



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ACATLÁN"



CONTRIBUCIÓN A LOS ESTUDIOS DE ZONIFICACIÓN
GEOTÉCNICA DEL ÁREA DEL EX-LAGO DE
TEXCOCO Y ZONAS ALEDAÑAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

JUAN JOSÉ PÉREZ OSORIO



ASESOR: DR. GABRIEL AUVINET GUICHARD

MAYO, 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A mis padres:

Ma. del Carmen y Bruno

Por brindarme en todo momento su apoyo y dirección

A mi esposa:

Mi pequeña Lulú

Por brindarme inolvidables momentos y vivir su vida a mi lado

A mi asesor:

Dr. Auvinet

Por su interés y dirección invaluable del presente trabajo

A mis compañeros del Instituto de Ingeniería:

Moisés Juárez, Neftalí Sarmiento, Sergio Martínez, Miguel Á. Morales, Gisela Morales, Javier Cosme, Patricia López, Tonguy Roy, Patricia Valdéz, Edgar Méndez, etc.

Por brindarme su amistad y apoyo, además de generar un excelente ambiente de trabajo y constante superación

A Silvestre:

Por su valiosa ayuda en la encuadernación del presente trabajo

DEDICADO A

Mis hijos:

Oscar y Bruno

Que el presente trabajo los aliente a luchar hasta alcanzar sus objetivos

CONTRIBUCIÓN A LOS ESTUDIOS DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DEL ÁREA DEL EX-LAGO DE TEXCOCO Y ZONAS ALEDAÑAS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1 Antecedentes	4
1.2 Objetivo	5
1.3 Alcances	5
1.4 Metodología	5
2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	7
2.1 Localización geográfica	7
2.2 Geología general	11
2.2.1 Geología regional de la Cuenca de México	11
2.2.2 Geología regional de la zona de estudio	13
2.3 Topografía	19
2.4 Hidrología	20
2.4.1 Antecedentes	20
2.4.2 Situación actual	21
2.4.3 Hidrografía	23
2.5 Desarrollo urbano	24
3. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS	27
3.1 Antecedentes de estudios geotécnicos	27
3.1.1 Modelo estratigráfico propuesto por Marsal y Mazari	28
3.1.2 Zonificación geotécnica propuesta por Marsal y Mazari	29
3.1.3 Zonificación geotécnica propuesta por Murillo	31
3.1.4 Zonificación geotécnica actual	33
3.2 Características geotécnicas	35
3.2.1 Salinidad	35
3.2.2 Hundimiento regional	38
3.2.3 Agrietamiento	40
3.2.4 Sismicidad	42
3.2.5 Propiedades del subsuelo	46
4. PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	65
4.1 Metodología	65
4.2 Información disponible	66
4.2.1 Información básica	66
4.2.2 Sondeos geotécnicos	66
4.2.3 Sistema de Información Geográfica para Sondeos Geotécnicos (SIG-SG)	67
4.3 Caracterización estratigráfica de sondeos	69
4.3.1 Mapas de curvas de igual profundidad de estratos típicos	69
4.4 Cortes estratigráficos	72
4.4.1 Cortes estratigráficos tradicionales	72
4.4.2 Cortes estratigráficos virtuales	78
4.5 Mapa de zonificación geotécnica propuesto	81

5. CIMENTACIONES MÁS COMUNES EN EL ÁREA DE ESTUDIO	89
5.1 Tipos de cimentación en el área de estudio	89
5.1.1 Cimentaciones superficiales	90
5.1.1.1 Zapatas aisladas	90
5.1.1.2 Zapatas corridas	91
5.1.1.3 Losas de cimentación	91
5.1.2 Cimentaciones profundas	92
5.1.2.1 Cimentaciones compensadas	92
5.1.2.2 Pilotes	93
5.2 Cimentaciones más usadas en el área de estudio	97
6. CONCLUSIONES	103
REFERENCIAS	105
Anexo I. Historia de las zonificación geotécnica de la ciudad de México	111
Anexo II. Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica (SIG)	129
Anexo III. Base de datos del SIG-SG de la zona de estudio	137

INTRODUCCIÓN

En el pasado, por cuestiones religiosas los aztecas se establecieron en un islote localizado en el antiguo lago de Texcoco; con el tiempo fueron reduciendo la extensión del lago e incrementando su ciudad, y descubrieron que esta zona es la que presenta mayores problemas de cimentación para las construcciones.

Por razones diversas se ha mantenido esta tendencia, y en las últimas décadas los asentamientos humanos han tenido carácter de explosivo, con obras de baja altura que han mostrado los errores cometidos al no considerar las condiciones regionales del subsuelo.

El diferente comportamiento de los depósitos superficiales generó que en 1959 se subdividiera el área que ocupaba la ciudad en tres zonas geotécnicas: Lomas, Transición y Lago, cuyos contornos se establecieron con la información geotécnica disponible en aquella época mediante los lineamientos planteados por Marsal y Mazari, basados principalmente en la estratigrafía del subsuelo.

Estos criterios han sufrido ligeras modificaciones y se han aplicado en las zonas que con el tiempo se ha adquirido información de carácter geotécnico, sin embargo, mucha de esta información se encuentra celosamente guardada y dispersa, lo cual aunado a la gran extensión del área urbana (actual y futura) han originado que los resultados de los esfuerzos realizados por obtener un plano de zonificación más apropiado, no hayan sido los esperados.

En el presente trabajo se realiza una contribución al estudio de zonificación geotécnica de la ciudad de México, efectuada con una metodología basada en el manejo y análisis de la información con herramientas computacionales como son los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la geoestadística, teniendo como área de estudio la región del ex-lago de Texcoco y zonas aledañas.

Adicionalmente, se presenta un breve resumen de los avances que con el tiempo se han logrado en el conocimiento del subsuelo de esta difícil zona y de los cambios que estos resultados han generado en las líneas de frontera de las diferentes zonas geotécnicas.

1.1 ANTECEDENTES

Gran parte de la ciudad de México se localiza sobre la zona que fue ocupada por el lago de Texcoco. El subsuelo de esta zona lacustre, en general está constituido por arcillas con propiedades excepcionales que originan graves problemas geotécnicos como son: hundimiento regional, agrietamiento y ampliación de las ondas sísmicas.

Estos problemas se han hecho más notorios por la extracción a gran escala del agua del subsuelo y las acciones dinámicas ocasionadas por los sismos. Lo anterior, aunado al acelerado crecimiento demográfico registrado en las últimas décadas, ha hecho necesario obtener más información sobre la estratigrafía y propiedades del subsuelo de esta zona, con el fin de realizar edificaciones más seguras ante sollicitaciones estáticas y dinámicas.

En el pasado, muchos estudios se han realizado con el propósito de adquirir los conocimientos que actualmente se tienen; estos estudios han demostrado que las propiedades del subsuelo de esta difícil zona varían tanto en forma vertical como horizontal, lo que ha hecho necesario realizar una Zonificación Geotécnica o subdivisión del área de la ciudad, que permita delimitar de manera más definida la estratigrafía y propiedades del subsuelo de cada zona, y determinar los riesgos geotécnicos que cada una de ellas representa.

En el anexo 1 se mencionan algunos de los avances obtenidos referentes al conocimiento del subsuelo de la ciudad de México y se presenta un resumen de la evolución de su zonificación geotécnica, la cual se ha ido extendiendo y afinando en base del aumento del área de la ciudad y de la información que con el tiempo se ha logrado.

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos realizados para caracterizar el subsuelo y generar un mapa de zonificación geotécnica apropiado, la extensión de la zona urbanizada ha superado el área abarcada por la zonificación geotécnica actual, por lo que se ha hecho necesario realizar un estudio más detallado de las diferentes regiones geotécnicas con el fin de construir una base de información más precisa, que nos permita realizar una zonificación más detallada del área urbana y el desarrollo de diseños más confiables, especialmente después de las dramáticas experiencias de 1985.

Por lo anterior, el Instituto de Ingeniería en colaboración de la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos y el apoyo del Gobierno del Distrito Federal, ha implementado en la Sección de Geotecnia bajo el mando del Dr. Auvinet el laboratorio de *Geoinformática*, el cual tiene como objetivo desarrollar técnicas basadas en la informática para representar y analizar los resultados obtenidos en campo del subsuelo del Valle de México.

Una de las principales aplicaciones de este laboratorio es la elaboración de una zonificación geotécnica de detalle del valle de México con fines de reglamentación, del cual forma parte el presente trabajo, teniendo como área de estudio la región del ex-lago de Texcoco y zonas aledañas.

1.2 OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo es la elaboración de una propuesta de zonificación geotécnica actualizada del área del ex-lago de Texcoco y zonas aledañas, que contribuya a la definición del Mapa de Zonificación Geotécnica de la ciudad de México con fines de reglamentación.

Esta propuesta será realizada a partir de un estudio sobre la formación y características del subsuelo de la zona, basado en la información obtenida a través de los años por diferentes ramas de las ciencias de la tierra y de sondeos geotécnicos realizados en el área de estudio, con la ayuda de nuevas herramientas de trabajo que ofrece la computación como la geoestadística y los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

1.3 ALCANCES

Además del anterior objetivo, el presente trabajo plantea lograr los siguientes alcances:

- Ordenar y almacenar en formato digital la información geotécnica disponible (sondeos geotécnicos).
- Recopilar, ordenar y almacenar en formato digital los mapas de información básica provenientes de varias fuentes.
- Elaborar un Sistema de Información Geográfica para Sondeos Geotécnicos (SIG-SG) de la zona de estudio.
- Elaborar cortes estratigráficos tradicionales y virtuales.
- Generar un mapa detallado de zonificación geotécnica de la zona de estudio.
- Generar mapas de contornos de profundidades de estratos típicos del subsuelo.

1.4 METODOLOGÍA

Para cumplir con el anterior objetivo y alcances se llevarán a cabo las siguientes actividades:

1. Recopilación de perfiles de sondeos geotécnicos.
2. Recopilación de mapas con información básica de interés.
3. Recorridos de campo.
4. Proceso de integración de la información recabada.
5. Elaboración de la zonificación geotécnica actualizada, en cartografía urbana.
6. Comparación con trabajos previos de zonificación geotécnica.
7. Aplicabilidad de los diferentes tipos de cimentación en el área de estudio.
8. Conclusiones.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La Cuenca de México esta situada en el borde sur de la Mesa Central, entre las latitudes 19°03'53" y 20°11'09" y las longitudes 98°11'53" y 99°30'24" al oeste de *Greenwich* (Fig. 2.1). Cubre una superficie aproximada de 9600 km² de los cuales el 50% corresponde al Estado de México, consecutivamente le siguen el de Hidalgo (26.46%), el Distrito Federal (13.75%), Tlaxcala (8.75%) y Puebla (1.04%) (DDF. 1975).

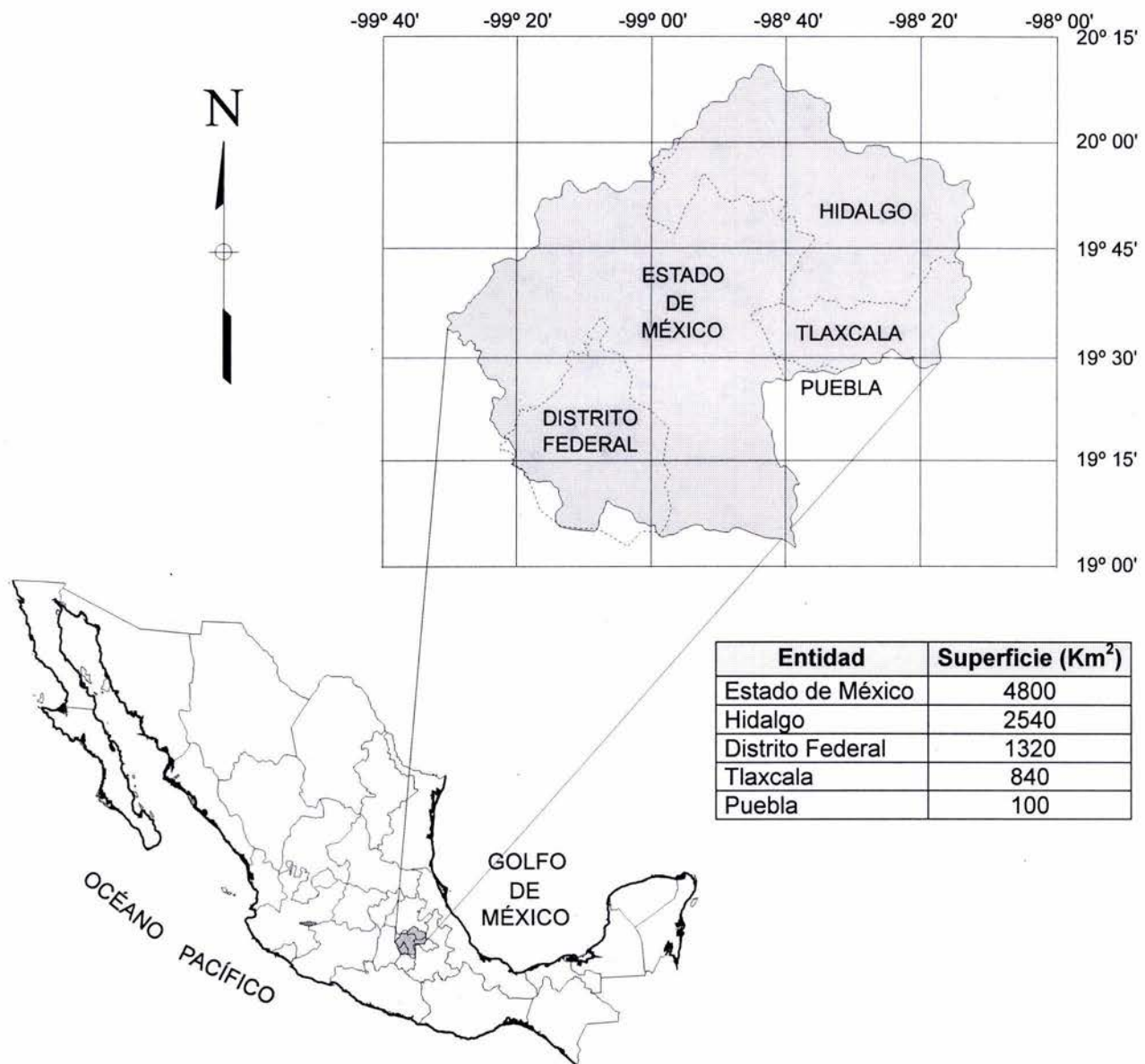


Fig. 2.1 Localización de la Cuenca de México

La Cuenca de México se encuentra limitada al norte por las sierras de Tepetzotlán, Tezontlalpan y Pachuca; al sur por la sierra de Chichinautzin; al oriente por las sierras: Nevada, Río Frío y Calpulalpan; y al poniente por las sierras de Las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo (Fig. 2.2).

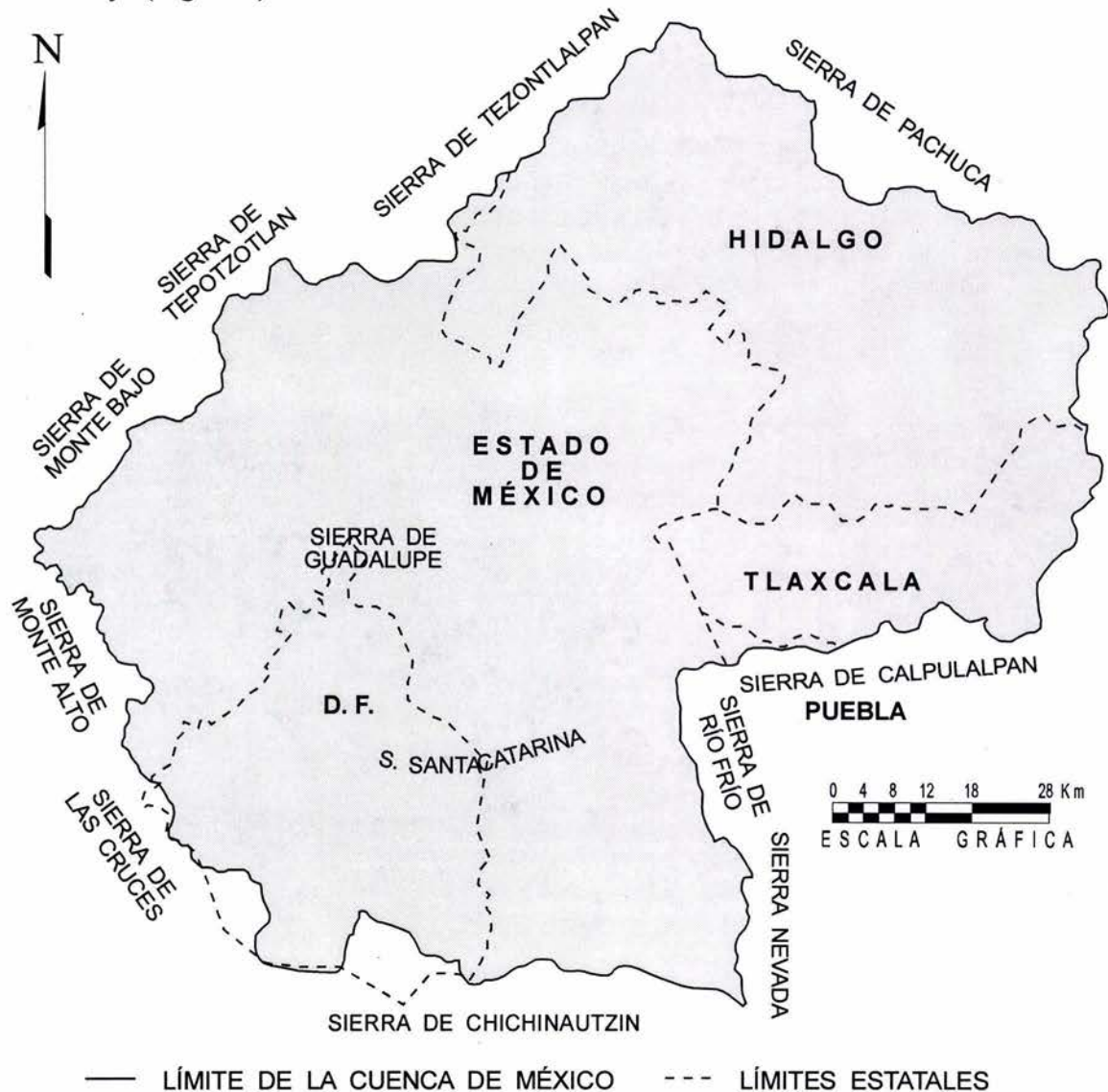


Fig. 2.2 Límites geográficos de la Cuenca de México

Además de las sierras citadas, en el interior de la cuenca se encuentran las sierras de Guadalupe y Santa Catarina. Otros cerros menos prominentes son: el Peñón Viejo y los cerros de la Estrella, Chiconautla y Chimalhuacán.

A la parte más baja de la cuenca generalmente se le denomina "*Valle de México*". Esta designación no podría aplicarse si nos apegamos a la definición científica: "El valle es un área o superficie terrestre trabajada o erosionada por una corriente fluvial o glacial. Si no hay una línea de drenaje que esté modelando la superficie considerada, no es valle" (DDF. 1975). No obstante, por razones de orden histórico y uso popular, seguirá siendo conocida bajo la denominación de "*Valle de México*".

El Valle de México tiene una altitud promedio de 2240 msnm, en él existió un sistema de lagos que en ocasiones se comunicaban entre sí y formaban un solo cuerpo de agua, poco profundo, al final de la última época glacial (Fig. 2.3).

En este sistema de lagos se asentaron las culturas prehispánicas, que vivían del agua y prácticamente en el agua. Posteriormente, con la conquista y la decisión de crear una gran "ciudad de piedra en medio de un lago", las constantes inundaciones y epidemias convirtieron al agua en el principal enemigo, por lo que en 1607 se decidió modificar el paisaje desaguando la cuenca artificialmente.

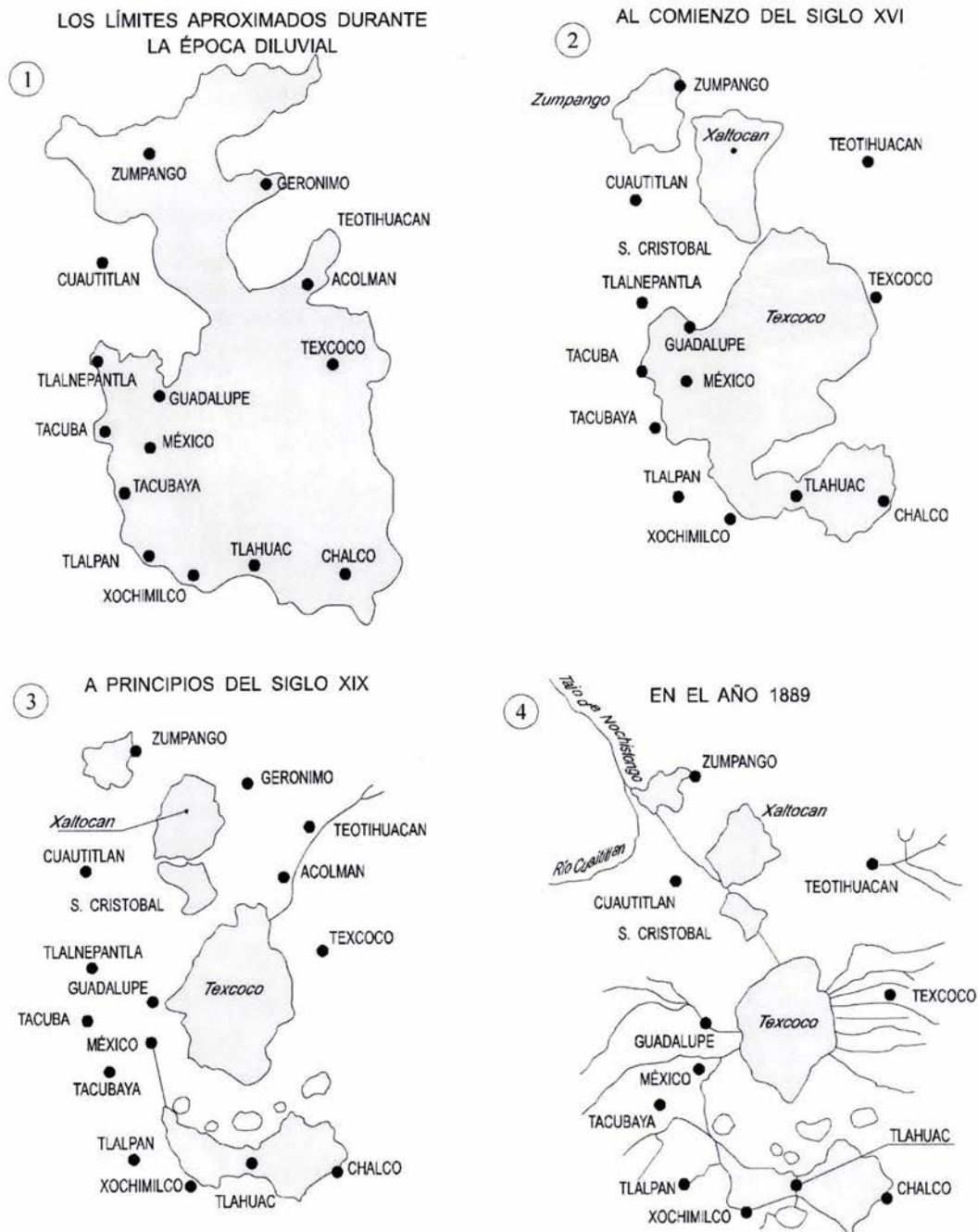


Fig. 2.3 Evolución de los lagos (Schling, 1943)

De esta manera nuestra cuenca que fue cerrada por procesos tectónicos y volcánicos, se convierte en una cuenca abierta cuando en el año de 1789 se concluye el tajo de Nochistongo, obra a la cual han precedido muchas otras y que lograron desecar los lagos a mediados del siglo XIX.

Dentro de la cuenca anteriormente descrita se ubica la zona de estudio del presente trabajo, se localiza al noreste de la ciudad de México entre las coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM) $X_1 = 488,305$, $Y_1 = 2'144,975$ y $X_2 = 517,380$ $Y_2 = 2'178,185$, cubriendo una superficie aproximada de 965.58 km^2 (Fig. 2.4).

Del área total, 66.988 km^2 corresponden al Distrito Federal y 898.592 km^2 al Estado de México. En las tablas 2.1 y 2.2 se presenta la superficie de las delegaciones y municipios que tienen jurisdicción dentro del área de estudio.

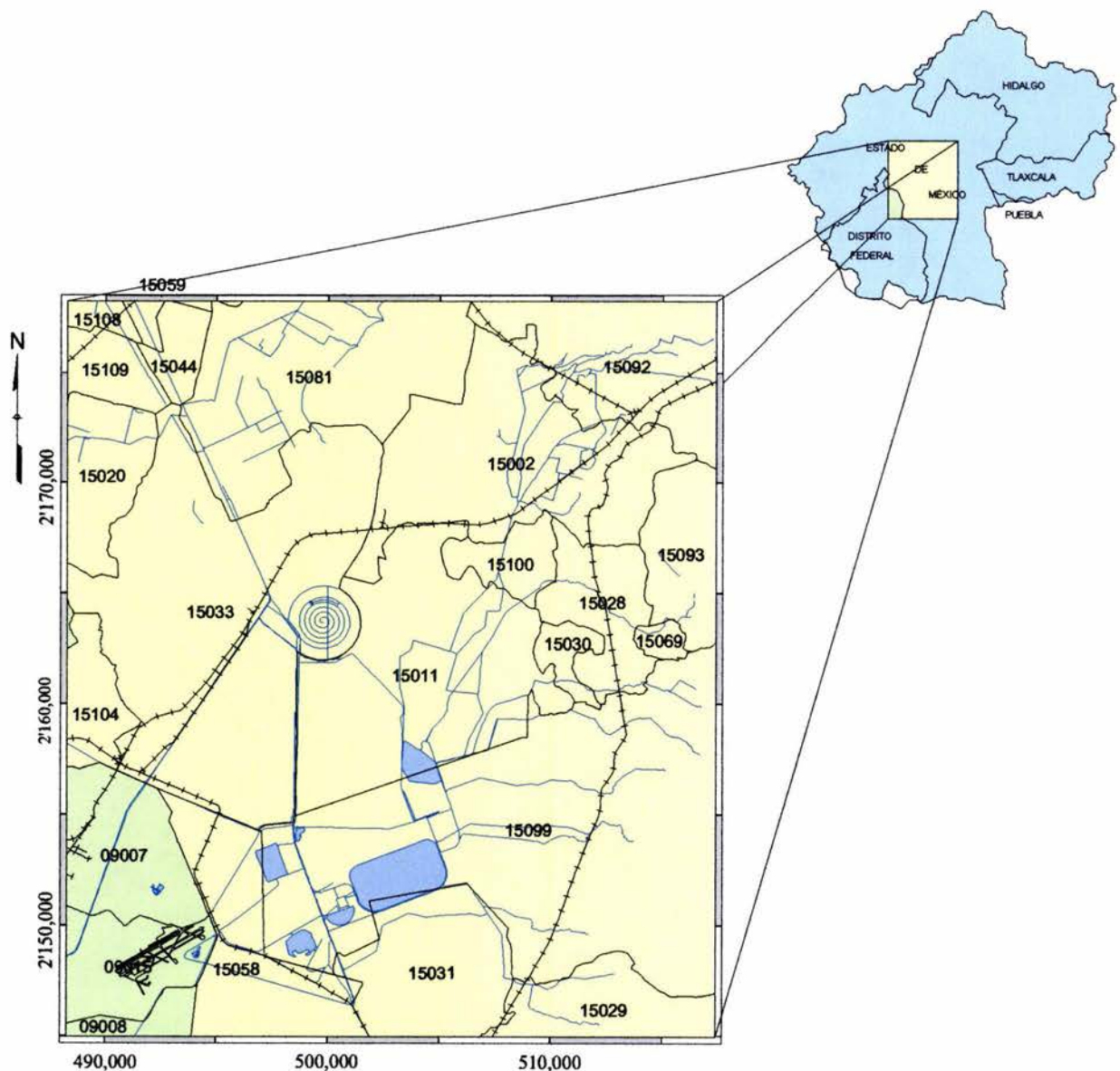


Fig. 2.4 Delimitación de la zona de estudio

Delegación (D. F.)	Clave	Superficie (Km ²)	Superficie (%) D. F.
Gustavo A Madero	09007	34.466	51.45
Iztacalco	09008	6.947	10.37
Venustiano Carranza	09015	25.575	38.18
TOTAL		66.988	100.00

Tabla 2.1 Área de las delegaciones del D. F. que abarca la zona de estudio

Municipio (E. M.)	Clave	Superficie (Km ²)	Superficie (%) E. M.
Acolman	15002	82.576	9.189
Atenco	15011	93.633	10.420
Coacalco	15020	23.835	2.652
Chiautla	15028	25.085	2.792
Chicoloapan	15029	25.195	2.804
Chiconcuac	15030	6.524	0.726
Chimalhuacan	15031	41.803	4.652
Ecatepec	15033	156.219	17.385
Jaltenco	15044	8.915	0.992
Netzahualcoyotl	15058	43.658	4.858
Nextlalpan	15059	3.076	0.342
Papalotla	15069	3.219	0.358
Tecamac	15081	79.139	8.807
Teotihuacan	15092	49.370	5.494
Tepetlaoxtoc	15093	26.477	2.613
Texcoco	15099	190.083	21.153
Tezoyuca	15100	12.163	1.354
Tlalnepantla	15104	14.682	1.634
Tultepec	15108	3.939	0.438
Tultitlan	15109	12.002	1.336
TOTAL		898.592	100.000

Tabla 2.2 Área de los municipios del Edo. de Méx. que abarca la zona de estudio

2.2 GEOLOGÍA GENERAL

En general, el paisaje que se observa en la superficie de esta área es resultado de las interacciones naturales de procesos tectónicos, volcánicos, sedimentarios y climáticos que se han producido en la Cuenca de México a lo largo del tiempo geológico, por lo que para tener un mejor conocimiento de las condiciones actuales y de su proceso de formación, es necesario utilizar a la geología como herramienta de estudio.

2.2.1 Geología regional de la Cuenca de México

La Cuenca de México forma parte de la provincia geológica de gran riesgo sísmico conocida como Cinturón Volcánico Transmexicano (CVT), el cual divide a la República Mexicana en su porción meridional desde el Océano Pacífico hasta el Golfo de México. El origen de este complejo volcánico está íntimamente relacionado con los movimientos mayores de la placa tectónica continental de Norteamérica hacia el occidente y sur occidente, la oceánica del Caribe hacia el oriente y la oceánica de Cocos hacia el noreste (Fig. 2.5)

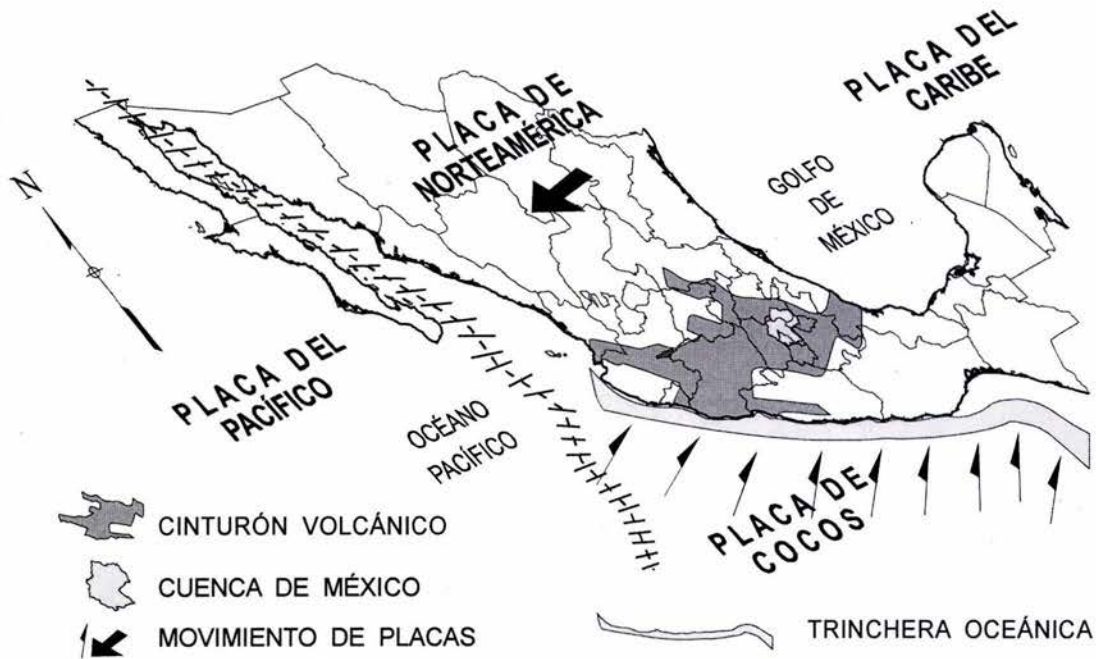


Fig. 2.5 CVT y movimiento de placas (Adaptado del plano de Aguayo, et al., 1989)

El movimiento de placas anteriormente descrito, produce que la placa oceánica de Cocos tienda a penetrar debajo de la placa continental de Norteamérica, produciéndose el fenómeno de subducción, el cual esta acompañado por la formación de la trinchera oceánica de Acapulco y una actividad magmática que se manifiesta mediante una gran actividad ígnea y un sistema complejo de fallas y fracturas conjugadas que afectan a la República Mexicana (Aguayo, et al., 1989), los cuales han producido fosas y pilares estructurales a diferentes niveles estratigráficos (Fig. 2.6)

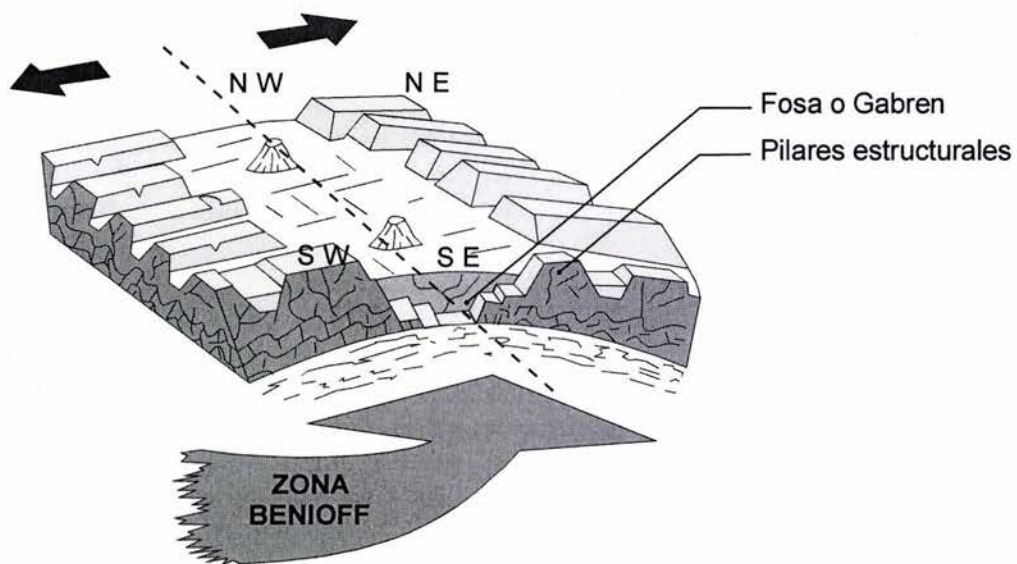


Fig. 2.6 Geodinámica producida por la influencia del fenómeno de subducción (Aguayo, et al., 1989)

Mediante estudios realizados, se ha llegado a la conclusión de que el fenómeno de subducción ha sufrido variaciones en el ángulo y profundidad que tienen las dos placas entre sí, produciendo una migración en la expulsión y composición lávica a través del tiempo geológico, en el cual los primeros esfuerzos fueron compresivos (formación de la sierra Madre del Sur), acompañado de la emersión de la provincia tectónica y etapas sucesivas de vulcanismo, erosión y sedimentación aluvial, fluvial y lacustre.

Con base en la geología superficial que presenta la Cuenca de México, se ha podido determinar que la efusión magmática provocada por el fenómeno de subducción comenzó a tener influencia sobre esta cuenca desde principios del Terciario (hace 50 millones de años) hasta épocas recientes.

Las formaciones del Terciario Inferior (Eoceno Tardío al Oligoceno Temprano), corresponden a depósitos continentales compuestos por un conglomerado calizo y a depósitos producto de vulcanismo basáltico probablemente fisural.

