concreto simple o reforzado, colado en el sitio en una perforación previamente realizada y por ello caen únicamente dentro del tipo sin desplazamiento.

En cambio los pilotes pueden ser: con desplazamiento cuando desplazan un volumen de suelo, igual al del pilote al ser hincados, con poco desplazamiento, que pueden ser pilotes hincados en una perforación previa de menor área que la del pilote mismo, pilotes de área transversal reducida como los de perfiles de acero de sección I, o pilotes hincados con chiflón, y sin desplazamiento, cuando se fabrican en el sitio, de manera semejante a las pilas.

En suelos blandos, los pilotes con desplazamiento pueden inducir disminución de la resistencia al corte por el remoldeo provocado, en tanto que en suelos granulares pueden generar aumento de la compacidad relativa.

Los procedimientos constructivos son del dominio público o protegidos con patentes comerciales; en cuanto al equipo especializado que se utiliza, sus características y capacidades se eligen acordes al tamaño de la pila o pilote por construir y a las condiciones topográficas, estratigráficas y de localización del sitio.

### **6.1.- Alternativa general del proceso constructivo.**

De conformidad con las condiciones del proyecto y análisis realizados, se propone la siguiente alternativa general del proceso constructivo, incluyendo excavación, protección a colindancias y construcción de la cimentación:

- a) Recorte superficial de los rellenos en la parte frontal de 60 cm, demolición de cimentaciones y estructuras existentes
- b) Construcción de una plataforma de apoyo para el equipo de perforación de pilas
- c) Construcción de la cimentación profunda
- d) Descubrir cimentaciones antiguas y extraerla cimentación de las estructuras que estaban en operación.

- e) Excavación para el mejoramiento del semisótano, se dejara una banquetta perimetral de 0.5 m y un talud 0.5:1.0 (horizontal: vertical), se despalmará la superficie completa dentro del área a una profundidad mínima de 70 cm para la zona de estacionamiento, y 90 cm para la zona de acceso y patio de maniobras con respecto al nivel de terreno en su parte baja. como se indica en la figura 31.



Se excavara dejando una banquetta de 0.5 m de ancho y un talud perimetral 0.5:1.0 (Horizontal:Vertical), hasta llegar al nivel de máxima excavación (-2.08 m).  
El nivel 0.00 es con respecto a la Av. Tlahuac.  
El N.A.T. es nivel actual del parte posterior del predio.

**FIGURA 31. EXCAVACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO**

## 6.2.- Proceso constructivo de la cimentación con pilas

El procedimiento de construcción recomendado para el desplante de pilas se menciona a continuación:

Es indispensable contar con un equipo topográfico para referenciar los ejes y niveles de colocación de las pilas.

Realizar la perforación utilizando equipo con capacidad y herramientas, adecuadas para garantizar la verticalidad del barreno, además, es recomendable minimizar la alternación del suelo adyacente a la excavación, conservando las dimensiones de proyecto en toda la profundidad, evitando sobre excavación lateral y vertical del terreno.

Para cada pila se llevará un registro con todos los detalles relevantes durante la construcción.

Debe supervisarse que el empotre de las pilas sea en el material resistente, definido anteriormente y supervisado físicamente por un especialista durante el proceso de perforación.



El material suelto que se acumule en el fondo de la perforación debe ser retirado con el equipo de limpieza adecuado, para garantizar que las pilas no se desplanten en material remodelado y evitar posibles asentamientos.

Una vez terminada la perforación, se procederá de inmediato a la colocación del acero de refuerzo previamente habilitado con separadores para garantizar el recubrimiento libre mínimo de 5 cm, entre paños de estribos y perforación.

Después de colocar el armado se iniciara la colocación del concreto con el procedimiento del tubo Tremie, manteniendo el extremo inferior del tubo embebido en el concreto fresco un mínimo de un metro; por ningún motivo se interrumpirá la colocación del concreto hasta completar la pila en construcción. El colado se llevara hasta 0.20 m por arriba del nivel de desplante de las contratrabes, para eliminar el concreto contaminado y permitir la liga estructural de las pilas.

A continuación se describe el proceso constructivo detallado para la perforación y colado de las pilas:

- A.** El equipo de perforación deberá emplear brocas helicoidales con alabes y elementos de ataque adecuados. Previo a los trabajos de inicio de perforación, deberá ubicarse mediante una brigada de topografía la ubicación correcta del centro de las pilas. También deberá verificarse la verticalidad del equipo de perforación con el objeto de garantizar que la perforación se realice en forma adecuada.
- B.** La perforación se iniciará utilizando una broca de tipo helicoidal con diámetro igual al fuste de la pila.
- C.** Es necesario considerar la colocación de un ademe metálico recuperable de longitud variable entre 10 y 20 m de longitud para su emboquillado y contenga los materiales en sus primeros, de lo contrario puede haber estrangulamiento de la pila o bien contaminación de su concreto al momento de su vaciado.
- D.** En caso de que al fondo de la perforación aparezcan materiales resistentes y de ser necesario se perforará inicialmente con una broca de menor diámetro y posteriormente se rimará al diámetro de proyecto.
- E.** Al llegar la perforación a la profundidad de desplante de la pila, autorizada por la supervisión geotécnica, se realizará la limpieza del fondo de la excavación, de todo material suelto, empleando un bote desazolvador, el que se meterá tantas veces como sea necesario.
- F.** Inmediatamente después de hacer la limpieza del fondo de la perforación, se bajará el armado y se colará la pila.

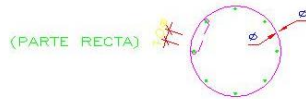


- G.** El armado se introducirá a la perforación momentos antes de realizar el colado, con sus separadores correspondientes para un correcto centrado dentro de la perforación.
- H.** El colado, deberá seguir a la colocación del acero, se realizará usando tubo tremie, con objeto de evitar la contaminación y segregación del concreto. Al inicio del colado, el tubo tremie se llevará a 0.5m sobre el fondo de la perforación.
- I.** La punta inferior del tubo irá ascendiendo conforme avance el colado, de tal manera que ésta permanezca dentro del concreto, durante todo el colado, una longitud mínima de 1 m.
- J.** Se deberá llevar un registro del volumen del concreto vaciado a la perforación, el que se cotejará con la ubicación de la misma.
- K.** El colado se suspenderá una vez que el concreto no contaminado tenga la altura correspondiente al nivel inferior de las contratraves, lo que se estima ocurre 0.5 m abajo del nivel superior del concreto.
- L.** Se recomienda usar concreto con revenimiento de 20 cm.
- M.** Se llevará un registro de la localización de las pilas, las dimensiones de las perforaciones, las fechas de perforación y colado, la profundidad y los espesores de los materiales encontrados y las características del material de apoyo.
- N.** Las pilas serán de fuste recto sin ampliación en su base

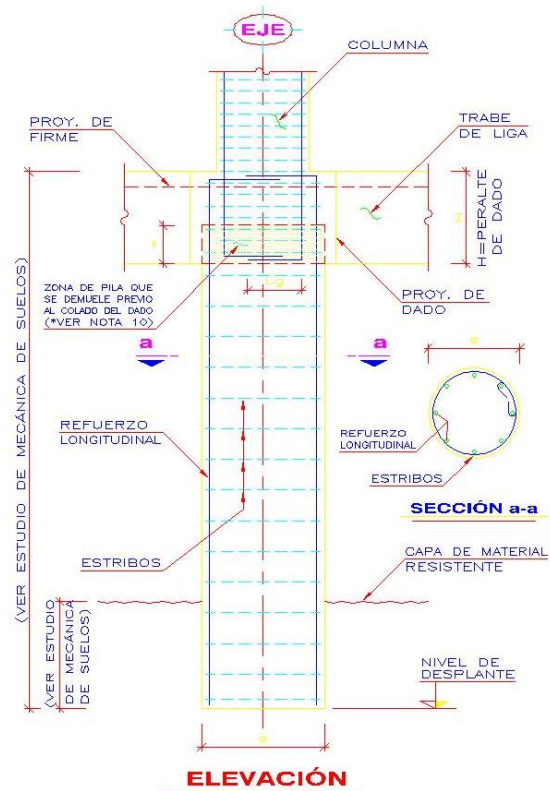


## NOTAS DE PILAS

- 1.- ACOTACIONES EN CENTÍMETROS, NIVELES EN METROS.
- 2.- ESPECIFICACIÓN DE MATERIALES:
  - a).- CONCRETO CLASE 1 DE PESO VOLUMÉTRICO P.V.  $\geq 2.2 \text{ ton/m}^3$  Y  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$
  - b).- ACERO DE REFUERZO CON  $f_y$  ENTRE 4000 Y 5000  $\text{kg/cm}^2$ . VER TABLA DE VARILLAS.
- 3.- RECUBRIMIENTOS MÍNIMOS LIBRES=6.0cm.
- 4.- LOS ESTRIBOS DE LAS PILAS SE HARÁN COMO SE INDICA A CONTINUACIÓN:



- 5.- LA LOCALIZACIÓN DE LAS PILAS ESTA DADA EN PLANTA.
- 6.- LAS PILAS SERÁN COLADAS EN EL LUGAR (VER ESPECIFICACIONES ESTRUCTURALES) DE ACUERDO CON EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO INDICADO EN EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.
- 7.- EL PROPORCIONAMIENTO DEL CONCRETO Y EL PROCEDIMIENTO DEL COLADO DEBERÁ HACERSE DE TAL MANERA QUE SE GARANTICE QUE NO SE SEGREGUE EL CONCRETO AL SER COLADA LA PILA.
- 8.- LA PROFUNDIDAD DE DESPLANTE DE LAS PILAS DEBERÁ VERIFICARSE ANTES DEL COLADO DE LAS MISMAS.
- 9.- LOS CENTROS DE LAS PILAS (+) COINCIDEN CON LOS CENTROS DE LAS COLUMNAS, EXCEPTO DONDE SE INDIQUE OTRA COSA EN PLANTA.
- 10.- PARA DESPLANTAR LA CIMENTACIÓN SOBRE CONCRETO SANO DE PILA, SE DEJARÁ EN LA PARTE SUPERIOR UNA LONGITUD EXTRA DE CONCRETO IGUAL A 0.9 $\phi$  (90% DEL DIÁMETRO DE LA PILA), EL CUAL PODRÁ SER REMOVIDO CON EQUIPO NEUMÁTICO, EXCEPTO LOS ÚLTIMOS 20 cms, QUE SE DEBERÁN REMOVER DE FORMA MANUAL, PARA PILAS COLADAS EN SECO, ESTA LONGITUD EXTRA PODRÁ SER DE 0.5 $\phi$  (50% DEL DIÁMETRO DE LA PILA).



**DETALLE GENERAL DE PILAS**

**FIGURA 32.- DETALLE GENERAL DE PILAS**

### 6.3.- La secuencia que se propone para la construcción y control de terracerías

- 1) Se despalmará la superficie completa dentro del área en que se efectuará el movimiento de tierras a una profundidad mínima de 70 cm para la zona de estacionamiento con respecto al nivel de terreno en su parte baja, y 90 cm para la zona de acceso y patio de maniobras. El material producto de despalme que contenga materia orgánica se retirará del área al lugar indicado por la dirección de obra, el material restante se podrá utilizar en los terraplenes siempre y cuando cumpla con las especificaciones mencionadas más adelante.
- 2) Una vez realizado el despalme recomendado, se recompactarán los materiales expuestos a nivel de máxima excavación al 90% de su PVMS de acuerdo a la prueba proctor estándar. Una vez realizado lo anterior se procederá a colocar un pedraplén con tamaño máximo de partículas de 4"



debidamente bandeado y con un espesor variable entre 20 y 30 cm, para la zona de estacionamiento y patio de maniobras respectivamente.

- 3) Para el movimiento de tierras, se establece que el material producto de la excavación no podrán ser utilizados como rellenos en las áreas de terraplén dado que los materiales excavados a esa profundidad corresponden a materiales de alta plasticidad, que tienen valores altos en sus límites
- 4) Todas las referencias topográficas existentes en el lugar se respetarán durante la construcción, tales como: alineamientos, niveles, señalamientos, etc. reponiéndose en caso de que se dañen o alteren.
- 5) En caso de requerirse material importado para la construcción de terraplén podrán ser utilizados mezclas de grava, arenas de material fino (tepetate) que satisfagan las siguientes especificaciones.

Límite líquido	45% máx.
Índice plástico	15% máx.
Contracción lineal	5% máx.
Valor Relativo de Soporte (CBR)	15% mín.
Contenido de agua óptimo	25% máx.
Peso volumétrico seco máximo	1,300 kg/m <sup>3</sup> mín.

- 6) Los materiales con los que se construirá el terraplén, se disgregarán hasta el grado de no presentar grumos o terrones y se mezclarán mediante una motoconformadora hasta obtener una revoltura homogénea en su constitución y granulometría, en caso necesario se incorporará cal hidratada en un porcentaje de 5 %, en peso.
- 7) Los materiales ya mezclados y con el contenido de agua óptimo, previamente determinado en el laboratorio, se colocarán en capas no mayores de 20 cm de espesor en estado suelto, y se compactaran al 95%, de su peso volumétrico seco máximo según la prueba proctor estándar; hasta alcanzar el lecho inferior de la base, empleando rodillo liso y rodillo neumático con un peso de 14 ton. y una presión de inflado de 90 lbs./pulg.<sup>2</sup>, y por último se colocará una capa de 20 cm en estado suelto, de grava controlada, material de base, compactada al 98 % de su PVSM de la prueba porter.
- 8) Las especificaciones que deberá cumplir el material de base son las siguientes:

De granulometría



La curva granulométrica deberá quedar comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 2 (ver figura 33), adoptando una forma semejante a las curvas que limitan las zonas, y no tener cambios bruscos de pendiente.

En relación del porcentaje en peso que pasa la malla No. 200 al que pasa la malla No. 40, no deberá ser superior a 0.65.

De contracción lineal, Valor cementante, valor relativo de soporte (CBR), tamaño máximo y peso volumétrico seco máximo, las siguientes:

	Zonas granulométricas del material	
	1	2
Contracción lineal, %	3.5 máx	2.0 max
Valor cementante, kg/cm <sup>2</sup>	4.5 mín	3.5 mín
Valor relativo de soporte, %	80 mín	80 mín
Tamaño máximo del agregado	1 1/2" máx	1 1/2" máx
Peso volumétrico seco máx., Kg/cm <sup>3</sup>	1800 mín	1800 mín

Se deberán efectuar pruebas de compactación en las capas compactadas, para verificar el porcentaje de compactación alcanzado en la construcción. Se recomienda hacer una prueba consistente en una cala volumétrica, por cada 50 m<sup>3</sup> de material compactado.

Para el control de compactación, se recomienda que desde las primeras capas tendidas se desarrolle un terraplén de prueba, para definir el número de pasadas óptimo con el equipo elegido.

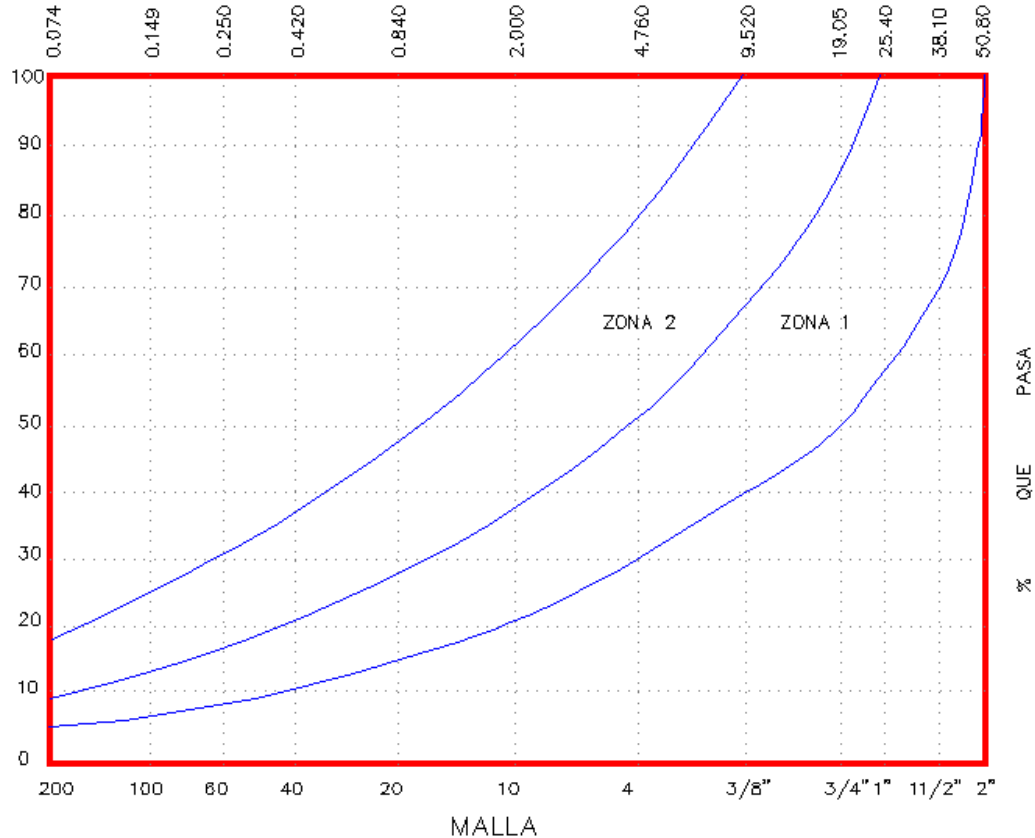
El proceso de compactación será controlado por el laboratorio de mecánica de suelos, usando la expresión:

$$\% \text{ de compactación} = (\gamma_d \text{ sitio} / \gamma_d \text{ máximo}) \times 100$$

Requiriéndose como mínimo el 95% de su PVSM próctor estándar para el cuerpo del terraplén y 98 % de su PVSM porter para la base.

## GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA BASE

APERTURA EN MM



**FIGURA 33.- CURVA GRANULOMÉTRICA BASE**

### 6.4.- Diseño de pavimentos

#### 6.4.1.- Pavimento de concreto armado en estacionamiento

Los vehículos de mayor peso que circularán por el piso y para la cual fue efectuado el diseño, corresponden a una sobrecarga de  $1.5 \text{ ton/m}^2$ . La carga más crítica transmitida al piso corresponde al eje sencillo a la que se agrega la carga que soporta el piso con un peso máximo de  $1.5 \text{ ton/m}^2$ .

Utilizando el nomograma de diseño para ejes sencillos, (ver figura 34); en donde se entra con un módulo de ruptura o de resistencia a tensión en flexión permisible del concreto, con el módulo de reacción del material de apoyo de la losa de concreto, y una carga de diseño, se obtuvo un espesor de la losa de concreto que formará el piso de 8 cm., que se apoyará sobre una base de materiales de 20 cm de espesor con las especificaciones que se indican más adelante.

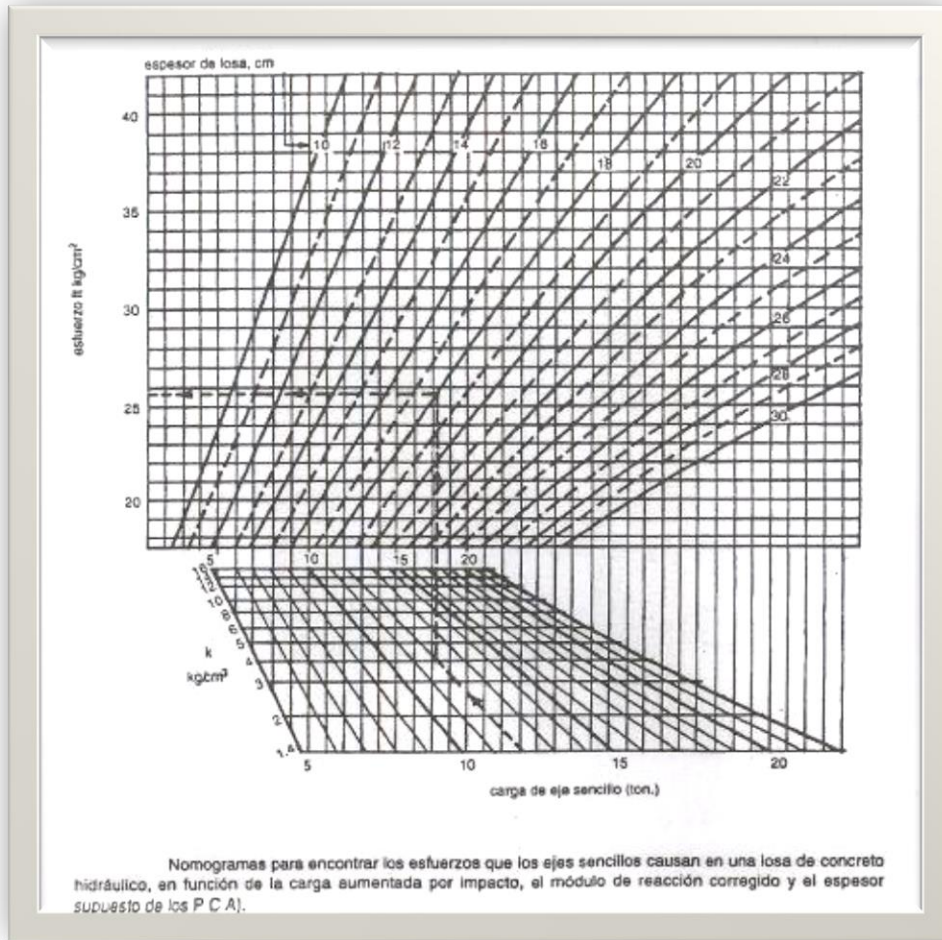
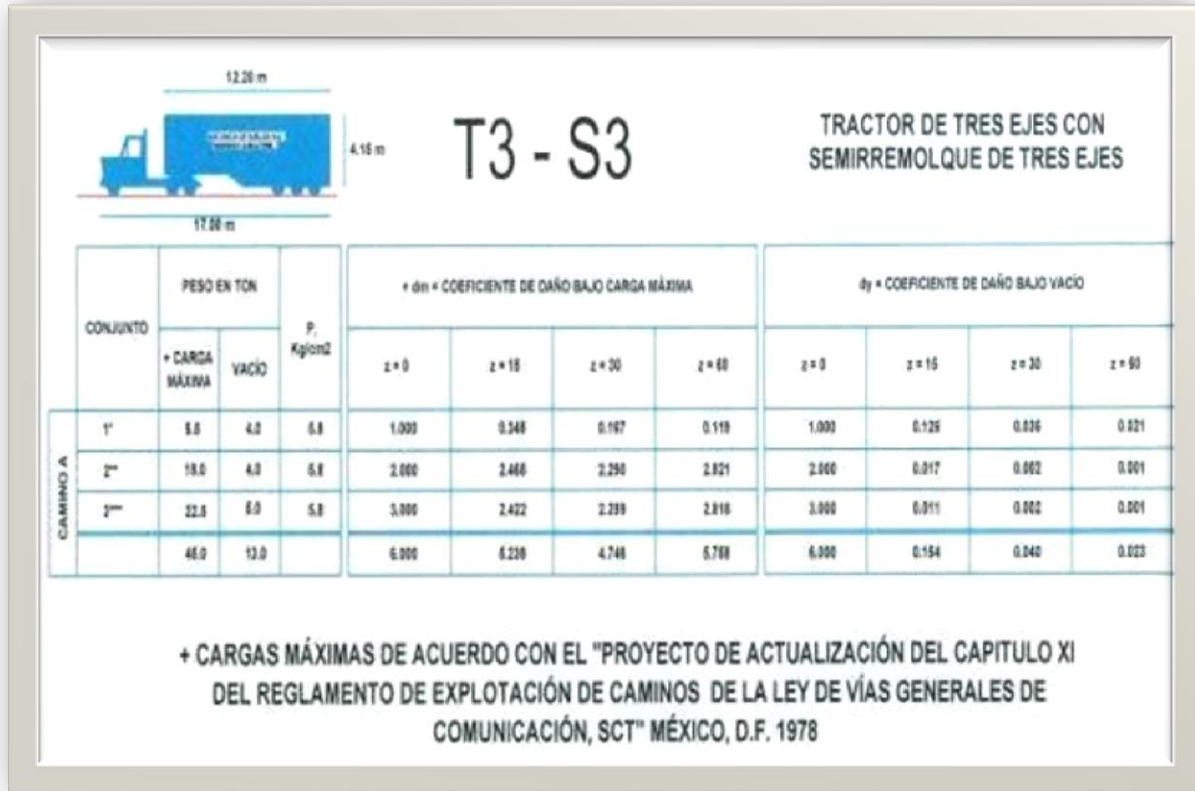


FIGURA 34.- NOMOGRAMA DE DISEÑO PARA EJES SENCILLOS

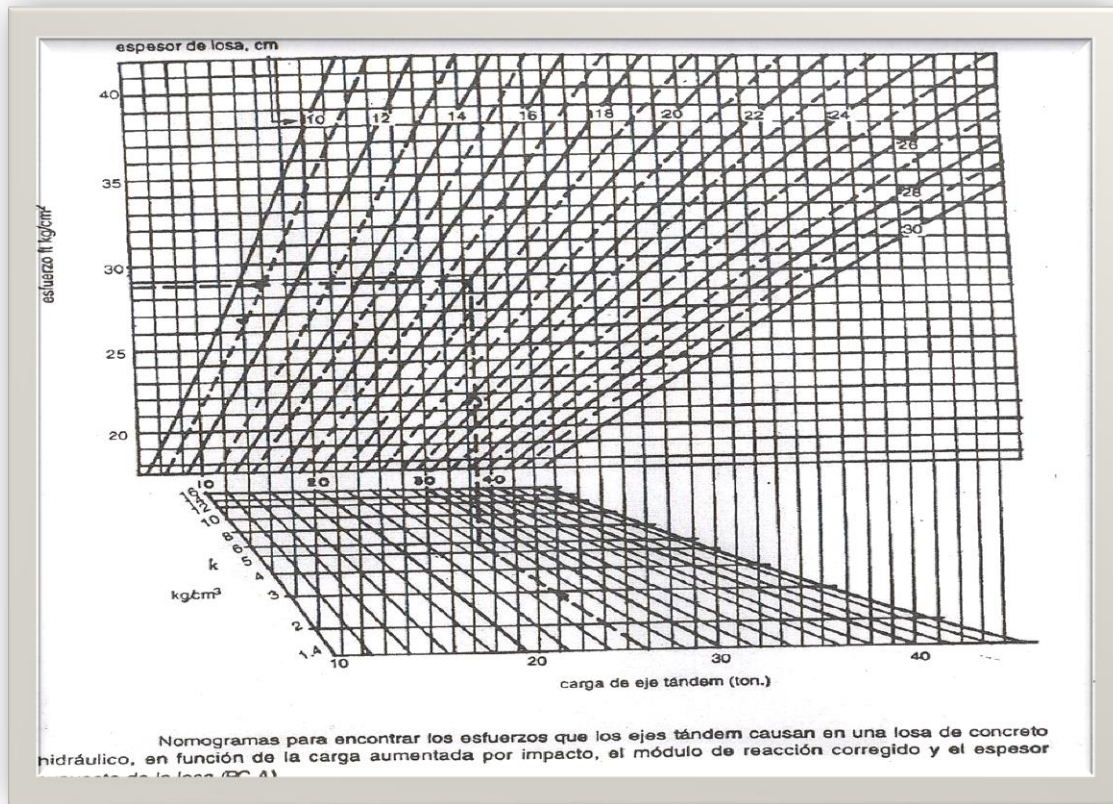
### 6.4.2.- Pavimentos de concreto armado en patio de maniobras

Los vehículos de mayor peso que circularán por el pavimento y para los cuales fue efectuado el diseño, corresponden a tráiler T3-S2 (ver figura 35). La carga más crítica transmitida al pavimento por estos vehículos corresponde al eje tándem en el que la carga por rueda doble es de 3.75 ton. Durante la vida útil del pavimento circularán vehículos en cuyos ejes la carga máxima del sistema tándem es de 18 ton.



**FIGURA 35.- TRÁILER T3-S3**

Utilizando el nomograma de diseño para ejes tándem (ver figura 36), en donde se entra con un módulo de ruptura o de resistencia a tensión en flexión permisible del concreto, con el módulo de reacción del material de apoyo de la losa de concreto y una carga de diseño, se obtuvo un espesor de la losa de concreto que formará el pavimento rígido de 18 cm, que se apoyará sobre una base granular de 20 cm. de espesor, compactada al 98% de su PVSM porter



**FIGURA 36.- NOMOGRAMA DE DISEÑO PARA EJES TÁNDEM**

Las losas que formarán el pavimento tendrán refuerzo de acero para el control de agrietamientos por temperatura.

El espaciamiento máximo del refuerzo en los tableros no será mayor de 37.5 cm., para el acero longitudinal y de 75 cm. para el acero transversal.

