



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“DISEÑO Y PROCESO CONSTRUCTIVO PARA
UNA CIMENTACIÓN SOBRECAMPENSADA
EN UNA ZONA DE TRANSICIÓN”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

P R E S E N T A :

CÉSAR AUGUSTO HERNANDEZ ROJAS

DIRECTOR DE TESIS

ÁLVAREZ BAUTISTA GABRIEL

MÉXICO

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Seria una lista enorme de las personas
a las cuales agradecería,
y el orden podría ofender a algunos
sin embargo yo recuerdo a cada uno de las personas
que con sus consejos, han hecho de mi una persona mas sabia.

A la Universidad Nacional Autónoma
de México y a la Facultad de Estudios Superiores Aragón
por acobijarme y ser mí segunda casa,
a los profesores que me sin pedir nada
a cambio me brindaron de esa gran sabiduría.

Principalmente a las dos personas que agradezco
infinitamente que este sueño se haya
consolidado es a mis padres; Cesar y Patricia
por haberme dado la vida, y la herencia mas grande, que es la educación.

ÍNDICE

- INTRODUCCION
- 1. ANTECEDENTES
 - 1.1 Localización
 - 1.2 Descripción del proyecto
 - 1.3 Colindancias
 - 1.4 Condiciones actuales
 - 1.5 Topografía
 - 1.6 Objetivos del estudio
 - 1.7 Recomendaciones para la protección de colindancias
- 2. EXPLORACIÓN Y MUESTREO DEL SUBSUELO
 - 2.1 Generalidades
 - 2.2 Pozos a cielo abierto
 - 2.3 Sondeos con equipo mecánico
 - 2.3.1 Método de penetración estándar
 - 2.3.2 Muestreo con tubo de pared delgada
- 3. PRUEBAS DE LABORATORIO
 - 3.1 Muestras alteradas
 - 3.2 Muestras inalteradas
- 4. CARACTERÍSTICAS ESTRATIGRÁFICAS Y FÍSICAS DEL SUBSUELO
 - 4.1 Características estratigráficas y físicas del subsuelo
- 5. ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN
 - 5.1 Alternativa de Cimentación
 - 5.2 Solución de cimentación
 - 5.2.1 Capacidad de Carga
 - 5.2.2 Análisis de asentamientos
 - 5.2.3 Solicitación inducida por sismos
 - 5.2.4 Tensiones inducidas por sismo
 - 5.2.5 Cortante inducido por sismo
 - 5.2.6 Implicaciones estructurales

- 5.3. Revisión según reglamento de construcciones para el DF
 - 5.3.1 Capacidad de carga
 - 5.3.2 Diseño de la excavación y protección a colindancias
 - 5.3.3 Revisión general por el fondo
 - 5.3.4 Revisión del fondo de la excavación debida a flotación
- 5.4 Estabilidad de taludes de las bermas
 - 5.4.1 Expansiones durante la excavación
 - 5.4.2 Alternativas de excavación
- 5.5 Interacción suelo-estructura y espectro del diseño
- 5.6 Espectro de interacción propuesto
- 6. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
 - 6.1 Alternativa general del proceso constructivo.
 - 6.1.1 Proceso Constructivo
 - 6.1.2 Construcción de pilas, núcleo central con ataque posterior de colindancias con troquelamiento a muro Milán perimetral
 - 6.1.3 Diseño del troquelamiento.
 - 6.2 Proceso constructivo para pilas
 - 6.3 Sistema de retención
 - 6.4 Proceso de construcción de muro Milán
 - 6.4.1 Muros guía (pre trincheras) o brocales
 - 6.4.2 Fluido para excavación (lodo bentonítico)
 - 6.4.3 Selección del equipo de perforación
 - 6.4.4 Perforación o excavación de zanjas
 - 6.4.5 Colocación del armado
 - 6.4.6 Maniobras de izaje
 - 6.4.7 Centrado del acero de refuerzo
 - 6.4.8 Juntas
 - 6.4.9 Machihembrado contra infiltraciones
 - 6.5 Sistema de bombeo
 - 6.6 Excavaciones

6.7 Protección a colindancias

6.8 Rellenos

7. INSTRUMENTACION

7.1 Referencias superficiales

7.2 Criterios de instalación

7.3 Procedimiento de medición

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

INTRODUCCION

Para realizar una edificación no importa cual sea el tamaño o uso que se le va a dar requiere necesariamente del conocimiento geotécnico del terreno de cimentación, con el fin de determinar cuales serán las formas en que se comportara y riesgos de falla que pudiera presentar y cual será la cimentación que mas se ajuste a las condiciones del terreno.

El diseño de cimentaciones en el Distrito Federal y Zonas Metropolitanas aledañas presentan dificultades muy superiores a las que se encuentran en otras zonas urbanas, retomando la historia geológica de esta zona en particular, el valle de México es la unidad geográfica limitada al norte por las Sierras del Tepotzotlán, Tezontlalpan y Pachuca; al Sur por las Sierras de Cuauhtzin y el Ajusco, y al Oeste por las Sierras de Las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo.

La ciudad de México se encuentra ubicada al norte $19^{\circ}36'$, al sur $19^{\circ}03'$ de latitud norte; al este $98^{\circ}57'$, al oeste $99^{\circ}22'$ de longitud oeste. El Distrito Federal representa el 0.1% de la superficie del país, el cual colinda al norte, este y oeste con el estado de México y al sur con el estado de Morelos.

La superficie total del Valle es del orden de $7,160 \text{ km}^2$, de los cuales $3,080 \text{ km}^2$ corresponden a zona montañosa y de $2,050 \text{ km}^2$ a zonas bajas bien definidas. La altura sobre el nivel del mar en la parte más baja es de $2,240 \text{ m}$. aproximadamente.

El clima en el área central de valle es templado, con temperaturas que oscilan entre los 25°C en verano y los -5°C en la fase más aguda del invierno. Ostenta una temperatura media anual aproximada de entre 13°C y 17°C . Las nieves cubren las montañas cada invierno mientras que las cumbres más altas tienen nieves perpetuas.

El clima ha cambiado mucho en los últimos 500 años, debido al proceso de urbanización ocurrido en el área del valle. Alrededor del año 1400 el clima en el

valle era increíblemente estable, ya que el efecto de las montañas y de la evaporación del lago daban como resultado una humedad ambiental constante y relativamente alta, cosa que hacía del lago un lugar sumamente fértil y agradable para vivir y propició su poblamiento.

Actualmente se conoce como la ciudad de México al área urbana integrada por 54 entidades municipales y que abarca a las entidades estatales y el Distrito Federal, la cual es llamada en forma oficial Zona Metropolitana de la Ciudad de México, que ha recibido el nombre popular de ciudad de México por la preminencia histórica de ésta en el área urbana; por esto se suele identificar como sinónimos a la ciudad de México con el Distrito Federal, entidad política territorial que la contenía en su totalidad originalmente.



El valle de México se caracteriza por la intensa actividad volcánica que tuvo lugar hace muchos años, del cual quedaron algunos en gran número de volcanes apagados, de los cuales el Popocatepetl aun sigue activo.

La abundancia de estudios realizados en el valle de México permitió a dos grandes personajes de la historia en mecánica de suelos zonificar la zona, Marsall y Mazari fueron los encargados en dividir la ciudad de México en tres grandes áreas basándose en le punto de vista estratigráfico, las cuales son:

Zona de Lomas o Pétreas (Zona I): 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.

Si bien se sabe la Mecánica es la parte de la física que trata de la acción de las fuerzas sobre los cuerpos. De igual forma, la Mecánica de suelos es la rama de la mecánica que trata de la acción de las fuerzas sobre la masa de los suelos.

La mecánica es una ciencia física, ya que estudia fenómenos físicos. Sin embargo, mientras algunos la relacionan con las matemáticas, otros la relacionan con la ingeniería. De igual forma, la Mecánica de Suelos es la rama de la Mecánica que trata de la acción de las fuerzas sobre la masa de suelos.

En ingeniería, la mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la física y las ciencias naturales a los problemas que involucran las cargas impuestas a la capa superficial de la corteza terrestre. Esta ciencia fue fundada por Karl von Terzaghi, a partir de 1925.

Se entiende por cimentaciones compensadas aquéllas en las que se busca reducir el incremento neto de carga aplicado al subsuelo mediante excavaciones del terreno y uso de un cajón desplantado a cierta profundidad. Según que el incremento neto de carga aplicado al suelo en la base del cajón resulte positivo, nulo o negativo, la cimentación se denomina parcialmente compensada, compensada o sobre-compensada, respectivamente.

Para el cálculo del incremento de carga transmitido por este tipo de cimentación y la revisión de los estados límite de servicio, el peso de la estructura a considerar será: la suma de la carga muerta, incluyendo el peso de la subestructura, más la carga viva con intensidad media, menos el peso total del suelo excavado.

Esta combinación será afectada por un factor de carga unitario. El cálculo anterior deberá realizarse con precisión tomando en cuenta que los asentamientos son muy sensibles a pequeños incrementos de la carga neta. Además, en esta evaluación, deberán tomarse en cuenta los cambios posibles de materiales de construcción, de solución arquitectónica o de usos de la construcción susceptibles de modificar significativamente en el futuro dicha carga neta.

Cuando la incertidumbre al respecto sea alta, la cimentación compensada deberá considerarse como poco confiable y deberá aplicarse un factor de carga mayor que la unidad, cuidando al mismo tiempo que no pueda presentarse una sobre-compensación excesiva, o adoptarse otro sistema de cimentación.

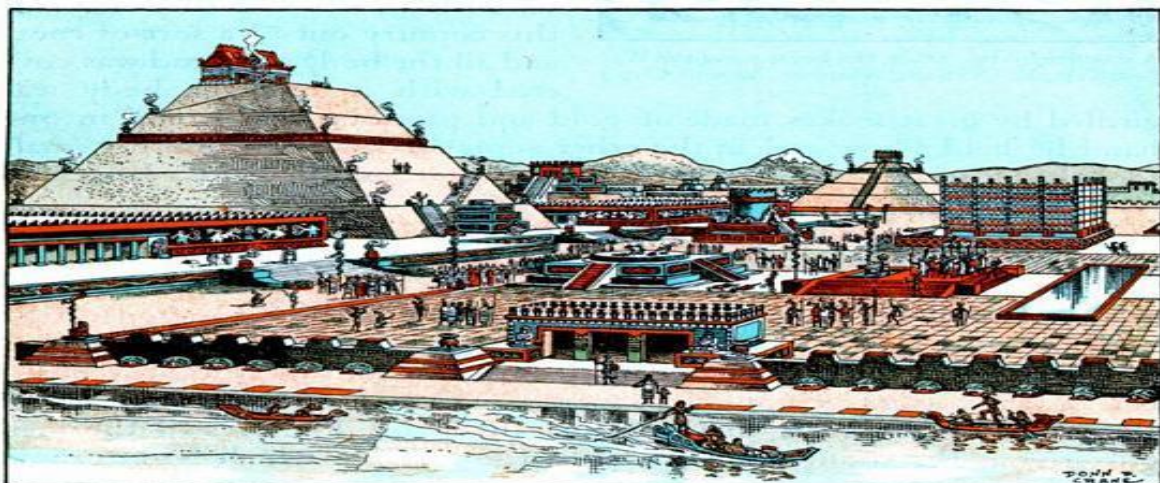
La porción de las celdas del cajón de cimentación que esté por debajo del nivel freático y que no constituya un espacio funcionalmente útil, deberá considerarse como llena de agua y el peso de esta deberá sumarse al de la subestructura, a menos que dicho espacio se rellene con material ligero no saturable que garantice la permanencia del efecto de flotación.

En el presente trabajo se presentan los lineamientos considerados para los análisis obtenidos y se consigna el proceso constructivo mas adecuado para este proyecto.

1. ANTECEDENTES

La Ciudad de México está localizada sobre lo que antiguamente fue un gran lago; las tierras de acarreo, fruto de las corrientes de agua de las regiones montañosas, el polvo de las tolvaneras, que eran tan frecuentes antes de la actual vegetación y las lavas de las erupciones volcánicas, fueron llenando el lago, hasta constituir el terreno actual. La acomodación de todas estas materias fue lenta, tanto más que su caída era atenuada por el agua. El terreno así formado, tiene una naturaleza cavernosa y una estructura celular. Sus intersticios están llenos de agua.

Los indicios más antiguos de ocupación humana en el territorio del Distrito Federal proceden de Peñón y San Bartolo Atepehuacán (Gustavo A. Madero), y corresponden al período Cenolítico Inferior (9500-7000 a. C.). Durante los primeros tres milenios antes de nuestra era, bajo el influjo o a la sombra de la cultura olmeca, se desarrollaron aquí varias poblaciones importantes como Cuicuilco. Hacia el final del Preclásico, la hegemonía cuicuilca cedía ante el apogeo de Teotihuacan, localizada al noreste del lago de Texcoco. Durante el Clásico esa ciudad fue un núcleo que concentró a la mayor parte de los pobladores de la cuenca lacustre, quedando Azcapotzalco como uno de sus satélites en la ribera poniente, ocupado por pueblos de ascendencia otomiana. En el oriente del lago, el cerro de la Estrella fue la sede de un pequeño pueblo teotihuacano.



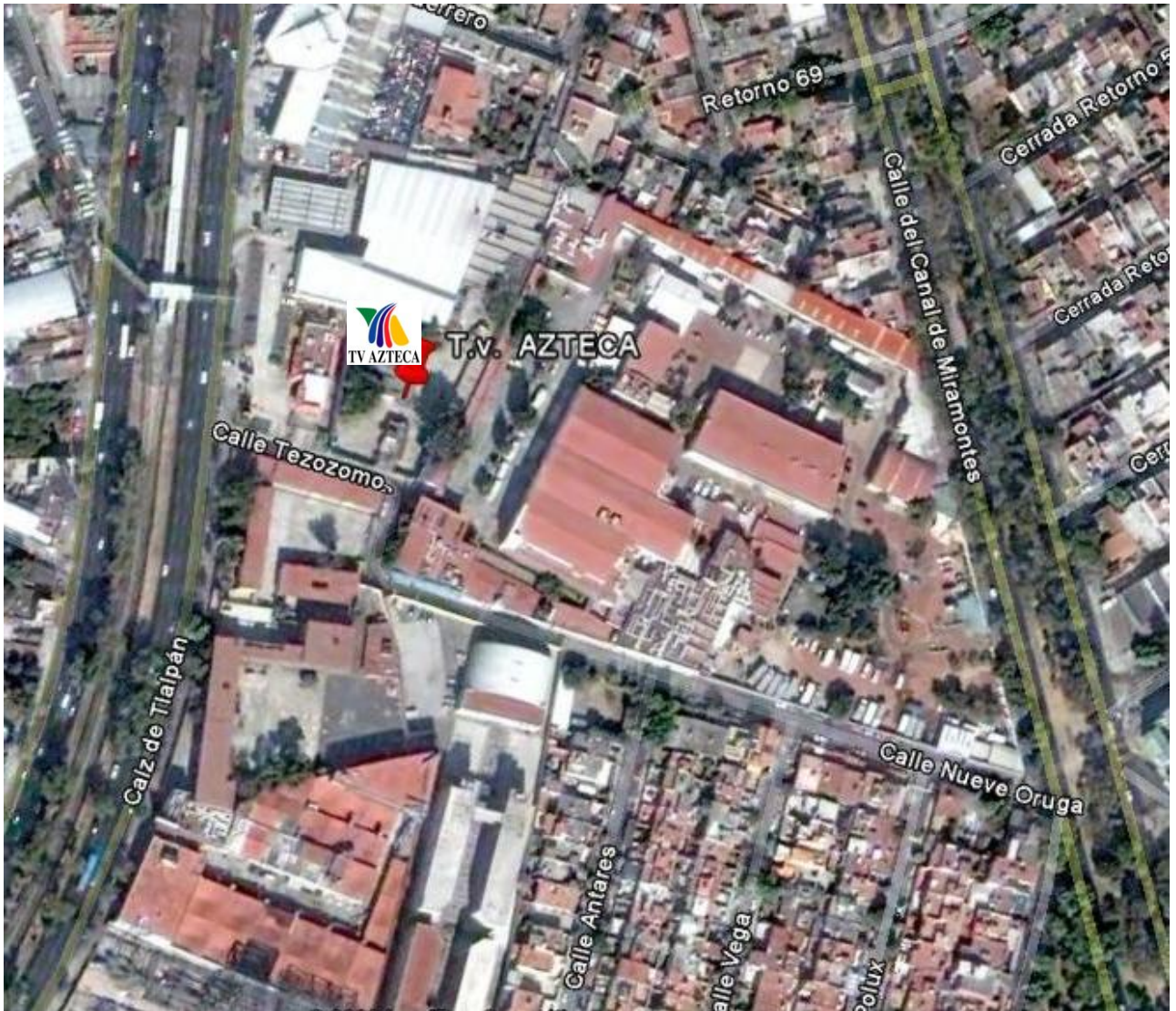
La antigua Tenochtitlan

Tenochtitlan, cuyo nombre significa “en el ombligo de la Luna” fue fundada el 13 de marzo de 1356. Creció hasta convertirse en una de las más prosperas y pobladas urbes del siglo XV en el mundo, contando sus habitantes con servicios que eran desconocidos en esa época en la mayoría de las ciudades del viejo mundo tales como agua potable, drenaje, en otros. Sus calles eran amplias y pavimentadas, y estaban organizadas en torno a cuatro calzadas que partían desde una inmensa plaza en el centro de la ciudad hacia los cuatro puntos cardinales dando lugar a una ordenada cuadrícula ortogonal integrada por calles pavimentadas y canales por donde llegaban mercancías tanto de localidades ribereñas como de los puntos más remotos del imperio.

Tras finalizar la conquista de Tenochtitlan, los españoles se asentaron provisionalmente en una de las poblaciones ribereñas del sur, Coyoacán, misma que fue el punto de partida para el avance militar durante los primeros años de la Conquista hasta que en 1528, se nombró a México (La Antigua México – Tenochtitlan) como sede de la Audiencia de México y ocho años más tarde, capital del Virreinato de la Nueva España, edificándose la ciudad española sobre los restos de la ciudad indígena tomando como punto de partida la traza ortogonal de sus calzadas principales y conservando el gran espacio abierto de la antigua zona ceremonial, que con el trascurso de los años se convertiría también en la gran plaza central de la Ciudad de México, en torno a la cual se edificó la sede del gobierno virreinal y la primera piedra de la futura catedral de México, sede del poder religioso. De esa manera quedó instituido un modelo de ciudad que sirvió de base para la fundación de otras ciudades en el territorio mexicano y el resto de Latinoamérica.

De esta época de la historia datan la mayor parte de las construcciones del Centro Histórico, la Alameda Central (primer parque de la ciudad), el Paseo de Bucareli y un sinnúmero de construcciones religiosas dispersas por toda la zona metropolitana, así como los barrios tradicionales de Coyoacán, San Ángel y Tlalpan.

Dados los antecedentes conocidos situamos el estudio requerido para la la Estudio geotécnico realizado en el predio ubicado en la Calle De Tezozomoc No. 14, colonia Emiliano Zapata, delegación Coyoacan, México D.F., Donde Se Proyecta La Construcción De Seis Foros De Grabación De Tv Azteca Que Estarán Constituido Por Una Estructura De Doble Altura Y Dos Sótanos Para Estacionamientos.



Fotografía aérea del sitio de interés

1.1 Localización

TV Azteca solicitó un estudio de mecánica de suelos, en el predio ubicado en la calle Tezozomoc No. 14, colonia Emiliano Zapata, Delegación Coyoacán, México DF, donde se proyecta la construcción de seis foros para grabación y dos sótanos para estacionamiento. La localización del sitio de interés se muestra en la figura número 2.

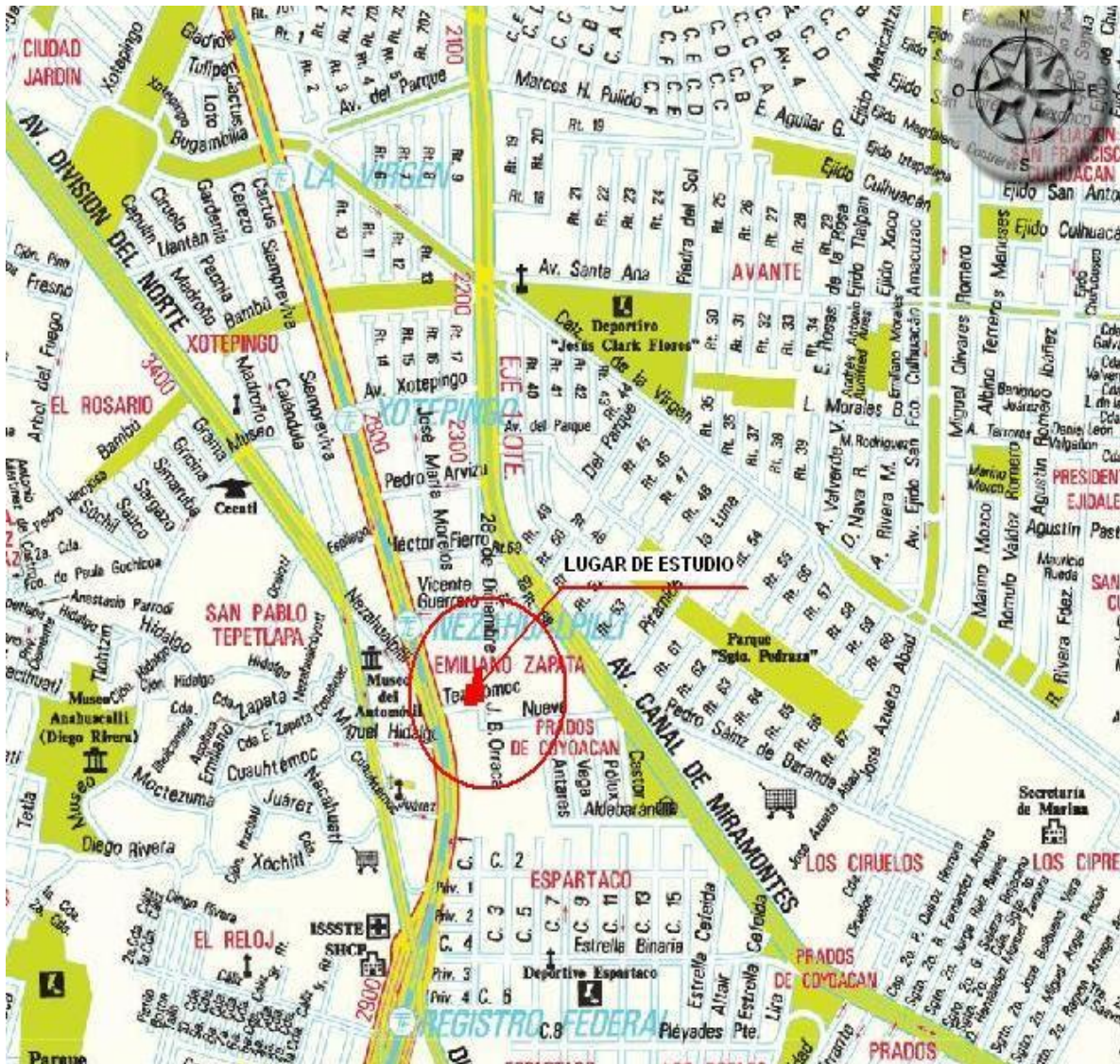


Figura 2.- Croquis de localización

1.2 Descripción del proyecto

El proyecto arquitectónico contempla una estructura compuesta por un nivel superior a doble altura, donde se tendrán los foros de grabación y dos sótanos para estacionamiento que cubrirán toda la superficie del terreno con nivel de piso terminado estimado del sótano inferior a -5.70 m, por debajo del nivel de banqueteta; se consideró que el cajón que alojará a los sótanos será estructurado mediante columnas, trabes y losas de concreto armado; para la estructura superior se tendrán muros perimetrales de tabique o block; las columnas de la superestructura y la estructura sobre la que se apoyará la techumbre serán metálica, y de acuerdo con lo anterior, se estima que la carga total que transmitirá la estructura al subsuelo, será de 5.5 ton/m^2 incluyendo el peso de la cimentación.

Los sótanos cubrirán toda el área del terreno y se consideró que se requiere efectuar una excavación de 6.0 m de profundidad promedio con respecto al nivel de banqueteta de la calle Tezozomoc. En las figuras 3 y 3A se presentan dos cortes esquemáticos de las estructuras proyectadas y en la figura 4 se muestra un sembrado del área que cubrirán los sótanos.

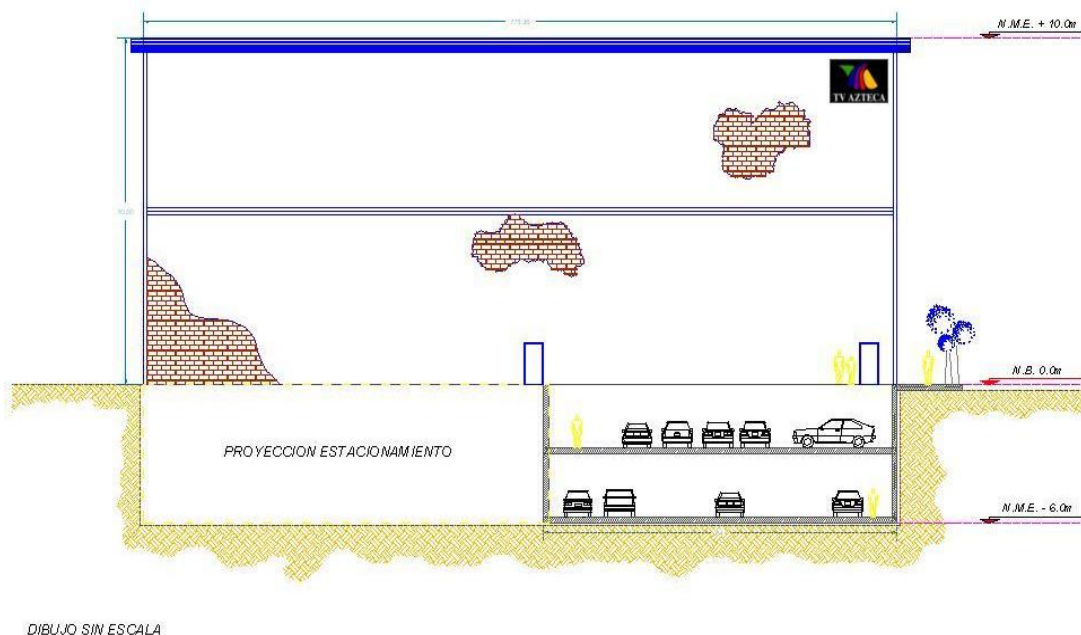
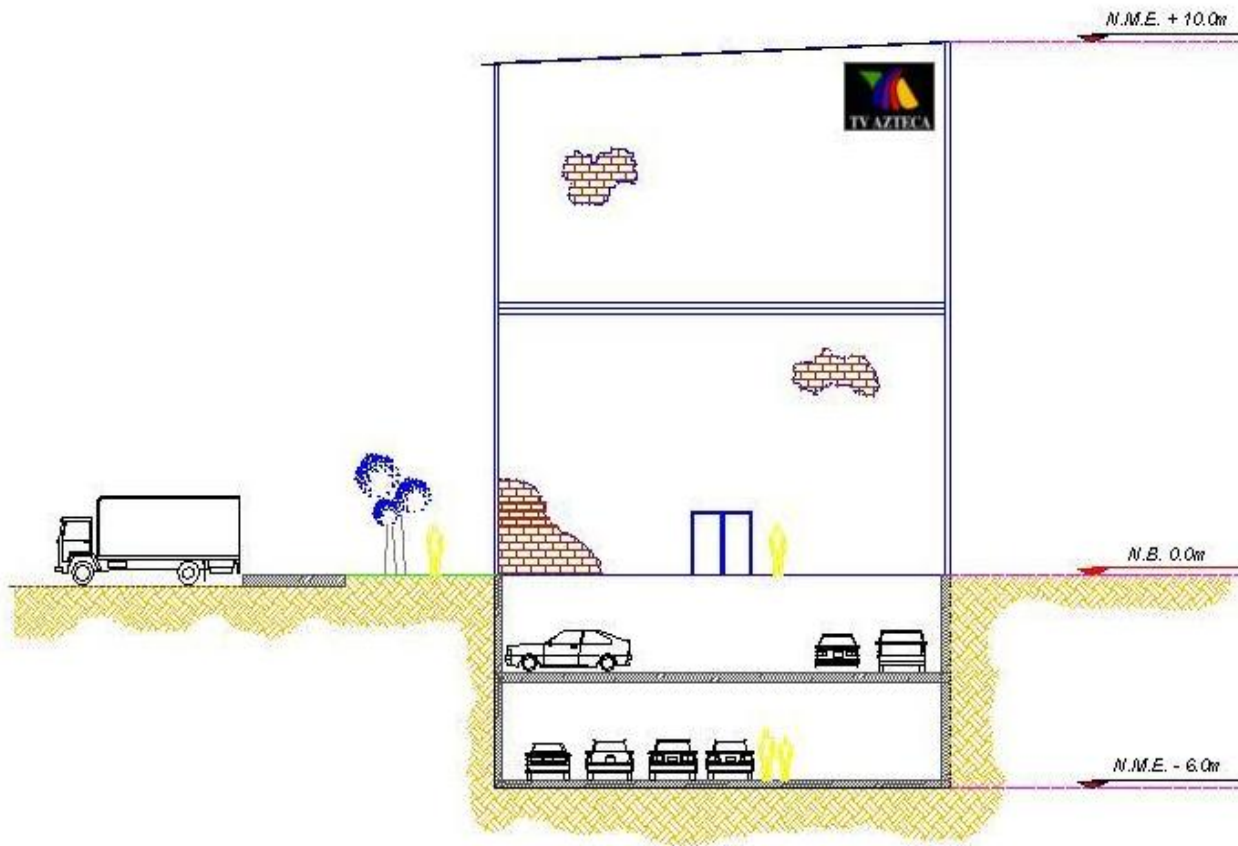


Figura 3.- Corte esquemático de estructuras



DIBUJO SIN ESCALA

Figura 3A.- Corte esquemático de estructuras

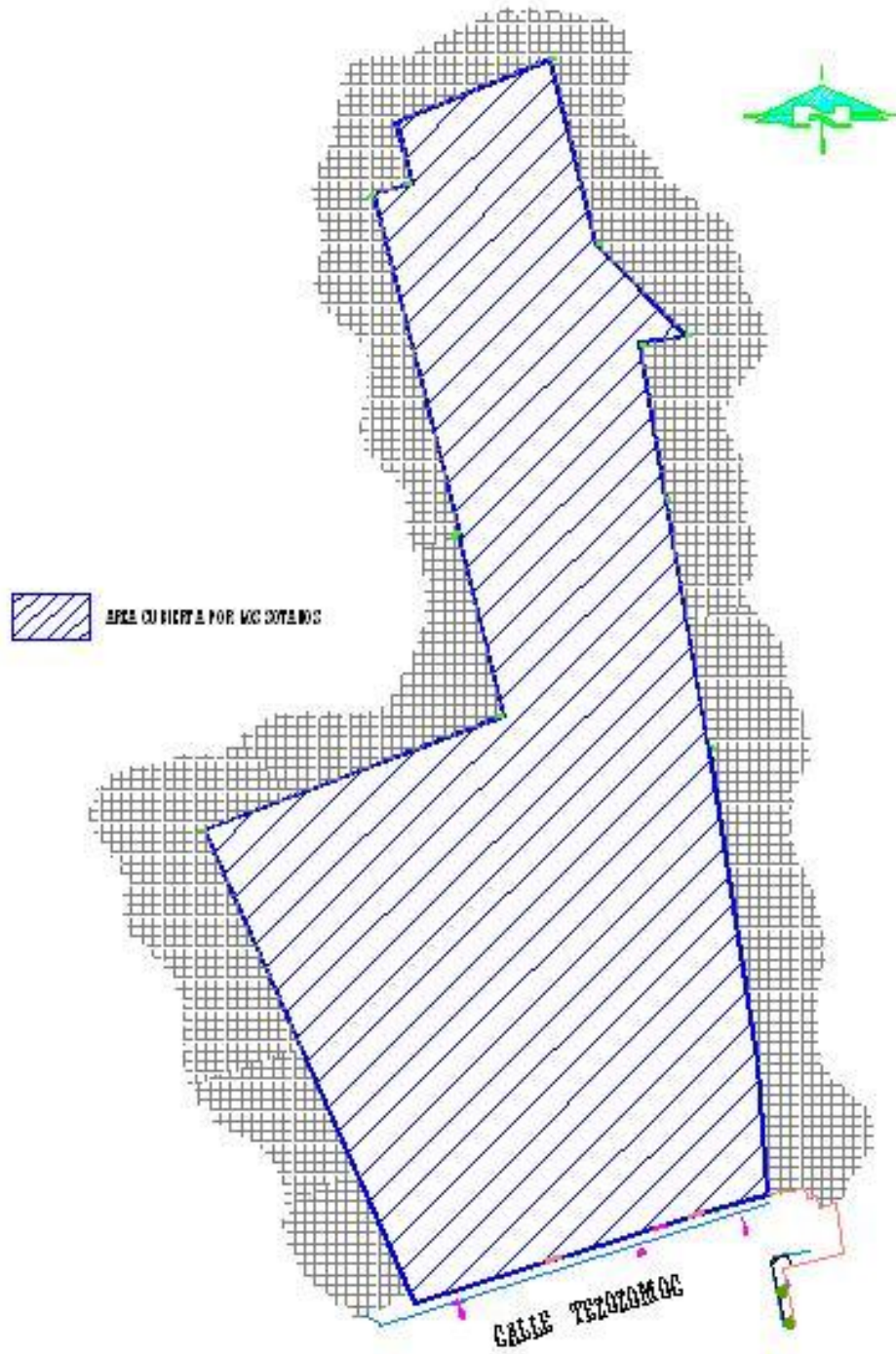


Figura 4.- Sembrado de sótanos

1.3 Colindancias

Las colindancias del terreno en estudio son las siguientes: hacia el norte colinda con un conjunto habitacional constituido por estructuras de dos niveles, hacia la zona oriente se tienen estructuras de dos niveles pertenecientes a TV Azteca, en la colindancia sur se tiene la calle de Tezozomoc y finalmente en la colindancia poniente existe un restaurante de comida rápida de un nivel, una gasolinera con una bodega de doble altura y finalmente una agencia de automóviles con una estructura de doble altura. En la figura 5 se muestra un plano donde se indican las colindancias del predio arriba mencionadas.