Durante el Terciario Medio (Oligoceno y Mioceno temprano), se producen formaciones compuestas por restos de volcanes estratificados, tobas, brechas, derrames de lavas y depósitos laháricos. Los tipos de roca son muy variados: riolitas, andesitas, andesitas basálticas, basaltos, dacitas, etc. Estas formaciones afloran principalmente en la base de las sierras: Nevada, de las Cruces y Pachuca.

En el Terciario Superior (Mioceno tardío y Plioceno) se presentan grandes depósitos de lavas al este y oeste de la cuenca, así como las series andesíticas antiguas del Iztaccíhuatl y el Ajusco. Lo atestiguan restos de volcanes estratificados y extensos complejos en la mitad septentrional de la cuenca como son las sierras de Guadalupe y Tepotzotlán, el Peñón y la parte media de la sierra de Las Cruces, así como otros tipos de formaciones depositadas a distintas elevaciones. En esta época existieron dos grandes ríos que drenaban la cuenca hacia el sur, cuyos restos se localizan a una profundidad variable de 300 a 400m (Zúñiga, 2003).

En el periodo Cuaternario se inició un último ciclo de vulcanismo cuyas manifestaciones aún persisten; de esa época son los volcanes cerro Gordo, Chimalhuacán, Estrella, del Pino y Chiconautla, entre otros. Posteriormente durante el Pleistoceno, se formó la sierra Chichinautzin entre las sierras Nevada y Las Cruces, con lavas basálticas que cerraron la cuenca hacia el sur, este proceso se completó en los últimos 700,000 años y permitió el relleno de la cuenca con materiales de acarreo y cenizas volcánicas transportados por aire o por corrientes de agua hacia las partes bajas, formándose una gran planicie que fue ocupada por lagos someros (Morales, et al., 1989). Las últimas manifestaciones de vulcanismo fueron las del Xitle hace 2,100 años y las erupciones del Popocatépetl, reiniciadas el 21 de diciembre de 1994.

2.2.2 Geología regional de la zona de estudio

Con base en la geología superficial que se presenta en la Fig. 2.7 (Mooser, et al., 2001), podemos determinar que el elemento más antiguo de la zona de estudio está constituido por la base de la sierra Nevada, formada durante el Terciario Medio y localizada al sureste de esta zona.

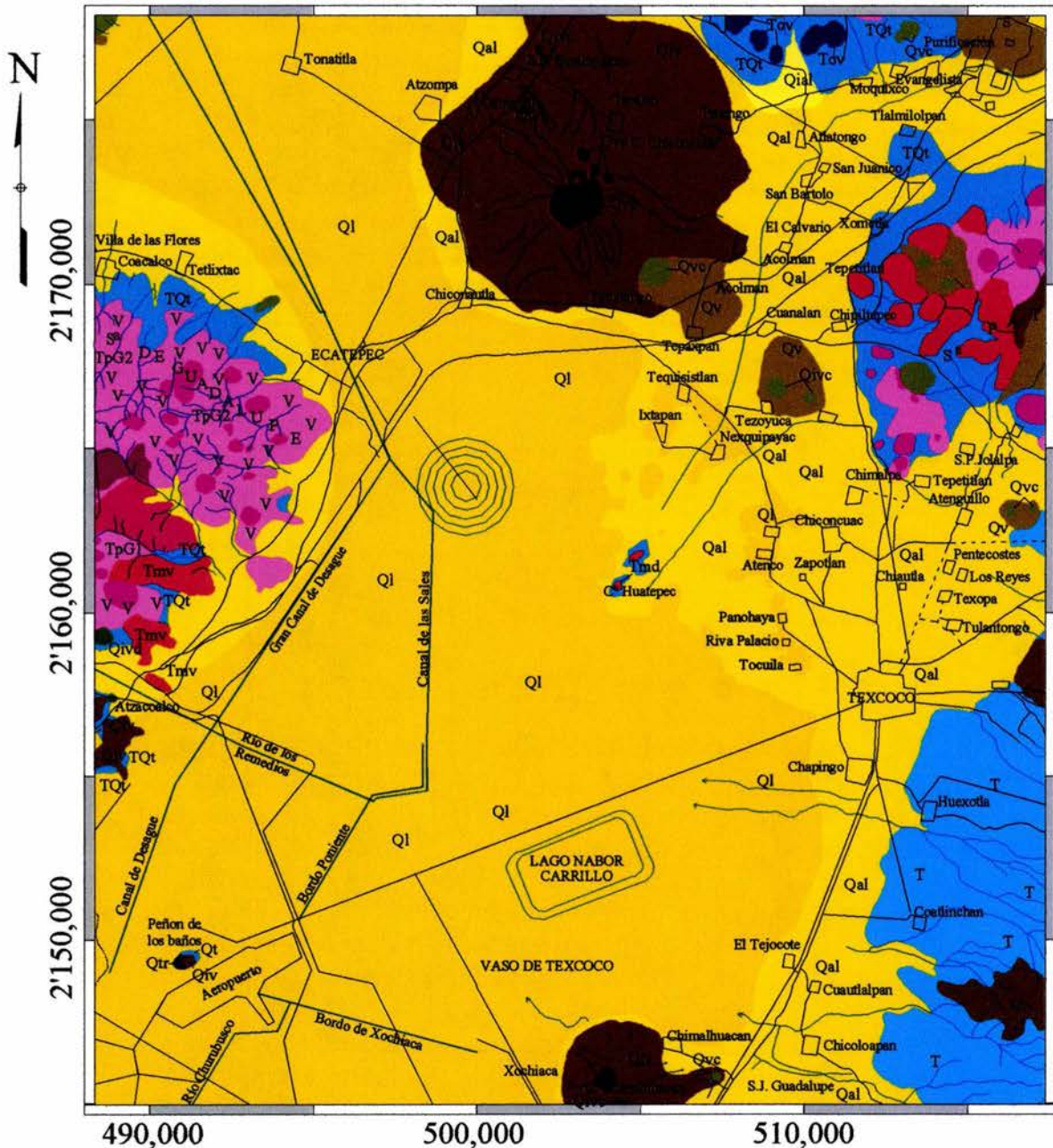


Fig. 2.7 Geología de la zona de estudio (Mooser et al., 2001)

Durante la actividad volcánica del Terciario Superior, se formaron las sierras de Guadalupe y Patlachique, así como los montículos de Huatepec y Tepetzingo que se localizan cerca del antiguo parque nacional de Contadero y que probablemente representan los domos de una caldera volcánica sepultada. El cerro de Huatepec esta compuesto por una andesita hipersten que posee una antigüedad de 20 millones de años, en tanto que el cerro de Tepetzingo esta constituido por una andesita de augita formada hace 21 millones de años.

Durante el Cuaternario se inició el último ciclo de vulcanismo que dio origen a la sierra de Tlaxiapa, al Peñón de los Baños y a los volcanes de Chiconautla y Chimalhuacán;

posteriormente, con el cierre de la cuenca durante el Pleistoceno, desde este periodo al Reciente se comenzó a formar la extensa planicie aluvio-lacustre que ocupa la mayor parte del área de estudio, y que se encuentra formada por una compleja secuencia de estratos blandos arcillosos intercalados con capas y lentes duros.

Los suelos blandos son la consecuencia del proceso de sedimentación y de alteración fisicoquímica de los materiales aluviales y de las cenizas volcánicas en el ambiente lacustre; este proceso sufrió largas interrupciones durante los periodos de intensa sequía en la que el nivel del lago bajó y se formaron lentes duros o costras endurecidas por secado solar. Los espesores de estos estratos sufren cambios graduales debido a las condiciones topográficas del fondo del lago, alcanzan su mayor espesor en las orillas del lago y llegan a desaparecer al centro del mismo, en donde continuaban las condiciones lacustres.

Las capas duras se encuentran constituidas por mantos de arenas basálticas o pumíticas que se formaron durante breves interrupciones provocadas por violentas etapas de actividad volcánica. Por otra parte, los ríos torrenciales de oriente dieron origen a un conjunto de deltas que se interdigitaron con los depósitos lacustres en esa zona.

Litología

Con objeto de conocer de una manera cualitativa la distribución de la roca basal en la Cuenca de México, en el periodo de 1952-53 se realizó un levantamiento gravimétrico regional en el cual se estimó que el fondo de la cuenca quedaba a una profundidad comprendida entre 1,000 y 1,200m. Con esta información y tomando en cuenta que al norte y sur de la cuenca (Apasco, Hgo. y Cuautla, Mor. respectivamente) se encuentran calizas del Cretáceo, se infirió que este tipo de rocas estarían formando el fondo de la cuenca (Marsal, et al., 1969).

En este estudio, la presencia de un bajo gravimétrico en las cercanías del cerro de Chimalhuacán señalaba el área donde la determinación de la columna estratigráfica podría ser más completa, por lo que se programó la realización de estudios geofísicos a través de dos líneas trazadas de la siguiente manera: una línea base que cruzaba el bajo gravimétrico de Chimalhuacán a cerro Gordo, y una segunda línea del cerro del Peñón de los Baños hacia Chapingo. En la intersección de estas líneas se programó la realización del Pozo Profundo Texcoco No. 1 (PPT-1), planeado a una profundidad de 1500m (Fig. 2.8).

Para determinar el perfil sísmico entre el PPT-1 y los cerros de Huatepec y Tepetzingo, se trazó una tercera línea sísmica (Fig. 2.9), asimismo se levantó una pequeña línea (No. 4) perpendicular a la anterior que pasó por las dos prominencias citadas.

Con el fin de obtener la correlación estratigráfica de esta zona, se programó realizar dos pozos adicionales hasta una profundidad de 750m; el PPT-2 se situó sobre la línea sísmica base a 2,500m en dirección noroeste del PPT-1; y el PPT-3 a 2,580m al noreste del PPT-1, a un lado del camino Peñón - Texcoco.

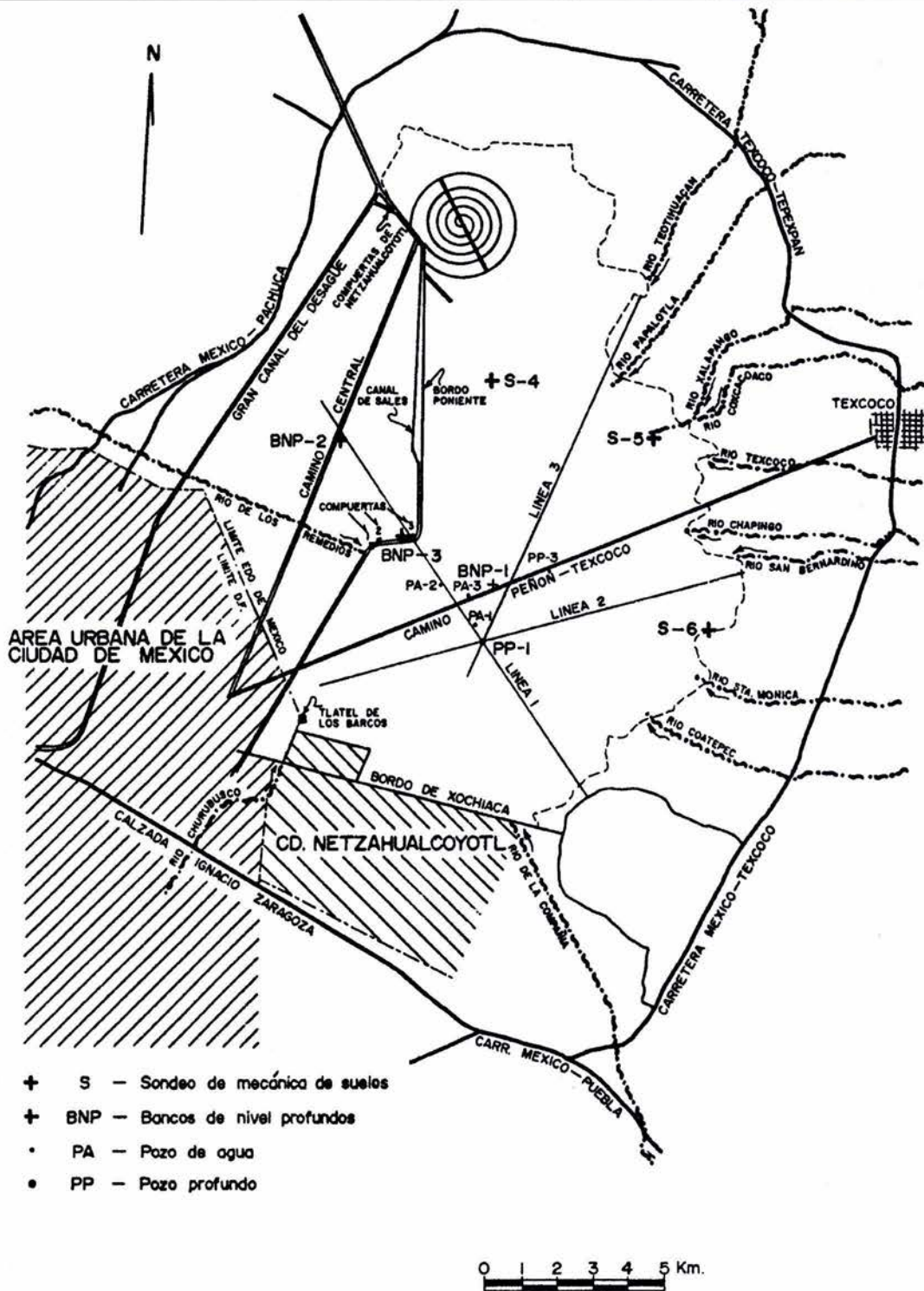


Fig. 2.8 Ubicación de los trabajos realizados (Marsal, et al., 1969)

Durante la realización del PPT-1, las calizas del Cretáceo no se detectaron a la profundidad programada de 1,500m, por lo que se decidió seguir la perforación y suprimir la construcción del PPT-2 a fin de emplear su asignación presupuestal en la prolongación del PPT-1. Sin embargo, por la capacidad del equipo utilizado sólo fue posible llegar a 2,065m; a esta profundidad se detectó un conglomerado calcáreo sin llegar a la roca basal.

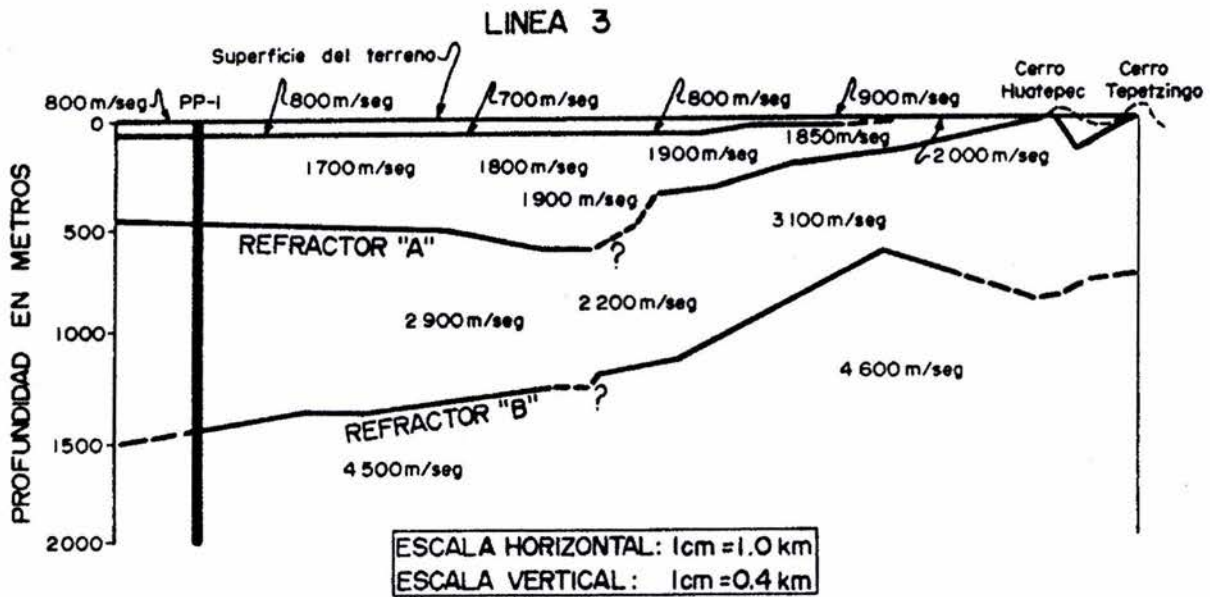


Fig. 2.9 Perfil sísmico de la línea 3 (Marsal, et al., 1969)

La litología atravesada por el pozo PPT-1 se reproduce en la Fig. 2.10 y se encuentra constituida por los siguientes materiales:

0 a 180m	Capas de arcillas, limos y arenas.
180 a 505m	Arcillas, lutitas, arcillas arenosas, arenas, areniscas y calizas lacustres (probablemente de origen termal).
505 a 1,437m	Tobas y rocas ígneas, brechas y conglomerados
1,437 a 1,980m	Tobas líticas, rocas ígneas y arenas
1,980 a 2,045m	Anhidritas arcillosas y margas
2,045 a 2,065m	Arcillas, margas y conglomerados calcáreos

La presencia de trece derrames de roca ígnea de potencias que varían entre 3.5 y 107.5m, localizados el más superficial a 616m y el más profundo a 1,957m, confirman la gran actividad volcánica a la que ha estado sometida nuestra cuenca. La capa de anhidrita entre 1,990 y 2,045m, depositada originalmente como yeso y localizada debajo del último derrame de roca ígnea, sugiere una comunicación intermitente de esta área con el mar.

Con lo que respecta al PPT-3, éste sólo se realizó hasta una profundidad de 589m, obteniéndose muestras de canal a partir de los 177m y una muestra de núcleo de la profundidad de 580m al final del sondeo. La litología atravesada por este pozo es semejante a la obtenida en el PPT-1 y está constituida por:

177 a 517m	Arcillas, arenas, tobas, margas y calizas lacustres.
517 a 543.5m	Derrame lávico, que probablemente corresponde a la roca ígnea localizada entre 616 y 621m en el PPT-1.
543.5 a 589m	Tobas, brechas y aglomerados similares a los encontrados en el PPT-1.

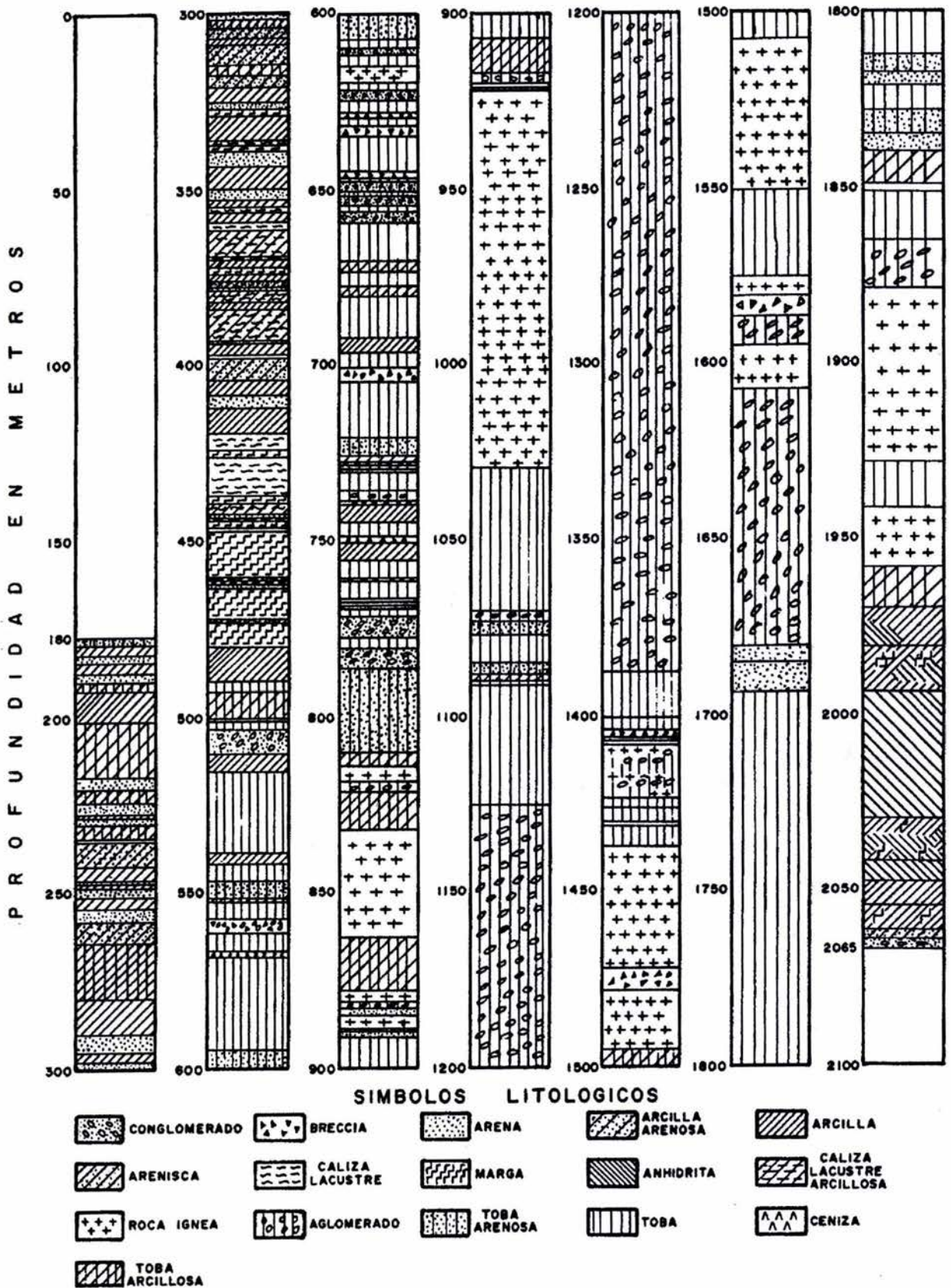


Fig. 2.10 Litología del PPT-1 (Marsal, et al., 1969)

2.3 TOPOGRAFÍA

La topografía del área de estudio se define con base de las cartas topográficas del INEGI No. E14-29, E14-B21, E14-39 y E14-B31 con escala 1:50,000. En general, la topografía de la región es prácticamente plana con algunos promontorios aislados como el Peñón de los Baños y los cerros de Chiconautla y Chimalhuacán. Hacia el este se levantan las sierras de Patlachique y Río Frío, al oeste la sierra de Guadalupe, al norte el cerro de Chiconautla y al sur el cerro de Chimalhuacán. La transición topográfica entre estas zonas es gradual hacia el norte y oriente, y abrupta en las otras dos direcciones (Fig. 2.11).

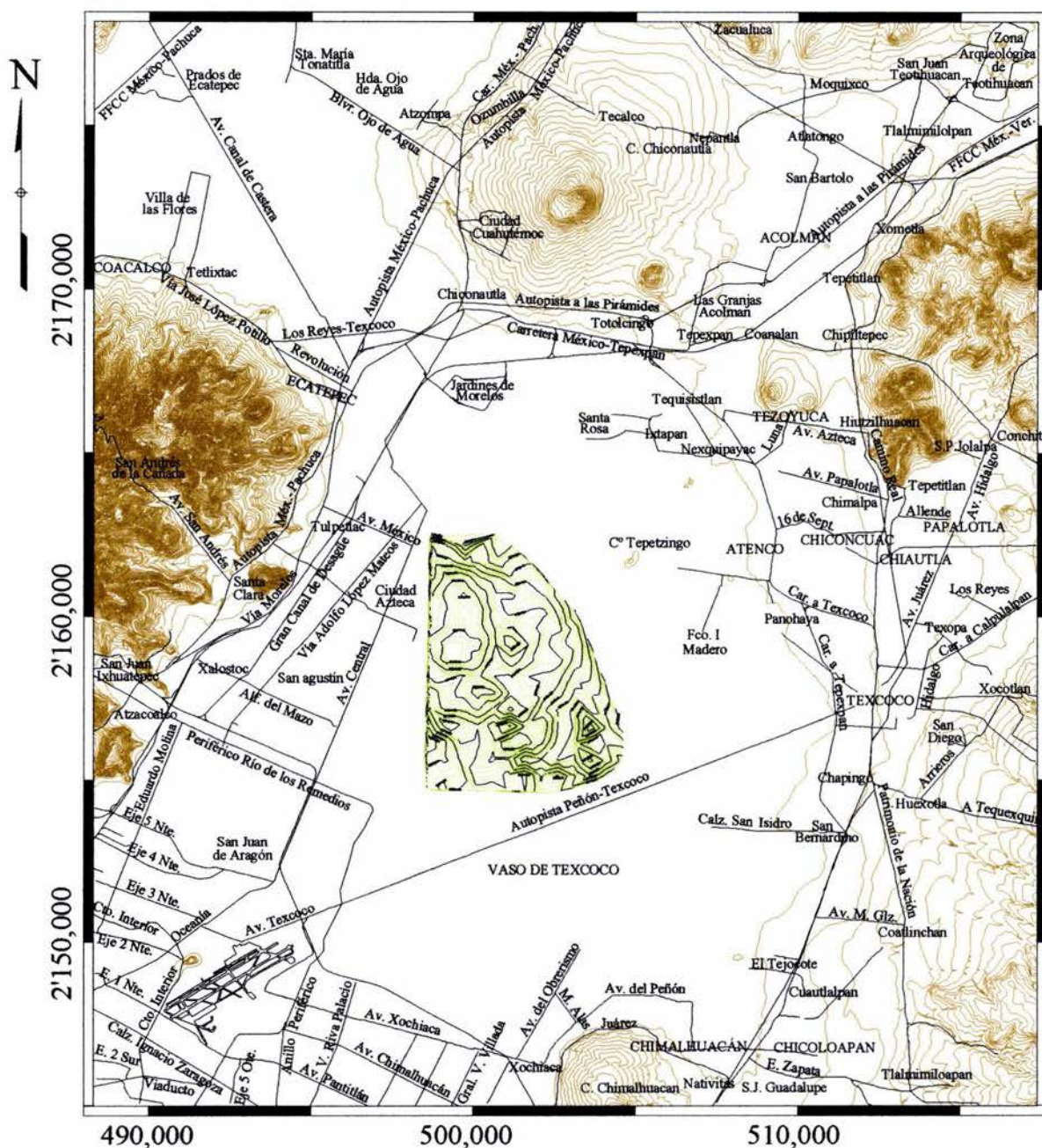


Fig. 2.11 Topografía de la zona de estudio

Adicionalmente se pudo contar como antecedente con la topografía realizada por la Gerencia de Aguas del Valle de México en 1992 al centro del lago de Texcoco, cuyas curvas tienen una separación de 0.1m, así como con las realizadas por la Comisión Nacional del Agua obtenidas con la misma precisión en diciembre de 1995 y noviembre del 2000. Esta última es la que se reproduce en la figura 2.11. En esta área destaca la presencia de los cerros de Huatepec y Tepetzingo que emergen respectivamente 21.5 y 27m respecto a la zona lacustre.

Conviene resaltar que debido al hundimiento regional, fenómeno que se expone en el siguiente capítulo, la topografía de la zona lacustre varía con relativa rapidez con el tiempo.

2.4 HIDROLOGÍA

2.4.1 Antecedentes

Desde la antigüedad hasta mediados de la década de los 60's, el lago de Texcoco ocupó la parte más baja de la Cuenca de México, por lo que en los periodos de intensa precipitación recibía los excedentes de los lagos de Xochimilco y Chalco, al sur, de los lagos Xaltocan y Zumpango, al norte, así como afluentes de aguas termales provenientes del Peñón. Debido a la alta evaporación y a la alta concentración en minerales de las aguas termales, el lago de Texcoco fue siempre un lago salado, con un contenido de sales superior a la del agua de mar.

Por su parte, el lago de Xaltocan era alimentado por las precipitaciones pluviales y los afluentes provenientes de un ojo de agua; cuando este lago se desbordaba daba origen al lago de San Cristóbal, por lo que este lago no tenía carácter de permanente (Fig. 2.12).

Con la construcción del dique de Netzahualcóyotl en 1450, el lago de Texcoco fue dividido en su flanco sur y a la parte oriental se le dio el nombre de laguna de México. Al norte también fue incomunicado con el lago de San Cristóbal, mediante el dique construido por órdenes del Virrey Luis de Velasco en 1555; por encima de este dique pasa en la actualidad el camino Ecatepec de Morelos – Venta de Carpio.

De acuerdo con la carta hidrológica del Valle de México de 1888 (Fig. 2.12), el lago de Texcoco recibía los afluentes de los siguientes ríos: Iztapan (actualmente desaparecido y encausado al río Nexquipayac a la altura del poblado de Yahuatenco), Nexquipayac (ahora San Juan Teotihuacan), Papalotla, Chica (ahora Xalapango), Magdalena (ahora Coxacoaco), Texcoco, Chapingo, San Bernardino, Santa Mónica y Coatepec, así como el afluente de los canales de San Lázaro (actualmente desaparecido y que recolectaba los afluentes de la antigua traza y del río Consulado) y de Guadalupe (de igual manera desaparecido, ya que los afluentes que recibía de los ríos Tlalnepantla y de Los Remedios, fueron encausados en otro canal que actualmente corresponde a la prolongación del río de Los Remedios).

Con el inicio de operaciones del Gran Canal del Desagüe y del primer Túnel de Tequisquiác a partir del año de 1900, los lagos de Xaltocan y San Cristóbal

paulatinamente fueron desapareciendo, en tanto el lago de Texcoco aún conservaba una extensión de 27,000 Ha (cota 7.1) hacia el año de 1912. La extensión de este lago se redujo nuevamente cuando en el periodo de 1934-39 se construyeron los bordos Poniente y de Xochiaca al sur, que fijaron los límites del lago en esas dos direcciones.

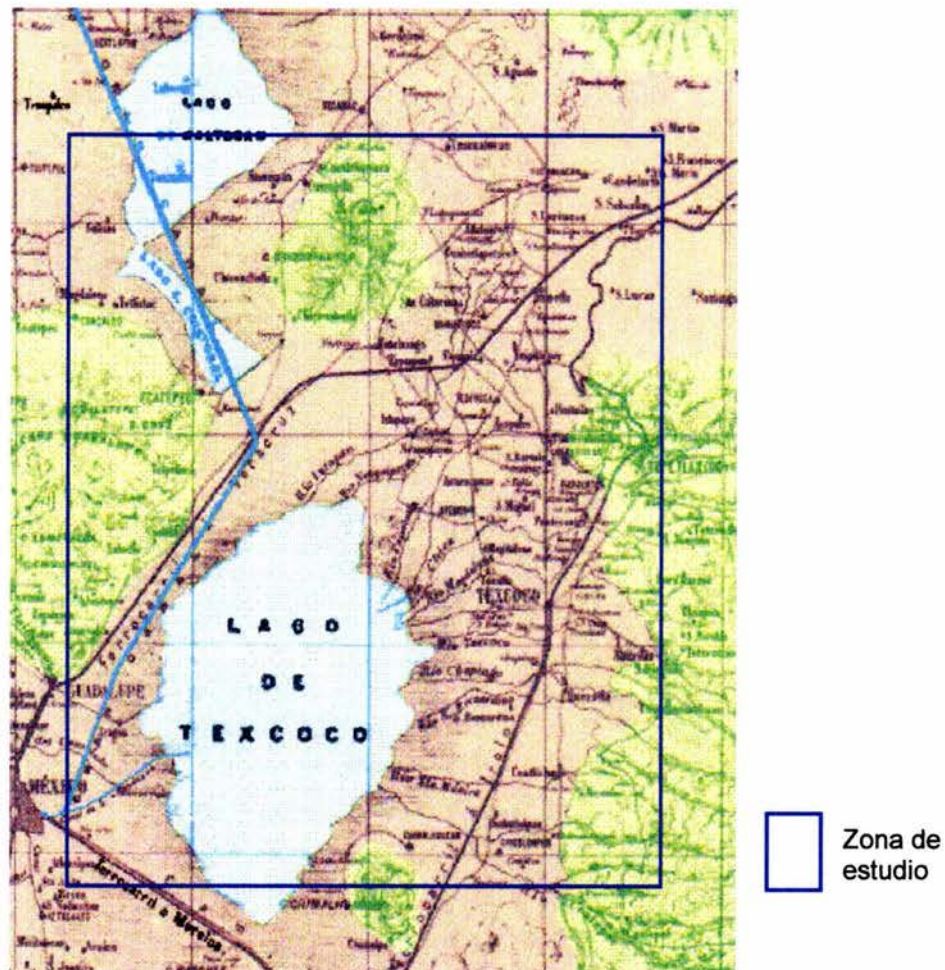


Fig. 2.12 Carta Hidrográfica del Valle de México, 1888 (DDF, 1975)

2.4.2 Situación actual

Actualmente, mediante un grupo de pequeños lagos artificiales construidos a partir de la década de los 70's y que entraron en operación a principios de los 80's, este sitio sigue funcionando como vaso regulador de la ciudad de México (Cruickshank, 1998). Al iniciar la construcción de estos lagos se eligió utilizar tres métodos: a) subsidencia del terreno provocada por la extracción de agua del subsuelo; b) dragado convencional, con dragas de succión y de arrastre; y c) el uso de explosivos para reducir notablemente la resistencia de las arcillas y posteriormente extraer los lodos con bombas especiales.

Durante el inicio de los trabajos, el método de construcción basado en el bombeo de pozos someros resultó ser la mejor opción, debido a que los gastos de operación de los pozos se cubrían por sí mismos al vender el agua extraída a la planta de Sosa Texcoco

que obtenía la salmuera (materia prima de esta industria) en el vaso de evaporación solar el Caracol. En la actualidad Sosa Texcoco ha dejado de operar, por lo que la generación de lagos mediante este método ha dejado de autofinanciarse, adicionalmente, las depresiones que se logran durante muchos años de operación de los pozos son de apenas de unos metros, por lo que para darles una mayor cantidad de almacenamiento, ha sido necesario construir bordos perimetrales (Inciso 3.2.2).

Con lo que respecta al método de dragado, en las pruebas realizadas se obtuvo que los taludes 3:1 son los que presentan mayor estabilidad y menos deformaciones en el subsuelo de este lago. Los lagos construidos con este método se realizan con mayor rapidez con respecto al método anterior, quedando de por medio únicamente el aspecto económico.

El tercer método fue ensayado por recomendaciones de Casagrande, sin embargo las pruebas para la "licuación de las arcillas" no resultaron efectivas en el subsuelo de esta zona. Un método adicional que ha sido empleado para la generación de lagos, esta basado en la construcción de muros perimetrales en depresiones naturales.

Este sistema de lagos artificiales es alimentado por los siguientes afluentes: al noreste por el río San Juan Teotihuacan; al este, por los ríos Papalotla, Xalapango, Coxacoaco, Texcoco, Chapingo, San Bernardino, Santa Mónica y Coatepec; y al sur, por los ríos la Compañía y Churubusco (Fig. 2.13).

Los ríos de oriente al descender de la sierra de Río Frío tienen carácter de intermitentes, pero desaparecen en la base de la misma (lo que indica indirectamente la buena permeabilidad de los materiales de esa zona), por lo que tienen aportación nula en el estiaje; pero son torrenciales en tiempo de lluvias.

Los afluentes de los ríos Papalotla, Xalapango y Coxacoaco son regulados en la laguna de Xalapango y posteriormente son conducidos por el canal colector hasta el lago Nabor Carrillo. El río Churubusco transporta las aguas pluviales y residuales provenientes de la ciudad, y se divide en dos brazos a la altura del extremo norte de la Alameda Oriente. El agua conducida por el brazo izquierdo es almacenada y regulada en el lago de Regulación Horaria y posteriormente conducidas al Gran Canal del Desagüe, en tanto que las aguas conducidas por el brazo derecho del río Churubusco, son dirigidas hacia el lago del mismo nombre.

El río de Los Remedios y el Gran Canal del Desagüe transportan sus afluentes hacia el Dren General, que los desaloja de la Cuenca de México a través de los Túneles de Tequiquiac.

Además de los ríos mencionados, en la zona denudada del ex-lago de Texcoco existe un sistema de canales artificiales de menor dimensión, que han sido realizados para efectuar la recuperación de los suelos salinos, sin embargo debido a la baja permeabilidad que presentan estos suelos, este método de lavado no ha registrado los resultados esperados.