Dado que se tendrá un control efectivo de las grietas mediante el refuerzo debido al acero distribuido, el espaciamiento entre juntas transversales se recomienda variable entre 3.0 y 4.5 m. Respecto al ancho de las losas, éstas quedarán comprendidas entre 3.0 y 6.0 m.

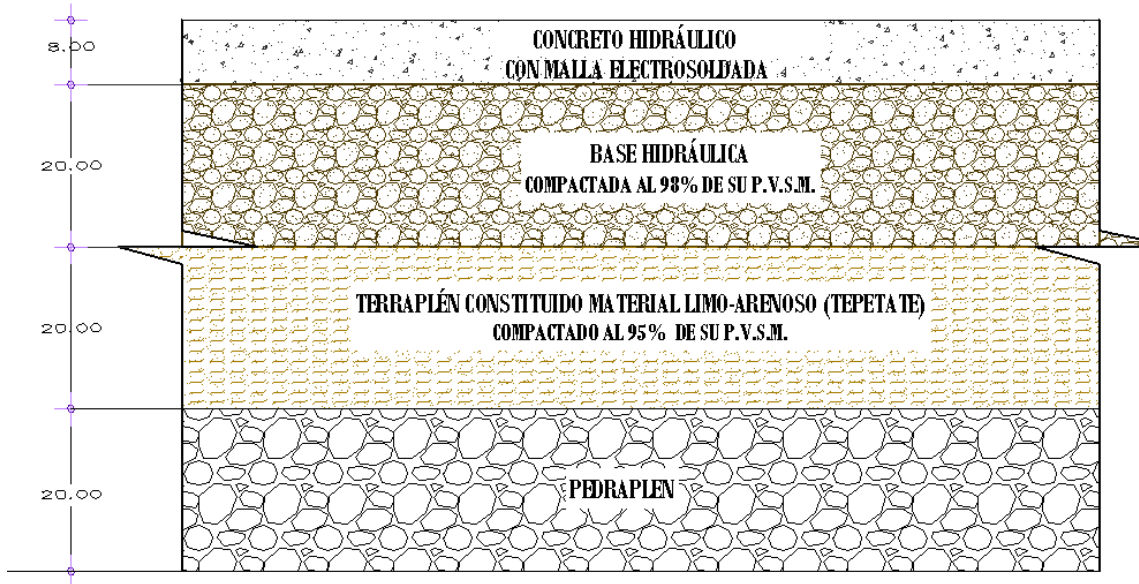
### 6.4.3.- Especificaciones para pavimento en estacionamiento y patio de maniobras.

#### A) Estructura de pavimento rígido en estacionamiento

En el área de estacionamiento se consideró un carril de diseño con un tránsito diario de 200 vehículos, compuesto primordialmente por un 95% de automóviles y el resto por camionetas de 3.5 toneladas.

El VRS considerado para diseño fue de 6% lo que equivale a un módulo de reacción de la subrasante (k) del orden de 4.3%. El módulo de ruptura (MR) fue de 40 kg/cm<sup>2</sup>. Se empleó el método de la Portland Cement Association.

La estructura obtenida es: pedraplén de 20 cm debidamente bandeado, una capa de material importado de banco (tepetate) de 20 cm compactada al 95% del PVSM de acuerdo a la prueba proctor estándar, una capa de grava controlada (base hidráulica) de 20 cm compactada al 98% del PVSM de acuerdo con la prueba Porter y finalmente un firme de concreto hidráulico de 8 cm reforzado con malla electrosoldada. (Figura 37).



ACOTACIONES EN CM

**FIGURA 37.- PAVIMENTO RÍGIDO EN ESTACIONAMIENTO**

#### 6.4.4.- Estructura de pavimento rígido en patio de maniobras.

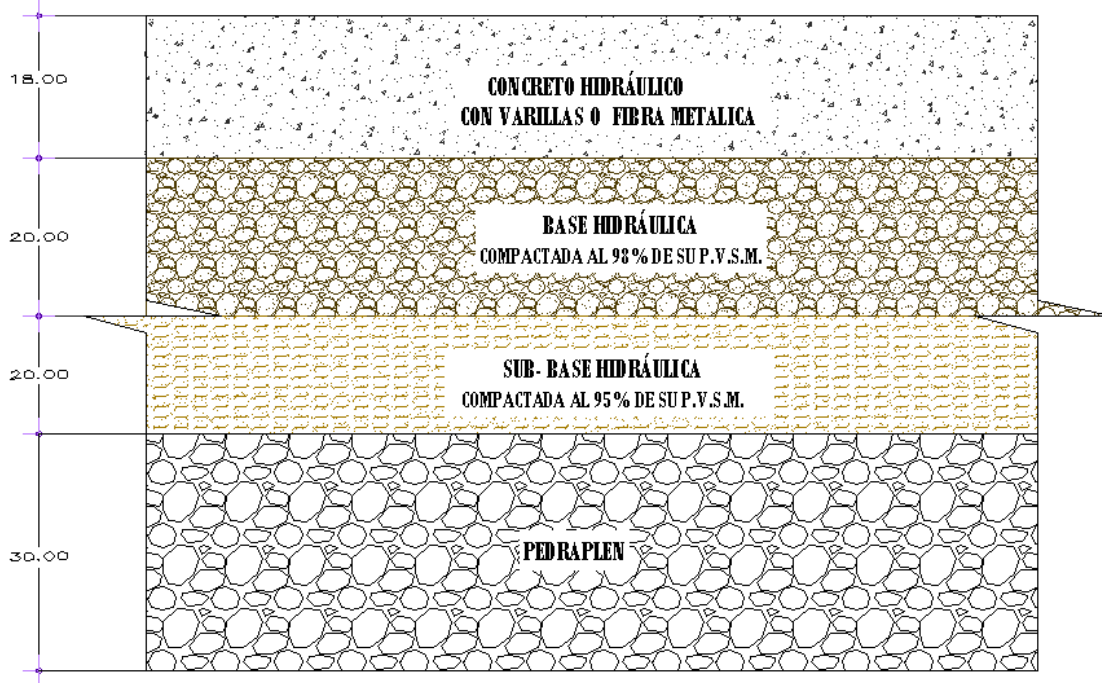
Se consideró un tránsito diario de 2.5 vehículos tipo tráiler y 5 camiones de carga con capacidad de 5 toneladas.

El VRS considerado para diseño fue de 6% lo que equivale a un módulo de reacción de la subrasante (k) del orden de 3.5%. El módulo de ruptura (MR) fue de 40 kg/cm<sup>2</sup>. Se empleó el método de la Portland Cement Association.

La estructura obtenida es: dos capas de 15 cm cada una de pedraplén con tamaño máximo de partículas de 4" de diámetro debidamente bandeadas, posteriormente una capa de sub-base 20 cm compactada al 95% de PVSM proctor



estándar, sobre esta se colocará una capa de 20 cm de grava controlada (base hidráulica) compactada al 98% de su PVSM de acuerdo a la prueba porter, y por ultimo una losa de concreto hidráulico de 18 cm de espesor armado con varilla o con fibra metálica. (Figura 38).



ACOTACIONES EN CM

**FIGURA 38.- PAVIMENTO RÍGIDO PARA ACCESO Y PATIO DE MANIOBRAS**

### 6.4.5.- Procedimiento constructivo en pavimento rígido

Se construirá después de terminar la base hidráulica y de aplicar sobre ésta el riego de impregnación.

El concreto tendrá un módulo de ruptura (MR) de 40 kg/cm<sup>2</sup>. Las losas se construirán por franjas cuyas dimensiones dependerán de la geometría de las áreas por pavimentar.

La modulación se hará para que los tableros sean preferentemente de forma cuadrada en planta y alternativamente de forma rectangular en cuyo caso la longitud del tablero no excederá de 1.30 veces el ancho del mismo.

En los tableros su ancho y su largo no deben exceder de 20 veces y de 26 veces el peralte. Se proyectarán las juntas longitudinales y transversales necesarias. El sellado de las juntas entre tableros deberá hacerse escrupulosamente, ya que en caso contrario las juntas se convierten en fuente de infiltración a las capas de apoyo de la losa provocando más tarde la falla de ésta.

## 6.5.- Instrumentación

A continuación se presentan las recomendaciones de instrumentación que se sugiere implementar durante la construcción de la cimentación y del piso terminado.

Previamente al inicio de los trabajos de excavación, se instrumentará el suelo que rodeará a la excavación para verificar que la construcción se realice dentro de la seguridad proyectada así como para advertir el desarrollo de condiciones de inestabilidad, y obtener información básica del comportamiento del suelo, que comparado con el previsto en el diseño, permita concluir sobre la confiabilidad del mismo.

Mediante la instrumentación se observará el comportamiento de la masa de suelo en la que efectuará la excavación antes, durante y después de concluida la construcción, a través de la determinación de la evolución con el tiempo de las deformaciones verticales y horizontales, en los puntos más representativos en la masa del suelo.

Se instalarán referencias superficiales constituidas por bancos de nivel superficiales. La información recopilada de la instrumentación debe ser constantemente examinada e interpretada por un ingeniero especialista en mecánica de suelos para asegurarse que se obtiene con ella la utilidad que se le consideró.

Los instrumentos de medición se deben instalar siguiendo las recomendaciones que se describen a continuación en los que también se indica la frecuencia de las mediciones.

### 6.5.1.- Referencias superficiales.

Tendrán por objeto medir los desplazamientos horizontales y verticales que ocurren en la superficie del terreno que circundará la excavación. Estas mediciones permiten detectar oportunamente el desarrollo de condiciones de inestabilidad, ó bien deformaciones inadmisibles.

Las referencias superficiales son puntos fijos de la superficie del terreno que se instalarán definiendo líneas de colimación paralelas al borde de la excavación, observando las líneas de colimación con un tránsito, se detectan los desplazamientos horizontales, mientras que con nivel óptico se determinan los desplazamientos verticales.



## 6.5.2.- Criterios de instalación.

Los testigos superficiales se instalarán principalmente definiendo líneas de colimación, apoyadas en dos puntos de referencia fijos, alejados de los extremos de la excavación para evitar que sufran desplazamientos durante los procesos de construcción. Las líneas de colimación serán paralelas al borde de excavación, señalando una a cada lado de la excavación, en la colindancia con la vía pública; la separación entre testigos superficiales será de 5 metros.

Todas las referencias deberán instalarse antes de la excavación, según los procedimientos que se describen a continuación:

### a) Testigos superficiales.

- Se trazan las líneas de colimación paralelas a la excavación y a las distancias recomendadas.
- Se marcarán los testigos con su clave de identificación y se protegen hasta que haya fraguado el mortero.

## 6.5.3.- Procedimiento de medición.

El tránsito que se utilice deberá tener plomada óptima de centrado y precisión de 15 seg.; las mediciones se harán dos veces en cada posición del aparato. Es indispensable que se compruebe frecuentemente el ajuste del eje vertical del aparato. El nivel topográfico deberá ser de precisión, con radio de curvatura de 20 m y amplificación de 25 diámetros. Las nivelaciones serán diferenciales, con el aparato nivelado equidistante a los puntos de medición y lecturas máximas a 100 m, utilizando estadales con un nivel de burbuja y graduados en milímetros; las mediciones se efectuarán cuando la reverberación sea mínima.

Los desplazamientos horizontales se registrarán con la ayuda del tránsito y la regla metálica, colocándola en cada una de las ranuras de las cabezas de los tornillos, deslizándola horizontalmente hasta que la línea coincida con la línea de colimación. En la escala posterior de la regla, el cadenero medirá el desplazamiento horizontal entre la marca del perno y la mira; la medición se realizará con aproximadamente de  $\pm 0.5$  mm.

Previo al inicio del bombeo y de la excavación, se tomarán lecturas de nivelación; durante la excavación y bombeo, la frecuencia de lecturas será de una vez por semana y si las deformaciones son menores de 1 mm/semana, la frecuencia será mensual.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- I. Se desarrolló el presente trabajo de Mecánica de Suelos realizado preliminarmente, en el predio ubicado en Avenida Tláhuac No. 4409, Colonia Lomas Estrella, en la Delegación Iztapalapa, México D.F. con una superficie de aproximadamente 19,500 m<sup>2</sup>, donde se proyecta la construcción de un **Centro Comercial** denominado “**TLÁHUAC**”
- II. El proyecto del Centro Comercial estará constituido por un semisótano, planta baja y dos niveles superiores; el semisótano y parte de la planta baja será destinados para estacionamiento, el primer nivel se tendrá una plaza comercial Con un área de 8,101 m<sup>2</sup>, mientras en el segundo nivel se ubicarán los Cines.
- III. Las colindancias que tiene el predio en estudio y de acuerdo al levantamiento realizado en campo son las siguientes:
  - Al norte colinda con una nave de triple altura y estructuras de un nivel,
  - Al oriente colinda con la Avenida Tláhuac,
  - Al poniente colinda con la Calle Morelos, y
  - Al sur colinda con estacionamientos de una unidad habitacional y áreas verdes.
- IV. El sitio de interés tiene una topografía plana, con un desnivel aproximadamente de 1.2 m de Norte a Sur, sensiblemente horizontal en ambas direcciones, con un área aproximada de 19,500 m<sup>2</sup>. Se encuentra actualmente ocupado por una Nave de doble altura, la cual funciona como Almacenamiento de producto con patio de maniobras.
- V. Se efectuaron cuatro sondeos profundos, de los cuales uno fue de tipo penetración estándar a 30m de profundidad y tres sondeos de tipo mixto a 15 m, 35m y 40m de profundidad
  - ❖ Se excavaron cuatro pozos a cielo abierto de 1.90 m a 2.60 m de profundidad y la ubicación dentro del predio de los pozos a cielo abierto excavados se muestra en la figura 9.
  - ❖ El perfil estratigráfico de los pozos a cielo abierto excavados, se presentan en las figuras 10 a 13.



- ❖ La zonificación de rellenos y materiales redepositados localizados en los pozos a cielo abierto excavados se muestra en la figura 14.
  - ❖ En las figuras 16, 17 y 18 se presentan los registros de campo de los sondeos mixtos, y en las figuras 19, 20, 21 y 22 se muestran las gráficas de los perfiles estratigráficos de los sondeos profundos realizados.
  - ❖ En la figura 23 se presenta un corte estratigráfico longitudinal general del subsuelo en el sitio de interés correlacionando los sondeos profundos realizados.
- VI.** El predio de interés se localiza al Norte del Ex Lago de Xochimilco, en el que se encuentran depósitos lacustres de baja resistencia y alta deformabilidad, de acuerdo a la zonificación geotécnica se ubica en la Zona III denominada Zona de Lago.
- VII.** Los materiales del subsuelo en esta zona están constituidos por depósitos lacustres constituidos por capas interestratificadas de arcilla arenosa y limo poco arcilloso de varios tonos de alta compresibilidad y baja resistencia, del grupo CH según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, y de consistencia variable entre muy blanda y blanda, con un estado de esfuerzos efectivos de la estructura de los depósitos aluvio lacustres pre consolidados por desecación en la superficie pero normalmente consolidados conforme se profundiza; además subyaciendo al estrato anterior entre 0.60 y 28 m se tienen estratos arcillosos poco limosos con escasa arena, de consistencia muy blanda, con alto contenido de agua, subyaciendo se tienen materiales resistentes.
- VIII.** El nivel freático se encontró a 2.20 m de profundidad, con respecto al nivel de la Avenida Tláhuac y a 1.20 m con respecto a nivel de patio de maniobras en la parte posterior del predio, en la fecha en la que se realizó la exploración.
- ✓ El módulo de reacción del suelo deberá considerarse de  $2 \text{ kg/cm}^3$  y le corresponde un coeficiente sísmico de 0.40.



- IX.** Debido a que el proyecto requiere un semisótano para estacionamiento se recomienda dejar el nivel de piso terminado a -1.20 m por debajo del nivel de banqueta de la Av. Tláhuac, y en relación a la cimentación una alternativa con cajón de cimentación no es viable, tomando en cuenta la diversidad y magnitud de las cargas del proyecto, así como la excentricidad que se genera, pues no se satisface ni por capacidad de carga, ni por asentamientos, pues estos últimos resultan mayores a los permitidos por el Reglamento, por tal motivo y considerando el tipo de materiales del subsuelo y la magnitud de las cargas que se tendrán por los claros entre columnas, será necesario emplear una cimentación de tipo profunda con pilas de sección constante.
- La solución de la cimentación propuesta para el proyecto será empleando pilas de sección constante, desplantadas entre 32m y 36m de profundidad con respecto al nivel de la Av. Tláhuac.
  - El semisótano se diseñará como firme, y el cual quedara desplantado sobre un mejoramiento constituido por una capa de pedraplén de 20 cm debidamente bandeado, (excepto en la zona de acceso y patio de maniobras de transporte pesado donde se colocará dos capas de 15 cm de pedraplén debidamente bandeado, posteriormente una capa de sub-base 20 cm compactada al 95% de PVSM próctor estándar, sobre esta se colocará una capa de 20 cm de base hidráulica (material granular) compactada al 98% de PVSM porter estándar, y por último en la zona de estacionamiento un firme armado con malla electrosoldada debidamente calzada y un espesor de 8cm de concreto con un  $f'c$  de  $150 \text{ Kg/cm}^2$ , en tanto que la zona de acceso y patio de maniobras de transporte pesado se colocará un pavimento de concreto hidráulico de 18 cm de espesor armado con varilla o con fibra metálica.
  - De acuerdo a la exploración realizada se observa que la estratigrafía es muy errática, que en los primeros veinticinco metros, ya que se tienen materiales con un alto contenido de agua y una baja resistencia a la penetración estándar, sin embargo se tienen intercalados estratos de arenas con resistencia media, y en la parte frontal del predio se encontró el estrato resistente a 29m constituido por limo poco arenoso de color gris, las pilas se desplantarán entre 32 m y 33 m de profundidad y en la parte posterior se encontró a los 32 m sin embargo a los 34.4 m se encontró una disminución en su resistencia razón por la



cual, las pilas se desplantarán entre 34 m y 36m de profundidad con respecto al nivel de la calle de la Av. Tláhuac.

- X.** En las figuras 29 y 30 se presentan las capacidades de carga en condiciones estática y dinámica, para longitudes efectivas de 31 m, 32 m, 33 m y 34 m
- ✓ Las pilas soportarán la totalidad de las solicitaciones transmitidas por la estructura, por lo que deberán diseñarse estructuralmente para soportar las cargas axiales de trabajo de compresión y tensión del análisis estructural definitivo.
  - ✓ El módulo de reacción vertical del suelo de desplante para el diseño de pilas se presenta en la tabla 6 del capítulo 5; mientras que los módulos de reacción horizontales promedio para el diseño de pilas se indican en la tabla 7.
- XI.** Para el proceso constructivo se deberá realizar
- Recorte superficial de los rellenos en la parte frontal de 60 cm, demolición de cimentaciones y estructuras existentes.
  - Construcción de una plataforma de apoyo para el equipo de perforación de pilas
  - Construcción de la cimentación profunda.
  - Descubrir cimentaciones antiguas y extraerla cimentación de las estructuras que estaban en operación.
  - Excavación para el mejoramiento del semisótano, se dejara una banqueta perimetral de 0.5 m y un talud 0.5:1.0 (horizontal: vertical), se despalmará la superficie completa dentro del área a una profundidad mínima de 70 cm para la zona de estacionamiento, y 90 cm para la zona de acceso y patio de maniobras con respecto al nivel de terreno en su parte baja.
- XII.** En el capítulo 6 se describe el proceso constructivo para la perforación y colado de las pilas.
- XIII.** Para la estructura de pavimento rígido en estacionamiento, la estructura obtenida es: pedraplén de 20 cm debidamente bandeado, una capa de material importado de banco (tepetate) de 20 cm compactada al 95% del



PVSM de acuerdo a la prueba proctor estándar, una capa de grava controlada (base hidráulica) de 20 cm compactada al 98% del PVSM de acuerdo con la prueba Porter y finalmente un firme de concreto hidráulico de 8 cm reforzado con malla electrosoldada.

**XIV.** Para la estructura de pavimento rígido en patio de maniobras y acceso, la estructura obtenida es: dos capas de 15 cm cada una de pedraplén con tamaño máximo de partículas de 4" de diámetro debidamente bandeadas, posteriormente una capa de sub-base 20 cm compactada al 95% de PVSM proctor estándar, sobre esta se colocará una capa de 20 cm de grava controlada (base hidráulica) compactada al 98% de su PVSM de acuerdo a la prueba porter y por ultimo una losa de concreto hidráulico de 18 cm de espesor armado con varilla o con fibra metálica.

**XV.** Procedimiento constructivo en pavimento rígido

- ✓ Se construirá después de terminar la base hidráulica y de aplicar sobre ésta el riego de impregnación.
- ✓ El concreto tendrá un módulo de ruptura (MR) de 40 kg/cm<sup>2</sup>. Las losas se construirán por franjas cuyas dimensiones dependerán de la geometría de las áreas por pavimentar.
- ✓ La modulación se hará para que los tableros sean preferentemente de forma cuadrada en planta y alternativamente de forma rectangular en cuyo caso la longitud del tablero no excederá de 1.30 veces el ancho del mismo.
- ✓ En los tableros su ancho y su largo no deben exceder de 20 veces y de 26 veces el peralte.
- ✓ Se proyectarán las juntas longitudinales y transversales necesarias. El sellado de las juntas entre tableros deberá hacerse escrupulosamente, ya que en caso contrario las juntas se convierten en fuente de infiltración a las capas de apoyo de la losa provocando más tarde la falla de ésta.



## ANEXO I REPORTE FOTOGRÁFICO

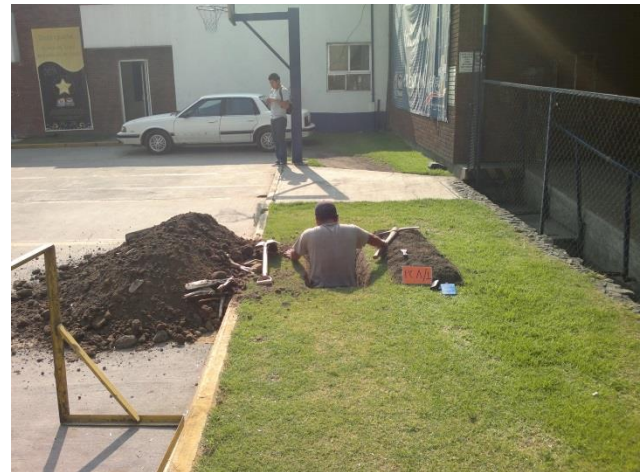
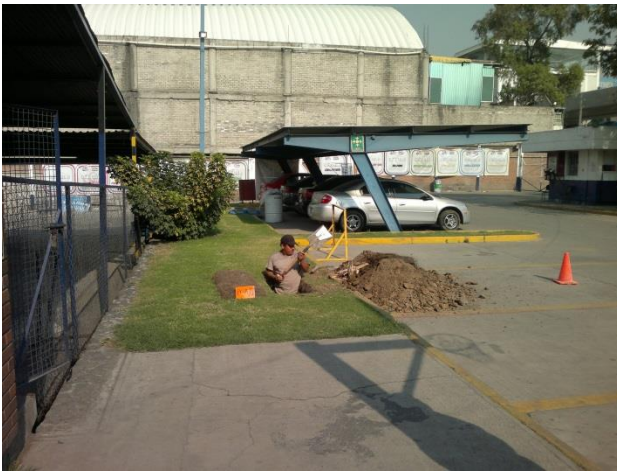
### VISTA PANORÁMICA



## POZO A CIELO ABIERTO No 1



**PCA No.1:**  
**0.00-0.05m:** CAPA VEGETAL.  
**0.05-0.62m:** LIMO ARENOSO GRIS CLARO CON RAICILLAS Y MADERA.  
**0.62-1.30m:** ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA.  
**1.30-2.40m:** ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO NEGRUZCO CON POCA ARENA.  
**NAF: 2.40 M**



## EXCAVACIÓN CON PALA Y



LABRADO DE MUESTRA



ESTRATIGRAFÍA DEL PCA-1

## POZO A CIELO ABIERTO No 2



### PCA No.2:

**0.00-0.05m:** CAPA VEGETAL.

**0.05-0.64m:** LIMO ARENOSO GRIS CLARO CON PLÁSTICOS Y RAICILLAS.

**0.64-1.10m:** ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA Y ALGUNAS GRAVAS.

**1.10-2.30m:** ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO NEGRUZCO CON POCA ARENA.

**2.30-2.60m:** LIMO GRIS CLARO (CENIZA VOLCANICA).

**NAF: 2.40 M**



## MUESTRA CUBICA

## POZO A CIELO ABIERTO No 3



**PCA No.3:**  
**0.00-0.20m:** CONCRETO ARMADO.  
**0.20-0.45m:** ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCOA ARENA FINA.  
**0.45-1.90m:** ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OBSCURO CON POCOA ARENA.  
**NAF: 1.70 M**

## POZO A CIELO ABIERTO No 4



### PCA No.4:

**0.00-0.20m:** CONCRETO ARMADO.

**0.20-0.65m:** ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCOA ARENA FINA.

**0.65-1.55m:** ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON POCOA ARENA.

**1.55-1.90m:** LIMO GRIS CLARO (CENIZA VOLCANICA).

**NAF: 1.70 M**



## SONDEO DE PENETRACIÓN ESTANDAR 1



## INICIO DE PERFORACIÓN



## ACOPLAMIENTO DE LOS TUBOS Y EJECUCIÓN DE LA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR



MUESTRAS INALTERADAS

SONDEO MIXTO SM-1



COLOCACIÓN DE LA MAQUINA LONG  
YEAR 34



VISTA PANORÁMICA DE LA MÁQUINA



COLOCACIÓN DEL TUBO PARTIDO E INICIO DE LA PRUEBA DE PENETRACIÓN



COLOCACIÓN DEL TUBO DE PARED DELGADA (TUBO SHELBY)



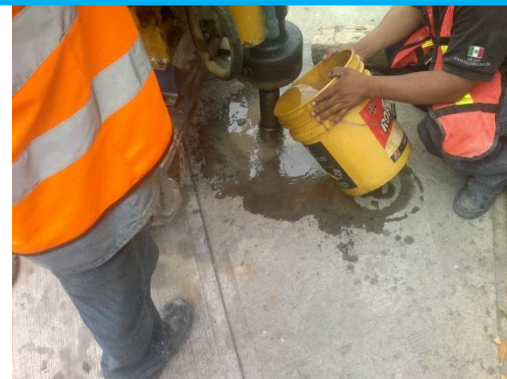
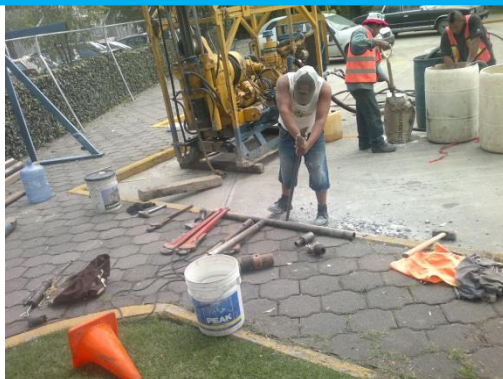
## SONDEO MIXTO SM-2



## BAJANDO LA MAQUINA LONG YEAR



## COLOCACIÓN Y NIVELACIÓN DE LA MAQUINA DE PERFORACIÓN LONG YEAR



## INICIO DE LA EXCAVACIÓN



PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR

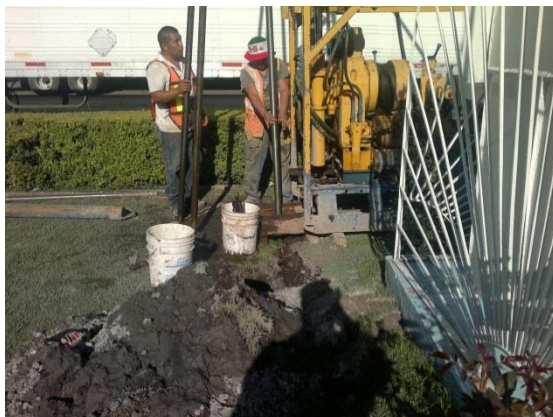
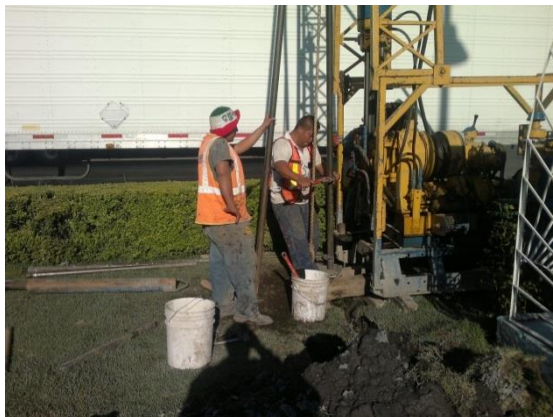