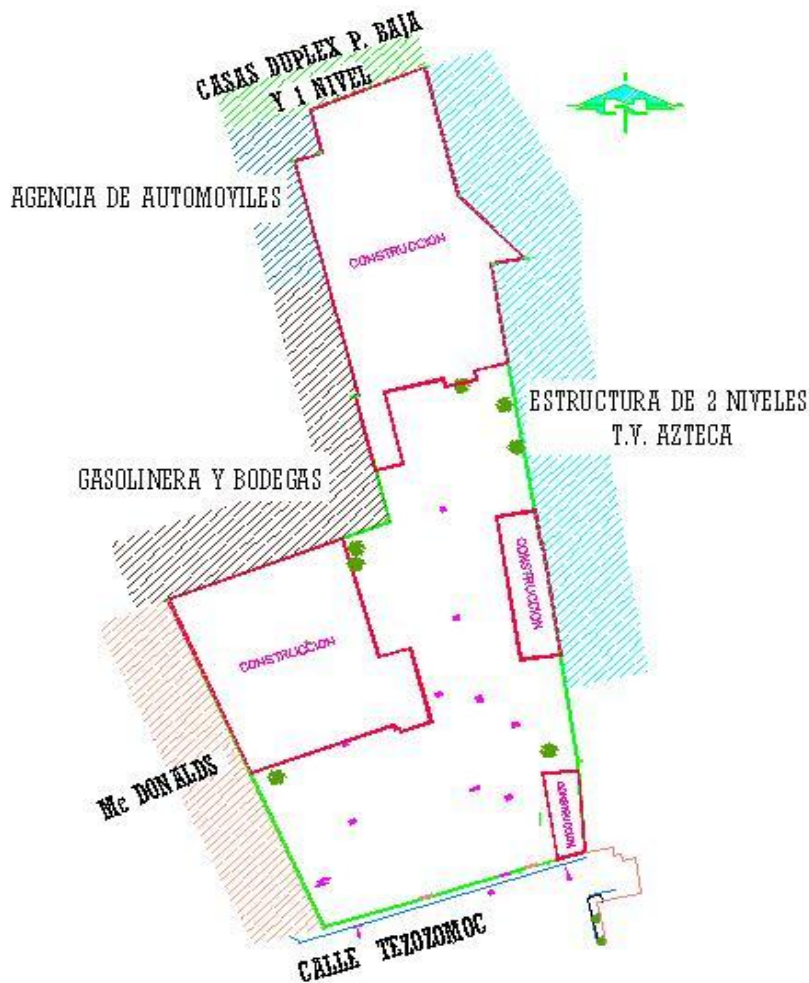


Figura 5.- Colindancias del predio en estudio

1.4 Condiciones actuales

El predio de interés tiene una forma irregular en su configuración, como se muestra en la Figura 6, y cuenta con un área de 3,741.33 m²; la superficie del terreno es horizontal y sensiblemente plana y dentro mismo se encuentran actualmente estructuras de uno y dos niveles, con la distribución que se muestra en la misma figura.

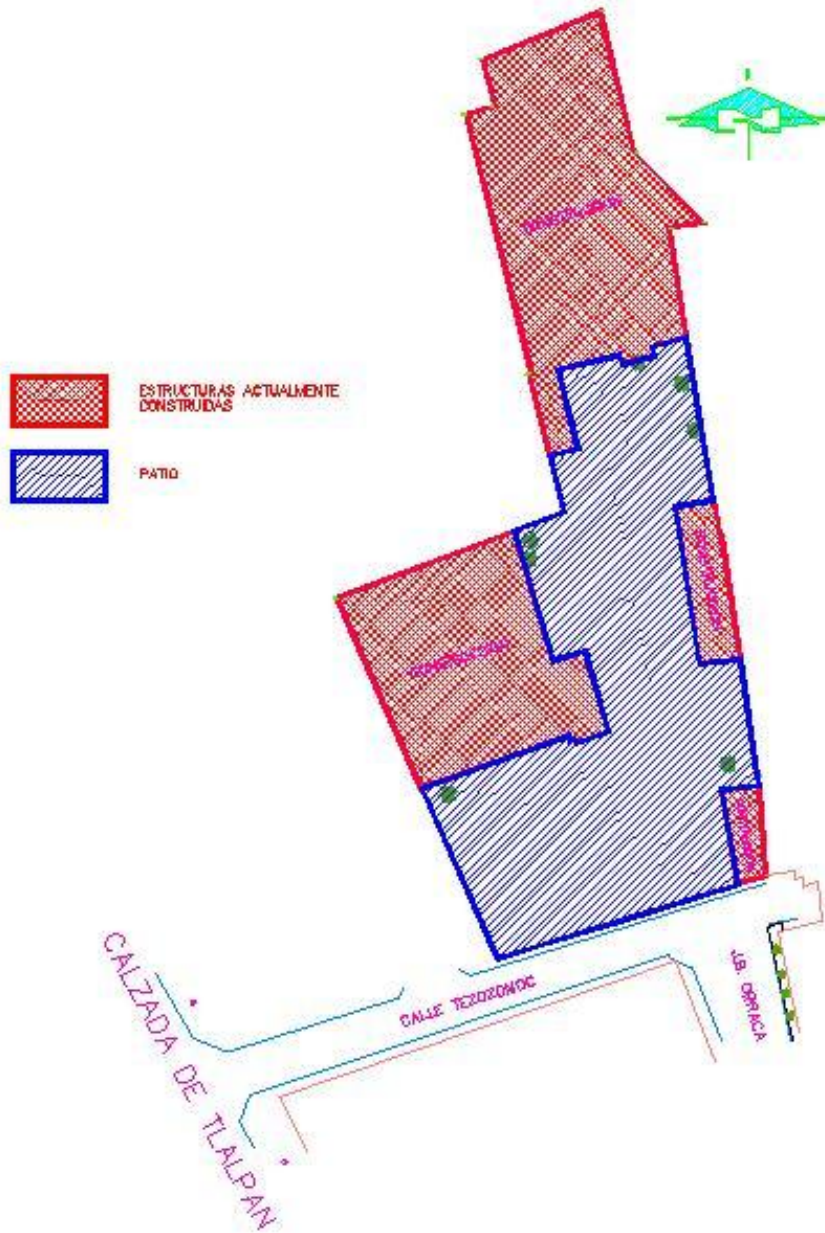


Figura 6.- Estructuras existentes dentro del predio

En la figura 7 se presenta un croquis con la ubicación en planta de la posición de algunas fotografías que fueron tomadas hacia el interior y exterior del predio, donde se observan sus condiciones actuales y posteriormente se presentan dichas fotografías.

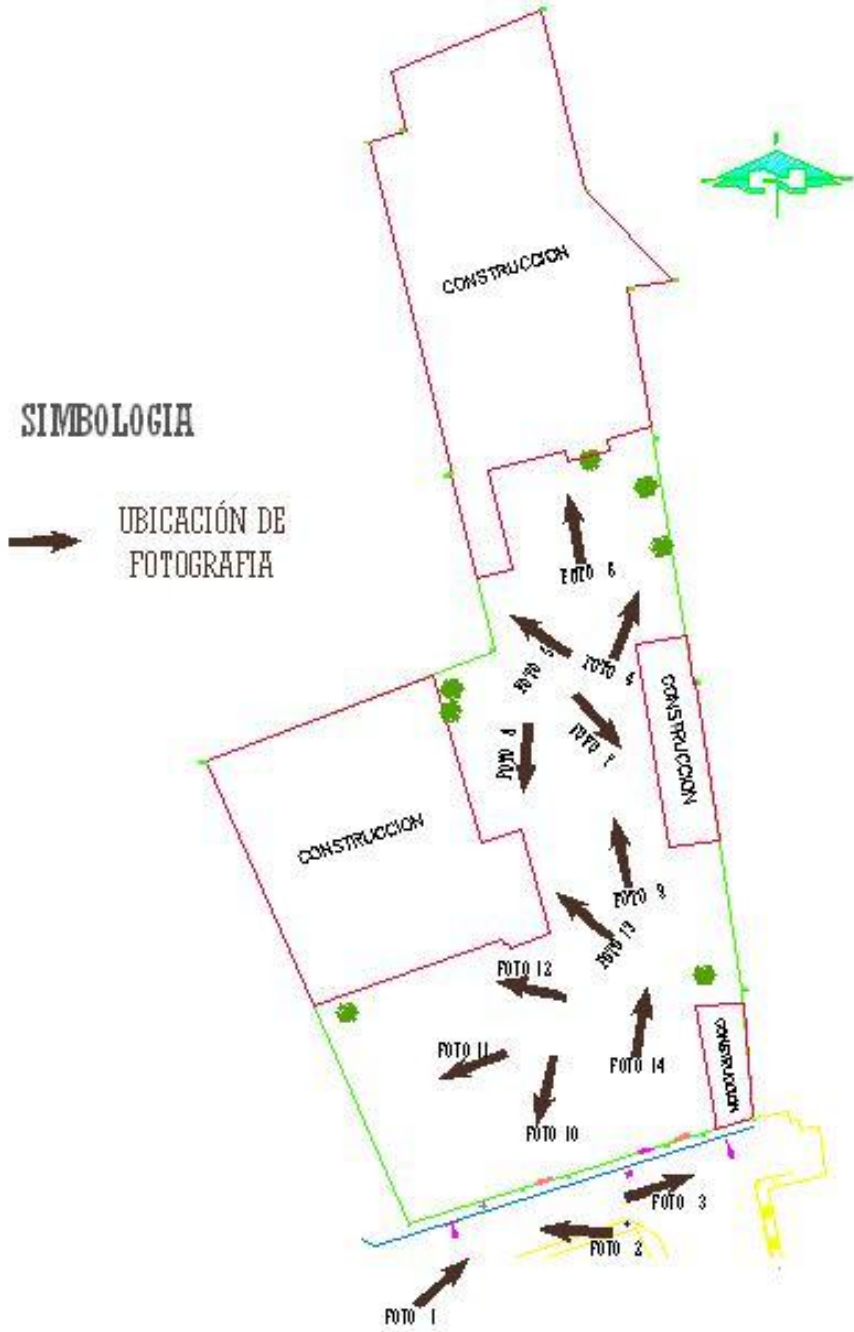


Figura 7.- Ubicación de fotografías dentro del predio de interés

1.5 Topografía

El terreno en estudio cuenta con un área de 3,741.33m² aproximadamente; su forma es irregular y presenta una superficie plana y sensiblemente horizontal. Lo anterior se puede observar en el plano topográfico mostrado en la figura 8.

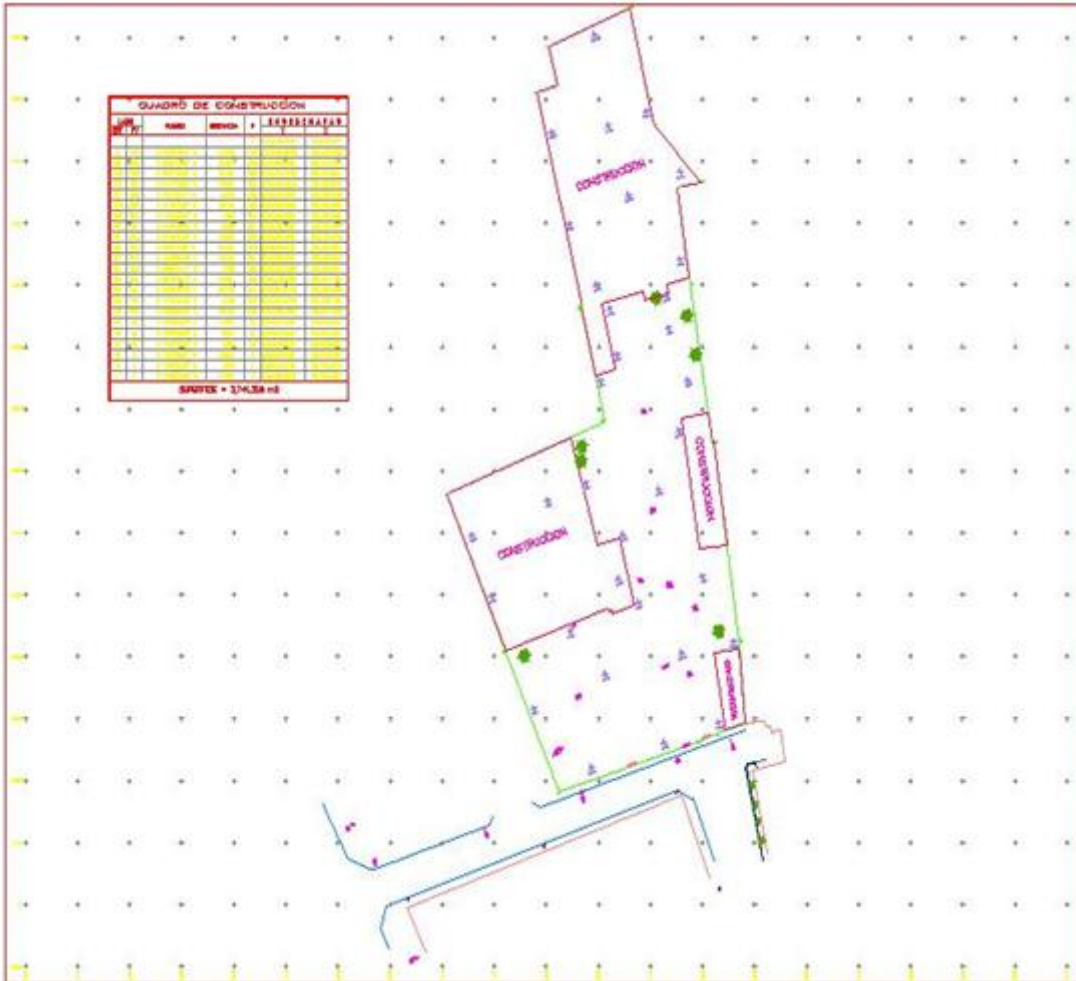


Figura 8.- Plano topográfico del terreno en estudio

1.6 Los objetivos del estudio a realizar son:

- Determinar la estratigrafía del subsuelo en el sitio de interés, sus propiedades índices y mecánicas (deformabilidad y resistencia).

- 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 en condiciones estáticas y dinámicas; los asentamientos máximos esperados que se desarrollarán en la masa del suelo bajo la carga total de las estructuras, realizando su revisión con los criterios establecidos por el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal.
- Determinar el procedimiento constructivo para la excavación que alojará la cimentación y los sótanos que contempla el proyecto.

1.7 Recomendaciones para la protección a colindancias.

De acuerdo con la zonificación geotécnica el sitio de interés se ubica en la Zona II denominada Zona de Transición, donde que se encuentran superficialmente depósitos aluviales y posteriormente aparecen los materiales de la formación Tarango.

En este informe de tesis se describen los trabajos realizados, se reportan los resultados obtenidos y se consignan las recomendaciones para el diseño y construcción de la alternativa de cimentación que se juzga más conveniente.

2. EXPLORACIÓN Y MUESTREO DEL SUBSUELO

Con el objetivo de conocer las características estratigráficas y físicas del subsuelo hasta la profundidad donde son significativos los esfuerzos producidos por las cargas que transmitirán las estructuras que se proyectan construir, se requirió la siguiente exploración:

Se efectuaron seis sondeos profundos, tres de tipo mixto a 30m de profundidad y tres de penetración estándar a 30m de profundidad, combinando en los primeros, el muestreo inalterado que emplea el muestreador de pared delgada tipo Shelby) con el muestreo alterado con la herramienta de penetración estándar.

Con los tubos Shelby se obtuvieron muestras inalteradas, mientras que 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; esto permitió determinar su índice de resistencia.

Se excavaron ocho pozos a cielo abierto a 3.0 m de profundidad promedio, o al contacto con el agua con respecto al nivel actual de la excavación; se obtuvieron muestras cúbicas inalteradas de los materiales representativos y se determinó la estratigrafía en las paredes de los pozos.

El muestreo y la exploración establecida anteriormente se establecen de acuerdo a los requerimientos del cliente, tomando en cuenta la magnitud del área que se proyecta construir y en función de las experiencias adquiridas en zonas cercanas al predio de interés; se encontraron problemas en el comportamiento y apariencia de las estructuras ya construidas, como consecuencia de la erraticidad que presentan los depósitos arcillosos superficiales, en sus primeros veinte metros, en sus propiedades mecánicas: resistencia y deformabilidad.

2.1 Generalidades

La investigación del subsuelo tiene como finalidad averiguar el estado natural de un suelo de cimentación antes de la asignación a un predio de un tipo determinado de estructura o de un arreglo de ellas

Exploración de campo realizada en el interior del predio

Debido a lo heterogéneo y complejo del suelo, se han ideado pruebas de campo y de laboratorio que permiten obtener en forma aproximada valores y propiedades índice y mecánicas de los suelos. Estos datos permiten tener elementos de cálculo para conocer la capacidad de carga del suelo y el asentamiento que se producirá en orden a dictaminar y recomendar la cimentación a emplear.

Respecto al propósito de las muestras, estas se dividen en muestras de inspección y muestras para el laboratorio: de las primeras sólo se requiere que sean representativas; en cambio, las muestras destinadas a estudios de laboratorio deben llenar una serie de requisitos con respecto al tamaño, los métodos de obtención, y su embarque.

2.2 Pozos a cielo abierto

Este sondeo 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;(NAF) sin embargo si este nivel se encontrara antes de cumplir con los objetivos de esta investigación, esto no se deberá considerar como limitante de la profundidad del pozo; se deberá continuar, el sondeo aunque se requiera utilizar equipo de bombeo. Esta condición nos llevara a encarecer el costo de la cimentación y se tendrá que al escoger el tipo de estructura a construir en el sitio.

El procedimiento consiste en realizar excavaciones a cielo abierto dentro del predio en estudio, de exactamente 0.8 m. x 1.50 m. y profundidad tal que permita determinar las características de los depósitos superficiales (rellenos) y la profundidad a la que se encuentra el NAF que en este caso se detecto a 3.0 m con respecto al nivel actual del terreno; ahora bien, si las condiciones de los taludes de la excavación lo permiten, se profundiza hasta 2 ó 2.5 m, de lo contrario se ampliará la excavación si se considera conveniente.

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.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN Ingeniería Civil		Obra: TELEVISION AZTECA Localización: Calle Teozomoc 14		Tipo de Sondeo: P.C.A. No. de Sondeo: 1		Cota: _____ N.A.F.: _____							
Profundidad (m)	Descripción Estratigráfica	Perfil Estratigráfico	Grupo S.U.C.S.	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	qu (C)	G (%)	A (%)	F (%)	UU	SS
												C	O
0,00	LOSA DE CONCRETO												
0,20	ARCILLA POCO LIMOSA DE COLOR CAFE GRISADO CON POCA ARENA FINA Y PEDREGAL DE TAMBQUE POCO Y CONCRETO												
0,40													
0,60													
0,80													
1,00	LOSA DE CONCRETO												
1,20	LIMO POCO ARCILLOSO DE COLOR GRIS OSCURO CON POCA ARENA FINA RAJILLAS Y BOLEOS DE 3x3cm												
1,40													
1,60	LOSA DE ROCA BASALTICA												
1,80	DRENAL DE CONCRETO DE APROXIMADAMENTE 40 X 45 cm												
2,00													
2,20													
2,40	ARCILLA LIMOSA GRIS CLARO CON POCA ARENA												
2,60	ARENA GRIS OSCURO CON ESCARROS FINOS LIMOSOS												
2,80	LIMO ARENOSO GRIS CON ESCASA ARCILLA												
3,00													
3,20													
3,40													

Simbología

	Gravas		arena
	limo		arcilla
	Estado Vegetal		Arete Puntita
	Agua		Concreción

W	Contenido de Agua	F	Finos
LL	Límite Líquido	UU	Fracción de Compresión Total
LP	Límite Plástico	C	No consolidada - No arenosa
qu	Índice plástico	IP	Consolidada (Toung)
G	Compresión simple	A	Apac de Roca Intera
A	Arenas	NAF	Nivel de Agua Freatica
+	Armas	V	Nivel de máxima excavación

FIGURA No. 9

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON Ingeniería Civil		Obra: TELEVISION AZTECA Localización: Calle Tezocomoc 14		Tipo de Sondeo: P.C.A. No. de Sondeo: 2		Cota: N.A.F.:							
Profundidad (m)	Descripción Estratigráfica	Perfil Estratigráfico	Grupo S.U.C.S.	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	qu (C)	G (%)	A (%)	F (%)	UU	SS
												C	O
0,00	LOSA DE CONCRETO												
0,20	PIEDRA DE TABIQUE ROJO Y CONCRETO EMPACADO EN UNA ARENA LIMOSA DE COLOR CAFE GRISACEO												
0,40	LOSA DE CONCRETO												
0,60	ARCILLA POCO LIMOSA DE COLOR GRIS OSCURO CON POCAS ARENAS Y FINOS ANICULOSOS												
0,80	ARCILLA POCO LIMOSA DE COLOR GRIS OSCURO Y ESCASA ARENA FINA												
1,00	ARCILLA POCO LIMOSA DE COLOR GRIS OSCURO Y ESCASA ARENA FINA												
1,20	ARCILLA POCO LIMOSA DE COLOR GRIS OSCURO Y ESCASA ARENA FINA												
1,40	ARCILLA POCO LIMOSA DE COLOR GRIS OSCURO Y ESCASA ARENA FINA												
1,60	ARCILLA POCO LIMOSA DE COLOR GRIS OSCURO Y ESCASA ARENA FINA		ML - OL *	29.90	37.25	26.82	10.43				81.10	13.0	6°
1,80	ARCILLA POCO LIMOSA DE COLOR GRIS OSCURO Y ESCASA ARENA FINA												
2,00	ARCILLA POCO LIMOSA DE COLOR GRIS OSCURO Y ESCASA ARENA FINA												
2,20	ARCILLA LIMOSA DE COLOR GRIS CLARO CON POCAS ARENAS FINAS			39.09									
2,40	ARCILLA LIMOSA DE COLOR GRIS CLARO CON POCAS ARENAS FINAS												
2,60	ARENA POCO LIMOSA CON ESCASOS FINOS ANICULOSOS			29.83									
2,80	LIMO DE COLOR GRISACEO CON ARENA Y GRANOS DEL MISMO MATERIAL CEMENTADOS			37.92									
3,00	LIMO DE COLOR GRISACEO CON ARENA Y GRANOS DEL MISMO MATERIAL CEMENTADOS												
3,20	LIMO DE COLOR GRISACEO CON ARENA Y GRANOS DEL MISMO MATERIAL CEMENTADOS												
3,40	LIMO DE COLOR GRISACEO CON ARENA Y GRANOS DEL MISMO MATERIAL CEMENTADOS												

Simbología

	Limo		Gravas
	Suelo vegetal		Bolas
	Arcilla		Concreto
	Arena Puntilla		

W	Contenido de Agua	F	Fracción
LL	Límite Líquido	UU	Fracción de Compresión Total
LP	Límite Plástico	C	Coeficiente de Compresión
qu	Compresión simple	St	Ángulo de fricción interna
G	Gravas	St	Densidad de sólidos
A	Arenas	MP	Nivel de Aguas Freaticas
+	Arzules	V	Nivel de máxima extracción

FIGURA No. 10

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN Ingeniería CIVIL		Obra: TELEVISIÓN AZTECA Localización: Calle Tezozomoc 14		Tipo de Sondeo: P.C.A. 3 No. de Sondeo: 3		Cota: N.A.F.:							
Profundidad (m)	Descripción Estratigráfica	Perfil Estratigráfico	Grupo S.U.C.S.	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	qu (C)	G (%)	A (%)	F (%)	UU	SS
												C	O
0,00	LOSA DE CONCRETO												
0,20	ARCILLA CAJE ARRENDOSO PRENDIDA DE ARELLA ASIAZAN												
0,40	LOSA DE CONCRETO												
0,60	ARCILLA CAJE ARRENDOSO PRENDIDA DE ARELLA ASIAZAN												
0,80	LOSA DE CONCRETO												
1,00	ARCILLA POCO LIMOSA DE COLOR GRIS OSCURO CON POCAS ARENAS Y PEDACITOS DE TABIQUE POCO												
1,20	PACILLAS AISLADAS Y BOLEOS DE 25 cm												
1,40													
1,60	ARCILLA POCO LIMOSA CON ARENAS ASIAZAN Y ARELLAS ASIAZAN			49.10									
1,80	LIMO ARENDOSO DE COLORES CON ESCALA ARENA FINA		CL *	42.22	47.03	24.67	22.36				85.86	19.0	10°
2,00													
2,20													
2,40	LIMO ARENDOSO CAJE GRISACEO												
2,60													
2,80													
3,00													
3,20													
3,40													

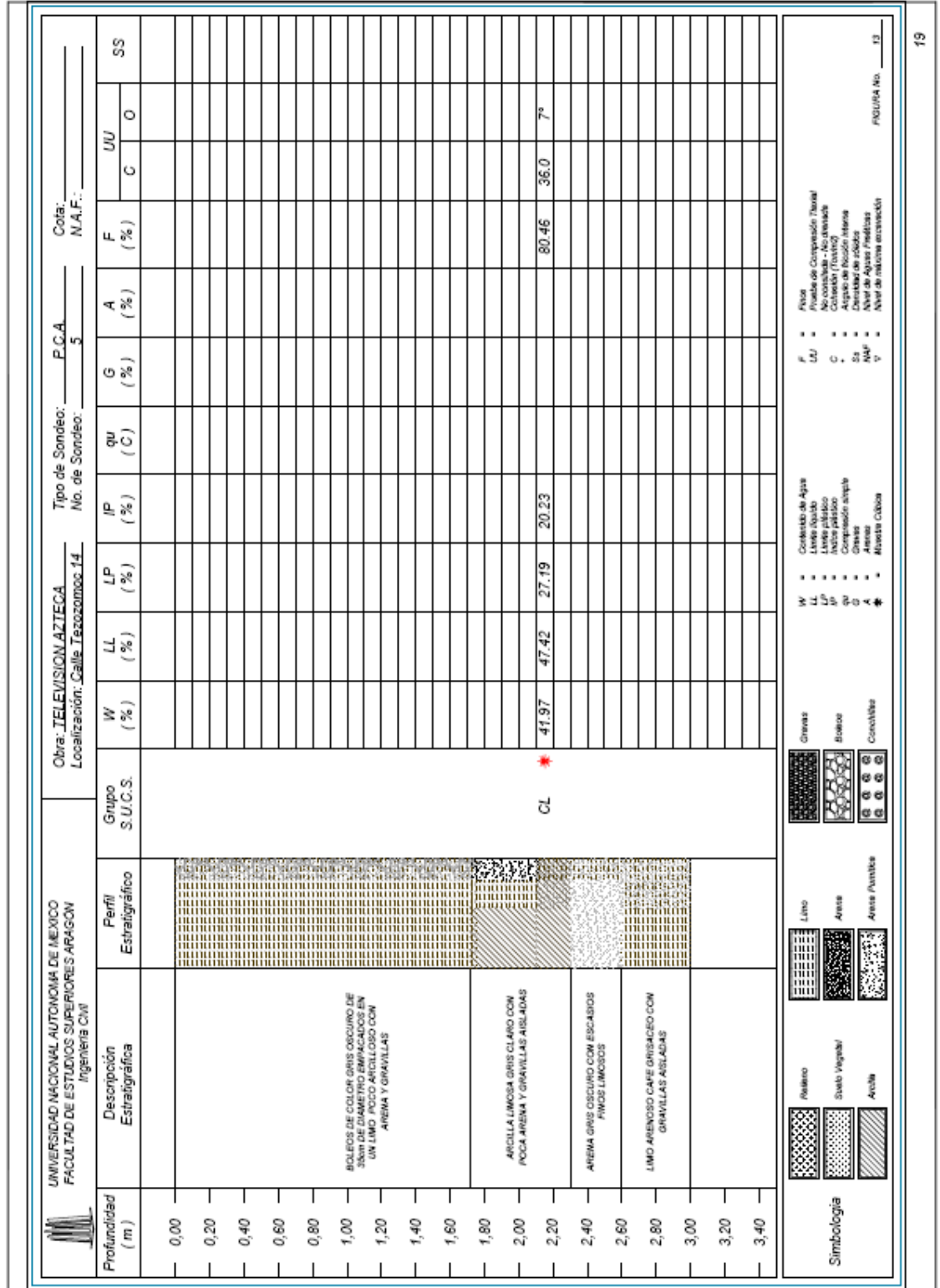
Simbología

	Arena		Gravas
	Arena Fina		Gravas Fina
	Arena Mediana		Gravas Mediana
	Arena Gruesa		Gravas Gruesa

W	Gravidad de Agua	F	Frío
LL	Límite Líquido	UU	Unión de Compresión Normal
LP	Límite Plástico	C	No cohesionado - No arenoso
IP	Índice de Plasticidad	qu	Coheión (fricción)
qu	Coheión (fricción)	G	Gravoso
A	Arenoso	A	Arenoso
Gravas	Gravas	Sa	Suavemente arenoso
Gravas Fina	Gravas Fina	MAF	Medio arenoso
Gravas Mediana	Gravas Mediana	V	Veloz de reacción
Gravas Gruesa	Gravas Gruesa	Y	Veloz de reacción

	LIMO		Gravas
	Arena		Gravas Fina
	Arena Fina		Gravas Mediana
	Arena Mediana		Gravas Gruesa

	Arena		Gravas
	Arena Fina		Gravas Fina
	Arena Mediana		Gravas Mediana
	Arena Gruesa		Gravas Gruesa



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAJÓN Ingeniería Civil		Obra: TELEVISION LAZTECA Localización: Calle Tezozomoc 14		Tipo de Sondéo: P.C.A. No. de Sondéo: 6		Cota: N.A.F.:						
Profundidad (m)	Descripción Estratigráfica	Ferri Estratigráfico	Grupo S.U.C.S.	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	qu (C)	A (%)	F (%)	UU	SS
											C	O
0,00												
0,20												
0,40												
0,60	LIMO ARENOSO CON REMANERA DE TABIQUE MODO CONCRETO, RAJES AJUSTADOS Y BUELGOS DE SONA											
0,80												
1,00												
1,20												
1,40												
1,60	ARCILLA POCO LINDA DE COLOR GRIS OSCURO CON ESCASA ARENA FINA Y RAJES AISLADAS		OH - MH *	41.22	50.48	28.58	21.90			71.62	29.5	5°
1,80	LIMO ARCULOSO DE COLOR GRIS CON POCAS ARENAS FINAS			37.42								
2,00												
2,20	ARENA GRIS OSCURO CON ESCAROS FINOS LIMOSOS											
2,40												
2,60												
2,80	LIMO ARENOSO CAFE GRISAZO CON GRUMOS CEMENTADOS											
3,00												
3,20												
3,40												

Simbología

	Fines		Contenido de Agua		Límite Líquido		Límite Plástico		Coeficiente de Compresión		Coeficiente de Actividad		Coeficiente de Consistencia		Granos gruesos
	Materia Orgánica		Índice de Plasticidad		Coeficiente de Compresión		Coeficiente de Actividad		Coeficiente de Consistencia		Granos gruesos		Granos finos		Granos gruesos
	Materia Vegetal		Coeficiente de Compresión		Coeficiente de Actividad		Coeficiente de Consistencia		Granos gruesos		Granos finos		Granos gruesos		Granos gruesos
	Arcilla		Granos finos		Granos gruesos		Granos finos		Granos gruesos		Granos finos		Granos gruesos		Granos gruesos

FIGURA No. 14

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON Ingeniería CIVIL		Obra: TELEVISION AZTECA Localización: Calle Tezozomoc 14		Tipo de Sondeo: P.C.A. No. de Sondeo: 7		Cota: N.A.F.:							
Profundidad (m)	Descripción Estratigráfica	Perfil Estratigráfico	Grupo S.U.C.S.	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	qu (C)	G (%)	A (%)	F (%)	UU	SS
												C	O
0,00													
0,20													
0,40	LIMO ARENOSO CAFÉ GRISáceO CON PEDRERA DE TABIQUE POCO, CONCRETO Y BOLEOS GRIS OSCURO DE 13cm												
0,60													
0,80													
1,00													
1,20													
1,40	ARCILLA POCO LIMOSA DE COLOR GRIS OSCURO CON ESCASA ARENA FINA			35,48									
1,60													
1,80													
2,00	LIMO POCO ARCILLOSO DE COLOR GRIS CLARO CON POCa ARENA FINA		ML - OL *	35,36	42,83	27,08	15,75				85,90	31,0	10°
2,20				47,52									
2,40	ARENA POCO LIMOSA CON ESCASOS FINOS ARCILLOSOS		CH *	47,86	53,49	21,62	31,87				69,26	40,0	18,5°
2,60	LIMO GRISáceO CON ARENA Y GRUPOS DEL MISMO MATERIAL CEMENTALOS												
2,80													
3,00													
3,20													
3,40													

Simbología

	Relieve		Limo		Gravas
	Suelo vegetal		Arena		Banco
	Arcilla		Arena Puntuada		Conchitas

W = Contenido de Agua
LL = Límite Líquido
LP = Límite Plástico
IP = Índice Plástico
qu = Capacidad de retención de agua
G = Gravedad específica
A = Arena
F = Fines
UU = Prueba de Compresión Triaxial
C = No compactada - No drenada
O = Compactada (Triaxial)
SS = Prueba de Compresión Triaxial
SA = Prueba de Compresión Triaxial
MAF = Nivel de Agua Potabilizar
V = Nivel de máxima excavación

FIGURA No. 16

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGON Ingeniería Civil		Obra: TELEVISION AZTECA Localización: Calle Tezozomoc 14		Tipo de Sondeo: P.C.A. No. de Sondeo: 8		Cota: M.A.F.:							
Profundidad (m)	Descripción Estratigráfica	Perfil Estratigráfico	Grupo S.U.C.S.	W (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	qu (C)	G (%)	A (%)	F (%)	UU	SS
												C	O
0,00	LOSA DE CONCRETO												
0,20	CONCRETO ARMADO (CANTONERA) CON PUNTA DE HERRERA Y JUNTOS												
0,40	LOSA DE CONCRETO												
0,60	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO CAFE GRISAZO OSCURO CON PEGAJERÍA DE TABIQUE ROJO, CONCRETO Y BOLEOS DE 30cm												
0,80													
1,00													
1,20													
1,40	ARCILLA LIMOSA DE COLOR GRIS OSCURO CON ESCASA ARENA FINA												
1,60			ML - OL *	33.14	49.00	31.33	17.67				84.69	18.0	7°
1,80	LIMO GRIS CLARO POCO ARCILLOSO CON POCÁ ARENA FINA			29.56									
2,00	ARENA POCO LIMOSA CON ESCASOS FINOS ARCILLOSOS			21.54									
2,20													
2,40													
2,60	LIMO GRISAZO CON ARENA Y GRUPOS DEL MISMO MATERIAL CEMENTADOS		CL *	51.72									
2,80				35.32	47.45	20.29	21.16				46.33	38.0	13.5°
3,00													
3,20													
3,40													

Simbología

FIGURA No. 1E

2.3 Sondeos con equipo mecánico

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 transmitirán las estructuras que se proyecta construir se realizó la siguiente exploración:

Se efectuaron **seis sondeos profundos, tres de tipo mixto y tres de penetración estándar, cada uno de ellos a 30 m de profundidad**; en los primeros, se combinó 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 obtuvieron muestras inalteradas, mientras que con el tubo de penetración estándar se extrajeron muestras representativas alteradas y se midió el número de golpes necesarios que oponen los materiales a ser atravesados lo que permite determinar su índice de resistencia.