De 1981 a 1990, la precipitación media en la zona VI fue de 610 mm/año y de 810 mm/año en la zona VII, en tanto que los escurrimientos medios fueron de 5.9 y 53.1 Hm³ respectivamente. La variación de la evaporación en el área del ex-lago de Texcoco presenta mayores pérdidas en marzo, abril y mayo, disminuyendo gradualmente hasta diciembre, cuando se incrementa nuevamente completando el ciclo. En esa década (81-90) la evaporación máxima y mínima diaria fueron de 68.51 mm y de 0.0 mm, y se registraron el 11 de mayo de 1990 y el 15 de junio de 1987 respectivamente (Cruickshank, 1998).

Los vientos que predominan en la zona son de tres tipos: de *altura*, *rasantes* y *convectivos* (Cruickshank, 1998). Los de *altura* son los del oeste, provienen de la sierra del Ajusco a una altura aproximada de 3000 msnm. Los *rasantes* son los del noreste, sureste, norte y noroeste. Los del noreste son polares que entran al lago de Texcoco; los del sureste provienen del antiguo lago de Chalco, los del norte son vientos fríos que corren de norte a sur durante las noches y los vientos del noroeste provienen de la sierra de Pachuca. Los *convectivos* se producen durante las horas más calientes; el intenso calentamiento del aire superficial origina movimientos convectivos de masas de aire provocando remolinos que se proyectan a gran altura, llevando en suspensión gran cantidad de polvo que dan origen a las famosas “tolvaneras” que tanto afectaron a la ciudad, y que plantearon un serio problema de salubridad y de visibilidad para la navegación aérea.

La evaporación se ve favorecida por las altas temperaturas y los vientos rasantes que se manifiestan en esta zona, por lo que la pérdida hídrica se ha medido en valores anuales de hasta 2519 mm al centro del lago (Estación Texcoco), mientras que las estaciones vecinas (Tepexpan, Atenco, Chapingo, Los Reyes, San Juan de Aragón, Kilómetro 6 + 250 Gran Canal y El Caracol) registran de 1200 a 1600 mm/año.

2.5 DESARROLLO URBANO

De acuerdo con los historiadores, la cultura Teotihuacana fue la primera cultura prehispánica en asentarse dentro de la zona de estudio. Sus orígenes han sido vinculados a la migración de los habitantes de Cuicuilco provocada por la erupción del Xitle en el año 200 a. C., instalándose en este lugar en el año 100 a. C. Sin embargo, no fue sino hasta principios de nuestra Era cuando se comenzó el trazo urbano de la ciudad tal como hoy la conocemos, y se establecieron los estilos arquitectónicos que la caracterizan, por lo que la fundación de la ciudad de Teotihuacan (Ciudad de los Dioses) ha sido asignada al año 0 de nuestra Era (Matos, E., 2003).

La cultura teotihuacana creció rápidamente y alcanzó su esplendor alrededor de 450-650 d. C. Durante este periodo, la presencia de esta cultura se había extendido prácticamente por toda Mesoamérica, la ciudad tenía una extensión de 20.5 km² y una población de alrededor de 85 mil habitantes. Entre los años 650-750 d.C. la cultura teotihuacana entro en declive, y este momento de debilidad fue utilizado por los pueblos sometidos que saquearon e incendiaron la ciudad alrededor del año 750; después de este hecho la cultura teotihuacana mantuvo cierta influencia, sin embargo, para el año 800 la ciudad de Teotihuacan se encontraba completamente deshabitada.

Luego de este suceso, no se tienen registros de asentamientos humanos dentro de la zona de estudio. No fue sino hasta después de la caída de la cultura Tolteca (ocurrida a finales del siglo XII y que dio inicio del periodo Chichimeca), que algunos pueblos chichimecas se establecieron dentro esta zona: los otomíes fundaron Xaltocan en 1,250; nueve años después, tres caciques hermanos fundaron Chimalhuacán; y finalmente, Quinatzin fundo Texcoco en 1,327. Para ese entonces los aztecas ya habían dejado huellas de su peregrinar en varios sitios, de los cuales Ecatepec es el que entra en la zona de estudio.

Antes de la Conquista española, la población de estos pueblos había crecido considerablemente, sin embargo, con la caída de Tenochtitlán y la ocupación de los españoles en 1521, la población nativa de la zona declinó precipitadamente. Esta disminución en la población fue ocasionada principalmente por tres factores: la lucha de conquista, las enfermedades y los trabajos forzados a que fueron sometidos. Tendrían que pasar unos 400 años para que la población alcanzara nuevamente el nivel precortesiano.

La población dentro de la zona de estudio creció modestamente hasta finales de la década de los 40's. Al inicio de la década de los 50's, esta zona ya presentaba condiciones "favorables" para un desarrollo urbano, por lo que fue alcanzada por el acelerado crecimiento de la ciudad de México. Hacia el sur se inició el desarrollo de ciudad Netzahualcóyotl y hacia el oeste se establecieron zonas industriales en el municipio de Ecatepec, que favorecieron el ensanchamiento del desarrollo urbano en esta área, pues actuaron como polos de extensión de la mancha urbana.

A partir de este hecho, el crecimiento urbano en la zona de estudio tuvo carácter de explosivo y se caracterizó por la ocupación desordenada y en ocasiones ilícita de suelos de propiedad ejidal o comunal. En 1960 los municipios de Ecatepec, Netzahualcóyotl y Chimalhuacán se incorporan a la mancha urbana de la ciudad de México, y en 1970, lo hacen los municipios de Coacalco, Chiautla, Chicolapan, Chiconcuac, Ixtapaluca, Tecámac y Texcoco.

En las últimas dos décadas, los municipios de Ecatepec y Netzahualcóyotl alcanzaron tasas de crecimiento poblacional de 7.48 y 7.69% respectivamente; cifras semejantes se registraron en los municipios de Texcoco y Chimalhuacán en el mismo periodo. Este considerable crecimiento ha superado las expectativas más conservadoras (5%) y en general ha sido consecuencia de la migración de campesinos a la zona conurbada y de un efecto de desconcentración de población, que buscó salir del congestionado Distrito Federal por razones diversas.

En la actualidad, el desarrollo urbano correspondiente a la zona de estudio ocupa una superficie de alrededor de 441.14 km², que representa el 45.69 % del área total (Fig. 2.14). Esta figura fue realizada a partir de las cartas urbanas editadas por el INEGI No. E14-29, E14-B21, E14-39 y E14-B31 con escala 1:50,000.

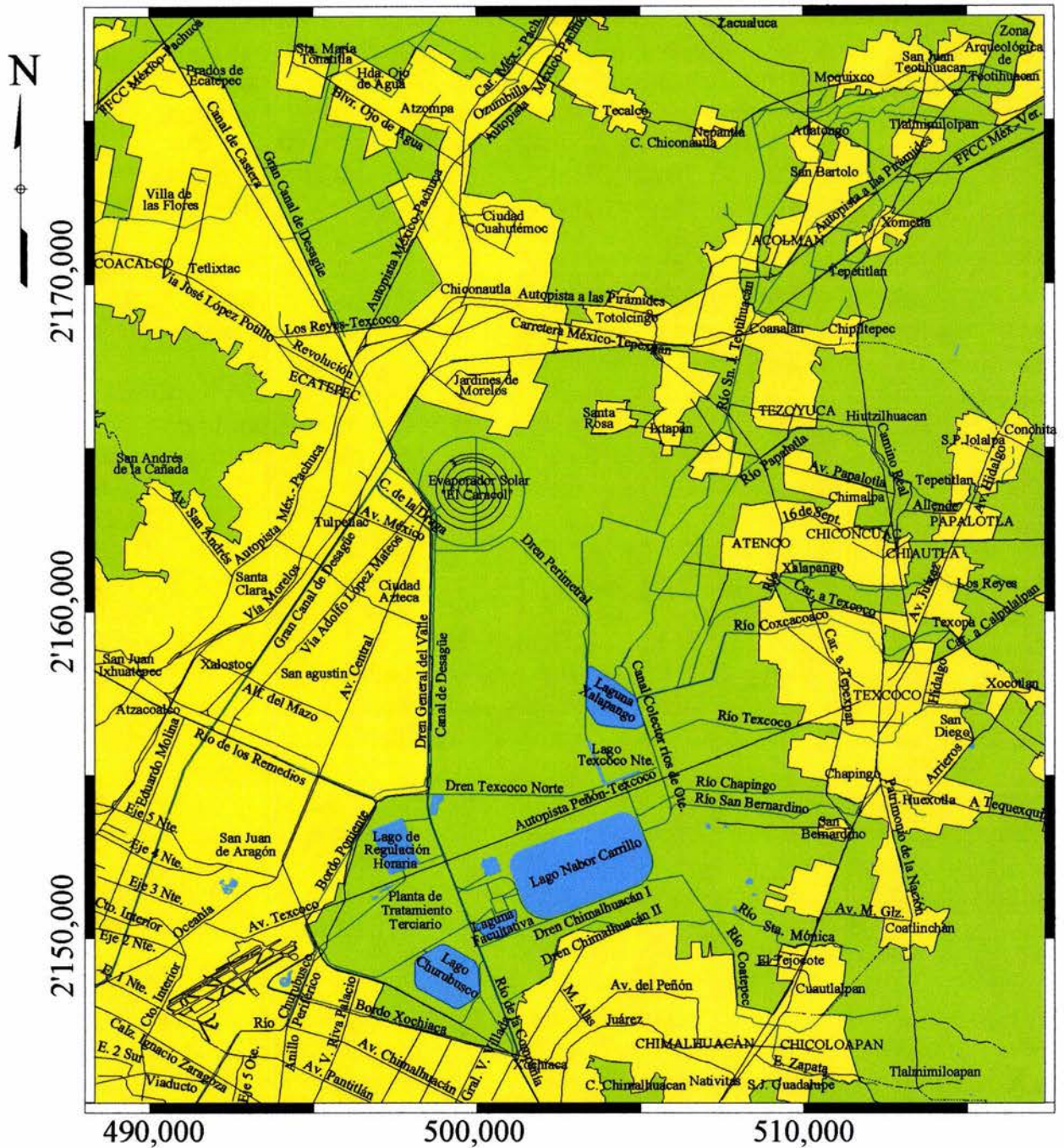


Fig. 2.14 Desarrollo Urbano

En este plano podemos observar que el desmedido crecimiento del desarrollo urbano no ha obedecido o se ha ajustado a los límites territoriales, por lo que el área de la zonificación geotécnica actual ha sido superada, planteando la urgente necesidad de recopilar, procesar y analizar la información geotécnica que se ha generado en esta zona, con el fin de construir una base de información más precisa que nos permita cumplir con el objetivo del presente trabajo, consistente en una contribución a la actualización de la zonificación geotécnica, teniendo como área de estudio la región del ex-lago de Texcoco y zonas aledañas.

CAPÍTULO 3

CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

3.1 ANTECEDENTES

El área del ex-lago de Texcoco ha sido objeto de importantes estudios geotécnicos que fueron iniciados en 1966 por el Prof. Marsal, y presentados en el volumen Nabor Carrillo tres años después. Estos estudios tuvieron como antecedente los conocimientos adquiridos por Marsal en el estudio del subsuelo de la ciudad de México, así como los resultados de las investigaciones realizadas en la zona del ex-lago de Texcoco, referentes a la explotación de sales y la determinación de la columna geológica de la Cuenca de México.

De acuerdo con lo presentado en el volumen Nabor Carrillo (Marsal et al., 1969), en el periodo de junio de 1966 a diciembre de 1968, se realizaron seis sondeos geotécnicos profundos con el fin de determinar la estratigrafía y propiedades del subsuelo del ex-lago de Texcoco. Los resultados de estos estudios permitieron determinar que en general la estratigrafía del subsuelo lacustre de esta zona no difiere sustancialmente de la que prevalece en el área de la ciudad de México, en tanto que en lo referente a las propiedades del subsuelo, se obtuvo que la determinación de sus propiedades índice es severamente afectada por la gran cantidad de sales presentes en su fase líquida, por lo que Marsal et al., presentaron una metodología para determinar el peso de estas sales que se precipitan sobre la fase sólida durante el secado de la muestra (inciso 3.2.5).

En un trabajo posterior se realizó una campaña de exploración del subsuelo en la que se obtuvieron 91 sondeos más o menos distribuidos en la zona central del ex-lago (Geotec, 1977), los cuales fueron utilizados para la realización de un mapa de zonificación geotécnica, mapas de curvas de igual profundidad de estratos típicos y la descripción de la estratigrafía, propiedades e implicaciones geotécnicas del subsuelo de esta región (Murillo, et al., 1978).

Este trabajo fue presentado en 1978 durante el simposio organizado por la SMMS denominado: "El subsuelo y la ingeniería de cimentaciones en el área urbana del valle de México". Durante el mismo evento, la zona de estudio del presente trabajo también fue alcanzada por el plano de zonificación geotécnica presentado por Marsal, pero elaborado por Schmitter en 1968. Sin embargo, este plano de zonificación fue un trabajo más general, puesto que además de utilizar los sondeos geotécnicos disponibles, empleó la geología superficial elaborada por Mooser en 1956. Resulta interesante señalar que el área de este mapa correspondiente a la zona del ex-lago de Texcoco, ha sido reproducida fielmente en los mapas de zonificación de 1987 y 1995, siendo éste último, el mapa de zonificación geotécnica vigente (RCDF, 1995).

Lo anterior adquiere mayor importancia debido al hecho de que en los trabajos de zonificación de Murillo, et al. y de Schmitter, fue señalada la existencia de incertidumbres geotécnicas en zonas aisladas, donde la información geotécnica era

nula o escasa. En lo referente a la zona de estudio, estas zonas fueron ubicadas en la región norte y oriente del ex-lago de Texcoco, por lo que se advierte que las incertidumbres geotécnicas desafortunadamente aún prevalecen en el mapa de zonificación geotécnica actual. En estos lugares (norte y oriente del ex-lago de Texcoco) el desarrollo urbano pertenece principalmente a asentamientos populares que no poseen obras de gran envergadura, sin embargo deben ser protegidos con normas de construcción que garanticen un comportamiento adecuado de la interacción suelo-estructura ante solicitaciones estáticas y dinámicas.

Con el fin de llevar a cabo el objetivo del presente trabajo, a continuación se rescatan del anexo 1 los lineamientos del modelo estratigráfico para la zona lacustre y de zonificación geotécnica propuestos por Marsal y Mazari en 1959, así como lo más relevante de los mapas de zonificación geotécnica de Murillo, et al., y del RCDF vigente (RCDF, 1995).

3.1.1 Modelo estratigráfico propuesto por Marsal y Mazari

Este modelo se reproduce en la Fig. 3.1 y fue determinado por los autores para la zona lacustre la ciudad de México, quedando establecido de la siguiente manera (Marsal, et al., 1959):

1. *Costra Superficial (CS)*, constituida por depósitos areno-arcillosos o limosos, con abundancia de restos arqueológicos, o bien, rellenos artificiales que en algunos puntos de la ciudad llegan hasta 10m de profundidad.
2. *Formación Arcillosa Superior (FAS)*, constituida por arcillas volcánicas extraordinariamente compresibles, de variados colores y consistencias entre blanda y media, intercaladas con pequeñas capas o lentes de arena; su espesor total varía de 15 a 32m.
3. *Primera Capa Dura (CD)*, de unos 3m de espesor, constituida por suelos arcillo o limo-arenosos, compactos y rígidos.
4. *Formación Arcillosa Inferior (FAI)*, formada por arcillas volcánicas de características semejantes a las de la FAS, aunque más comprimidas y resistentes; este manto tiene una potencia comprendida entre 4 y 14m.
5. *Depósitos Profundos (DP)*, formado por depósitos de arena y grava, separados por estratos de limo o arcilla arenosa.

Como se menciona en el anexo 1, este modelo estratigráfico había sido presentado por el Prof. Marsal durante el Congreso de Investigación Científica de la UNAM realizado en 1953, sin embargo como tuvo mayor difusión en 1959, actualmente se le conoce como modelo estratigráfico de Marsal y Mazari.

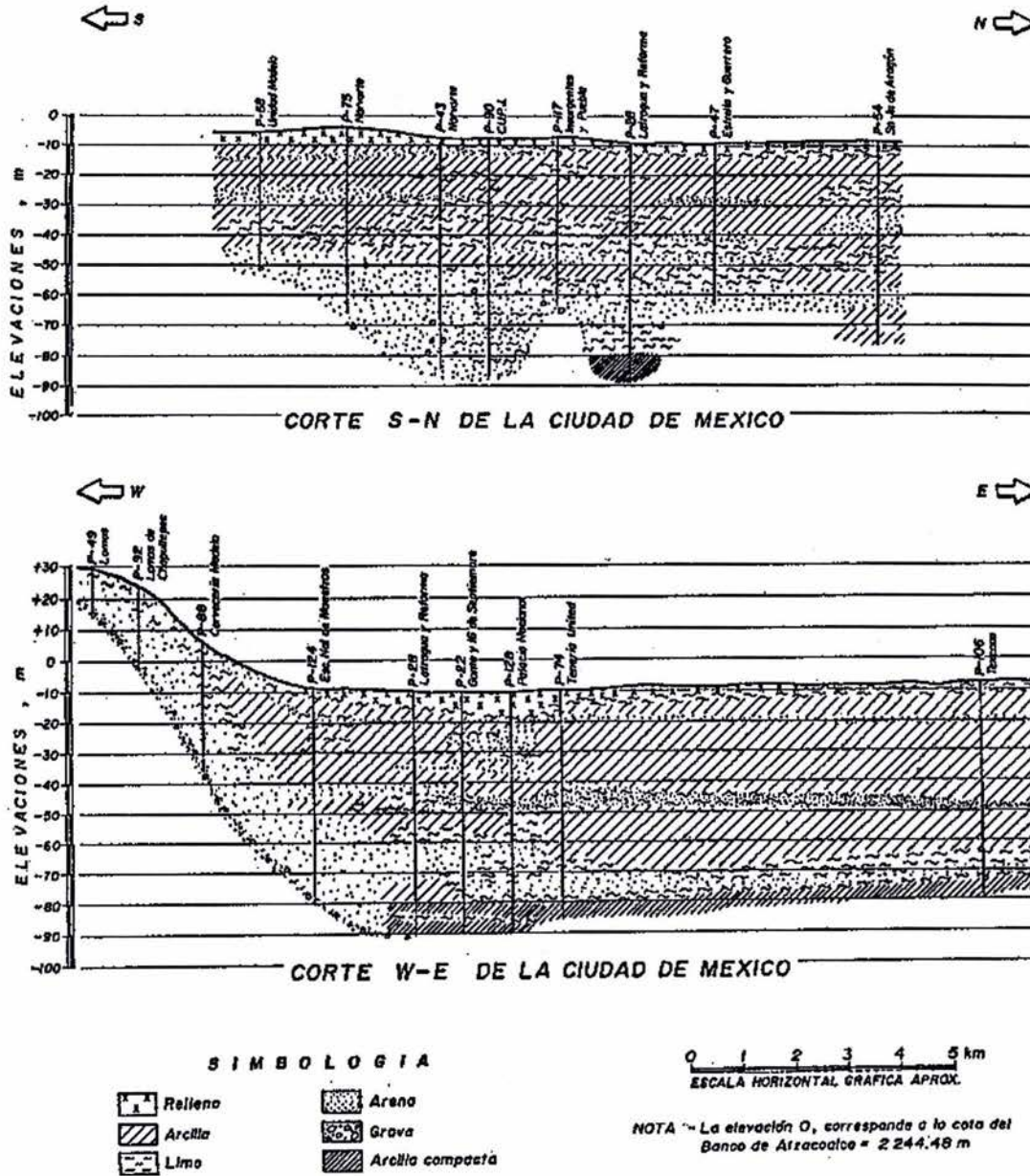


Fig. 3.1 Modelo estratigráfico de Marsal y Mazari (Marsal, et al., 1959)

3.1.2 Zonificación geotécnica propuesta por Marsal y Mazari

Esta zonificación fue realizada por Marsal y Mazari con la información generada durante el periodo de 1947 a 1959, y que fue publicada dentro del marco del Primer Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos bajo el título: "El subsuelo de la ciudad de México" (Fig. 3.2)

Este mapa de zonificación se dividió de la siguiente manera (Marsal, et al., 1969):

Zona de lomas. Ocupa la zona de derrames del Xitle y las faldas de la serranía de Las Cruces. La capacidad de carga del terreno es elevada y no existen capas de arcilla compresibles que puedan ser causa de asentamientos diferenciales de gran magnitud.

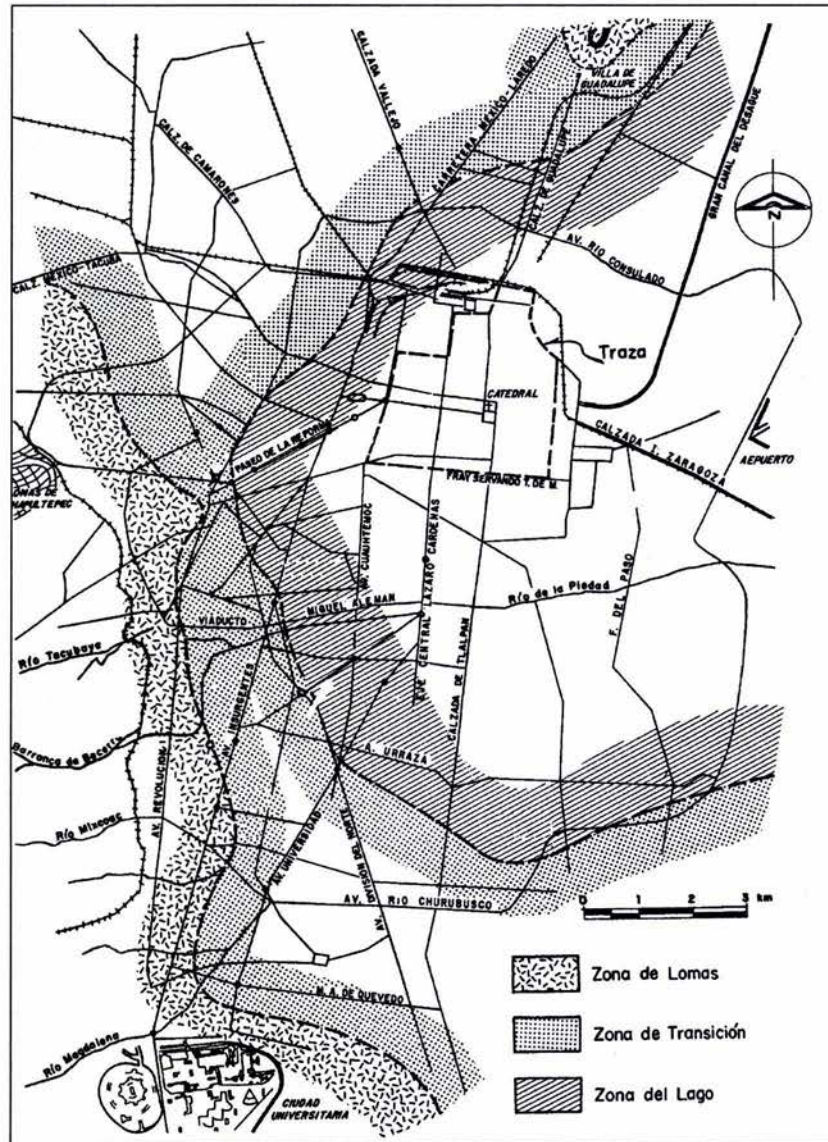


Fig. 3.2 Zonificación geotécnica de 1959 (Marsal, et al., 1969)

Zona de transición: Donde las condiciones estratigráficas del subsuelo varían en forma extraordinaria de un punto a otro. Debido a las transgresiones y regresiones que sufría el antiguo lago, en la superficie se encuentran depósitos arcillosos o limosos orgánicos, cubriendo a estratos de arcilla volcánica muy compresibles y de espesores variables, intercalados con capas de arena limosa compacta o arena limpia. Esta secuencia estratigráfica descansa sobre potentes mantos en los que el material predominante es la grava y la arena.

Zona de lago: Se localiza en las fronteras interiores de la zona de transición; en el subsuelo de esta zona pueden distinguirse los estratos correspondientes al modelo estratigráfico descrito anteriormente.

En algunos lugares se detectó una tercera formación compresible integrada por arcillas volcánicas, a 65m de profundidad aproximadamente.

Zona Pétreo. La información sobre esta zona es escasa y sólo se tiene evidencia de que las poblaciones de Tezoyuca, Texcoco, Huexotla, Coatlinchán y parte de Chimalhuacán se encuentran asentadas en esa zona. La estratigrafía de un perfil típico de esta zona, presenta arenas limosas y limos arenosos intercalados por lentes de vidrio volcánico.

Zona de transición. En esta zona se presenta una intercalación heterogénea de estratos arenosos, limosos y arcillosos, con espesores y propiedades muy variables.

Los materiales encontrados en la parte oriental y occidental son: arenas finas limpias, limosas y arcillosas, en ocasiones con grava media, en estado muy suelto a compacto. En el suroeste, rodeando al cerro del Peñón, se encuentran rellenos; arenas limosas en estado suelto; arcillas de alta plasticidad intercaladas con lentes de arena fina, vidrio volcánico, tobas limoarenosas y grava. Bajo estos estratos se localiza toba andesítica poco fracturada.

Zona del lago. Esta zona presenta estratigrafía y propiedades similares a las del subsuelo de la ciudad de México. La estratigrafía de esta zona geotécnica puede describirse de la siguiente manera:

1. *Manto Superficial (MS).* Constituido por arcillas consolidadas por secado, arenas limosas y limos arcillosos con un contenido de agua promedio de 61%; su espesor medio es de 1.5m, que aumenta en las zonas cercanas a la sierra de Guadalupe a 6m aproximadamente. En las zonas de inundación permanente y en aquellas recientemente expuestas a secado, no es apreciable este estrato o tiene unos cuantos centímetros de espesor. En la zona lacustre esta formación se encuentra surcada por innumerables grietas rellenas con materiales eólicos y profundidad superior a 4m, por lo que penetran en el estrato subyacente. Únicamente existen rellenos en las cercanías del Bordo Xochiaca, en la intersección del bordo Poniente con el camino Peñón Texcoco y en la zona del Aeropuerto.

2. *Formación Arcillosa Superior (FAS).* Está formada por arcillas de origen volcánico lacustre altamente compresibles, intercalada por bolsas y estratos arenosos, limoarenosos y de vidrio volcánico a diversas profundidades, destacándose una capa de arena negra en estado suelto, en ocasiones limosa, con espesor variable entre 0.2 y 2m, a profundidades comprendidas entre 3m en las zonas Norte y Oriente, 3 a 8m en la zona Poniente y a 12m en ciudad Netzahualcóyotl; su contenido de agua medio es de 44%. El espesor de la FAS varía en dirección Norte Sur de 17m aproximadamente en el Caracol a más de 40m en el bordo Xochiaca; en dirección Oriente Poniente, varía entre 38 y 17m, del kilómetro 3 al 13 del camino Peñón Texcoco.

3. *Capa dura (CD).* El espesor de este horizonte de desecación varía de 3.5m en el Norte y Oriente hasta desaparecer en ocasiones en la vecindad de ciudad Netzahualcóyotl; en la zona Poniente es muy complicado identificarlo con precisión, ya que en ella proliferan depósitos compactos y sueltos con propiedades semejantes a las de la llamada capa dura. La constituyen primordialmente suelos limoarenosos, arenosos y limosos intercalados en ocasiones por materiales arcillosos. Su contenido de agua medio es de 59% y su resistencia a la penetración estándar notablemente

variable, aún para la misma zona, con valores extremos de 8 a más de 50 golpes.

4. *Formación Arcillosa Inferior (FAI)*. Del mismo origen y características que la superior, se diferencia de ésta por su menor contenido de agua medio, que es de 255%, y por tener menor compresibilidad y mayor resistencia al corte. En ella se localizan también lentes y estratos limo-arenosos y de vidrio volcánico, siendo éstos mas frecuentes que en la FAS. Tiene un espesor variable entre 20m al centro del lago, disminuyendo hacia la periferia en dirección oriente a 3m. En la zona Poniente su espesor decrece rápidamente de la Vía Morelos hasta desaparecer en la Sierra de Guadalupe.

5. *Depósitos Profundos Superiores*. Conocidos también como segunda capa dura, están constituidos por limos, arenas finas y limosas muy compactas. Su profundidad está comprendida entre 24m en la parte Oriente, a más de 64m en las inmediaciones del Bordo Xochiaca. Tiene un contenido de agua cercano al 50% y su resistencia a la penetración estándar es mayor de 50 golpes.

6. *Tercera Formación Arcillosa*. De acuerdo con estudios anteriores, exploraciones y trabajos de perforación realizados para la Instalación de los sistemas de bombeo bajo los lagos Desviación Combinada y Texcoco Sur, existe "dentro" de los depósitos profundos una formación compresible de espesor superior a 6m, la que se reporta como tercera formación arcillosa y cuyo contenido de agua medio es de 147%, con valores máximos del orden de 280%. En la zona Industrial de Xalostoc se encontró a partir de 46m de profundidad, con un espesor de 14m en el sondeo 122. Dieciséis de los sondeos reportados atraviesan esta formación.

7. *Depósitos Profundos Inferiores*. Subyacente a la anterior formación, se localizan estratos arenosos, limosos y limo-arenosos, que en ocasiones contienen arcilla y gravas, los que se denominan en este trabajo como Depósitos Profundos Inferiores. Su contenido medio de agua es de 37%.

Los autores señalan que la máxima profundidad explorada por los sondeos fue de 140m, por lo que no se alcanzó la formación arcillosa localizada entre 145 y 160m, mencionada en trabajos anteriores.

3.1.4 Zonificación geotécnica actual

Este mapa de zonificación geotécnica fue elaborado por Mendoza (1993) y publicado el 27 de febrero de 1995, en la Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal (DDF) y en las "Normas Técnicas Complementarias (NTC) para el Diseño y Construcción de Cimentaciones" de 1997 (Fig. 3.4).

Las zonas geotécnicas en que se encuentra dividida el área de la ciudad en este mapa, contempla tres zonas principales (Zona I, II y III) y una zona poco conocida desde el punto de vista de mecánica de suelos. La definición reglamentaria de cada una de estas zonas se presenta a continuación:

Artículo 175. - Para fines de las disposiciones marcadas en el reglamento, el Distrito Federal se considera dividido en las zonas I a III, dependiendo del tipo de suelo.

Las características de cada zona y los procedimientos para definir la zona que corresponde a cada predio se fijan en el Capítulo VIII de este Título.

Capítulo VIII

Artículo 219. - Para fines de este Título, el Distrito Federal se divide en tres zonas con las siguientes características generales:

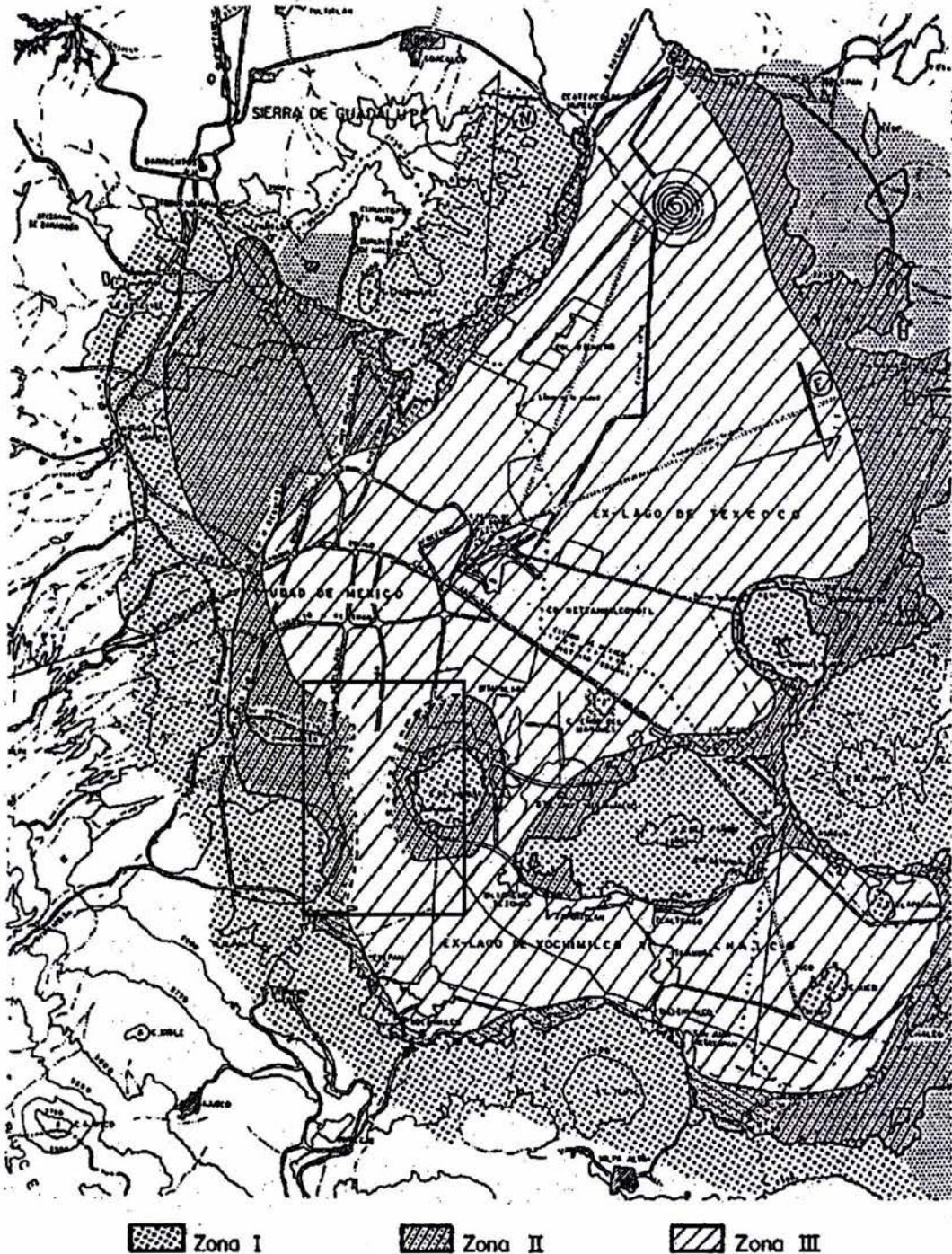


Fig. 3.4 Zonificación geotécnica (NTC, 1997)

Zona I. Lomas, formadas por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta Zona, es frecuente la presencia de oquedades en rocas y de cavernas y túneles excavados en suelos para explotar minas de arena.

Zona II. Transición, en la que los depósitos profundos se encuentran a 20m de profundidad, o menos, y que está constituida predominantemente por estratos arenosos y limoarenosos intercalados con capas de arcilla lacustre; el espesor de éstas es variable entre decenas de centímetros y pocos metros.

Zona III. Lacustre, integrada por potentes depósitos de arcilla altamente compresible, separados por capas arenosas con contenidos diversos de limo o arcilla. Estas capas arenosas son de consistencia firme a muy dura y de espesores variables de centímetros a varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales y rellenos artificiales; el espesor de este conjunto puede ser superior a 50m.

La zona denominada como poco conocida desde el punto de vista de la mecánica de suelos, se representa en este plano con una línea punteada y se localiza entre el cerro de la Estrella y la sierra de las Cruces, sin embargo, como se mencionó anteriormente, al norte y oriente de la región del ex-lago de Texcoco, las líneas de división de las tres zonas geotécnicas fueron determinadas en base a la geología superficial de Mooser (1956), debido a que la información geotécnica era escasa o nula; partiendo de este hecho, podemos decir que estas regiones también deben considerarse como zonas poco conocidas desde el punto de vista de la mecánica de suelos.

3.2 CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS

3.2.1 Salinidad

Como se mencionó anteriormente, el lago de Texcoco fue siempre un lago salado. Esto originó que el subsuelo del área que ocupaba se caracterice por presentar una marcada salinidad, con un contenido de sólidos superior a la del agua de mar.

Al centro del ex-lago, el subsuelo presenta un contenido de sólidos disueltos en los primeros 60m de hasta 54,000 ppm; este valor se reduce gradualmente con la profundidad llegando a ser de 1,620 ppm a más de 213m. La salinidad también presenta una reducción gradual hacia la periferia del lago, en la que a profundidades menores a 200m, se han registrado concentraciones salinas de 232 a 1,613 ppm (Murillo, et al., 1978).

Las sales disueltas se presentan con una mayor concentración en las formaciones arcillosas y son principalmente carbonatos, bicarbonatos y cloruros de sodio. En la Fig. 3.5 se muestran curvas de isovalores de salinidad de este ex-lago, las cuales fueron obtenidas con el propósito de explotar las aguas saladas de esta zona (Marsal, et al., 1969).