HINCADO DEL TUBO DE PARED DELGADA

## SONDEO MIXTO SM-3



## UBICACIÓN DE LA MAQUINA



## TRABAJOS DE PERFORACIÓN

## MUESTRAS OBTENIDAS



## ANEXO II PRUEBAS DE LABORATORIO

### PRUEBA DE CONSOLIDACION

#### DATOS GENERALES

OBRA:	TLAHUAC		
SONDEO:	SM-1	MUESTRA:	SH-7-UNICO
		PROF.:	4.18-4.40
FECHA:	ABRIL DEL 2012	APARATO No.:	5
		PRUEBA No.:	5

#### ANTES CONSOLIDACION

$W_H =$	145.30 gr	$V_T =$	99.27 cm <sup>3</sup>	$w_i =$	72.16 %
$W_S =$	84.40 gr	$V_S =$	33.49 cm <sup>3</sup>	$e_i =$	1.964
$W_W =$	60.90 gr	$V_V =$	65.78 cm <sup>3</sup>	$G_i =$	92.58 %

#### DESPUES CONSOLIDACION

$W_H =$	191.10 gr	$E_T =$	1.9270 cm	$w_f =$	126.42 %
$W_S =$	84.40 gr	$V_T =$	97.10 cm <sup>3</sup>	$e_f =$	1.899
$W_W =$	106.70 gr	$V_V =$	63.61 cm <sup>3</sup>	$G_f =$	167.74 %

#### CONTENIDO DE AGUA TESTIGO

$W_H + C =$	69.00 gr	$W_W =$	22.10 gr	
$W_S + C =$	46.90 gr	$W_S =$	21.70 gr	
Cáp. No. =	137	C =	25.2 gr	
$w =$	101.84 %	Lec. Inicial =	8.478	
		Lec Final =	8.048	
$\gamma$ Seco =	0.850 T/m <sup>3</sup>	$\Delta =$	0.43	0.043
$\gamma$ Humedo =	1.464 T/m <sup>3</sup>			
$\gamma$ Sat =	1.513 T/m <sup>3</sup>			

OBSERVACIONES: ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO

## GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

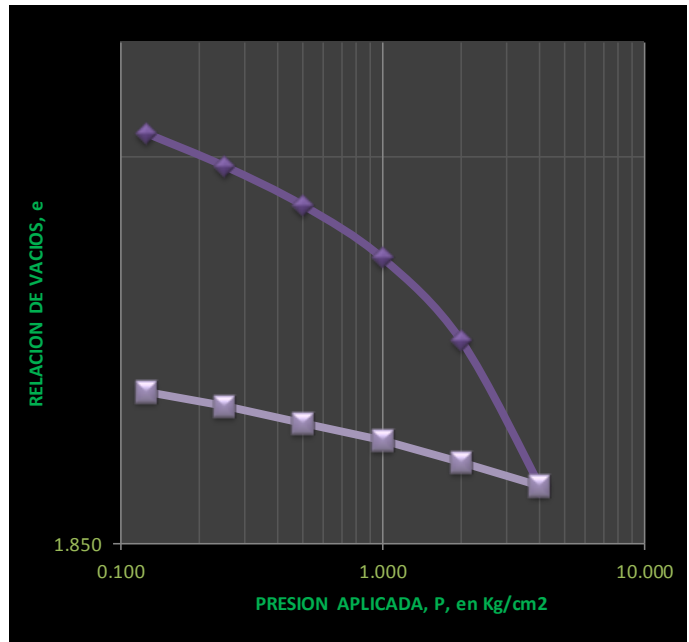
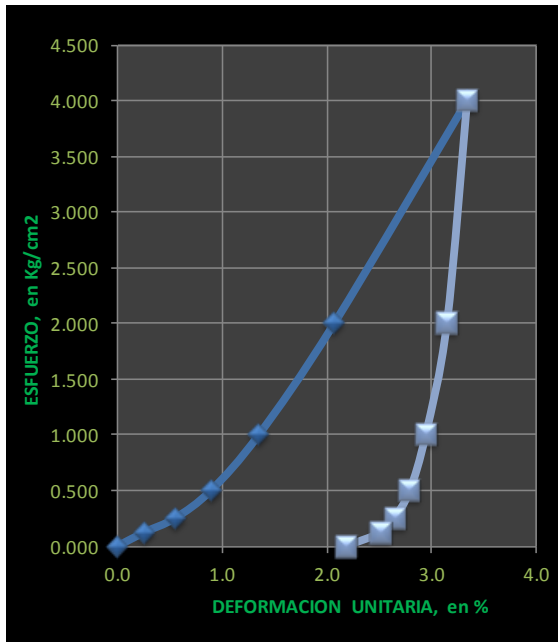
OBRA: TLAHUAC

SONDEO: SM-1  
MUESTRA: SH-7-UNICO

CLASIF.: ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO

PROF.: 4.18-4.40

DENSIDAD DE SOLIDOS S <sub>s</sub> --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL e <sub>i</sub> --	FINAL e <sub>f</sub> --	INICIAL w <sub>i</sub> %	FINAL w <sub>f</sub> %	INICIAL Gw <sub>i</sub> %	FINAL Gw <sub>f</sub> %	HUMEDO g <sub>h</sub> Ton/m <sup>3</sup>	SECO g <sub>s</sub> Ton/m <sup>3</sup>	
2.520	1.964	1.899	72.16	126.42	92.58	167.74	1.464	0.850	CH



## PRUEBA DE CONSOLIDACION DATOS GENERALES

OBRA: TLAHUAC		
SONDEO: SM-1	MUESTRA: SH-12-3	PROF.: 7.42-7.60
FECHA: ABRIL DEL 2012	APARATO No: 6	PRUEBA No.: 6

### ANTES CONSOLIDACION

$W_H = 129.10$ gr	$V_T = 99.27$ cm <sup>3</sup>	$w_i = 124.52$ %
$W_S = 57.50$ gr	$V_S = 22.82$ cm <sup>3</sup>	$e_i = 3.351$
$W_W = 71.60$ gr	$V_V = 76.45$ cm <sup>3</sup>	$G_i = 93.65$ %

### DESPUES CONSOLIDACION

$W_H = 163.30$ gr	$E_T = 1.7964$ cm	$w_f = 184.00$ %
$W_S = 57.50$ gr	$V_T = 90.52$ cm <sup>3</sup>	$e_f = 2.967$
$W_W = 105.80$ gr	$V_V = 67.71$ cm <sup>3</sup>	$G_f = 156.27$ %

### CONTENIDO DE AGUA TESTIGO

$WH + C = 122.40$ gr	$W_W = 54.50$ gr	
$WS + C = 67.90$ gr	$W_S = 44.80$ gr	
Cáp. No. = 165	$C = 23.1$ gr	
$w = 121.65$ %	Lec. Inicial = 8.27	
	Lec. Final = 6.534	
$\gamma$ Seco = 0.579 T/m <sup>3</sup>	$\Delta = 1.736$	0.1736
$\gamma$ Humedo = 1.300 T/m <sup>3</sup>		
$\gamma$ Sat = 1.349 T/m <sup>3</sup>		

OBSERVACIONES: ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO

## GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: TLAHUAC

SONDEO: SM-1

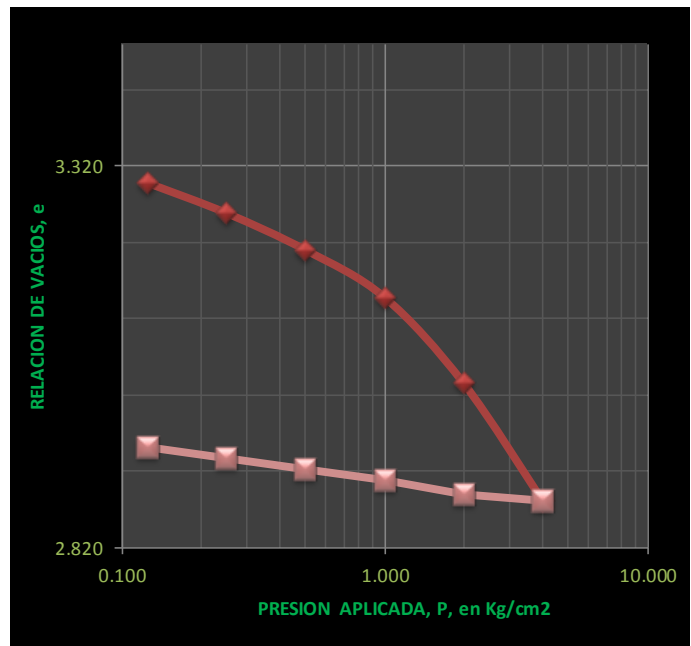
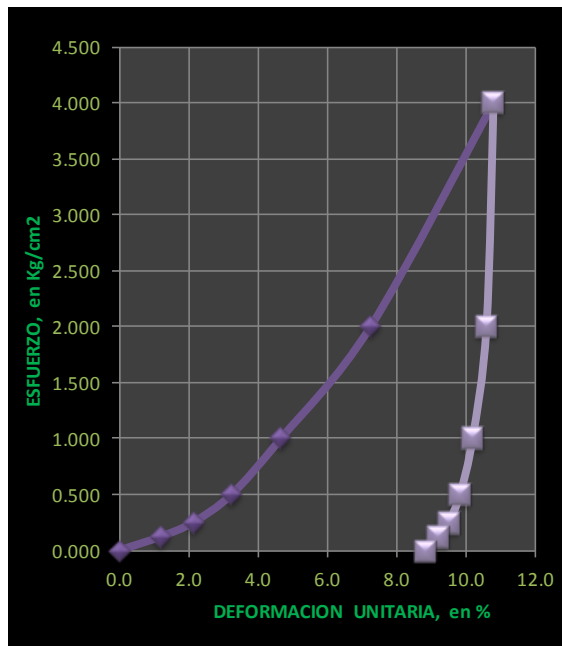
MUESTRA: SH-12-3

CLASIF.: ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO

PROF.: 7.42-7.60

DENSIDAD DE SOLIDOS Ss --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL ei --	FINAL ef --	INICIAL wi %	FINAL wf %	INICIAL Gwi %	FINAL Gwf %	HUMEDO gh Ton/m3	SECO gs Ton/m3	
2.520	3.351	2.967	124.52	184.00	93.65	156.27	1.300	0.579	CH

2.520	3.351	2.967	124.52	184.00	93.65	156.27	1.300	0.579	CH
-------	-------	-------	--------	--------	-------	--------	-------	-------	----





## PRUEBA DE CONSOLIDACION

### DATOS GENERALES

OBRA: TLAHUAC		
SONDEO: SM-1	MUESTRA: SH-16-1	PROF.: 9.44-9.63
FECHA: ABRIL DEL 2012	APARATO No: 7	PRUEBA No.: 7

### ANTES CONSOLIDACION

$W_H = 128.20$ gr	$V_T = 100.03$ cm <sup>3</sup>	$w_l = 157.95$ %
$W_S = 49.70$ gr	$V_S = 20.20$ cm <sup>3</sup>	$e_l = 3.951$
$W_W = 78.50$ gr	$V_V = 79.83$ cm <sup>3</sup>	$G_l = 98.34$ %

### DESPUES CONSOLIDACION

$W_H = 158.50$ gr	$E_T = 1.7760$ em	$w_l = 218.91$ %
$W_S = 49.70$ gr	$V_T = 89.27$ cm <sup>3</sup>	$e_r = 3.419$
$W_W = 108.80$ gr	$V_V = 69.07$ cm <sup>3</sup>	$G_l = 157.53$ %

### CONTENIDO DE AGUA TESTIGO

$W_H + C = 108.00$ gr	$W_W = 50.50$ gr		
$W_S + C = 58.50$ gr	$W_S = 35.20$ gr		
Cáp. No. = 155	$C = 23.3$ gr		
$w = 143.47$ %		Lec. Inicial = 8.86	
		Lec. Final = 6.72	
$\gamma$ Seco = 0.497 T/m <sup>3</sup>		$\Delta = 2.14$	0.214
$\gamma$ Humedo = 1.282 T/m <sup>3</sup>			
$\gamma$ Sat = 1.295 T/m <sup>3</sup>			

OBSERVACIONES: ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO

## GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: TLAHUAC

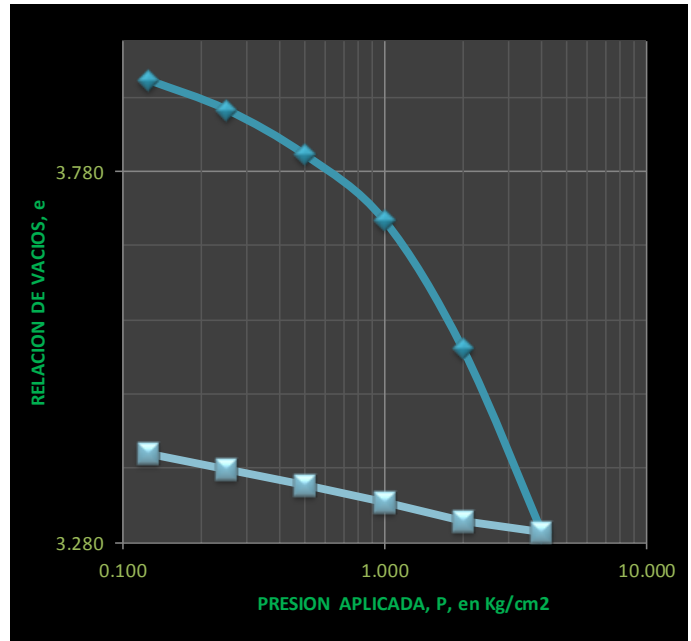
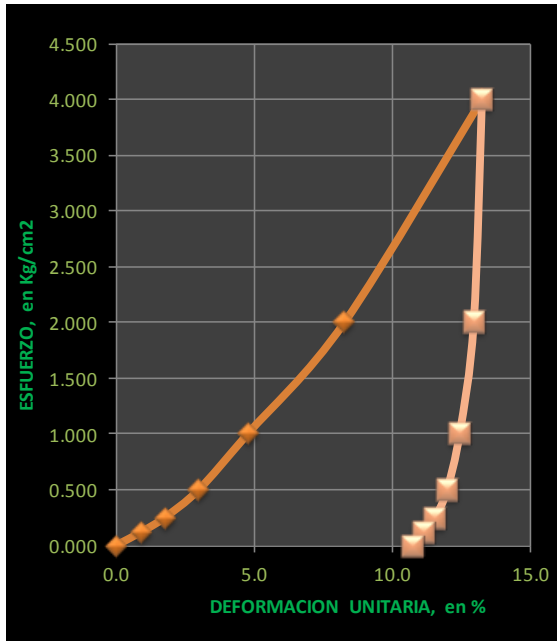
SONDEO: SM-1  
MUESTRA: SH-16-1

CLASIF.: ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO

PROF.: 9.44-9.63

DENSIDAD DE SOLIDOS Ss --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL ei --	FINAL ef --	INICIAL wi %	FINAL wf %	INICIAL Gwi %	FINAL Gwf %	HUMEDO gh Ton/m3	SECO gs Ton/m3	
2.460	3.951	3.419	157.95	218.91	98.34	157.53	1.282	0.497	CH

2.460	3.951	3.419	157.95	218.91	98.34	157.53	1.282	0.497	CH
-------	-------	-------	--------	--------	-------	--------	-------	-------	----



## PRUEBA DE CONSOLIDACION

### DATOS GENERALES

OBRA: AV. TLAHUAC		
SONDEO: SM-2	MUESTRA: SH-11-UNICO	PROF.: 6.98-7.20
FECHA: OCT. 2012	APARATO No.: 3	PRUEBA No.: 3

### ANTES CONSOLIDACION

$W_H = 110.00$ gr	$V_T = 96.01$ cm <sup>3</sup>	$w_i = 318.25$ %
$W_S = 26.30$ gr	$V_S = 12.29$ cm <sup>3</sup>	$e_i = 6.812$
$W_W = 83.70$ gr	$V_V = 83.72$ cm <sup>3</sup>	$G_i = 99.98$ %

### DESPUES CONSOLIDACION

$W_H = 118.30$ gr	$E_T = 1.5742$ cm	$w_f = 349.81$ %
$W_S = 26.30$ gr	$V_T = 79.13$ cm <sup>3</sup>	$e_f = 5.439$
$W_W = 92.00$ gr	$V_V = 66.84$ cm <sup>3</sup>	$G_f = 137.65$ %

### CONTENIDO DE AGUA TESTIGO

$W_H + C = 94.10$ gr	$W_W = 56.20$ gr	
$W_S + C = 37.90$ gr	$W_S = 13.70$ gr	
Cáp. No. = 156	C = 24.2 gr	
$w = 410.22$ %	Lec. Inicial = 8.26	
	Lec. Final = 4.902	
$\gamma$ Seco = 0.274 T/m <sup>3</sup>	$\Delta = 3.358$	0.3358
$\gamma$ Humedo = 1.146 T/m <sup>3</sup>		
$\gamma$ Sat = 1.146 T/m <sup>3</sup>		

OBSERVACIONES: ARCILLA CAFÉ ROJIZO

## GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: AV. TLAHUAC

SONDEO: SM-2

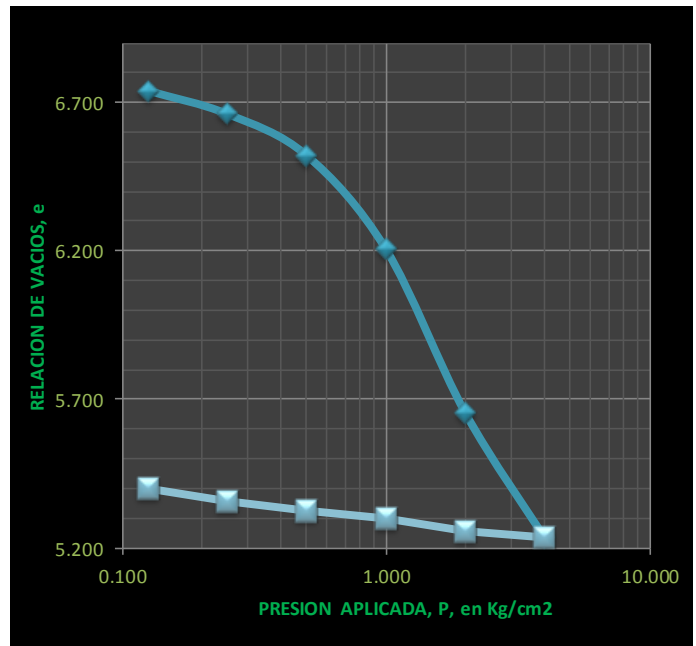
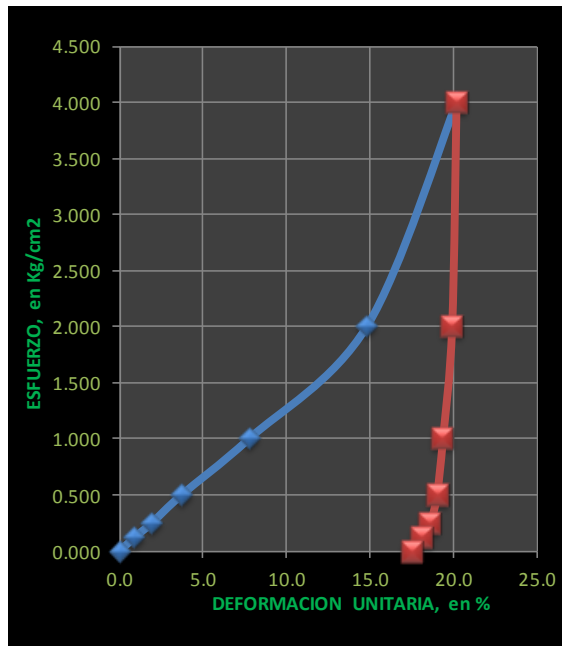
MUESTRA: SH-11-UNICO

CLASIF.: ARCILLA CAFÉ ROJIZO

PROF.: 6.98-7.20

DENSIDAD DE SOLIDOS Ss --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL ei --	FINAL ef --	INICIAL wi %	FINAL wf %	INICIAL Gwi %	FINAL Gwf %	HUMEDO gh Ton/m3	SECO gs Ton/m3	
2.140	6.812	5.439	318.25	349.81	99.98	137.65	1.146	0.274	CH

2.140	6.812	5.439	318.25	349.81	99.98	137.65	1.146	0.274	CH
-------	-------	-------	--------	--------	-------	--------	-------	-------	----



## PRUEBA DE CONSOLIDACION DATOS GENERALES

OBRA: AV. TLAHUAC		
SONDEO: SM-2	MUESTRA: SH-20-3	PROF.: 13.62-13.81
FECHA: OCT. 2012	APARATO No.: 5	PRUEBA No.: 5

### ANTES CONSOLIDACION

$W_H = 117.00$ gr	$V_T = 99.27$ cm <sup>3</sup>	$w_i = 226.82$ %
$W_S = 35.80$ gr	$V_S = 15.84$ cm <sup>3</sup>	$e_i = 5.267$
$W_W = 81.20$ gr	$V_V = 83.43$ cm <sup>3</sup>	$G_i = 97.33$ %

### DESPUES CONSOLIDACION

$W_H = 152.80$ gr	$E_T = 1.8496$ cm	$w_f = 326.82$ %
$W_S = 35.80$ gr	$V_T = 93.20$ cm <sup>3</sup>	$e_f = 4.884$
$W_W = 117.00$ gr	$V_V = 77.36$ cm <sup>3</sup>	$G_f = 151.24$ %

### CONTENIDO DE AGUA TESTIGO

$W_H + C = 92.50$ gr	$W_W = 40.00$ gr		
$W_S + C = 52.50$ gr	$W_S = 29.10$ gr		
Cáp. No. = 196	C = 23.4 gr		
$w = 137.46$ %		Lec. Inicial = 8.19	
		Lec. Final = 6.986	
$\gamma_{Seco} = 0.361$ T/m <sup>3</sup>		$\Delta = 1.204$	0.1204
$\gamma_{Humedo} = 1.179$ T/m <sup>3</sup>			
$\gamma_{Sat} = 1.201$ T/m <sup>3</sup>			

OBSERVACIONES: ARCILLA GRIS VERDOSO

## GRAFICAS DE CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL

OBRA: AV. TLAHUAC

SONDEO: SM-2

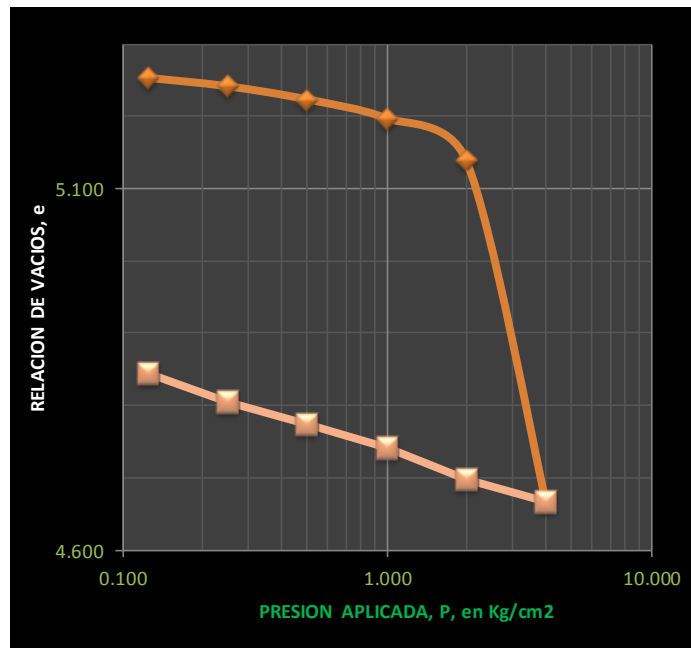
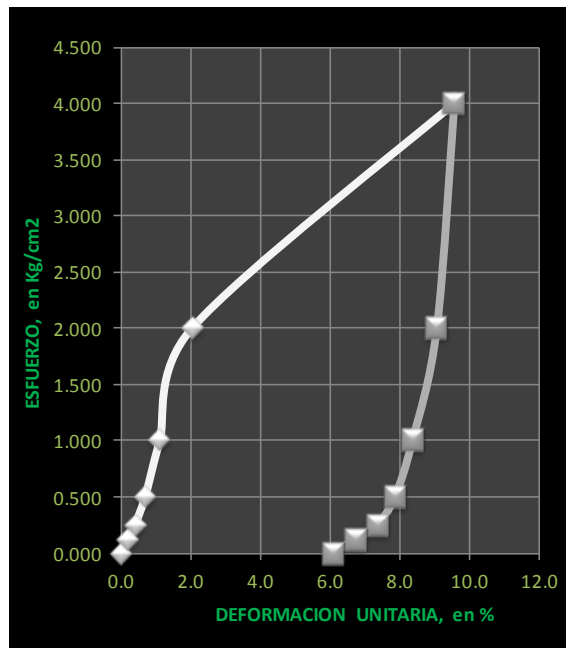
MUESTRA: SH-20-3

CLASIF.: ARCILLA GRIS VERDOSO

PROF.: 13.62-13.81

DENSIDAD DE SOLIDOS Ss --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL ei --	FINAL ef --	INICIAL wi %	FINAL wf %	INICIAL Gwi %	FINAL Gwf %	HUMEDO gh Ton/m3	SECO gs Ton/m3	
2.260	5.267	4.884	226.82	326.82	97.33	151.24	1.179	0.361	CH

2.260	5.267	4.884	226.82	326.82	97.33	151.24	1.179	0.361	CH
-------	-------	-------	--------	--------	-------	--------	-------	-------	----



## PRUEBA DE CONSOLIDACION

### DATOS GENERALES

OBRA: TLAHUAC		
SONDEO: SM-3	MUESTRA: SH-7-2	PROF.: 4.20-4.40
FECHA: OCT. 2012	APARATO No.: 3	PRUEBA No.: 3

### ANTES CONSOLIDACION

$W_H = 107.10$ gr	$V_T = 96.01$ cm <sup>3</sup>	$w_i = 337.14$ %
$W_S = 24.50$ gr	$V_S = 11.04$ cm <sup>3</sup>	$e_i = 7.699$
$W_W = 82.60$ gr	$V_V = 84.97$ cm <sup>3</sup>	$G_i = 97.21$ %

### DESPUES CONSOLIDACION

$W_H = 146.10$ gr	$E_T = 1.8032$ cm	$w_f = 496.33$ %
$W_S = 24.50$ gr	$V_T = 90.64$ cm <sup>3</sup>	$e_f = 7.213$
$W_W = 121.60$ gr	$V_V = 79.60$ cm <sup>3</sup>	$G_f = 152.76$ %

### CONTENIDO DE AGUA TESTIGO

$W_H + C = 100.60$ gr	$W_W = 54.80$ gr	
$W_S + C = 45.80$ gr	$W_S = 20.40$ gr	
Cáp. No. = 233	C = 25.4 gr	
$w = 268.63$ %		
	Lec. Inicial = 8.422	
	Lec Final = 7.354	
$\gamma$ Seco = 0.255 T/m <sup>3</sup>	$\Delta = 1.068$	0.1068
$\gamma$ Humedo = 1.116 T/m <sup>3</sup>		
$\gamma$ Sat = 1.140 T/m <sup>3</sup>		

OBSERVACIONES: ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO

## GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: TLAHUAC

SONDEO: SM-3

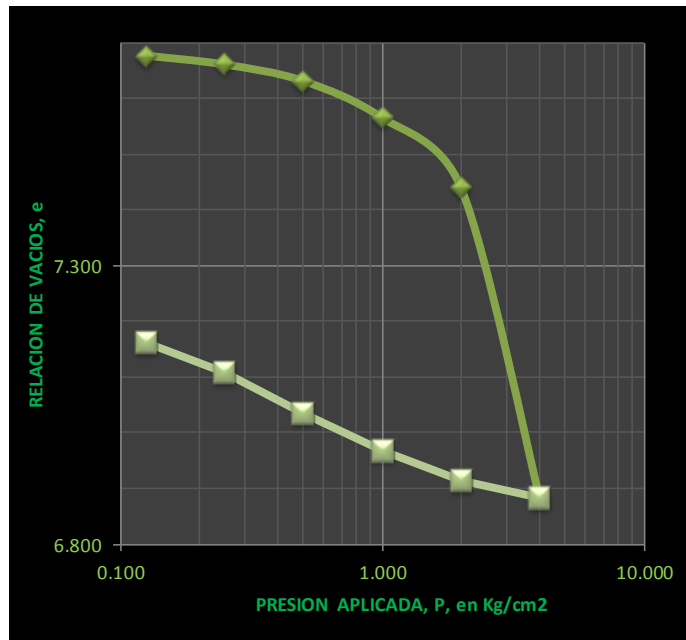
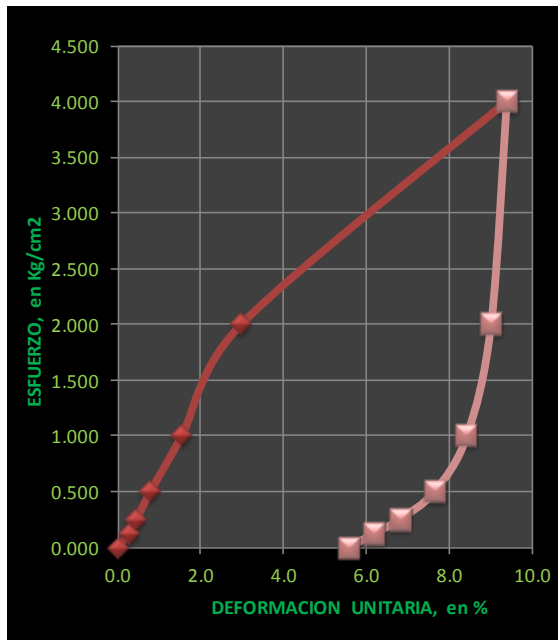
MUESTRA: SH-7-2