Se excavaron ocho pozos a cielo abierto a 3.0 m de profundidad promedio, con respecto al nivel actual de la excavación, se obtuvieron muestras cúbicas inalteradas de los materiales representativos y se determinó la estratigrafía en las paredes de los pozos.

En la Figura 2 se presenta un croquis del terreno con la ubicación en planta de cada uno de los pozos a cielo abierto excavados, y de los sondeos profundos realizados dentro del predio.

2.3.1 Método de penetración estándar

Con este método se obtienen muestras alteradas de suelo, la importancia y utilidad de la prueba de penetración estándar radican en las correlaciones realizadas en el campo y en el laboratorio con diversos suelos, sobre todo con arenas, que permiten relacionar aproximadamente la compacidad, el ángulo de fricción interna (ϕ) 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 63.5Kg. sobre la barra de perforación, desde una altura de 76cm. El número de golpes N necesarios para producir una penetración de 30cm. se considera la resistencia a la penetración.

Para considerar la falta de apoyo, los golpes de los primeros 15cm. de penetración no se toman en cuenta; los necesarios para aumentar la penetración de 15 a 45 cm. constituyen el valor de N.

En el caso de las arenas, los valores obtenidos de N son bastante seguros como para usarlos en el proyecto de las cimentaciones, en el caso de las arcillas plásticas, los valores de N se deben tomar con criterio, pues no son tan dignos de crédito. A continuación se presenta una tabla que correlaciona el número de golpes con la compacidad relativa, en el caso de las arenas, y la consistencia, en el caso de las arcillas, según Terzaghi y Peck:

Correlación entre la resistencia a la penetración y las propiedades de los suelos a partir de la prueba de penetración estándar

Arenas (Bastante seguras)	
No. de golpes por 30 cm. n	Compacidad Relativa
0 - 4	Muy suelta
05-oct nov-30	Suelta
31 - 50	Media Compacta
Más de 50	Muy compacta

arcillas (Relativamente insegura)	
No. de golpes por 30 cm. n	Consistencia
Menos de 2	Muy blanda
02-abr	Blanda
05-ago	Media
sep-15	Firme
15 - 30	Muy firme
Más de 30	Dura

2.3.2 Muestreo con tubo de pared delgada

Con este método se obtienen muestras inalteradas del suelo; aunque en mecánica de suelos se habla de muestras *inalteradas*, se debe entender en realidad un tipo de muestra obtenida con cierto procedimiento que trata de hacer mínimos los cambios en las condiciones de la muestra *in situ*, sin interpretar la palabra en su sentido literal.

La aclaración anterior se debe a que la muestra obtenida con esta herramienta alterará inevitablemente sus condiciones de esfuerzo con relación al material que la rodea. Sin embargo con este procedimiento, y gracias a una corrección en el desarrollo de los cálculos, los datos que se obtienen son de gran confiabilidad.

El procedimiento consiste en hincar el tubo de pared delgada en el suelo aplicándole una presión constante; para alcanzar un grado de alteración mínimo nunca se deberá hincar a golpes o con cualquier método dinámico.

En suelos muy blandos y con alto contenido de agua, estos tubos no logran extraer la muestra; para lograrlo, se hincan esto se evita hincando lentamente el tubo y, una vez lleno, se deja en reposo cierto tiempo antes de extraerlo.

Para el caso de arenas, en especial las situadas abajo del NAF, es más difícil obtener la muestra; por ello se recomienda no utilizar este método, sino de preferencia el de penetración estándar.

Los sondeos mixtos se realizaron combinando el muestreo inalterado (utilizando el muestreador Shelby) con el muestreo alterado mediante la prueba de penetración estándar. El muestreador Shelby es un tubo de acero de pared delgada, de 10 cm de diámetro y 1 m de longitud, con el extremo inferior afilado, y unido por el superior a un cabezal con una válvula que alivia la presión durante el hincado y que se cierra durante la extracción; se hincan a presión 80 cm, con velocidad constante, dejando una longitud de 20 cm donde se alojan los azolves que pudieran haber en el fondo de la perforación.

En las figuras 17 a 22 se presentan los registros de campo de los sondeos realizados y en las figuras 23 a 28, en forma gráfica los perfiles estratigráficos y los resultados de las pruebas de laboratorio efectuadas en las muestras obtenidas de dichos sondeos; se incluyen los valores del índice de resistencia a la penetración estándar de los depósitos atravesados.



UNAM FES Aragón
Ingeniería Civil

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA:		T.V. Acteosa		COORDENADAS: X Y Z							
LOCALIZACIÓN:		Calle Tezozomoc No. 14, Cal. Exp-artesa		FECHA DE INICIO: 19/02/2009 Hrz.							
POZO No.:		1		TERMINACIÓN: 20/02/2009 Hrz.							
TIPO DE SONDEO:		SPT									
LONGYEAR 34				BOMBA: MOVINO 3L6							
MUESTRA No.	PROFUNDIDAD m.		RECUPERACIÓN	PENETRACIÓN ESTÁNDAR PESO DEL MARTILLO EN KG ALTURA DE CAÍDA EN m.	TIPO DE MUESTRO	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES					
	INICIAL	AVANCE					m.	%	CRZ: (DEERE)	AVANCE	
-	0.00	0.60	-	15 cm.	30 cm.	15 cm.					
1	0.60	1.20	0.60	0.46		4	44	15	B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA 2.15%#	
2	1.20	1.80	0.60	0.49		4	4	2	T.P.	LIMO ARENOSO, ARCILLOSO CON GRAMAS Y FRAGM. DE TABIQUE ROJO	
3	1.80	2.40	0.60	0.49		2	7	11	T.P.	ARE. FINA/ MEDIA C/ ARE. 12-14/ LIMO AREN., ARCILL. C/ FRAGM. DE TAB. ROJO C/ ARE. OSC.	
4	2.40	2.75	0.35	0.20		16	50/20	-	T.P.	P.S. 13-14 ARENA FINA Y MEDIA LIMOSA C/ ARE. GRIS/ P.L. 14-15 LIMO ARC. P/ ARENOSO C/ ARE. GRIS	
-	2.75	3.00	0.25	-					T.P.	ARENA FINA Y MEDIA LIMOSA CON GRAVILLAS GRIS OSCURO	
5	3.00	3.60	0.60	0.48		7	42	30	B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA 2.15%#	
6	3.60	4.20	0.60	0.60		11	23	11	T.P.	ARENA FINA Y MEDIA LIMOSA VARIOS TONOS	
7	4.20	4.80	0.60	0.44		6	7	6	T.P.	LIMO ARCILLOSO CON GRUPOS GRIS VERDOSO Y CONTACTO CON ARENA FINA	
8	4.80	5.40	0.60	0.60		3	35	21	T.P.	P.S. 13-14 ARENA PURA GRIS BLANQUISO C/ P.L. 15-16 LIMO ARCILLOSO CON GRUPOS GRIS VERO	
9	5.40	6.00	0.60	0.40		2	16	12	T.P.	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO CON GRUPOS GRIS VERDOSO	
10	6.00	6.60	0.60	0.60		9	28	9	T.P.	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO GRIS VERDOSO CON LENTES DE ARENA	
11	6.60	7.20	0.60	0.50		2	3	2	T.P.	LIMO ARENOSO P/ ARCILLOSO GRIS VERDOSO C/ INTER DE ARENA FINA Y MEDIA	
12	7.20	7.80	0.60	0.52		3	2	2	T.P.	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO VARIOS TONOS	
13	7.80	8.40	0.60	0.24		1	2	3	T.P.	LIMO ARCILLOSO C/ ARE. ROJO OSCURO Y C/ ARE. GRISACEO	
14	8.40	9.00	0.60	0.43		PH	PH	1	T.P.	LIMO ARCILLOSO C/ ARE. ROJO OSCURO Y C/ ARE. GRISACEO	
-	9.00	9.60	0.60	N/R		1	1	1	T.P.	SIN RECUPERACION	
15	9.60	10.20	0.60	0.23		1	2	2	T.P.	ARCILLA LIMOSA POCO ARENOSA GRIS VERDOSO	
16	10.20	10.80	0.60	0.18		PH/45	1/45	1	T.P.	ARCILLA LIMOSA C/ ARE. AMARILLENTO CON INTER DE ARENA GRIS OSCURO	
17	10.80	11.40	0.60	0.60		PH/45	PH/45	2	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA C/ ARE. AMARILLENTO Y GRIS VERDOSO	
18	11.40	12.00	0.60	0.21		PH/45	PH/45	2	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA C/ ARE. AMARILLENTO	
19	12.00	12.60	0.60	0.60		PH	3	11	T.P.	ARCILLA P/ LIMOSA C/ ARE. AMAR. Y C/ ARE. ROJO 0.50/0.10 ARENA FINA NEGRA	
20	12.60	13.20	0.60	0.28		3	16	5	T.P.	P.S. 0.20 ARENA FINA NEGRA/ P.L. 0.08 ARCILLA P/ LIMOSA C/ ARE. ROJO	
21	13.20	13.80	0.60	0.60		1	4	4	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA VARIOS TONOS C/ INTER DE ARENA C/ ARE. GRIS	
22	13.80	14.40	0.60	0.33		1	7	14	T.P.	P.S. 13-17 ARCILLA P/ LIMOSA VARIOS TONOS/ P.L. 18 ARENA FINA LIMOSA GRIS OSCURO	
NIVEL FREÁTICO (m).				URNO DE:		HRS.		30.00m		PROF. PROV: 30.00m	
OBSERV. GENERALES:		HAY PERDIDA PARCIAL DE AGUA DESDE 13.80m.						23.80m		PROF. REAL: 23.80m	
APROXIMADAMENTE DEL 50% N.A.F. DIA 20/FEB/2009 A 2.00m										OPERADOR:	
ADEME (m.). NW2.55m										SUPERVISOR:	



UNAM FES Aragón
Ingeniería Civil

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA:		T.V. Asteca		COORDENADAS: X Y Z					
LOCALIZACIÓN:		Calle Tuzamach No. 14, Cal. Esparteaca		FECHA DE INICIO: 19/02/2009 Hrr.					
POZO No. 1		SPT		TERMINACIÓN: 20/02/2009 Hrr.					
TIPO DE SONDEO:		SPT		BOMBA: MOYNO 3L6					
LONGYEAR 34									
HUESTERA No.	PROFUNDIDAD m.		RECUPERACIÓN		TIPO DE MUESTREO	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES			
	INICIAL	FINAL	AVANCE m.	%					
				PENETRACIÓN ESTÁNDAR					
				PEZO DEL MARTILLO EN KG					
				ALTURA DE CAÍDA EN CM					
				N° DE GOLPES EN					
				15 cm. 30 cm. 15 cm.					
				OPZ (DEERE)					
23	14.40	15.00	0.60	0.53	1	15	4	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CON INTER ARENA
24	15.00	15.60	0.60	0.36	PH	36	13	T.P.	PS. 1.15 ARCILLA P/LIMOSA CAFÉ ROJIZO/PL. 1.23 ARENA FINA LIMOSA CAFÉ Y GRIS OSCURO
25	15.60	16.20	0.60	0.34	7	26	24	T.P.	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO GRIS VERDOSO
26	16.20	16.56	0.36	0.25	7	50/21	-	T.P.	ARENA FINA Y MEDIA LIMOSA P/ARCILLOSA GRIS VERDOSO
-	16.56	16.80	0.24	-				B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA 2.15/16
27	16.80	17.40	0.60	0.48	3	7	3	T.P.	PS. 1.31 LIMO CON ARENA FINA P/ARCILLOSO GRIS VERD/PL. 1.15 ARCILLA P/LIMOSA GRIS VERD
28	17.40	18.00	0.60	0.52	1/45	1	1	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS OSCURO CON INTERCALACIONES DE ARENA FINA Y MEDIA
29	18.00	18.60	0.60	0.40	1	3	2	T.P.	ARCILLA P/LIMOSA GRIS VERDOSO Y CAFÉ ROJIZO Q/INTERC DE ARENA FINA
30	18.60	19.20	0.60	0.45	1	6	6	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ ROJIZO
31	19.20	19.80	0.60	0.60	1	13	13	T.P.	PS. 0.18 ARCILLA P/LIMOSA CAFÉ ROJIZO/PL ARENA FINA VARIOS TONOS
32	19.80	20.19	0.39	0.32	22	50/24	-	T.P.	ARENA FINA LIMOSA GRIS VERDOSO CON GRAVILLAS AISLADAS
-	20.19	20.40	0.21	-				B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA 2.15/16
33	20.40	20.85	0.45	0.34	8	50/20	-	T.P.	ARENA FINA Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	20.85	21.00	0.15	-				B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA 2.15/16
34	21.00	21.60	0.60	0.07	15	31	9	T.P.	ARENA FINA Y MEDIA KIMOSA GRIS VERDOSO
35	21.60	21.91	0.31	0.29	24	50/16	-	T.P.	ARENA FINA LIMOSA GRIS VERDOSO Y CAFÉ GRISACEO
-	21.91	22.20	0.29	-				B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA 2.15/16
36	22.20	22.52	0.32	0.24	31	50/17	-	T.P.	ARENA FINA LIMOSA CAFÉ GRISACEO
-	22.52	22.80	0.28	-				B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA 2.15/16
37	22.80	23.25	0.45	0.35	20	50/20	-	T.P.	ARENA FINA LIMOSA GRIS VERDOSO Y CAFÉ CLARO
-	23.25	23.40	0.15	-				B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA 2.15/16
38	23.40	24.00	0.60	0.4	5	19	14	T.P.	ARENA MUY FINA LIMOSA CAFÉ AMARILLENTO
39	24.00	24.60	0.60	0.44	10	25	21	T.P.	ARENA FINA Y MEDIA LIMOSA CAFÉ CLARO
40	24.60	25.20	0.60	0.53	5	30	21	T.P.	ARENA FINA Y MEDIA CON GRUMOS CAFÉ AMARILLENTO
41	25.20	25.80	0.60	0.24	13	40	25	T.P.	ARENA FINA Y MEDIA CON GRUMOS CAFÉ AMARILLENTO
NIVEL FREÁTICO (m).				URHO DE:				HRS.	
OBSERV. GENERALES: HAY PERDIDA PARCIAL DE AGUA DESDE 13.80m.								PROF. PROY.: 30.00m	
APROXIMADAMENTE DEL 50%; N.A.F. DIA 20/FEB/2009 A 2.00m								PROF. REAL: 29.80m	
ADEME (m): NW2.55m								OPERADOR:	
								SUPERVISOR:	

Figura 17.- Registro de campo del trazo de penetración estándar SPT-1p ante 2



UNAM FES Aragón
Ingeniería Civil

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

MUESTRA No.		PROFUNDIDAD m.		RECUPERACIÓN		PENETRACIÓN ESTIMAR PESO DEL MARTILLO EN KG ALTURA DE CAÍDA 25 cm. N° DE GOLPES EN		TIPO DE MUESTRO		CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES
INICIAL	FINAL	AVANCE	m.	%	GR% (DEERE)	15 cm.	30 cm.	45 cm.	AVANCE	
-	0.00	0.60	0.60	-	-					B.T.
1	0.60	1.20	0.60	0.29		3	6	5		Lima con arena y gravar café clara (rellenar)
2	1.20	1.80	0.60	0.30		3	2	2		Arena fina y arcilla limosa con arcilla café amarillada y ligeros rajos de la espata (rellenar)
3	1.80	2.40	0.60	0.40		4	7	13		Arena fina limosa café obscura
4	2.40	3.00	0.60	0.45		11	41	28		Lima poca arena con café amarillada
5	3.00	3.60	0.60	0.60		5	27	19		P.S. B.15a Arena fina limosa café amarillada P.I. B.15a Lima arena con arcilla fina que verdosa
6	3.60	4.20	0.60	0.51		8	19	4		P.S. B.15a Lima arena con arcilla fina que verdosa P.I. B.15a Arena pasilla que clara
7	4.20	4.80	0.60	-		2	7	12		P.S. B.15a Arena pasilla que clara P.I. B.15a Lima arena con arcilla fina que verdosa
8	4.80	5.40	0.60	0.28		14	47	25		Lima arena poca arcilla que verdosa
9	5.40	6.00	0.60	0.52		13	46	16		Arena fina limosa que verdosa
10	6.00	6.60	0.60	0.50		6	36	16		Arena fina limosa que verdosa
11	6.60	7.20	0.60	0.40		10	42	37		Arena fina limosa que verdosa y no gruesa
12	7.20	7.80	0.60	0.50		8	30	15		Arena fina y media limosa no gruesa
13	7.80	8.40	0.60	0.49		3	5	4		Arcilla limosa café oscura
14	8.40	9.00	0.60	0.55		P.H.	1	1		Arcilla limosa con arena arena fina que verdosa
15	9.00	9.60	0.60	0.50		P.H.	145	5		Arena fina limosa con rajos que verdosa, arcillera
16	9.60	10.20	0.60	0.40		1	3	2		Arcilla limosa con rajos que verdosa
17	10.20	10.80	0.60	0.46		114	5	2		Arcilla limosa con rajos que verdosa y café que oscura
18	10.80	11.40	0.60	0.60		145	2			Arcilla limosa café rajosa y que verdosa
19	11.40	12.00	0.60	0.35		P.H.	1	2		Arcilla limosa con rajos tanar
20	12.00	12.60	0.60	0.53		1	3	8		P.S. B.15a Arcilla poca limosa café amarillada y café rajosa; P.I. B.15a arena fina oscura
21	12.60	13.20	0.60	0.59		9	12	5		P.S. B.15a Arena fina oscura; P.I. B.15a Arcilla poca limosa café rajosa con carbón
22	13.20	13.80	0.60	0.56		1	3	5		P.S. B.15a Arena fina limosa con arcilla que verdosa; P.I. B.15a Arcilla poca limosa café rajosa que verdosa
23	13.80	14.40	0.60	0.52		1	17	21		P.S. B.15a Arcilla poca limosa que oscura; P.I. B.15a Arena fina limosa que verdosa
24	14.40	15.00	0.60	0.52		7	6	3		Arcilla poca limosa, con poca arena fina que verdosa y café oscura.
NIVEL FREÁTICO (m.)		2.43		URHO DE:		HRS.		PROF. PROF: 30.00m		
OBSERV. GENERALES:		PERDIDA PARCIAL DE AGUA, APROXIMADAMENTE DEL 50%		PROF. REAL: 30.60m		OPERADOR:				
ADEME (m.)		1.90m								

Figura 18.- Registro de campo del rando de penetración estándar SPT-2 parte 1



UNAM FES Aragón
Ingeniería Civil

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA:		T.V. Asteca		COORDENADAS: X	Y	Z				
LOCALIZACIÓN:		Calle Tezamac No. 14, Cal. Espartaco		FECHA DE INICIO:	26/02/2009	Hr.				
POZO No.		2		TERMINACIÓN:	27/02/2009	Hr.				
TIPO DE SONDEO:		SPT		BOMBA: MOYNO 3L6						
LONGITUD: 34										
MUESTRA No.	PROFUNDIDAD m.		RECUPERACIÓN		PERFORACIÓN ESTÁNDAR		TIPO DE MUESTREO	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES		
	INICIAL	FINAL	AVANCE	%	GRZ (DEERE)	15 cm.			30 cm.	15 cm.
25	15.00	15.60	0.60	0.45		8	32	21	T.P.	Arena fina limosa no gruesa y qtz verdadera
26	15.60	16.20	0.60	0.56		12	17	15	T.P.	Arena fina limosa qtz verdadera
27	16.20	16.54	0.34	0.25		12	50/19	-	T.P.	Arena fina limosa qtz verdadera
-	16.54	16.80	0.26	-			AVANCE		B.T.	Avance con Tricénica 2" 15/16
28	16.80	17.40	0.60	0.45		18	12	9	T.P.	Lima arenosa poca arcillera café arcosa
29	17.40	18.00	0.60	0.48		3	8	4	T.P.	Arcilla limosa con un lecho de arena fina café rajita y qtz verdadera
30	18.00	18.60	0.60	0.40		5	15	7	T.P.	Arcilla limosa con un lecho de arena fina café rajita
31	18.60	19.20	0.60	0.57		2	11	8	T.P.	Arcilla limosa café rajita y qtz verdadera
32	19.20	19.80	0.60	0.32		5	42	44	T.P.	Arena fina limosa qtz verdadera
33	19.80	20.40	0.60	0.35		17	41	30	T.P.	Arena fina limosa qtz verdadera
34	20.40	20.75	0.35	0.27		20	50/20	-	T.P.	Arena fina y media limosa qtz verdadera
-	20.75	21.00	0.25	-			AVANCE		B.T.	Avance con Tricénica 2" 15/16
35	21.00	21.60	0.60	0.47		12	31	32	T.P.	Arena fina y media limosa qtz verdadera
36	21.60	21.95	0.35	0.25		29	50/20	-	T.P.	Arena fina y media limosa qtz verdadera
-	21.95	22.20	0.25	-			AVANCE		B.T.	Avance con Tricénica 2" 15/16
37	22.20	22.56	0.36	0.35		25	50/21	-	T.P.	Arena fina y media limosa qtz verdadera
-	22.56	22.80	0.24	-			AVANCE		B.T.	Avance con Tricénica 2" 15/16
38	22.80	23.40	0.60	0.3		11	17	12	T.P.	Arena fina limosa qtz verdadera
-	23.40	24.00	0.60	S/R		12	16	26	T.P.	Sin recuperación
39	24.00	24.60	0.60	0.40		20	32	13	T.P.	P.S. 8.33 arena fina y media limosa café rajita; P.S. 8.33 arena arcillosa café rajita
40	24.60	25.20	0.60	0.50		7	35	27	T.P.	Arena fina limosa café clara
41	25.20	25.36	0.16	0.30		11	50/21	-	T.P.	Arena fina limosa café clara
-	25.36	25.80	0.44	-			AVANCE		B.T.	Avance con Tricénica 2" 15/16
42	25.80	26.04	0.24	0.24		35	50/19	-	T.P.	Arena muy fina limosa café clara
-	26.04	26.40	0.36	-			AVANCE		B.T.	Avance con Tricénica 2" 15/16
NIVEL FREÁTICO (m.):		2.43		URNO DE:		HRS.		PROF. PROF: 30.00m		
OBSERV. GENERALES:		PERDIDA PARCIAL DE AGUA, APROXIMADAMENTE		PROF. REAL: 30.60m		OPERADOR:				
DEL 50 %:		ADEME (m.): 1.90m								

Figura 18.- Registro de campo del avance de penetración estándar SPT-2 parte 2



UNAM FES
Aragón
Ingeniería Civil

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA:		T.V. Asteco		COORDENADAS: N	Y	Z			
LOCALIZACIÓN:		Calle Tezozamac No. 14, Cal. Erpartaca		FECHA DE INICIO:	21/02/2009	Hr.			
POZO No.		3		TERMINACIÓN:	23/02/2009	Hr.			
TIPO DE SONDEO:		SPT		BOMBA: MOYNO 3L6					
LONGYEAR: 34									
MUESTRA No.	PROFUNDIDAD m.		RECUPERACIÓN		PENETRACIÓN ESTÁNDAR PESO DEL MARTILLO 64 KG ALTURA DE CAÍDA 75 cm. Nº DE GOLPES EN	TIPO DE MUESTREO	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES		
	INICIAL	FINAL	AVANCE	%				GRX (DECRE)	
-	0.00	0.60	0.60	-		AVANCE	B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA 2 15/16"	
1	0.60	1.20	0.60	0.31	9	8	3	T.P.	ARENA CON GRAVAS Y PEDACERÍA DE TABIQUE ROJO (RELLENO)
2	1.20	1.80	0.60	0.22	11	14	4	T.P.	ARENA CON ARCILLA, GRAYAS Y RAICES CAFÉ GRISACEO (RELLENO)
3	1.80	2.40	0.60	0.32	10	12	16	T.P.	PS. L.BE GRAVAS Y TABIQUE ROJO/PI.L.BE ARENA FINA LIMOSA CAFÉ GRISACEO
4	2.40	2.85	0.45	0.41	15	50/20	-	T.P.	ARENA FINA LIMOSA POCO ARCILLOSO CAFÉ ABRILLENTO
-	2.85	3.00	0.15	-		AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA 2 15/16"
5	3.00	3.36	0.36	0.30	16	50/21	-	T.P.	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO GRIS OSCURO
-	3.36	3.60	0.24	-		AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA 2 15/16"
6	3.60	4.20	0.60	0.42	4	7	2	T.P.	LIMO ARENOSO P/ARCILLOSO CON GRUPOS GRIS OSCURO CON INTERC DE ARENA PU
7	4.20	4.65	0.45	0.34	16	50	-	T.P.	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO CON GRUPOS GRIS OSCURO
-	4.65	4.80	0.15	-		AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA 2 15/16"
8	4.80	5.40	0.60	0.42	15	47	20	T.P.	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO CON GRUPOS GRIS OSCURO
9	5.40	5.80	0.40	0.31	10	50/25	-	T.P.	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO GRIS OSCURO
-	5.80	6.00	0.20	-		AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA 2 15/16"
10	6.00	6.60	0.60	0.37	25	6	3	T.P.	PS. L.BE ARENA FINA Y MEDIA GRIS OSCURO/PI.L.B. 21 LIMO ARENOSO P/ARCILLOSO GRIS
11	6.60	7.20	0.60	0.33	10	42	6	T.P.	ARENA FINA Y MEDIA LIMOSA GRIS OSCURO
12	7.20	7.80	0.60	0.59	2	4	2	T.P.	PS. L.BE ARENA FINA Y MEDIA GRIS OSCURO/PI.L.B. 21 LIMO ARENOSO P/ARCILLOSO GRIS OSCURO
13	7.80	8.40	0.60	0.34	PH	1	1	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA VARIOS TONOS CON RAICES
14	8.40	9.00	0.60	0.44	PH	2	2	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CON RAICES
15	9.00	9.60	0.60	0.32	1	1	1	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CON RAICES
16	9.60	10.20	0.60	0.23	1/45	1	1	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CON RAICES
17	10.20	10.80	0.60	0.42	PH	PH	PH	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO Y GRIS OSCURO
18	10.80	11.40	0.60	0.60	PH	PH	PH	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO Y CAFÉ ROJO
19	11.40	12.00	0.60	0.39	1	4	3	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ ABRILLENTO Y CAFÉ ROJO
20	12.00	12.60	0.60	0.38	4	16	8	T.P.	ARENA FINA LIMOSA NEGRA Y CONTRATO CON ARCILLA POCO LIMOSA
NIVEL FREÁTICO (m).		y=11.00m.					HRS.		PROF. PROJ: 30.00m
OBSERV. GENERALES:							PROF. REAL: 24.00m		OPERADOR:

Figura 19.- Registro de campo del rinde de penetración estándar SPT-3 parte 1



UNAM FES
Aragón
Ingeniería Civil

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRAS:		T.V. Asteca		COORDENADAS: X	Y	Z	
LOCALIZACIÓN:	Calle Tezozamoc No. 14, Cal. Erpatasca			FECHA DE INICIO:	21/02/2009 Hrz.		
POZO No.	3			TERMINACIÓN:	23/02/2009 Hrz.		
TIPO DE SONDEO:	SPT						
LONGYEAR: 34	BOMBA: MOYNO 3L6						
MUESTRA No.	PROFUNDIDAD m.		RECUPERACIÓN		PENETRACIÓN ESTÁNDAR PESO DEL MARTILLO EN KG ALTURA DE CAÍDA 25 cm. N° DE GOLPES EN	TIPO DE MUESTREO	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES
	INICIAL	AVANCE	m.	%			
21	12.60	13.20	0.60	0.49	1 4 6	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA VARIOS TONOS CON LENTES DE ARENA FINA
22	13.20	13.80	0.60	0.56	1 9 3	T.P.	ARCILLA P. LIMOSA GRIS OSCURO C/INTERC DE ARENA FINA GRIS OSCURO
23	13.80	14.40	0.60	0.26	3 10 5	T.P.	PS. 1-15 ARCILLA P. LIMOSA GRIS VERDOSO/PI. 1-11 ARENA FINA LIMOSA GRIS OSCURO
24	14.40	15.00	0.60	0.33	12 28 15	T.P.	ARENA FINA LIMOSA NEGRA Y GRIS VERDOSO
25	15.00	15.41	0.41	0.27	5 50/20 -	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO/PI. 1-11 ARENA FINA LIMOSA GRIS OSCURO
-	15.41	15.60	0.19	-	AVANCE	B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA 2 15/16
26	15.60	16.20	0.60	0.50	14 18 10	T.P.	ARCILLA LIMOSA POCO ARENOSA GRIS CLARO
N/R	16.20	16.80	0.60	N/R	PH PH PH	T.P.	SIN RECUPERACIÓN
27	16.80	17.40	0.60	0.60	4 6 4	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO Y CAFÉ CLARO
28	17.40	18.00	0.60	0.6	1 3 3	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ ROJIZO
29	18.00	18.60	0.60	0.31	2 5 3	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ ROJIZO Y GRIS VERDOSO
30	18.60	19.20	0.60	0.41	1 25 27	T.P.	PS. 1-21 ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO/PI. 1-21 ARENA FINA LIMOSA GRIS VERDOSO
31	19.20	19.80	0.60	0.30	13 45 35	T.P.	ARENA FINA Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
32	19.80	20.12	0.32	0.24	26 50/17 -	T.P.	ARENA FINA Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	20.12	20.40	0.28	-	AVANCE	B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA 2 15/16
33	20.40	21.00	0.60	0.28	15 35 26	T.P.	ARENA FINA LIMOSA GRIS VERDOSO
34	21.00	21.35	0.35	0.25	31 50/20 -	T.P.	ARENA FINA Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	21.35	21.60	0.25	-	AVANCE	B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA 2 15/16
35	21.60	21.99	0.39	0.28	20 50/24 -	T.P.	ARENA FINA Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	21.99	22.20	0.21	-	AVANCE	B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA 2 15/16
36	22.20	22.60	0.40	0.29	21 50/25 -	T.P.	ARENA FINA Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	22.60	22.80	0.20	-	AVANCE	B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA 2 15/16
37	22.80	23.40	0.60	0.56	4 9 24	T.P.	ARENA HUY FINA LIMOSA CAFÉ CLARO
38	23.40	23.85	0.45	0.20	27 50/30 -	T.P.	ARENA FINA Y MEDIA LIMOSA GRIS OSCURO
-	23.85	24.00	0.15	-	AVANCE	B.T.	AVANCE CON BROCA TRICÓNICA 2 15/16
NIVEL FREÁTICO (m.):		variable		HRS.		PROF. PROY: 30.00m	
OBSERV. GENERALES:				PROF. REAL: 24.00m		OPERADOR:	