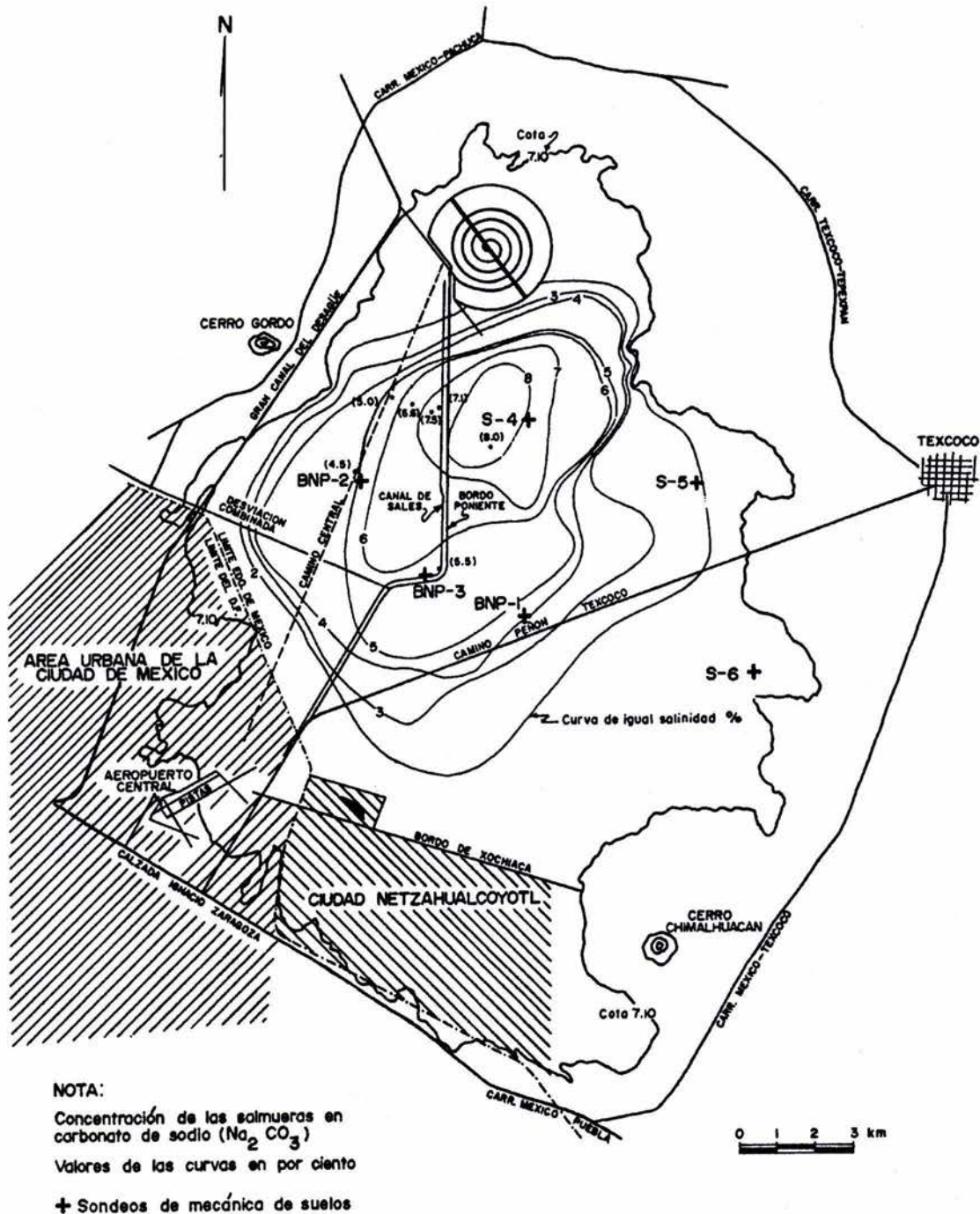


Fig. 3.5 Curvas de igual salinidad en el Lago de Texcoco (Marsal, et al., 1969)

La presencia de los sólidos disueltos en el subsuelo afecta significativamente la determinación de los valores de sus propiedades índice. Para cuantificar lo anterior Marsal et al., desarrollaron una metodología para determinar la cantidad de las sales disueltas que no pertenecen a la fase sólida del suelo (inciso 3.2.5), sin embargo, la salinidad sólo tiene implicaciones prácticas si se pretende ajustar las correlaciones empíricas entre las propiedades índice y sus propiedades mecánicas de este sitio, con las establecidas para otras regiones, como por ejemplo, las establecidas para las arcillas de la ciudad de México (Romo, et al., 2001).

Por otra parte, si el contenido de sales actual sufriera algún proceso que cambiara su concentración salina (por ejemplo lixiviación), ésta se reflejaría en la modificación de sus propiedades mecánicas actuales, sin embargo, por la baja permeabilidad que presentan estas arcillas, no se prevén cambios en la concentración salina, por lo que tales propiedades no se modificarán por este aspecto.

Explotación de sales

Desde antes de la conquista, los antiguos mexicanos explotaban las sales que afloraban por capilaridad en las zonas secas del Lago de Texcoco (Flores, T., 1918). En 1938, la Comisión Nacional de Irrigación realizó los primeros trabajos encaminados al aprovechamiento industrial de las aguas saladas; en una superficie de 850 Ha construyó el evaporador solar "El Caracol" para concentrar las aguas saladas extraídas del subsuelo, y una planta experimental para producir carbonato de sodio y sosa cáustica.

En 1944, el Gobierno Federal otorgó concesión a Sosa Texcoco S. A. para la explotación de estas salmueras alcalinas útiles para la elaboración de sosa cáustica, carbonato de sodio, sal y cal, y en 1975 se inició la producción del alga espirulina, este último producto de exportación en un 100%. Según esta empresa, la producción en 1967 fue de 145,000 toneladas de carbonato sódico (el 55 por ciento de la producción nacional), 54,000 t de sosa cáustica al 100 por ciento (el 46 por ciento de la producción nacional) y unas 20,000 t de sal común para usos industriales.

A partir del 3 de octubre de 1993 esta industria dejó de operar y actualmente se encuentra en ruinas, a su paso dejó abandonado un campo de pozos de bombeo, los cuales a consecuencia del hundimiento regional, aparentemente han emergido con respecto al área circundante y representan un obstáculo físico en el área lacustre (Fig. 3.6).

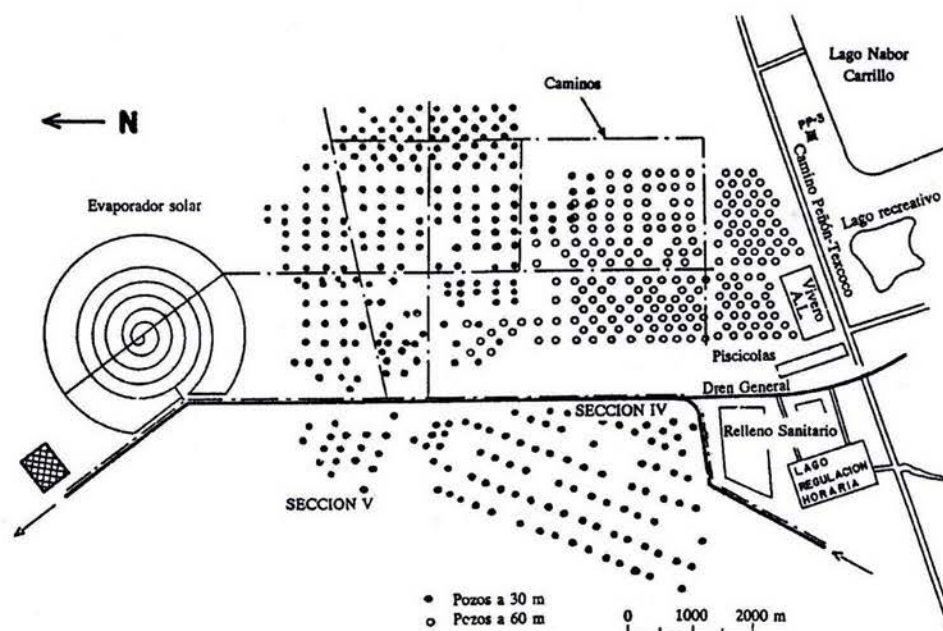


Fig. 3.6 Pozos de bombeo de Sosa Texcoco, (Murillo, et al., 1991)

Por otra parte, en el lago Churubusco, al sur del Caracol y en algunos sondeos, estaciones piezométricas y pozos someros, se ha reportado la presencia de gas metano en los depósitos profundos, localizados entre la Formación Arcillosa Inferior (FAI) y la Tercera Formación Arcillosa (TFA) (Murillo, et al., 1978).

Según los autores, el gas aparentemente se encuentra en suspensión en el agua y se libera cuando ésta se agita, formándose burbujas que arrastran agua y suelo hacia la superficie en forma intermitente, provocando el colapso de las perforaciones e impidiendo la utilización de equipos convencionales de bombeo. Las mediciones de gasto y presión del gas en los sondeos mencionados, registraron lecturas máximas de 2.5 L/s. y 3.77 kg/cm² respectivamente.

3.2.2 Hundimiento regional

Debido a la explotación de agua subterránea para consumo de la población y otros usos, en el curso del siglo veinte la ciudad de México ha sufrido subsidencias en la superficie de hasta 10 a 15m en algunas zonas. La causa principal del hundimiento es la disminución de la presión de poro en los estratos permeables del subsuelo, debida a la extracción del agua mediante bombeo, la cual a su vez ha generado un proceso de consolidación de los estratos arcillosos de origen lacustre. Existe una correlación entre el desarrollo de la red de pozos municipales de extracción de agua para consumo doméstico o industrial, las disminuciones de la presión de poro medidas en estaciones piezométricas y el hundimiento observado. Fue Nabor Carrillo quien en 1947 estableció la relación entre la causa y el efecto, lo que llevó al gobierno de la ciudad a aplicar restricciones sobre la explotación de los acuíferos dentro de la zona urbana. Desgraciadamente, debido a la fuerte demanda de agua estas restricciones no se han respetado en las últimas décadas (Romo, et al., 2001).

Al ocurrir asentamientos regionales las características de resistencia, compresibilidad y rigidez de las arcillas cambian con el tiempo. Independientemente de muy importantes efectos negativos en las instalaciones urbanas y en los edificios de la ciudad, la subsidencia tiene ligeros efectos positivos en cuanto al incremento de la capacidad de carga y disminución gradual de la tasa de asentamientos. Sin embargo, desde el punto de vista sísmico, debido al incremento de la rigidez de los depósitos de suelo (por aumento del módulo de rigidez al corte y disminución del espesor de los estratos de arcilla), la respuesta del terreno variará a través del tiempo (Romo, et al, 2001).

Dentro de la zona de estudio, en el periodo de 1972 a 1978 se realizaron nivelaciones de precisión del cerro del Peñón a las cercanías del Lago Texcoco Sur, registrándose un hundimiento regional medio de 15.4 cm/año, con valores máximo y mínimo de 24.6 y 12.7 cm/año respectivamente (Murillo, et al., 1978). De esta fecha a 1991, la velocidad de hundimiento regional alcanzó los 18.2 cm/año (Murillo, et al., 1991) y actualmente, de acuerdo con datos recabados durante la última década por la Dirección General de Obras Hidráulicas del DDF, en el centro de la zona del ex-lago de Texcoco se han alcanzado velocidades de hundimiento de hasta 30 cm/año (Romo, et al, 2001).

Es conveniente señalar que en la zona lacustre que no ha sido alcanzada por el desarrollo urbano, durante la época de lluvias la superficie del terreno tiende a

presentar una expansión de varios centímetros asociadas a la variación del nivel freático. Este fenómeno cíclico estacional ha sido puesto claramente en evidencia (Auvinet, et al., 1976) y debe tomarse en cuenta en las observaciones del hundimiento regional realizadas durante periodos cortos.

Por otra parte, resulta interesante mencionar que las enseñanzas de Nabor Carrillo en referencia al hundimiento, han sido aprovechadas para la construcción de tres de los cinco lagos artificiales de esta zona, cuyos detalles técnicos se presentan a continuación:

Lago recreativo. Fue el primero en construirse por el método de bombeo en pozos someros; se realizó en una superficie de 25 Ha correspondiente al campo de prueba donde se ensayaron los procedimientos para hundir el terreno mencionados en el capítulo 2. El bombeo de los pozos tuvo una duración de dos años que le dio una capacidad de almacenamiento de 37,500m³. Este lago inició operaciones en 1982 y su influente proviene de los pozos profundos (PP1 y PP3) construidos en la etapa preliminar de los estudios señalados (Cruickshank, 1998).

Lago Nabor Carrillo. Para la construcción de este lago, en enero de 1973 se inició el bombeo en un campo de pozos de 360 Ha (1.2 x 3.0 km) con 180 pozos de 60m de profundidad. La operación del sistema fue interrumpida hasta agosto de 1978 y se extrajeron 59'947,000 m³ de agua salobre, que produjo una depresión con capacidad para almacenar 12'000,000 m³, con un hundimiento máximo de 5.52m al centro del campo de pozos. La velocidad de asentamiento fue de 42 cm/año, con máximos de 115cm anuales durante el primer año de bombeo. Los abatimientos piezométricos máximos en la capa dura y depósitos profundos superiores fueron de 15 y 30 respectivamente al final del periodo de bombeo. Del hundimiento regional inducido por el bombeo, las formaciones arcillosas superior e inferior contribuyeron respectivamente con el 15 y 70.5% de la deformación, el resto de los asentamientos (14.5%) correspondió a la consolidación de estratos arcillosos profundos afectados por el abatimiento piezométrico a profundidad mayor de 60m, que se ha registrado en la región desde 1969 (Murillo, et al., 1991). En una segunda etapa se construyó un bordo perimetral de 12 km de longitud, con una corona de 4m de ancho y 3.2m de altura, que le dio una capacidad de almacenamiento de 36'000,000 m³ y una superficie de 1000 Ha. Este lago entró en operación en el año de 1982 (Cruickshank, 1998).

Lago Churubusco. Para la construcción de este lago se instaló un campo de 72 pozos de 60m de profundidad en un poliedro hexagonal de 167 Ha. Debido a la presencia de gas metano mencionado anteriormente, el bombeo se realizó con bombas neumáticas que operaron de noviembre de 1978 a septiembre de 1982, produciendo una depresión con capacidad de 4.9 millones de m³ y una extracción de 14.2 millones de m³ de aguas salinas. El máximo hundimiento alcanzado fue de 2.5m con un abatimiento piezométrico de 16m en los depósitos profundos. La contribución de la Formación Arcillosa Superior (FAS), Formación Arcillosa Inferior (FAI) y los Depósitos Profundos (DP) compresibles a los hundimientos generados, fueron de 11.7, 66.6 y 21.7% respectivamente al finalizar el bombeo (Murillo, et al., 1991). Posteriormente se utilizaron dragas flotantes para lograr su capacidad total de 5.1 millones de m³ y una superficie de 270 Ha. Este lago inició operaciones en el año de 1983 (Cruickshank, G., 1998).

3.2.3 Agrietamiento

Otro fenómeno geotécnico importante que debe tomarse en cuenta en el diseño de cualquier obra en el área de estudio, es el agrietamiento del subsuelo lacustre que se genera a partir de la superficie del terreno y que se extienden hasta la parte superficial de la FAS. Las grietas se atribuyen a diferentes causas y se han generado modelos teóricos sobre su generación (SMMS, 1991). Con el fin de dar un orden a los casos que se presentan en la zona de estudio, se propone agruparlos de acuerdo a las causas externas que inciden en su aparición (Murillo, et al., 1991):

- a) Variación del contenido de agua
- b) Asentamiento diferencial por hundimiento regional
- c) Variación rápida de esfuerzos horizontales

a) *Variación del contenido de agua.* Al iniciar la época de lluvias, la zona lacustre que no ha sido alcanzada por el desarrollo urbano después de presentar la expansión mencionada en el inciso anterior, exhibe grietas con profundidades del orden de los 10m y longitudes mayores a 100m. Este agrietamiento no presenta dirección preferencial y por lo común no se produce un desnivel importante entre los labios de la grieta (Murillo, et al., 1991).

Este agrietamiento es ocasionado por cambios bruscos en el estado de esfuerzos del subsuelo superficial, originados por la variación del contenido de agua que ocasionan fuerzas de tensión producidas por evaporación (Murillo, et al., 1991). El mecanismo que lleva a la propagación de este tipo de grieta puede interpretarse en términos de la mecánica de fractura clásica (Auvinet, et al, 1991), en la cual se admite que la penetración de agua en una grieta por secado preexistente, provoca la propagación vertical y horizontal de la misma, si el factor de intensidad de esfuerzos en la vecindad de la punta de la grieta rebasa un cierto valor crítico.

Por otra parte, el subsuelo lacustre de la zona urbanizada en general presenta las mismas características de agrietamiento descrito en el caso anterior pero en menor proporción, debido a que la propia urbanización mitiga los efectos de secado por evaporación y cubre la superficie del terreno de la saturación por precipitación, disminuyendo el efecto de propagación (Murillo, et al., 1991).

b) *Asentamiento diferencial por hundimiento regional.* En las cercanías de los cerros que forman islas dentro de la zona lacustre y en las transiciones abruptas hacia la zona de lomas, el agrietamiento tiene sus orígenes en los hundimientos diferenciales asociados a la consolidación regional discutida en el inciso anterior. Estas grietas presentan una orientación que tiende a coincidir con las curvas de nivel de la superficie del terreno, por lo que generalmente se forma un escalón de hasta 40cm, quedando el labio superior del lado de la zona con mayor elevación topográfica (Murillo, et al., 1990).

La zona lacustre donde se construyó el lago Nabor Carrillo, el intenso bombeo a que fue sometida originó la formación inicial de una depresión cónica alrededor de cada pozo; posteriormente, por diferencias en la capacidad específica de los pozos y en la estratigrafía, los hundimientos obtenidos al final de la construcción de este lago no

resultaron uniformes (Fig. 3.7). El agrietamiento subsiguiente a este proceso en un inicio fue concéntrico a cada pozo y posteriormente las grietas perimetrales siguieron el patrón de agrietamiento descrito en el párrafo anterior. Las grietas mayores manifestaron grietas asociadas a ambos lados, lo que favoreció la formación de rupturas tipo Gabren (Murillo, et al., 1991).

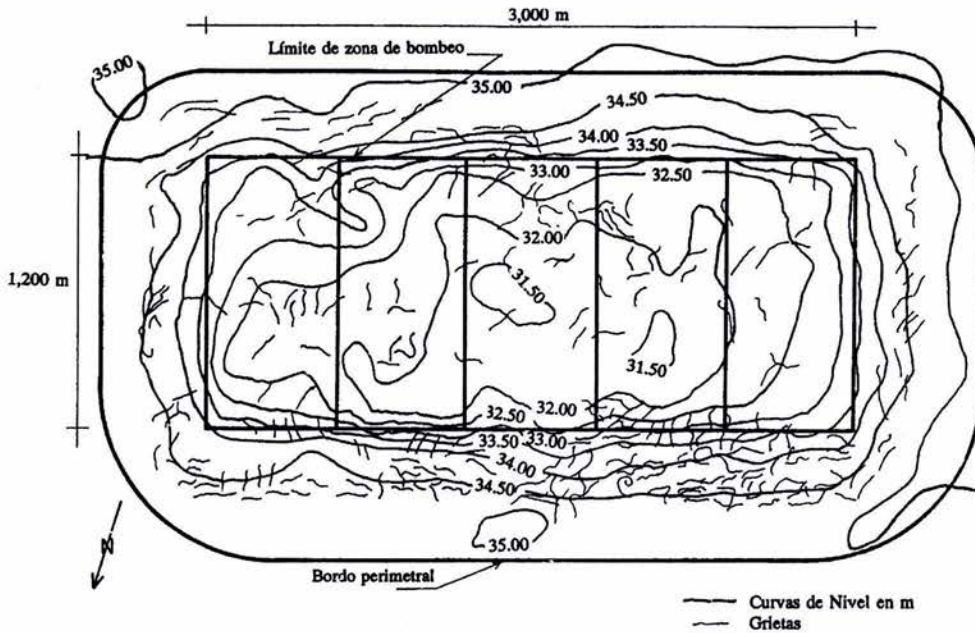


Fig. 3.7 Agrietamiento originado por consolidación en el Lago de Nabor Carrillo (Murillo, et al., 1991)

Un caso especial de agrietamiento es el que se origina sobre el cerro del Peñón de los Baños en su región oeste, y que cada año afecta severamente a construcciones, vialidades (Circuito interior) y servicios (Metro, drenaje y agua potable). Este agrietamiento ha sido atribuido al desplazamiento existente entre los grandes bloques que lo constituyen, el cual ha podido registrarse por los movimientos diferenciales ocurridos entre los bancos de nivel instalados en el cerro. Se presume que este hecho ha sido provocado por la pérdida de confinamiento lateral ocasionado por el hundimiento regional que ocurre en la periferia, o bien, que el hundimiento regional ha reactivado una falla geológica que lo atraviesa (Murillo, et al., 1991).

c) *Variación rápida de esfuerzos horizontales.* Con la construcción de pistas, carreteras y en torno de cimentaciones ligeras, también es concebible que se propicie la formación de grietas en el suelo natural, al costado de estas construcciones, en su sentido longitudinal. El mecanismo se establece por los cambios volumétricos diferenciales del suelo, generados por la variación del contenido de agua en el suelo localizado debajo del pavimento con respecto al suelo expuesto a la evaporación, por ejemplo, más allá de los costados de una pista. La tendencia al agrietamiento se magnifica en caso de terrenos heterogéneos (Romo, et al, 2001). Este fenómeno se ha observado en modelaciones numéricas con el método de elementos finitos, en los que se consideró la migración de agua por gradientes térmicos y gradientes hidráulicos (Magaña, et al., 1980).

3.2.4 Sismicidad

Como se mencionó en el capítulo anterior, la zona de estudio se localiza dentro de una zona de gran actividad sísmica generada en mayor medida por el fenómeno de subducción localizado en las costas de Guerrero. Con base a este hecho, la República Mexicana ha sido dividida en cuatro zonas sísmicas: A, B, C y D (Fig. 3.8). La zona A es considerada como una región en la que no se tienen registros históricos de temblores. La zona D es el sitio donde se han reportado los mayores y más frecuentes sismos y donde las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad; en tanto que las otras dos zonas se consideran regiones de sismicidad intermedia.



Fig. 3.8 Regionalización sísmica de la República Mexicana (SSN, 2003)

No obstante que la Cuenca de México se localiza en la región sísmica B del mapa anterior, debido al fenómeno de ampliación de las ondas sísmicas que presentan las arcillas del subsuelo de la zona lacustre, han ocasionado que sismos que se generan en las costas de Michoacán al llegar a la ciudad de México alcancen amplificaciones con resultados catastróficos (19 de septiembre de 1985). Por lo anterior, las NTC han propuesto un mapa de zonificación sísmica para determinar el coeficiente sísmico “c”, útil para el diseño de edificaciones sujetas a la acción de un sismo máximo probable, y que garantiza que no habrá fallas estructurales mayores ni pérdida de vidas, aunque puedan presentarse daños que lleguen a afectar el funcionamiento del edificio y requerir reparaciones importantes (NTC, 2001).

El mapa de zonificación sísmica se considera dividido en las tres zonas descritas en el inciso 3.1.4 del presente capítulo; pero la zona III a su vez se encuentra dividida en cuatro subzonas: III_a, III_b, III_c y III_d (Fig. 3.9).

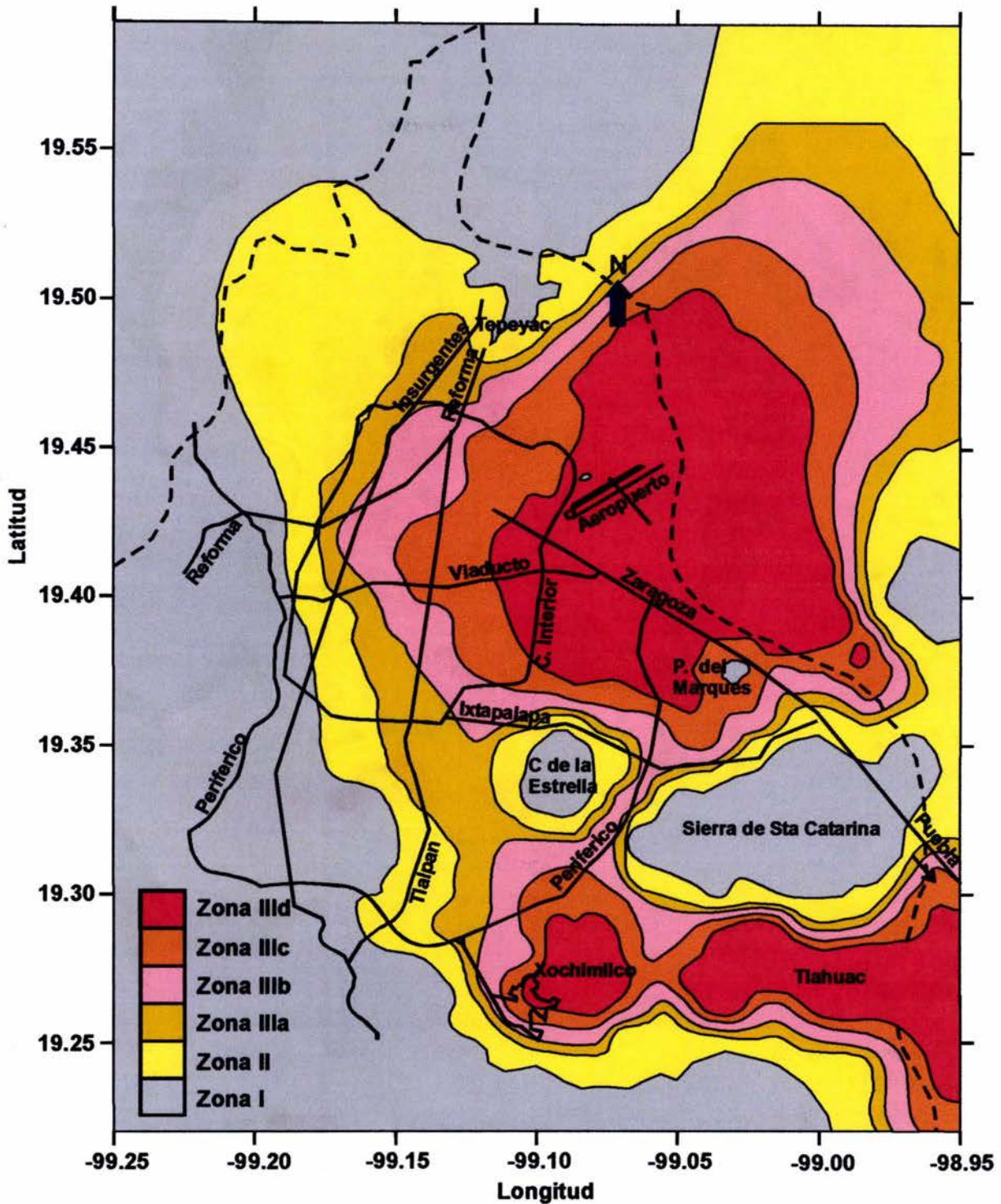


Fig. 3.9 Zonificación sísmica de la Ciudad de México (NTC, 2001)

Durante la elaboración del presente trabajo, afortunadamente también se pudo contar con el mapa de curvas de igual periodo fundamental del suelo (T_s) elaborado por Ordaz, et al, 2001, y que también ha sido presentado a evaluación con fines de reglamentación, por lo que consideramos de gran importancia reproducirlo en el presente trabajo (Fig. 3.10).

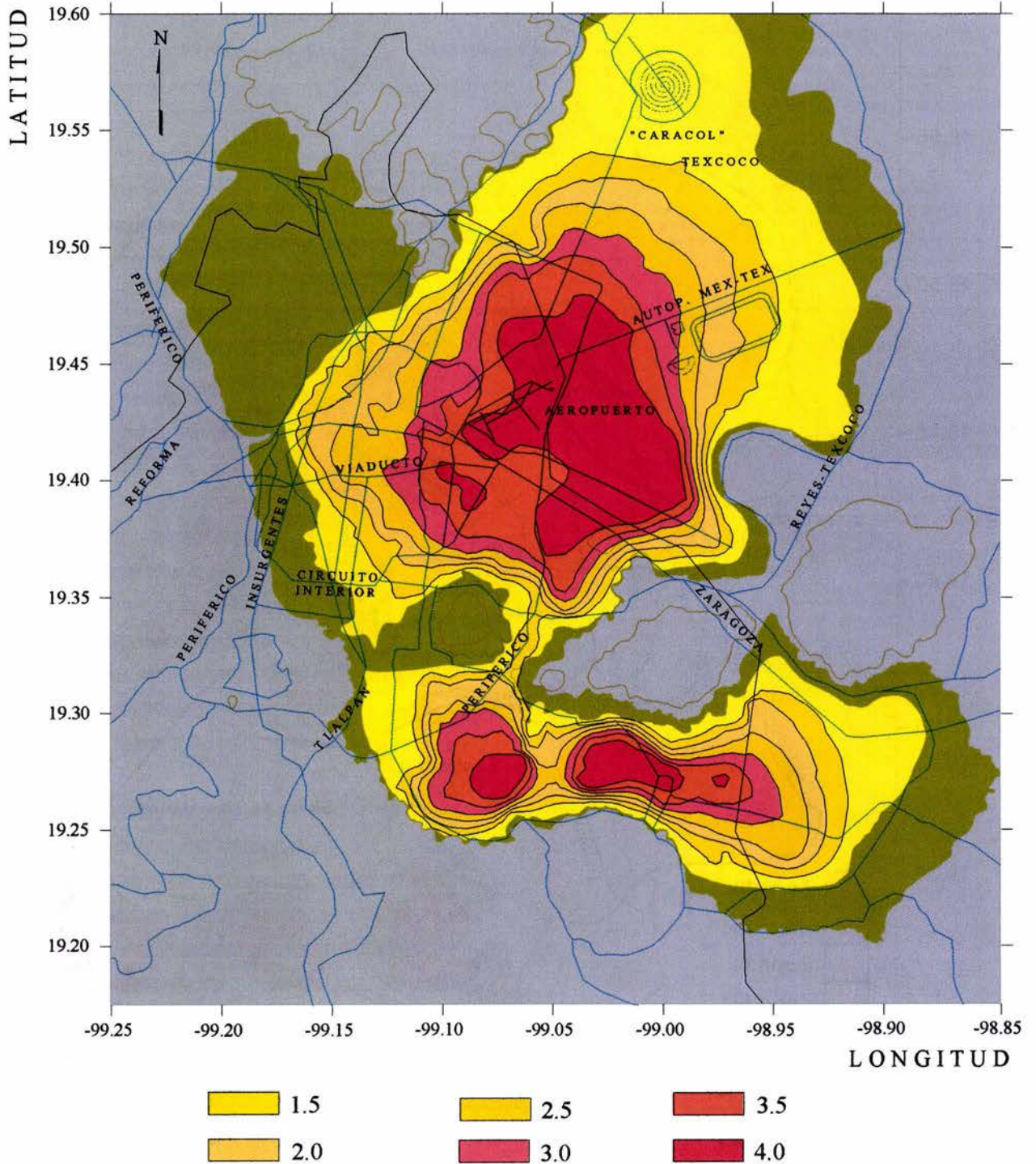


Fig. 3.10 Periodo fundamental del suelo (T_s), para la ciudad de México (Ordaz, 2001)

Es importante señalar que aunado al peligro latente de los sismos ocasionados por el fenómeno de subducción, existen temblores superficiales (profundidad menor a 20 km) ocurridos dentro del continente, de los que resaltan los de intraplaca, como el caso del reciente temblor de Tehuacán, Pue. del 15 de junio de 1999. Este último terremoto se localizó a menos de 200 km de la zona de estudio (Lermo, et al., 2001).

Aún cuando los temblores superficiales generados dentro de la Placa Continental son menos frecuentes, ocurren terremotos hasta magnitud de 6.9, como ejemplo tenemos el temblor de Acambay del 19 de noviembre de 1912 (Lermo, et al., 2001).

En este sentido se ha elaborado un mapa de zonificación sismogénica de la ciudad de México (Fig. 3.11), en el que se ha agrupado el origen de la sismicidad superficial alrededor de esta región en 10 zonas (Lermo, et al., 2001). Debido a la importancia que este hecho representa, a continuación se presenta la descripción de cada zona realizada por su autor.

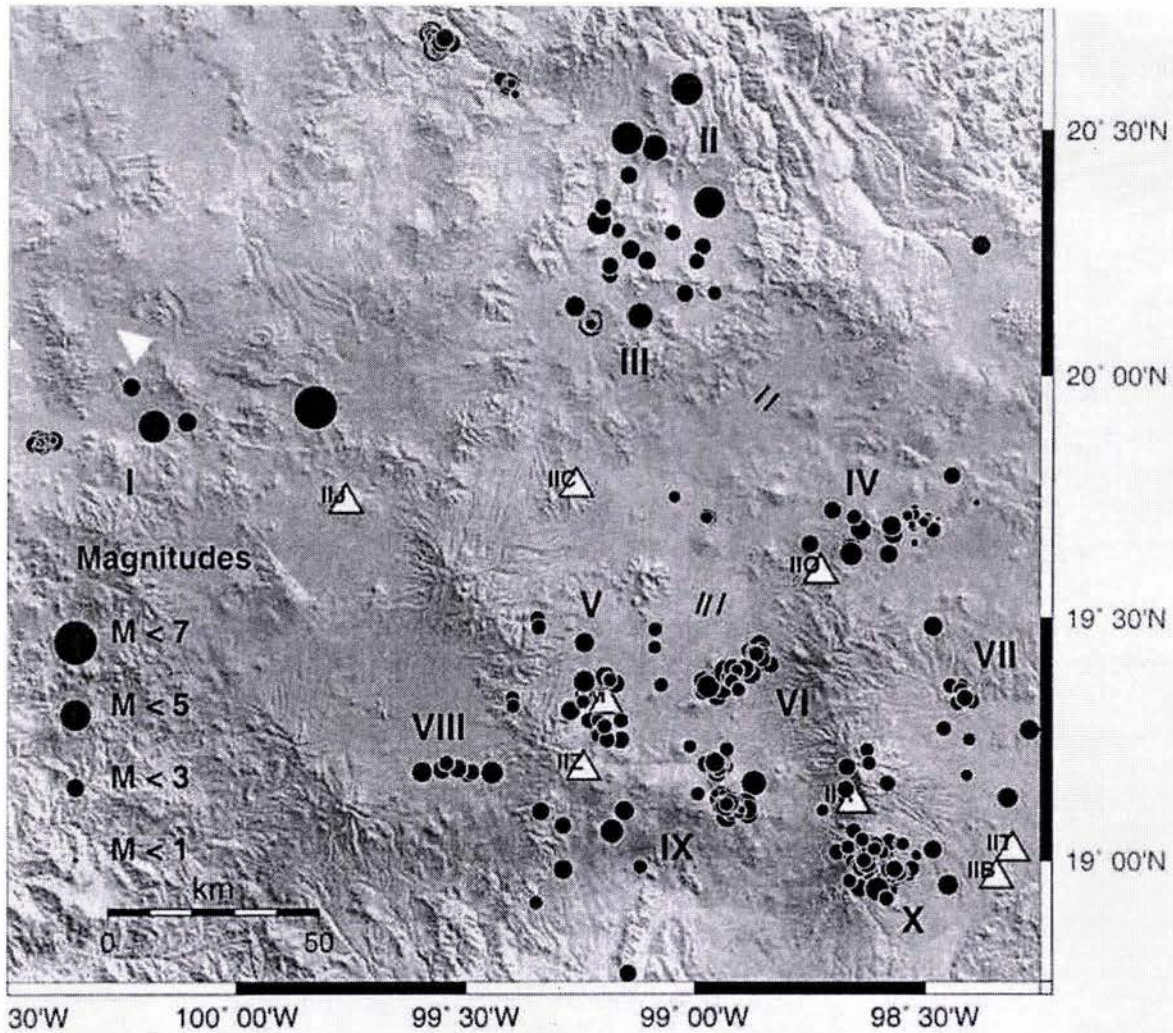


Fig. 3.11 Zonificación sismogénica de la Ciudad de México (Lermo, et al., 2001)

La primera zona (Zona I) que se encuentra a menos de 10 km del ex-lago de Texcoco, es una muestra del riesgo sísmico que representan las estructuras geológicas como el gabren de Acambay, donde existe la posibilidad de sismos de una magnitud máxima probable de 7.5 Richter, si entraran en actividad las fallas Venta de Bravo junto con la de Pastores (75 km). De igual manera otra estimación para el semigabren de Aljibes y el gabren de Mezquital en el estado de Hidalgo (Zona II) da un valor de 6.5. Esta segunda zona se encuentra a menos de 15 km del ex-lago de Texcoco.