CLASIF.: ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO

PROF.: 4.20-4.40

DENSIDAD DE SOLIDOS Ss --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL ei --	FINAL ef --	INICIAL wi %	FINAL wf %	INICIAL Gwi %	FINAL Gwf %	HUMEDO gh Ton/m3	SECO gs Ton/m3	
2.220	7.699	7.213	337.14	496.33	97.21	152.76	1.116	0.255	CH

2.220	7.699	7.213	337.14	496.33	97.21	152.76	1.116	0.255	CH
-------	-------	-------	--------	--------	-------	--------	-------	-------	----





## PRUEBA DE CONSOLIDACION

### DATOS GENERALES

OBRA: TLAHUAC		
SONDEO: SM-3	MUESTRA: SH-14-3	PROF.: 8.40-8.60
FECHA: OCT. 2012	APARATO No.: 5	PRUEBA No.: 5

### ANTES CONSOLIDACION

$W_H = 116.50$ gr	$V_T = 99.27$ cm <sup>3</sup>	$w_i = 232.86$ %
$W_S = 35.00$ gr	$V_S = 16.06$ cm <sup>3</sup>	$e_i = 5.183$
$W_W = 81.50$ gr	$V_V = 83.22$ cm <sup>3</sup>	$G_f = 97.94$ %

### DESPUES CONSOLIDACION

$W_H = 151.30$ gr	$E_T = 1.8639$ cm	$w_f = 332.29$ %
$W_S = 35.00$ gr	$V_T = 93.92$ cm <sup>3</sup>	$e_f = 4.850$
$W_W = 116.30$ gr	$V_V = 77.87$ cm <sup>3</sup>	$G_f = 149.35$ %

### CONTENIDO DE AGUA TESTIGO

$WH + C = 107.00$ gr	$W_W = 56.90$ gr		
$WS + C = 50.10$ gr	$W_S = 25.10$ gr		
Cáp. No. = 154	C = 25 gr		
$w = 226.69$ %		Lec. Inicial = 8.053	
		Lec. Final = 6.992	
$\gamma_{Seco} = 0.353$ T/m <sup>3</sup>		$\Delta = 1.061$	0.1061
$\gamma_{Humedo} = 1.174$ T/m <sup>3</sup>			
$\gamma_{Sat} = 1.191$ T/m <sup>3</sup>			

OBSERVACIONES: ARCILLA CAFÉ VERDOSO

## GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: TLAHUAC

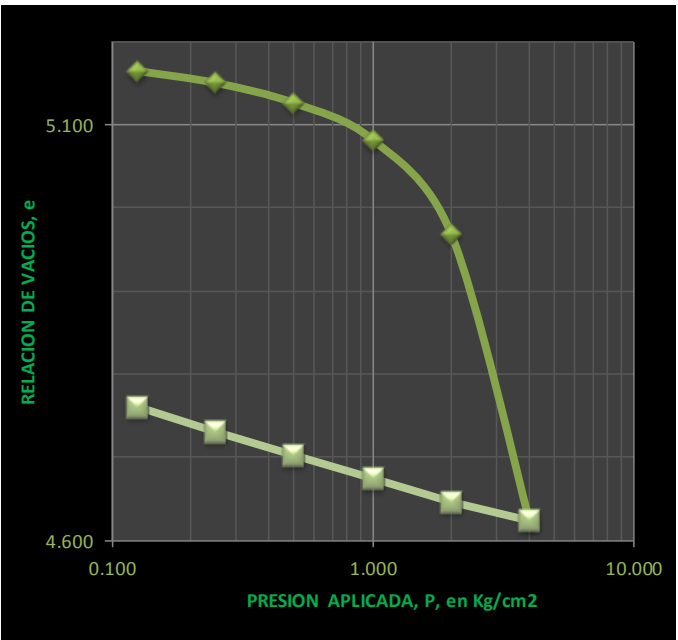
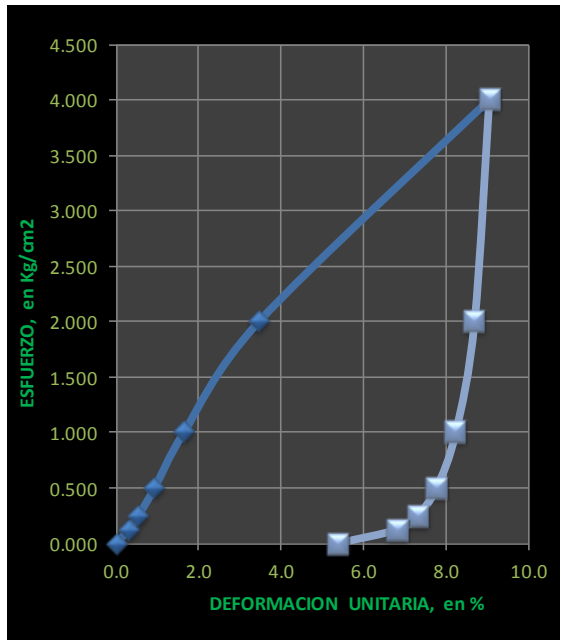
SONDEO: SM-3  
 MUESTRA: SH-14-3

CLASIF.: ARCILLA CAFÉ VERDOSO

PROF.: 8.40-8.60

DENSIDAD DE SOLIDOS Ss --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL ei --	FINAL ef --	INICIAL wi %	FINAL wf %	INICIAL Gwi %	FINAL Gwf %	HUMEDO gh Ton/m3	SECO gs Ton/m3	
2.180	5.183	4.850	232.86	332.29	97.94	149.35	1.174	0.353	CH

2.180	5.183	4.850	232.86	332.29	97.94	149.35	1.174	0.353	CH
-------	-------	-------	--------	--------	-------	--------	-------	-------	----



## PRUEBA DE CONSOLIDACION

### DATOS GENERALES

OBRA: TLAHUAC		
SONDEO: SM-3	MUESTRA: SH-20-2	PROF.: 12.00-12.20
FECHA: OCT. 2012	APARATO No.: 3	PRUEBA No.: 3

### ANTES CONSOLIDACION

$W_H = 110.90$ gr	$V_T = 96.01$ cm <sup>3</sup>	$w_i = 306.23$ %
$W_S = 27.30$ gr	$V_S = 12.58$ cm <sup>3</sup>	$e_i = 6.631$
$W_W = 83.60$ gr	$V_V = 83.43$ cm <sup>3</sup>	$G_i = 100.21$ %

### DESPUES CONSOLIDACION

$W_H = 129.20$ gr	$E_T = 1.6398$ cm	$w_f = 373.26$ %
$W_S = 27.30$ gr	$V_T = 82.43$ cm <sup>3</sup>	$e_f = 5.552$
$W_W = 101.90$ gr	$V_V = 69.84$ cm <sup>3</sup>	$G_f = 145.90$ %

### CONTENIDO DE AGUA TESTIGO

$W_H + C = 124.80$ gr	$W_W = 70.30$ gr		
$W_S + C = 54.50$ gr	$W_S = 28.90$ gr		
Cáp. No. = 227	C = 25.6 gr		
$w = 243.25$ %		Lec. Inicial = 8.387	
		Lec Final = 5.685	
$\gamma$ Seco = 0.284 T/m <sup>3</sup>		$\Delta = 2.702$	0.2702
$\gamma$ Humedo = 1.155 T/m <sup>3</sup>			
$\gamma$ Sat = 1.153 T/m <sup>3</sup>			

OBSERVACIONES: ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO

## GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: TLAHUAC

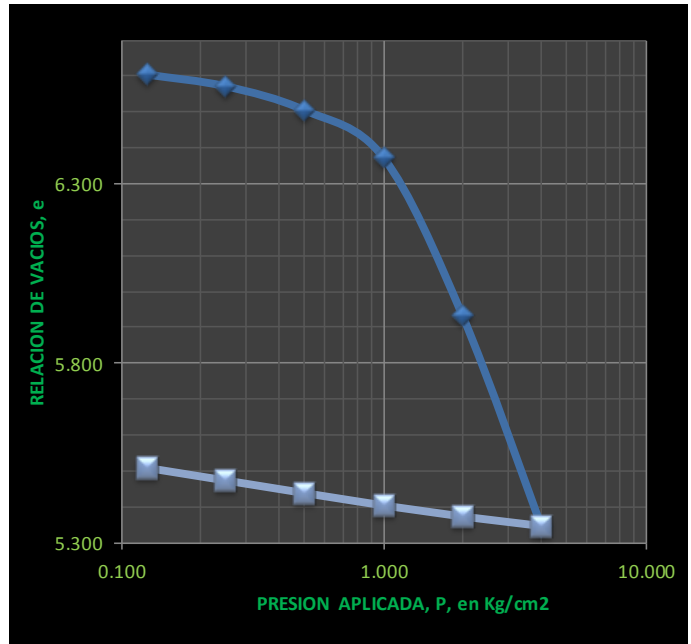
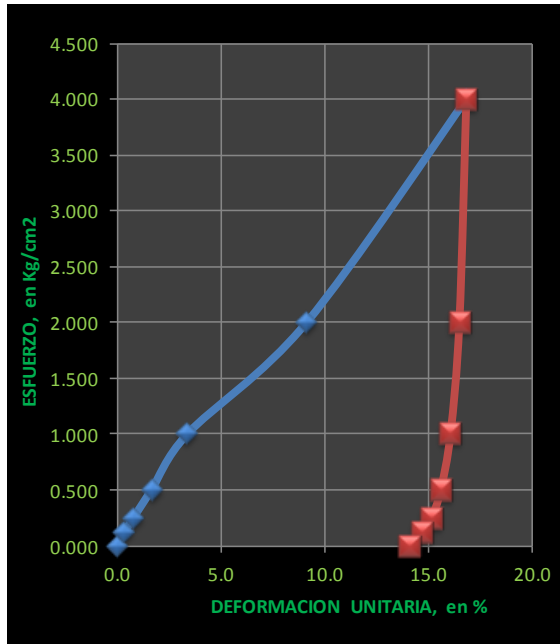
SONDEO: SM-3  
MUESTRA: SH-20-2

CLASIF.: ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO

PROF.: 12.00-12.20

DENSIDAD DE SOLIDOS Ss --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL ei --	FINAL ef --	INICIAL wi %	FINAL wf %	INICIAL Gwi %	FINAL Gwf %	HUMEDO gh Ton/m3	SECO gs Ton/m3	
2.170	6.631	5.552	306.23	373.26	100.21	145.90	1.155	0.284	CH

2.170	6.631	5.552	306.23	373.26	100.21	145.90	1.155	0.284	CH
-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------	-------	-------	----



## PRUEBA DE CONSOLIDACION

### DATOS GENERALES

OBRA: TLAHUAC		
SONDEO: SM-3	MUESTRA: SH-26-2	PROF.: 16.20-16.40
FECHA: OCT. 2012	APARATO No.: 1	PRUEBA No.: 1

### ANTES CONSOLIDACION

$W_H = 142.50$ gr	$V_T = 100.53$ cm <sup>3</sup>	$w_l = 91.53$ %
$W_S = 74.40$ gr	$V_S = 29.52$ cm <sup>3</sup>	$e_l = 2.405$
$W_W = 68.10$ gr	$V_V = 71.01$ cm <sup>3</sup>	$G_l = 95.91$ %

### DESPUES CONSOLIDACION

$W_H = 189.20$ gr	$E_T = 1.9741$ cm	$w_f = 154.30$ %
$W_S = 74.40$ gr	$V_T = 99.23$ cm <sup>3</sup>	$e_f = 2.361$
$W_W = 114.80$ gr	$V_V = 69.71$ cm <sup>3</sup>	$G_f = 164.69$ %

### CONTENIDO DE AGUA TESTIGO

$W_H + C = 126.20$ gr	$W_W = 39.70$ gr		
$W_S + C = 86.50$ gr	$W_S = 61.20$ gr		
Cáp. No. = 226	C = 25.3 gr		
$w = 64.87$ %		Lec. Inicial = 8.949	
		Lec. Final = 8.69	
$\gamma$ Seco = 0.740 T/m <sup>3</sup>		$\Delta = 0.259$	0.0259
$\gamma$ Humedo = 1.417 T/m <sup>3</sup>			
$\gamma$ Sat = 1.446 T/m <sup>3</sup>			

OBSERVACIONES: ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO

## GRAFICAS DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

OBRA: TLAHUAC

SONDEO: SM-3

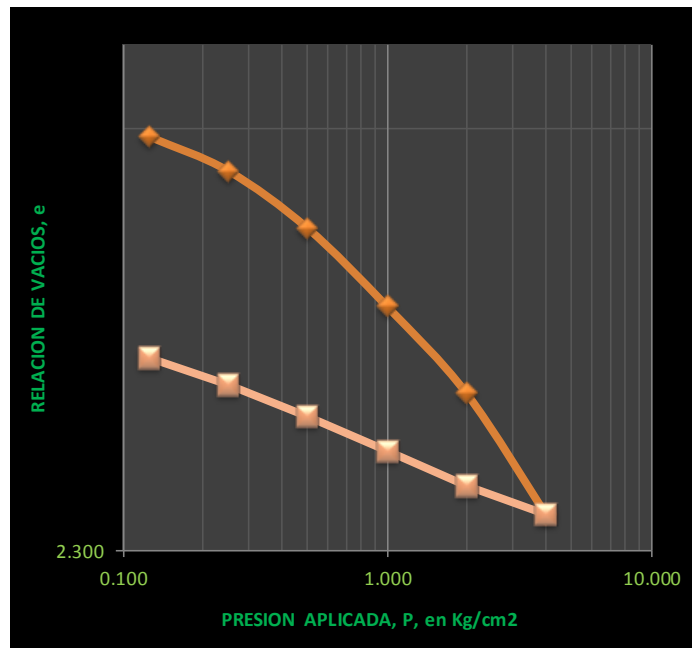
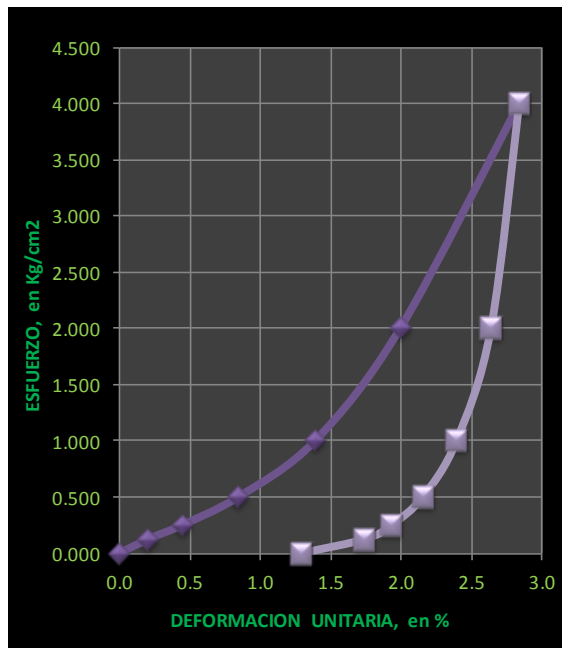
MUESTRA: SH-26-2

CLASIF.: ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO

PROF.: 16.20-16.40

DENSIDAD DE SOLIDOS Ss --	RELACION DE VACIOS		CONTENIDO DE AGUA		GRADO DE SATURACION		PESO VOLUMETRICO		SUCS
	INICIAL ei --	FINAL ef --	INICIAL wi %	FINAL wf %	INICIAL Gwi %	FINAL Gwf %	HUMEDO gh Ton/m3	SECO gs Ton/m3	

2.520	2.405	2.361	91.53	154.30	95.91	164.69	1.417	0.740	OH-MH
-------	-------	-------	-------	--------	-------	--------	-------	-------	-------



## CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: AV.TLAHUAC No. 4409

SONDEO: PCA,S

FECHA:

24-abr-12

Muestra Nº	Profundidad m.	Tara Nº	tara gr.	Wh+t gr.	Ws+t gr.	w %	CLASIFICACION
PCA-1 BOLSA	0.60 1.30	153	24.40	137.60	112.70	28.20	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
BOLSA 1.30	1.30 2.40	106	25.70	117.50	83.90	57.73	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OBSCURO NEGRUSCO CON POCA ARENA FINA
MC	1.30 1.50	118	25.50	100.70	73.30	57.32	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OBSCURO NEGRUSCO CON POCA ARENA FINA
PCA-2 BOLSA	0.65 1.10	90	25.20	121.20	104.00	21.83	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA Y ALGUNAS GRAVAS HASTA 1"
BOLSA	2.30 2.60	109	25.40	132.50	98.60	46.31	LIMO GRIS CLARO (CENIZA VOLCANICA)
MC	0.90 1.10	125	25.50	126.90	108.80	21.73	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
PCA-3 BOLSA	0.20 0.45	47	26.60	129.90	106.90	28.64	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
BOLSA	0.45 1.90	182	24.60	116.50	93.00	34.36	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OBSCURO CON POCA ARENA FINA

## CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: AV. TLAHUAC NO. 4409

SONDEO: SM - 1

FECHA:

26-abr-12

Muestra Nº	Profundidad m.	Tara Nº	tara gr.	Wh+t gr.	Ws+t gr.	w %	CLASIFICACION
1	0.00 0.60	5	25.30	90.00	69.80	45.39	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
2	0.60 1.20	206	24.10	90.60	67.40	53.58	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OBSCURO NEGRUSCO CON ESCASA ARENA FINA
3	1.20 1.80	116	26.20	99.00	67.60	75.85	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO OBSCURO CON ESCASA ARENA FINA
4	1.80 2.40	157	24.00	95.80	72.70	47.43	LIMO ARENOSO FINO GRIS OBSCURO NEGRUSCO
5	2.40 3.00	133	25.40	100.80	71.80	62.50	LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
6	3.00 3.60	172	24.10	81.60	54.70	87.91	LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
7-UNICO	4.18 4.40	137	25.20	69.00	46.90	101.84	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CON ESCASA ARENA FINA
8	4.40 5.00	126	25.20	78.20	36.40	373.21	ARCILLA GRIS VERDOSO OBSCURO
9	5.00 5.60	33	26.70	109.40	89.30	32.11	ARENA FINA GRIS OBSCURO NEGRUSCO CON POCOS FINOS DE LIMO NO COHESIVO
10	5.60 6.20	90	25.20	100.20	84.40	26.69	LIMO ARENOSO FINO GRIS OBSCURO NEGRUSCO
11	6.20 6.80	135	25.70	64.10	36.50	255.56	ARCILLA GRIS VERDOSO OBSCURO
12-1	7.06 7.24	151	24.20	147.70	80.70	118.58	ARCILLA CAFÉ GRISACEO OBSCURO CON POCA ARENA FINA
12-2	7.24 7.42	101	25.60	136.30	70.40	147.10	ARCILLA CAFÉ ROJIZO CON MANCHAS GRIS VERDOSO
12-3	7.42 7.60	165	23.10	122.40	67.90	121.65	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OBSCURO CON ESCASA ARENA FINA

## CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: AV. TLAHUAC NO. 4409  
 SONDEO: SM - 1 FECHA: 26-abr-12

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	
13	7.60 8.20	201	23.60	76.70	39.10	242.58	ARCILLA CAFÉ ROJIZO
14	8.20 8.80	168	25.70	72.70	39.70	235.71	ARCILLA GRIS VERDOSO CON VETAS DE ARENA GRIS OSCURO NEGRUSCO
15	8.80 9.40	196	23.40	95.80	53.20	142.95	ARCILLA GRIS VERDOSO CON VETAS DE ARENA GRIS OSCURO NEGRUSCO
16-1	9.44 9.63	155	23.30	109.00	58.50	143.47	ARCILLA CAFÉ GRISACEO OSCURO CON ESCASA ARENA FINA
16-2	9.63 9.82	147	25.20	117.80	64.80	133.84	ARCILLA CAFÉ GRISACEO OSCURO CON ESCASA ARENA FINA
16-3	9.82 10.01	12	25.70	125.80	68.80	132.25	ARCILLA CAFÉ GRISACEO OSCURO CON ESCASA ARENA FINA
16-4	10.01 10.20	88	25.10	128.30	60.30	193.18	ARCILLA CAFÉ GRISACEO OSCURO CON ESCASA ARENA FINA
17	10.20 10.80	140	25.40	97.50	85.40	20.17	ARENA FINA GRIS OSCURO NEGRUSCO CON VETA DE ARCILLA GRIS VERDOSO
18	10.80 11.40	187	23.90	74.30	39.50	223.08	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO CON VETA DE ARENA POCO LIMOSA GRIS OSCURO NEGRUSCO
19	12.00 12.60	216	23.90	83.30	40.50	257.83	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO CON VETA DE ARENA POCO LIMOSA GRIS OSCURO NEGRUSCO
20	12.60 13.20	207	25.40	99.70	44.40	291.05	ARCILLA CAFÉ ROJIZO
21	13.20 13.80	173	24.00	81.40	39.30	275.16	ARCILLA CAFÉ VERDOSO
22	13.80 14.40	178	24.20	80.90	46.20	157.73	ARCILLA GRIS VERDOSO CON MANCHAS CAFÉ VERDOSO
23	14.60 14.80	65	25.00	114.50	62.40	139.30	ARCILLA GRIS OSCURO CON ESCASA ARENA FINA



## CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: AV. TLAHUAC  
 SONDEO: SM-2 FECHA: 28-sep-12

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	
1	0.20 0.80	238	24.60	100.00	84.60	25.67	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
2	0.80 1.40	201	23.20	81.60	65.80	37.09	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO OSCURO CON POCA ARENA FINA
3	1.40 2.00	236	26.20	90.90	62.20	79.72	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO NEGRUSCO CON ESCASA ARENA FINA
4	2.00 2.60	127	26.70	90.30	52.60	145.56	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO OSCURO CON POCA ARENA FINA
5	2.60 3.20	138	25.40	107.20	76.20	61.02	LIMO ARENOSO FINO GRIS OSCURO NEGRUSCO
6	3.20 3.80	146	25.70	81.70	56.70	80.65	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
7	3.80 4.40	67	28.20	91.20	69.40	52.91	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON ESCASA ARENA FINA
8	4.40 5.00	229	25.40	84.60	54.80	101.36	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO CON ESCASA ARENA FINA
9	5.00 5.80	107	25.80	82.40	47.80	157.27	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS CLARO CON ESCASA ARENA FINA
10	5.80 6.40	127-1	25.60	83.70	44.00	215.76	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON POCA ARENA FINA
11-UNICO	6.98 7.20	156	24.20	94.10	37.90	410.22	ARCILLA CAFÉ ROJIZO
12	7.20 7.80	75	25.50	65.30	34.10	362.79	ARCILLA CAFÉ ROJIZO CON VETA DE ARENA FINA POCO LIMOSA GRIS OSCURO NEGRUSCO EN LA PARTE INF.
13	7.80 8.40	224	24.90	84.20	41.50	257.23	ARCILLA GRIS VERDOSO
14	9.00 9.60	212	24.20	68.20	33.80	358.33	ARCILLA CAFÉ ROJIZO
15	9.60 10.20	7	26.10	62.00	34.80	312.64	ARCILLA CAFÉ ROJIZO
		60	27.00	116.00	100.10	21.75	ARENA FINA GRIS OSCURO NEGRUSCO
16	10.20 10.80	118	25.90	72.20	63.00	24.80	ARENA FINA POCO LIMOSA GRIS OSCURO NEGRUSCO
17	10.80 11.40	20	27.50	82.40	45.40	206.70	ARCILLA GRIS VERDOSO CON MANCHAS GRIS OSCURO
18	12.00 12.60	124	26.20	131.30	106.20	31.38	ARENA FINA POCO LIMOSA GRIS OSCURO NEGRUSCO
19	12.60 13.20	91	25.40	130.10	110.30	23.32	ARENA FINA POCO LIMOSA GRIS OSCURO NEGRUSCO
20-1	13.24 13.43	188	25.30	75.70	38.20	290.70	ARCILLA CAFÉ ROJIZO
20-2	13.43 13.62	204	25.10	81.00	44.30	191.15	ARCILLA CAFÉ ROJIZO CON MANCHAS GRIS VERDOSO
20-3	13.62 13.81	196	23.40	92.50	52.50	137.46	ARCILLA GRIS VERDOSO
20-4	13.81 14.00	220	24.70	83.20	45.20	185.37	ARCILLA GRIS VERDOSO

## CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: CHEDRAUI AV. TLAHUAC  
 SONDEO: SM-3 FECHA: 04-oct-12

Muestra Nº	Profundidad m.	Tara Nº	tara gr.	Wh+t gr.	Ws+t gr.	w %	CLASIFICACION
1	0.00 0.60	191	25.30	82.10	61.60	56.47	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA Y RAICILLAS
2	0.60 1.20	27	12.50	54.70	40.10	52.90	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA
3	1.20 1.80	315	11.90	42.60	28.20	88.34	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON POCA ARENA FINA
4	1.80 2.40	258	25.30	75.70	53.30	80.00	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON POCA ARENA FINA
5	2.40 3.00	69	27.50	89.90	56.30	116.67	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON POCA ARENA FINA
6	3.00 3.60	132	28.10	57.90	45.30	73.26	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON POCA ARENA FINA
7-1	4.00 4.20	261	25.30	106.00	46.30	284.29	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO
7-2	4.20 4.40	233	25.40	100.60	45.80	268.63	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO
8	4.40 5.00	25	25.30	100.60	68.20	75.52	ARCILLA LIMOSA CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA
9	5.00 5.60	200	24.30	45.60	30.20	261.02	ARCILLA CAFÉ VERDOSO
10	5.60 6.20	504	11.00	36.60	22.40	124.56	ARCILLA CAFÉ VERDOSO
11	6.20 6.80	170	24.00	87.20	47.00	174.78	ARCILLA CAFÉ VERDOSO
12	6.80 7.40	188	24.60	48.20	35.20	122.64	ARCILLA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
13	7.40 8.00	262	11.90	37.40	20.30	203.57	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO
14-1	8.00 8.20	106	25.90	121.80	52.40	261.89	ARCILLA CAFÉ VERDOSO
14-2	8.20 8.40	94	25.70	176.30	124.10	53.05	ARENA FINA GRIS OSCURO NEGRUZCO CON ARCILLA CAFÉ VERDOSO
14-3	8.40 8.60	154	25.00	107.00	50.10	226.69	ARCILLA CAFÉ VERDOSO
14-4	8.60 8.80	151	24.20	158.70	101.00	75.13	ARCILLA CAFÉ VERDOSO CON VETA DE ARENA FINA GRIS OSCURO
15	8.80 9.40	111	21.30	57.50	42.30	72.38	ARCILLA GRIS VERDOSO CON VETAS DE ARENA GRIS OSCURO
16	9.40 10.00	196	17.10	88.90	55.00	89.45	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON POCA ARENA FINA
17	10.00 10.60	224	24.90	107.40	93.10	20.97	ARENA FINA GRIS OSCURO NEGRUSCO
18	10.60 11.20	254	11.70	64.10	33.20	143.72	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO
19	11.20 11.80	271	11.50	52.50	25.30	197.10	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO
20-1	11.80 12.00	207	25.40	115.50	52.30	234.94	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO
20-2	12.00 12.20	227	25.60	124.80	54.50	243.25	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO

## CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: AV. TLAHUAC NO. 4409

SONDEO: SPT-1

FECHA: 24-abr-12

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	
1	0.10 0.50	115	26.20	96.00	82.20	24.64	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
2	0.70 1.30	18	26.60	99.80	84.90	25.56	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
3	1.30 1.90	116	25.60	99.70	73.00	56.33	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO OSCURO CON POCA ARENA FINA
4	1.90 2.50	55	27.50	96.70	55.20	149.82	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA
5	2.50 3.10	47	26.60	116.90	79.50	70.70	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO OSCURO CON POCA ARENA FINA
6	3.10 3.70	216	23.90	89.60	63.40	66.33	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO OSCURO CON POCA ARENA FINA
7	3.70 4.30	182	24.60	80.70	52.70	99.64	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO OSCURO CON POCA ARENA FINA
8	4.30 4.90	146	25.10	82.10	43.80	204.81	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO
		84	24.80	99.80	84.00	26.69	LIMO ARENOSO FINO GRIS OSCURO NEGRUSCO
9	5.50 6.10	196	23.40	98.80	64.10	85.26	ARENA FINA GRIS OSCURO NEGRUSCO CON POCOS FINOS DE LIMO NO COHESIVO
10	6.10 6.70	184	24.00	78.70	43.10	186.39	ARCILLA GRIS VERDOSO
11	6.70 7.30	192	25.30	72.30	41.70	186.59	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO
12	7.30 7.90	169	24.00	97.80	54.30	143.56	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO OSCURO CON ESCASA ARENA FINA
13	7.90 8.50	127	25.40	78.20	42.50	208.77	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO OSCURO CON ESCASA ARENA FINA
14	8.50 9.10	199	24.70	96.50	58.40	113.06	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO OSCURO CON ESCASA ARENA FINA
15	9.10 9.70	90	25.20	67.10	35.60	302.88	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO
16	9.70 10.30	33	26.70	87.10	49.70	162.61	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO
17	10.30 10.90	34	25.70	72.60	40.00	227.97	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO
18	10.90 11.50	172	24.10	117.30	99.60	23.44	ARENA FINA Y MEDIA GRIS OSCURO NEGRUSCO CON POCOS FINOS DE LIMO NO COHESIVO
19	11.50 12.10	186	24.90	110.70	88.90	34.06	ARENA FINA Y MEDIA POCO LIMOSA GRIS OSCURO NEGRUSCO
20	12.70 13.30	109	25.40	81.00	42.50	225.15	ARCILLA CAFÉ ROJIZO
21	13.30 13.90	46	26.90	84.20	43.20	251.53	ARCILLA CAFÉ ROJIZO
22	13.90 14.50	106	25.70	80.70	46.20	168.29	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO
23	14.50 15.10	153	24.40	81.90	46.40	161.36	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO
24	15.10 15.70	142	25.30	98.90	53.60	160.07	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON ESCASA ARENA FINA

## PORCENTAJE DE FINOS

PROCEDENCIA: AV. TLAHUAC

Sondeo	Muestra	Profundidad m.	Ws.+tara gr.	Ws. lavado + tara	W. tara gr.	W total del material	W finos	% finos
SM-2	3	1.40-2.00	62.20	27.20	26.20	36.00	35.00	97.22
	11-UNICO	6.98-7.20	37.90	24.60	24.20	13.70	13.30	97.08
	20-3	13.62-13.81	52.50	23.70	23.40	29.10	28.80	98.97
	25	16.40-17.00	54.20	26.00	25.00	29.20	28.20	96.58

## PORCENTAJE DE FINOS

PROCEDENCIA: AV. TLAHUAC

Sondeo	Muestra	Profundidad m.	Ws.+tara gr.	Ws. lavado + tara	W. tara gr.	W total del material	W finos	% finos
SM-3	7-2	4.20-4.40	45.80	25.60	25.40	20.40	20.20	99.02
	14-3	8.40-8.60	50.10	25.10	25.00	25.10	25.00	99.60
	20-2	12.00-12.20	54.50	25.80	25.60	28.90	28.70	99.31
	26-2	16.20-16.40	86.50	25.60	25.30	61.20	60.90	99.51

## PORCENTAJE DE FINOS

PROCEDENCIA: AV. TLAHUAC No. 4409

Sondeo	Muestra	Profundidad m.	Ws.+tara gr.	Ws. lavado + tara	W. tara gr.	W total del material	W finos	% finos
SPT-1	3	1.30-1.90	73.00	27.00	25.60	47.40	46.00	97.05
	12	7.30-7.90	54.30	24.80	24.00	30.30	29.50	97.36
	22	13.90-14.50	46.20	26.00	25.70	20.50	20.20	98.54
	36	22.30-22.90	66.30	26.00	25.20	41.10	40.30	98.05
	43	27.10-27.70	79.30	26.70	24.10	55.20	52.60	95.29

## CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

**PROCEDENCIA:** AV. TLAHUAC  
**SONDEO Nº:** SM-1 **MUESTRA:** 2 **PROF.:** 0.60-1.20 m.  
**DESCRIPCION DEL MATERIAL:** ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO

### LIMITE LIQUIDO

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
40	89	14.70	9.40	2.20	73.61
30	142	15.00	9.52	2.20	74.86
21	138	14.90	9.40	2.20	76.39
13	107	15.10	9.40	2.20	79.17

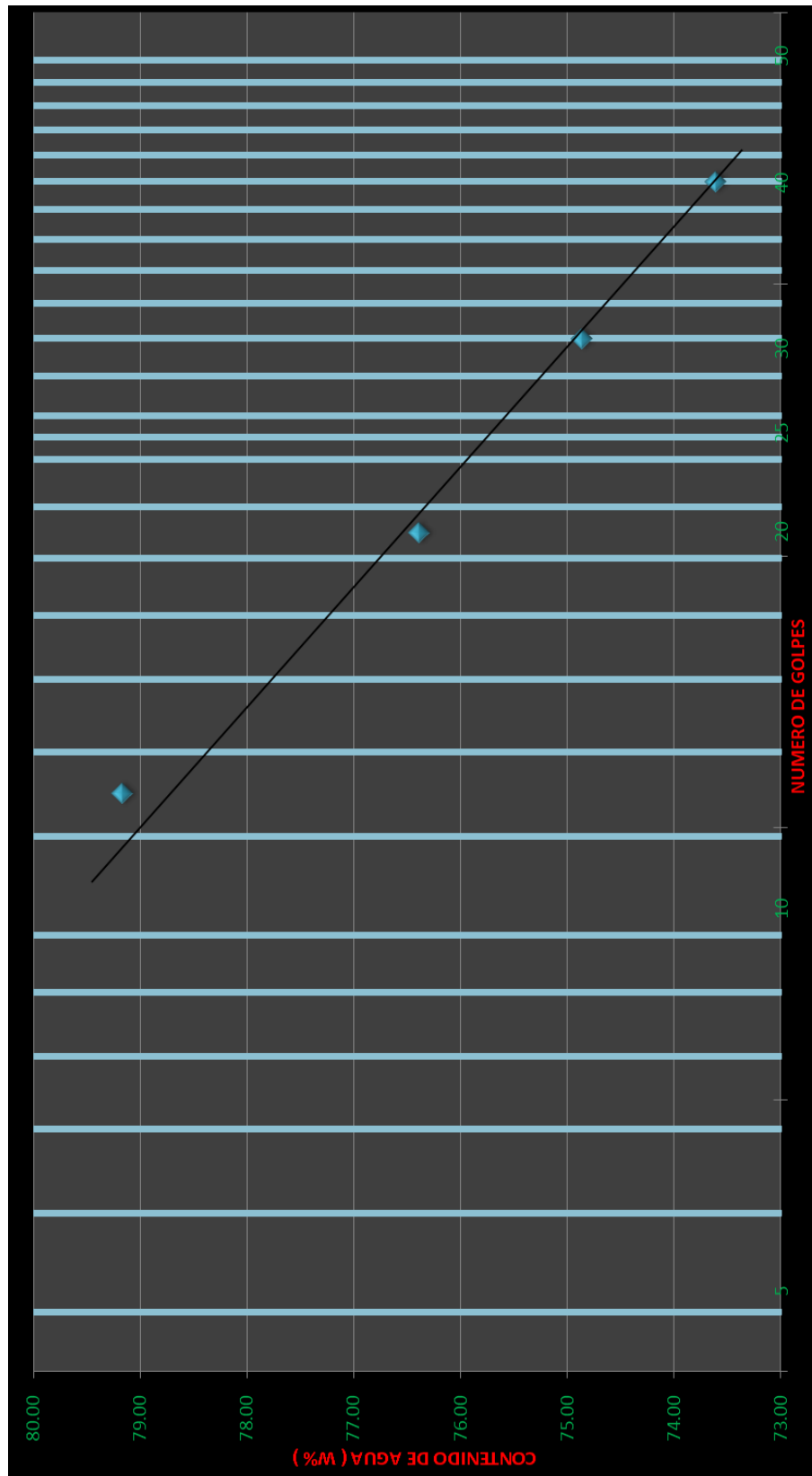
### LIMITE PLASTICO

65	6.20	5.30	2.80	36.00
66	6.20	5.30	2.80	36.00

### CONTRACCION LINEAL

barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)
2	9.99	9.22	7.70

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
75.80	36.00	39.80	OH-MH



**CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**

**PROCEDENCIA:** AV. TLAHUAC  
**SONDEO N°:** SM-1 **MUESTRA:** 7-JUNICO **PROF.:** 4.18-4.40 m.  
**DESCRIPCION DEL MATERIAL:** ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO

**LIMITE LIQUIDO**

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
32	52	14.70	9.10	2.20	81.16
23	74	14.60	9.02	2.30	83.04
16	126	14.50	8.80	2.10	85.07
8	82	14.00	8.50	2.20	87.30

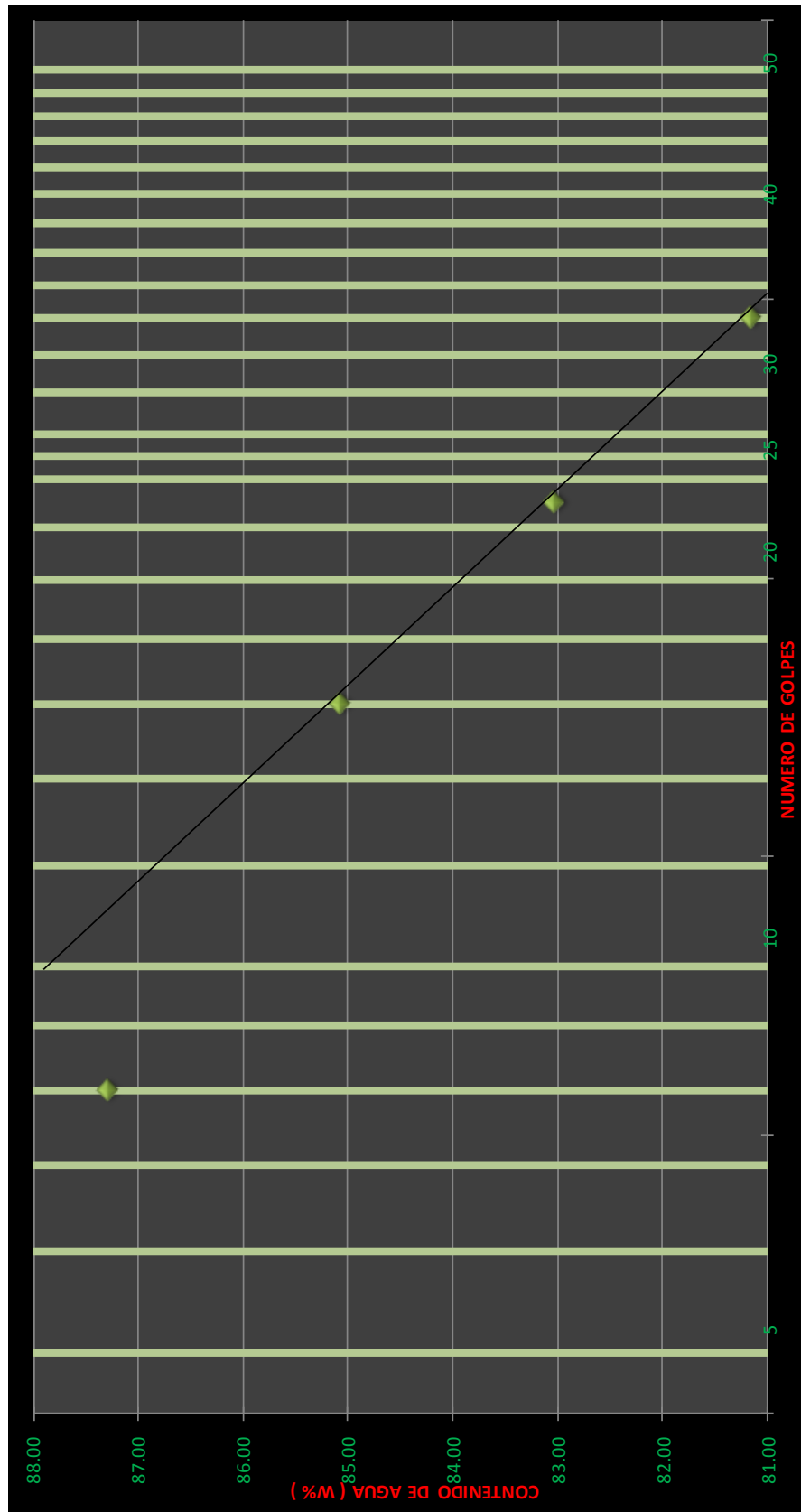
**LIMITE PLASTICO**

63	6.10	5.20	2.90	39.13
67	6.20	5.20	2.80	41.67

**CONTRACCION LINEAL**

barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)
2	9.99	9.22	7.70

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
82.55	40.40	42.15	OH-MH





## CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

**PROCEDENCIA:** SM-2      **MUESTRA:** 3      **PROF.:** 1.40-2.00 m.  
**SONDEO Nº:** AV. TLAHUAC  
**DESCRIPCION DEL MATERIAL:** ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO NEGRUSCO

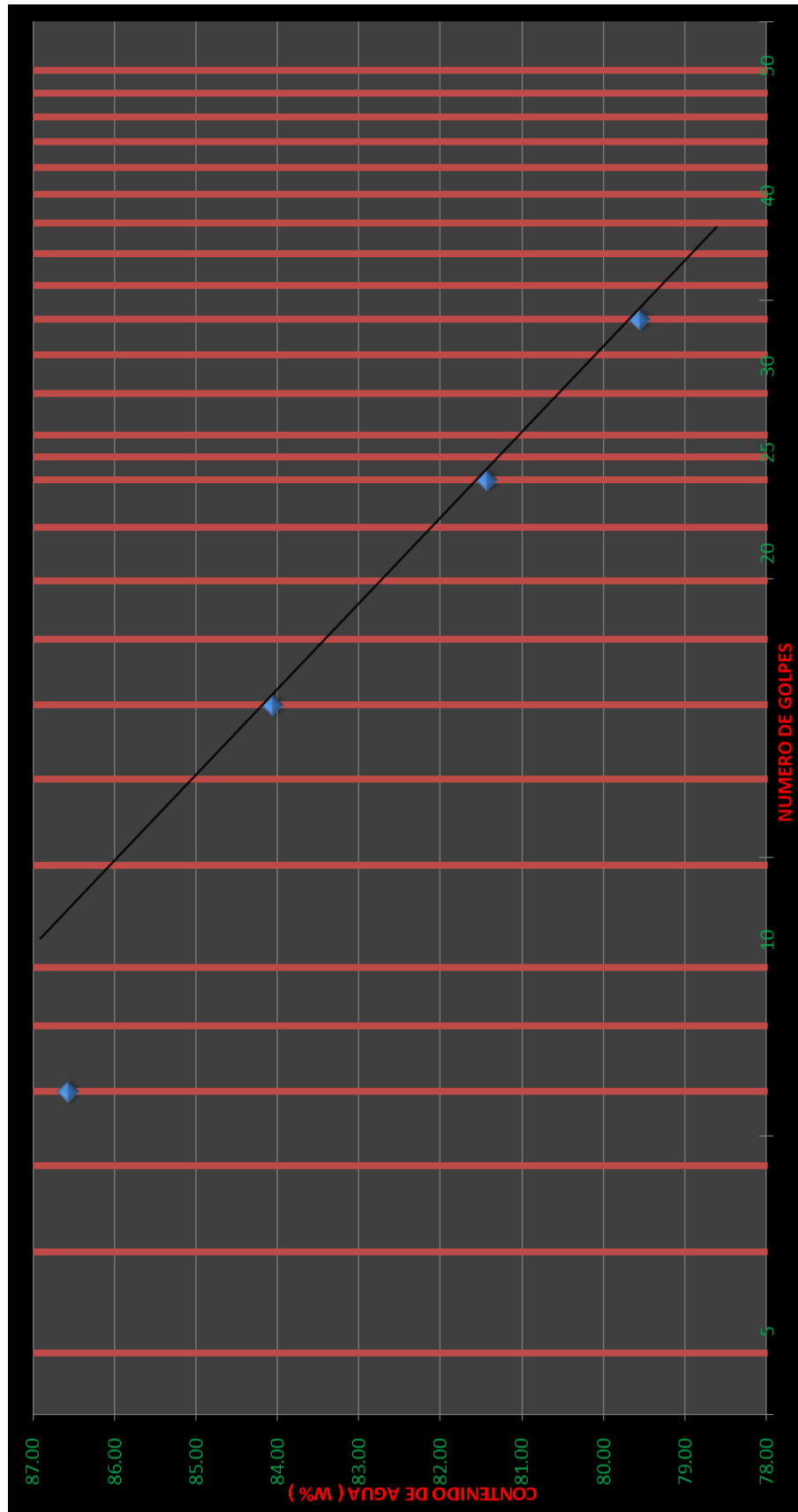
### LIMITE LIQUIDO

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
32	83	15.20	9.44	2.20	79.56
24	116	15.00	9.30	2.30	81.43
16	53	14.90	9.10	2.20	84.06
8	136	14.70	8.90	2.20	86.57

### LIMITE PLASTICO

71	6.20	5.20	2.70	40.00
68	6.40	5.40	2.80	38.46

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
81.10	39.23	41.87	OH-MH



## CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

**PROCEDENCIA:** AV. TLAHUAC  
**SONDEO Nº:** SM-2      **MUESTRA:** 11-JUNICO      **PROF.:** 6.98-7.20 m.  
**DESCRIPCION DEL MATERIAL:** ARCILLA CAFÉ ROJIZO

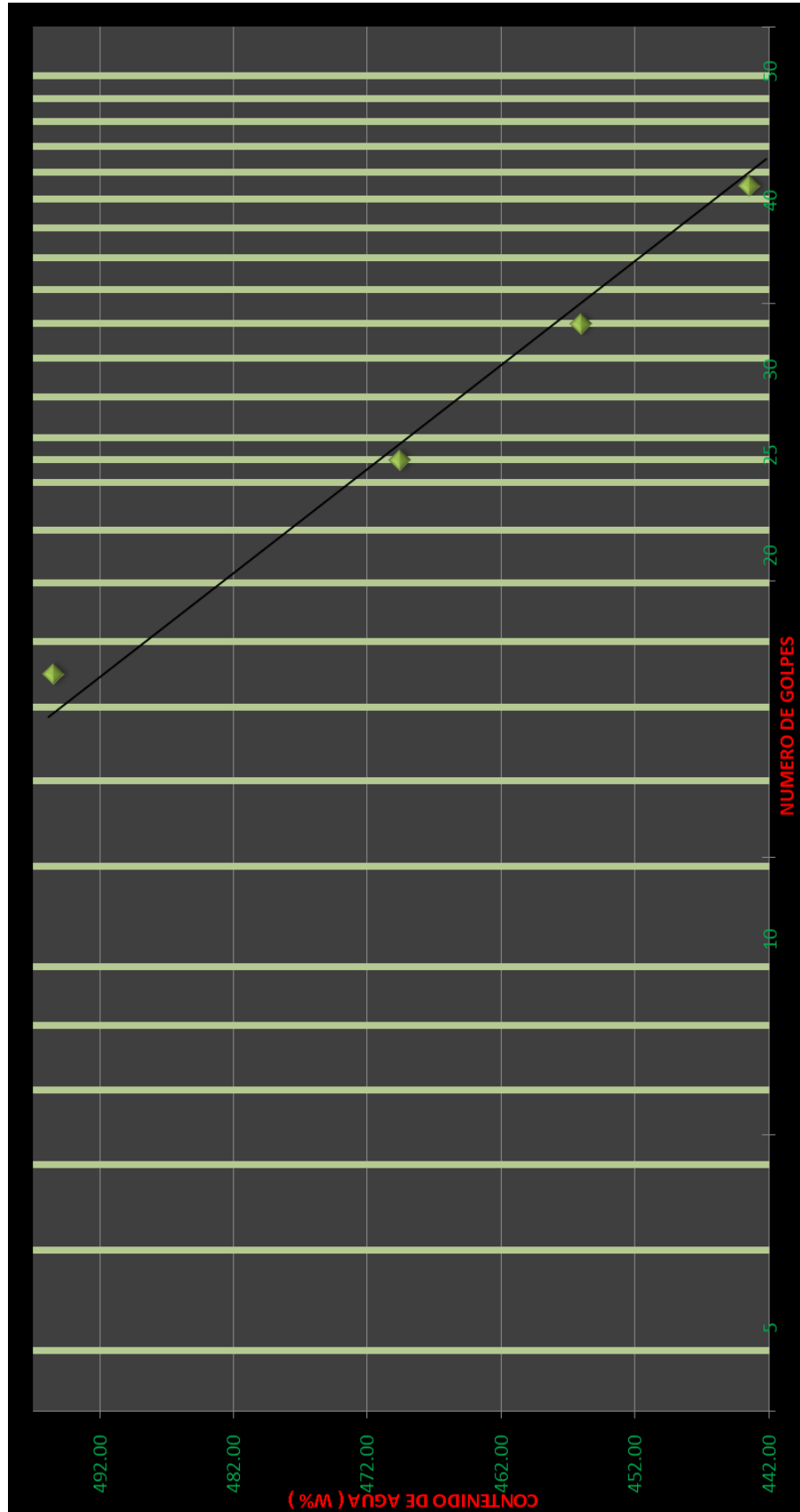
### LIMITE LIQUIDO

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
41	45	14.70	4.50	2.20	443.48
32	75	15.10	4.52	2.20	456.03
25	149	15.30	4.50	2.20	469.57
17	129	15.20	4.30	2.10	495.45

### LIMITE PLASTICO

65	6.00	4.30	2.80	113.33
58	6.10	4.30	2.70	112.50

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
469.57	112.92	356.65	CH



## CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

AV. TLAHUAC

PROCEDENCIA:

SONDEO N°: SM-3

MUESTRA: 7-2

PROF.: 4.20-4.40 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL:

ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO

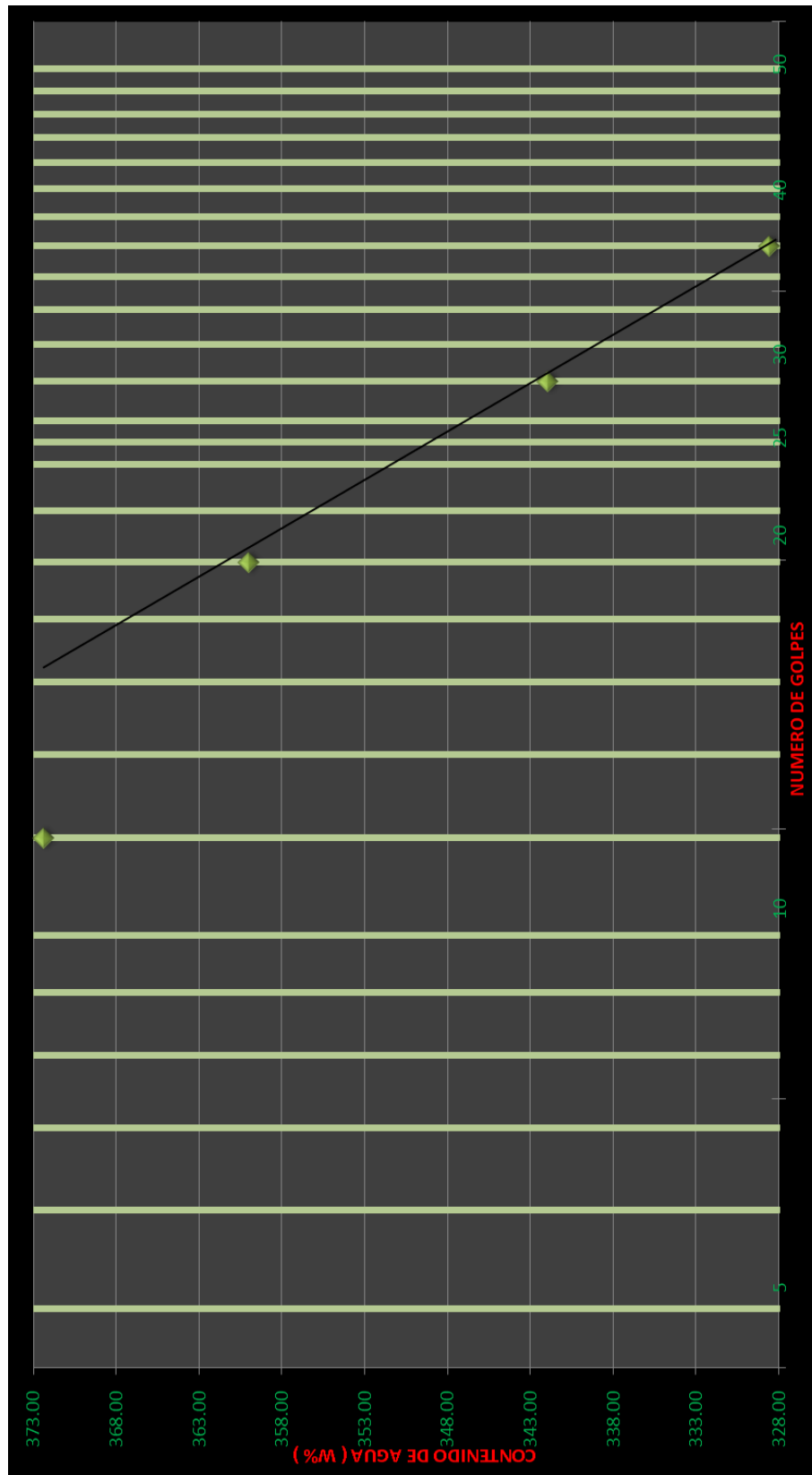
### LIMITE LIQUIDO

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
36	142	15.70	5.35	2.20	328.57
28	10	15.90	5.30	2.20	341.94
20	108	16.10	5.30	2.30	360.00
12	116	16.00	5.20	2.30	372.41

### LIMITE PLASTICO

72	6.40	4.50	2.60	100.00
55	6.50	4.60	2.80	105.56

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
348.00	102.78	245.22	CH



**CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**

**CHEDRAUIAV. TLAHUAC**

PROCEDENCIA:

SONDEO N°: SM-3

MUESTRA: 14-3

PROF.: 8.40-8.60 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL:

ARCILLA CAFÉ VERDOSO

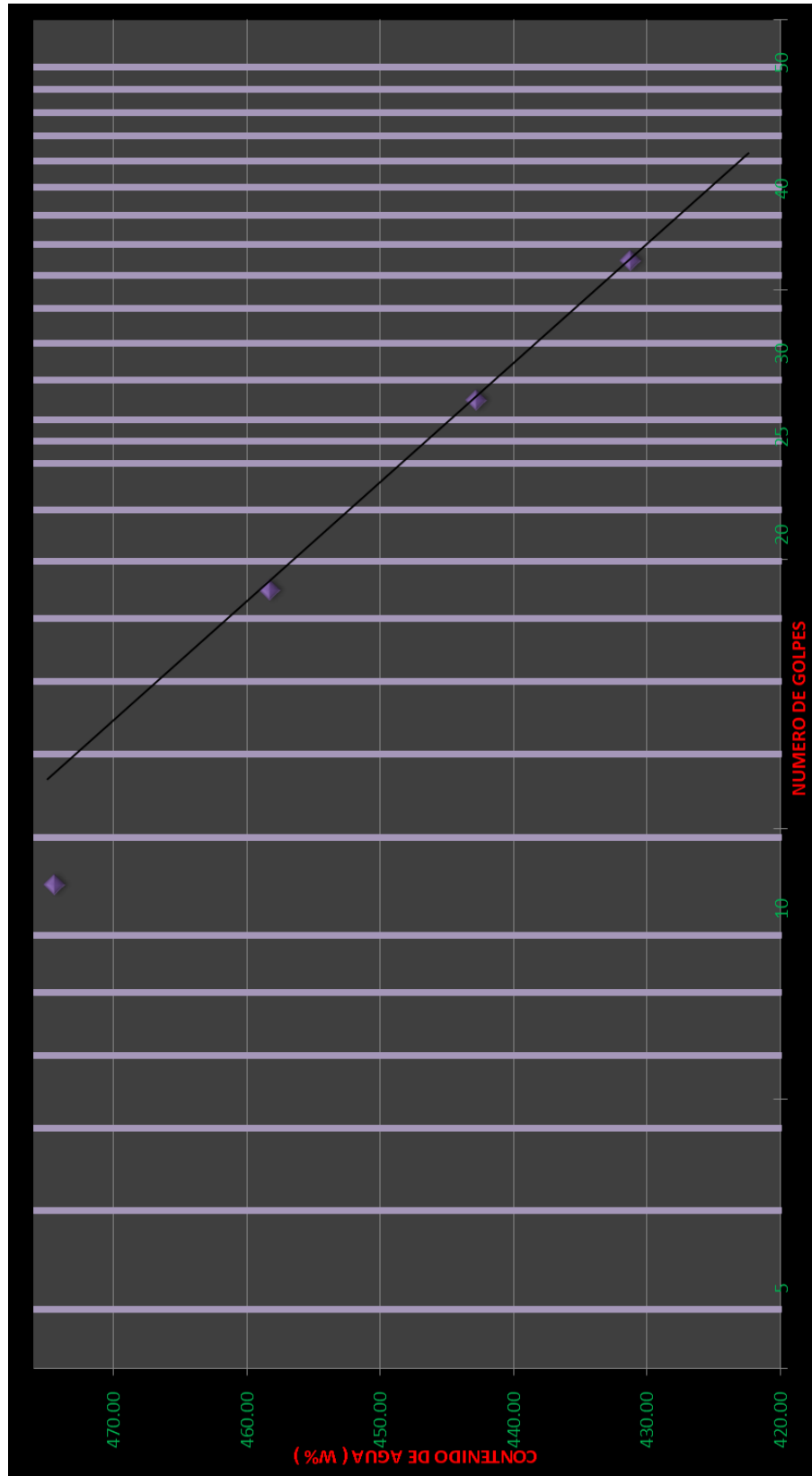
**LIMITE LIQUIDO**

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
35	115	15.90	4.86	2.30	431.25
27	144	15.50	4.65	2.20	442.86
19	118	15.60	4.60	2.20	458.33
11	112	15.80	4.65	2.30	474.47