Figura 19.- Registro de campo del avance de penetración estándar SPT-3 parte 2



UNAM FES
Acatlán
Ingeniería Civil

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA: T.V. Asteca		COORDENADAS: X Y Z				
LOCALIZACIÓN: Calle Toxosmac No. 14, Cal. Erpatuca		FECHA DE INICIO: 28/02/2009 Hrr.				
POZO No. 1		TERMINACIÓN: 02/03/2009 Hrr.				
TIPO DE SONDEO: MIRTO		BOMBA: MOTNO 3L6				
LONGITUD: 34		TIPO DE MUESTREO				
MUESTRA No.	PROFUNDIDAD m.		RECUPERACIÓN	PENETRACIÓN ESTÁNDAR PESO DEL MARTILLO 64 KG ALTURA DE CAÍDA 75 cm. N° DE GOLPES EN	TIPO DE MUESTREO	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES
	INICIAL	FINAL				
-	0.00	1.20	-	15 cm. 30 cm. 15 cm.	B.T.	AVANCE CON PROCA TRICÓNICA 2 15/16
1	1.20	1.80	0.40	AVANCE	T.P.	ARENA FINA LIMOSA CON MATERIAL DE RELLENO
N/R	1.80	2.40	N/R		T.P.	SIN RECUPERACIÓN
2	2.40	2.85	0.35		T.P.	ARENA FINA LIMOSA COLOR NEGRO
-	2.85	3.00	0.15	AVANCE	B.T.	AVANCE CON PROCA TRICÓNICA 2 15/16
3	3.00	3.60	0.50		T.P.	LIMO ARCILLOSO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO
4	3.60	3.87	0.27	25 50/12	T.P.	LIMO ARCILLOSO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO
-	3.87	4.20	0.33	AVANCE	B.T.	AVANCE CON PROCA TRICÓNICA 2 15/16
5	4.20	4.80	0.60	6 7 3	T.P.	LIMO ARCILLOSO CON ARENA FINA GRIS VERDOSO
6	4.80	5.10	0.30	PRESION Y ROTACION	T.S.	ARENA FINA A MEDIA LIMOSA CON GRAYAS GRIS VERDOSO Y NEGRO
7	5.10	5.43	0.33	9 50/18	T.P.	ARENA FINA A MEDIA LIMOSA CON GRAYAS GRIS VERDOSO Y NEGRO
-	5.43	5.70	0.27	AVANCE	B.T.	AVANCE CON PROCA TRICÓNICA 2 15/16
8	5.70	6.30	0.60	4 41 16	T.P.	PS B. 12== LIMO ARENOSO PARCILL GRIS VERD/P/1 B.19== ARENA FINA LIM GRIS VERD Y H
9	6.30	6.90	0.60	7 18 9	T.P.	LIMO ARCILLOSO CON POCOA ARENA FINA GRIS VERDOSO
10	6.90	7.50	0.60	1 4 3	T.P.	LIMO ARCILLOSO CON ARENA FINA GRIS VERDOSO Y LENTES DE ARENA FINA NEGRA
11	7.50	8.10	0.60	1 4 9	T.P.	LIMO ARCILLOSO CON ARENA FINA GRIS VERDOSO Y CAFÉ ROJIZO CON INTER DE ARENA P
12	8.10	8.90	0.80	PRESION Y ROTACION	T.S.	PS ARCILLA LIMOSA CAFÉ OSCURO/P/1 ARCILLA LIMOSA POCO ARENOSA GRIS VERDOSO
13	8.90	9.50	0.60	PH45 2	T.P.	PS B. 24== ARENA FINA LIMOSA GRIS VERD/P/1 B. 21== LIMO AREN/P/1 ARC GRIS VERD Y CAP
14	9.50	10.10	0.60	PH45 2	T.P.	ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSO CON RAICES
15	10.10	10.70	0.60	PH45 1	T.P.	ARCILLA LIMOSA CON RAICES GRIS VERDOSO Y CAFÉ ROJIZO CON LENTE DE ARENA FINA
16	10.70	11.50	0.80	PRESION Y ROTACION	T.S.	ARCILLA LIMOSA POCO ARENOSA CAFÉ CLARO
N/R	11.50	12.10	N/R	PH PH PH	T.P.	SIN RECUPERACIÓN
17	12.10	12.70	0.60	PH 1 3	T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ AMARILLENTO Y CAFÉ ROJIZO
18	12.70	12.90	0.20	PRESION Y ROTACION	T.S.	PS ARCILLA LIMOSA C/ARENA FINA CAFÉ OSCURO/P/1 ARENA FINA LIMOSA GRIS VERDOSO
19	12.90	13.50	0.60	6 7 4	T.P.	PS B. 31== ARENA F/LIM NEGRA/P/1 B. 28== ARC/LIM CAP/ROJ Y ARE/FINA CAP/ROJ/EN LA
NIVEL FREÁTICO (m.)		3.55 m.		HRS.		PROF. PROJ.: 30.00m
OBSERV. GENERALES: NAF DIA 2 MARZO - 2.54m						PROF. REAL: 30.03m
90% DE PERDIDA DE AGUA, NAF DIA 3 MARZO - 3.00m						OPERADOR:

Figura 20.-Foto sítio de campo del trazo mixto SM-1 parte 1



UNAM FES
Acatlán
Ingeniería Civil

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRAS:		T.V. Asteca		COORDENADAS: X	Y	Z			
LOCALIZACIÓN:		Calle Teozamoc No. 14, Cal. Erpatoca		FECHA DE INICIO:	Hr.				
POZO No.:		1		TERMINACIÓN:	Hr.				
TIPO DE SONDEO:		MIRTO							
LONGYEAR: 34									
MUESTRA No.	PROFUNDIDAD m.		RECUPERACIÓN		PENETRACIÓN ESTÁNDAR PESO DEL MARTILLO 64 KG ALTURA DE CAÍDA 75 cm.	TIPO DE MUESTREO	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES		
	INICIAL	FINAL	AVANCE	%				CRX (DEBERE)	N° DE GOLPES EN
					15 cm., 30 cm., 15 cm.				
20	12.50	14.10	0.60	0.32	1	9	3	T.P.	PS ARENA FINA LIMOSA ARCILLOSA GRIS VERDE/PI ARCILLA LIMOSA CAFÉ ROJO Y LIMO ARENIZO
21	14.10	14.70	0.60	0.54	1	12	11	T.P.	PS 1.41 LIMO ARCILLO ARENOSO GRIS VERDOSO/PI 1.35 ARENA FINA/MEDIA GRIS VERDOSO
22	14.70	15.30	0.60	0.54	4	4	3	T.P.	PS 1.34 ARENA FINA A MEDIA GRIS VERDOSO/PI 1.31 ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSO
23	15.30	15.60	0.30	0.20	PRESIÓN Y ROTACIÓN			T.S.	PS ARCILLA LIMOSA CAFÉ OSCURO/PI ARENA FINA Y MEDIA POCO LIMOSA GRIS CLARO
24	15.60	15.98	0.38	0.32	8	50/23	-	T.P.	ARENA FINA A MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	15.98	16.20	0.22	-	AVANCE			B.T.	AVANCE CON PROCA TRICOMICA 2 15/16
25	16.20	16.48	0.28	0.07	35	50/15	-	T.P.	ARENA FINA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	16.48	16.80	0.32	-	AVANCE			T.P.	AVANCE CON PROCA TRICOMICA 2 15/16
26	16.80	17.18	0.38	0.20	36	50/23	-	T.P.	PS 1.12 ARENA FINA/MEDIA GRIS OSC CON GRAY/PI 1.41 LIMO ARENIZO/PI ARCILL GRIS VERD
-	17.18	17.40	0.22	-	AVANCE			B.T.	AVANCE CON PROCA TRICOMICA 2 15/16
27	17.40	18.00	0.60	0.58	1	2	2	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CON LENTES DE ARENA
28	18.00	18.80	0.80	0.70	PRESIÓN Y ROTACIÓN			T.S.	ARCILLA LIMOSA CAFÉ ROJIZO
29	18.80	19.40	0.60	0.60	1	8	4	T.P.	ARCILLA LIMOSA CAFÉ ROJIZO
30	19.40	20.00	0.60	0.3	3	12	37	T.P.	PS ARCILLA LIMOSA CAFÉ ROJIZO/PI ARENA FINA LIMOSA CAFÉ
31	20.00	20.45	0.45	0.33	24	50/20	-	T.P.	ARENA FINA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	20.45	20.60	0.15	-	AVANCE			B.T.	AVANCE CON PROCA TRICOMICA 2 15/16
32	20.60	20.98	0.38	0.34	23	50/23	-	T.P.	ARENA FINA Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	20.98	21.20	0.22	-	AVANCE			B.T.	AVANCE CON PROCA TRICOMICA 2 15/16
33	21.20	21.57	0.37	0.35	22	50/22	-	T.P.	ARENA FINA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	21.57	21.80	0.23	-	AVANCE			B.T.	AVANCE CON PROCA TRICOMICA 2 15/16
34	21.80	22.40	0.60	0.5	20	39	50/15	T.P.	ARENA FINA LIMOSA GRIS VERDOSO
35	22.40	22.75	0.35	0.35	27	50/20	-	T.P.	ARENA FINA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	22.75	23.00	0.25	-	AVANCE			B.T.	AVANCE CON PROCA TRICOMICA 2 15/16
N/R	23.00	23.60	0.60	N/R	18	32	20	T.P.	SIN RECUPERACION
36	23.60	24.20	0.60	0.20	13	42	15	T.P.	ARENA FINA LIMOSA CAFÉ GRISCEO
NIVEL FREÁTICO (m.)		20.00m.		HRS.					
OBSERV. GENERALES:		NAF DIA 2 MARZO - 2.54m		PROF. PROJ: 30.00m					
90% DE PERDIDA DE AGUA, NAF DIA 3 MARZO - 3.00m		PROF. REAL: 30.03m		OPERADOR:					



UNAM FES
Acatlán
Ingeniería Civil

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA:		T.H. Asteca		COORDENADAS: X	Y	Z		
LOCALIZACIÓN:		Calle Tezozamac No. 14, Cal. Erpataca		FECHA DE INICIO:	04/03/2009	Hr.		
POZO No.		2		TERMINACIÓN:	05/03/2009	Hr.		
TIPO DE SONDEO:		MIXTO		BOMBA: MOYNO 3L6				
LONGYEAR 34								
MUESTRA No.	PROFUNDIDAD m.		RECUPERACIÓN		PENETRACIÓN ESTÁNDAR		TIPO DE MUESTREO	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES
	INICIAL	FINAL	AVANCE	CRX (DEERE)	15 cm.	30 cm.		
-	0.00	1.20	1.20	-				AVANCE CON TRICONICA DE 6"
1	1.20	1.80	0.60	0.32	2	10	8	LIMO ARCILLOSO CON ARENA FINA Y MEDIA CAFÉ OSCURO
2	1.80	2.40	0.60	0.45	6	34	32	ARENA FINA LIMOSA CAFÉ OSCURO Y GRIS VERDOSO
3	2.40	3.00	0.60	0.50	6	29	18	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO CAFÉ GRISACEO
4	3.00	3.60	0.60	0.26	7	27	14	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO CON GRUMOS GRIS VERDOSO
5	3.60	4.20	0.60	0.34	9	34	18	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO GRIS VERDOSO
6	4.20	4.80	0.60	0.36	2	7	14	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO GRIS VERDOSO.
7	4.80	5.40	0.60	0.28	14	36	18	LIMO ARCILLOSO ARENOSO GRIS VERDOSO
8	5.40	6.00	0.60	0.60	14	43	21	ARENA FINA Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSA
9	6.00	6.60	0.60	0.34	9	25	10	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO CON LENTES DE ARENA GRIS VERDOSA.
10	6.60	7.20	0.60	0.40	3	27	6	ARENA FINA Y MEDIA GRIS OSCURA.
11	7.20	7.80	0.60	0.43	2	4	4	P. S. 20CM ARENA FINA Y MEDIA GRIS OSCURA.
12	7.80	8.60	0.80	0.69				P. I. 23CM ARCILLA LIMOSA CAFÉ ROJIZO.
13	8.60	9.20	0.60	0.32				P. S. ARCILLA LIMOSA CAFÉ ROJO, P. I. ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSA
14	9.20	9.80	0.60	0.49				ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSA CAFÉ OSCURO CON LENTES DE ARENA Y RAICES.
15	10.40	11.00	0.60	0.26				ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSA Y CAFÉ ROJIZO, CON RAICES.
16	11.00	11.60	0.60	0.60				SIN RECUPERACION.
17	11.60	12.40	0.80	0.61				ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSO Y CAFÉ AMARILLENTO.
18	12.40	13.00	0.60	0.45				ARCILLA LIMOSA CAFÉ ROJIZO.
19	13.00	13.60	0.60	0.49				P. I. 23CM ARCILLA LIMOSA CAFÉ ROJIZO, P. I. 23 CM ARENA FINA LIMOSA NEGRA
20	13.60	14.20	0.60	0.37				ARCILLA LIMOSA CAFÉ ROJIZO Y GRIS VERDOSA, CON LENTES DE ARENA FINA
								P. S. 27CM ARCILLA LIMOSA CAFÉ ROJIZO Y GRIS VERDOSA,
								P. I. 10CM ARENA FINA LIMOSA VERDOSA.
NIVEL FREÁTICO (m.)				T.M.M.M.		HRS.		PROF. PROYECTO:
OBSERV. GENERALES:								PROF. REAL:
								OPERADOR:



UNAM FES
Aragón
Ingeniería Civil

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA:	T.V. Asteca	COORDENADAS: X	Y	Z
LOCALIZACIÓN:	Calle Tezozamac No. 14, Col. Erparkaca	FECHA DE INICIO:	04/03/2009	Hr.
POZO No.	2 MIRTO	TERMINACIÓN:	05/03/2009	Hr.
LONGITUD	34	BOMBA:	MOTINO 3L6	

MUESTRA No.	PROFUNDIDAD m.		RECUPERACIÓN		PENETRACIÓN ESTÁNDAR		TIPO DE MUESTREO	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES
	INICIAL	FINAL	AVANCE m.	%	15 cm. 30 cm. 45 cm.	Nº DE GOLPES EN		
21	14.20	14.80	0.60	0.30	2	16	7	T.P. P. S. 24CM LIMO ARENOSO ARCILLOSO GRIS VERDOSO, TCH ARENA FINA Y MEDIA GRIS OSCURO, P. I. 28CM ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSA.
22	14.80	15.19	0.39	0.31	6	50/24		T.P. P. S. 24CM LIMO ARENOSO ARCILLOSO GRIS VERDOSO, AVANCE CON BROCA TRICONICA DE DE 4 1/2
-	15.19	15.40	0.21	-		AVANCE		B.T. ARENA FINA LIMOSA GRIS VERDOSA.
23	15.40	15.77	0.37	0.37	4	50/22		T.P. AVANCE CON BROCA TRICONICA DE DE 4 1/2
-	15.77	16.00	0.23	-		AVANCE		B.T. SIN RECUPERACION.
-	16.00	16.12	0.12	S/R	50/12			T.P. AVANCE CON BROCA TRICONICA DE DE 4 1/2
-	16.12	16.60	0.48	-		AVANCE		B.T. ARCILLA LIMOSA VARIOS TONOS, CON INTERCALACIONES DE ARENA FINA ECH.
24	16.60	17.20	0.60	0.54	2	3	3	T.P. ARENA FINA LIMOSA GRIS VERDOSA.
25	17.20	18.00	0.80	0.70		PREZIO Y POCRA		T.S.H. P. S. ARCILLA LIMOSA CAFÉ AHAJILLENTO, P. I. ARCILLA LIMOSA CAFÉ AHAJILLENTO.
26	18.00	18.60	0.60	0.39	2	7	6	T.P. ARCILLA LIMOSA CAFÉ ROJIZO CON LENTES DE ARENA FINA
27	18.60	19.20	0.60	0.6	1	7	6	T.P. P. S. 32CM ARCILLA LIMOSA CAFÉ ROJIZA Y GRIS VERDOSA, P. I. 28CM ARENA FINA LIMOSA GRIS VERDOSA.
28	19.20	19.59	0.39	0.24	2	50/24		T.P. ARENA FINA LIMOSA CAFÉ OSCURO Y GRIS VERDOSO.
-	19.59	19.80	0.21	-		AVANCE		B.T. AVANCE CON BROCA TRICONICA DE DE 4 1/2
29	19.80	20.40	0.60	0.49	7	24	25	T.P. ARENA FINA Y MEDIA CON GRAVILLAS GRIS VERDOSA.
30	20.40	20.73	0.33	0.23	33	50/18		T.P. ARENA FINA LIMOSA GRIS VERDOSA.
-	20.73	21.00	0.27	-		AVANCE		B.T. AVANCE CON TRICONICA 2 15/16
31	21.00	21.37	0.37	0.24	6	50/22		T.P. ARENA FINA LIMOSA GRIS VERDOSA.
-	21.37	21.60	0.23	-		AVANCE		B.T. AVANCE CON TRICONICA 2 15/16
32	21.60	21.90	0.30	0.25	28	50/15		T.P. ARENA FINA LIMOSA CAFÉ GRISACEO.
-	21.90	22.20	0.30	-		AVANCE		B.T. AVANCE CON TRICONICA 2 15/16
33	22.20	22.57	0.37	0.34	24	50/22		T.P. ARENA FINA Y MEDIA LIMOSA CAFÉ GRISACEO.
-	22.57	22.80	0.23	-		AVANCE		B.T. AVANCE CON TRICONICA 2 15/16
34	22.80	23.40	0.60	0.45	18	18	12	T.P. ARENA FUY FINA LIMOSA CAFÉ CLARO.
35	24.00	24.00	0.40	0.40	7	43	38	T.P. ARENA FINA LIMOSA CAFÉ GRISACEO.

NIVEL FREÁTICO (m.)		HR.S.	
OBSERV. GENERALES:		PROF. PROYECTO:	
		PROF. REAL:	
		OPERADOR:	
		SUPERVISOR:	
ADEME (m.)		FECHA:	

Figura 21- Registro de campo del rancho mixta, SM-2 parte 2



UNAM FES
Acatlán
Ingeniería Civil

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA: T.V. Asteca		COORDENADAS: X		Y	Z				
LOCALIZACIÓN: Calle Toxozamac No. 14, Cal. Erpatuca		FECHA DE INICIO: 24/02/2009		Hr.					
POZO No. 3		TERMINACIÓN: 25/02/2009		Hr.					
TIPO DE SONDEO: MIRTO		BOMBA: MOVINO 3L6							
LONGYEAR: 34									
MUESTRA No.	PROFUNDIDAD m.		RECUPERACIÓN		PENETRACION ESTÁNDAR PESO DEL MARTILLO 64 KG ALTURA DE CAÍDA 75 cm. N° DE GOLPES EN	TIPO DE MUESTREO	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES		
	INICIAL	AVANCE	m.	%				15 cm. 30 cm. 45 cm.	
22	13.50	14.10	0.60	0.46	1	7	9	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA VARIOS TONOS
23	14.10	14.90	0.80	0.65	PRESION Y ROTACION			TUBO SHELBY	P2 ARCILLA PULMOSA VARIOS TONOS P1 ARCILLA PULMOSA GRIS VERDOSO Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
24	14.90	15.50	0.60	0.42	11	45	31	T.P.	ARCILLA PULMOSA GRIS VERDOSO Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
25	15.50	15.77	0.27	0.25	42	50/12	-	T.P.	ARCILLA PULMOSA GRIS VERDOSO Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	15.77	16.10	0.33	-	AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA 2 15/16
26	16.10	16.20	0.10	0.10	50/10	-	-	T.P.	ARCILLA PULMOSA GRIS VERDOSO Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	16.20	16.70	0.50	-	AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA 2 15/16
27	16.70	17.30	0.60	0.55	2	4	3	T.P.	ARCILLA PULMOSA GRIS VERDOSO Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
28	17.30	17.90	0.60	0.57	1	4	3	T.P.	ARCILLA PULMOSA GRIS VERDOSO Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
29	17.90	18.70	0.80	0.75	PRESION Y ROTACION			TUBO SHELBY	ARCILLA PULMOSA GRIS VERDOSO Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
30	18.70	19.30	0.60	0.54	11	25	39	T.P.	ARCILLA PULMOSA GRIS VERDOSO Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
31	19.30	19.90	0.60	0.37	18	41	18	T.P.	ARCILLA PULMOSA GRIS VERDOSO Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
32	19.90	20.35	0.45	0.35	14	50/20	-	T.P.	ARCILLA PULMOSA GRIS VERDOSO Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	20.35	20.50	0.15	-	AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA 2 15/16
33	20.50	20.90	0.40	0.27	18	50/25	-	T.P.	LIMO CON ARENA FINA GRIS VERDOSO Y BLANQUISCO
-	20.90	21.10	0.20	-	AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA 2 15/16
34	21.10	21.46	0.36	0.30	23	50/21	-	T.P.	ARCILLA PULMOSA GRIS VERDOSO Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	21.46	21.70	0.24	-	AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA 2 15/16
35	21.70	22.05	0.35	0.29	26	50/20	-	T.P.	ARCILLA PULMOSA GRIS VERDOSO Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	22.05	22.30	0.25	-	AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA 2 15/16
36	22.30	22.65	0.35	0.3	16	50/20	-	T.P.	ARCILLA PULMOSA GRIS VERDOSO Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	22.65	22.90	0.25	-	AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA 2 15/16
37	22.90	23.50	0.60	0.21	9	18	15	T.P.	LIMO ARENOSO GRIS VERDOSO Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
38	23.50	23.85	0.35	0.29	8	50/20	-	T.P.	LIMO ARENOSO GRIS VERDOSO Y MEDIA LIMOSA GRIS VERDOSO
-	23.85	24.10	0.25	-	AVANCE			B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA 2 15/16
NIVEL FREÁTICO (m.):						HRS.		PROF. PROJ: 30.00m	
OBSERV. GENERALES: SE REALIZA LA PRIMERA PERFORACIÓN A 1.80m. CON						HRS.		PROF. REAL: 30.10m	
6° Y AVANCE, Y SE CAMBIO EL LUGAR DEL SONDEO POR NO PODER PASAR CON EL						OPERADOR:			
TUBO PARTIDO. N.A.F. AL 25/FEB/2009 2.62m									

Figura 22.- Registro de campo del rancho mixta, SM-3 parte 2

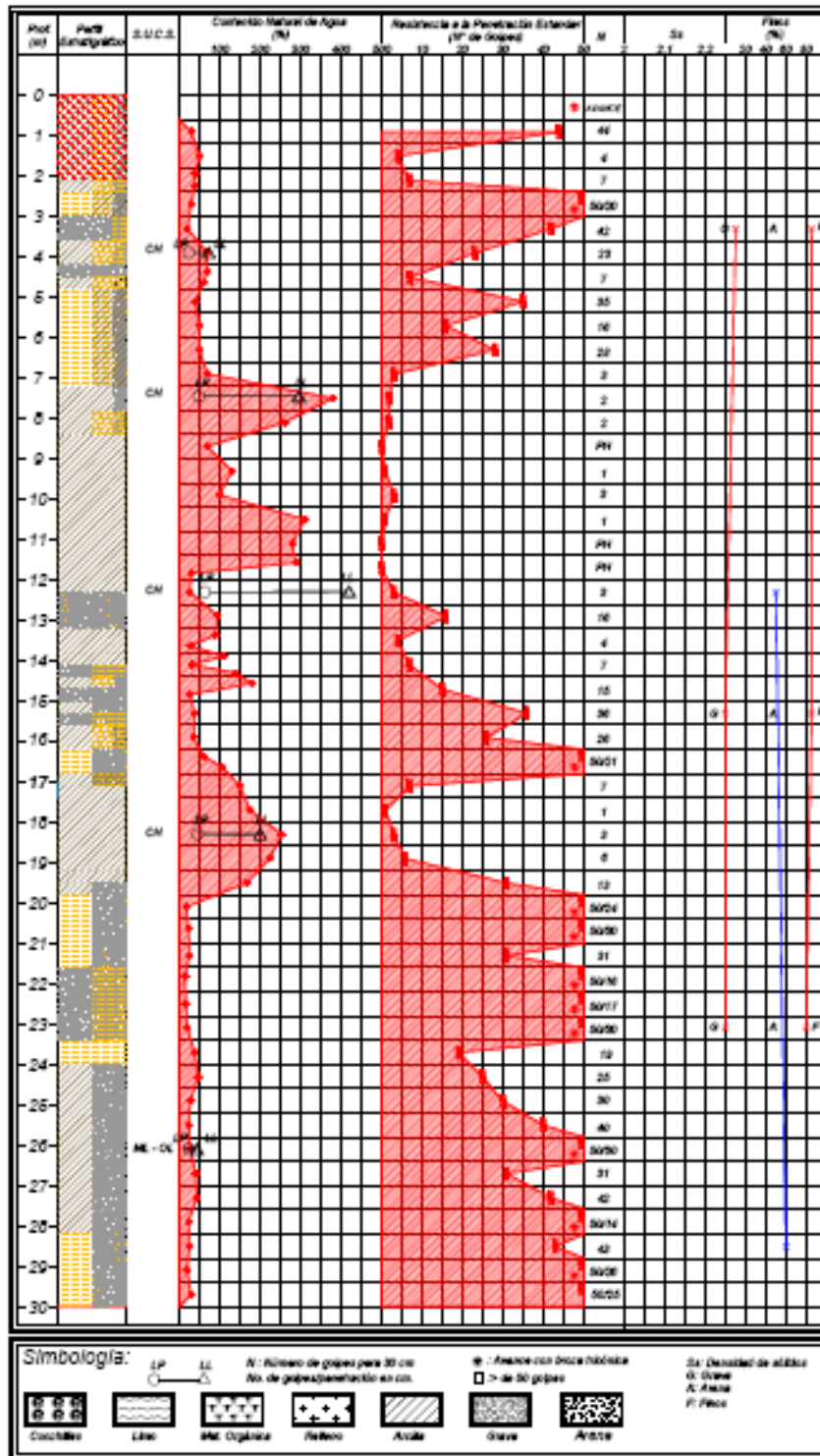


Figura No.-23 Perfil estratigráfico del sondeo de penetración estándar SPT-1

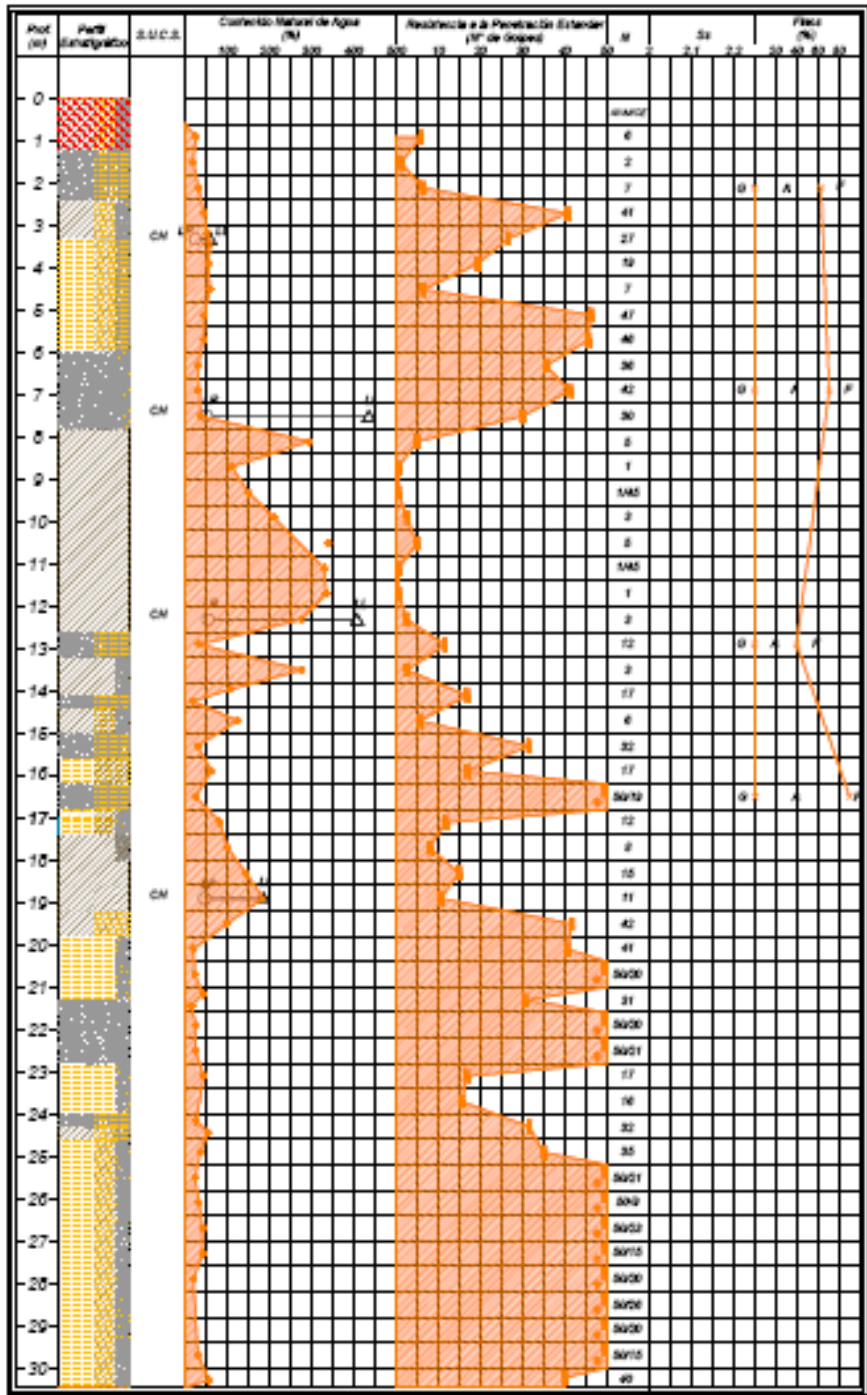


Figura No.-24 Perfil estratigráfico del sondeo de penetración estándar SPT-2



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN
 Ingeniería Civil

Curso No: I.V. AC/TECA
 Localización: CALLE TEOZOMOC No. 14, COL. EMILIANO Z.
 Tipo de Sondeo: SPT-3
 Cota: _____ N.A.F.: 3.0m