Aún cuando faltan estudios geológicos-estructurales para las otras 8 zonas donde se han detectado enjambres sísmicos en estos últimos 28 años, gracias a la operación continua de la red de SISMEM se puede señalar que en cada una de estas zonas se han generado sismos hasta de una magnitud de 4. Como ejemplo, en la zona III, el 18 de marzo de 1998 se registró un temblor de magnitud 4.2 en el poblado de Tlaxcoapan, Hgo. a una profundidad de aproximadamente 4 km. En la zona IV, dentro del valle de Apan, Hgo., se registran sismos frecuentes hasta de una magnitud 3.2, como es el caso del 24 de febrero de 1992. La actividad observada en el Distrito Federal (Zona V) se encuentra atribuida en los límites entre las sierras y los depósitos lacustres, inducida probablemente por el abatimiento de los acuíferos por la sobre explotación del agua.

Otra zona de actividad sísmica que se presenta dentro del área urbana del D. F. es la zona de Texcoco (Zona VI), donde se demostró que esta sismicidad se debe a explosiones realizadas para la explotación de material para construcción, en minas ubicadas en las estribaciones de la sierra Telapón.

Finalmente, hacia el sur del D. F. se pueden distinguir otras cuatro zonas sismogénicas: la zona de Tlaxcala (VII), la zona del valle de Toluca (VIII), la región de Zempoala, Valle de Juchitepec-Milpa Alta (IX) y la región de Atlixco-Popocatepetl (X), las cuales presentan similitud en cuanto a las soluciones de plano de falla. Evidencias vulcanológicas (actividad del 21 de Diciembre de 1994 del Popocatepetl), geofísicas (discontinuidad gravimétrica) y geológicas apoyan la existencia de un sistema de fallas activas hacia el sur de la ciudad de México, denominado sistema de falla la Pera.

3.2.5 Propiedades del subsuelo

El conocimiento de las propiedades del subsuelo es un factor determinante para el diseño de cimentaciones. Como es bien sabido, estas propiedades varían de manera importante tanto en forma horizontal como vertical y, debido al fenómeno de hundimiento regional, también cambian con el tiempo.

Por lo anterior se recomienda que la determinación de las propiedades del subsuelo debe realizarse para cada lugar donde se pretenda llevar a cabo la construcción de una obra, sin embargo, también se hace necesario conocer el rango de los valores de estas propiedades, su promedio y desviación estándar, con el fin de determinar *a priori* el comportamiento de los depósitos lacustres y los riesgos geotécnicos que estos exhiben al modificar las condiciones de esfuerzos a los que están sometidos.

A continuación se presenta una breve descripción de algunas de las propiedades índice y mecánicas del subsuelo del ex-lago de Texcoco, las cuales han sido obtenidas en diferentes tiempos y que han sido publicadas. Adicionalmente se dan a conocer los valores de algunas propiedades dinámicas que presenta Vega (2003) y los resultados de los análisis de correlación presentados por Alaniz (2003) de algunas propiedades del subsuelo del ex-lago de Texcoco, determinadas a partir de algunas técnicas de exploración.

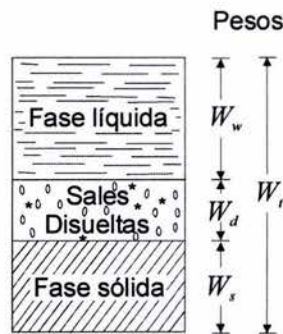
3.2.5.1 Propiedades índice

Algunas propiedades físicas de los suelos finos como el contenido de agua, límites de plasticidad y densidad de sólidos, son denominadas propiedades índice debido a que son indicativas del comportamiento del suelo. La obtención de estas propiedades es económica y de fácil determinación en un laboratorio de mecánica de suelos, sin embargo para el subsuelo del ex-lago de Texcoco, la presencia de una gran cantidad de sales disueltas en el agua intersticial, afecta significativamente la determinación de estas propiedades.

Lo anterior es ocasionado porque durante el secado de la muestra, las sales disueltas se precipitan sobre la fase sólida del suelo, impidiendo determinar el peso real de esta fase y provocando que se obtengan contenidos de agua y límites de plasticidad menores a los registrados para el subsuelo de la ciudad de México, así como valores inusuales en la densidad de sólidos de 2.83 o incluso mayores a 3.

Para determinar cuantitativamente el grado en que las sales afectan estas determinaciones y su discrepancia con respecto a los valores obtenidos para el subsuelo de la ciudad de México, Marsal, et al., (1969) desarrollaron una metodología que permite determinar el contenido de agua corregido por el efecto de concentración salina, la cual se reproduce a continuación:

Representación esquemática de una muestra de suelo con alta concentración salina, totalmente saturado



Tomando en cuenta el esquema anterior, el peso total (w_t) de la muestra queda determinado por:

$$w_t = w_s + w_w + w_d \dots\dots\dots(1)$$

por lo que el contenido de agua (ω) puede expresarse por:

$$\omega = \frac{w_w}{w_s + w_d} \dots\dots\dots(2)$$

Este suelo sin sales, tendría en estado saturado y con la misma relación de vacíos un

contenido de agua:

$$\omega' = \frac{W_w}{W_s} \dots\dots\dots(3)$$

Si "c" es la concentración de sales expresada en peso del agua que las contiene disueltas, $w_d = cw_w$; sustituyendo en (2):

$$\omega = \frac{W_w}{W_s + cW_w} \dots\dots\dots(4)$$

Despejando w_w de (3) y (4) obtenemos (5) y (6) respectivamente:

$$w_w = \omega' w_s \dots\dots\dots(5)$$

$$w_w = \omega(w_s + cw_w) = \omega w_s + \omega c w_w ; \quad w_w - \omega c w_w = \omega w_s ; \quad w_w (1 - \omega c) = \omega w_s$$

$$\therefore w_w = \frac{\omega w_s}{1 - \omega c} \dots\dots\dots(6)$$

Igualando (5) y (6) se obtiene una ecuación para determinar el contenido de agua corregido (ω') en función del contenido de agua sin corregir (ω) y la concentración de sales (c):

$$\omega' w_s = \frac{\omega w_s}{1 - c \omega} ; \quad \omega' = \frac{\omega w_s}{(1 - c \omega) w_s}$$

$$\therefore \omega' = \frac{\omega}{1 - c \omega} \dots\dots\dots(7)$$

Los autores indican que el valor máximo de "c" es de 8% y que puede ser determinado de manera cualitativa en el plano presentado en la Fig. 3.5. En este plano, los valores presentados fueron obtenidos realizando el análisis de concentración salina en el agua extraída en pozos de bombeo, y sólo en siete sitios se obtuvieron del agua de las muestras de suelo, por lo que los autores recomiendan que la determinación de la concentración salina debe ser obtenida directamente del agua intersticial.

La extracción del agua intersticial de una muestra de suelo puede realizarse mediante el procedimiento propuesto por Mendoza, et al. (2001), en el cual una muestra cilíndrica de suelo inalterado es cubierta con papel filtro seguido de una membrana de látex impermeable, de manera que el agua expulsada de la muestra circule a través del papel filtro y sólo tenga salida por el pedestal, donde es captada en un matraz al efectuar un proceso de consolidación triaxial de 5 ó 6 kg/cm² durante varios días, para después enviar el agua a un laboratorio químico donde se determina su salinidad y alcalinidad.

Como puede observarse, lo anterior encarece de manera importante la corrección de las propiedades índice por concentración salina, dejando de ser conveniente, además de que como fue señalado, esta corrección sólo tendría significado si se tratan de ajustar las correlaciones empíricas entre las propiedades índice y mecánicas de esta región, con las establecidas para otros sitios, como por ejemplo, las establecidas para las arcillas de la ciudad de México (Romo et al., 2001).

En la Tabla 3.1 se presentan los valores de algunas propiedades índice de los sondeos BNP-1, 2 y 3 (Marsal et al., 1969), localizados en la zona central del ex-lago (Fig. 3.5). En esta tabla resalta la gran variación de las propiedades índice para un mismo estrato en los diferentes sondeos, por ejemplo, en el sondeo BNP-1 localizado entre las curvas 3 y 4 de concentración salina, la FAS presenta un contenido de agua promedio de 290%, en tanto que para el sondeo BNP-3 que se localiza muy próximo a la zona en que la concentración es de 6%, esta formación presenta un contenido de agua promedio de 198%.

Por lo anterior es recomendable tomar en cuenta la variación de la concentración salina presentada en la Fig. 3.5, no con la finalidad de realizar la corrección de los valores de las propiedades índice, sino para comprender la gran variación que estas exhiben.

PROPIEDAD	B N P - 1			B N P - 2			B N P - 3		
	FAS	CD	FAI	FAS	CD	FAI	FAS	CD	FAI
CONTENIDO DE AGUA NATURAL w_i EN %	290 (256)	78 (16)	203 (120)	243 (121)	42 (8)	200 (48)	198 (157)	51 (12)	163 (49)
LIMITE LIQUIDO w_L EN %	299 (43)	85 (2)	254 (21)	269 (32)	95 (2)	215 (16)	274 (39)	72 (3)	214 (14)
LIMITE PLASTICO w_p EN %	72 (43)	34 (2)	66 (21)	68 (32)	39 (2)	62 (16)	66 (40)	47 (3)	55 (15)
DENSIDAD DE SOLIDOS s_s	2.55 (28)	2.60 (1)	2.61 (15)	2.71 (20)	2.43 (1)	2.48 (11)	2.83 (20)	2.68 (1)	2.77 (3)
RELACION DE VACÍOS INICIAL e_i	7.89 (28)	1.40 (1)	6.59 (15)	8.00 (20)	1.09 (1)	4.91 (11)	6.96 (26)	1.21 (1)	4.91 (13)
RESISTENCIA AL CORTE s_o EN kg/cm ² EN PRUEBAS TRIAXIALES	0.36 (29)	—	0.50 (16)	0.19 (26)	—	0.58 (12)	0.23 (21)	—	0.41 (10)

() Número de determinaciones

Tabla 3.1 Valores medios de propiedades índice en los sondeos BNP -1, 2 y 3 (Marsal et al., 1969)

Otro aspecto importante mencionado por Marsal et al., es el hecho de que al realizar la clasificación mediante el SUCS de una muestra de suelo del sondeo BNP-1 ($c = 3.5$), su posición inicial en la carta de plasticidad estuvo determinada por las coordenadas $w_L = 450\%$ e $I_p = 343$, sin embargo, al secar una parte de este material al aire y otra al horno para determinar nuevamente su posición en la carta de plasticidad, se obtuvieron para cada caso los pares coordenados: $w_L = 95\%$, $I_p = 33$ y $w_L = 53\%$, $I_p = 11$.

PROPIEDADES	CONTENIDO NATURAL DE AGUA W (%)		LIMITE LIQUIDO LL (%)		LIMITE PLASTICO LP (%)		DENSIDAD DE SOLIDOS ρ_s		RELACION DE VACIOS		RESIL. AL CORTE ρ_{qu} (Kg/cm ²)	
	VALOR MEDIO	n	VALOR MEDIO	n	VALOR MEDIO	n	VALOR MEDIO	n	VALOR MEDIO	n	VALOR MEDIO	n
	FORMACION SUPERFICIAL	61	112	99	15	44	15	2.50	24	1.7	23	0.15
FORMACION ARCILLOSA SUPERIOR	303	3355	301	624	71	624	2.46	2479	7.3	2466	0.13	1707
CAPA DURA	59	109	71	24	37	24	2.53	9	1.2	9	0.88	8
FORMACION ARCILLOSA INFERIOR	255	950	242	188	66	179	2.45	604	5.9	604	0.32	271
DEPOSITOS PROFUNDOS SUPERIORES	49	476	94	54	47	54	2.42	8	1.5	8	0.54	2
TERCERA FORMACION ARCILLOSA	147	227	182	50	68	50	2.27	6	3.5	6	0.48	5
DEPOSITOS PROFUNDOS INFERIORES	37	298	48	26	25	26						

n — NUMERO DE DETERMINACIONES

Tabla 3.2 Valores medios de propiedades índice en las formaciones del lago de Texcoco (Murillo et al., 1978)

Recientemente algunos valores de las propiedades índice del subsuelo de esta zona, fueron determinados para el predio donde se pretendía realizar la construcción del Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM) (Fig. 3.13), el cual de acuerdo con el mapa de la Fig. 3.5, se localiza en una zona de gran variación en la concentración salina (del 2 al 8%) que se comprueba al observar los valores de las propiedades índice presentados por Alaniz (2003) y que se reproducen en la Tabla 3.3.

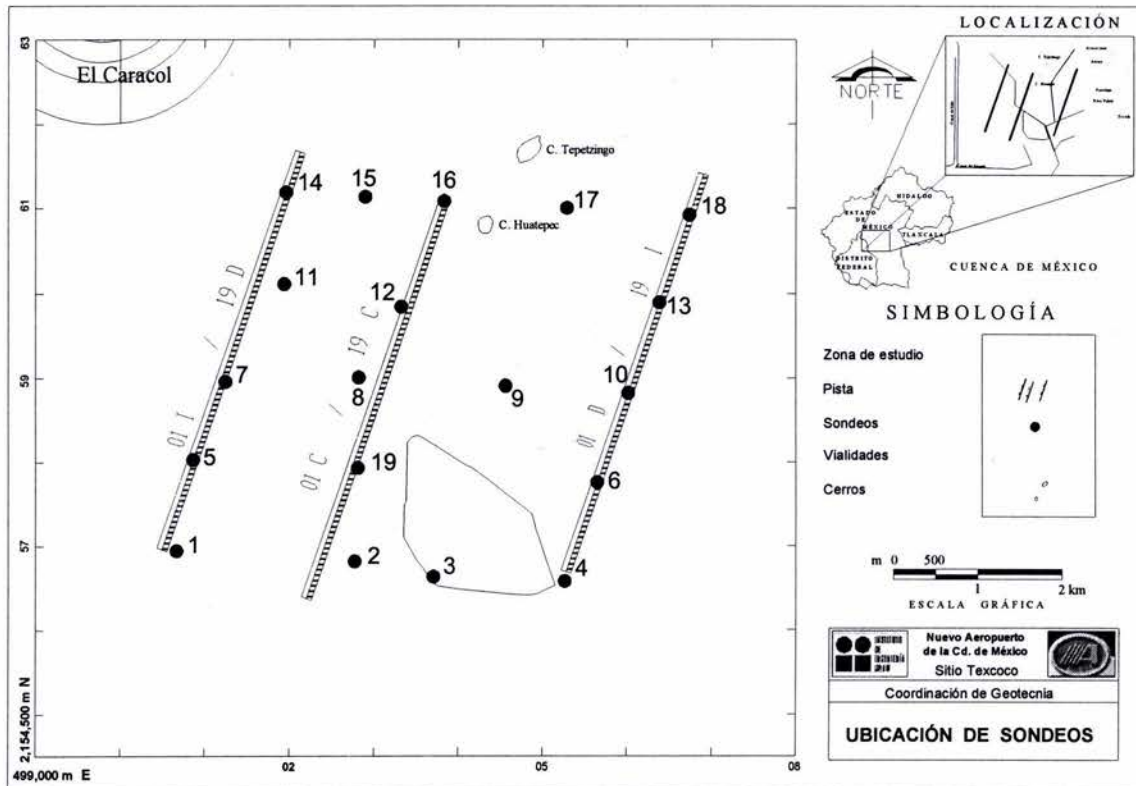


Fig. 3.13 Localización de los sondeos del predio del NAICM (Romo, et al., 2001)

Sondeo	Formación	Profundidad	ω (%)	I_p	e	S_s	γ (t/m ³)
Sitio 1	FS	0 a 1	50	---	---	---	---
	FAS	1 a 2	180	---	6.17	3.14	1.28
		2 a 13	240	194.55	7.62	2.68	1.23
		13 a 28	190	175.59	6.5	2.97	1.30
	CD	28 a 29.5	67	---	---	---	---
FAI	29.5 a 35	120	---	4.09	2.94	1.36	
Sitio 8	FS	0 a 1	---	---	---	---	---
	FAS	1 a 13	230	---	7.09	2.71	1.24
		13 a 21	190	212.8	7.24	2.81	1.28
	CD	21 a 24	78	---	---	---	---
	FAI	24 a 32.5	150	---	4.75	2.59	1.28
	DPS	32.5 a 42	63	---	---	---	---
	TFA	42 a 48	120	---	3.38	2.35	1.3
DPI	A partir de 48	30	---	---	---	---	
Sitio 14	FS	0 a 5	77	85.66	2.34	2.64	1.45
	FAS	5 a 13	285.7	238.09	9.01	2.75	1.26
		13 a 18.5	262	193.75	6.29	2.48	1.25
FAI	39.5 a 47	166.5	---	4.27	2.54	1.28	
Sitio 18	FS	0 a 5	50	22.62	1.49	2.63	---
	FAS	5 a 11	120	160.25	8.37	2.53	1.13
		11 a 15	90	108.50	4.7	2.46	1.24
	CD	15 a 20	20	25.69	---	---	---
	FAI	20 a 25	30	---	---	---	---
DPS	A partir de 25	15	24.07	---	---	---	

Tabla 3.3 Valores de las propiedades índice del predio del NAICM (Alaniz, 2003)

3.2.5.2 Propiedades mecánicas

a) Compresibilidad

En la Tabla 3.4 se presentan los resultados de ensayos de consolidación estándar realizados en muestras de los sondeos BNP-1, 2 y 3, en la que sobresalen los pequeños valores de las presiones que generan el coeficiente de compresibilidad máximo (columna ocho), lo cual indica que a pequeños incrementos de carga se obtienen asentamientos de consideración. Esto se hace más desfavorable por que esta zona no presenta la capa rígida superficial de 3 ó 4m como el caso de la ciudad de México, por lo que las condiciones de compresibilidad en este sitio son más desfavorables (Marsal et al., 1969).

La columna 9 de la misma tabla presenta el intervalo de cargas de preconsolidación, en este aspecto los autores determinaron que para el sondeo BNP-2 éstas cargas son mayores a las provocadas por peso propio; este hecho también se produce en los otros dos sondeos a partir de los 50m de profundidad. Este fenómeno se atribuyó a la consolidación de las arcillas provocada por bombeo (Marsal et al., 1969).

Estas circunstancias también fueron registradas por Murillo et al. (1978), quienes propusieron realizar una división de la zona lacustre en dos sub zonas: una virgen y otra en la que las arcillas se encuentran preconsolidadas por bombeo, sin embargo, en su plano de zonificación los límites entre ambas no fueron establecidos (Fig. 3.3).

SONDEO	FORMACION	PROFUNDIDAD	DENSIDAD DE Sólidos	RELACION DE VACIOS	CONTENIDO DE AGUA	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	COEF. DE COMPRESIBILIDAD	PRESION PARA	INTERVALO DE PRECONSOLIDACION
		m	S _s	e _i	w _i	w _L	w _p	av máx	av máx	kg/cm ²
BNP-1	FAS	4.27	2.41	16.6	716	-	-	19.20	0.45	#
		8.67	2.34	8.6	377	304	167	4.30	0.80	0.6 - 0.7
		13.55	2.44	7.9	326	-	-	6.00	0.80	0.6 - 0.7
		16.60	2.58	12.1	470	347	80	7.10	0.81	0.7 - 0.8
		20.15	2.45	6.2	257	294	84	3.10	0.94	0.7 - 0.8
		25.20	2.41	13.1	539	432	98	8.50	0.45	#
		28.38	2.35	6.5	280	232	65	2.00	1.40	0.8 - 1.0
		32.88	2.54	9.6	378	247	43	3.10	1.30	0.9 - 1.0
		36.55	2.60	1.4	53	58	26	0.75	0.12	?
	FAI	40.95	2.55	10.0	410	225	79	2.10	1.50	1.2 - 1.4
		44.35	2.55	6.9	279	261	60	1.50	2.90	1.9 - 2.1
		48.55	2.61	7.5	283	279	73	1.40	2.00	1.7 - 2.0
		52.65	2.43	5.9	245	287	82	0.58	4.80	3.0 - 4.0
	EP	56.10	2.41	2.9	120	121	57	0.46	1.00	#
		64.69	2.37	3.3	142	152	62	0.31	5.70	3.5 - 4.0
		67.50	2.33	3.8	167	197	61	0.33	6.00	3.0 - 4.0
		71.75	2.33	4.0	170	201	66	0.40	5.20	3.0 - 4.0
		76.18	2.47	6.8	280	322	90	0.52	5.00	3.0 - 4.0
		79.76	2.44	3.2	152	223	63	0.32	5.80	3.0 - 4.0
	102.72	2.29	1.9	85	120	53	0.45	0.12	?	
	BNP-2	FAS	4.00	2.50	9.8	395	317	63	7.80	0.60
8.00			2.54	13.9	559	379	83	9.20	0.70	0.4 - 0.5
12.40			2.61	8.0	314	246	60	3.60	0.90	0.7 - 0.9
16.10			2.51	9.5	388	235	65	3.90	0.90	0.7 - 0.9
19.23			2.55	9.0	366	275	57	3.20	1.50	0.9 - 1.0
23.46			2.63	11.9	455	321	81	2.30	1.40	0.9 - 1.0
25.80			2.51	8.3	334	251	58	2.20	1.50	1.1 - 1.3
31.30			2.52	5.4	213	240	67	0.60	3.00	1.6 - 2.0
35.90			2.47	5.7	231	269	74	1.10	3.00	1.7 - 2.0
38.30			2.41	4.0	163	102	45	0.74	1.80	1.2 - 1.4
41.90		2.47	6.4	264	281	75	0.85	3.20	1.7 - 1.9	
FAI		50.45	2.22	3.4	152	155	93	0.20	0.12	3.0 - 4.0
		53.65	2.42	3.6	147	169	72	0.13	0.12	4.0 - 5.0
		59.50	2.32	3.3	142	148	58	0.28	0.12	1.5 - 2.5
		64.48	2.17	4.0	184	295	71	0.34	4.60	2.5 - 3.5
EP		67.86	2.27	4.0	175	229	81	0.50	0.12	2.0 - 3.0
		82.50	2.40	3.0	126	157	63	0.20	0.12	4.0 - 5.0
		105.06	2.32	2.5	109	134	62	0.13	0.12	6.0 - 7.0
BNP-3	FAS	2.70	2.61	5.7	219	185	62	3.10	0.50	0.3 - 0.4
		6.90	2.87	8.3	293	252	56	4.60	0.87	0.6 - 0.7
		11.30	2.60	11.5	443	340	75	4.90	0.88	0.4 - 0.5
		14.90	2.77	11.2	409	339	83	4.20	0.90	0.4 - 0.5
		18.90	2.98	8.9	302	252	54	2.60	1.10	0.7 - 0.9
		22.90	2.88	5.4	187	146	38	1.40	0.12	0.9 - 1.1
		26.90	2.97	9.6	327	290	69	2.30	1.20	0.8 - 1.0
		30.90	3.01	9.6	323	296	70	2.30	1.00	0.8 - 0.9
		34.10	2.95	4.1	141	227	61	7.50	1.70	1.2 - 1.4
	FAI	37.35	2.81	6.0	214	218	51	1.20	0.12	1.3 - 1.5
		40.64	2.79	5.9	216	162	52	1.10	2.80	1.8 - 2.0
		44.26	2.75	6.0	221	267	63	0.70	2.60	1.8 - 2.0
		47.48	2.74	6.3	234	186	56	10.20	2.00	1.5 - 1.6
	EP	51.25	2.55	2.7	106	118	65	2.10	0.12	2.5 - 3.0
		61.35	2.46	3.0	121	140	53	0.30	0.12	3.0 - 4.0
		64.95	2.45	3.7	151	158	49	0.40	2.70	1.5 - 2.0(?)
		68.76	2.37	3.6	155	184	55	0.30	3.60	2.0 - 3.0
		72.42	2.44	4.9	202	258	38	0.40	4.70	3.0 - 4.0
		76.15	2.64	3.5	134	206	74	0.40	0.12	2.0 - 3.0
		79.65	2.35	2.0	84	132	60	1.80	0.25	3.0 - 4.0
		92.97	2.41	1.7	73	118	58	0.10	0.12	3.0 - 5.0
96.30	2.54	1.6	63	313	63	0.10	0.12	4.0 - 5.0		
100.90	2.48	2.3	94	119	51	0.10	0.12	4.0 - 5.0		
104.30	2.47	2.8	111	143	73	0.10	0.12	4.0 - 5.0		

Tabla 3.4 Resumen de las pruebas de consolidación estándar (Marsal, et al., 1969)

Los valores de los coeficientes de variación volumétrica correspondientes al esfuerzo de preconsolidación, así como a los valores de la relación de sobre consolidación OCR (por sus siglas en inglés "overconsolidation ratio" = p' / p'_o) obtenidos para el predio del NAICM, son reproducidos en la Tabla 3.5.

Considerando los valores del coeficiente de variación volumétrica de la Tabla 3.5, Alaniz (2003), señala que los sitios más compresibles son el 1, 4 y 14, sin embargo los valores de la OCR en la FAS indican que estos sitios son los más preconsolidados.

Esta contradicción puede ser atribuida a que la OCR es un promedio de todo el estrato, por lo que se encuentra fuertemente influido por los valores obtenidos en las fronteras de los estratos que la contienen, en tanto que los coeficientes de variación volumétrica (m_v), son valores puntuales a diferentes profundidades.

Sondeo	Formación	Profundidad	m_v (cm ² /kg)	OCR
Sitio 1	FAS	1 a 13 13 a 28	0.487 0.228	1.33
	FAI	29.5 a 35	0.072	
Sitio 4	FAS	1 a 13 13 a 21	0.408 0.169	1.26
	FAI	24 a 32.5	0.105	
Sitio 8	FAS	1 a 13 13 a 21	0.372 0.055	1.11
	FAI	26 a 32.5	0.042	
	TFA	42 a 48	0.032	
Sitio 14	FAS	0.5 a 13 13 a 18.5	0.400 0.070	1.44
	TFA	5 a 11	0.045	
Sitio 18	FAS	5 a 9 9 a 15	0.142 0.077	---
	FAS	1.5 a 20	0.315	
Sitio 29	FAS	1.5 a 20	0.315	---
	FAI	23.5 a 30	0.077	

Tabla 3.5 Coeficiente de variación volumétrica y OCR del subsuelo del predio del NAICM (Alaniz, 2003)

b) Resistencia al corte

Los valores de la resistencia al corte fueron determinados a partir de ensayos con torcómetro manual y triaxiales rápidas sobre las muestras de los sondeos BNP-1, 2 y 3 (Marsal et al., 1969). Nuevamente, debido a la gran variación de los valores obtenidos para el subsuelo de cada sondeo, los valores de cada sitio fueron presentados por separado (Tabla 3.6)

Los autores señalan que el efecto de preconsolidación registrado en el BNP-2, se confirma al presentar la FAS en este sitio una resistencia al corte mayor que en los otros dos. Adicionalmente, mencionan que debido a la baja resistencia al corte, se pueden anticipar problemas de estabilidad en excavaciones y cimentaciones superficiales.

Los resultados obtenidos en pruebas de compresión simple por Murillo, et al., (1978), pueden observarse en la última columna de la Tabla 3.2. Los autores mencionan que estos valores son menores a los reportados por Marsal et al., (1969), y que la causa probable es que los sondeos fueron realizados en zonas poco afectadas por bombeo, además de que el 35% de las pruebas fueron realizadas con especímenes obtenidos entre la formación superficial y la capa arenosa intercalada dentro de la formación arcillosa superior, zona que se encuentra fisurada y que presenta un valor medio de 0.11 kg/cm² con mínimos hasta de 0.05 kg/cm².

Sondeo	Formación	S_T	D	N	S_Q	D	N
BNP-1	FAS	0.16	0.06	246	0.36	0.34	29
	FAI	0.27	0.09	90	0.50	0.02	16
BNP-2	FAS	0.23	0.10	93	0.19	0.08	26
	FAI	0.39	0.10	44	0.58	-	12
BNP-3	FAS	0.17	0.08	147	0.23	0.10	21
	FAI	0.33	0.11	40	0.41	0.10	10

S_T = Resistencia al corte en kg/cm², determinado con torcómetro manual

S_Q = Resistencia al corte en kg/cm², en pruebas triaxiales no consolidadas no drenadas

D = Desviación estándar

N = Número de determinaciones

Tabla 3.6 Resumen de los datos estadísticos de la resistencia al corte obtenidos por Marsal et al., 1969

La Tabla 3.7 reproduce los valores de resistencia al corte obtenidos mediante ensayos triaxiales no consolidados no drenados (S_Q), compresión no confinada (S_{qu}) y pruebas de campo de resistencia al corte in situ máxima (S_v) y residual in situ ($S_{v RES}$). Las pruebas de campo fueron realizadas en trece sondeos con una veleta diseñada especialmente para el subsuelo de esta región, y los resultados fueron cotejados mediante pruebas de resistencia al corte en compresión no confinada (S_{qu}), obtenidas sobre muestras de sondeos efectuados junto a cada sitio donde se realizaron las pruebas de campo (Murillo et al., 1978).

En el caso de resistencia residual obtenida con veleta para suelos finos, los autores mencionan que las pruebas fueron realizadas en etapas remoldeando el suelo para modificar su estructura original y dejando reposar el suelo 20 minutos, a fin de estudiar la recuperación de resistencia.

FORMACION	S_e	n	S_{qu}	n	$S_v MAX$	n	S_{qu}	n	$S_v RES$	n	$\frac{S_v MAX}{S_v RES}$
	Kg/cm ²		Kg/cm ²		Kg/cm ²		Kg/cm ²		Kg/cm ²		—
ARCILLOSA SUPERIOR	0.213	69	0.128	172	0.218	294	0.131	151	0.064	176	3.17
ARCILLOSA INFERIOR	0.393	13	0.248	44	0.526	6	0.31	24			

(n = Número de determinaciones)

Tabla 3.7 Valores medios de la resistencia al corte (Murillo, et al., 1978)

Para el caso del predio del NAICM, los valores de resistencia no drenada fueron obtenidos mediante pruebas triaxiales rápidas (UU). Los valores presentados se reproducen en la Tabla 3.8.

Sondeo	Formación	Profundidad	c_u (kg/cm ²)
Sitio 1	FAS	1 a 2	0.38
		2 a 13	0.16
		13 a 28	0.28
	FAI	29.5 a 39	0.91
Sitio 4	FAS	0.5 a 13	0.21
		13 a 18.5	0.52
Sitio 29	FAS	1.5 a 10	0.18
		10 a 15	0.29
		15 a 20	0.41
	FAI	23.5 a 30	0.61

Tabla 3.8 Resistencia al esfuerzo cortante del subsuelo del predio del NAICM (Alaniz, 2003)

En esta tabla se puede observar la influencia que tiene el efecto de secado en los primeros metros de la FAS en el sitio 1, en cambio los valores para los otros dos sitios, corroboran que la resistencia aumenta con respecto a la profundidad y disminuye con respecto al contenido de agua.

c) Propiedades dinámicas

El primer estudio orientado a la determinación de las propiedades dinámicas del subsuelo de la zona de estudio, fue realizado por Murillo et al., en 1978, quienes mediante pruebas de prospección sísmica vertical y horizontal en campo, así como con pruebas dinámicas de vibración forzada no consolidadas no drenadas con especímenes inalterados en laboratorio, obtuvieron algunos parámetros dinámicos.

La relación de los módulos dinámicos con respecto a la profundidad y los resultados obtenidos por los autores en pruebas geosísmicas, se reproducen respectivamente en la Fig. 3.14 y Tabla 3.9. Sin embargo, es conveniente señalar que estos valores resultan ser muy bajos, pudiendo ser una consecuencia de las limitaciones del equipo con que fueron determinados.

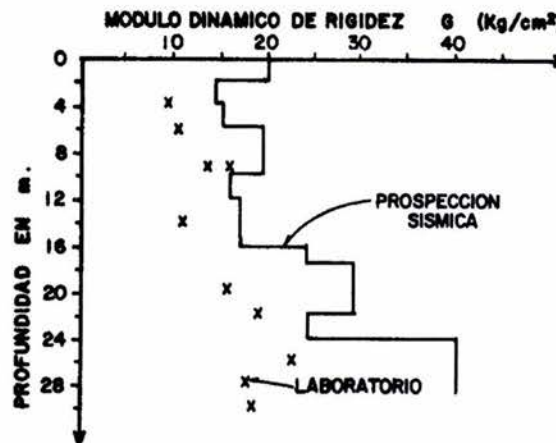


Fig. 3.14 Módulos dinámicos de rigidez (Murillo et al., 1978)

Profundidad (m)	Módulo dinámico de rigidez G (Kg/cm ²)	Módulo dinámico de elasticidad E (Kg/cm ²)	Relación de Poisson
0 a 17	17.4	52.2	0.499
17 a 30	32.9	98.3	0.498

Tabla 3.9 Propiedades dinámicas del subsuelo del ex-lago de Texcoco (Murillo et al., 1978)

El interés sobre el conocimiento de las propiedades dinámicas del subsuelo, adquirió mayor importancia a partir de la dramática tragedia ocasionada por los sismos de 1985. En este sentido Jaime (1987) determinó experimentalmente que la arcilla lacustre del Valle de México tiene un comportamiento casi elástico en un amplio intervalo de deformaciones angulares (desde 10^{-4} % a 0.1%), en la que el módulo dinámico G es casi constante y su relación de amortiguamiento es muy baja (entre 3% y 5%). Adicionalmente determinó que a deformaciones angulares mayores, el valor de G presenta una drástica disminución, del orden del 10 al 50% de su valor máximo.

Actualmente se cuenta con valores característicos de propiedades dinámicas en diferentes sitios de la extensa zona lacustre (Jaime, 1987; López, 1996; Pérez, 2003, etc.), sin embargo, la mayoría de los resultados han sido obtenidos para el subsuelo de la ciudad de México. Afortunadamente durante el estudio geotécnico del subsuelo del predio del NAICM, se realizaron pruebas dinámicas sobre 18 muestras de seis sondeos sometidas a bajos niveles de deformación angular ($10^{-5}\% \leq \gamma \leq 10^{-2}\%$), en ensayos de columna resonante (Vega, 2003), por lo que la relación de Poisson no fue considerada.

Los valores de las propiedades índice, amortiguamiento y módulo de rigidez obtenidos en las muestras ensayadas por Vega (2003), se reproducen en las Tablas 3.10, 3.11 y 3.12 respectivamente.

En este trabajo se determinó que para el subsuelo de este lugar, el módulo de rigidez inicial ($G_{\text{máx}}$ o G_0) se produce a una deformación angular de $\gamma = 10^{-6}$ %, y que para valores mayores a $\gamma_c > 0.02$ % la respuesta del subsuelo comienza a ser marcadamente no lineal, produciéndose una mayor disipación de energía y una considerable degradación en la rigidez (Vega, 2003).

Con respecto al amortiguamiento del subsuelo de esta región, se determinó que su capacidad de disipación de energía es muy baja, además de corroborar que el amortiguamiento disminuye al aumentar el esfuerzo de confinamiento (Vega, 2003).

Estos datos experimentales demuestran que el comportamiento y el fenómeno de amplificación de las ondas sísmicas que presentan las arcillas del subsuelo de esta región, son aún más desfavorables a los que presenta el subsuelo de la ciudad de México, que se verifica en los planos de isovalores del coeficiente sísmico (NTC, 2001) y periodo fundamental del suelo (Ordaz et al., 2000), reproducidos en las figuras 3.9 y 3.10 respectivamente.

Lo anterior aunado al alto riesgo sísmico a que esta expuesta esta región, debe ser considerado de manera importante en proyectos futuros.