**LIMITE PLASTICO**

59	6.20	4.50	2.70	94.44
61	6.10	4.60	2.70	78.95

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
446.00	86.70	359.30	CH





### CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

AV. TLAHUAC

PROCEDENCIA:

SONDEO N°: SPT-1

MUESTRA: 3

PROF.: 1.30-1.90 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL:

ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO OSCURO

#### LIMITE LIQUIDO

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
37	134	14.70	9.60	2.30	69.86
29	130	15.10	9.70	2.10	71.05
21	31	15.00	9.61	2.20	72.74
13	8	15.30	9.70	2.20	74.67

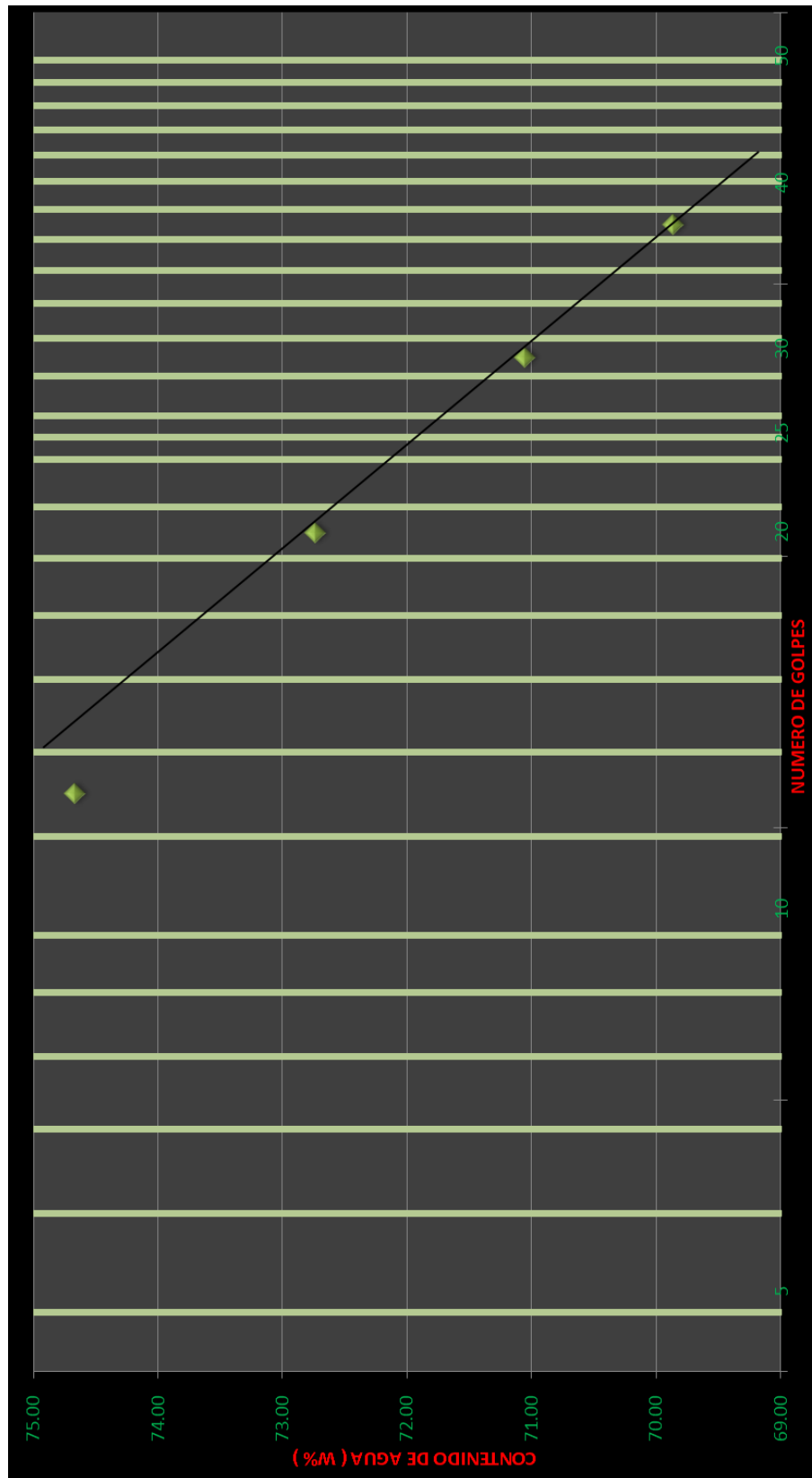
#### LIMITE PLASTICO

69	6.20	5.30	2.80	36.00
73	6.00	5.20	2.70	32.00

#### CONTRACCION LINEAL

barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)
2	9.99	9.22	7.70

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
71.90	34.00	37.90	OH-MH



**CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA**

AV. TLAHUAC

PROCEDENCIA:

SONDEO Nº: SPT-1

MUESTRA: 12

PROF.: 7.30-7.90 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL:

ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO OSCURO

**LIMITE LIQUIDO**

Nº GOLPES	Nº tara	W <sub>h+T</sub>	W <sub>s+t</sub>	W <sub>t</sub>	W%
41	45	15.90	9.93	2.20	77.23
32	10	15.40	9.55	2.20	79.59
24	26	15.50	9.50	2.20	82.19
16	53	15.60	9.40	2.20	86.11

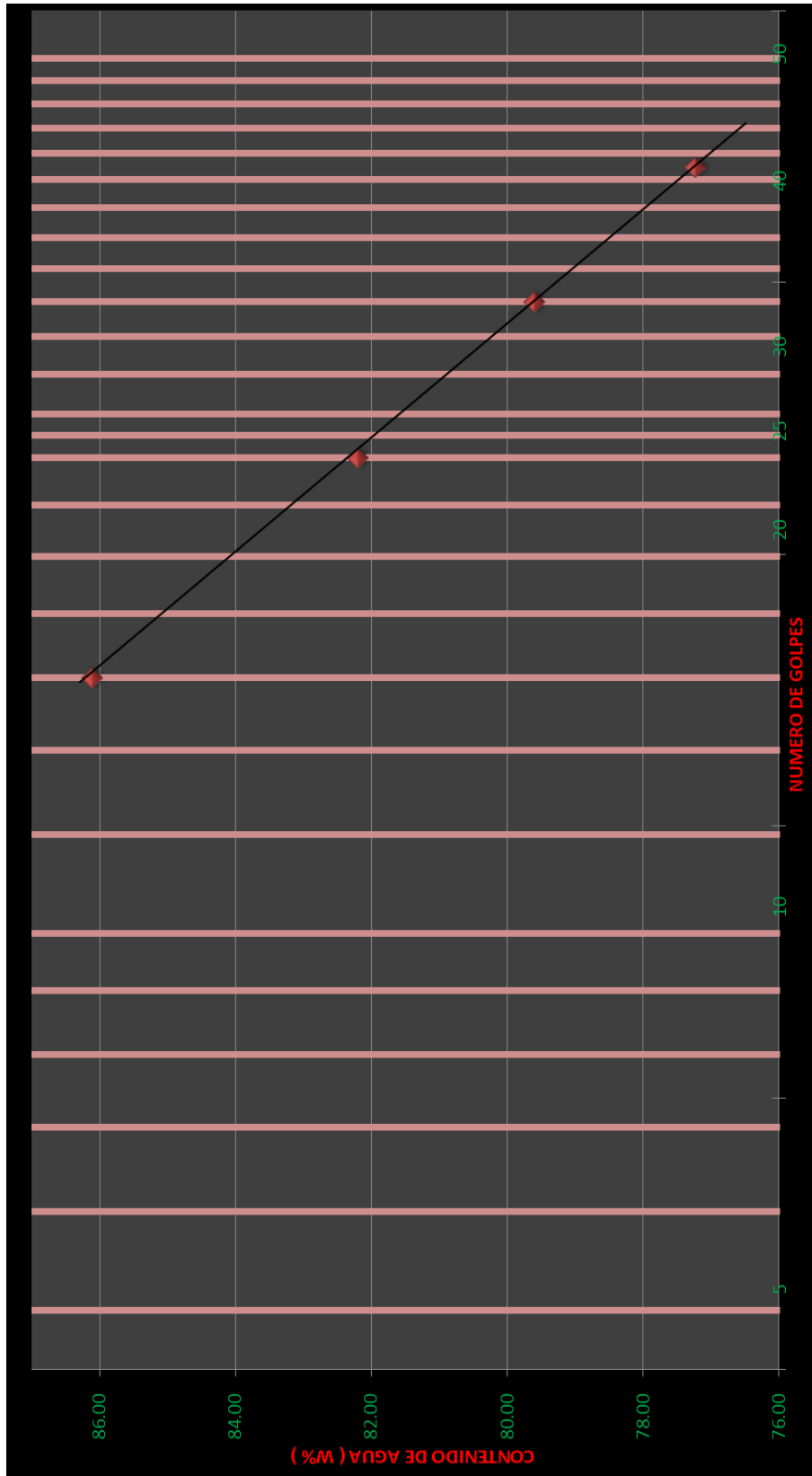
**LIMITE PLASTICO**

61	6.10	5.10	2.70	41.67
57	6.00	5.10	2.90	40.91

**CONTRACCION LINEAL**

barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)
2	9.99	9.22	7.70

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
81.95	41.29	40.66	OH-MH



## PRUEBA TRIAXIAL UU

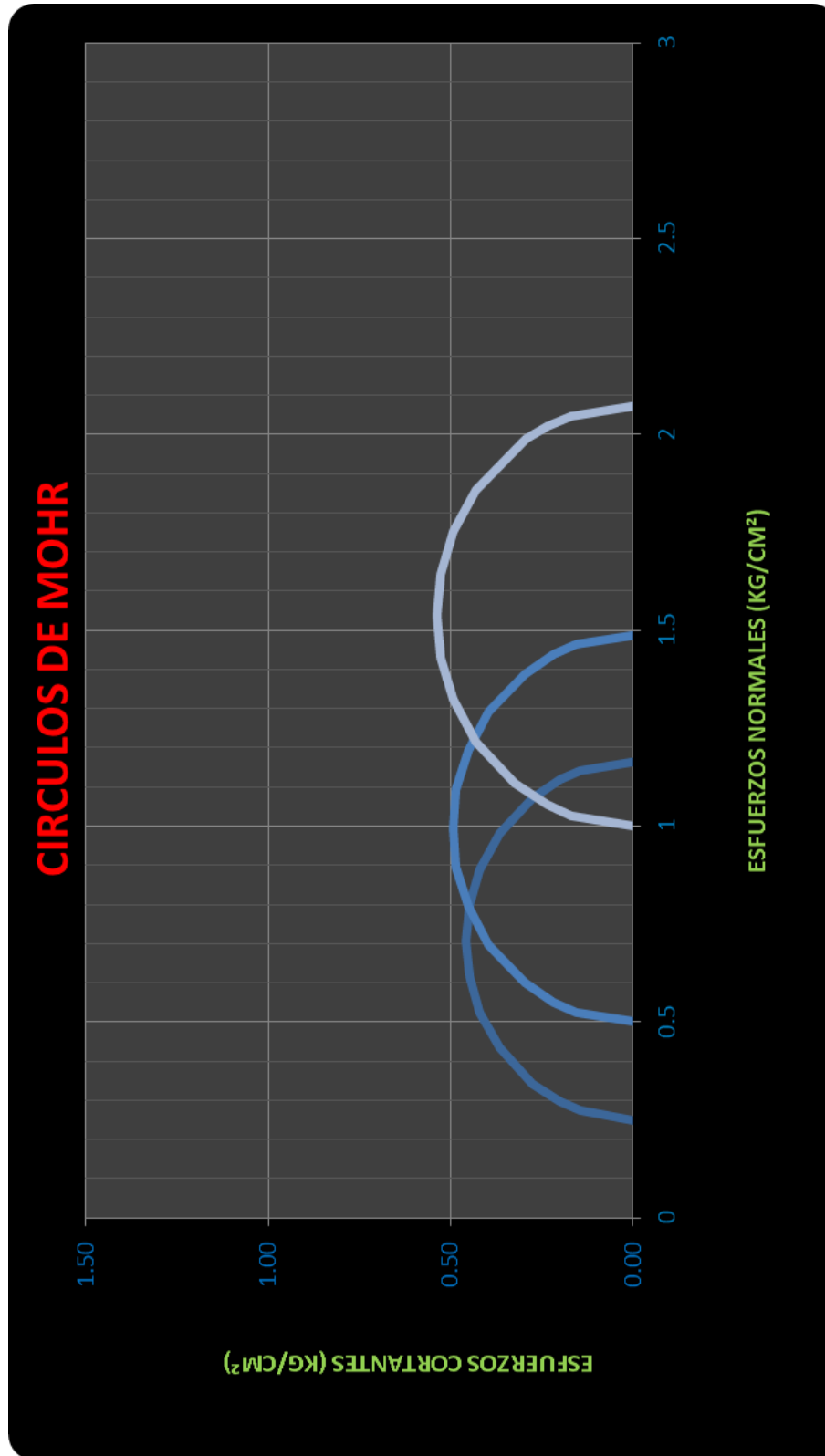
OBRA: TLAHUAC  
 SONDEO: PCA-2  
 MUESTRA: M-C

PROF.: 0.90-1.10

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :

ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm <sup>2</sup> )	ESF. A LA FALLA (kg/cm <sup>2</sup> )	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m <sup>3</sup> )	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO	
						Ss=	wf=
1	0.25	0.91	1.445	48.6	1.121	2.52	47.20 %
2	0.50	0.99	1.421	47.1	1.155	21.65 %	47.16 %
3	1.00	1.07	1.403	46.0	1.184	21.59 %	1.423 ton/m <sup>3</sup>
DATOS FINALES							
		ef	Gwf	wf	pvhf		
1	0.25	1.122	48.518	21.60	1.444	1.15	1.422 ton/m <sup>3</sup>
2	0.50	1.156	47.036	21.58	1.421	1.15	
3	1.00	1.185	45.928	21.60	1.402		





## PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: TLAHUAC  
 SONDEO: SM-1  
 MUESTRA: 7-UNICO

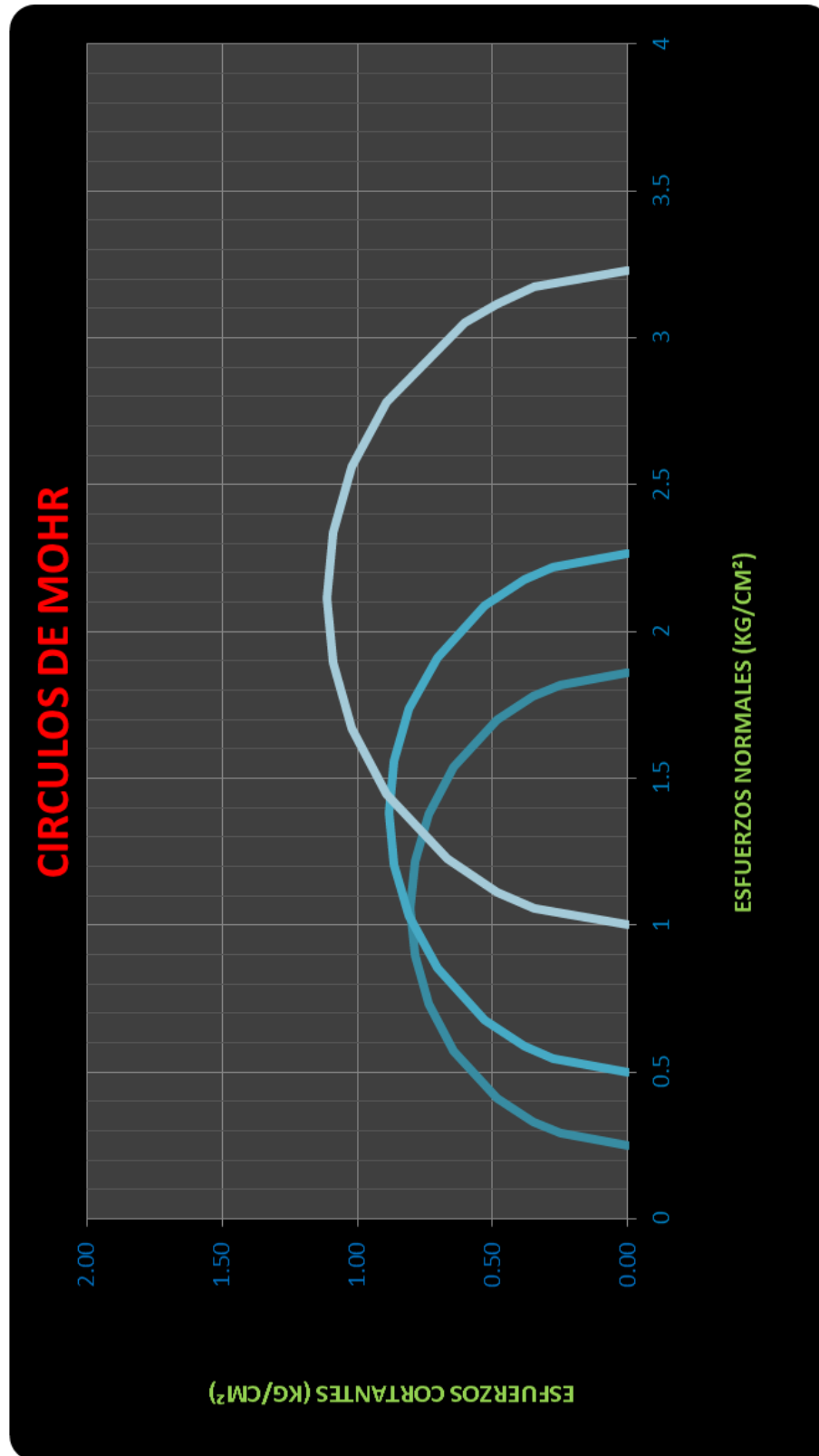
PROF.: 4.18-4.40

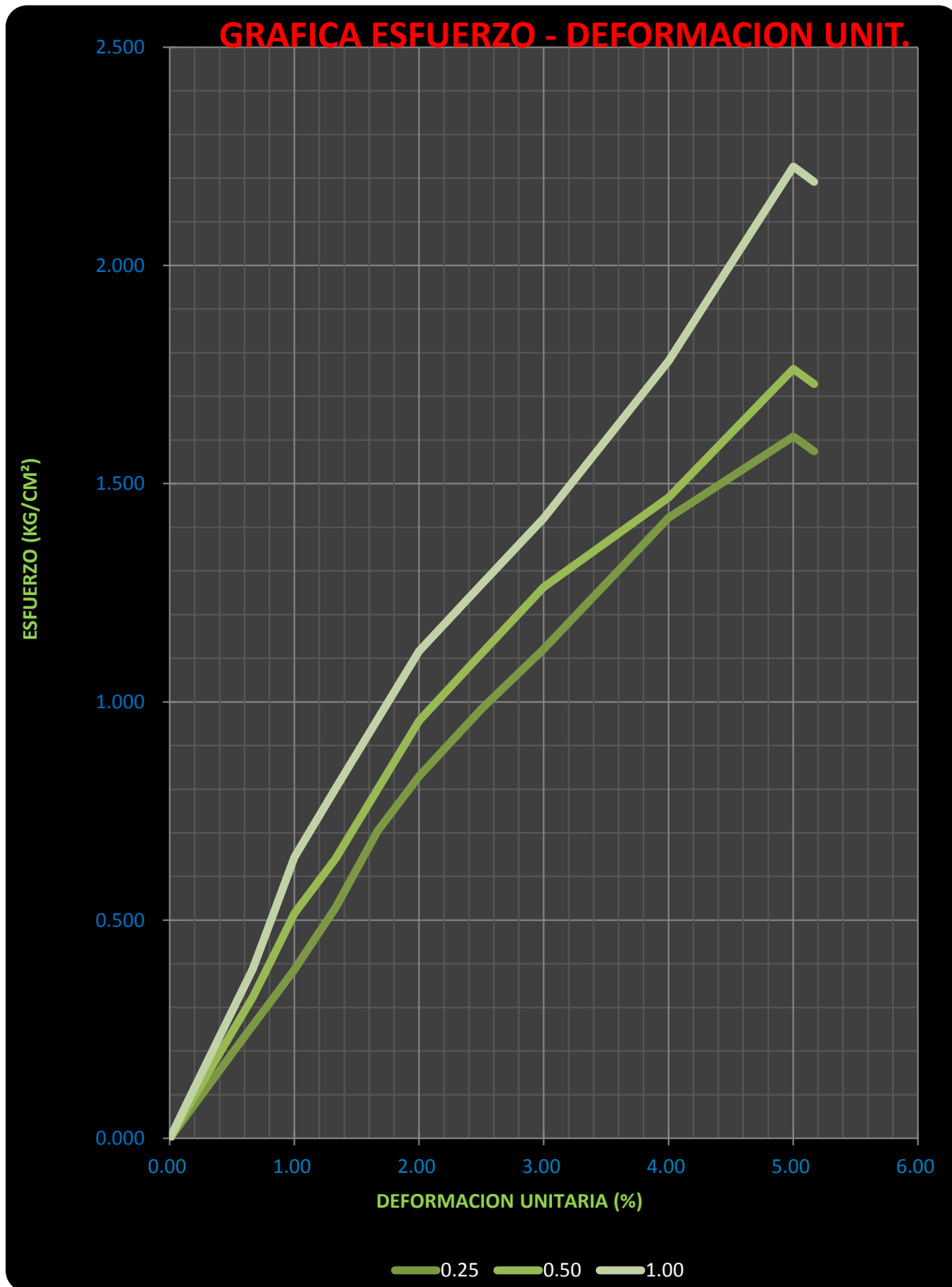
DESCRIPCIÓN DEL SUELO :

ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm <sup>2</sup> )	ESF. A LA FALLA (kg/cm <sup>2</sup> )	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m <sup>3</sup> )	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO	
						Ss=	wf=
1	0.25	1.61	1.424	99.4	2.550	2.52	101.55 %
2	0.50	1.76	1.427	99.9	2.554	100.98 %	99.70 %
3	1.00	2.23	1.426	99.8	2.553	99.31 %	1.426 ton/m <sup>3</sup>
DATOS FINALES							
		ef	Gwf	wf	pvhf		
1	0.25	2.570	98.676	100.62	1.416	2.55	2.56
2	0.50	2.560	99.653	101.23	1.424		
3	1.00	2.558	99.590	101.11	1.424		
						PVN=	1.422 ton/m <sup>3</sup>
						PVF=	
						ei=	
						ef=	







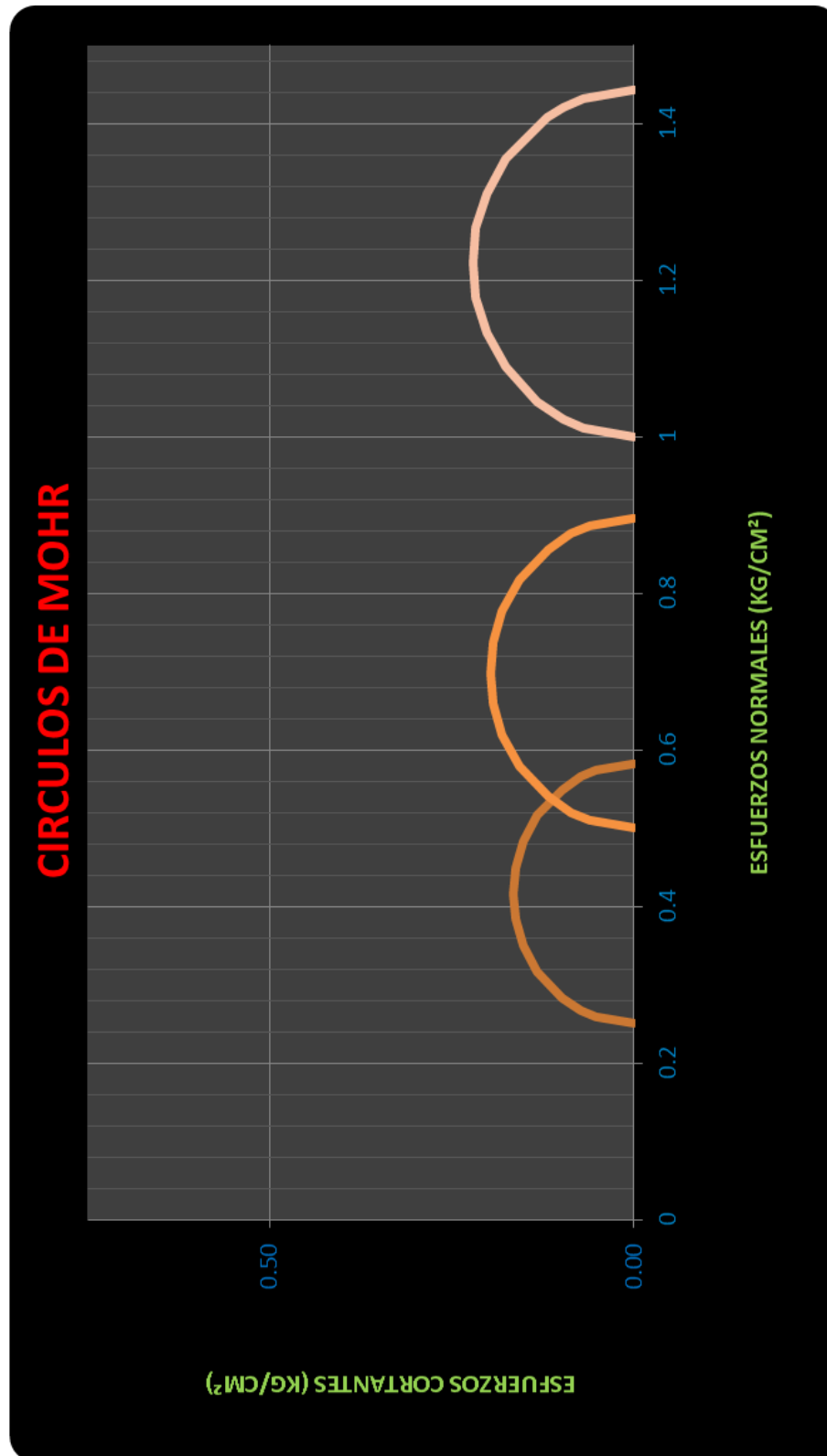
## PRUEBA TRIAXIAL UU

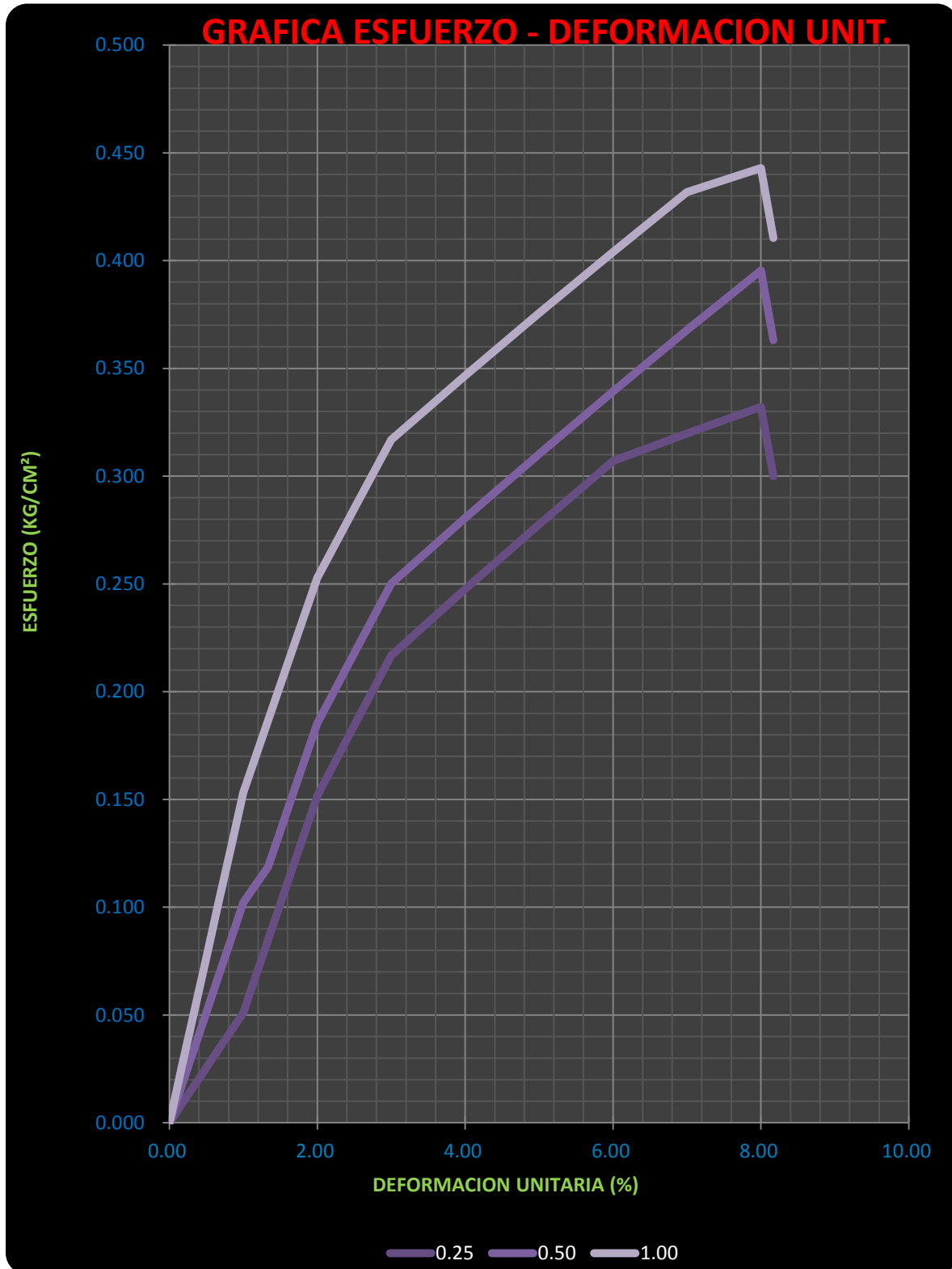
**OBRA:** CHEDRAUI AV. TLAHUAC  
**SONDEO:** SM-2  
**MUESTRA:** 11-UNICO **PROF.:** 6.98-7.20