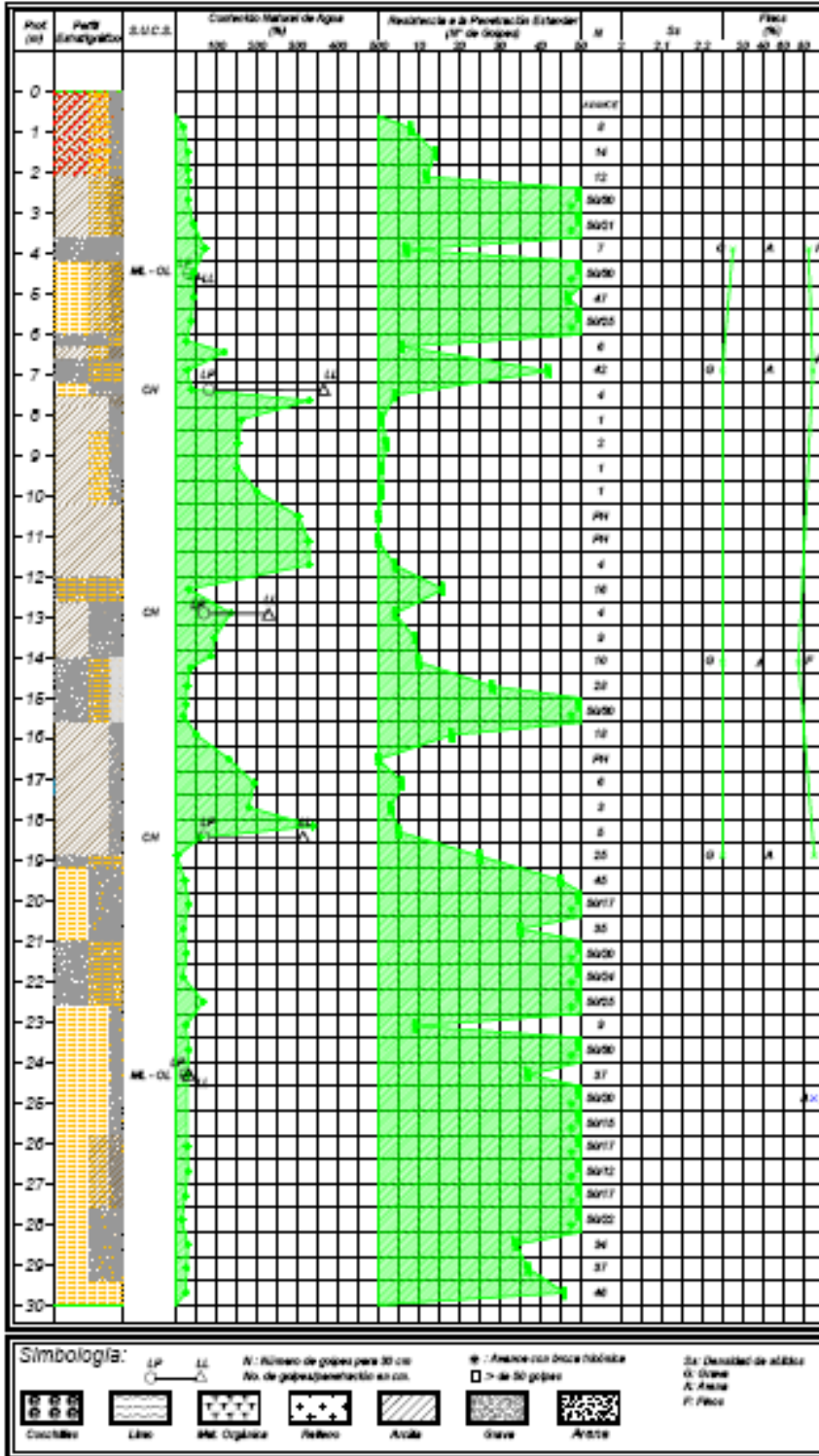


Figura No.-26 Perfil estratigráfico del sondeo de penetración estándar SPT-3 48

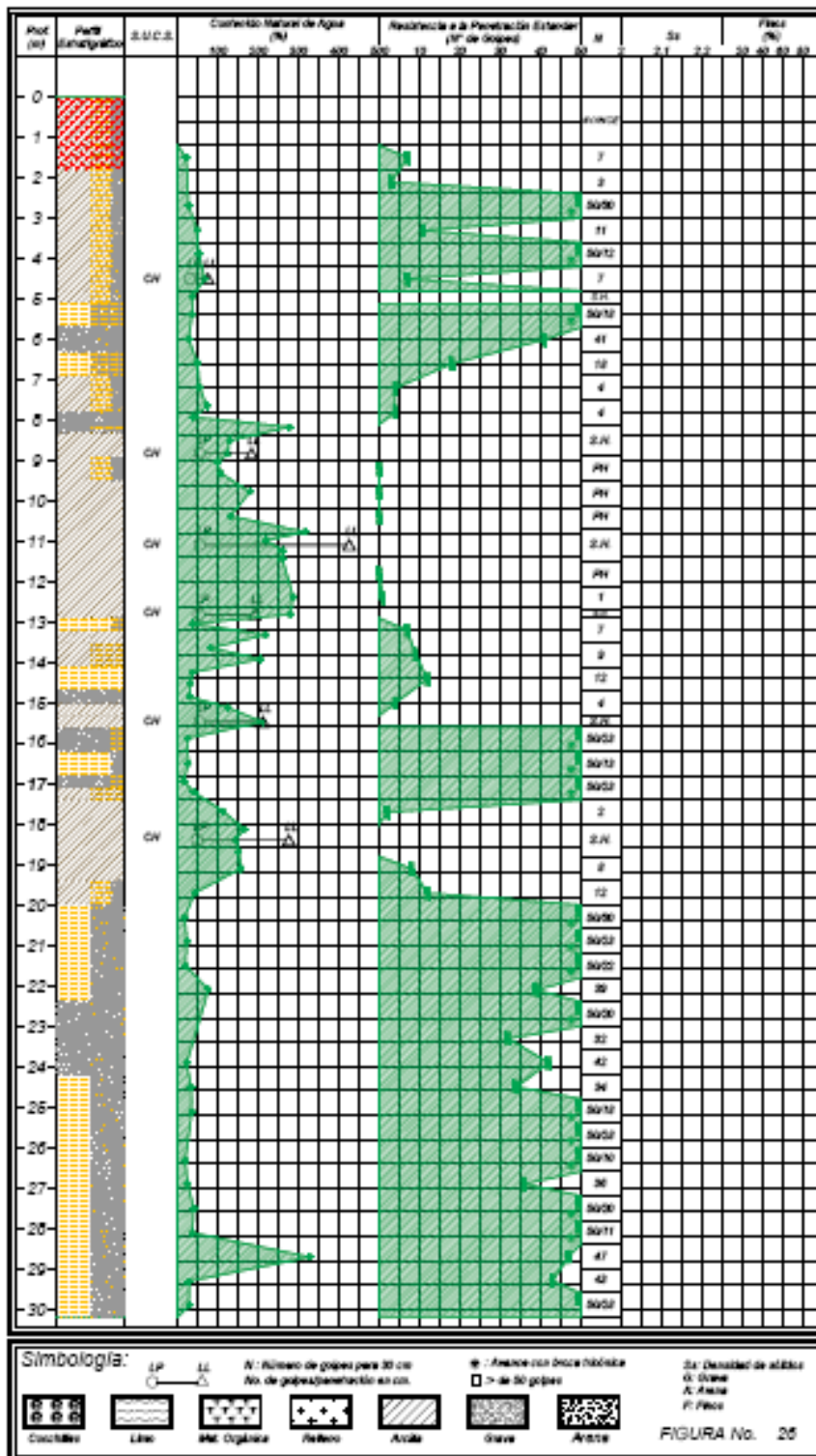


Figura No.-25 Perfil estratigráfico del sondeo mixto, S.M-1

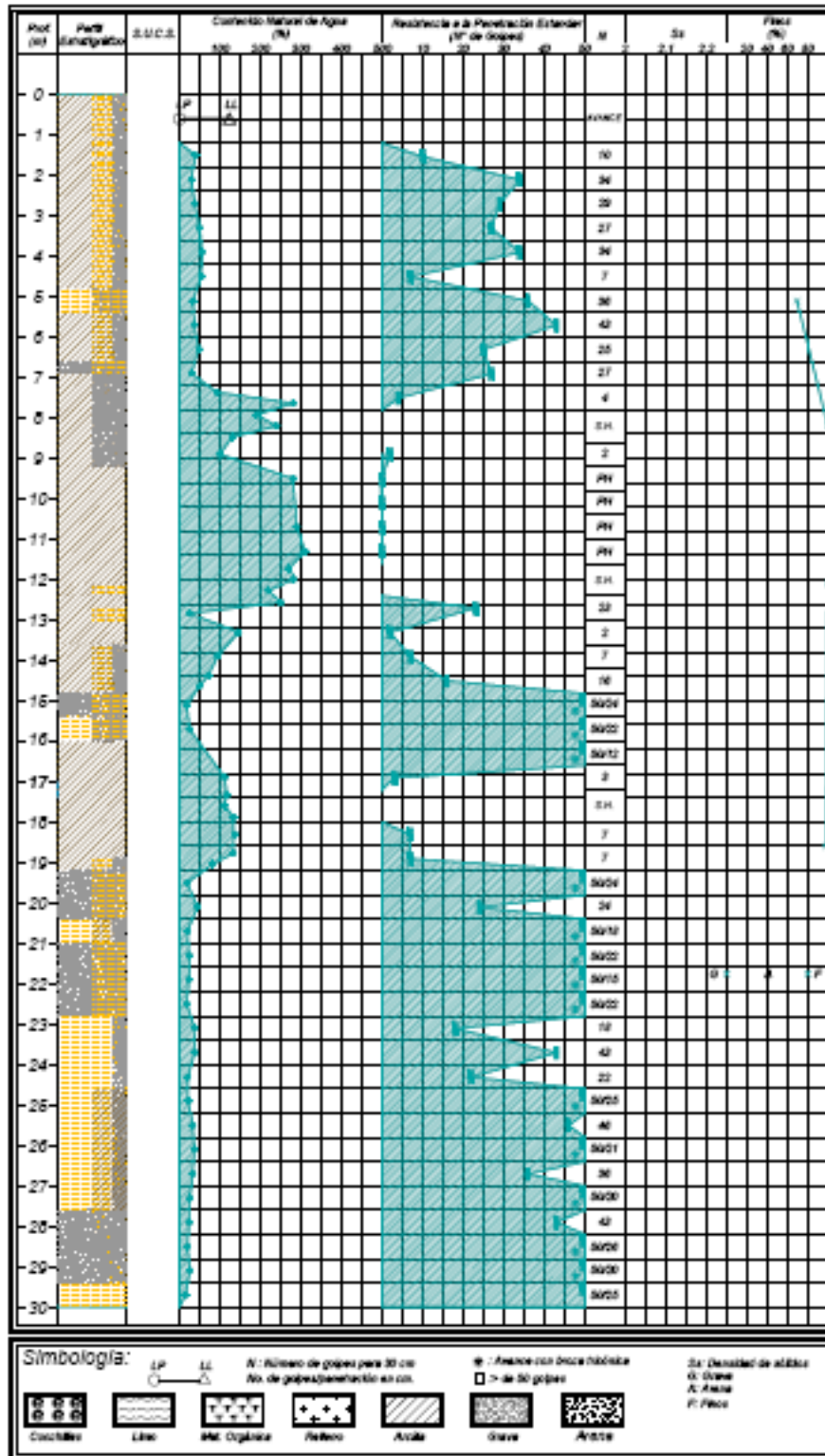


Figura No.-27 Perfil estratigráfico del sondeo mixto, S.I.F-2

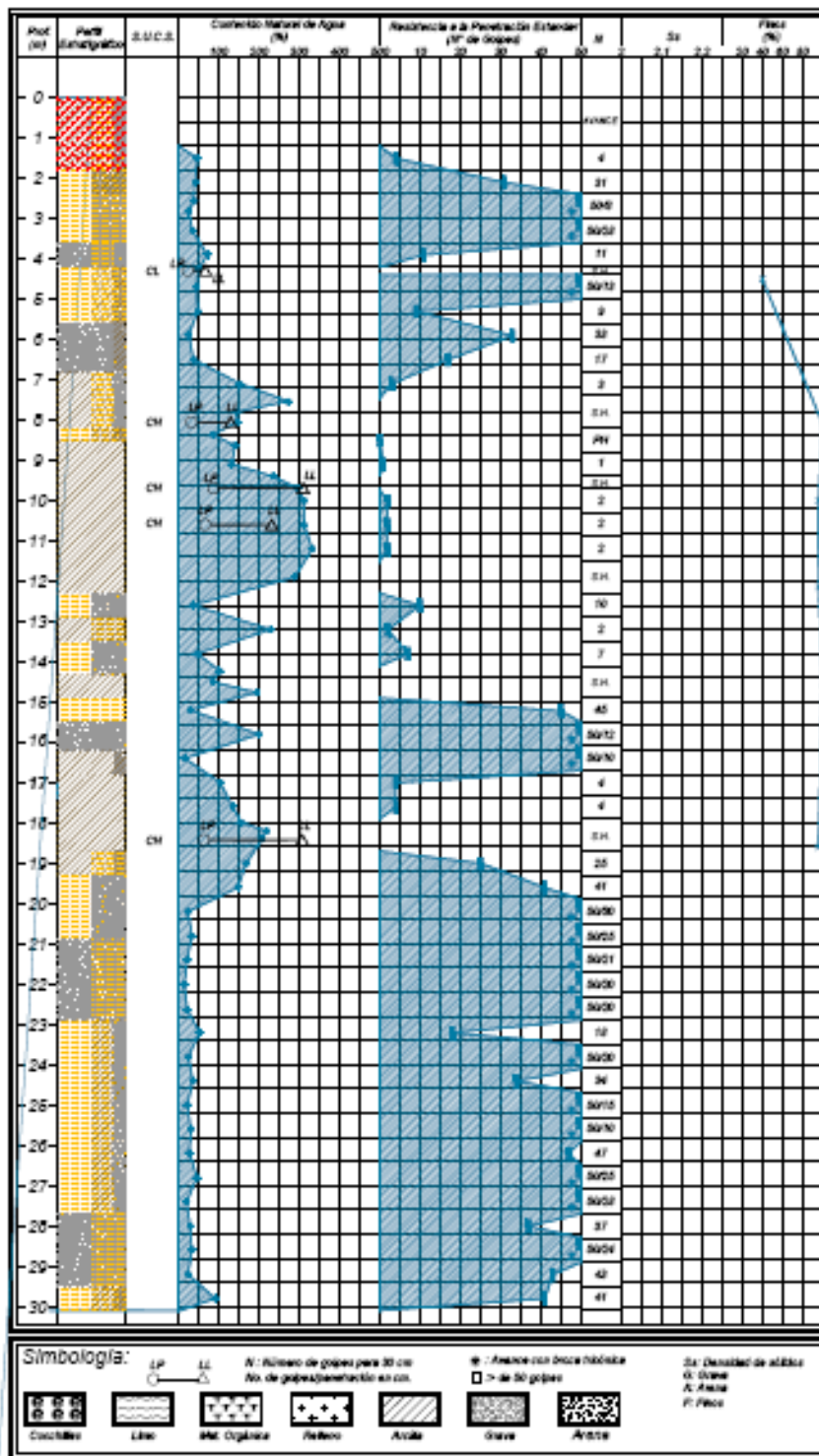


Figura No.-25 Perfil estratigráfico del sondeo mixto, S.M-3

3. PRUEBAS DE LABORATORIO

Las pruebas de laboratorio se realizaron siguiendo las especificaciones establecidas en el Manual de Laboratorio de la Secretaría de Recursos Hidráulicos. Una vez obtenidas las muestras, se emplearon para obtener las propiedades índice y mecánicas del suelo. En el siguiente cuadro se relacionan las pruebas de laboratorio que se realizaron en las muestras obtenidas, de acuerdo al tipo de muestra:

3.1 Muestras alteradas

A las muestras representativas alteradas se les efectuaron las siguientes pruebas de laboratorio:

Propiedades índices

- 1.- Clasificación visual y al tacto
- 2.- Contenido de humedad
- 3.- Análisis granulométrico
- 4.- Límites de consistencia o de Atterberg
- 5.- Densidad de sólidos

3.2 Muestras inalteradas

A las muestras cúbicas inalteradas se les realizaron las siguientes pruebas:

Propiedades Índice

- 1.- Clasificación visual y al tacto
- 2.- Contenido de humedad
- 3.- Análisis granulométrico
- 4.- Límites de consistencia o de Atterberg

5.- Densidad de sólidos

Propiedades Mecánicas

1.- Resistencia al esfuerzo cortante

- a) Compresión simple
- b) Compresión triaxial Rápida UU

2.- Compresibilidad

- a) Consolidación unidimensional

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 (SUCS), se determinó también su contenido natural de agua. (ver figuras Anexo II).

En estratos representativos se registraron límites de consistencia y/o porcentaje de finos para conocer su granulometría; se obtuvo en ambos casos la densidad de sólidos, los resultados se muestran en las figuras del Anexo II.

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

REALIZACIÓN DE UNA PRUEBA TRIAXIAL

En las figuras del Anexo II se presentan los registros de laboratorio y de la determinación del peso volumétrico natural. Así mismo, se presentan: 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.

4. CARACTERÍSTICAS ESTRATIGRÁFICAS Y FÍSICAS DEL SUBSUELO

El predio de interés se encuentra al sur-poniente de la Ciudad de México; de acuerdo con la zonificación geotécnica que marca el Reglamento de Construcciones en sus Normas Técnicas Complementarias de Cimentaciones, dicho terreno se localiza en la Zona II denominada Zona de Transición Baja, donde dominan los depósitos aluviales de resistencia media y de mediana deformabilidad. (Figura 29)

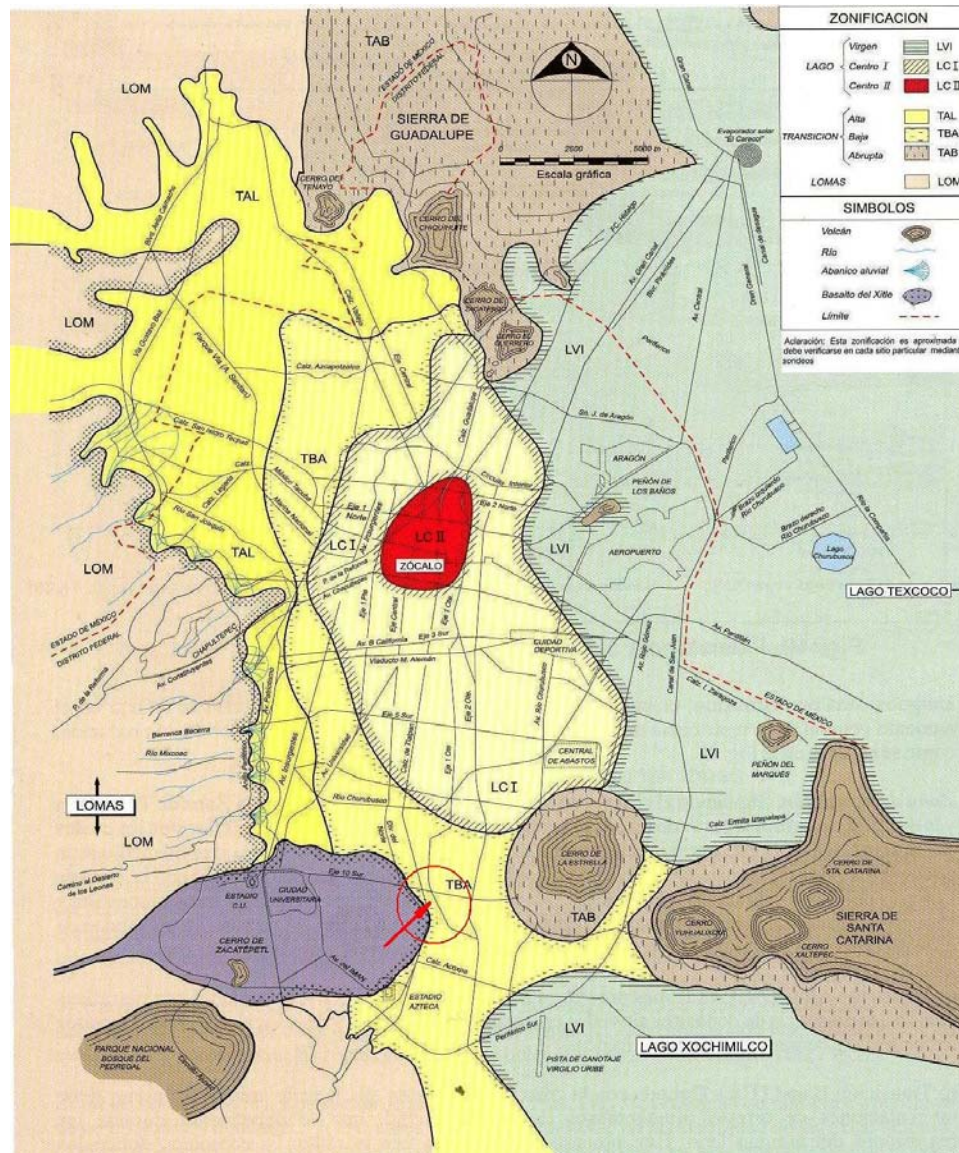


Figura 29.- Zonificación geotécnica de la Ciudad de México

4.1 Características estratigráficas y físicas del subsuelo

Con el objeto de conocer las características estratigráficas y físicas del subsuelo hasta la profundidad donde son significativos los esfuerzos producidos por las cargas que transmitirán las estructuras que se proyecta construir, se realizaron seis sondeos profundos en el sitio de interés, tres de tipo penetración estándar denominados SPT-1 a SPT-3 y tres de tipo mixto denominados SM-1 a SM-3, todos a 30 m de profundidad; se efectuaron mediante la combinación del muestreo alterado, obtenido con la herramienta de penetración estándar, con el muestreo inalterado mediante el hincado a presión del muestreador tipo Shelby; y para conocer las características estratigráficas y físicas de los depósitos superficiales en el predio de interés se excavaron dentro del predio ocho pozos a cielo abierto denominados PCA-1 a PCA-8, a profundidades variables entre 2.0 y 2.5 m.

Como se mencionó anteriormente, el sitio de interés se localiza, en la denominada Zona de Transición Baja como se muestra en la figura 29, constituido por depósitos aluviales a su vez formadas por capas interestratificadas de limo arenoso y arena poco limosa de color café y gris, del grupo ML de acuerdo con el SUCS, y de consistencia variable entre media y firme, su compacidad se incrementa conforme se profundizan los materiales.

De acuerdo con los resultados de los trabajos de exploración y muestreo del subsuelo, éste muestra las siguientes características estratigráficas y físicas generales, de sus depósitos.

Superficialmente se tienen materiales de relleno, con espesores variables entre 0.90 y 1.20 m, constituidos por arcillas poco areno-limosas con cascajo, pedacería y fragmentos de tabique, basura y fragmentos de boleo, en estado medianamente compacto, con contenido medio de agua 13%.

Subyacen a 1.2 m y hasta una profundidad de 3.0 m arcillas poco limo arenosas, con gravas aisladas preconsolidadas, de color café oscuro, de consistencia variable entre blanda y media, con resistencia a la penetración estándar variable entre 7 y 12 golpes, y con un contenido de agua variable entre 25 y 37%.

A partir de 3.0 m y hasta 4.2 m de profundidad se encontró una arena de fina a media, poco limosa, gris y café oscuro, con contenido de agua variable entre 17 y 30%, e índice de resistencia a la penetración variable entre 1 y 3 golpes.

A continuación, entre 4.2 y 8.2 m de profundidad, se tiene una arcilla con diferentes porcentajes de arena preconsolidada, de color café oscuro, con contenido de agua variable entre 25 y 93%, de consistencia variable entre blanda y media, y con un índice de resistencia a la penetración estándar variable entre 1 y 12 golpes.

Entre 8.2 y 9.6 m de profundidad se detectó, primero, arena poco limosa y posteriormente arcilla poco limosa con escasa arena, de color gris oscuro, con contenido de agua media de 40%; de compacidad media la arena y de consistencia media la arcilla, con un índice de resistencia a la penetración estándar variable entre 4 y 10 golpes.

Desde una profundidad de 9.6 m y hasta 15.5 m se encuentra arcilla orgánica poco limosa con diferentes porcentajes de arena, de color café oscuro; este estrato, de acuerdo con los contenidos de agua que tienen valores variables entre 100 y 420% propicia asentamientos importantes de acuerdo con las cargas transmitidas; es de consistencia variable entre blanda y media, con resistencia a la penetración estándar variable entre 1 y 8 golpes, excepto entre 14.5 y 15.5 m de profundidad, donde el número de golpes se incrementa entre 24 y 40 golpes; en este estrato se encuentra intercalada, entre 13.4 y 13.9 m de profundidad, una arcilla poco limosa con diferentes porcentajes de arena, de color café rojiza, con contenido de agua medio de 25%.

Entre 15.5 m y 20.3 m de profundidad, se tienen capas interestratificadas de arcilla poco limosa con diferentes porcentajes de arena y arena fina poco limosa

café grisáceo, de color gris verdoso, con contenido de agua variable entre 30 y 200%, de consistencia variable entre blanda y firme, con un índice de resistencia a la penetración estándar variable entre 5 y 50 golpes.

Finalmente a partir de los 20.3 m y hasta la máxima profundidad explorada que fue 30m se encuentran tobas volcánicas constituidas por limos poco arcillosos con escasa arena, de color café grisáceo, en estado compacto con índice de resistencia a la penetración estándar mayor a 50 golpes.

En la figura 30 se presenta una planta con la ubicación de los cortes estratigráficos del subsuelo realizados hasta la máxima profundidad explorada, y en las figuras 31 a 34 se muestran dichos cortes, denominados A – A' , B – B' , C – C' , D – D' , obtenidos de la exploración profunda efectuada; y se indica el perfil inferido de los materiales resistentes de depósito natural considerando que por necesidades del proyecto, se deberá efectuar una excavación máxima de 6.0 m de profundidad con respecto al nivel de banquetta.



Figura 30.- Localización en planta de cortes estratigráfico

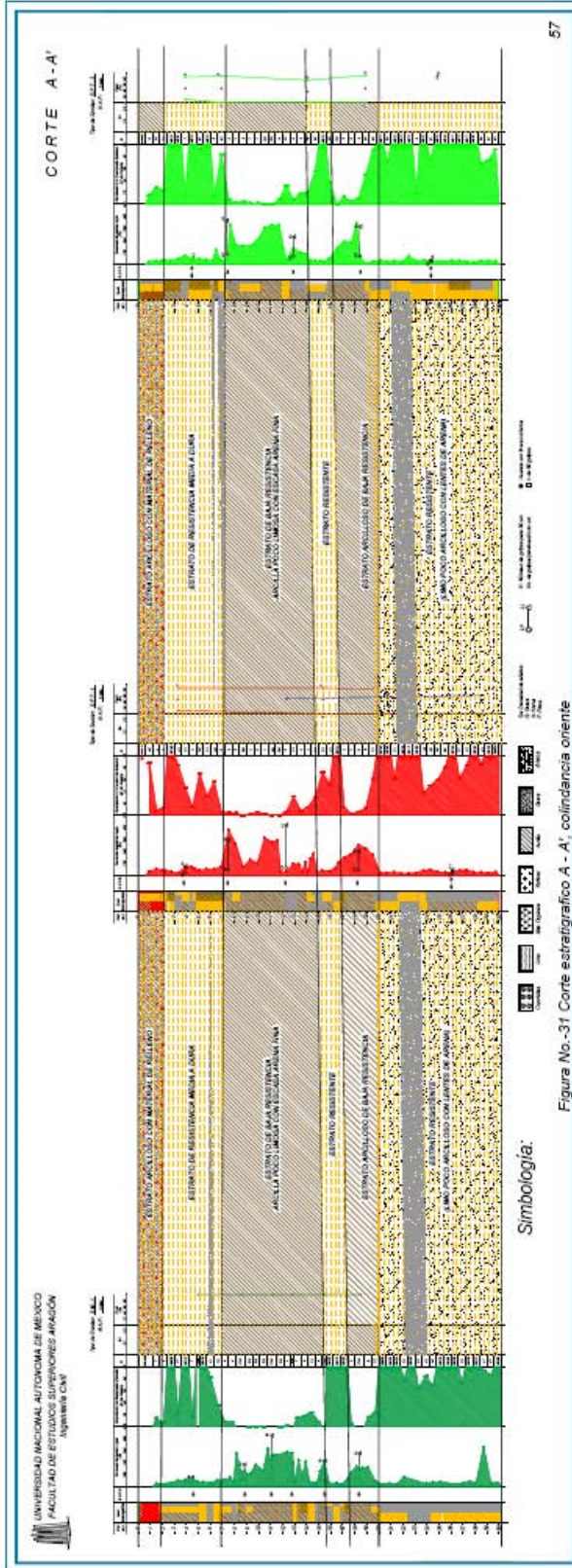
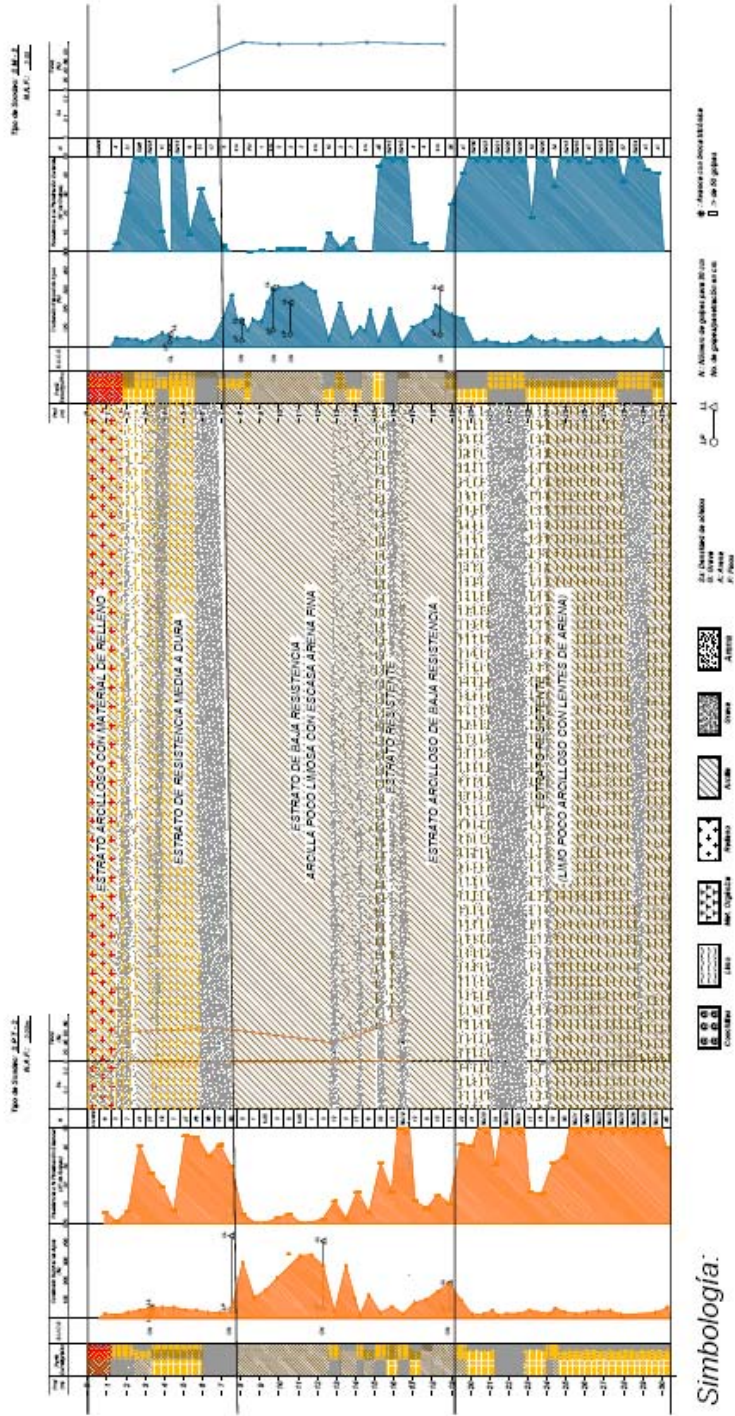


Figura No.-31 Corte estratigráfico A - A', colindancia oriente

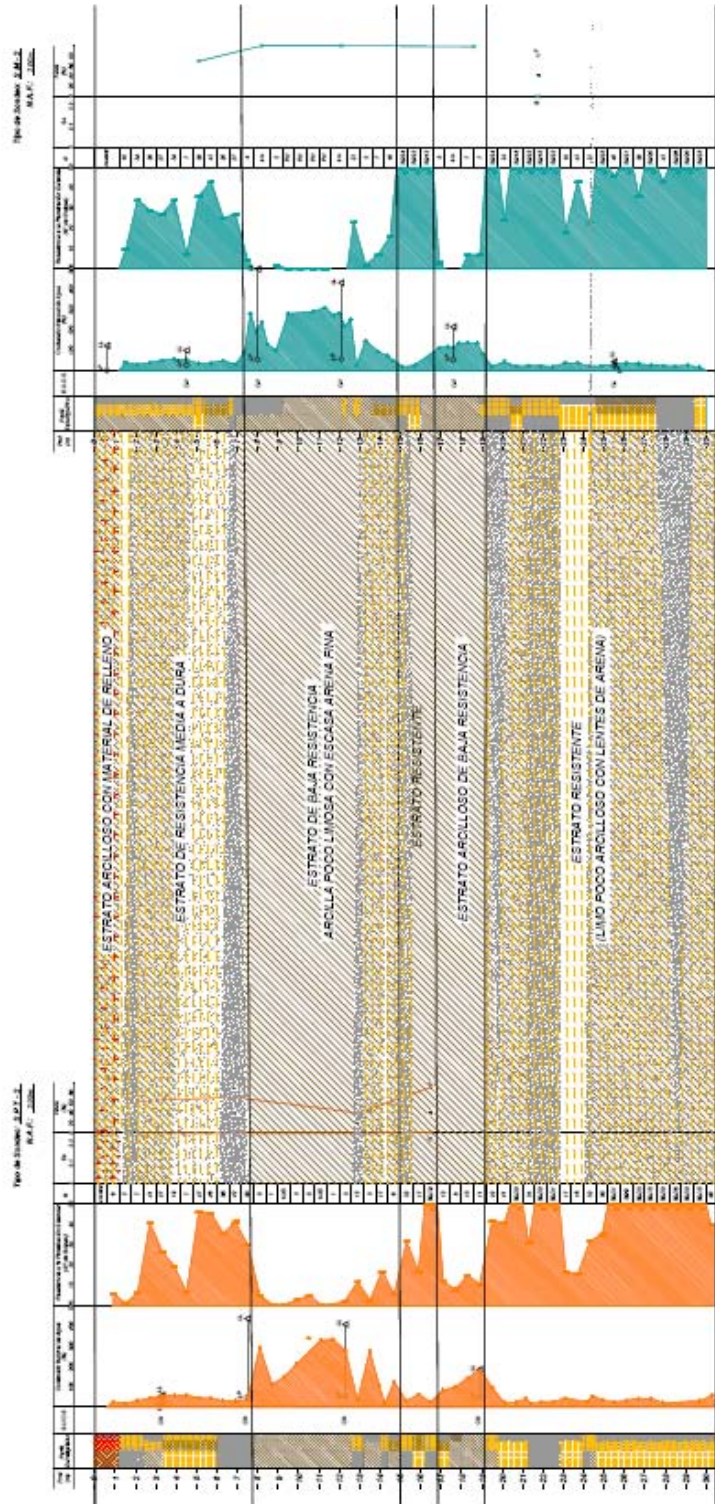
CORTE B - B'



Simbología:

Figura No. -32 Corte estratigráfico B - B', colindancia poniente

CORTE C-C'



Simbología:

Figura No.-33 Corte estratigrafico C - C'; colindancia norte en la parte media del predio

A continuación se presenta la descripción de la estratigrafía encontrada en cada uno de los sondeos realizados considerando el índice de resistencia a la penetración estándar (Irpe):

DESCRIPCIÓN DEL SONDEO (SPT – 1)

Profundidad (m)	Descripción
0.00 – 2.10	Arcilla poco limosa gris oscuro con poca arena fina y algunas gravas de hasta 1", con pedacería de tabique rojo y concreto (relleno); con un contenido de agua variable de 30 a 49%; de consistencia blanda a dura; e Irpe de 4 a 44 golpes.
2.10 – 2.40	Arcilla poco limosa café grisáceo con poca arena fina; con un contenido de agua de 46%; de consistencia media; e Irpe de 7 golpes.
2.40 – 3.00	Limo poco arcilloso gris oscuro con poca arena fina; con un contenido de agua de 34%; de consistencia dura; e Irpe mayor a 50 golpes.
3.00 – 3.60	Arcilla fina a gruesa poco limosa gris oscuro; con un contenido de agua de 24%; granulométricamente constituido por 1% de gravas, 82% de arenas y 17% de finos; de compactación compacta; e Irpe de 42 golpes.
3.60 – 4.20	Arcilla poco limosa café grisáceo claro con poca arena fina; con un contenido de agua de 68%; límite líquido del 73%, límite plástico de 23% e índice plástico del 50% y que de acuerdo al S.U.C.S. pertenece al grupo CH; consistencia muy firme; e Irpe de 23 golpes.