Sondeo	Profundidad	ω (%)	LL (%)	LP (%)	I_p (%)	S_s
Sitio 1	4.6-4.8	208.76	217	79.85	137.15	2.82
	5.2-5.4	220.16	233	80.35	152.65	2.79
	8.2-8.4	262.29	298	61.75	236.25	3.17
	12.9-13.0	181.03	226	58.96	167.04	3.04
	18.1-18.3	178.21	212	67.25	144.75	2.99
	21.2-21.4	225.38	258	51.85	206.15	3.32
Sitio 4	9.2-9.4	370.84	364	57.00	307.00	2.62
	17.2-17.4	285.20	313	109.32	203.68	2.50
Sitio 8	13.6-13.8	173.34	217	55.77	161.23	2.95
	18.7-18.9	205.15	200	47.63	152.37	2.99
Sitio 14	9.8-10	214.68	243	58.45	184.55	3.23
	17.5-17.7	245.98	250	58.87	191.13	3.17
Sitio 18	8.1-8.3	356.18	414	106.47	307.53	2.56
Sitio 29	5.6-5.8	354.75	282	85.61	196.39	2.57
	5.8-6.0	312.44	278	61.10	216.90	2.57
	10.8-11.0	369.85	389	170.00	216.00	2.64
	17.4-17.6	293.56	173	51.79	121.21	2.66
	17.6-17.8	240.58	86.5	28.37	58.13	2.72

Tabla 3.10 Propiedades índice de las muestras ensayadas en columna resonante (Vega, 2003)

σ'_c Kg/cm ²	λ_{\min} (%)	λ_{\max} (%)	λ_{promedi} (%)
0.4	1.37	3.25	2.23
0.6	1.20	3.00	1.98
0.8	1.08	3.67	1.78
1.0	1.05	2.53	1.67
1.5	0.94	2.77	1.62
2.0	1.08	1.86	1.38

Nota: λ_{\min} y λ_{\max} , valores determinados para el intervalo $10^{-6} \leq \gamma \leq 10^{-1}$

Tabla 3.11 Amortiguamiento obtenidos en laboratorio (Vega, 2003)

El procedimiento para la determinación de los valores de las propiedades dinámicas mediante el ensaye de columna resonante, así como el análisis, normalización y modelación de los resultados presentados por Vega (2003), pueden ser consultados directamente en la referencia citada.

Sondeo	Profundidad	ω (%)	σ'_{vo} (kg/cm ²)	V_s (m/s)	γ_c (%)	$G_{m\acute{a}x}$ (kg/cm ²)
Sitio 1	5.3	220.16	0.4	77.8	0.007	89
			0.6	88		112
			0.8	98.6		126
			1	107.1		140
			1.5	121.4		171
	4.7	208.76	0.4	83.2	0.0093	79
8.3	262.29	0.6	93.3	0.0089	101	
		0.8	95.3		119	
		1	104		150	
13	181.03	1.5	114.9	---	192	
		0.6	70.3		62	
		0.8	80.2		80	
18.2	178.21	1	88.9	0.01	98	
		1.5	93.6		129	
		2	103.7		142	
21.3	225.38	0.8	91.8	0.02	113	
		1	101.2		134	
		1.5	115.7		178	
Sitio 4	9.3	370.84	0.8	129.8	0.008	222
			0.45	54.6		35
Sitio 8	17.3	285.20	0.6	59.4	0.01	42
			0.8	62		46
Sitio 8	13.7	173.34	0.6	86.1	---	90
			0.8	93.7		107
Sitio 14	17.8	205.15	1	97.2	0.0083	116
			1.5	110.7		150
Sitio 14	9.9	214.68	0.6	79.2	---	83
			0.8	86.6		99
Sitio 8	8.2	356.18	1	92.7	---	115
			1.5	108.1		159
Sitio 29	5.7	354.75	0.8	101.3	0.0098	133
			1	107.8		151
Sitio 29	5.9	312.44	1.5	121.1	0.007	190
			2	132.3		230
Sitio 29	10.9	369.85	0.5	71.7	0.012	66
			0.6	77.7		75
Sitio 29	17.5	293.56	0.8	81.9	0.012	86
			0.7	104.5		145
Sitio 29	17.7	240.58	0.8	108.2	0.0032	150
			1	110.8		155
Sitio 29	17.5	293.56	1.5	119.2	0.012	183
			2	129.7		205
Sitio 29	17.7	240.58	0.8	103.1	0.0032	130
			1	110.8		151
Sitio 29	17.7	240.58	1.5	127.2	0.0032	201
			2	142.5		252

$G_{m\acute{a}x}$ para $1.5\sigma'_{vo}$

Tabla 3.12 Módulos de rigidez obtenidos en laboratorio (Vega, 2003)

3.2.5.3 Correlaciones empíricas

En el predio del NAICM se realizaron varios estudios enfocados a determinar algunas correlaciones empíricas entre los resultados obtenidos de algunas técnicas de exploración y las propiedades del subsuelo (Alaniz, 2003). Los resultados obtenidos se reproducen a continuación:

a) Correlaciones a partir de la resistencia de punta del cono eléctrico

a.1 Resistencia al corte no drenada

$$c_u = \frac{q_c}{13.2} \quad ; \quad c_u = \frac{q_c - \sigma_v}{10.1}$$

donde c_u es la resistencia al corte no drenada
 q_c es la resistencia a la penetración del cono o de punta
 σ_v es el esfuerzo total

De las dos correlaciones presentadas, la que no involucra al esfuerzo vertical total proporciona mejores resultados, sin embargo es importante señalar que los valores del factor de proporcionalidad de cono ($N_k = 13.2$) y el factor de capacidad de carga ($N_c = 10.1$) fueron obtenidos con muy pocos ensayos de laboratorio, por lo que estas correlaciones deben ser utilizadas con cautela (Alaniz, 2003)

a.2 Contenido de agua

En este caso no se pudo determinar una correlación aceptable, debido a que los puntos presentaban una tendencia curva tipo exponencial con gran dispersión, presentando un factor de ajuste muy bajo $R^2=0.685$ (Alaniz, 2003).

a.3 Esfuerzos

a.3.1 Esfuerzos efectivos

$$\sigma'_v = \frac{q_c}{6.1}$$

donde σ'_v es el esfuerzo vertical efectivo
 q_c es la resistencia a la penetración del cono o de punta

El valor del factor de proporcionalidad ($N_\sigma = 6.1$) fue determinado como el inverso de la pendiente de la línea de tendencia, sin embargo el ajuste mostró una gran dispersión ocasionada principalmente por resistencias altas (FAI y estratos preconsolidados) que provocaron un factor de ajuste bajo ($R^2=0.89$), por lo que esta correlación debe utilizarse con precaución (Alaniz, 2003).

a.3.2 Esfuerzos de preconsolidación

La autora señala que debido a que los métodos gráficos no permiten definir un esfuerzo único de preconsolidación; al número reducido de ensayos y a las alteraciones provocadas durante el muestreo y labrado del espécimen, no se pudo definir con exactitud un perfil de esfuerzo de preconsolidación que impidió la obtención de una correlación aceptable, sin embargo para fines prácticos, se propuso un factor de proporcionalidad entre la resistencia del cono y el esfuerzo de preconsolidación de $N_{\sigma c} = 3.7$ (Alaniz, 2003).

$$\sigma_{pc} = \frac{q_c - \sigma_v}{3.7}$$

donde σ_{pc} es el esfuerzo de preconsolidación
 σ_v es el esfuerzo total
 q_c es la resistencia a la penetración del cono o de punta

En un segundo intento no se consideró el valor del esfuerzo total y se obtuvo una menor dispersión y un mejor factor de ajuste $R^2=0.95$ (Alaniz, 2003), por lo que la siguiente correlación se propone como la mejor opción para determinar la proporcionalidad entre la resistencia de punta y el esfuerzo de preconsolidación:

$$\sigma_{pc} = \frac{q_c}{5.3}$$

a.4 Compresibilidad

Utilizando como base la correlación experimental presentada para las arcillas de la ciudad de México por Santoyo et al. (1989), la cual permite determinar los módulos de compresibilidad del tramo virgen a partir de la resistencia del suelo a la penetración del cono, se graficaron los coeficientes de compresibilidad del tramo virgen versus la resistencia de punta, sin embargo los puntos correspondientes a los sitios 14 y 18 no presentaron el mismo comportamiento que los datos de los demás sitios.

Esta discrepancia fue atribuida a que el sitio 14 corresponde a la zona preconsolidada y el sitio 18 a la zona de transición, razón por la que se decidió excluir sus datos del análisis de correlación y agregar datos correspondientes al subsuelo del centro de la ciudad de México, con lo que se obtuvo un mejor factor de ajuste ($R^2 = 0.924$) de una ecuación del tipo exponencial, cuya curva de tendencia representa la correlación entre ambas propiedades (Alaniz, 2003):

$$m_v = 1.134 (q_c)^{-0.963}$$

a.4.1 Módulo de rigidez odométrico

Al igual que en el caso de la obtención de la correlación de los esfuerzos efectivos, en este análisis los valores de los estratos con mayor resistencia presentaron una mayor dispersión, por lo que se utilizó una gráfica logarítmica para obtener una mejor correlación (Alaniz, 2003):

$$\mu = 0.88(q_c)^{0.963}$$

Cabe señalar que los valores del coeficiente de compresibilidad (m_v) obtenidos con la correlación presentada en el inciso anterior, resultaron ser entre -20 y +20% de los obtenidos en el laboratorio, por lo que también puede ser utilizada para determinar el módulo odométrico con la siguiente ecuación (Alaniz, 2003):

$$\mu = \frac{1}{m_v}$$

a.4.2 Índice de compresibilidad

La autora menciona que debido a la gran dispersión que presentaron los puntos, no se pudo obtener una correlación satisfactoria entre la resistencia a la penetración del cono y el índice de compresibilidad.

Por otra parte, las correlaciones presentadas por Alaniz (2003) para el índice de compresibilidad con respecto al contenido de agua, límite plástico y relación de vacíos son las siguientes:

$$C_c = 0.016\omega \qquad C_c = 0.016L_p \qquad C_c = 0.683(e_0 + 0.937)$$

Cabe señalar que estas correlaciones presentaron factores de ajuste muy bajos ($R^2 = 0.575, 0.34$ y 0.622 respectivamente) por lo que deben ser utilizadas con precaución.

a.5 Propiedades dinámicas

a.5.1 Velocidades de onda de corte

Para la realización de este análisis se utilizaron los resultados de sondeos de cono dinámico y cono eléctrico efectuados para los sitios 14 y 18. Al graficar el cuadrado de las velocidades de ondas de corte contra sus respectivas resistencias de punta, se obtuvo una gran dispersión, por lo que se optó por graficar los resultados de cada sitio por separado, obteniéndose las siguientes correlaciones (Alaniz, 2003):

Sondeo	Velocidad de onda de corte	Coefficiente de ajuste
Sitio 14	$V_s^2 = 190.78 q_c$	$R^2 = 0.907$
Sitio 18	$V_s^2 = 56.79 q_c$	$R^2 = 0.924$

Tabla 3.13 Correlaciones entre la resistencia de punta y la velocidad de onda de corte (Alaniz, 2003)

Adicionalmente, la autora cita la ecuación propuesta por Ovando et al. (1990), que indica la correspondencia entre la resistencia de punta y la velocidad de onda de corte establecida para el subsuelo de la ciudad de México:

$$V_s = \eta \left(\frac{q_c}{N_{kv} \gamma_s} \right)^{0.5}$$

- donde V_s es la velocidad de onda de corte (m/s)
 N_{kv} y η son coeficientes que dependen del tipo de suelo
 γ_s es el peso volumétrico del suelo (t/m³)
 q_c es la resistencia a la penetración del cono o de punta (t/m²)

Para el caso del subsuelo del lago de Texcoco, los valores de N_{kv} y η propuestos por Ovando, et al. (1990) se reproducen en la Tabla 3.14.

Tipo de suelo	Valores de N_{kv}			η
	Máximo	Medio	Mínimo	
Arcillas del ex-lago de Texcoco	10	9.5	9	23.33

Tabla 3.14 Valores de los coeficientes N_{kv} y η utilizados para estimar V_s , (Ovando, et al., 1990, citados por Alaniz, 2003)

Al utilizar los valores para el peso específico de $\gamma_s = 1.15 \text{ t/m}^3$ y de $\eta = 23.33$ en la ecuación propuesta por Ovando, et al. (1990), elevándola al cuadrado e igualándola con las correlaciones obtenidas para el sitio 14 y 18, se obtienen los valores de $N_{kv} = 2.43$ y $N_{kv} = 8.33$ respectivamente.

El valor de N_{kv} para el sitio 14 (preconsolidado) resulta ser mucho menor a los valores propuestos por Ovando, et al., (1990) (Tabla 3.14). Esta drástica disminución matemáticamente es ocasionada porque el valor de la velocidad de onda de corte al cuadrado del sitio 14 (Tabla 3.13), es 3.36 veces mayor a la del sitio 18. Este hecho físicamente confirma que el fenómeno de preconsolidación favorece el aumento del valor de la velocidad de onda de corte.

a.5.2 Módulo de rigidez máximo

Después de estimar la velocidad de onda de corte mediante la correlación anterior, se puede determinar el módulo de rigidez máximo $G_{m\acute{a}x}$ para este sitio con la siguiente ecuación (Alaniz, 2003):

$$G_{m\acute{a}x} = \frac{V_s^2}{g} \gamma_s$$

b) Correlaciones a partir de los datos de disipación de presión de poro con el piezocono

El piezocono permite determinar la resistencia de punta y los valores de las presiones intersticiales generadas en el subsuelo durante su hincado; adicionalmente, al dejar el piezocono estático durante varios días a una profundidad determinada, se obtiene un registro de la disipación de la presión de poro con el tiempo, con el cual es posible realizar curvas de consolidación (presión de poro normalizada " \bar{u} " versus raíz del tiempo " $s^{1/2}$ ") para determinar el coeficiente de consolidación en sentido horizontal (C_h), la permeabilidad (q_h) y la presión de poro dentro de la arcilla (Alaniz, 2003).

Las correlaciones que pueden obtenerse a partir de este método de exploración son: la resistencia al corte no drenada (c_u), el esfuerzo de preconsolidación (σ_{pc}) y la relación de preconsolidación (OCR), utilizando el mismo procedimiento con el que fueron obtenidas para el cono convencional (Alaniz, 2003). Sin embargo estas correlaciones no fueron realizadas por la autora y sólo presentó el método de interpretación del registro de la disipación de poro para la obtención de C_h , q_h y la presión intersticial.

c) Correlación para determinar la resistencia no drenada a partir de los esfuerzos efectivos

La resistencia no drenada (c_u) fue obtenida mediante ensayos triaxiales UU y los esfuerzos efectivos fueron calculados con los pesos volumétricos y las mediciones de la presión de poro, obteniéndose un factor de ajuste satisfactorio ($R^2=0.962$) para la siguiente correlación (Alaniz, 2003):

$$c_u = 0.74\sigma'_v$$

Al realizar una comparación de la anterior correlación con la establecida por Santoyo, et al. (1989) para las arcillas de la ciudad de México ($c_u = 0.385\sigma'_v$), se observó que la obtenida para el predio del NAICM es casi del doble. Esta discrepancia fue atribuida al hecho de que la correlación presentada para la ciudad de México fue deducida de correlaciones experimentales obtenidas para esas arcillas particulares ($N_k=13$ y $N_\sigma=5$), en tanto que la presentada para el sitio Texcoco, se obtuvo mediante diversos ensayos realizados con ese propósito (Alaniz, 2003).

En suma, es importante señalar que la autora menciona en reiteradas ocasiones la conveniencia de utilizar con cautela las correlaciones presentadas, debido a que éstas tienen sus restricciones y son útiles en casos muy particulares.

En efecto, como se pudo observar en el estudio de las propiedades, la salinidad tiene mayor influencia sobre las propiedades del subsuelo de lo que se pensaba y este aspecto no fue considerado en el estudio realizado por Alaniz (2003). Aún cuando contó con resultados de concentración salina efectuados en los sitios 1, 4, 8, 14 y 18 (NAICM, 2001), sólo consideró como casos particulares a los sitios 14 (preconsolidado) y 18 (transición), por lo que esta puede ser la causa de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA

4.1 METODOLOGÍA

Con el fin de recabar la mayor información para la realización de la propuesta de zonificación geotécnica de la región del ex-lago de Texcoco y zonas aledañas, se llevaron a cabo diversas actividades, las cuales a continuación se describen brevemente:

a) Recopilación de perfiles de sondeos geotécnicos. Esta actividad se realizó mediante la consulta de diversas fuentes bibliográficas, sin embargo, la mayor cantidad y calidad de información fue obtenida mediante campañas de recopilación realizada en empresas e instituciones, que con su acervo de información contribuyeron para la actualización de la zonificación geotécnica del Valle de México. De los perfiles recopilados se seleccionaron los que se localizan dentro de la zona de estudio.

b) Recopilación de mapas con información básica de interés. Se recopilaron mapas que contienen información referente a cartografía urbana, hidrología y topografía editados en formato digital por el INEGI, así como mapas con información referente a geología, salinidad, zonas de explotación de aguas salinas y mapas antiguos de hidrología.

c) Recorridos de campo. En una primera etapa, esta actividad fue realizada con la finalidad de conocer y verificar la extensión territorial y el desarrollo urbano de la zona de estudio. Posteriormente, se realizaron recorridos de campo en lugares específicos donde la información geotécnica es escasa y en aquellos sitios donde se presentan problemas geotécnicos potenciales, como por ejemplo, la zona de agrietamiento del cerro del Peñón de los Baños.

d) Proceso de integración de la información recabada. Esta actividad consistió en la clasificación, captura y almacenamiento en formato digital de los planos y sondeos geotécnicos recopilados.

e) Elaboración de la zonificación geotécnica actualizada, en cartografía urbana. En esta actividad se emplearon los lineamientos de zonificación y modelo estratigráfico propuestos por Marsal y Mazari en 1959 (vigentes en el actual RCDF). Para la representación de la presente propuesta de zonificación geotécnica en cartografía urbana y otras capas temáticas, se utilizaron como herramienta algunos programas de software que proveen la plataforma de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

f) Comparación con trabajos previos de zonificación geotécnica. En este sentido, las diferencias más notables con respecto a la zonificación vigente (RCDF, 1995), repercutieron en el incremento de la extensión abarcada, una mejor delimitación de las fronteras de las tres zonas geotécnicas y la descripción regional de cada una de ellas.

4.2 INFORMACIÓN DISPONIBLE

4.2.1 Información básica

En capítulos precedentes se describieron las principales características físicas que exhibe el área de estudio; a su vez esta información fue presentada mediante planos que se presentan como soporte visual en cada caso.

En el caso de la información editada en formato digital por el INEGI, la única tarea consistió en delimitarla a la zona de estudio. Por otra parte, los planos de geología, salinidad, pozos de extracción de agua salina, límites políticos e hidrológico antiguo, no presentaban la proyección geográfica UTM y en algunos casos, no presentaban ningún tipo de proyección, por lo que se tuvo la necesidad de georeferenciarlos. Este proceso es realizado mediante la determinación de las coordenadas de algunos puntos conocidos, los cuales con la ayuda de una tableta digitalizadora y el software Autocad, se determina el factor de ajuste a la proyección UTM y si éste es cercano a uno, el plano en cuestión es capturado en formato digital utilizando estas herramientas.

4.2.2 Sondeos geotécnicos

Los sondeos recopilados fueron incorporados a la base de datos del Sistema de Información Geográfica para Sondeos Geotécnicos (SIG-SG) del Valle de México (Auvinet, et al., 2001), asignándole a cada sondeo una clave única e irrepetible y determinando su información correspondiente a cada campo de la tabla general. Algunos de estos campos son: tipo de sondeo, profundidad, mes y año de realización, ejecutor, ubicación, profundidad del NAF, coordenadas (X, Y), etc.

Las coordenadas de cada sondeo fueron obtenidas del mosaico de cartas urbanas publicadas por el INEGI y en el caso de los sondeos efectuados fuera del desarrollo urbano, para determinar sus coordenadas se georeferenciaron los planos que los contenían.

Obtenidas las coordenadas de cada sondeo, su perfil geotécnico era fotocopiado y almacenado en formato digital, asignándole como distintivo su clave general.

Actualmente la base de datos del SIG-SG de la Cuenca de México cuenta con más de 4500 sondeos, de los cuales 788 se localizan dentro de la zona de estudio. Estos sondeos fueron utilizados para la elaboración de la presente propuesta de zonificación geotécnica y su fuente se presenta en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1 Fuente de los sondeos geotécnicos utilizados

<i>Fuente</i>	<i>TGC</i>	<i>ACI</i>	<i>GEOTEC</i>	<i>GEOSOL</i>	<i>Bibliografía</i>	<i>Otras Empresas</i>	<i>Total</i>
No. Sondeos	180	124	91	70	98	225	788

4.2.3 Sistema de Información Geográfica para Sondeos Geotécnicos (SIG-SG)

De esta manera se conformó la información necesaria para la elaboración del SIG-SG de la zona de estudio (Fig. 4.1), el cual fue desarrollado bajo la plataforma de ArcView. Este software permite observar la distribución espacial de los sondeos sobre varias capas de información temática (cartografía, topografía, etc.) seleccionadas a voluntad, así como realizar la consulta ágil y rápida de cualquier sondeo: con sólo seleccionarlo, se visualiza en pantalla su perfil geotécnico guardado en formato digital y la información contenida en los campos de la tabla general (Fig. 4.2).

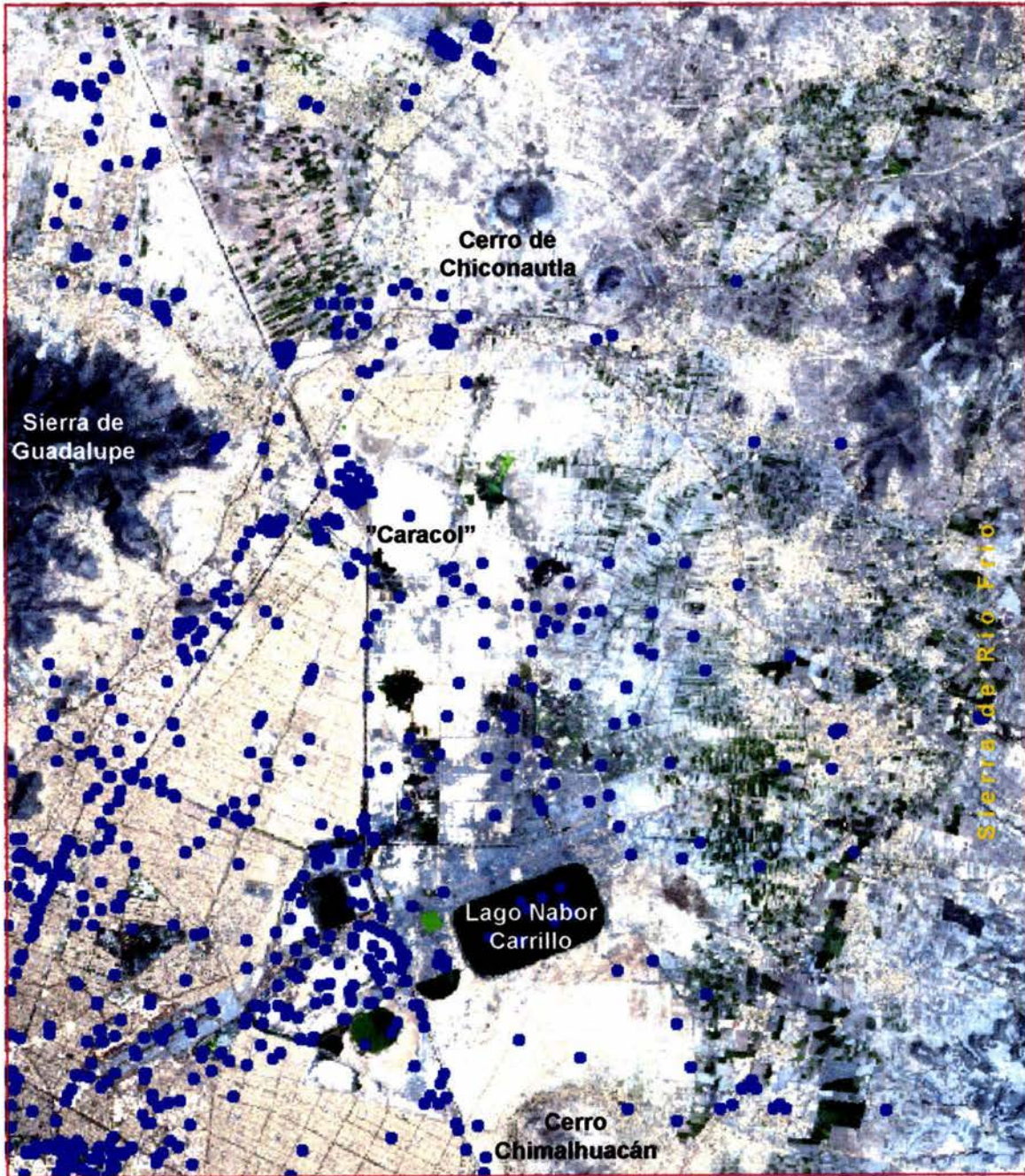


Fig. 4.1 SIG-SG del área de estudio.

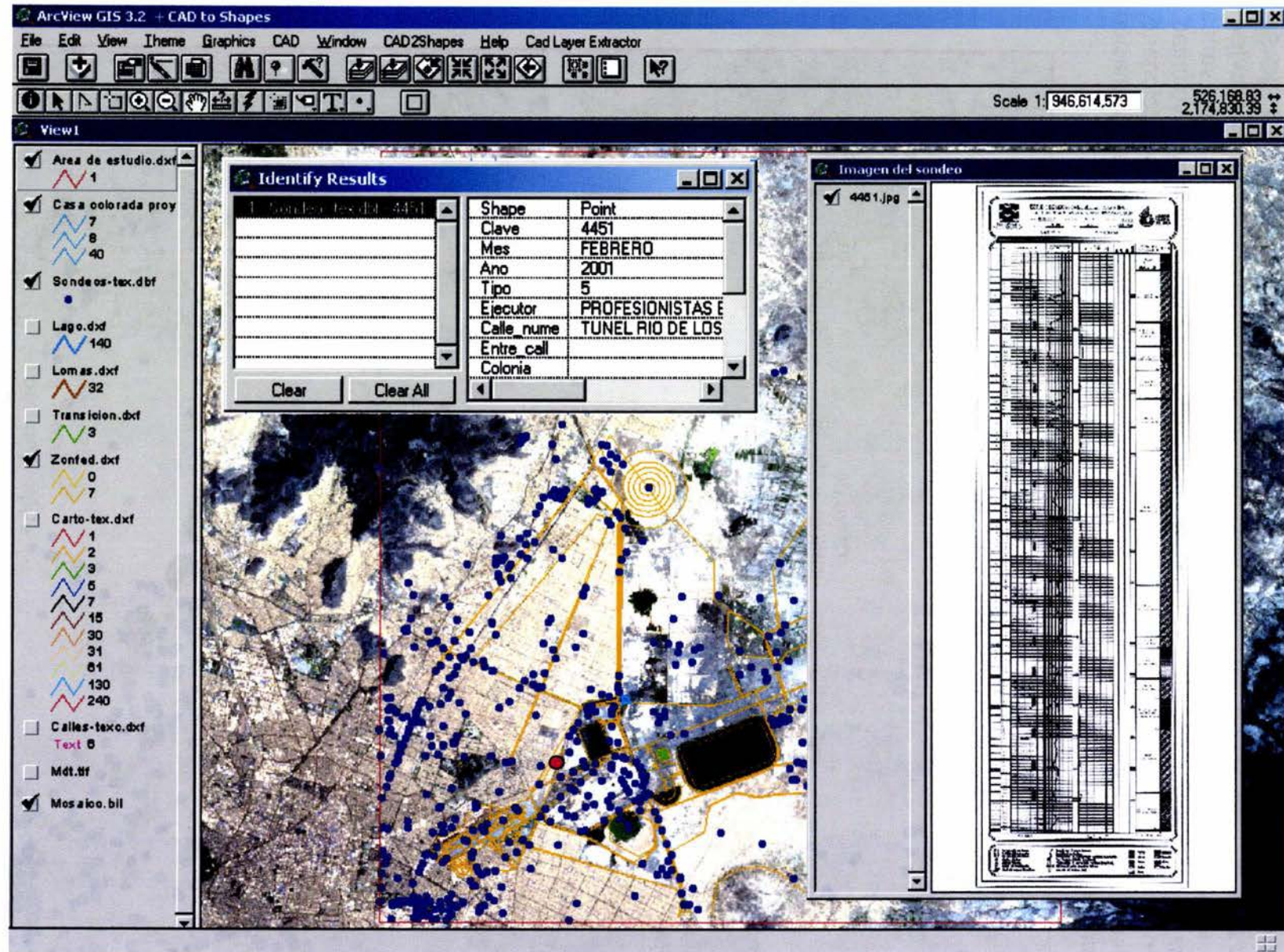


Fig. 4.2 Funcionamiento del SIG-SG de la zona de estudio

Este sistema permitió evaluar cualitativamente el incremento en el acervo de información geotécnica de los lugares donde ésta era escasa; sin embargo, ésta sigue siendo insuficiente en la zona oriente del área de estudio, por lo que es recomendable realizar mas campañas de recopilación de información geotécnica de esa zona. Por el momento para subsanar la carencia de información, en esta área se analizó de forma breve el desarrollo geológico e hidrológico que permitió delimitar la extensión de la zona aluvial y del antiguo lago, con lo que fue posible establecer sus límites y obtener mayor información de esta región desde el punto de vista geotécnico.

4.3 CARACTERIZACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE SONDEOS

Ya elaborado el SIG-SG de la zona de estudio, se procedió al análisis y caracterización de los 788 perfiles geotécnicos, con lo que se verificó en términos generales que la estratigrafía del subsuelo en el área del ex-lago de Texcoco no difiere sustancialmente de la que prevalece en el área lacustre de la ciudad de México, por lo que en esta región la caracterización se realizó siguiendo los lineamientos del modelo estratigráfico de Marsal y Mazari.

No obstante, la continuidad de los estratos característicos de este modelo se interrumpe gradualmente al norte y oriente del ex-lago de Texcoco en las inmediaciones de la zona de transición, donde la aplicación de este modelo resulta difícil de realizar.

En la zona norte (comprendida entre los ex-lagos de Texcoco y Xaltocan) las diferencias en la estratigrafía fueron ocasionadas porque esta área fue una zona de remanso, la cual sólo en periodos de intensa precipitación presentaba condiciones lacustres. Esta circunstancia provocó que los depósitos aluviales no sufrieran intemperismo por hidratación y sólo se presenten los estratos correspondientes a la costra superficial, la formación arcillosa superior (con espesor de unos centímetros a un par de metros) y a los depósitos profundos.

En la zona oriente (localizada en las inmediaciones de la sierra de Río Frío), las dificultades de caracterización fueron ocasionadas por la intercalación de arcillas y depósitos aluviales localizados en esa región, complicando la determinación de las formaciones correspondientes a la primera capa dura y a los depósitos profundos.

4.3.1 Mapas de curvas de igual profundidad de estratos característicos

Obtenida la profundidad de los estratos típicos del subsuelo referidas a nivel de terreno de la zona de estudio, mediante técnicas de interpolación incluidas en el software MapInfo, fue posible elaborar los planos de curvas de igual profundidad de estratos característicos que se presentan en las figuras 4.3 a 4.6.

La metodología y técnica de interpolación empleadas para la realización de estos planos se describe brevemente en el inciso 4.4.2 del presente capítulo. También es conveniente señalar que debido a que los estratos correspondientes a la CD y FAI no presentan continuidad en el ex-lago de Xaltocan (Inciso 4.5), sus planos de curvas de igual profundidad únicamente se realizaron dentro del área del ex-lago de Texcoco.

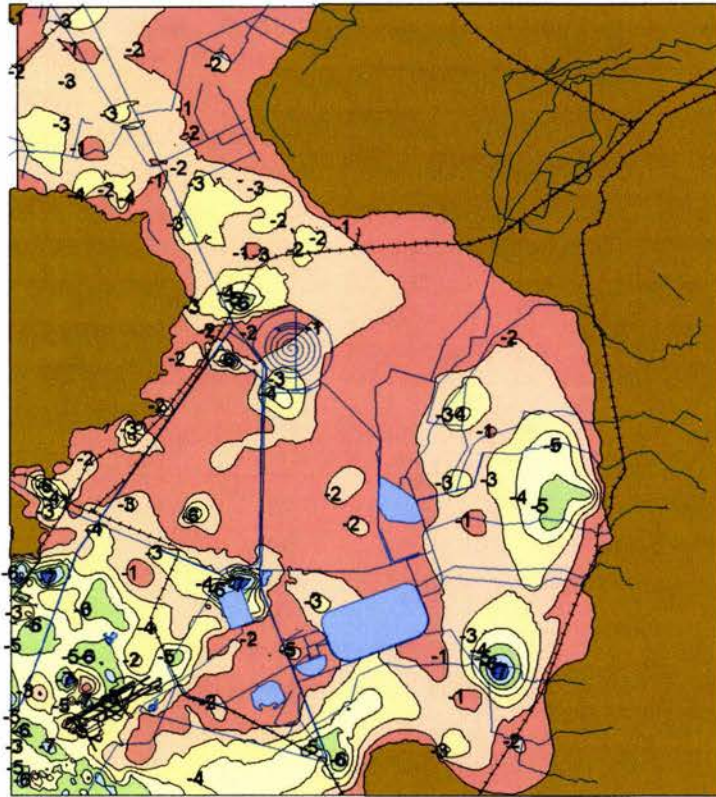


Fig. 4.3 Curvas de igual profundidad del límite superior de la FAS @ 1m

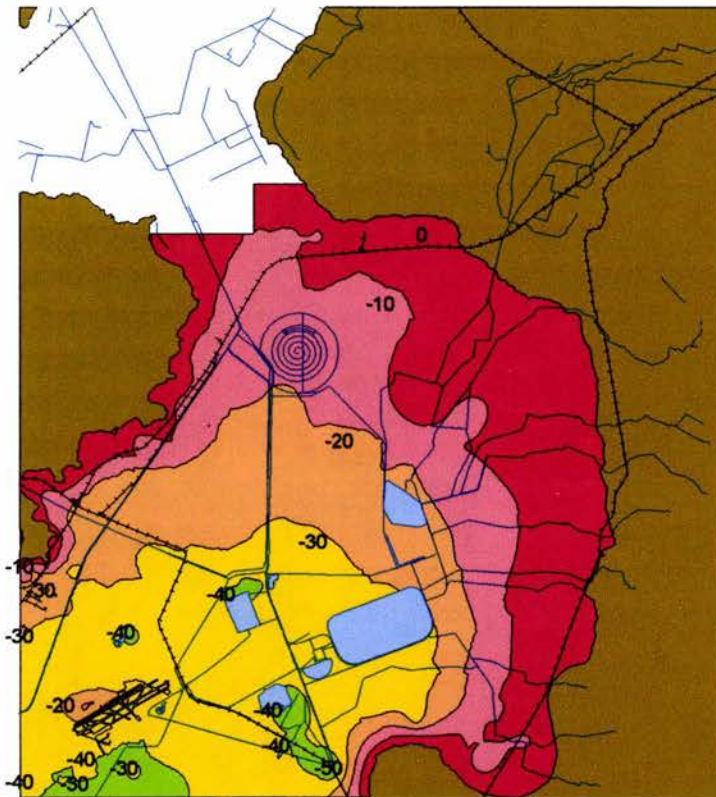


Fig. 4.4 Curvas de igual profundidad del límite superior de la CD @ 10m

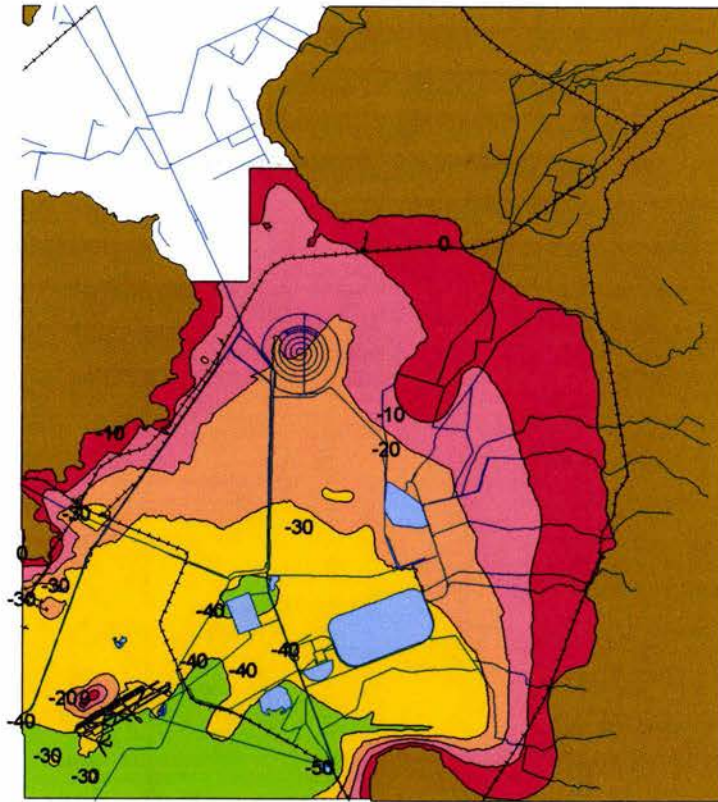


Fig. 4.5 Curvas de igual profundidad del límite superior de la FAI @ 10m

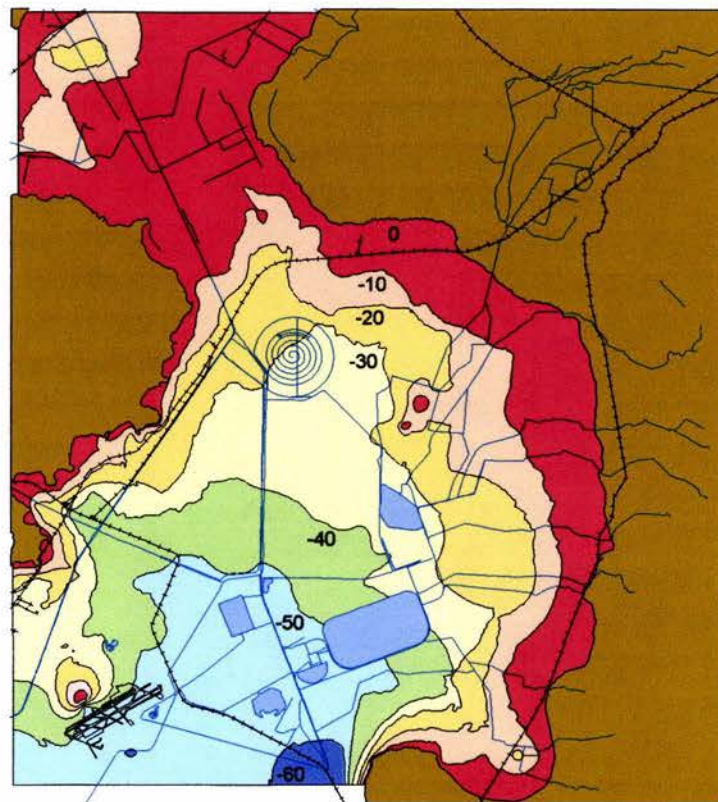


Fig. 4.6 Curvas de igual profundidad del límite superior de los DP @ 10m

4.4 CORTES ESTRATIGRÁFICOS

4.4.1 Cortes estratigráficos tradicionales

Durante la elaboración del presente trabajo, se pudo contar como antecedente con tres cortes estratigráficos tradicionales realizados dentro del triángulo formado por el Gran Canal, el río de Los Remedios y el Dren General (Santoyo, 1994), cuya localización se observa en la Fig. 4.7, así como con tres cortes realizados sobre cada eje de las pistas del predio donde se pretendía construir el NAICM (Romo, 2001), estos últimos se presentan en las figuras 4.12 a la 4.14 del presente trabajo.