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :

ARCILLA CAFÉ ROJIZO

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm <sup>2</sup> )	ESF. A LA FALLA (kg/cm <sup>2</sup> )	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m <sup>3</sup> )	Gwi (%)	ei	VALORES PROMEDIO	
						Gw= Gwf= PVN= PVF= ei= ef=	2.14 405.46 % 403.64 % 99.34 % 98.95 % 1.112 ton/m <sup>3</sup> 1.108 ton/m <sup>3</sup> 8.70 8.73
1	0.25	0.33	1.109	99.1	8.713		
2	0.50	0.40	1.117	99.8	8.639		
3	1.00	0.44	1.109	99.1	8.734		
DATOS FINALES							
		ef	Gwf	wf	pvhf		
1	0.25	8.732	98.887	403.48	1.107		
2	0.50	8.705	99.063	402.97	1.109		
3	1.00	8.753	98.885	404.48	1.107		



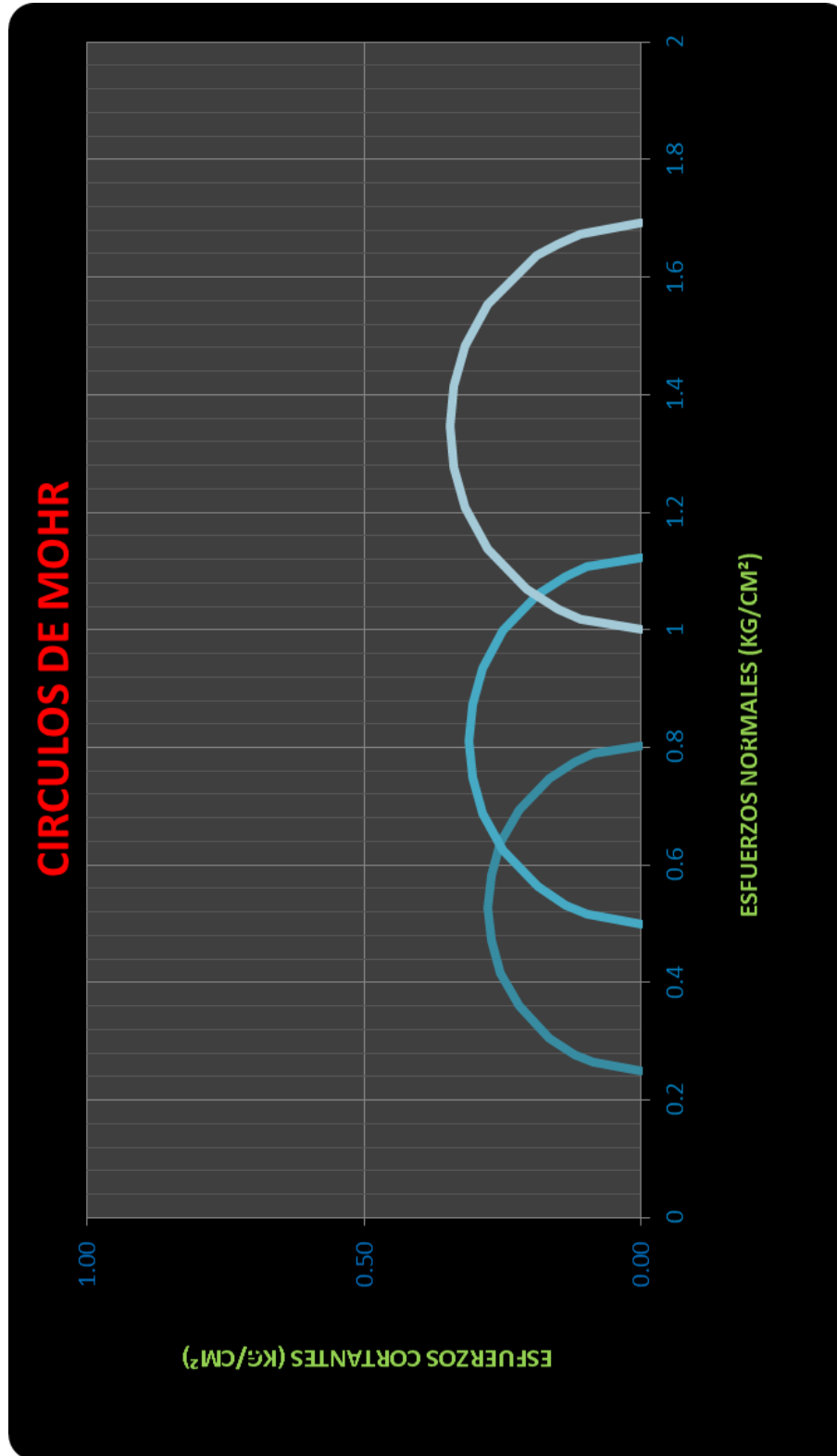


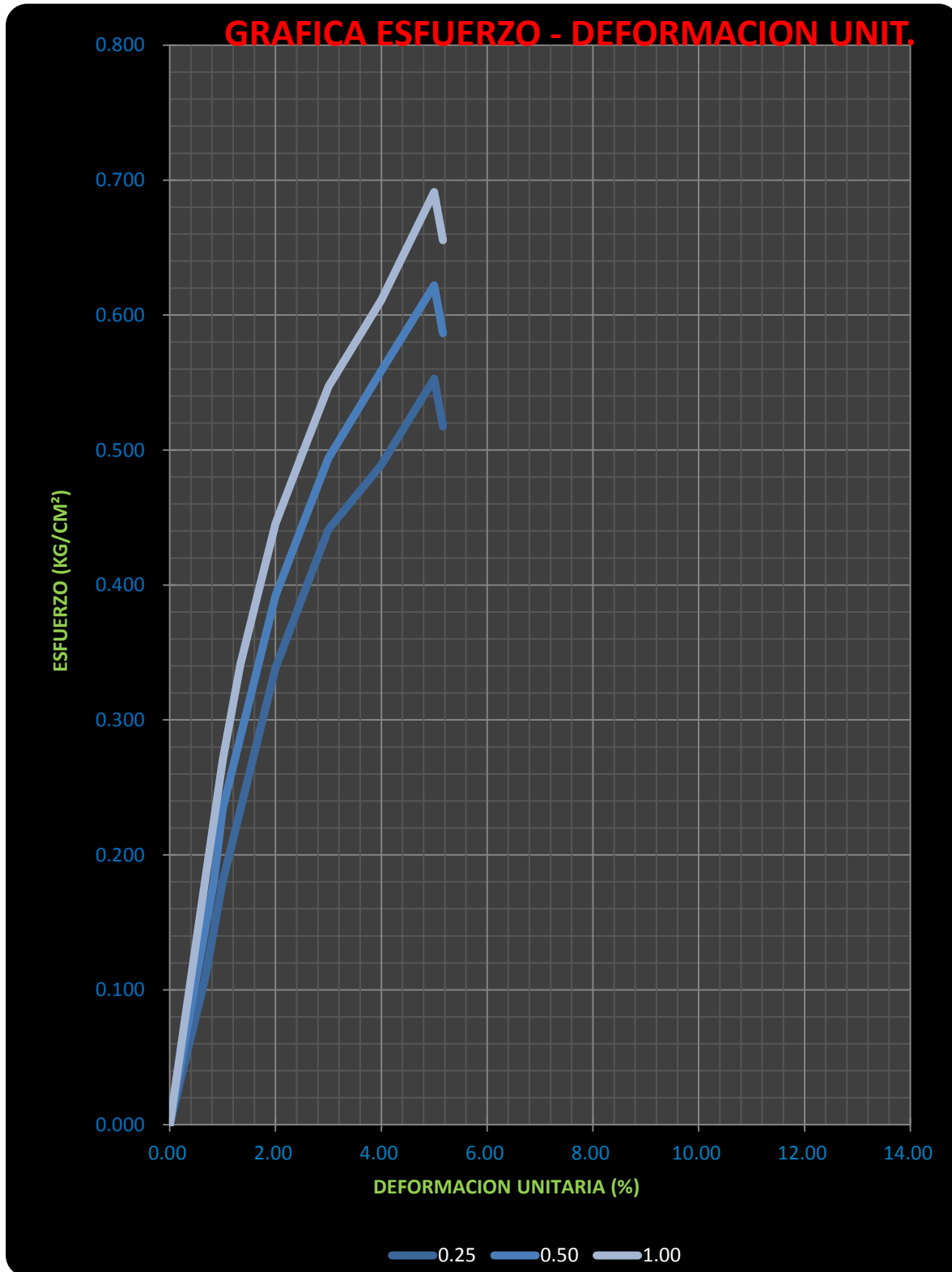
## PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: TLAHUAC  
 SONDEO: SM-3  
 MUESTRA: 7-2

PROF.: 4.20-4.40

DESCRIPCIÓN DEL SUELO :									
ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO									
VALORES PROMEDIO									
Ss=	2.22								
wi=	266.15 %								
wf=	265.42 %								
Gw=	97.80 %								
Gwf=	97.57 %								
PVN=	1.155 ton/m3								
PVF=	1.152 ton/m3								
ei=	6.03								
ef=	6.04								
DATOS FINALES									
ESF. A LA FALLA (kg/cm <sup>2</sup> )	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m3)	Gwi (%)	ei						
0.55	1.123	94.7	6.226						
0.62	1.172	99.5	5.928						
0.69	1.169	99.2	5.930						
PRESION CONF. (kg/cm <sup>2</sup> )		ESF. A LA FALLA (kg/cm <sup>2</sup> )		PESO VOLUM. NATURAL (ton/m3)		Gwi (%)		ei	
1	0.25	6.241	94.452	265.53	1.121				
2	0.50	5.942	99.280	265.71	1.170				
3	1.00	5.944	98.988	265.02	1.167				
PRESION CONF. (kg/cm <sup>2</sup> )		ESF. A LA FALLA (kg/cm <sup>2</sup> )		PESO VOLUM. NATURAL (ton/m3)		Gwi (%)		ei	
1	0.25	6.241	94.452	265.53	1.121				
2	0.50	5.942	99.280	265.71	1.170				
3	1.00	5.944	98.988	265.02	1.167				







## **ANEXO III ESPECIFICACIONES PAVIMENTOS RÍGIDOS**

### **A. Espesor de la losa de concreto hidráulico.**

Será según se especifica en el estudio de mecánica de suelos.

### **B. Niveles**

Para llegar a los niveles de proyecto deberán eliminarse los materiales de relleno de mala calidad que se encuentran en la parte frontal del predio a 0.60 m de profundidad mínima. El material producto del despalme será desechado todas las referencias topográficas existentes en un lugar se respetarán durante la construcción, tales como: alineamientos, niveles, señalamientos, reponiéndose en caso en que se dañen o alteren.

### **C. Materiales**

Para construir los pavimentos se requerirán materiales para terracerías y para base, con las siguientes características.

#### **C.1 Para terracerías**

Podrán ser utilizadas mezclas de gravas, arenas y material fino, que satisfagan las siguientes especificaciones:

-límite líquido	45% máx.
-índice plástico	15% máx.
-contracción lineal	8% máx.
-valor relativo de soporte	15% mín.
-contenido de agua óptimo	25% máx.
-peso volumétrico seco máximo	1,300 kg/m <sup>3</sup>

#### **C.2 Para base**

##### a) De granulometría

La curva granulométrica quedará comprendida entre el límite inferior de la zona 1 y el superior de la zona 2 (ver figura 33), adoptando una forma semejante a la de las curvas que limitan las zonas, y no tener cambios bruscos de pendiente.



La relación del porcentaje, en peso, que pasa la malla No. 200 a la que pasa la malla No. 40, no deberá ser superior a 0.65.

b) De contratación lineal, valor cementante, valor relativo de soporte (CBR), tamaño máximo y peso volumétrico seco máximo, las siguientes:

Zonas granulométricas del material	1	2
Contracción lineal, %	3.5 máx.	2.0 máx.
Valor cementante, Kg/cm <sup>2</sup>	4.5 mín.	3.5 mín.
Valor relativo de soporte, %	80 mín.	80 mín.
Tamaño máximo del agregado	2" máx.	1" máx.
Peso volumétrico seco máximo, Kg/m <sup>3</sup>	1800 mín.	1800 mín.

## D. Procedimiento constructivo para terracerías y base

**d.1** Se despalmará el terreno en el espesor necesario de acuerdo a la zona, para el acceso y patio de maniobras será de 90 cm con respecto al nivel de piso terminado del semisótano y de 70 cm en la zona de estacionamiento con respecto al nivel de piso terminado del semisótano que estará a -1.20m.

**d.2** Los materiales que se emplearán en las terracerías se mezclarán mediante una motoconformadora hasta obtener una revoltura homogénea en su constitución y granulometría.

**d.3** Se construirá la capa subrasante en capas de espesor de 20 cm en estado suelto, compactadas al 95 % con respecto a la prueba Porter, con material que cumpla las especificaciones.

**d.4** Para compactar se deberá humedecer y homogeneizar el material hasta alcanzar un valor cercano a la humedad óptimo ( $\pm 2\%$ ).

## E. Moldes

El concreto se vaciará en moldes metálicos indeformables, que no sufran variaciones en sus alineamientos y niveles, fijados firmemente a la base.

Antes del vaciado se engrasarán las superficies que estarán en contacto con el concreto. Los moldes no se removerán antes que el concreto haya endurecido lo suficiente, para soportar sin deterioro las maniobras respectivas, siendo este lapso de 24 horas como mínimo.

## F. Juntas

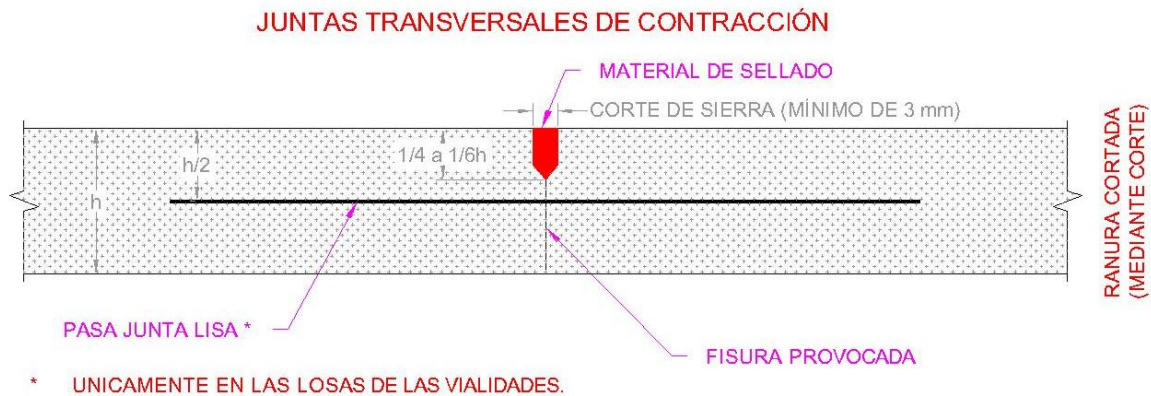
Las juntas serán de dos tipos:

### a) Juntas transversales de contracción

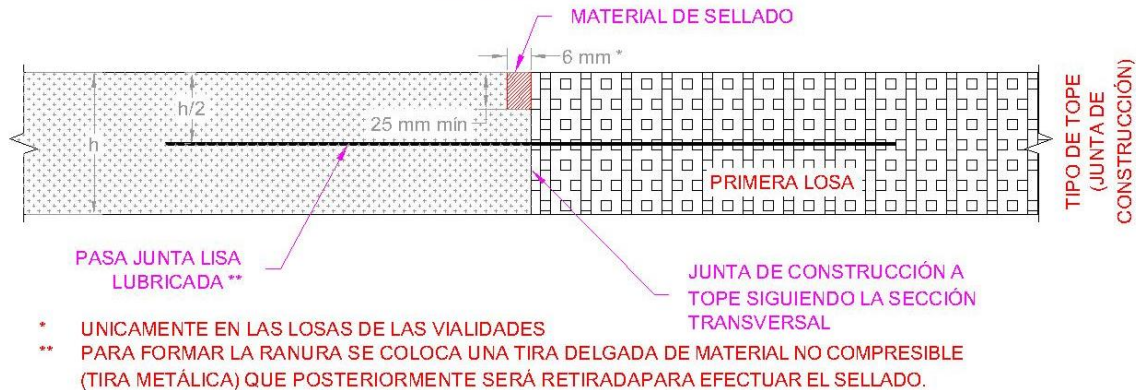
El objeto de una junta de contracción es limitar los esfuerzos de tensión a valores permisibles. Como estas juntas deben estar en libertad de abrirse la continuidad del refuerzo se interrumpe en la junta. Esta junta se construye formando una ranura en la superficie del piso. Las juntas irán espaciadas a una distancia de 6 m.

Estas juntas consisten en ranuras cuya profundidad será la tercera parte del espesor de la losa, las cuales se harán por medio de cortadoras especiales de abrasivo o diamante industrial, con un ancho de 3 mm. El tiempo que debe transcurrir entre el colado y el corte será de 72 horas.

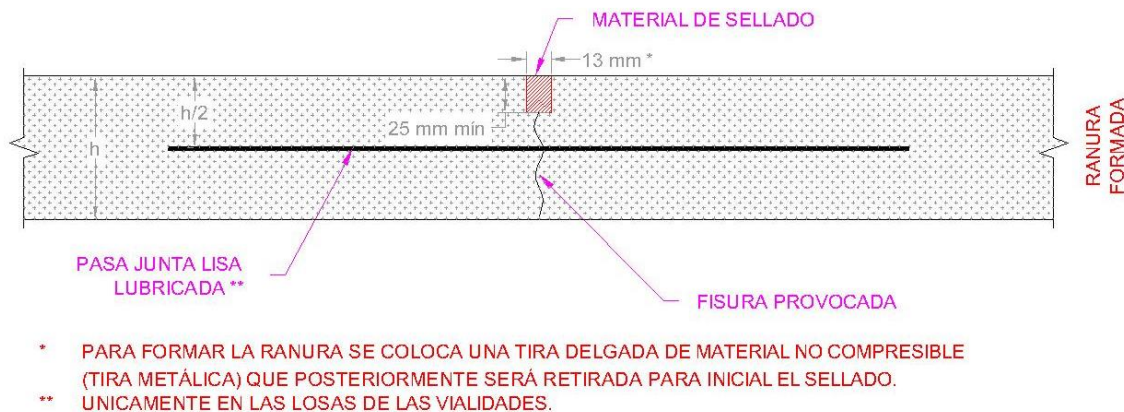
Las ranuras se limpiarán perfectamente y se llenarán con un material elástico, resistente al efecto de los solventes, al calor de los motores y al intemperismo. Debe ser adherente a las paredes y permitir dilataciones y contracciones sin agrietarse. Se recomienda dispositivos mecánicos para transmisión de cargas entre juntas, mediante pasajuntas lisas lubricadas. Para este propósito se podrán emplear barras lisas de 1/2" de diámetro y de 70 cm de longitud, espaciadas a cada 1.0 m.



## JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCIÓN



## JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCIÓN



### b) Juntas de construcción

Estas pueden ser de dos tipos:

**Longitudinales.** El pavimento se dividirá longitudinalmente en fajas de ancho de 3.5 m, entre estas fajas existirán juntas longitudinales de construcción que pueden ser planas o machihembradas, mediante el uso de cimbra deslizante. Podrá efectuarse la junta plana provocándola mediante un corte con regla cuando aún el concreto esté fresco (en proceso de fraguado) o dejando ahogada una cimbra machihembrada.

**Transversales.** El vaciado longitudinal se hará en forma continua dependiendo del avance del contratista, haciendo una junta transversal plana o machihembrada al terminar el trabajo diario, o por interrupción imprevista, respetando la modulación de proyecto.

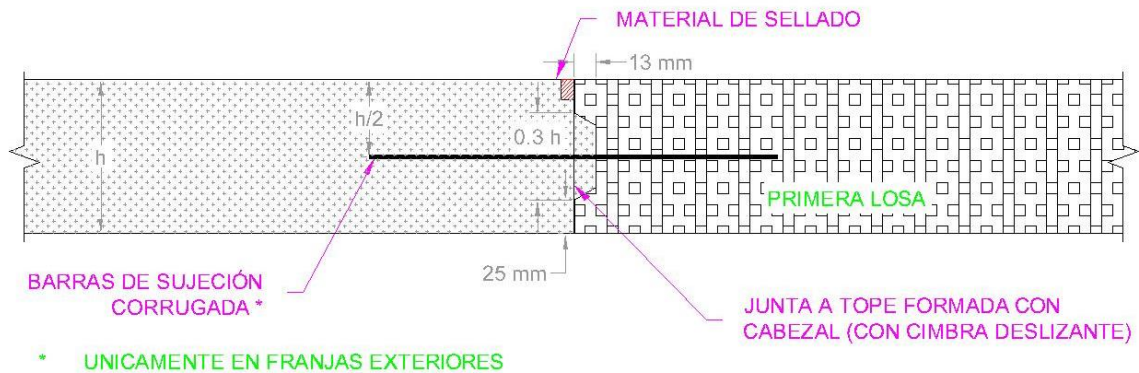
Al retirar los moldes (en el caso de utilizarlos) y en cuanto la superficie este suficientemente seca, se procederá a `pintarla con cemento asfáltico No. 6 u 8, hasta lograr un espesor uniforme de 3 mm antes de proceder al vaciado de la losa contigua. Se recomienda la instalación de barras de sujeción para la transmisión de cargas entre las juntas constituidas por barras corrugadas de ½ “de diámetro y 70 cm de longitud, espaciadas a cada 1.0 m.

Los detalles de diseño recomendados para las juntas de construcción tanto articuladas como planas se muestran en las siguientes figuras.

## JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

### a) CONSTRUCCIÓN POR BANDA

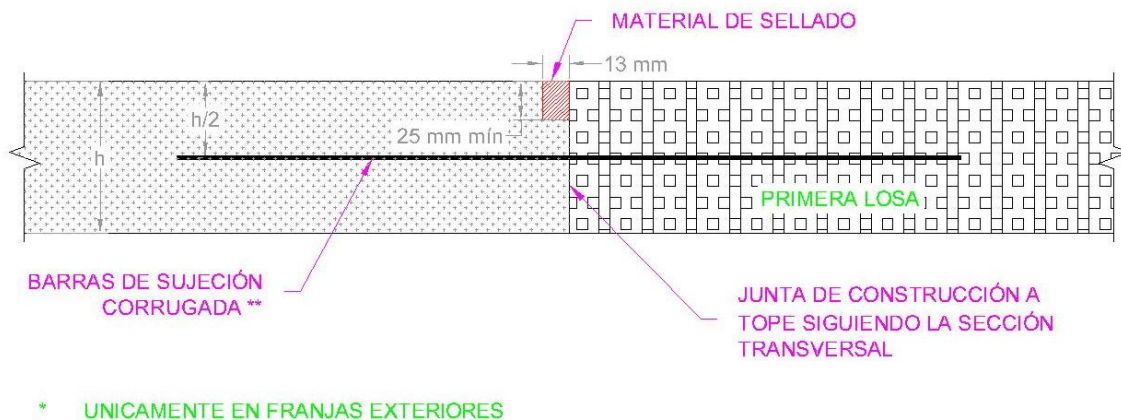
#### a1.- JUNTA MACHIHEMBRADA LONGITUDINAL



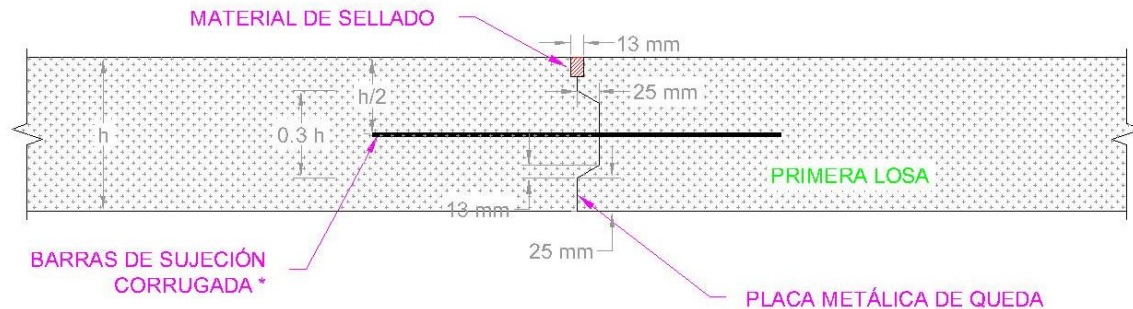
## JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

### a) CONSTRUCCIÓN POR BANDA

#### a2) JUNTA A TOPE TRANSVERSAL



## JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN b) CONSTRUCCIÓN DEL AREA TOTAL DE PAVIMENTO b1.- JUNTA MACHIHEMBRADA



\* ÚNICAMENTE EN FRANJAS EXTERIORES

### G. Concreto hidráulico

El concreto por emplearse deberá de tener una resistencia mínima a la compresión a la edad de 28 días de  $250 \text{ Kg/cm}^2$ . Y el revenimiento del concreto será entre 8 y 12 cm.

### H. Colocación y vibrado del concreto

Antes de iniciar la colocación del concreto, se deberá humedecer la superficie de la base hasta saturarla, pero sin que se formen charcos.

Será conveniente utilizar una espaciadora tipo tolva que reciba el concreto del camión de descarga lateral y lo deposite de manera uniforme sobre todo el ancho del piso.

La altura de caída del concreto no deberá ser mayor de 50 cm.

El concreto en el momento de colocarse tendrá la consistencia especificada por el revenimiento de proyecto.