Profundidad (m)	Descripción
4.20 – 4.80	P.S. Arena fina, media y gruesa de tipo pumítica en color gris claro. P.I. Arcilla poco limosa gris claro con escasa arena fina; con un contenido de agua variable de 58 a 69%; de compacidad suelta para la arena y consistencia media para la arcilla; e Irpe de 7 golpes.
4.80 – 7.20	Limo poco arcilloso gris oscuro con poca arena fina; con un contenido de agua variable del 43 al 69%; de consistencia blanda a dura; e Irpe de 3 a 35 golpes.
7.20 – 12.30	Estrato arcilloso café oscuro, café verdoso y café rojizo; con un contenido de agua variable entre el 74 y el 384%; límite líquido del 297%, límite plástico de 56% e índice plástico del 240% y que de acuerdo al S.U.C.S. pertenece al grupo CH; de consistencia blanda; e Irpe, solo con el peso de la herramienta y hasta 3 golpes.
12.30 – 13.20	Limo arenoso fino de color gris oscuro; con un contenido de agua variable del 26 al 33%; límite líquido del 421%, límite plástico de 64% e índice plástico del 357% y que de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; de consistencia blanda; e Irpe de 3 golpes.
13.20 – 14.10	Arcilla café rojizo a café grisáceo oscuro; con un contenido de agua medio del 94%; de consistencia blanda a media; e Irpe de 4 a 7 golpes.

Profundidad (m)	Descripción
14.10 – 14.40	Arena fina poco limosa gris oscuro; con un contenido de agua de 28%; de compactación suelta; e Irpe de 7 golpes.
14.40 – 16.20	Intercalaciones de arcilla poco limosa gris oscuro con escasa arena fina, arena fina y media gris oscuro con poco finos de limo no cohesivo y arcilla gris oscuro con escasa arena fina; con un contenido de agua variable entre 26 y 181%; granulométricamente se encuentra constituido por 86% de arenas y 14% de gravas; de consistencia muy firme a dura; e Irpe de 15 a 36 golpes.
16.20 – 16.80	Limo gris oscuro con poca arena fina; con un contenido de agua de 35%; de consistencia muy dura e Irpe mayor a 50 golpes.
16.80 – 19.80	Estrato arcilloso de color verdoso, café rojizo y café grisáceo, poco limoso y con escasa arena fina en la parte superior e inferior del estrato; con un contenido de agua variable de 60 a 253%; límite líquido del 201%, límite plástico de 45% e índice plástico del 156% y que de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; de consistencia muy blanda a firme; e Irpe de 1 a 13 golpes.
19.80 – 21.60	Limo gris oscuro con poca arena fina; con un contenido de agua variable de 18 a 25%; de consistencia firme a dura; e Irpe de 13 a 43 golpes.

Profundidad (m)	Descripción
21.60 – 23.40	Estrato arenoso constituido por arena fina y media gris oscuro con pocos trazos finos de limo no cohesivo; con un contenido de agua variable de 16 a 21%; de consistencia dura; e Irpe de 31 a más de 50 golpes.
23.40 – 24.00	Limo café oscuro; con un contenido de agua del 38%; de consistencia muy firme; e Irpe de 19 golpes.
24.00 – 28.20	Arcilla poco limosa café grisáceo claro con poca arena fina; límite líquido del 32%, límite plástico de 24% e índice plástico del 8% y que de acuerdo al SUCS pertenece al grupo ML-OL; con un contenido de agua variable entre 23 y 47%; de consistencia muy firme a dura; e Irpe de 25 a 50 golpes.
28.20 – 29.80	Limo café grisáceo oscuro con poca arena fina; con un contenido de agua de variable de 21 a 30%; granulométricamente constituido por 60% de finos y 40% de arena; de consistencia dura e Irpe de 43 a 50 golpes.

DESCRIPCIÓN DEL SONDEO (SPT – 2)

Profundidad (m)	Descripción
0.00 – 1.80	Arcilla poco limosa café grisáceo oscuro con poca arena fina y lente de arena fina y media poco limosa café oscuro, con fragmentos de tabique rojo y pedacería de concreto (relleno); con contenido de agua variable de 19 a 26%; de consistencia blanda a media; e Irpe de 2 a 6 golpes.

1.80 – 2.40	Arena fina a media poco limosa de color gris negruzco; con contenido de agua del 32%; granulométricamente constituido por 0% de gravas, 71% de arena y 29% de finos; de compacidad suelta; e Irpe de 7 golpes.
2.40 – 3.30	Arcilla poco limosa café grisáceo claro con poca arena fina, con contenido de agua medio del 49%; límite líquido del 60%, límite plástico de 24% e índice plástico del 36% y que de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; de consistencia dura; e Irpe de 41 golpes.
3.30 – 6.00	Limo poco arcilloso café grisáceo claro a gris oscuro con poca arena fina, con contenido de agua variable de 45 a 59%; de consistencia media a dura e Irpe de 7 a 43 golpes.
6.00 – 7.80	Arena fina y media poco limosa gris oscuro negrusco con pocos finos de limo no cohesivo en la parte inferior del estrato arenoso; con contenido de agua medio de 34%; granulométricamente constituido por 0% de gravas, 75% de arena y 25% de finos; de compacidad compacta e Irpe de 30 a 42 golpes.
7.80 – 14.10	Estrato arcilloso de color café oscuro, café grisáceo oscuro, gris verdoso oscuro, café rojizo y café verdoso; con un contenido de agua variable de 111 a 340%; límite líquido variable de 409 a 428%, límite plástico medio del 53% e índice plástico variable entre 354 y 377% y que de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; granulométricamente

constituido por 0% de gravas, 42% de arena y 58% de finos; de consistencia muy blanda a firme; e Irpe de 1 a 12 golpes.

Profundidad (m)	Descripción
14.10 – 14.40	Arena fina y media gris oscuro con pocos finos de limo no cohesivo; con un contenido de agua de 18%; de compactación media; e Irpe de 17 golpes.
14.40 – 15.00	Arcilla poco limosa gris oscuro con escasa arena fina; con contenido de agua de 124%; de consistencia media; e Irpe de 6 golpes.
15.00 – 15.60	Arena fina poco limosa gris oscuro; con un contenido de 30%; de compactación compacta; e Irpe de 32 golpes.
15.60 – 16.20	Limo poco arcilloso gris claro; con contenido de agua del 63%; de consistencia muy firme; e Irpe de 17 golpes.
16.20 – 16.80	Arena fina a gruesa gris oscuro con pocos finos de limo no cohesivo; con contenido de agua de 26%; granulométricamente constituido por 1% de gravas, 92% de arena y 7% de finos; de consistencia muy compacta; e Irpe mayor a 50 golpes.
16.80 – 17.40	Limo poco arcilloso café grisáceo oscuro con escasa arena fina; con contenido de agua variable de 83%; de consistencia firme e Irpe de 12 golpes.
17.40 – 19.80	Estrato arcilloso café grisáceo oscuro y café rojizo, poco limoso con escasa arena fina en la parte superior e inferior del estrato; con contenido de

agua variable de 99 a 185%; límite líquido de 178%, límite plástico de 46% e índice plástico de 132% y que de acuerdo al S.U.C.S. pertenece al grupo CH; de consistencia media a dura; e Irpe de 8 a 42 golpes.

Profundidad (m)	Descripción
19.80 – 21.30	Limo gris oscuro con poca arena fina y contenido de agua variable entre 20 y 43%; de consistencia dura; e Irpe de 41 golpes.
21.30 – 22.80	Arena fina y media gris oscuro con pocos finos de limo no cohesivo; con contenido de agua variable de 15 a 26%; de compactación compacta; e Irpe de 31 a 50 golpes.
22.80 – 23.40	Limo café grisáceo oscuro con poca arena fina; con contenido de agua de 44%; de consistencia muy firme; e Irpe de 17 golpes.
23.40 – 24.30	Arena fina y media poco limosa; con contenido de agua variable de medio de 27%; de compactación media a compacta; e Irpe de 16 a 32 golpes.
24.30 – 24.60	Arcilla poco limosa café grisáceo claro con escasa arena fina; con contenido de agua de 54%; de consistencia dura; e Irpe de 32 golpes.
24.60 – 30.60	Limo café grisáceo claro, poco arcilloso con escasa arena fina; con contenido de agua variable de 21 a 58%; de consistencia dura; e Irpe de 35 a 50 golpes.

DESCRIPCIÓN DEL SONDEO (SPT – 3)

Profundidad (m)	Descripción
0.00 – 2.10	Arcilla poco limosa café grisáceo oscuro con poca arena fina y fragmentos de tabique rojo (relleno), con contenido de agua medio del 25%; de consistencia media a firme; e Irpe de 8 a 12 golpes.
2.10 – 3.60	Limo poco arcilloso gris oscuro con poca arena fina; con contenido de agua medio del 37%; de consistencia dura; e Irpe mayor a 50 golpes.
3.60 – 4.20	Arena fina, media y gruesa pumítica de color gris claro; con contenido de agua del 72%; granulométricamente constituido por 7% de gravas, 76% de arena y 17% de finos; de compacidad suelta; e Irpe de 7 golpes.
4.20 – 6.00	Limo poco arcilloso gris oscuro con poca arena fina; con contenido de agua variable de 38 a 43%; límite líquido de 49%, límite plástico de 32% e índice plástico de 17% y que de acuerdo al SUCS pertenece al grupo ML-OL; de consistencia dura; e Irpe de 47 a 50 golpes.
6.00 – 7.20	Arena fina a gruesa de color gris oscuro con pocos finos de limo no cohesivo y arcilla poco limosa gris oscuro con poca arena fina intercalada en el estrato; con contenido de agua variable de 38 a 43%; granulométricamente constituido por 0% de gravas, 91% de arena y 9% de finos; de compacidad suelta a compacta; e Irpe de 6 a 42 golpes.

Profundidad (m)	Descripción
7.20 – 7.50	Limo gris oscuro con poca arena fina; con contenido de agua de 39%; de consistencia blanda; e Irpe de 4 golpes.
7.50 – 8.40	Arcilla café oscuro con escasa arena fina; con contenido de agua variable de 162 a 330%; límite líquido de 365%, límite plástico de 83% e índice plástico de 283% y que de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; de consistencia muy blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (I.R.P.E.) de 1 golpes.
8.40 – 10.20	Arcilla poco limosa café grisáceo oscuro con escasa arena fina; con contenido de agua variable de 153-202%; de consistencia muy blanda; e Irpe de 1 a 2 golpes.
10.20 – 12.00	Arcilla café verdoso; con contenido de agua variable entre 304 y 330%; de consistencia muy blanda a blanda; e Irpe solo con el peso de la herramienta y hasta 4 golpes.
12.00 – 12.60	Limo arenoso fino gris oscuro; con contenido de agua del 32%; de consistencia firme; e Irpe de 16 golpes.
12.60 – 14.10	Arcilla café rojizo, café grisácea con poca arena fina; con contenido de agua variable de 88 a 135%; de consistencia media a firme; e Irpe de 4 a 10 golpes.
14.10 – 15.60	Estrato de arena fina, media y gruesa con pocos finos de limo no cohesivo y con gravas de hasta 1"; con contenido de agua medio del 24%;

granulométricamente constituido por 0% de gravas, 75% de arena y 25% de finos; de compacidad suelta a compacta; e Irpe de 28 a 50 golpes.

Profundidad (m)	Descripción
15.60 – 18.90	Estrato arcilloso gris oscuro, gris verdoso, y café rojizo, con escasa arena fina en la parte superior e inferior del estrato; con contenido de agua variable de 20 a 340%; granulométricamente constituido por 0% de gravas, 91% de arena y 9% de finos; límite líquido de 314%, límite plástico de 69% e índice plástico de 245% y que de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; de consistencia muy blanda a firme; e Irpe, solo con el peso de la herramienta y hasta 18 golpes.
18.90 – 19.20	Arena fina limosa gris oscuro; con contenido de agua del 62%; de compacidad media e Irpe de 25 golpes.
19.20 – 21.00	Limo gris oscuro con poca arena fina y contenido de agua variable de 3 a 32%; de consistencia dura; e Irpe de 35 a 50 golpes.
21.00 – 22.80	Arena fina, media y gruesa de color café grisáceo con pocos finos de limo no cohesivo; con contenido de agua medio del 23%; de compacidad muy compacta e Irpe mayor a 50 golpes.
22.80 – 25.80	Limo café grisáceo con poca arena fina; con contenido de agua variable de 26 a 67%; granulométricamente constituido por 17% de arena y 83% de finos; límite líquido de 32%, límite plástico

de 23% e índice plástico de 9% y que de acuerdo al S.U.C.S. pertenece al grupo ML-OL; de consistencia firme a dura; e Irpe de 9 a 50 golpes.

Profundidad (m)	Descripción
25.80 – 27.60	Limo poco arcilloso café grisáceo claro con poca arena fina; con contenido de agua variable de 24 a 31%; de consistencia dura; e Irpe mayor a 50 golpes.
27.60 – 29.40	Limo arenoso fino café grisáceo claro, con contenido de agua variable de 16 al 30%; de consistencia dura; e Irpe de 34 a 50 golpes.
29.40 – 30.00	Limo gris claro; con contenido de agua medio del 26%; de consistencia dura; índice de resistencia a la penetración estándar (I.R.P.E.) de 46 golpes.

DESCRIPCIÓN DEL SONDEO (SM – 1)

Profundidad (m)	Descripción
0.00 – 3.00	Arcilla poco limosa café grisáceo oscuro con poca arena fina y fragmentos de tabique rojo (relleno) y gravas con diámetros de hasta 1”; con contenido de agua variable de 22 a 29%; de consistencia blanda a dura; e Irpe de 3 a 50 golpes.
3.00 – 5.10	Arcilla poco limosa café grisáceo claro, gris verdoso y gris claro con escasa arena fina; con contenido de agua variable de 38 a 68%; límite líquido de 74%, límite plástico de 32% e índice plástico de 42% y que de acuerdo al S.U.C.S. pertenece al grupo CH; con una cohesión de 12.5 ton/m ² y un ángulo de

fricción interna de 7° y peso volumétrico natural de 1.75 ton/m^3 , obtenidos de la prueba triaxial rápida UU no consolidada-no drenada; densidad de sólidos promedio de 2.51; de consistencia media a dura; e Irpe de 7 a 50 golpes.

Profundidad (m)	Descripción
5.10 – 6.90	Limo arenoso gris oscuro con poca arena en la parte inferior y arena fina y media poco limosa gris oscuro intercala en el estrato; con contenido de agua variable de 29 a 51%; de consistencia muy firme a dura; índice de resistencia a la penetración estándar (I.R.P.E.) de 18 a 50 golpes.
6.90 – 7.80	Arcilla poco limosa café oscuro con escasa arena fina; con contenido de agua variable de 40 a 74%; de consistencia blanda; e Irpe de 4 golpes.
7.80 – 8.30	Arena fina poco limosa gris oscuro; con contenido de agua de 40%; de compacidad muy suelta; e Irpe de 4 golpes.
8.30 – 8.90	Estrato arcilloso de color gris oscuro con poca arena fina en la parte inferior; con contenido de agua variable de 125 a 280%; límite líquido de 185%, límite plástico de 55% e índice plástico de 130% y que de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; con una cohesión de 10.0 ton/m^2 y un ángulo de fricción interna de 4° y peso volumétrico natural de 1.31 ton/m^3 , obtenidos de la prueba triaxial rápida UU no consolidada-no drenada; densidad de sólidos promedio de 2.20.

Profundidad (m)	Descripción
8.90 – 9.50	Arcilla poco limosa gris oscuro negruzco en la parte superior y café oscuro en la parte inferior con poca arena fina; con contenido de agua medio de 104%; de consistencia muy blanda; e Irpe inferior a un golpe.
9.50 – 12.90	Arcilla gris verdoso en la parte superior y café verdoso en la parte inferior; con contenido de agua variable de 133 a 316%; límite líquido variable entre 192 y 426%, límite plástico medio del 54% e índice plástico variable entre 138 y 371% y que de acuerdo al S.U.C.S. pertenece al grupo CH; con una cohesión de 11.5 ton/m ² y un ángulo de fricción interna de 10° y peso volumétrico natural de 1.17 ton/m ³ , obtenidos de la prueba triaxial rápida UU no consolidada-no drenada; densidad de sólidos promedio de 2.14; de consistencia muy blanda; e Irpe inferior a un golpe.
12.90 – 13.20	Limo gris oscuro con poca arena fina; con contenido de agua del 39%; de consistencia media; e Irpe de 7 golpes.
13.20 – 13.50	Arcilla café verdoso; con contenido de agua de 218%; de consistencia media; e Irpe de 7 golpes.
13.50 – 14.10	Arcilla poco limosa café oscuro y café rojiza, con escasa arena fina; con contenido de agua variable de 83 a 207%; de consistencia firme; e Irpe de 9 golpes.

Profundidad (m)	Descripción
14.10 – 14.70	Limo gris oscuro con poca arena fina; con contenido de agua medio del 34%; e Irpe de 12 golpes.
14.70 – 15.00	Arena fina y media poco limosa gris oscuro; con contenido de agua del 30%; de compactación muy suelta; e Irpe de 4 golpes.
15.00 – 15.60	Arcilla café grisáceo oscuro; con contenido de agua variable de 125 a 210%; límite líquido de 212%, límite plástico de 55% e índice plástico de 157% y que de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; con una cohesión de 4.75 ton/m ² y un ángulo de fricción interna de 3° y peso volumétrico natural de 1.20 ton/m ³ , obtenidos de la prueba triaxial rápida UU no consolidada-no drenada; densidad de sólidos promedio de 2.16.
15.60 – 16.20	Arena fina gris oscuro con pocos finos de limo no cohesivo; con contenido de agua del 26 e Irpe de más de 50 golpes.
16.20 – 16.80	Limo arenoso fino gris oscuro; con contenido de agua del 27%; de consistencia dura; e Irpe de mas de 50 golpes.
16.80 – 17.10	Arena fina, media y gruesa gris oscuro con pocos finos de limo no cohesivo; con contenido de agua variable del 16%; de compactación muy compacta; e Irpe de mas de 50 golpes.
17.10 – 20.00	Arcilla poco limosa gris oscuro con poca arena fina en la parte superior e inferior, y arcilla gris verdoso y rojizo en la parte central; con contenido de agua

variable de 41 a 165%; límite líquido de 153%, límite plástico de 48% e índice plástico de 105% y que de acuerdo al S.U.C.S. pertenece al grupo CH; con una cohesión de 34 ton/m² y un ángulo de fricción interna de 10° y peso volumétrico natural de 1.28 ton/m³, obtenidos de la prueba triaxial rápida UU no consolidada-no drenada; densidad de sólidos promedio de 2.17; de consistencia blanda a dura; e Irpe mayor a 50 golpes.

DESCRIPCIÓN DEL SONDEO (SM – 2)

Profundidad (m)	Descripción
0.00 – 4.80	Arcilla poco limosa de color café grisáceo con poca arena fina; con contenido de agua del 30 al 56%; límite líquido de 96%, límite plástico de 26% e índice plástico de 70% y que de acuerdo al S.U.C.S. pertenece al grupo CH; de consistencia media a dura; e Irpe de 7 a 39 golpes.
4.80 – 5.40	Limo arenoso fino gris oscuro; con contenido de agua de 35%; granulométricamente constituido por 70% de finos y 30% de arena; de consistencia dura; e Irpe de 36 golpes.
5.40 – 6.60	Arcilla poco limosa gris oscuro con escasa arena fina; con contenido de agua medio de 43%; de consistencia muy firme a dura; e Irpe de 25 a 43 golpes.

Profundidad (m)	Descripción
6.60 – 7.50	Arena fina a media gris oscuro con pocos finos de limo no cohesivo; con contenido de agua variable de 31 a 92%; de compacidad media; e Irpe de 27 golpes.
7.50 – 8.38	Arcilla orgánica de color café oscuro con escasa arena fina; con contenido de agua variable de 190 a 280%; granulométricamente constituido por 98% de finos y 2% de arena; límite líquido de 797%, límite plástico de 54% e índice plástico de 743% y que de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; densidad de sólidos de 2.18; con una cohesión de 26 ton/m ² y un ángulo de fricción interna de 2° y peso volumétrico natural de 1.13 ton/m ³ , obtenidos de la prueba triaxial rápida UU no consolidada-no drenada; de consistencia blanda; e Irpe de 4 golpes.
8.38 – 9.20	Arcilla café grisáceo oscuro con escasa arena fina; con contenido de agua medio de 115%; de consistencia muy blanda; e Irpe de 2 golpes.
9.20 – 12.70	Arcilla gris verdoso oscuro en la parte superior y café verdoso en la parte media e inferior con pequeños lente de limo blanquizco; con contenido de agua variable entre 228 y 313%; granulométricamente constituido por 99% de finos y 1% de arena; límite líquido de 432%, límite plástico de 56% e índice plástico de 376% y que de acuerdo al S.U.C.S. pertenece al grupo CH; con una cohesión de 25 ton/m ² y un ángulo de fricción interna de 10° y peso volumétrico natural promedio

de 1.16 ton/m³, obtenidos de la prueba triaxial rápida UU no consolidada-no drenada; densidad de sólidos promedio de 2.16; de consistencia muy blanda; e Irpe inferior a un golpe.

Profundidad (m)	Descripción
12.70 – 13.00	Arena fina poco limosa gris oscuro negruzco; con contenido de agua de 24%; de compacidad media; e Irpe de 23 golpes.
13.00 – 13.60	Arcilla café verdoso oscuro; con contenido de agua de 146%; de consistencia muy blanda e Irpe de 2 golpes.
13.60 – 14.80	Arcilla poco limosa gris oscuro con escasa arena fina; con contenido de agua variable entre 50 y 94%; de consistencia media a firme; e Irpe de 7 a 16 golpes.
14.80 – 15.40	Arena fina y media poco limosa de color café; con contenido de agua de 19%; de compacidad muy compacta; e Irpe mayor a 50 golpes.
15.40 – 16.60	Limo gris con poca arena fina; con contenido de agua de 26%; de consistencia dura; e Irpe de 41 a 50 golpes.
16.60 – 18.90	Arcilla gris verdoso y café rojizo; con contenido de agua variable de 111 a 138%; granulométricamente constituido por 97% de finos y 3% de arena; límite líquido de 215%, límite plástico de 52% e índice plástico de 163% y que de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; con una cohesión de 31 ton/m ² y un ángulo de fricción interna de 12° y peso

volumétrico natural promedio de 1.32 ton/m³, obtenidos de la prueba triaxial rápida UU no consolidada-no drenada; densidad de sólidos promedio de 2.18; de consistencia blanda a media; e Irpe de 3 a 7 golpes.

Profundidad (m)	Descripción
18.90 – 19.20	Arcilla poco limosa gris oscuro con poca arena fina; con contenido de agua de 83%; de consistencia media; e Irpe 7 golpes.
19.20 – 20.40	Arena fina poco limosa gris oscuro; con contenido de agua variable de 19 a 45%; de compacidad media a compacta; e Irpe de 24 a 50 golpes.
20.40 – 21.00	Limo poco arcilloso gris oscuro con poca arena fina; con contenido de agua del 21%; de consistencia dura; e Irpe mayor a 50 golpes.
21.00 – 22.80	Arena fina limosa café grisáceo; con contenido de agua medio de 22%; granulométricamente constituido por 80% de arena y 20% de finos; de compacidad muy compacta; e Irpe mayor a 50 golpes.
22.80 – 24.60	Limo café grisáceo claro con poca arena fina; con contenido de agua variable entre 21 y 39%; de consistencia muy firme a dura e Irpe de 18 a 43 golpes.
24.60 – 27.60	Limo poco arcilloso café grisáceo con escasa arena fina; con contenido de agua variable entre 21 y 37%; límite líquido de 43%, límite plástico de 23% e índice plástico de 20% y que de acuerdo al SUCS

pertenece al grupo CL; de consistencia dura; e Irpe mayor a 50 golpes.

Profundidad (m)	Descripción
27.60 – 29.40	Arena fina poco limosa café grisáceo oscuro; con contenido de agua medio del 23%; de compacidad compacta a muy compacta; e Irpe de 43 a mas de 50 golpes.
29.40 – 29.80	Limo gris claro (ceniza volcánica); con contenido de agua del 15%; de consistencia dura; e Irpe mayor a 50 golpes.

DESCRIPCIÓN DEL SONDEO (SM – 3)

Profundidad (m)	Descripción
0.00 – 1.80	Arcilla poco limosa café grisáceo oscuro con poca arena fina, pedacería de tabique rojo y concreto (relleno); con contenido de agua del 47%; de consistencia blanda; e Irpe de 4 golpes.
1.80 – 3.60	Limo arenoso fino café grisáceo con poca arena fina en la parte superior; con contenido de agua variable de 24 a 42%; de consistencia dura; e Irpe de 31 a 50 golpes.
3.60 – 4.20	Arena fina, media y gruesa pumítica de color gris claro con limo poco arcilloso en la parte superior; con contenido de agua del 72%; de compacidad media; e Irpe de 11 golpes.
4.20 – 5.60	Limo poco arcilloso de color gris oscuro con poca arena fina; con contenido de agua variable de 45 a 50%; granulométricamente constituido por 43% de

finos y 57% de arena; límite líquido de 59%, límite plástico de 24% e índice plástico de 35% y que de acuerdo al S.U.C.S. pertenece al grupo CL; con una cohesión de 2.5 ton/m² y un ángulo de fricción interna de 5° y peso volumétrico natural de 1.37 ton/m³, obtenidos de la prueba triaxial rápida UU no consolidada-no drenada; densidad de sólidos de 2.51; de consistencia firme a dura; e Irpe de 9 a 50 golpes.

5.60 – 6.80

Arena fina y media gris oscuro con pocos finos de limo no cohesivo y con arcilla poco limosa gris verdoso en la parte superior; con contenido de agua variable de 26 a 39%; de compactación media a compacta; e Irpe de 17 a 33 golpes.

6.80 – 8.20

Arcilla poco limosa gris oscuro con escasa arena fina; con contenido de agua medio de 149%; granulométricamente constituido por 99% de finos y 1% de arena; límite líquido de 130%, límite plástico de 34% e índice plástico de 96% y que de acuerdo al S.U.C.S. pertenece al grupo CH; con una cohesión de 11.7 ton/m² y un ángulo de fricción interna de 5° y peso volumétrico natural de 1.32 ton/m³, obtenidos de la prueba triaxial rápida UU no consolidada-no drenada; densidad de sólidos de 2.52; de consistencia blanda; e Irpe de 3 golpes.

8.20 – 8.50

Limo poco arcilloso gris oscuro con poca arena fina; con contenido de agua del 85%; de consistencia muy blanda; e Irpe inferior a un golpe.

Profundidad (m)	Descripción
8.50 – 12.30	<p>Arcilla poco limosa en la parte superior de color gris verdoso oscuro a café grisáceo con poca arena fina y café rojizo en la parte inferior; con contenido de agua variable de 133 a 333%; granulométricamente constituido por 95% de finos y 5% de arena; límite líquido variable entre 232 y 310%, límite plástico variable de 57 a 88% e índice plástico variable entre 165 y 222% y que de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; con una cohesión de 17 ton/m² y un ángulo de fricción interna de 101° y peso volumétrico natural promedio de 1.14 ton/m³, obtenidos de la prueba triaxial rápida UU no consolidada-no drenada; densidad de sólidos promedio de 2.17; de consistencia muy blanda; índice de resistencia a la penetración estándar (I.R.P.E.) con el peso de la herramienta y hasta 2 golpes.</p>
12.30 – 15.50	<p>Interestratificación de material arcilloso café rojizo y gris oscuro poco limoso y limo arenoso fino de color café grisáceo oscuro; con contenido de agua variable entre 31 y 230%; granulométricamente constituido por 98% de finos y 2% de arena; con una cohesión de 12.2 ton/m² y un ángulo de fricción interna de 7° y peso volumétrico natural de 1.24 ton/m³, obtenidos de la prueba triaxial rápida UU no consolidada-no drenada; densidad de sólidos promedio de 2.18; de consistencia blanda a dura; e Irpe de 2 a 50 golpes.</p>

Profundidad (m)	Descripción
15.50 – 16.70	Arena fina, media y gruesa de color gris oscuro con pocos finos de limo no cohesivo; con contenido de agua medio de 19; de compactidad compacta; e Irpe de 50 golpes.
16.70 – 19.30	Estrato arcilloso café grisáceo con poca arena fina en la parte superior e inferior y de color rojizo sin arena en la parte central; con contenido de agua variable de 105 a 219%; granulométricamente constituido por 97% de finos y 3% de arena; límite líquido de 309%, límite plástico de 64% e índice plástico de 245% y que de acuerdo al SUCS pertenece al grupo CH; con una cohesión de 17 ton/m ² y un ángulo de fricción interna de 7° y peso volumétrico natural de 1.21 ton/m ³ , obtenidos de la prueba triaxial rápida UU no consolidada-no drenada; densidad de sólidos promedio de 2.17; de consistencia blanda a muy firme; e Irpe de 4 a 25 golpes.
19.30 – 21.10	Limo arenoso fino de color gris verdoso oscuro en la parte superior y café grisáceo en la parte inferior; con contenido de agua variable de 15 a 35%; de consistencia dura; e Irpe de 41 a 50 golpes.
21.10 – 22.90	Arena fina y media poco limosa de color café grisáceo oscuro en la parte superior y gris oscuro con pocos finos de limo no cohesivo en la parte inferior; con contenido de agua variable de 15 a 24%; de compactidad muy compacta; e Irpe mayor a 50 golpes.

Profundidad (m)	Descripción
22.90 – 25.30	Limo café grisáceo claro con poca arena fina; con contenido de agua variable de 23 a 53%; de consistencia muy firme a dura; e Irpe de 18 a 50 golpes.
25.30 – 27.70	Limo poco arcilloso café grisáceo claro con poca arena fina; con contenido de agua variable de 21 a 47%; de consistencia dura; e Irpe de 47 a más de 50 golpes.
27.70 – 29.50	Arena fina limosa café grisáceo oscuro; con contenido de agua variable de 25 a 34%; de compactación compacta; e Irpe de 37 a 50 golpes.
29.50 – 30.10	Limo poco arcilloso café grisáceo claro con poca arena fina; con contenido de agua de 91%; de consistencia dura; e Irpe de 41 golpes.