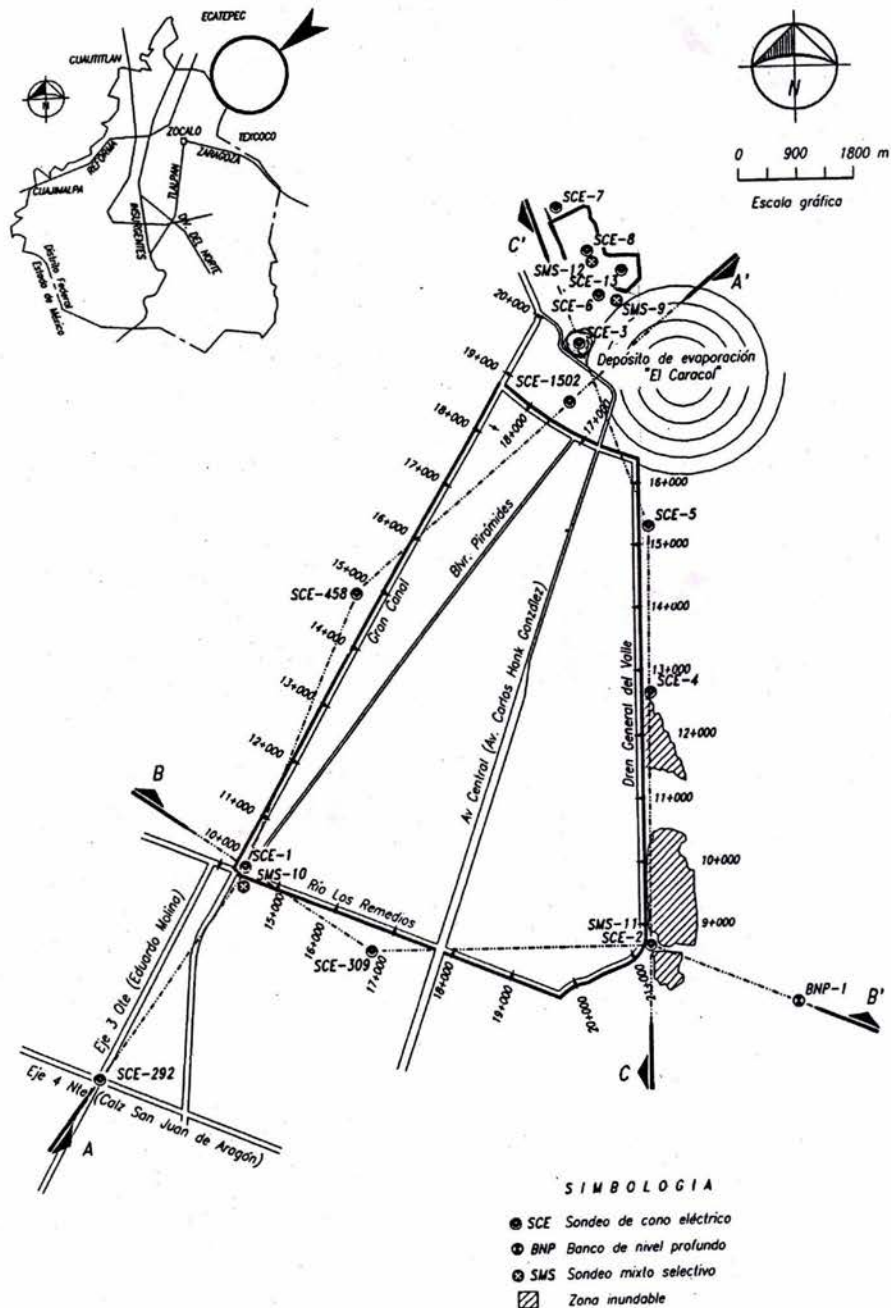


Fig. 4.7 Localización de sondeos y cortes estratigráficos (Santoyo, 1994)

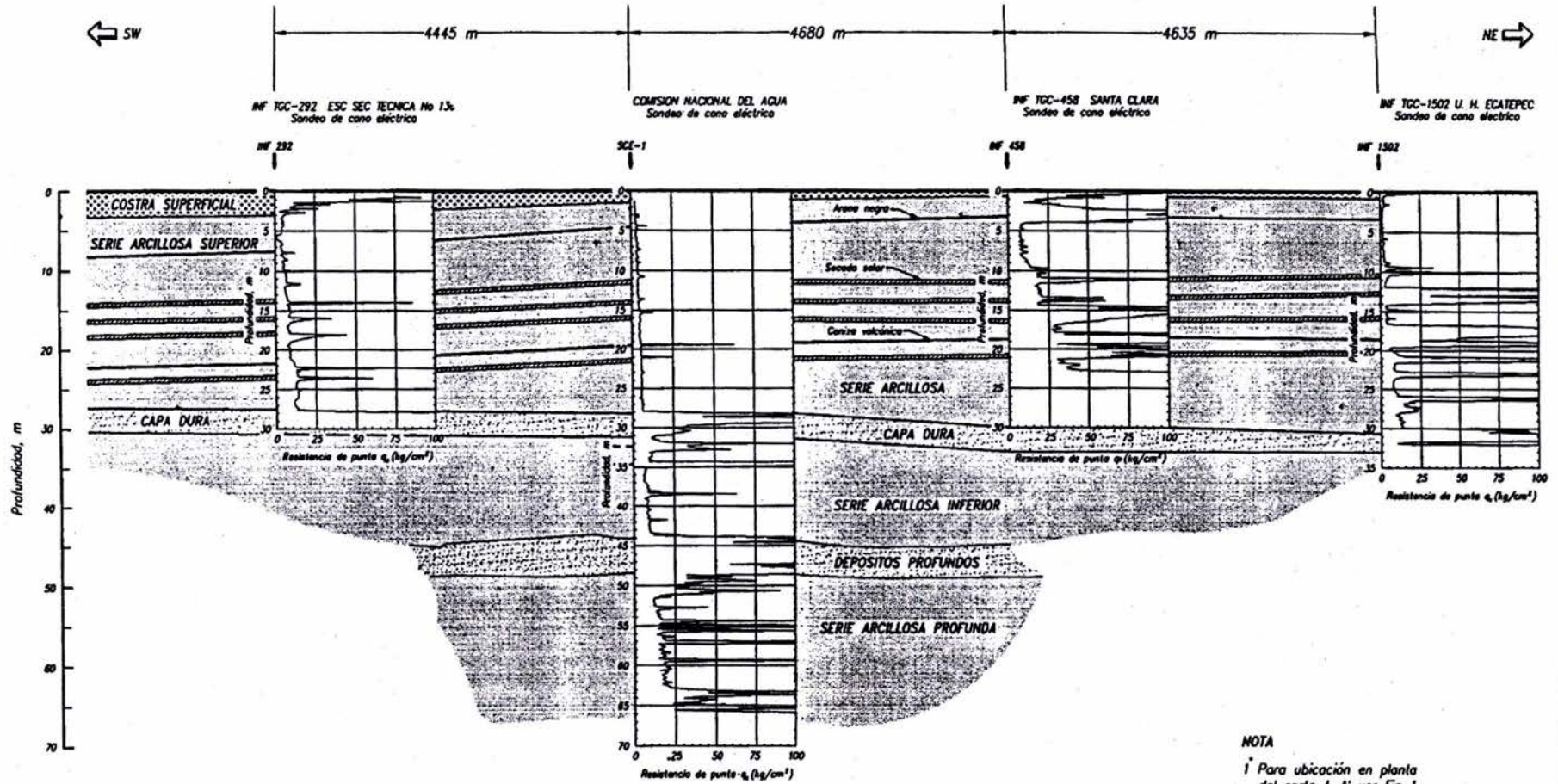


Fig. 4.8 Corte estratigráfico A-A' (Santoyo, 1994)

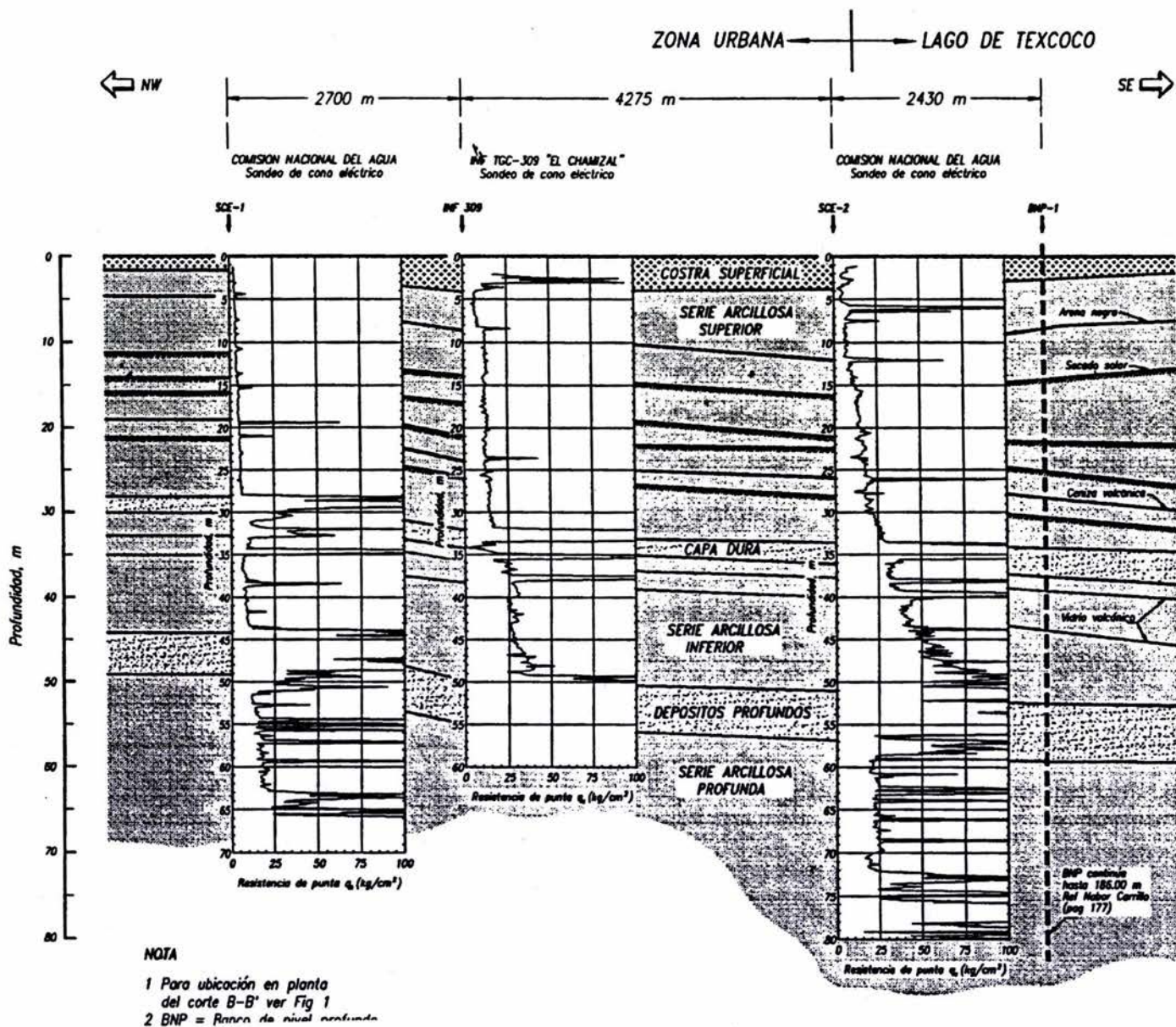
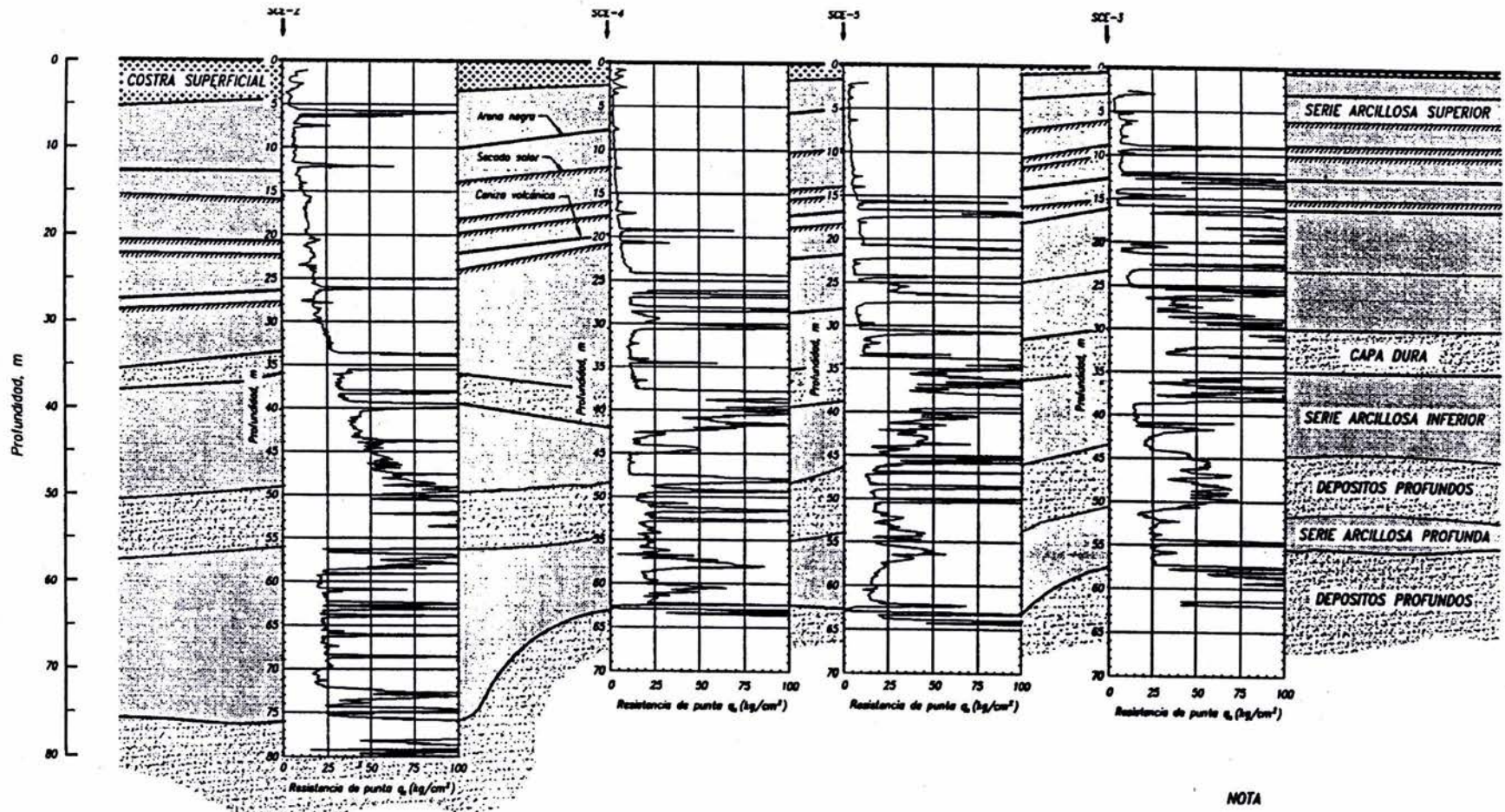


Fig. 4.9 Corte estratigráfico B-B' (Santoyo, 1994)



NOTA
 1 Para ubicación en planta del corte C-C' ver Fig 1

Fig. 4.10 Corte estratigráfico C-C' (Santoyo, 1994)

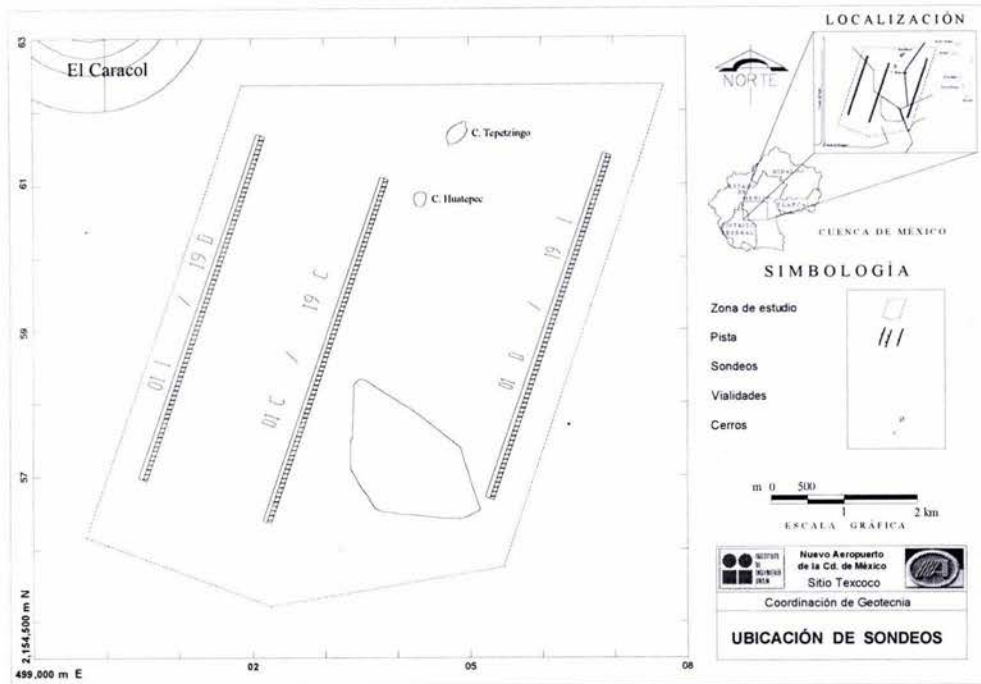


Fig. 4.11 Localización del predio y pistas del NAICM

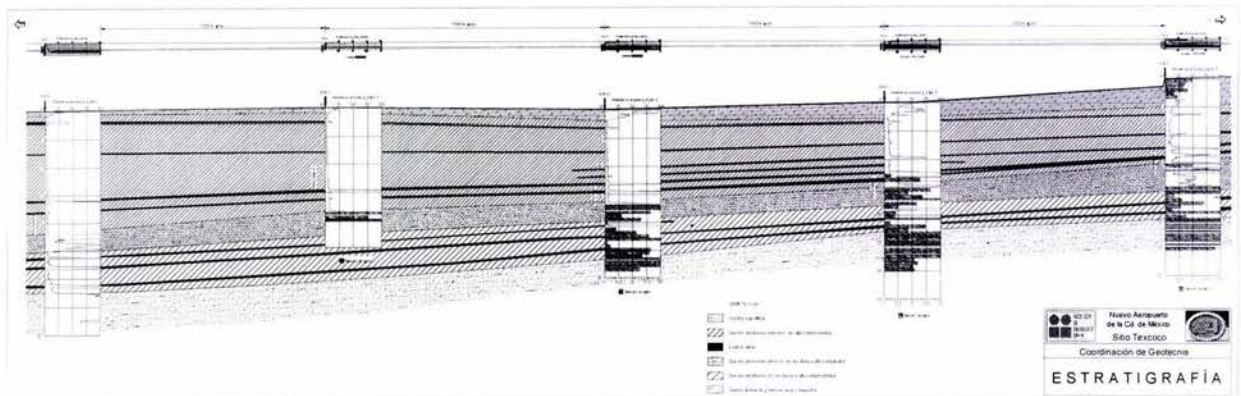


Fig. 4.12 Corte estratigráfico sobre la pista 01D/19I del NAICM (Romo, et al., 2002)

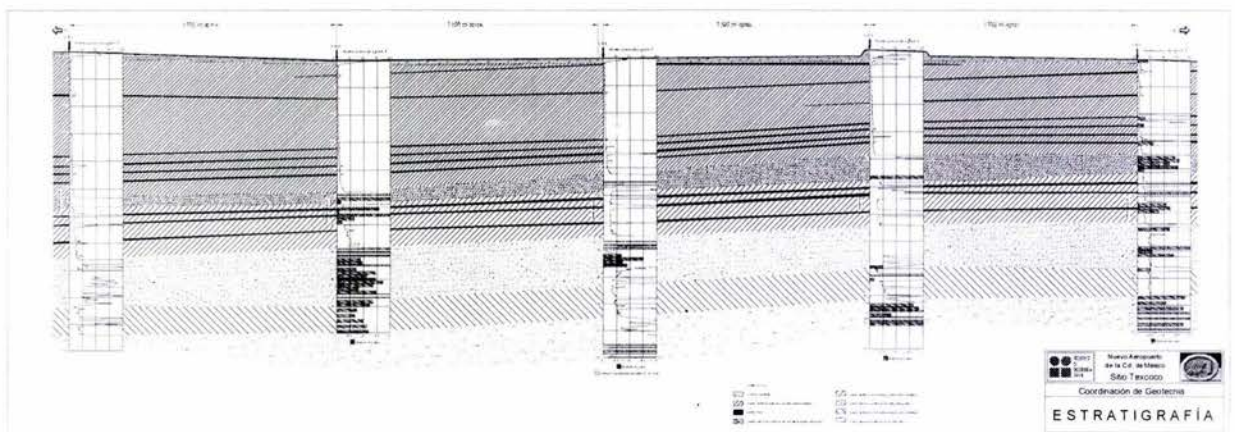


Fig. 4.13 Corte estratigráfico sobre la pista 01C/19C del NAICM (Romo, et al., 2002)

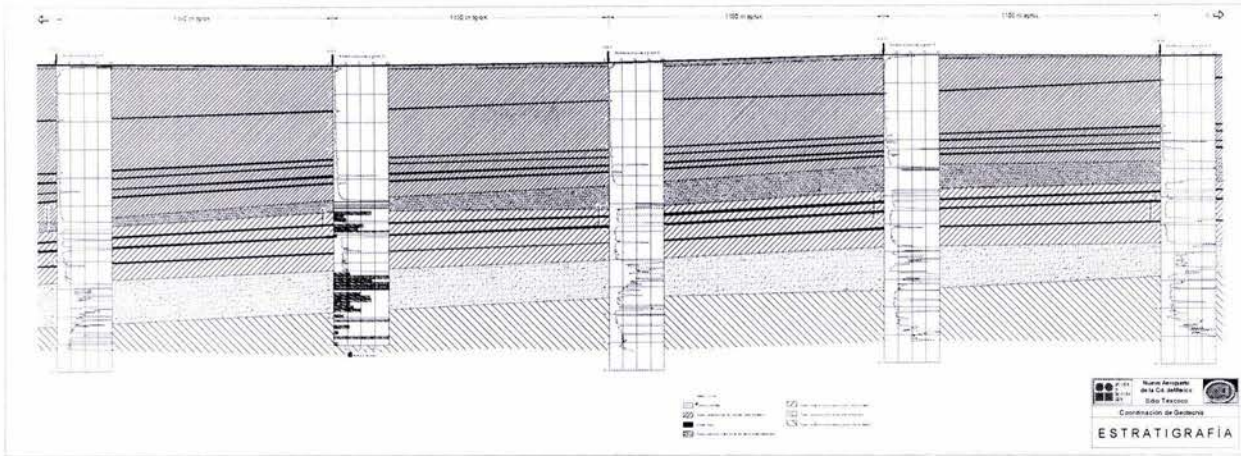


Fig. 4.14 Corte estratigráfico sobre la pista 011/19D del NAICM (Romo et al., 2002)

La elaboración de los cortes estratigráficos tradicionales consiste en la captura en formato digital del perfil de los sondeos que contienen mayor información; posteriormente cada perfil es caracterizado en estratos típicos y su correspondencia entre sondeos vecinos es unida mediante curvilíneas para ser representados en conjunto en un sólo dibujo.

Este hecho pone de manifiesto los graves errores que se producen al llevar a cabo esta técnica, debido a que generalmente no se le da importancia a la distancia entre cada sondeo ni a la variación de los parámetros en las diferentes direcciones, y si le aunamos el hecho de que en ocasiones dicha correspondencia no existe o es ambigua, origina que la representación del subsuelo mediante ésta técnica sea dudosa e incierta.

Lo anterior exhibe la urgente necesidad de utilizar nuevas técnicas que nos permitan evaluar de manera racional y sistemática estos resultados, como lo es la geoestadística, herramienta que involucra a la estadística para obtener los estimadores que definen los parámetros de campo; y a la probabilidad, con la que es posible representar la variación espacial de las propiedades con campos aleatorios, proporcionando un lenguaje formal para representar la variación espacial de las propiedades del subsuelo (Auvinet, 2002).

De esta manera, con la geoestadística es posible estimar los valores de ciertas propiedades en diferentes puntos del medio, obtener una descripción continua del mismo y cuantificar la incertidumbre asociada a estas estimaciones (Auvinet, 2002).

No obstante, la automatización de la representación gráfica de los resultados aún está en proceso, aunado a la complejidad matemática que representa y al alcance del presente trabajo, para la siguiente actividad únicamente se utilizaron las técnicas de interpolación geoestadística incluidas en el software MapInfo, quedando pendiente para el autor la comprensión, desarrollo y aplicación de la geoestadística en un trabajo de posgrado.

4.4.2 Cortes estratigráficos virtuales

Para realizar la interpolación espacial de la profundidad superior de los estratos característicos de cada sondeo referida a nivel de terreno, se utilizó la técnica de interpolación geoestadística de Kriging, con la que se obtuvieron los resultados en forma de malla (grid).

La malla está formada por una matriz de pequeños cuadros o celdas que contienen un valor numérico, el cual al ser representado con un color determinado con respecto al intervalo en que se encuentre, en su conjunto generan que la malla se visualice como una imagen raster o de píxeles (información celdarizada).

De esta manera es posible obtener los resultados de los valores interpolados a lo largo de cualquier línea trazada dentro del área analizada, en cualquier dirección y a diferentes escalas, además de que permite rescatar valiosa información estadística de ellos.

En las figuras 4.15 y 4.16 se presenta un corte longitudinal y otro transversal de la zona del ex-lago de Texcoco, realizados con la información celdarizada de las mallas correspondientes a la profundidad superior de la FAS, CD, FAI y a los DP.

Debido a la carencia de información en el área del ex-lago de Xaltocan, no fue posible desarrollar el procedimiento anterior para los estratos característicos de esa región.

De los trabajos realizados en materia de geoestadística por Auvinet, et al., existen tres cortes virtuales referentes al contenido de agua desarrollados dentro del área de estudio. Estos trabajos corresponden a los sitios Tecámec (Medina, 2001), Sosa Texcoco (Pantoja, 2002) y al predio donde se pretendía construir el NAICM (Romo, et al., 2002). De estos trabajos, únicamente se reproduce el correspondiente al sitio Tecámec (Fig. 4.17).

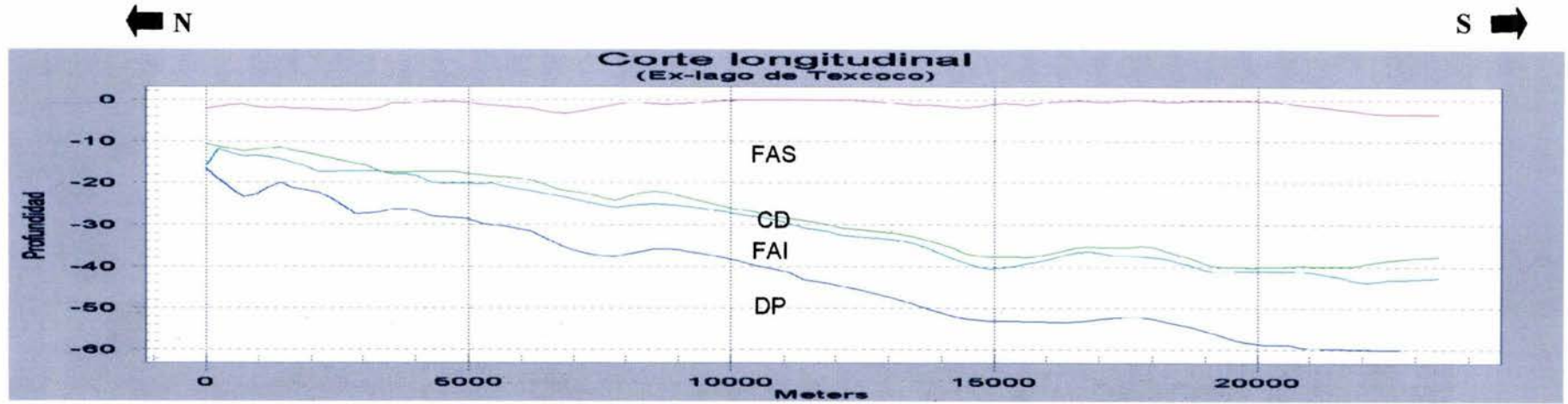


Fig. 4.15 Corte estratigráfico virtual en sentido longitudinal del subsuelo del ex lago de Texcoco

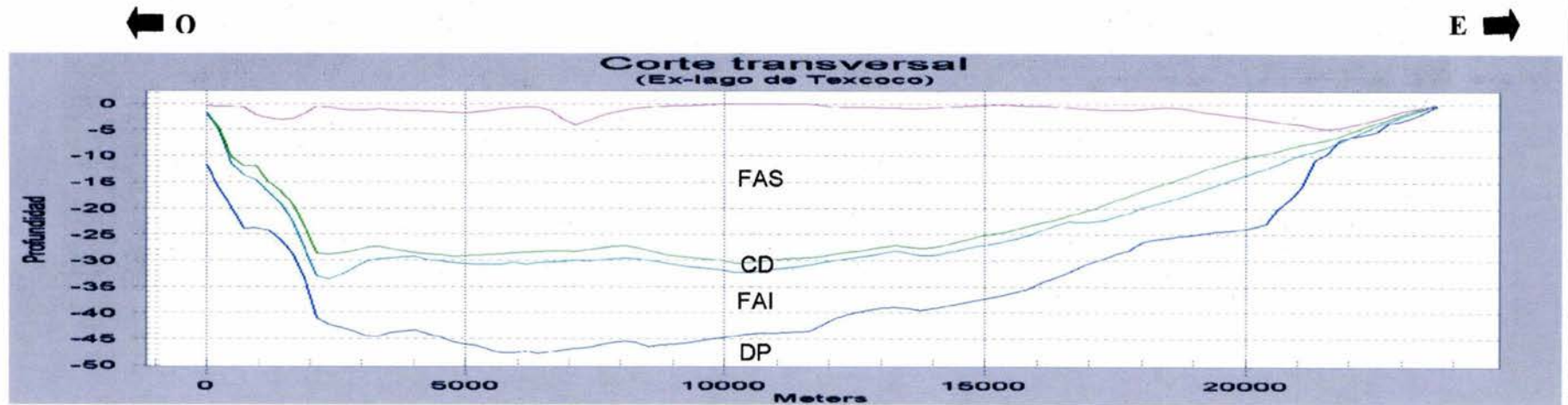


Fig. 4.16 Corte estratigráfico virtual en sentido transversal del subsuelo del ex lago de Texcoco

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

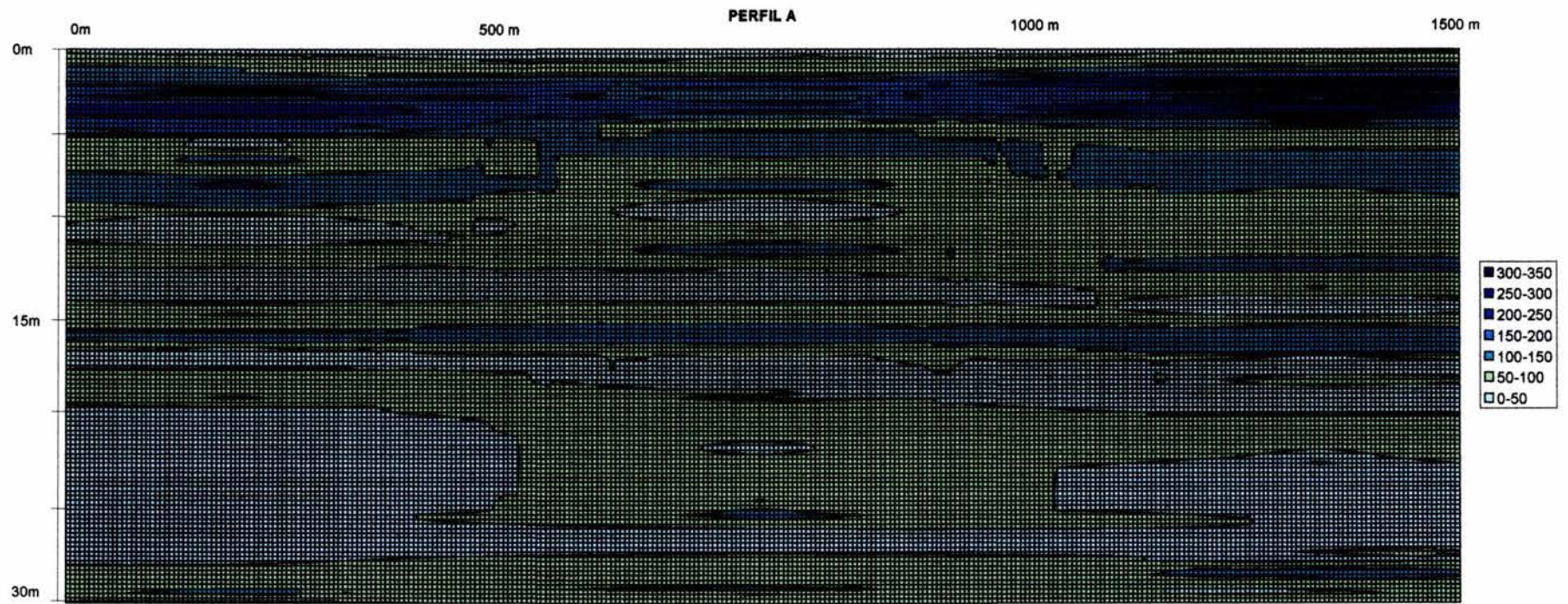


Fig. 4.17 Corte estratigráfico virtual de contenido de agua, Sitio Tecámac (Medina, 2001)

4.5 MAPA DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA PROPUESTO

Siguiendo los lineamientos del RCDF vigente y utilizando el plano de curvas de igual profundidad de los depósitos profundos, la topografía de la región y algunos cortes estratigráficos virtuales realizados en diferentes lugares del área de estudio, fue posible determinar y afinar las fronteras de las distintas zonas geotécnicas, las cuales presentan en esta región las siguientes características:

Zona I. Lomas

Formada por las sierras de Guadalupe y Río Frío, los cerros de Chiconautla y Chimalhuacán, los promontorios aislados de Tepetzingo, Huatepec y Peñón de los Baños y por el valle de Teotihuacan. Las sierras limitan al antiguo lago de Texcoco en su región este y oeste; y los cerros en las otras dos direcciones.