La revoltura se distribuirá uniformemente sobre la superficie preparada y se compactará mediante vibrador de inmersión, seguido de una regla vibratoria hasta lograr una compactación uniforme y la eliminación de huecos.

### I. Acabado del piso

Una vez conformada la superficie mediante el vibrado superficial, se aplanará con llana de madera de mango largo, después se afinará con banda de lona y hule de aproximadamente 20 cm de ancho, colocada perpendicularmente a las losas,



con el objeto de eliminar prominencias y depresiones, hasta dejarla uniforme pero con una textura ligeramente áspera. No se permitirán crestas ni depresiones mayores de 4 mm medidas con una regla paralela al eje de la losa.

También puede dársele al piso un acabado con ranuras longitudinales con objeto de lograr una superficie antiderrapante.

Las aristas de las juntas se redondearán a un radio aproximado de 4 mm para el cual se emplea un volteador que se pasa sobre el concreto fresco inmediatamente después de terminado el afinado de la superficie.

## **J. Curado del concreto para el piso**

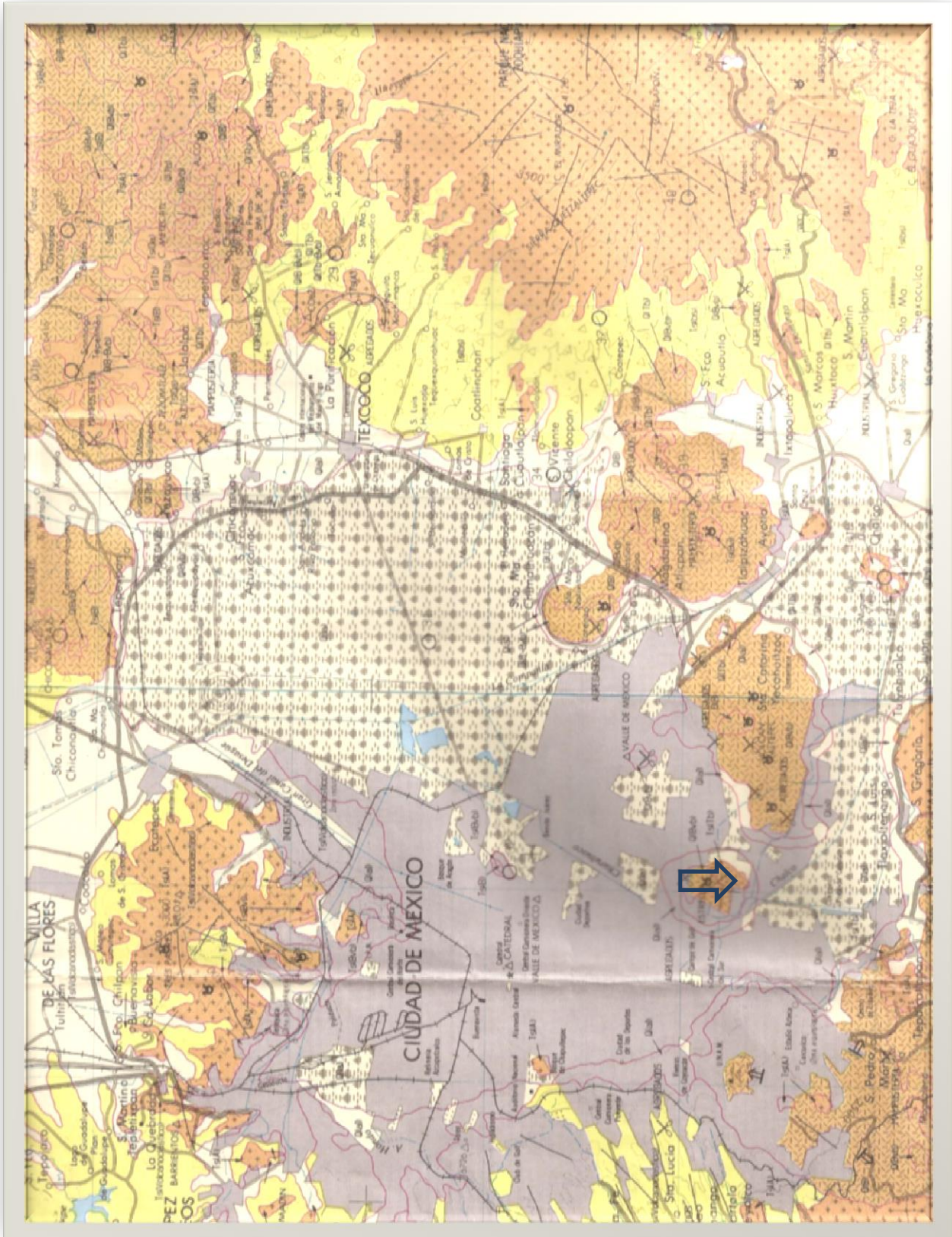
Inmediatamente después de terminarse el colado de las losas, se procederá a cubrirlas con una membrana impermeable de algún producto aprobado por la dirección de la obra y que cumpla con la especificación ASTM-C-309 vigente, que se aplicará finamente atomizado y que mantendrá la humedad por un tiempo mínimo de 24 horas, al cabo de las cuales se podrá seguir usando esta membrana, manteniéndola en buenas condiciones, o alguno de los siguientes procedimientos durante siete días posteriores al colado.

- i. Riego de agua. Para conservar constante y eficientemente húmeda toda la superficie
- ii. Lámina de agua. Con un tirante de 5 cm retenida mediante bordes de arcilla.
- iii. Arena húmeda. Con un espesor de 5 cm manteniéndola constantemente humedecida.

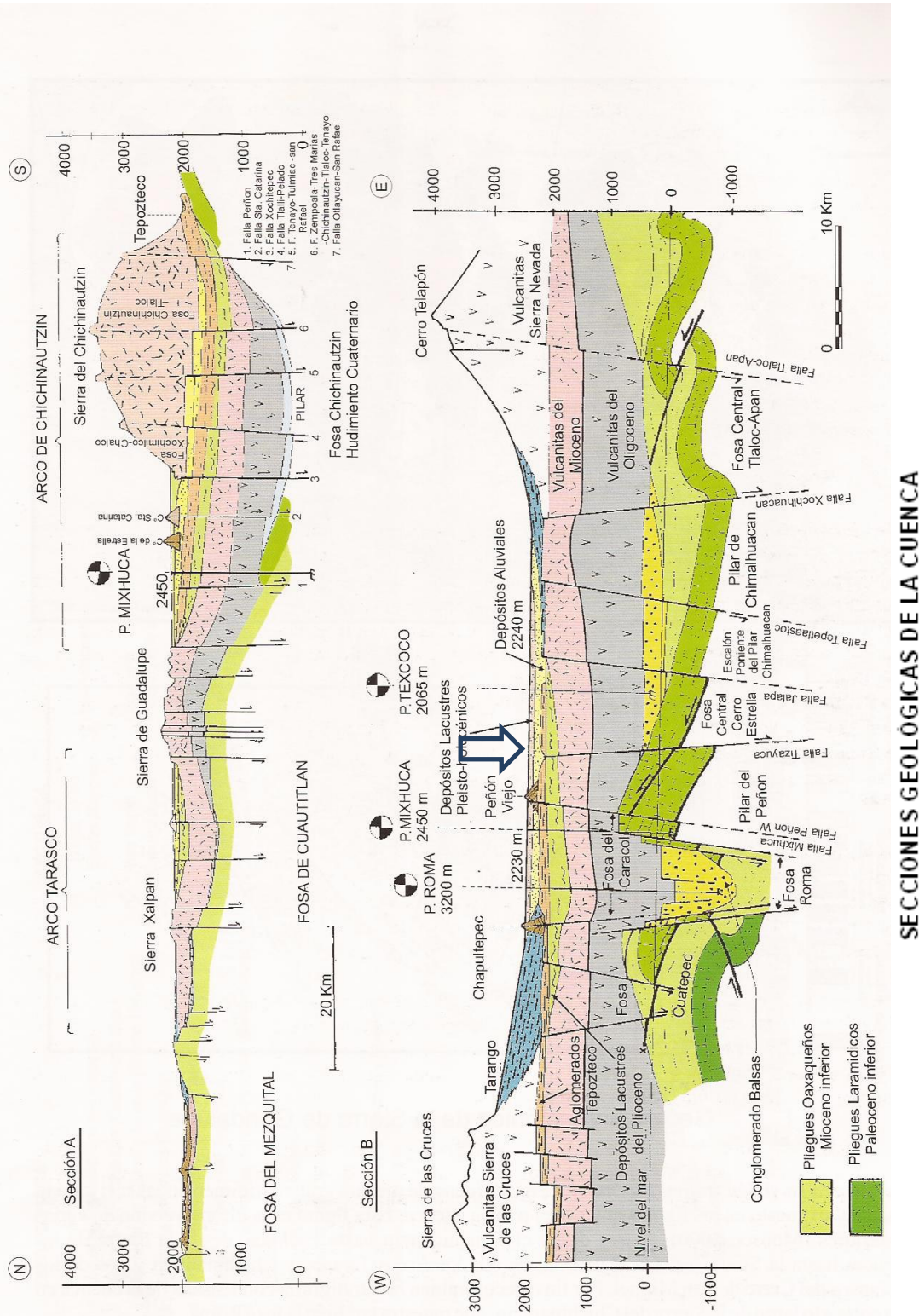
## **K. Protección del concreto**

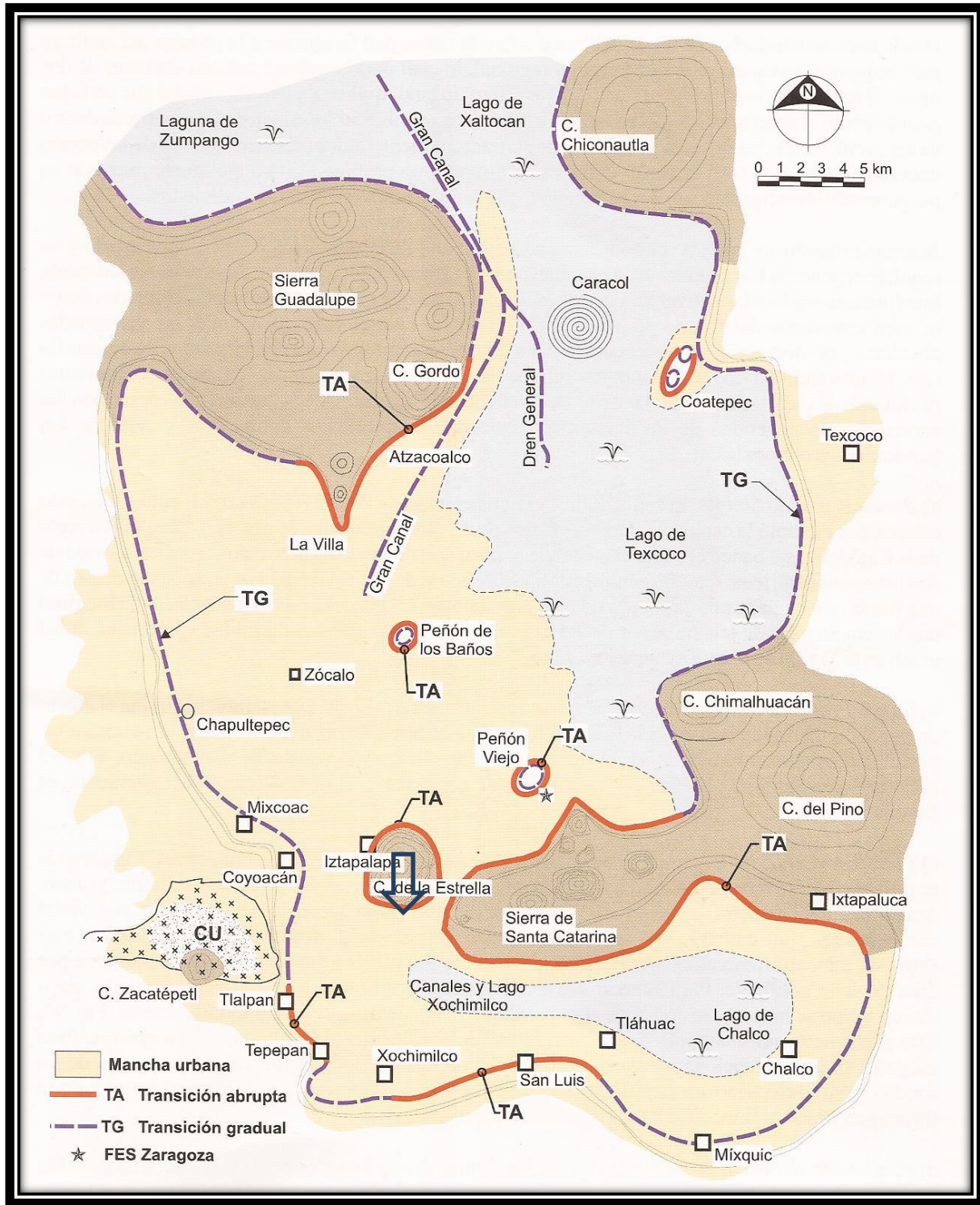
El piso de concreto hidráulico terminado deberá protegerse contra el tránsito de vehículos o personas por un tiempo mínimo de siete días, si se emplea cemento de resistencia rápida y 14 días con concreto de resistencia normal.

## ANEXO IV



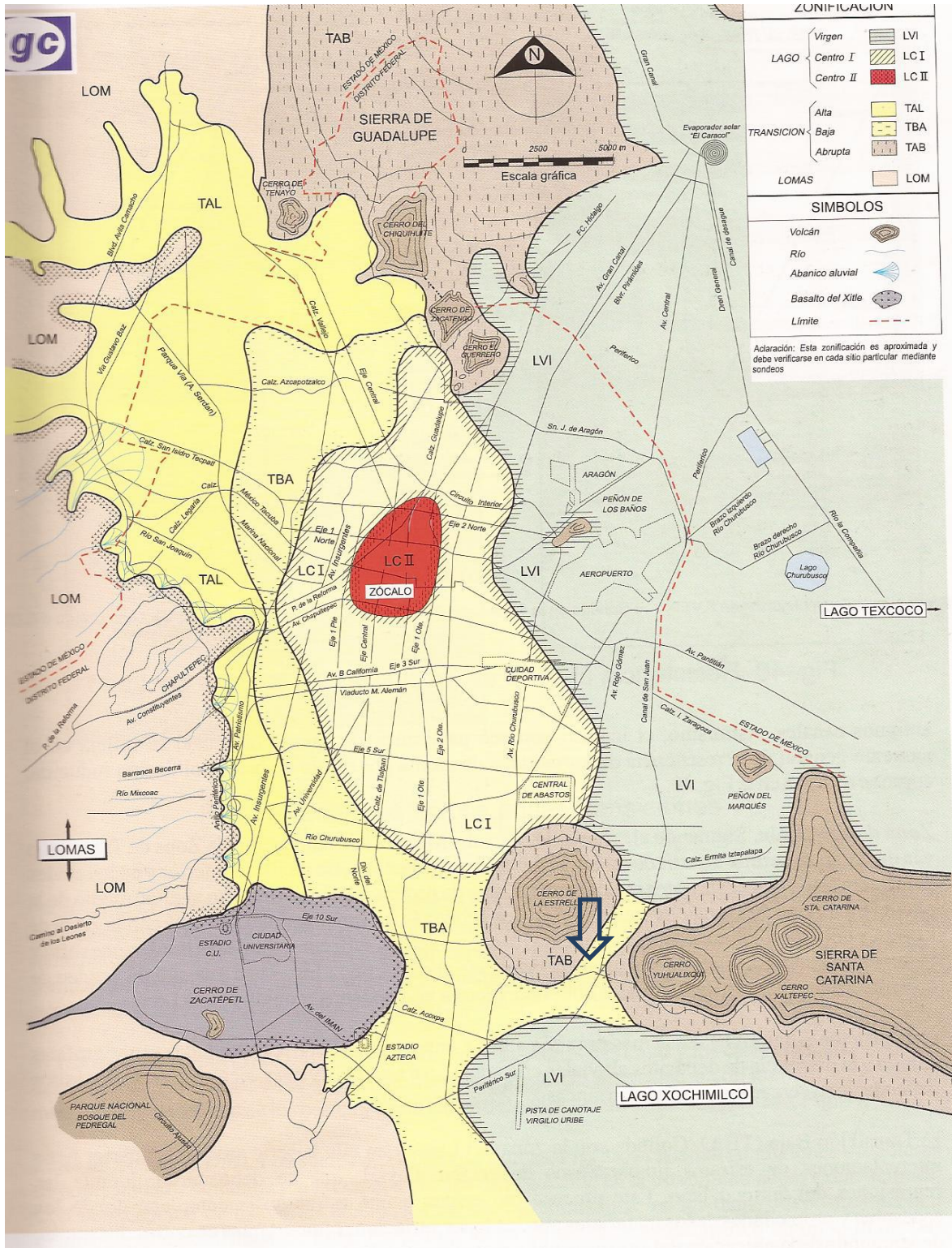




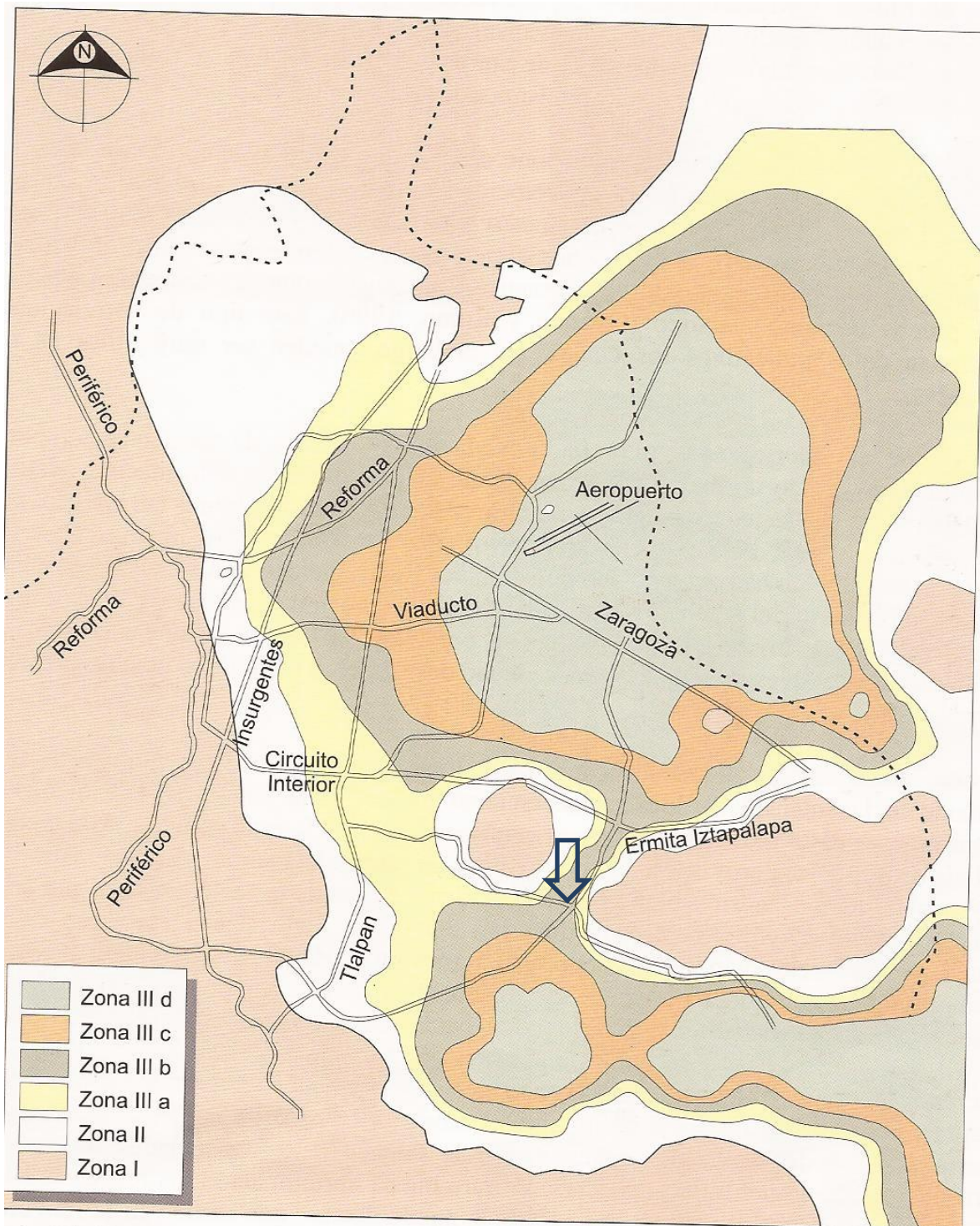


**CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE LAS ZONAS DE TRANSICIÓN**

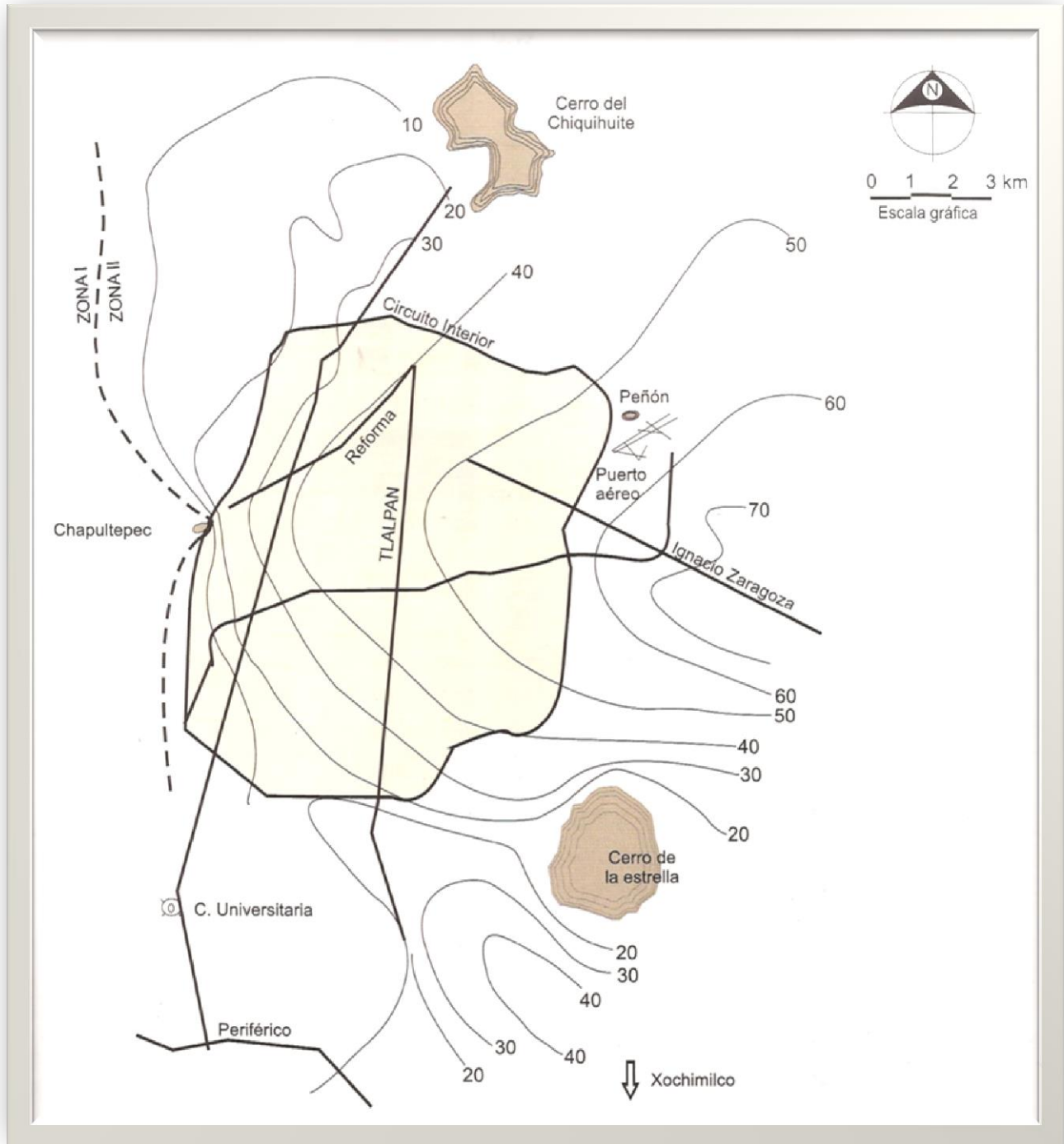




**ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO**



**PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN DEL D. F. PARA FINES DE DISEÑO POR SISMO (NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS DE DISEÑO SISMICO, PROPUESTA DEL AÑO 2001)**



**CURVAS DE IGUAL PROFUNDIDAD DE LOS DEPÓSITOS PROFUNDOS**

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez Bautista, Gabriel. (2013). *Cimentaciones. Materia de Geotecnia*. FES Aragón, México. (paper).
- Arellano, A. R. (1953). *Estratigrafía de la Cuenca de México. Congreso Científico Mexicano, México*. Vol. 3, pp. 172-187.
- Auvinet G. Gabriel. (1997). *Notas de clase Mecánica de suelos aplicada, División de Estudios de Posgrado Facultad de Ingeniería UNAM*. México.
- Badillo Juárez y Rico Rodríguez. (1996). *Mecánica de Suelos Tomo Z Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos*. Limusa.
- De Alba P. (1992) *Low-strain shear modulus from penetrometer tests*. Proc. Of the Meeting of the International Committee of Foundation Performance During Earthquakes and its Influence on Building Codes, SMMS, pp 1-15.
- Diaz-Rodríguez, J.A. (1989a). *Behavior of Mexico City clay subjected to undrained repeated loading*. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 26, No. 1, pp. 159-162.
- Diaz Rodríguez, J.A. y Leyte Guerrero F., (1989b). *Consolidation of Mexico City clay under repeated loading*. XII International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Río de Janeiro, Brasil, Vol 1, pp. 33-37.
- Diaz-Rodríguez, J.A. Leroueil, S. y Alemán, J.D. (1992). *Yielding of Mexico City clay and other natural clays*. Journal of Geotechnical Engineering. Division, ASCE, Vol 118, No. 7, pp. 981-995.
- Dirección de Proyectos, Secretaría de Recursos Hidráulicos. (1970). *Manual de Mecánica de Suelos*. México. Quinta edición.
- Gaziev Erast. (1996). *Notas de clase Mecánica de rocas, División de Estudios de Posgrado Facultad de Ingeniería*. UNAM. México.
- Holguín, Ernesto. (1992). *Diseño Geotécnico de Cimentaciones*. TGC geotecnia, S.A.



- Marsal J. Raúl y Marcos Mazari. (1959). *El subsuelo de la ciudad de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería.
- Meyerhof, G. G. *Some Recent Research on the Bearing Capacity of Foundations*. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 1, No. 1, 1963.
- *Normas Técnicas Complementarias (NTC) para el Diseño y Construcción de Cimentaciones del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF)*. Gaceta Oficial del Distrito Federal, octubre 2004.
- Ohta y Goto N, (1976). *Estimation of S-Wave velocity in terms of characteristic indices of soils. Butsuri-Tanko*. Vol 29, pp 34-41.
- Ovando E y Romo M P. (1991). *Estimación de la velocidad de ondas S en arcilla de la ciudad de México con ensayos de cono*. Sismodinámica, 2.
- Romo P. M (1990). *Comportamiento dinámico de la arcilla de la ciudad de México y su repercusión en la ingeniería de cimentaciones*. Memoria del Simposio El Subsuelo de la Cuenca del Valle de México y su Relación con la Ingeniería de Cimentaciones a Cinco Años del Sismo, septiembre, pp 83-94.
- Romo P. Miguel y Efraín Ovando. *Zonificación Geosísmica en México y su Aplicación al cálculo de Espectros de Diseño*. Instituto de Ingeniería, UNAM. (inédito).
- Santoyo, Enrique; Riqing Lin Xue y Efraín Ovando. (1989). *El Cono en la exploración geotécnica*. TOC geotecnia.
- Secretaría General de Obras, Comisión de Vialidad y Transporte Urbano. (1987) *Manual de Diseño Geotécnico*. Volumen 1. Covitur, DDF.
- Simon Arnal Luis y Max Bentacourt Suárez. (1991). *Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal*. Trillas.
- *Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A.C.* (1982). México.
- Tamez E. *Ingeniería de cimentaciones*. (2001). TGC Geotecnia S.A. de C.V., México.
- *Va. Reunión Nacional de Mecánica de Suelos (1970)*. Tomo 1, pp. IV-44, S.M.M.S.
- Zeevaert W. Leonardo (1979). *Foundation Engineering For Difficult Subsoil Conditions*. Ed. Krieger.