El nivel de aguas freáticas se detectó a 3.0 m de profundidad con respecto al nivel actual del terreno y en la fecha en que se realizó la exploración.

HUNDIMIENTO REGIONAL

La zona está sometida al hundimiento regional producido por la extracción de agua de los mantos acuíferos profundos. A partir de la información de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH) se infiere que el hundimiento regional en la zona para el periodo 1989 – 1998 fue del orden de 25cm. Lo anterior indica que el hundimiento por año es 2.0 cm; sin embargo, este valor tiende a reducirse en el futuro.

5. ANÁLISIS DE CIMENTACIÓN

Los lineamientos para determinar el tipo de cimentación y su desplante se establecieron de acuerdo con los siguientes criterios:

Considera un cajón de cimentación:

Este tipo de cimentación cumple por capacidad de carga; sin embargo, los asentamientos diferenciales podrían resultar mayores a los permitidos por el reglamento; si únicamente se construyera un cajón considerando que, de acuerdo con el proyecto, se requiere que el cajón sea del tamaño del predio para alojar el estacionamiento, con esta condición el cajón de cimentación tendrá traveses de cimentación y quedará sobre compensado; se tendría así una sobrecompensación de 3 ton/m^2 , y se requeriría de un lastre para compensar totalmente la estructura, para que la sobrecompensación se decremente lo más posible para obtener expansiones admisibles; adicionalmente, por la geometría del cajón y por la distribución de las cargas que se desconoce y que fueron estimadas, se pronostica que se tendría una excentricidad, debido a que el centro de cargas no coincidiría con el centro geométrico del cajón, y en condiciones dinámicas (sismo) tendría movimientos fuera de lo permisible.

En el caso de que el cajón sea del tamaño del predio no ocurrirá la falla de la costra superficial por los esfuerzos transmitidos en condición sísmica.

Se revisarán las tensiones en la losa de cimentación del sótano de estacionamiento con las cargas que se determinen en forma definitiva por el estructurista.

Dado que las características del proyecto serán diferentes en cuanto al sembrado del cajón y a las cargas estimadas, como ya mencionó se presentará una excentricidad; entonces la solución de cimentación del proyecto debe ser de tipo mixta, formada por un cajón rígido de cimentación desplantado a -6.0 m de profundidad con pilas de sección constante desplantadas a 25 m de profundidad respecto al nivel de banquetas, como se muestra en las figuras 36 y 37.

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

Para la estructura de dos niveles y dos sótanos analizada, el peso de la estructura que no incluye el peso de la cimentación para las condiciones de carga permanente más carga viva, corresponde a una carga uniformemente repartida de una presión unitaria de 5.5 ton/m^2 , considerada uniformemente distribuida por la losa de fondo del cajón de cimentación.

Considerando que los materiales del subsuelo entre la superficie y 6.0 m de profundidad tienen un peso volumétrico de 1.45 ton/m^3 , la profundidad de desplante establecida es suficiente para obtener deformaciones admisibles y considerando la excentricidad que tendrá el proyecto, se requieren pilas que satisfagan la revisión del estado límite de servicio; lo anterior es tomando en cuenta que entre 9 y 20m de profundidad, se tiene materiales con un alto contenido de agua y una baja resistencia a la penetración estándar.

Reemplazando los valores anteriores, la capacidad de carga estática y dinámica admisible para el cajón de cimentación será de 16 y 20 ton/m^2 respectivamente.

5.1 Alternativa de cimentación

Para elegir una alternativa de cimentación es indispensable considerar la heterogeneidad tanto en la constitución de los materiales como en su compacidad, característica de los depósitos de tipo arcilloso en la zona de transición baja; en particular en el predio de interés, en los primeros 20m de profundidad se tienen materiales de compacidad variable entre suelta y muy compacta, con I_{rpe} variable entre 1 y 50 golpes, y con diferentes proporciones de contenido arcilloso que dan lugar a que su módulo de elasticidad sea variable y disminuya éste al aumentar el contenido arcilloso; una cimentación de tipo superficial no resulta adecuada para cargas de gran magnitud proyectada, pues 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 al tener

los materiales de apoyo valores del módulo de elasticidad del orden de 650 ton/m², y 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, cabe considerar que a partir de 20 m de profundidad se encuentra un depósito muy compacto, de alta resistencia y baja compresibilidad; una cimentación mediante pilas apoyadas a 25m de profundidad respectivamente, empotrándose 3.0 m dentro de los materiales muy compactos, tendrá un comportamiento admisible ante cargas de gran magnitud, que cumplirá las condiciones de operación de la estructura proyectada; cabe recordar que, entre 22 y 24m se detectaron capas con una resistencia inferior a los 50 golpes, razón por la cual se decidió apoyarse hasta 25m de profundidad.

Dado que las condiciones de operación de la estructura requieren que los asentamientos o deformaciones de los materiales de apoyo de la cimentación resulten prácticamente nulos bajo las condiciones de operación, el estado límite de servicio regirá el diseño de la cimentación.

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 comentado, se propone resolver la cimentación a base de pilas desplantadas a 25 m de profundidad respecto al nivel de terreno actual; es decir, que la longitud efectiva de éstas será de 19m aproximadamente. Existe la posibilidad de utilizar campanas para el diseño de las pilas.

5.2.1 Capacidad de carga

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:

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

Donde:

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 (sísmico)

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

A partir de los resultados de los sondeos de penetración estándar (SPT) y las correlaciones que existen entre los valores de SPT y la resistencia de cono (q_c), la capacidad de carga última por punta, Q_{pu} se calcula mediante la siguiente expresión propuesta por Vesic:

$$Q_{pu} = q_c A_p$$

Donde:

q_c resistencia de punta del cono, representativa del estrato de apoyo de las pilas, t/m^2 .

A_p área transversal de la punta de la pila, m^2 .

La fuerza de fricción en el fuste de la pila se determina con:

$$Q_{fu} = 0.3\varpi \int \sigma_0 dz$$

Donde:

ϖ perímetro de la pila, m.

$\int \sigma_0 dz$ área del diagrama de esfuerzos efectivos verticales iniciales en la longitud de la pila, t/m^2 .

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:

$$Q_a = 255.7 D^2 + 122.86 D$$

Condición sísmica:

$$Q_a = 449.05 D^2 + 122.86 D$$

5.2.2 Análisis de asentamientos

Los asentamientos totales que la estructura puede experimentar fueron definidos mediante la interacción suelo-estructura para una cimentación rígida en condiciones estáticas. La expresión utilizada es la siguiente:

$$\delta = \frac{(3 - 4\nu)(1 + \nu)}{2\pi} \frac{Q}{E_s d}$$

Donde:

δ asentamiento bajo el centro de la pila, cm.

ν relación de Poisson, 0.25

E_s módulo de elasticidad representativo del material de desplante, 10,000 t/m².

d diámetro de la pila, cm.

Q carga media estática en la pila, ton.

De acuerdo con el análisis realizado, se define que la magnitud de los asentamientos en las pilas puede oscilar entre 1.7cm y 2.8cm. Estas deformaciones son admisibles de acuerdo con los lineamientos del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y deben considerarse en el diseño estructural.

a) 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 la más favorable (larga).

La distribución y la magnitud de las cargas en condiciones estáticas y sísmicas deberán ser proporcionadas por el Ingeniero estructurista para su 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.

5.2.3 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 dos veces menor que la capacidad de carga última, definida con la expresión:

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

Donde:

FS factor de seguridad.

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

$\sum Q_e$ 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, éstas se deben revisar 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.

5.2.4 Tensiones inducidas por sismo

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

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

NOTA: Todas las variables han sido definidas anteriormente.

5.2.5 Cortante inducido por sismo

La fuerza cortante sísmica V deberá ser soportada por el empuje pasivo P , la fricción de las paredes del cajón y 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:

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

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

$$F_f = \left(Bd + BL - \sum^a_{pi} \right)$$

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

Donde:

- L dimensión del cajón en la dirección perpendicular al sismo, m.
- d profundidad de desplante (incluye contratraveses 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, m².

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

F_s factor de seguridad mínimo de 1.5

En nuestro caso sólo consideramos la fricción de la losa de fondo del cajón; por tanto, si el área de contacto es de 3741 m² y la fricción utilizada es de 5.0 t/m², y por otro lado el cortante estimado en condiciones sísmicas es de 2752.0 ton estimada; si sustituimos los valores correspondientes el factor de seguridad es superior al mínimo permisible. Por ende, la cimentación no presentara problemas en este rubro.

5.2.6 Implicaciones estructurales.

a) Presiones horizontales contra ademes de contención.

De conformidad con el proyecto arquitectónico preliminar, se tienen considerados dos sótanos, es decir, que el nivel máximo de proyecto es del orden de 6 m; los sótanos se construirán a paño de las colindancias del proyecto, esto implica colocar un sistema de contención para soportar los cortes generados por la excavación.

El empuje para el diseño del sistema de contención a corto plazo, se estimo a partir de la envolvente de distribución de presiones de Rankine, redistribuida según lo propuesto por Terzaghi-Peck.

La distribución de presiones horizontales calculadas con Rankine, se obtuvo aplicando la siguiente expresión:

$$P_{ha} = (\gamma_s Z + q)K_a - 2C\sqrt{K_a}$$

Donde:

P_{ha} presiones activas para condición a corto plazo, t/m².

K_a coeficiente de presión activa de tierra, según Rankine.

γ_s peso volumétrico del suelo, t/m³.

Z altura a la cual se estima la presión, m.

q sobrecarga en la superficie, 1.5 t/m².

b) Empuje contra muros de sótano

Para el muro perimetral del cajón del sótano y altura máxima 6 m, la distribución de los empujes laterales, la cual fue obtenida mediante la siguiente expresión:

$$Ph = K_0(\gamma_s Z + q)$$

Donde:

Ph₀ presión para condición a largo plazo, t/m².

K₀ coeficiente de empuje en reposo.

γ_s peso volumétrico del suelo, t/m³.

Z altura a la que se estima la presión, 6 m.

q sobrecarga en la superficie, 1.5 t/m².

Módulo de reacción

El módulo de reacción del subsuelo se define como:

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

Donde:

k Módulo de reacción, kg/cm³.

Δγ Incremento de esfuerzo neto, kg/cm².

δ Asentamiento esperado, cm.

Los asentamientos y módulos de reacción vertical para pilas son:

Diámetro de Pila (m)	Deformación (cm)	Kv (ton/cm)
0.8	0.9	136
1	1.1	145
1.2	1.3	148

El módulo de reacción vertical del suelo de desplante para el diseño de pilas se presenta en la Tabla I; los módulos de reacción horizontales promedio para el diseño de pilas se resumen en la Tabla II.

Tabla I. Módulos de reacción vertical para el diseño de pilas desplantadas a 25 m. respecto al nivel de terreno actual

Diámetro de pila (m)	Módulo estático (ton/m²/cm)	Módulo dinámico (ton/m²/cm)
0.8	866	1086
1	600	740
1.2	440	532

Tabla II. Módulos de reacción horizontal para el diseño de pilas

Tipo de suelo	Profundidades efectivas	Módulo estático (ton/m²/cm)	Módulo dinámico (ton/m²/cm)
Capa vegetal y rellenos	0.00 – 1.00 m	25.5	30.56
Arcilla con escasa arena	1.0 – 20.0m	215.25	417.3
Depósito tobaceo (arcilla limosa con escasa arena)	20.00 – 30.0 m	435.25	897.64

Las pilas soportarán la totalidad de las solicitaciones transmitidas por la estructura; se deberán diseñar estructuralmente para soportar las cargas axiales de trabajo de compresión y tensión del análisis estructural definitivo.

Para el diseño estructural de la losa de sótano se plantean las siguientes propuestas:

Si la losa de fondo del sótano dos se liga estructuralmente con la propuesta de cimentación (pila-contratrabes), ésta se debe diseñar para soportar las concentraciones de carga de compresión y tensión inducidas por las pilas individuales o subgrupo de pilas. Asimismo, la losa soportar parte de la presión de compensación actuando hacia arriba y uniformemente distribuida en el área de cimentación; debido a que parte de las expansiones se experimentarán durante la construcción del proyecto, esta presión es del orden de 8.7 t/m^2 .

5.3 Revisión según el Reglamento de Construcciones para el D.F.

De conformidad con el Reglamento de Construcciones del DF, 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.

A continuación se presentan los resultados de los análisis de los estados límite de falla y de servicio para la alternativa de cimentación en base a ***pilas de sección constante***, apoyadas a 25 m de profundidad, de tal manera que se empotren en los materiales resistentes, considerando cargas proporcionadas.

5.3.1 Capacidad de carga

La capacidad de la carga de las pilas se determinó mediante el criterio establecido en el Reglamento de Construcciones, como 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 generar asentamientos provocados por sobrecargas superficiales o por desecación de los

depósitos superficiales, las pilas se sobrecargarán al desarrollar fricción negativa sobre su fuste.

Como efectos de este proceso, disminuye la presión efectiva al nivel de la base de la pila y se reduce la capacidad de carga útil.

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

$$FN = (w k_o) / (1 + (w k_o d / 3a)) \int P_o z \, dz$$

Donde:

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 m.

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 (Qa) 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:¹

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

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

Donde:

Qa: 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.

Pv: presión vertical total debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de las pilas, en ton/m².

Ap: área transversal de la base de las pilas, en m².

Nc*: Coeficiente de capacidad de carga, adimensional, que esta función del ángulo de fricción interna del material de apoyo de las pilas ϕ , y del empotramiento dentro de los materiales resistentes, determinado mediante la siguiente fórmula:

$$Nc^* = Nc_{min} + (Nc_{max} - Nc_{min}) L_e / L_{opt}$$

Siendo:

Nc_{min}: 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.

Nc_{max}: 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:

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

Donde:

B: diámetro de las pilas, en m.

ϕ : ángulo de fricción interna del material de apoyo de las pilas, en grados.

La capacidad de carga de las pilas obtenidas con la fórmula anterior, se deberá afectarse por el resultado de la siguiente expresión, para tomar en cuenta el efecto de escala.

$$Fre = \left\{ \frac{B + 1}{2B + 1} \right\}$$

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 12 ton/m², un ángulo de fricción interna de 28° para los materiales de apoyo de las pilas, y se obtuvieron las capacidades de carga, en función del diámetro de la pila, para un empotramiento de 3.0m dentro de los materiales resistentes de apoyo.

5.3.2. Diseño de la excavación y protección a colindancias

El objetivo principal en esta etapa de diseño es analizar la estabilidad de la excavación para los siguientes mecanismos: a) falla general por el fondo, b) falla del fondo por supresión y c) falla del talud.

5.3.3 Revisión general por el fondo

El factor de seguridad ante la falla de fondo se calcula mediante la siguiente expresión:

$$FS_f = \frac{cu N_c \left(\frac{2cuH_p}{L} \right)}{\gamma H_e + p}$$

$$N_c = 5.14 \left(1 + 0.2 \frac{H_m}{B} \right) \left(1 + 0.2 \frac{B}{L} \right)$$

Donde:

c_u valor medio de la resistencia al corte no drenado de la arcilla, hasta profundidad igual a $H_m + B$

N_c factor de estabilidad, 6.96

H_m profundidad de desplante del muro, 14 m.

H_p longitud de la pata del muro, 3.50 m.

B ancho de excavación, variable entre 20.20 m y 52.60 m.

L longitud del tramo a excavar, variable entre 52.70 m y 60.80 m.

γH_e presión total inicial al nivel máximo de excavación, 14.7 ton/m².

p valor de presión de sobre carga en la superficie 2 ton/m².

Con estos datos el factor de seguridad ante la falla general de fondo es de 1.49, lo que implica que se encuentra al límite por lo tanto es recomendable realizar la excavación en tres etapas, desde luego este factor se incrementará al considerar el momento resistente del muro por su pata y por un efecto tridimensional.

5.3.4 Revisión del fondo de la excavación debida a flotación

Para satisfacer el mecanismo de flotación se realizo la siguiente revisión verificando la desigualdad siguiente:

$$(\Sigma Q / A) F_c > H \gamma_w$$

Donde:

$\Sigma Q/A$: combinación de las acciones permanentes y variables con valor mínimo probable más el peso del lastre de concreto ciclópeo considerado por debajo de la losa de cimentación.

F_c : factor de carga, igual a 0.9.

H : altura máxima estimada del nivel freático, medida a partir del nivel de desplante, igual a 10.4 m – 3.0 m = 7.4 m

Por lo que se satisface la desigualdad, resultando entonces admisible el estado límite de falla contra flotación, sin embargo la losa deberá revisarse para soportar una presión de 7.4 ton/m^2 , cuando el agua recupere su nivel al dejar de bombear.

5.4. Estabilidad de taludes de las bermas

El objetivo de esta etapa de diseño es definir el ángulo de inclinación de los taludes de la excavación. El diseño del talud se revisa utilizando la solución paramétrica de Jambu con una sobrecarga en la corona de 1.5 t/m^2 . El factor de seguridad se computa con la siguiente expresión:

$$(FS)_q = \frac{N_{cf} c}{\gamma H + q} u_q$$

Donde:

N_{cf} número de estabilidad, que depende de los parámetros de resistencia del material representativo arriba del fondo de la excavación, 5.7.

γ peso volumétrico del material, 1.45 t/m^3 .

H altura del talud, 6 m.

q sobrecarga en la corona debida a las construcciones colindantes, 1.5 t/m^2

u_q factor de reducción, (cuando $\beta = 45^\circ$ $u_q = 0.95$)

Con base en el análisis realizado, el talud de la excavación se propone con una pendiente 1:1 (45°) con el cual se tiene un nivel de seguridad superior al mínimo aceptable para condiciones estáticas.

5.4.1 Expansiones durante la excavación

El proceso de excavación para alojar el cajón de cimentación inducirá expansiones. La expansión inmediata se puede estimar mediante la fórmula simplificada, obtenida a partir de la teoría de la elasticidad, considerando una relación de Poisson $\nu=0.5$:

$$\delta_{ei} = m_{ue} P_d B F_f F_p$$

Donde:

P_d presión total al nivel de fondo antes de excavar, 8.7 t/m².

B ancho de la excavación, 52.64m.

m_{ue} módulo de expansión elástica medio de los estratos de arcilla expansibles bajo el fondo de la excavación, 0.015 cm²/kg.

$F_f \gamma F_p$ factores de forma y de profundidad, 1.02 y 0.04, respectivamente

La expansión calculada es de 8.65 cm. Se recomienda reducir al máximo el tiempo de exposición de la excavación para evitar que se generen mayores expansiones e inestabilidad en los taludes colindantes que puedan dañar a las instalaciones vecinas.

5.4.2. Alternativas de excavación

En función de las condiciones colindantes del proyecto y diseño de taludes, se propone realizar la excavación en una sola etapa o dos etapas, según el proceso constructivo que vaya utilizarse en obra.

El proceso constructivo de excavación propuesto en dos etapas es el siguiente: una vez construido el muro Milán se procederá a excavar la zona central del proyecto dejando una berma de 1.0 m de ancho y un talud de 45° con la horizontal; posteriormente se procederá a construir la cimentación hasta el nivel de planta baja, después se procede a excavar en las colindancias, se debe cortando bermas alternadas de 5.0m; simultáneamente, al ir avanzando en las colindancias se debe colocar el sistema de troquelamiento que reaccionará con la estructura terminada.

5.5. Interacción suelo-estructura y espectro de diseño

La práctica usual en el análisis de la respuesta sísmica de edificios utiliza como excitación los movimientos de campo libre (p.e. espectros de aceleraciones consignados en los reglamentos de construcción) con lo cual se desprecian los efectos que pueden tener la presencia de las estructuras en estos movimientos.

La influencia de la interacción dinámica en los movimientos de campo libre puede ser significativa, dependiendo de las características de la cimentación, del suelo de apoyo, del edificio y del medio ambiente sísmico.

Actualmente existe información instrumental y teórica, que muestra claramente la importancia de este fenómeno de interacción cuando las estructuras están desplantadas sobre suelo blando como las arcillas del Valle de México.

Se ha observado que las losas de cimentación con rigideces superiores a las del suelo de apoyo tienen un efecto uniformador de las variaciones espaciales y temporales de los movimientos de campo libre. Esto conduce a que las amplitudes de los movimientos losa-suelo sean en general menores a los que ocurrirían en el suelo si la cimentación no estuviera presente (campo libre). Este efecto puede ser significativo para estructuras de periodo bajo con dimensiones laterales relativamente grandes.

Otro componente del fenómeno de interacción dinámica suelo-estructura, que puede afectar los movimientos de campo libre, es la resistencia inercial que ofrece la estructura contra los movimientos sísmicos. Este efecto, denominado interacción inercial, se traduce en incrementos en la presión de contacto entre la cimentación y el suelo, que modifica el campo de deformaciones del terreno.

La importancia del efecto de este fenómeno de interacción en los movimientos de campo libre depende de la masa y rigidez de la estructura. Edificios masivos y rígidos pueden ejercer influencia considerable, a diferencia de edificios convencionales en donde el efecto de la interacción inercial es pequeño.

Cuando la cimentación del edificio está desplantada a una profundidad significativa, los movimientos sísmicos que actúan en su base son menores que los que ocurren en sus paredes, debido a que la intensidad de los movimientos del terreno decrecen con la profundidad. Por lo tanto, al aumentar la profundidad de desplante, las aceleraciones en la base de la estructura se atenúan, con la consiguiente disminución de la respuesta del edificio.

La determinación de los movimientos sísmicos de campo libre incluye una evaluación sismo tectónico y el conocimiento de las fuentes sísmicas regionales y locales que puedan afectar el sitio específico. Es preciso, también, evaluar la historia de la sismicidad de la región, los sismos más severos asociados con las fuentes sísmicas importantes, así como la recurrencia de estos.

Con base en este tipo de información, se llevan a cabo análisis probabilistas y/o deterministas para estimar los movimientos sísmicos esperados en un afloramiento rocoso o en la roca basal.

Una vez conocido el medio ambiente sísmico de campo libre, se analiza la interacción suelo-estructura para evaluar los efectos de este fenómeno en los movimientos del terreno y así definir las características de la excitación a la que estará sometida una estructura en particular. La influencia de la interacción dinámica en los movimientos de campo libre puede ser significativa en el caso de estructuras desplantadas en suelo blando, capaz de amplificar las ondas sísmicas que arriban al sitio donde se localiza la estructura.

5.6. Espectro de interacción propuesto

Para cualquier método que se utilice en la determinación de las cargas sobre las estructuras, debidas a la acción de los sismos, excepto el experimental, es necesario utilizar el espectro sísmico correspondiente a la zona sísmica donde se ubique la estructura y al tipo de suelo al que se desplantará. El espectro mostrado en la Figura dos de esta Norma muestra la variación de la ordenada (α) correspondiente a la de la relación de la aceleración del sismo entre de la gravedad, para sus diferentes periodos de vibración (T). Los valores de la ordenada al origen (α_0), de la ordenada máxima (c) y de los periodos de vibración inferior (T_a) y superior (T_b) del intervalo de resonancia del espectro, que se ilustran en esa Figura, para estructuras tipo B, en las diferentes zonas sísmicas de la República Mexicana y los distintos tipos de suelos, se proporcionan en la Tabla 1 de esta norma para estructuras Tipo A; los valores de α y c de la Tabla se multiplican por un factor de importancia de 1,5.

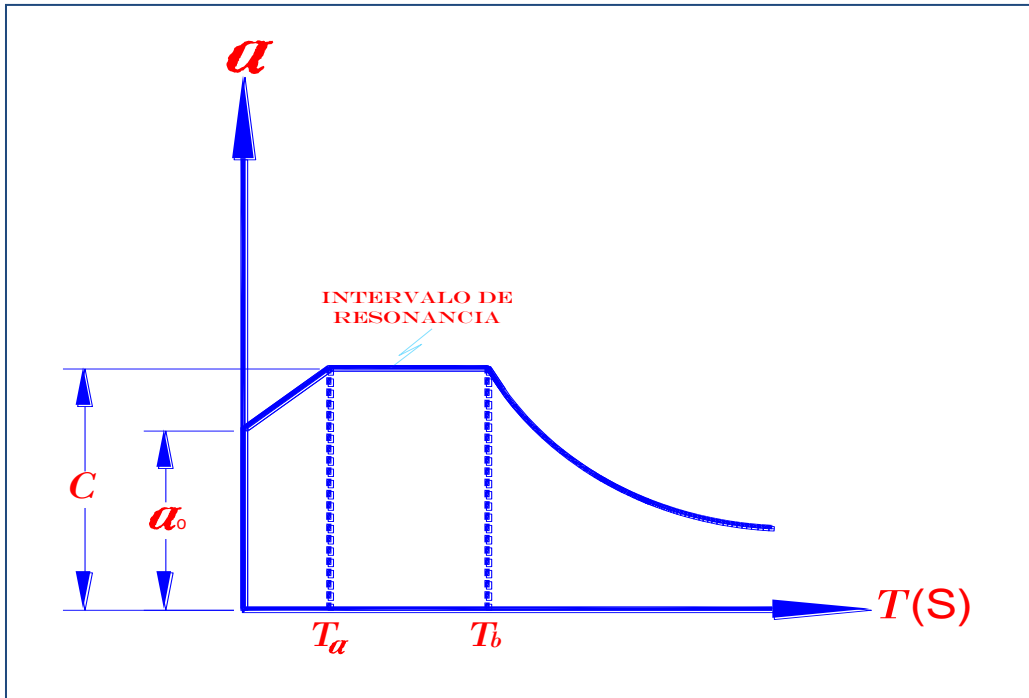


FIGURA 2. Espectro sísmico característico
Tabla 1.- Valores característicos del espectro sísmico
para estructuras tipo B

Zona sísmica	Tipo de suelo	$\alpha\theta$	c	$T\alpha$ (s)	Th (s)	r
A	I	0,02	0,08	0,2	0,6	01-feb
	II	0,04	0,16	0,3	1,5	02-mar
	III	0,05	0,20	0,6	2,9	1
B	I	0,04	0,14	0,2	0,6	01-feb
	II	0,08	0,30	0,3	1,5	02-mar
	III	0,10	0,36	0,6	2,9	1
C	I	0,09	0,36	0,2	0,6	01-feb
	II	0,13	0,5	0,3	1,4	02-mar
	III	0,16	0,64	0,6	1,9	1
D	I	0,13	0,50	0,2	0,6	01-feb
	II	0,17	0,68	0,3	1,2	02-mar
	III	0,21	0,86	0,6	1,7	1
E	I	0,04	0,16	0,2	0,6	01-feb
	II	0,08	0,32	0,3	1,5	02-mar
	III	0,10	0,40	0,6	3,9	1

La ordenada (a) para cualquier periodo de vibración (T) en el espectro sísmico, esta definida por las siguientes expresiones:

$$\text{Si } 0 < T \leq T_a ; \quad a = \alpha_0 + \frac{c - \alpha_0}{T_a} T$$

$$\text{Si } T_a < T \leq T_b ; \quad a = c$$

$$\text{Si } T_b < T ; \quad a = c \left(\frac{T_b}{T} \right)^r$$

r = Exponente adimensional que se obtiene de la Tabla 1 de esta Norma, según la zona sísmica donde se ubica la estructura y el tipo de suelo donde se desplanta.

Cabe aclarar que el espectro de interacción incluye los efectos de las características estratigráficas del sitio, del comportamiento no lineal de los suelos, así como los aspectos relativos a la geometría, inercia y rigidez de la cimentación y de la superestructura.

Se debe considerar que este espectro actúa en la planta baja del edificio, donde se debe suponer que se encuentra fijo.

En los análisis se consideró que la respuesta de los elementos estructurales se mantenía en el rango elástico lineal, por lo que el espectro de interacción propuesto es elástico.

6.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

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:

6.1.1 Proceso Constructivo

- Inicio del sistema de bombeo dos semanas antes de la excavación.
- Construcción de la cimentación profunda
- Excavación para alojar a los sótanos dejando una berma perimetral, y empleando sistema muro Milán de 40 cm de espesor.
- Excavación del núcleo central y construcción parcial del cajón de cimentación.
- Excavación y construcción final del cajón de cimentación en tramos alternados de 5.0 m de longitud de la berma-talud.
- Suspensión del sistema de bombeo.

6.1.2 Construcción de pilas, núcleo central con ataque posterior de colindancias con troquelamiento a muro Milán perimetral

- Demolición del resto de las estructuras que actualmente se encuentra en el predio, cuidando el retiro de toda la cimentación, incluyendo las perimetrales, para evitar problemas posteriores de estabilidad de taludes.
- Localización y trazo de los ejes de pilas, cajón de cimentación y muro Milán.
- Simultáneamente a la construcción de las pilas de cimentación, se construirá del muro Milán a 8.5 m de profundidad, necesario para el ataque a las colindancias. Se deben dejar todas las adaptaciones necesarias para ligar estructuralmente el muro con las losas de los sótanos. Todas las actividades anteriores son previas al inicio de la excavación.
- Excavación general en dos etapas del predio delimitado por el proyecto, dejando una berma perimetral de 2.0m y excavan con un talud de 1:1

(horizontal:vertical), y empezando la excavación del centro del predio hacia la periferia.

- Finalizada la excavación del centro del predio se inicia la construcción del núcleo central de la estructura hasta alcanzar el nivel de calle, es decir, la construcción de los dos sótanos.
- Finalizada la construcción de los dos sótanos en el núcleo central, posteriormente se iniciará el ataque a colindancias por tramos alternos de 5 m de largo.
- Una vez que la excavación de los tramos alternos alcance -2.25 m de profundidad, se troquelará directamente contra la estructura del núcleo central. Concluido esto, se continuará la excavación hasta llegar a -5.0 m de profundidad en donde se colocará el segundo nivel troqueles, de la misma forma en que se colocó el primer nivel.
- Finalizada la excavación en cada tramo alterno se completa la cimentación en cada uno de ellos hasta alcanzar el nivel de banquetta, para iniciar la excavación y construcción de los siguientes tramos alternos en las colindancias. El proceso constructivo continúa siguiendo los mismos pasos, hasta completar todo el perímetro de las estructuras.
- La construcción ascendente de la superestructura se puede realizar en paralelo al ataque de las colindancias en los sótanos.
- El fondo de la excavación, antes del colado de la losa de fondo, se protegerá colocando una plantilla de concreto pobre de 5.0 cm de espesor, para evitar alterar el suelo de apoyo durante las maniobras de construcción.

2^{da} etapa que se observa en las figuras 40 a 45

En esta segunda etapa, que se observa en las figuras 40 a 45:

- Se dejará una berma en todo el perímetro constituida por una banquetta de 1.5 m y un talud de 1:1 (h:v).

- Se excavará el núcleo central y se procederá a la construcción parcial del cajón de cimentación que alojará a los tres sótanos en esta zona.
- Construida la zona central se excavará y se construirá la parte restante del cajón de cimentación en tramos alternados, a cada 10 m, en módulos de 5.0 m de longitud de la berma-talud, troquelando conforme se profundice.
- Se suspenderá del sistema de bombeo en el momento en el se tenga terminado los tres sótanos en su totalidad y colada la losa de segundo nivel superior.

6.1.3 Diseño del troquelamiento

Durante la construcción, el sistema de muro perimetral se diseñará para soportar los empujes provocados por las presiones horizontales a corto plazo presentadas; el sistema de troquelamiento que se requerirá podrá ser en uno o dos niveles y se recomienda que tenga un espaciamiento horizontal de 5.0 a 6.0 aproximadamente, de acuerdo con la longitud de los paneles del muro Milán.

6.2 Proceso constructivo para pilas

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

- El equipo de perforación deberá emplear brocas helicoidales con alabes y elementos de ataque adecuados. Previo a los trabajos de inicio de perforación, deberá ubicar mediante una brigada de topografía, el centro de las pilas y construir sus respectivos brocales. También se deberá verificar la verticalidad del equipo de perforación con el objeto de garantizar una correcta perforación.
- La perforación se iniciará utilizando una broca de tipo helicoidal con diámetro igual al fuste de la pila. En caso de que al fondo de la perforación aparezcan materiales resistentes, se perforará inicialmente con

una broca de menor diámetro y posteriormente se rimará al diámetro de proyecto.

- La perforación de la pila se hará con lodo bentonítico.
- Al llegar la perforación a la profundidad de desplante de la pila, autorizada por la supervisión geotécnica, limpiara el fondo de la excavación, de todo material suelto, empleando un bote desazolvador, tantas veces como sea necesario.
- Inmediatamente después de limpiar el fondo de la perforación, se bajará el armado y se colará la pila.
- El armado se introducirá a la perforación momentos antes del colado, con sus separadores correspondientes, para un correcto centrado dentro de la perforación.
- El colado deberá seguir a la colocación del acero, usando tubo tremie, con objeto de evitar la contaminación y segregación del concreto. Al inicio del colado, el tubo tremie se llevará a 0.5 m sobre el fondo de la perforación.
- La punta inferior del tubo irá ascendiendo conforme avance el colado, de tal manera que permanezca dentro del concreto, durante todo el colado, a una longitud mínima de 1m.
- Se deberá llevar un registro del volumen del concreto vaciado a la perforación, el que se cotejará con la ubicación de la misma.

- 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.
- Se recomienda usar concreto con aditivo fluidizante; se aceptará un revenimiento como mínimo de 20 cm.
- 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.
- Se podrá optar por alternativa de cimentación profunda a base de pilas coladas *in situ*, desplantadas a una profundidad de 25m.
- Las pilas serán de fuste continuo, en caso necesario se ampliara su base, para lo anterior será necesario construir un ademe metálico recuperable colocado entre 2.5 y 13 m de profundidad, hincado en los últimos 50 cm.

6.3 Sistema de retención

Se recomienda el sistema de muro Milán, considerando:

- Construcción de brocales de 20 cm a ambos lados de lo que será el Muro Milán, y que servirá de guía; como especificación es necesario que la profundidad mínima de los brocales sea de 1.20 m.

- Los muros Milán serán de 40 cm de espesor, con módulos variables entre 5 y 7.5 m, desplantados a 8.5 m y que las barbas de acero en la parte superior sobresalgan del brocal por lo menos 50 cm.
- La almeja de excavación tiene una abertura hasta de 2.50m; se excavarán las partes extremas del módulo de ataque y posteriormente la franja central del módulo atacado.
- Conforme se excave se irá vaciando lodo bentonítico con el fin de mantener la estabilidad de las paredes de la excavación.
- El tiempo de construcción del muro Milán será del orden de 8 semanas.
- El espacio perdido por muro Milán será de 20 cm de brocal + 40 cm de muro Milán resultando 60 cm, por lo que se puede eliminar el muro de sótano, pero se requerirá picar y aplanar la superficie expuesta del muro Milán para proporcionarle una apariencia adecuada.
- Las juntas del muro Milán serán a cada 6m, mediante un tubo de diámetro igual al espesor del muro mismo que resulta de 40cm.
- Con este sistema se tendrán pequeñas fugas, que se trataran tomando en cuenta que el NAF se encuentra a -3.0 m con respecto al nivel de la banquetta.

Ventajas

- Menor vibración provocada por los equipos al subsuelo
- Requiere menos troquelamiento
- Se puede excavar hasta -2.25 m, es decir a -0.25 m por debajo del nivel del piso terminado del primer sótano, sin necesidad de troquelar

previamente, dejando un talud 1:1 (horizontal:vertical) con una banquetta de un metro a partir de la cota de 2.25 m .

- Tratamiento de fugas con inyecciones.
- Se recomienda utilizar troqueles metálicos de 8" de diámetro.

Desventajas

- Se dificulta el anclaje de trabes y losas en sótano y cimentación.
- La apariencia no es perfecta.
- Manejo de lodos bentoníticos.

En el muro Milán se pueden dejar los armados de trabes y columnas embebidas en el mismo, protegidos con poliestireno, para posteriormente desdoblar y traslapar colocando un refuerzo especial en esta zona.

6.4 Proceso de construcción de muro Milán

La secuencia constructiva recomendada es la siguiente: 1) construcción de brocales guía; 2) excavación de tableros; 3) estabilización de la perforación con lodo bentonítico; 4) colocación de armaduras; 5) juntas con tubos metálicos; y 6) colado del muro con tubería Tremie.

6.4.1 Muros guía (pre trinchera) o brocales

Se recomienda construir un brocal de una altura de 1.5 m y de un ancho de 0.65 m. Algunas de sus funciones son las siguientes:

- Permite marcados y nivelaciones.
- Sirve de apoyo para las maniobras (tubo de junta, armaduras).
- Sirve de reserva de lodo al principio de la perforación.
- Asegura la estabilidad del suelo en superficie.
- Sirve de guía a los equipos de excavación.

6.4.2 Fluido para excavación (lodo bentonítico).

Será necesario construir en obra una planta de lodos o un proveedor que suministre el volumen mínimo por tablero. El lodo bentonítico será reciclable, después del colado del muro se hará pasar por una planta desarenadora previamente instalada. El volumen recuperado será aproximadamente del 60% y se podrá usar en el muro subsecuente.

Otra opción es que durante el colado del muro se tengan pipas de la capacidad suficiente para acarrear fuera de la obra el lodo extraído durante el proceso de colado. Para la elaboración del lodo, se deberá contar con una toma de agua que aporte un gasto mínimo del volumen de cada tablero; o en su defecto suministrar agua tratada en pipas.

6.4.3 Selección del equipo de perforación

De conformidad con la profundidad de las zanjas y las características del suelo, se define cual es el equipo más adecuado para la excavación. En nuestro caso se recomienda utilizar una almeja hidráulica guiada, fijada a una barra metálica deslizante llamada Kelly, que sirve de guía y control de la verticalidad del sistema.

Estos equipos van montados sobre dragas de 45 o más toneladas de capacidad y puedan alcanzar profundidades del orden de los 30 m. la cantidad de camiones de volteo debe ser suficiente para retiros de la obra el material producto de la excavación.

6.4.4 Perforación o excavación de zanjas

Desde el inicio de la excavación se debe inyectar lodo para evitar la socavación de la boca de la trinchera. Al sacar la herramienta con suelo, se debe evitar la caída de detritus y dejar escurrir el lodo sobrante en la zanja. Otro aspecto importante durante la excavación de la trinchera es cuidar la verticalidad

de la herramienta de excavación, evitando desviaciones o inclinaciones, garantizan la verticalidad del muro.

No se debe dejar la trinchera totalmente excavada y estabilizada por mucho tiempo, no más de 24 hrs., antes de colar el muro. Se recomienda que la excavación se realice como sigue: primero excavan las porciones laterales y finalmente la central, con el propósito de lograr simetría y conservar la verticalidad.

6.4.5 Colocación del armado

Los aceros especiales y verticales deben dejar entre sí un espacio libre de 10 a 15 cm para el paso del concreto. Con objeto de garantizar una buena envoltura lateral, las armaduras tienen un ancho inferior al de la pared en unos 10 cm aproximadamente.

Se necesitan centradores (rodillos o patines) y elementos de izado (asas, rigidizadores) para manipular y posicionar la armadura. Una vez colocada la parrilla, se debe amarrar al brocal por medio de unas orejas, para evitar su flotación durante el colado.

6.4.6 Maniobras de izaje

Esta maniobra es muy importante en el proceso de construcción de muro Milán y durante ella se debe evitar la deformación de la parrilla de acero. Se contara con un balacín, que sujete al armado en varios puntos a la vez. Este aditamento será introducido en la zanja cuidando que no quede asentada en el fondo; es decir, se debe mantener suspendida en el nivel correcto. Para evitar el efecto de flotación del esfuerzo que frecuentemente se presenta durante el proceso de colado, se deberá anclar al brocal colando barras transversales apoyadas en orejas de acero previamente colocadas en el brocal, que impidan el movimiento ascendente del armado.

6.4.7 Centrado del acero de refuerzo

En este caso es recomendable el uso de centradores tubulares (patines) hechos con base de perfiles PTR de 4" x 3". Se colocarán en la zanja apoyados en

el brocal, antes de proceder a instalar el armado, y serán extraídos al momento de terminar el colado o antes si éste se ha retrasado por algún imprevisto y ya se ha iniciado el fraguado del primer concreto vaciado.

Terminada la excavación del primer tramo se introducen los tubos junta, de sección circular o trapecial, ligeramente inferior al ancho de la excavación. Llevada la excavación hasta su máxima profundidad de proyecto se colocarán las juntas metálicas, una por cada extremo, que delimitan la longitud del muro, el largo de la junta será como mínimo 1.0m mayor a la profundidad de desplante del muro; estos elementos tienen la función de formar el machimbre entre muros. Para el manejo de estas piezas se utilizara una grúa con pluma. En su extracción se puede utilizar el mismo tipo de equipo, pero además con patesca.

Se hace el colado con una tubería premie (columna de vaciado o trompa) bajo agua o lodo. La operación de vaciado no debe ser interrumpida: debe ser una sola operación. Se tardara a menudo el fraguado del concreto (en 10 horas como máximo) y se usan cadencias elevadas (hasta 50 m³/h de rendimiento). Más allá de 5 a 6 m de abertura, el concreto tiene poca fluidez horizontalmente y se deben prever dos columnas. El tubo debe llegar hasta 20 o 30 cm arriba del fondo de la excavación, para vaciar la primera carga de concreto; antes de realizar el primer vaciado, se debe colocar un tapón (pelota) en el interior del tubo para que se empujado por el concreto, desaloje el lodo y sirva como seguro para evitar la penetración del lodo.

Veamos algunos puntos clave de este procedimiento:

- El diámetro de la tubería debe ser entre 8" a 12" y su longitud será de 3 m como máximo. Deberá ser lisa por dentro y por fuera para que el concreto fluya libremente y evitar atoramiento en el armado.
- Las uniones entre los tramos deben ser herméticas; no se permitirá que el lodo o el agua penetren por ellas. Las cuerdas de cada tramo de tubería deben estar en perfecto estado para facilitar las maniobras de acoplado y desacoplado. Son recomendables las cuerdas de listón o trapecoidales.

- Antes de iniciar el colado se colocará un tapón deslizante dentro de cada línea de colado, que puede ser pelota de vinil o de poliestireno, que impida la contaminación del concreto con el lodo o agua al inicio del colado.
- El extremo inferior de las líneas de colado permanecerá ahogado en el concreto cuando menos 1.5m.
- El concreto debe ser con agregados de 19 mm como máximo y revenimiento de 18 + 2cm.
- El colado se realizara de manera continua, evitando lapsos de espera prolongada que provoquen taponamientos en la tubería por el fraguado inicial del concreto.

6.4.8 Juntas

Se observa un croquis de los elementos que comúnmente se emplean para moldear las juntas de los tableros del muro Milán, para lograr el machihembrado entre ellos. Son piezas generalmente metálicas que constan de un cuerpo tubular de sección rectangular, de ancho igual al muro Milán, que sirve de respaldo y rigidizador a la parte de la junta que deja una huella en el concreto del tablero. Esta parte es trapezoidal y en algunos casos tiene un pequeño canal para alojar una banda de PVC usada como sello entre tablero y tablero.

Se aclara que estas juntas se emplean en tableros alternados. Se instalan inmediatamente después de terminar la excavación y antes de que se coloque el acero de refuerzo. Se deben extraer al concluir el colado; es importante determinar el momento conveniente para moverlas, tomando en consideración el fraguado del concreto, pues se pueden quedar atrapadas cuando el concreto se endurece o bien provocar que el concreto fluya hacia el hueco que deja la junta cuando se le levanta, si aun no tiene la resistencia adecuada. Se recomienda obtener testigos de fraguado de cada olla que se vacíe y cuidar el tiempo en que presente su fraguado inicial. En este momento se podrá mover ligeramente la junta para despegarla, repitiendo esta operación hasta que el concreto tenga auto-soporte y sean retiradas las juntas.

6.4.9 Machihembrado contra infiltraciones.

En varias zonas es factible que se presenten filtraciones entre juntas de muros; dependiendo de ellas, se podrán *calafatear* o inyectar y se tratarán conforme se vaya excavando el núcleo y descubriendo muros.

6.5 Sistema de bombeo

El nivel de desplante del cajón de cimentación para un sótano estará a 6.0 m de profundidad y el nivel de aguas freáticas está a 3.0 m, lo cual genera un tirante de agua de 3m. La forma más económica de controlar la estanqueidad de la excavación con este tirante de agua es abatir el nivel freático con un sistema de bombeo profundo. El sistema recomendado es el de pozos de bombeo, a base de bombas de pozo profundo con electroniveles.

El objeto del bombeo profundo es trabajar en seco y controlar las expansiones durante la excavación y en el proceso de construcción de la cimentación; es necesario abatir el nivel freático, hasta una profundidad de 7.0 m en la periferia y de 8.0 m en los pozos centrales; lo anterior es obligado dado que el proyecto requiere una modificación en cuanto a su profundidad, que resulta ser mayor a la inicialmente considerada. El nivel dinámico del agua en los pozos perimetrales se mantendrá a 7 m de profundidad y a 8 m en los pozos centrales.

En caso de no bombear, se complicará el proceso constructivo y el excedente de bombeo traerá como resultado posibles asentamientos en la periferia; por ello será necesario atender las recomendaciones establecidas a continuación y emplear un sistema de bombeo profundo, pues a mayor profundidad dentro del nivel freático mayor presión se genera en el fondo de la excavación.

- Será necesario bombear mediante pozos perforados a 17 m con respecto al nivel de la banquetta, ubicados en toda el área evitando afectar con algún elemento estructural.

- Los pozos tendrán un diámetro de 30 cm (12") y se perforarán con máquina rotatoria, equipada con broca del tipo de aletas o broca ahuer, inyectando agua a presión; como fluido de perforación no se utilizarán lodos

bentoníticos. Alcanzada la profundidad especificada se lavará el pozo, hasta que el agua de retorno salga limpia (*libre de lodo o arena*). Posteriormente, en la perforación se colocará un ademe ranurado, formado por un tubo de PVC de 15 cm (6") de diámetro interior y sostenido por una armadura formada por 3 ángulos de $\frac{3}{4}$ por $\frac{1}{8}$.. El ranurado será en toda su longitud, excepto en los 2.0 m superiores, y las ranuras serán de 1 mm de ancho, espaciadas 10 cm entre sí.

- El espacio anular entre el ademe y la pared del pozo se rellenará con gravilla de tamaños variables entre 5 y 10 mm, bien graduada (confitillo) de tamaño máximo que ocupe el área entre la pared de la perforación y el ademe; para evitar que el material del filtro pase al interior del ademe, se colocará una malla de mosquitero o fieltro de 300 g/m^2 alrededor del ademe.

Dentro del ademe se instalarán bombas de tipo eyector de 1" x 1 1/4" operadas a una presión de 4 kg/cm^2 o bombas sumergibles eléctricas de $\frac{1}{2}$ caballo; el nivel de succión de las mismas estará a 8.0 m de profundidad para los pozos interiores y en los de la periferia a 7.0 m, medidos con respecto a la superficie del terreno.

- Se estima un total de 82 pozos con la posibilidad de que se reduzcan, de acuerdo con el comportamiento de la excavación y de las etapas de excavación.
- Se colocarán 17 líneas de ocho pozos a lo largo del terreno, para cualquier sistema de ataguía seleccionado muro Milán o tablestaca.
- Estos pozos se irán recortando conforme se efectuó la perforación.
- Los electroniveles se manejarán en la zona lateral a -7.0 m y en la central a -8.0 m .

Finalmente establecemos que se deberá establecer un sistema de instrumentos que permita monitorear el comportamiento de las colindancias y de la excavación antes, durante y después de haber terminado la excavación que alojará a la cimentación de la estructura de Interés.

Dependiendo de la época en que se realicen los trabajos de excavación y ante la presencia de época de lluvias podría requerirse un sistema de bombeo de achique complementario, además del sistema de bombeo profundo para abatir el nivel freático, dado que la excavación estará por debajo del mismo.

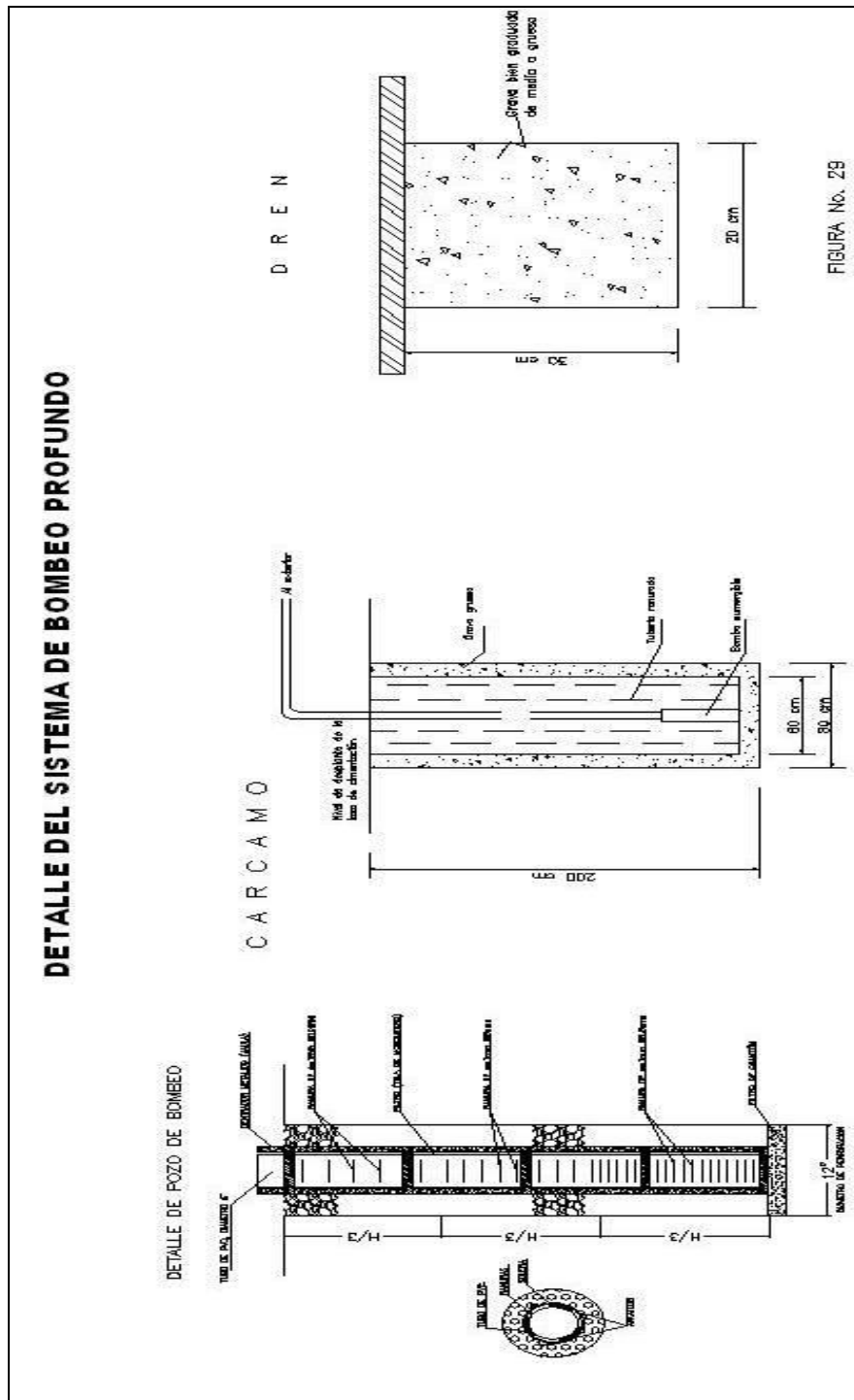


Figura no 40 Detalle del sistema de bombeo

El bombeo se iniciará 14 días antes de empezar la excavación de cualquiera de las etapas y se suspenderá conforme vaya avanzando la construcción del

edificio, con el fin de reducir al mínimo las expansiones y mantener lo menor tiempo posible, según se describe a continuación.

El bombeo se mantendrá con el nivel de succión especificado de 8 m hasta que se termine de construir totalmente la losa-tapa del sótano; bajo estas condiciones, se levantará el nivel de succión a la profundidad de 7 m de los pozos, respectivamente. Cuando se termine de construir la losa de planta baja, el nivel de succión se situará en la profundidad de 6.5 m en todos los pozos y después de construir la losa del nivel 2°, se suspenderá el nivel de succión. El bombeo se suspenderá, en todos los pozos, al terminar la losa del segundo nivel, procediendo a cortar y sellar los pozos.

6.6 Excavaciones

La excavación total del proyecto se podrá realizar en dos o tres *etapas*, dado que el proyecto contempla la excavación a -6 m. *De no efectuarse de esta manera se puede generarse una falla de fondo* que pone en riesgo la estabilidad de la obra y sus colindancias.

El bombeo se efectuará en forma permanente y únicamente se suspenderá cuando la estructura llegue por lo menos a la construcción de la losa del primer nivel superior. Se debe llevar un riguroso control de nivelaciones para vigilar el comportamiento de la excavación y sus colindancias, y en su momento tomar las medidas correctivas necesarias.

La cimentación deberá ser monolítica, muy independiente que la estructura a nivel cota cero hacia arriba tenga una junta constructiva.

Se presentaran posteriormente los diagramas de empujes para muros perimetrales de los sótanos para las colindancias con vía pública, estructuras de dos y tres niveles, respectivamente; así mismo, se presentarán los diagramas de empujes para diseño e instalación de troqueles.

6.7 Protección a colindancias

La excavación se podrá realizar en dos etapas en toda el área cubierta por el cajón de cimentación de la estructura, hasta la profundidad de desplante de 6.0 m a partir del nivel de banqueteta, iniciando al fondo del predio que será la primera etapa. Se podrá realizar una excavación previa en todo el terreno de 0.80 m para retirar cimentaciones antiguas y rellenos.

Se dejará una berma perimetral con una banqueteta de 1.0 m de ancho y taludes de 1:1 (horizontal: vertical), verificando mediante la topografía el levantamiento de los servicios públicos para no causar ningún percance.

- Las excavaciones necesarias para retirar todos los materiales de relleno de mala calidad existentes en el terreno y alojar al cajón de cimentación, deberán de realizarse del fondo del predio hacia su acceso, con el objeto de evitar su contaminación y su reblandecimiento.
- Las excavaciones se realizarán en dos etapas, con una retroexcavadora operando desde afuera del área excavada, como un máximo de 0.15m arriba del nivel máximo de excavación; este último tramo se excavará con herramienta manual, a base de pico y pala para evitar el remoldeo del material de apoyo de la plataforma de materiales mejorados.
- Todo el material producto de la excavación será retirado a donde lo indique, la dirección de obra, por ningún motivo podrá utilizarse como material de relleno mejorado.
- Cuando se alcance la máxima profundidad de excavación, se deberá afinar el fondo, lo cual implica retirar todo el material suelo producto de la excavación.

- En caso de que sea necesario, y previo a la colocación del relleno controlado en las zonas de tuberías de drenaje, se podrá colocar una capa de 10cm. de espesor de tezontle o grava que funcione como filtro y capa estabilizadora.

Durante el proceso de excavación, se deberá cuidar los siguientes aspectos:

- Cuando el material de relleno existente se encuentre en estado muy suelto, las paredes de la excavación deberán mantener el talud de reposo natural de dicho material y, en caso necesario, protegerlo mediante un repellido para evitar que pierdan humedad y por consiguiente su estabilidad.
- En caso de detectar alguna cimentación antigua dentro del área de excavación, se la deberá extraer en su totalidad; y si la profundidad de dicha cimentación es mayor que la recomendada, las capas ó zanjas se rellenarán con tepetate, compactando al 90% la prueba proctor estándar.
- Se deberá evitar las sobre-excavaciones, llevando un control de niveles con respecto a un banco de nivel, localizado fuera del área de influencia de la obra en cuestión; este nivel se deberá referenciar a señales (palomas) en los muros colindantes.
- La filtración de agua de las colindancias hacia la excavación es muy frecuente; provoca saturación en los materiales excavados y sobre todo en el fondo (material aguachinado); en tal caso, se deberá orear la zona afectada y posteriormente colocar un material granular. El fondo de la excavación en el área afectada se deberá de sobre-excavar un máximo de 20cm, y un mínimo de 10cm con respecto a la máxima profundidad recomendada; la sobre-excavación se tratará agregando una capa combinada de grava-tepetate con una proporción de 70 y 30% respectivamente, hasta compactar y alcanzar el nivel de excavación recomendado.

- Terminada la excavación se revisará el fondo de la misma, cuidando que no presente material suelto producto de la excavación, que no se tengan rellenos de mala calidad a nivel de desplante y que las características de resistencia de los materiales sea la señalada, si se presentara algunos de los casos, se deberá profundizar la excavación en capas de 5 cm y solicitar la asesoría de Mecánica de Suelos.
- Previo a la cimentación, se deberá prever las instalaciones hidráulicas y sanitarias, así como la construcción de registros y de cisternas de almacenamiento de agua.
- No se debe permitir excavaciones posteriores a la cimentación, sobre todo cuando ya se tengan coladas las losas de planta baja y primer nivel; la excavación indebida provoca serios problemas de estabilidad del mejoramiento, que se reflejan en movimientos bruscos de la estructura y en grietas y fisuras en los muros.
- El proceso de excavación de las zonas de colindancia, se realizará con una estructura de contención (muro Milán) colado en el sitio, de acuerdo con el procedimiento mencionado anteriormente.

6.8 Rellenos

El material para rellenar el espacio entre el talud y el muro estructural será arena limosa (tepetate), producto de banco, con las características siguientes:

Límite líquido	30% máximo (<i>no plástico</i>)
Porcentaje de material que pasa a la malla No. 200	
Partículas no mayores de	30% máximo 7.56 cm (3")

El relleno se colocará en capas de 20 cm de espesor, compactadas al 90% con respecto a la Norma AASHTO estándar T 99-74, variante "A" y energía específica de 6.02 kg-cm/cm³. Las últimas dos capas del relleno se deberán compactar al 95% con respecto a la misma prueba.

7. INSTRUMENTACION

A continuación se presentan las recomendaciones de instrumentación que se sugiere tener en cuenta durante la cimentación y la terminación.

Previamente al inicio de los trabajos de excavación, se diseñara la medición del 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.

Se observará el comportamiento de la masa de suelo donde se efectuará la excavación antes, durante y después de concluida la construcción, determinando la evolución en 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 debe ser constantemente examinada e interpretada por un ingeniero especialista en mecánica de suelos, para asegurarse de que se obtiene con ella la utilidad que se previo.

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.

7.1 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.

7.2 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 se deberán instalar antes de la excavación, según los procedimientos que se describen a continuación:

➤ 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 protegerán hasta que haya fraguado el mortero.

7.3 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 $\pm 0.5\text{mm}$.

Conclusiones

La constante demanda de tecnología en un mercado global y altamente competitivo, ha creado un gran interés, no solo en este rubro de la geotecnia si no en diferentes áreas de la ingeniería, el conjunto de conocimientos y técnicas científicas aplicadas, que se han dedicado a la resolución u optimización de los problemas ha evolucionado de forma favorable.

Las funciones de los ingenieros civiles han crecido de forma sustancial, ya que se han obtenido excelentes resultados en México y el mundo, ya sea para las necesidades de diseñar, integrar organizar y planear, Definitivamente hoy en día ya no se debe de catalogar al ingeniero que es “cuadrado” en sentidos humanos y sociales ya que muchos de nosotros hemos aprendido a comprender diferentes enfoques lo cual nos hace mas sensibles para retos futuros los cuales los enfrentaremos sin miedo y con inteligencia.

En síntesis el diseño y propuesta para la elaboración de el proyecto arquitectónico contempla una estructura compuesta por un nivel superior a doble altura, donde se tendrán los foros de grabación y dos sótanos para estacionamiento que cubrirán toda la superficie del terreno con nivel de piso terminado, estimado del sótano inferior a -5.70m, por debajo del nivel de banqueteta; se consideró que el cajón que alojará a los sótanos será estructurado mediante columnas, trabes y losas de concreto armado, para la estructura superior se tendrá muros perimetrales de tabique o block; las columnas de la superestructura y la estructura sobre las que se apoyará la techumbre serán metálicas, de acuerdo con lo anterior, se estima que la carga total que transmitirá la estructura al subsuelo será de 5.5 ton/m² incluyendo el peso de la cimentación.

El predio de interés tiene una forma irregular en su configuración, con un área de 3,741.33 m²; la superficie del terreno es horizontal y sensiblemente plana y dentro del mismo se encuentran actualmente estructuras abandonadas de uno y dos niveles, las cuales serán demolidas.

Con el objeto de conocer las características estratigráficas y físicas del subsuelo hasta la profundidad donde son significativos los esfuerzos producidos por las cargas que transmitirán las estructuras que se proyecta construir, se requirió la siguiente exploración:

Se efectuaron seis sondeos profundos, tres de tipo mixto a 30 m de profundidad y tres de penetración estándar a 30 metros de profundidad, combinando en los primeros 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 obtuvieron muestras inalteradas, mientras que 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 para determinar el índice de resistencia de estos.

Se excavaron ocho pozos a cielo abierto a 3.0 m de profundidad promedio, o al contacto con el agua, con respecto al nivel actual de la excavación, se obtuvo muestras cúbicas inalteradas de los materiales representativos y se determinó la estratigrafía en las paredes de los pozos. El muestreo y la exploración se establecieron anteriormente de acuerdo con los requerimientos del solicitante, tomando en cuenta la magnitud del área que se proyecta construir y en función de las experiencias adquiridas en zonas cercanas al predio de interés; se manifestaron problemas en el comportamiento y la apariencia de las estructuras ya construidas, como consecuencia de la erraticidad que presentan los depósitos arcillosos superficiales, en sus primeros veinte metros, en cuanto a sus propiedades mecánicas, es decir resistencia y deformabilidad.

De acuerdo con 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 son las siguientes:

Superficialmente se encuentran materiales de relleno, con espesores variables entre 0.90 y 1.20 m, constituidos por arcillas poco arenosas limosas con cascajo, pedacería y fragmentos de tabique, basura y fragmentos de boleo, en estado medianamente compacto, con contenido de agua medio de 13%.

Subyaciendo a 1.2 m y hasta una profundidad de 3.0m hay arcillas poco limo arenosas con gravas aisladas preconsolidadas, de color café oscuro, de consistencia variable entre blanda y media, con resistencia a la penetración estándar variable entre 7 y 12 golpes, con un contenido de agua variable entre 25 y 37%.

De 3.0m y hasta 4.2m de profundidad se encontró una arena de fina a media poco limosa gris y café oscuro, con contenido de agua variable entre 17 y 30%, índice de resistencia a la penetración variable entre 1 y 3 golpes.

A continuación, entre 4.2 y 8.2 m de profundidad, hay arcilla con diferentes porcentajes de arena, preconsolidada de color café oscuro, con contenido de agua variable entre 25% y 93%, de consistencia variable entre blanda y media, con un índice de resistencia a la penetración estándar variable entre 1 y 12 golpes.

Entre 8.2 y 9.6 m de profundidad se detecto se tiene primero arena poco limosa y posteriormente arcilla poco limosa con escasa arena, de color gris oscuro, con contenido de agua media de 40%, de compacidad media la arena y de consistencia media la arcilla, con un índice de resistencia a la penetración estándar variable entre 4 y 10 golpes.

Desde una profundidad de 9.6 m y hasta 15.5 m se tiene arcilla orgánica poco limosa con diferentes porcentajes de arena, de color café oscuro, este estrato de acuerdo a los contenidos de agua que tiene valores variables entre 100 y 420% (estos propician asentamientos importantes de acuerdo a las cargas transmitidas), de consistencia variable entre blanda y media, con resistencia a la penetración estándar variable entre 1 y 8 golpes, excepto entre 14.5 y 15.5 m de profundidad que el número de golpes se incrementa entre 24 y 40 golpes; en este estrato se encuentra intercalada entre 13.4 y 13.9 m de profundidad, una arcilla poco limosa con diferentes porcentajes de arena, de color café rojiza, con contenido de agua medio de 25%.

De 15.5 m y 20.3 m de profundidad, se tienen capas interestratificadas de arcilla poco limosa con diferentes porcentajes de arena y arena fina poco limosa café grisáceo, de color gris verdoso, con contenido de agua variable entre 30 y 200%, de consistencia variable entre blanda y firme, con un índice de resistencia a la penetración estándar variable entre 5 y 50 golpes.

Finalmente a partir de los 20.3 m y hasta la máxima profundidad explorada que fue 30 m de profundidad se tienen tobas volcánicas constituidas por limos poco arcillosos con escasa arena, de color café grisáceo, en estado compacto con índice de resistencia a la penetración estándar mayor a 50 golpes.

En la figura 30 se presenta una planta con la ubicación de los cortes estratigráficos del subsuelo realizados hasta la máxima profundidad explorada y en las figuras 31 a 34 se muestran dichos cortes, denominados A – A' , B – B' , C – C' , D – D' , obtenidos de la exploración profunda efectuada; donde se indica el perfil inferido de los materiales resistentes de depósito natural; considerando que por necesidades del proyecto se deberá efectuar una excavación máxima de 6.0 m de profundidad con respecto al nivel de banquetta.

El nivel de aguas freáticas se detectó a 3.0 m de profundidad con respecto al nivel actual del terreno y en la fecha en que se realizó la exploración.

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 3 kg/cm^3 .

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 II denominada de Transición, a la que corresponde un coeficiente sísmico de 0.32

BIBLIOGRAFIA

1. Tamez, Enrique (1987). Manual de Diseño Geotécnico. Vol. 1. COVITUR.
2. Holguín, Ernesto. (1992). Diseño Geotécnico de Cimentaciones. TGC geotecnia, S.A.
3. Departamento del Distrito Federal (1991). Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones.
4. Santoyo, Enrique, et al. (1989). El cono en la exploración geotécnica. TGC, S.A.
5. 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.
6. Ohta y Goto N, 1976. Estimation of S-Wave velocity in terms of characteristic indices of soils", Butsuri-Tanko, Vol 29, pp 34-41.
7. 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.
8. Romo M P, 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.
9. Romo M P y Ovando E, 1996. "Modelling the dynamic behavior of Mexican clays", Proc. XI International Conference on Engineering, Acapulco, México.

DE ABAJO Y LA IZQUIERDA DONDE ESTÁ MI CORAZÓN...