En esta zona se puede identificar una gran variedad de rocas (andesitas, riolitas, basalto, tobas, etc.) que proveen una elevada capacidad de carga, por lo que no se esperan graves problemas de cimentación aún para estructuras pesadas, sin embargo, cada unidad exhibe aspectos particulares que a continuación se describen brevemente:

Sierra de Guadalupe. Localizada al poniente de la zona de estudio y constituida por rocas ígneas extrusivas con alta capacidad de carga y fuerte resistencia a la erosión e intemperismo. Los riesgos geotécnicos que esta unidad representa son: los eventuales desprendimientos de rocas que ruedan a gran velocidad por encontrarse en pendiente abrupta y la presencia en sus partes bajas de estratos de material eólico con espesor de 4 a 6m, que ante sollicitaciones dinámicas exhiben hundimientos diferenciales súbitos y de gran magnitud (Del Castillo, 1978).

Sierra de Río Frío. Localizada al oriente de la zona de estudio y constituida por arenas y gravas que se extraen a cielo abierto; no existen indicios de laberintos de cavernas que provoquen el colapso de las cimentaciones de esta región. La topografía de la zona puede hacer necesaria la construcción de muros de retención; en este caso es necesario proveerlos de drenaje para evitar la presión excesiva sobre ellos originada por empujes hidrostáticos.

Cerros de Chiconautla y Chimalhuacán. Localizados al norte y sur respectivamente del ex-lago de Texcoco. Se encuentran constituidos por basalto y tezontle que en los últimos años han sido objeto de explotación para la obtención de material para agregados, por lo que es común que en zonas aledañas se perciban pequeñas vibraciones ocasionadas por las explosiones realizadas con este propósito.

Promontorios aislados. Constituidos por los cerros de Huatepec, Tepetzingo y el Peñón de los Baños. En los dos primeros no se prevé ningún tipo de riesgo geotécnico, pero en el caso del Peñón de los Baños se han registrado movimientos diferenciales de los bloques que lo constituyen, haciéndose necesario continuar con las mediciones de este fenómeno que representa graves problemas geotécnicos, geológicos y de protección civil.

Valle de Teotihuacan. En esta región la información geotécnica es escasa, sin embargo, en el perfil de un sondeo (Fig. 4.18) localizado en la zona baja de esta región, no se aprecian intercalaciones de arcilla lacustre en los estratos arenosos y limo arenosos, adicionalmente, en ningún plano antiguo se registró la presencia de un lago en este sitio, con lo que se descarta la presencia de arcillas a mayor profundidad. Por lo anterior y ajustándonos al RCDF vigente (RCDF, 1995), en el presente trabajo a esta región se le clasificó como zona I.

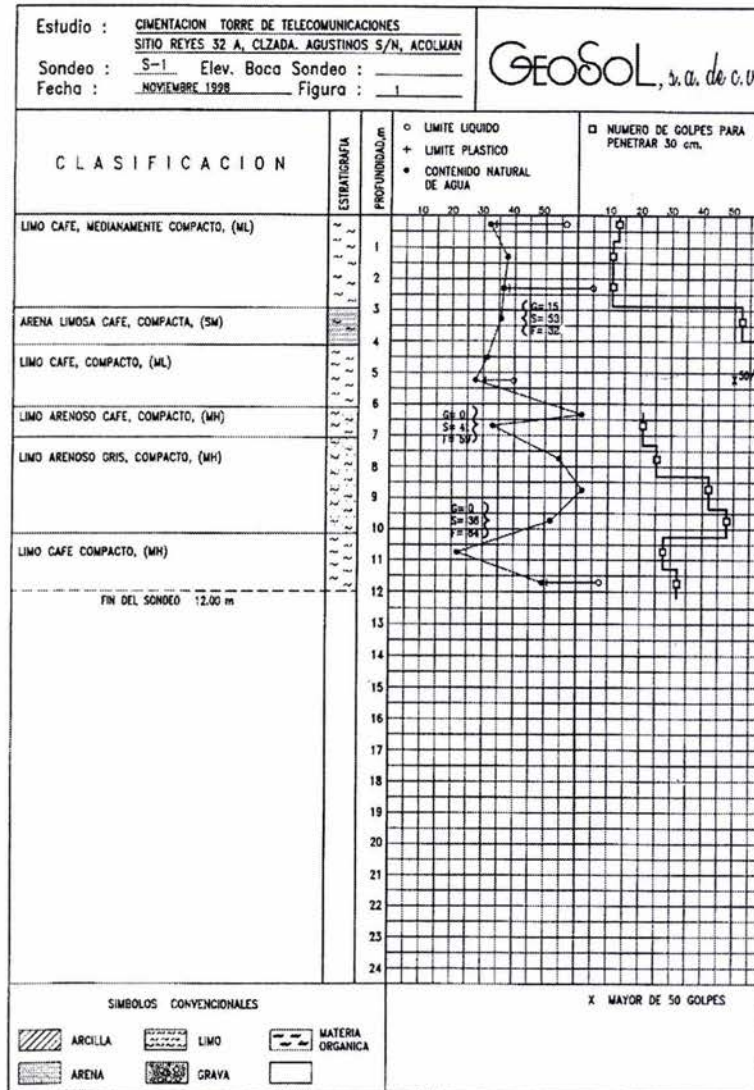


Fig. 4.18 Sondeo localizado en la zona baja del valle de Teotihuacan

Zona II. Transición

Localizada entre la región que ocuparon los antiguos lagos y la Zona I. En esta zona "los depósitos profundos se encuentran a 20m de profundidad, o menos, y está constituida predominantemente por estratos arenosos y limoarenosos intercalados con capas de arcilla lacustre; el espesor de éstas es variable entre decenas de centímetros y pocos metros..." (RCDF, 1995).

Con base a las características que presenta la zona de transición dentro del área de estudio, esta zona se subdividió en tres tipos: abrupta, interestratificada y "de remanso".

Transición abrupta: en la que la estratigrafía cambia súbitamente a distancias cortas, además de que en su frontera con la zona de lomas los depósitos lacustres se encuentran en contacto con la formación rocosa, representando los problemas de cimentación más graves asociados a la gran magnitud de los hundimientos diferenciales y al agrietamiento del subsuelo generado por el fenómeno del hundimiento regional.

Este tipo de transición se localiza al oriente de la sierra de Guadalupe, alrededor de los promontorios aislados y al poniente del cerro de Chimalhuacán; ocupa una franja con ancho inferior a medio kilómetro y alcanza máximos de kilómetro y medio en zonas específicas al pie de la sierra de Guadalupe.

Transición interestratificada: se caracteriza por la alternancia de depósitos aluviales y lacustres; abarca una franja de espesor variable (con mínimos de 1.5 km y máximos de 6km) que corre a lo largo de la sierra de Río Frío y se interrumpe al norte y sur por los cerros de Chiconautla y Chimalhuacán respectivamente. La estratigrafía es cambiante en menor proporción con respecto a la zona anterior, pero varía drásticamente en la presencia de algún río cercano por los depósitos en delta ahí formados. La existencia de estratos arcillosos con espesor variable, ocasionan hundimientos diferenciales que deben tomarse con atención.

Transición "de remanso": limitada por la sierra de Guadalupe, el cerro de Chiconautla y por la antigua configuración de los lagos de Texcoco y Xaltocan. Se caracteriza por presentar potentes estratos de limos y arenas separados por estratos de arcilla con espesor variable de algunos centímetros a un par de metros, por lo que exhibe una mayor capacidad de carga y menores hundimientos diferenciales.

Zona III. Lago

Dividida en dos regiones correspondientes a los ex-lagos de Texcoco y Xaltocan, que presentan las siguientes características:

a) Ex-lago de Texcoco

Además de presentar los cinco estratos típicos señalados en el modelo estratigráfico del Marsal y Mazari (1959), el subsuelo de este antiguo lago presenta tres estratos adicionales que fueron denominados como Tercera Formación Arcillosa (TFA), Depósitos Profundos Inferiores (DPI) y Formación Arcillosa Profunda (FAP), ésta última presenta un espesor de 15m y se localiza a una profundidad de 145m (Murillo, et al., 1978). Debajo de esta formación se localizan potentes depósitos aluviales intercalados por pequeños estratos de arcilla que exhiben un alto grado de consolidación.

La descripción de los primeros siete estratos presentada a continuación, se apoya en los cortes estratigráficos tradicionales y virtuales, así como en los mapas de curvas de igual profundidad anteriormente presentados.

Manto Superficial (MS). Constituido por una serie de estratos de arcilla y limo afectados por deshidratación o secado solar. En la región central presenta un espesor medio de 1m que disminuye gradualmente hacia las zonas recientemente expuestas a secado y desaparece en aquellas de inundación permanente. Al sureste, su espesor es mayor y presenta un valor medio de 3m y máximos de 6m, asociados a la disminución inducida del ex-lago y a la presencia de depósitos artificiales respectivamente.

Sobre la superficie de esta formación es posible detectar canales artificiales, zonas de pastizales y la presencia de grietas de tensión típicas de la zona de lago.

El contenido de agua natural en este manto tiende a aumentar con la profundidad, registrándose valores que fluctúan entre 10 y 250%, correspondiendo los menores a estratos de materiales limosos y arenosos, en tanto que los mayores se asocian a materiales arcillosos. El nivel freático generalmente se encuentra dentro de esta formación, sufriendo variaciones estacionales importantes que oscilan de 50cm a 1m, presentándose la posición más alta en la temporada de lluvias (mayo a octubre) y la más baja en las de estiaje (noviembre a abril); el efecto del bombeo y la presencia de los colectores que integran la red de drenaje, también ejercen efectos importantes en la variación de este nivel.

De los resultados obtenidos mediante pruebas de cono eléctrico, se observa que la resistencia al esfuerzo cortante tiende a disminuir con la profundidad, con una resistencia a la penetración del cono eléctrico de 2 a 5 kg/cm²; en algunos casos se han registrado valores de hasta 100 kg/cm², sin embargo estos son puntuales por lo que deben tomarse únicamente como sucesos particulares.

Formación Arcillosa Superior (FAS). Constituida por una serie de depósitos de origen lacustre identificados como arcillas de muy alta compresibilidad y consistencia muy blanda a blanda. Esta formación presenta una gran cantidad de fósiles (diatomeas y ostracodos) y sales disueltas, así como algunos horizontes de origen volcánico (arena, cenizas y vidrio).

La potencia de esta formación es muy variable, en la zona central presenta un espesor medio de 35m que disminuye gradualmente hacia el norte, oriente y poniente; y se incrementa con la misma tendencia hacia el sur, siendo de 27.1m en la intersección del Río de los Remedios con el Gran Canal y de 30.4m en el Lago de Texcoco; de 22.8 m en el "Caracol" y de 40 m en el Bordo Xochiaca.

El contenido de agua natural muestra variaciones importantes, registrándose valores que van desde 100 hasta 600%. La resistencia al esfuerzo cortante medida en algunas muestras con torcómetro en general es baja, predominando valores cercanos a las 2 t/m² y sólo en espesores muy localizados esta resistencia se eleva a valores que varían de 5 a 8 t/m².

La resistencia a la penetración de cono eléctrico en esta formación aumenta con la profundidad, pudiendo mencionarse los resultados de un sondeo de cono eléctrico que son de 1, 2 y 3 kg/cm² para los tramos de 3 a 16, de 16 a 26 y de 26 a 35m

respectivamente. Los lentes de arena y ceniza de origen volcánico presentan una resistencia a la penetración media de 4.5 kg/cm^2 .

Capa Dura (CD). Constituida por limos arenosos ligeramente cementados con intercalaciones de arcillas blandas. En la zona central presenta un espesor que varía entre 1.5 y 4m; su resistencia obtenida en la prueba de penetración estándar resulta ser desde 15 a más de 50 golpes para penetrar 30cm, y su resistencia a la penetración del cono eléctrico alcanza valores de 100 hasta 390 kg/cm^2 .

Esta formación tiende a disminuir gradualmente en espesor y resistencia de oriente a poniente y de norte a sur; presenta un espesor de 1.9m en la intersección del Río de los Remedios con el Gran Canal y de 3.2m en el lago de Texcoco; de 3m en el "Caracol" y de 1.5m en el bordo Xochiaca.

Los contenidos de agua de esta formación son muy bajos y en promedio son del 60%. La dificultad de la obtención de muestras inalteradas de este depósito hace difícil realizar una definición confiable de sus propiedades mecánicas.

Formación Arcillosa Inferior (FAI). De origen y características similares a la FAS, identificándose estratos de arcilla de alta compresibilidad interestratificados con lentes de materiales arenosos. Su espesor varía entre 14 y 18m y su contenido de agua natural entre 100 y 450%.

La resistencia determinada en pruebas puntuales de penetración estándar alcanza valores entre 1 y 12 golpes para penetrar 30cm, registrándose con el torcómetro valores de 2 y 17 t/m^2 ; sin embargo, el efecto de preconsolidación generado por bombeo ocasiona que los valores de resistencia varíen a lo largo de la zona, presentando una resistencia media a la penetración del cono en el cruce del Río de los Remedios con el Gran Canal de 8 kg/cm^2 , en tanto que más al centro del ex-lago se registran resistencias de hasta de 50 kg/cm^2 en esta formación.

Depósitos Profundos superiores (DP). Constituidos por una sucesión de estratos y lentes de gravas y arenas aluviales limosas, ligeramente cementadas con arcillas y carbonato de calcio que les proporciona una elevada resistencia. Registran valores de resistencia a la penetración del cono eléctrico de hasta 314 kg/cm^2 y de 15 a más de 50 golpes en pruebas de penetración estándar.

La profundidad y espesor de esta formación se incrementan hacia el centro del lago, se localizan a 43.9m en la intersección del Río de los Remedios con el Gran Canal y a 48.7m en el Lago de Texcoco, con un espesor de 4.8 y 10m respectivamente.

El contenido de agua natural varía entre 20 y 200%. Debido a la elevada resistencia, baja compresibilidad y gran profundidad de estos depósitos, esta formación no ofrece problemas potenciales de hundimiento y/o falla para las estructuras civiles, por lo que generalmente sus propiedades mecánicas no suelen ser estudiadas.

Tercera Formación Arcillosa (TFA). Constituida por arcillas limosas de mediana compresibilidad, con valores medios de resistencia a la penetración de cono de 15 a 25

kg/cm². Esta formación presenta cierto incremento en espesor y profundidad hacia el centro del ex-lago.

Depósitos Profundos Inferiores (DPI). De características similares a los DP. Al igual que el estrato anterior, la profundidad de estos depósitos tiende a crecer hacia el centro del ex-lago.

b) Ex-lago de Xaltocan

El subsuelo de esta región presenta una estratigrafía que podría ajustarse al modelo estratigráfico de la zona anterior, con la diferencia de que las formaciones arcillosas tienen un espesor menor y los estratos duros una mayor potencia. Sin embargo, indirectamente no existe una continuidad en origen y características del subsuelo de la ciudad de México a lo largo del valle.

Por lo anterior esta región se presenta como una zona independiente, en la que sus estratos característicos presentan un espesor considerable al centro del lago, que se reduce drásticamente en la periferia. Debido a la carencia de información no fue posible determinar si el comportamiento de esta variación es similar a lo largo de esta zona, y sólo se señalan las profundidades que presentan estos estratos en dos sondeos localizados al centro y periferia del lago, con una distancia de separación de 1.24km (Tabla 4.2).

<i>Descripción</i>	<i>Zona lacustre (Centro)</i>	<i>Zona lacustre (Frontera)</i>
Limo arenoso de alta plasticidad, gris oscuro de consistencia semi-rígida a rígida.	0 - 0.2m	0 - 1.6m
Arcilla de alta compresibilidad, de consistencia blanda y color gris verdoso	0.2 - 11.9m	1.6 - 4.2m
Limo arenoso de baja plasticidad, de consistencia muy rígida, color gris verdoso.	11.9 - 13.9m	4.2 - 6.7m
Arcilla de compresibilidad media, consistencia semi rígida, color gris claro	13.9 - 16.7m	6.7 -10.8m
Arena muy compacta color gris verdoso.	16.7 - 19.5m	10.8 – 12.0m
Arcilla de compresibilidad media, consistencia rígida a muy rígida café claro y gris verdoso	19.5 – 30.1m	12.0 - 20.8m
Arena limosa muy compacta café grisáceo.	30.1 - 32.6m	20.8 - >21.8m
Arcilla de baja plasticidad y consistencia rígida.	32.6 - >35	?

Tabla 4.2 Profundidad de los estratos típicos del ex-lago de Xaltocan

En el plano de la Fig. 4.19 se presenta la propuesta de zonificación geotécnica del ex-lago de Texcoco y zonas aledañas resultado de esta investigación, y se realiza una comparación entre este plano y el de la zonificación geotécnica (Fig. 3.4) que rige actualmente (RCDF, 1995).

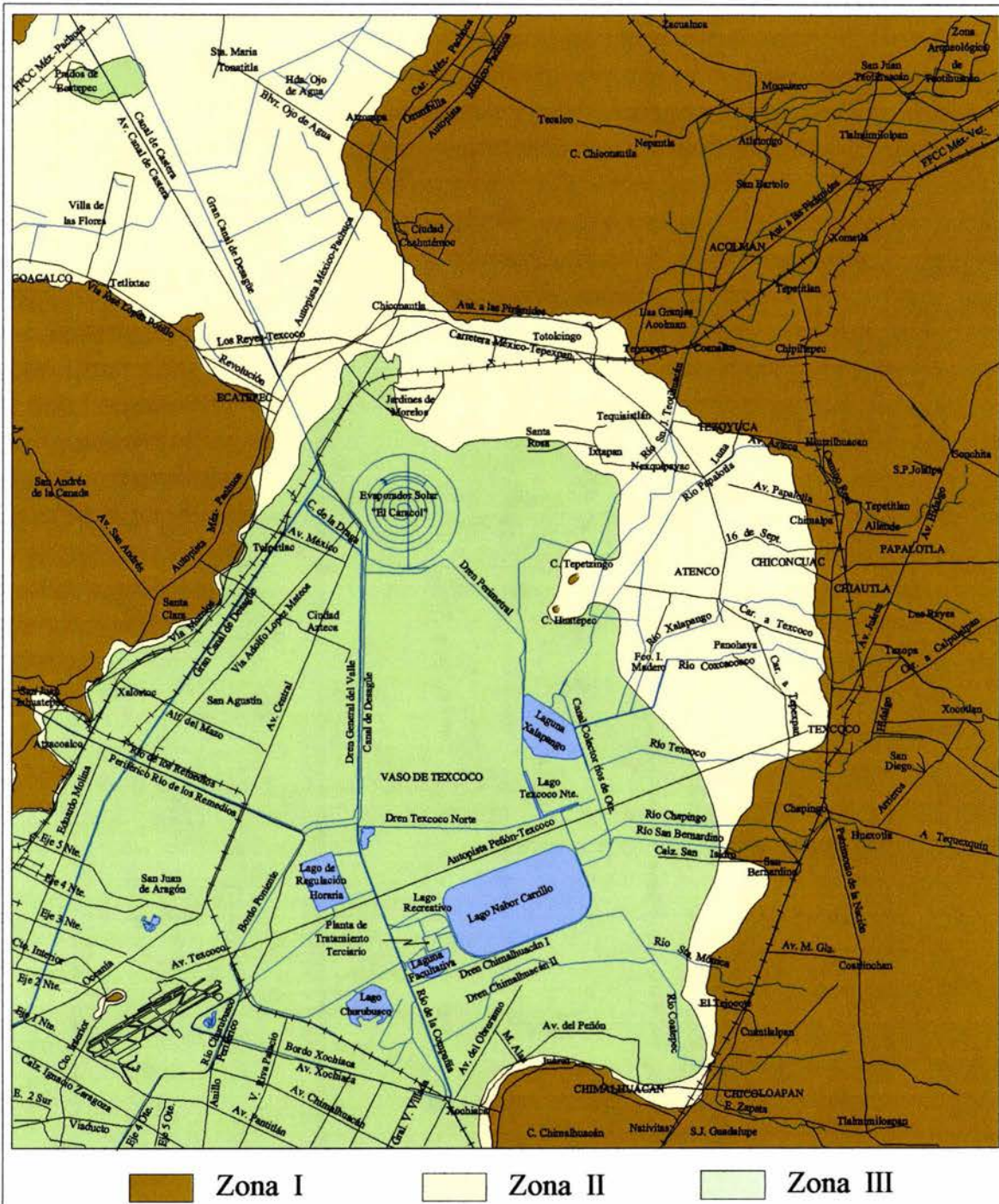


Fig. 4.19 Propuesta de zonificación geotécnica del área de estudio

Las diferencias más notables entre ambos planos consisten en el incremento del área abarcada en dirección norte y oriente, así como en las modificaciones de las líneas de frontera de las tres zonas geotécnicas.

Antes de señalar los contrastes entre las líneas de frontera de las zonas geotécnicas de ambos planos, es conveniente recordar que el área correspondiente a la zona de estudio del plano de zonificación geotécnica vigente, ha sido tomada del plano elaborado en 1968 por Schmitter, en base de la geología superficial de Mooser de 1956 y las cartas topográficas de la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) con escala 1:250,000 disponibles a esa fecha.

Zona I (Lomas). El plano de zonificación geotécnica del RCDF vigente, considera como línea de frontera de esta zona geotécnica a la curva de nivel correspondiente a los 2250 msnm. En efecto, a partir de esta altitud en los perfiles geotécnicos ya no se detectan depósitos de arcilla de alta compresibilidad, sin embargo, la curva topográfica de esta elevación al determinarla con métodos actuales, se ha modificado.

No obstante, en la zona comprendida entre el cerro de Chimalhuacán y la sierra de Río Frío, se registraron perfiles geotécnicos localizados a una altitud menor a esta elevación que no presentan intercalaciones de estratos de arcilla, por lo que se realizó un breve análisis geológico e hidrológico de esta región, el cual nos permitió determinar que en este sitio se formó una represa natural de depósitos aluviales que ocasionaron una reducción del lago en esa área.

Por lo anterior, en la presente propuesta de zonificación la frontera de la zona I (Lomas) también se estableció en base de la curva de nivel 2250 msnm y sólo en la zona oriente se realizaron las correcciones correspondientes a los resultados del análisis anterior. Estas modificaciones generaron una contracción de esta zona geotécnica hacia las partes altas que incrementaron la zona de transición.

Zona III (Lago). En el plano de zonificación geotécnica vigente (RCDF, 1995), las fronteras de esta zona están definidas por líneas suavizadas que presentan cierta tendencia a seguir en su flanco oriente al valor medio de la cota 7.1 (que definía la extensión del ex-lago de Texcoco en 1912), en tanto que en su flanco poniente, esta frontera tiende a suavizar el contorno de la sierra de Guadalupe, sin considerar las zonas en las que se internan las formaciones rocosas.

Ambos flancos de esta frontera se extienden hacia el norte hasta interceptar el dique que dividió al lago de Texcoco con el de San Cristóbal en 1955, sobre el cual pasa en la actualidad el camino Ecatepec de Morelos - Venta de Carpio.

En contraste, en la presente propuesta de zonificación las líneas de frontera de esta zona geotécnica presentan un patrón irregular, resultado del análisis geoestadístico de los datos obtenidos en los sondeos recopilados. Las fronteras presentan cierta tendencia a seguir el contorno de las formaciones rocosas en dirección este y oeste, pero se truncan hacia el norte.

En el capítulo siguiente se describen brevemente los diferentes tipos de cimentación más utilizadas y se discute su aplicabilidad en las zonas geotécnicas del área de estudio.

CAPÍTULO 5

CIMENTACIONES MÁS COMUNES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

5.1 TIPOS DE CIMENTACIONES EN EL ÁREA DE ESTUDIO

La ingeniería de cimentaciones comenzó como una disciplina empírica y posteriormente, con la aplicación de la mecánica del medio continuo al estudio de las propiedades del subsuelo, en 1920 nace la Mecánica de Suelos. Esta disciplina permitió dar respuesta a los errores cometidos en el pasado, resolver muchas interrogantes con respecto al comportamiento de los suelos y sustituir aquellos procedimientos empíricos por otros planteados de una manera más científica.

No obstante, los depósitos superficiales están formados por materiales de muy diversa índole, desde la roca sana hasta los rellenos sanitarios, y en el caso de la zona de estudio, por depósitos lacustres que presentan un comportamiento desfavorable al cambiar el estado de esfuerzos al que están sometidos.

Esta diversidad de depósitos representa una complejidad física y matemática para su estudio, por lo que actualmente muchos de los criterios, normas y reglas empleadas no tienen una sustentación teórica directa y a veces, casi no la tienen en absoluto, ocasionando que se utilicen amplios factores de seguridad y que en algunos casos, el éxito de una cimentación aún dependa de la experiencia precedente, así como del ingenio e intuición del ingeniero.

Al hablar de una cimentación debemos considerar dos medios: la estructura y el terreno de cimentación. La estructura de cimentación o cimientado, es la parte de la estructura que transmite las cargas al terreno, en tanto que el terreno de cimentación, es la parte que recibe las cargas de la estructura.

En el diseño de cimentaciones el terreno de desplante nos impone dos lineamientos: capacidad de carga y deformaciones, es decir, la carga total que podemos transmitirle al terreno sin sobrepasar su resistencia al corte y las deformaciones que éste exhibe al transmitirle tales esfuerzos. Ambos parámetros dependen directamente del tipo y función de la obra o estructura, como por ejemplo: podemos tener el caso de una presa de tierra y enrocamiento, en el que el peso de la estructura es de consideración pero los asentamientos admisibles pueden ser de gran magnitud; o el caso de una antena de telecomunicaciones, en el que el peso de la estructura es despreciable, pero los desplazamientos son inadmisibles.

Esto es un indicativo de la infinidad de los tipos de cimentación necesarios para las diferentes obras civiles, en las que el factor principal es la seguridad, pero si le agregamos el factor económico y algunas otras circunstancias como la disponibilidad de materiales o del equipo de construcción, obtenemos como resultado una gran variedad de cimentaciones útiles para cada caso.

Por lo anterior, convencionalmente se ha dividido a las cimentaciones en dos grandes grupos: superficiales y profundas. En este sentido no existe un criterio preciso o frontera estricta que las limite, pero se considera que las cimentaciones superficiales son aquellas en las que la profundidad de desplante no excede de dos o tres veces al ancho del cimiento.

A continuación se describen los tipos más comunes de cimentaciones superficiales y profundas, y se discute su aplicabilidad en el área de estudio.

5.1.1 Cimentaciones superficiales

Los tipos más frecuentes de cimentaciones superficiales son: las zapatas aisladas, las zapatas corridas y las losas de cimentación.

5.1.1.1 Zapatas aisladas

El objetivo básico de las zapatas aisladas es recibir puntualmente las cargas de la estructura, por lo que es común construir estos elementos de cimentación en la base de cada columna (Fig. 5.1). Las zapatas aisladas principalmente están formadas por una base rectangular rígida de piedra o concreto armado, con dimensiones: ancho B y longitud L , que generalmente mantienen la relación $L/B \leq 1.5$ (Zeevaert, 1983).

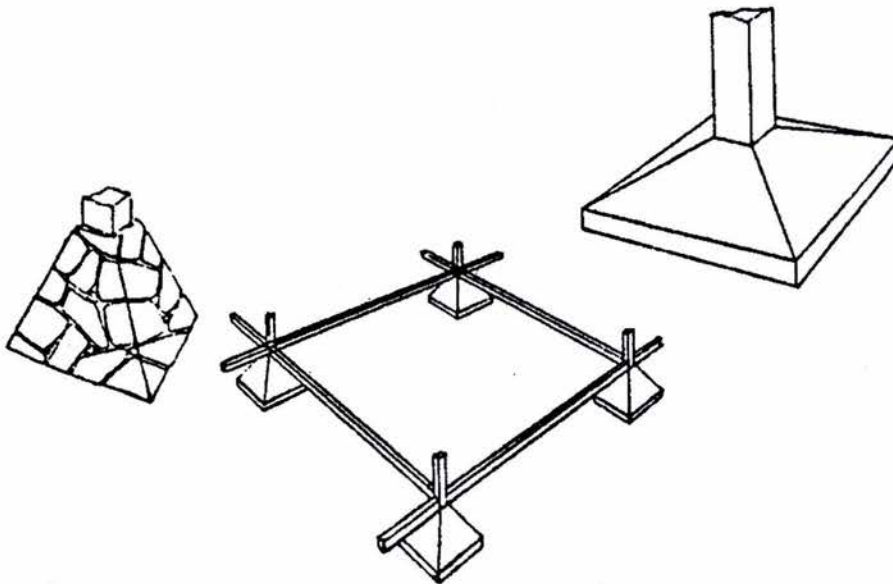


Fig. 5.1 Zapatas aisladas

Este tipo de cimentación resulta económico y convenientemente es utilizado en suelos de baja compresibilidad (Zona I), pero no es recomendable para las Zonas II y III, y menos aún para cargas considerables, ya que se pueden generar hundimientos diferenciales entre estos elementos de cimentación que excedan lo permitido. Para disminuir los desplazamientos, es común unir las zapatas aisladas con travesaños de liga y de diseñar a la estructura con uniones especiales.

5.1.1.2 Zapatas corridas

Cuando se está en presencia de suelos de mediana compresibilidad (Zona II) y las cargas transmitidas al terreno de cimentación son altas, las áreas requeridas para el apoyo del cimiento deben aumentarse, optándose por el empleo de zapatas corridas. Estos elementos de cimentación sostienen varios elementos estructurales que le transmiten la carga de manera puntual o lineal, como es el caso de columnas y muros de carga respectivamente. Las zapatas corridas generalmente se construyen de mampostería o concreto armado (Fig. 5.2).

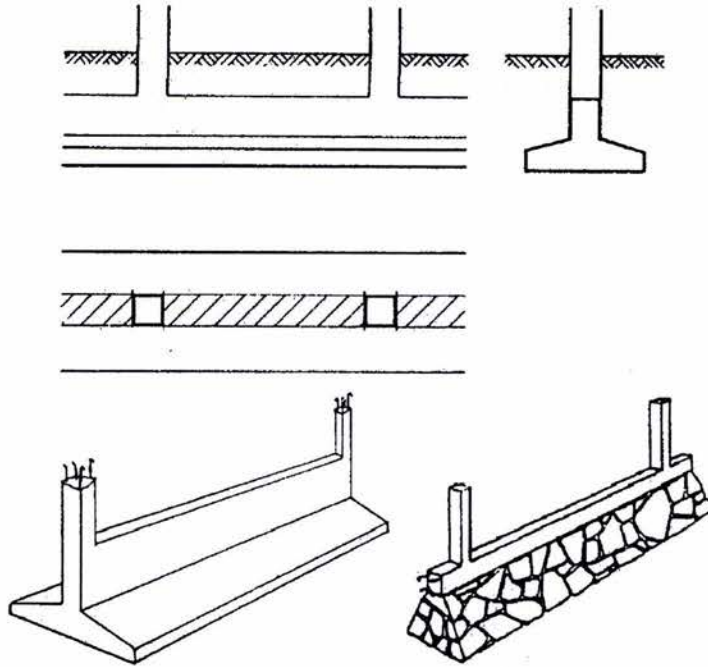


Fig. 5.2 Zapatas corridas

Con las zapatas corridas es posible controlar los hundimientos diferenciales que se pudieran generar entre las columnas, así como de proporcionarle a la estructura rigidez en una o ambas direcciones, mediante la variedad de arreglos que se pueden adoptar con éstos elementos.

5.1.1.3 Losa de cimentación

Cuando las cargas de la estructura son muy grandes y ocasionan que la distribución del peso mediante zapatas corridas sobre el terreno de cimentación ocupe cerca del 50% del área del edificio, es mejor recurrir a la utilización de una losa continua que cubra el área total, como la mostrada en la Fig. 5.3. En este caso se asume que la carga total es distribuida uniformemente en el área cubierta por el edificio.

Las losas de cimentación se construyen monolíticamente con una retícula de trabes que le transmiten las cargas de la estructura; ésta retícula al mismo tiempo proporciona rigidez a la losa disminuyendo los hundimientos diferenciales, por lo que este elemento puede ser usado en suelos de mediana y alta compresibilidad (Zona II y III).

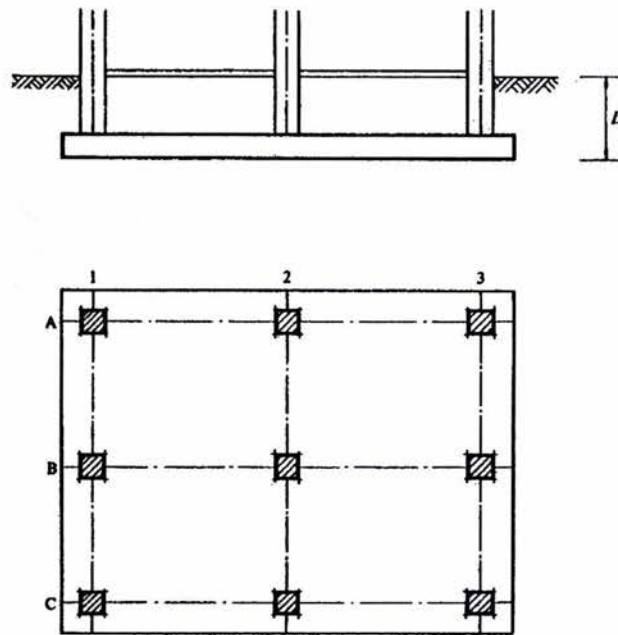


Fig. 5.3 Losa de cimentación

Las traveses de la retícula pueden colocarse arriba o debajo de la losa, según el arreglo estructural que convenga, y sobre sus ejes se localizan los muros de carga o los ejes de columnas.

5.1.2 Cimentaciones profundas

Si aún en el caso de emplear una losa corrida, la presión transmitida al subsuelo sobrepasa su capacidad de carga o se valora que se generarán asentamientos excesivos, evidentemente habrá de recurrirse a soportar la estructura puntualmente en estratos más resistentes; de distribuir los esfuerzos por fricción o adherencia a espesores suficientemente grandes del subsuelo; o de retirar del suelo el peso que compense parcial o totalmente el peso de la estructura, llegándose así a las cimentaciones profundas, cuyas características a continuación se describen brevemente.

5.1.2.1 Cimentaciones compensadas

Las cimentaciones compensadas tienen la finalidad de minimizar el incremento neto de carga aplicada al subsuelo; esto se logra mediante la excavación del terreno y el uso de un cajón desplantado a cierta profundidad (Fig. 5.4). Según el incremento neto de carga aplicado al suelo en la base del cajón resulte positivo, nulo o negativo, la cimentación se denomina parcialmente compensada, totalmente compensada o sobre-compensada.

Teóricamente las cimentaciones totalmente compensadas no deberían presentar problemas de expansiones o hundimientos, pero debido al proceso constructivo y a los tiempos de construcción esto se hace imposible de cumplir, ya que el peso del suelo extraído no se sustituye inmediatamente, originándose los problemas de estabilidad y deformación en las paredes y el fondo de la excavación.

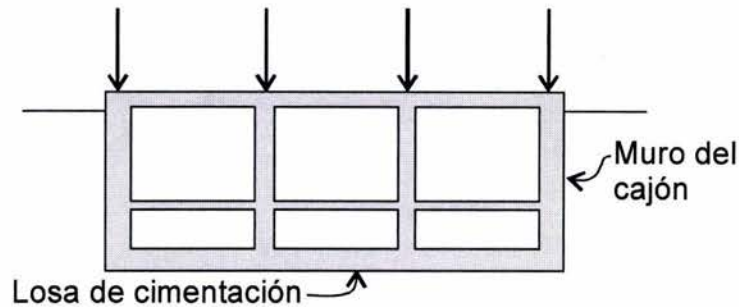


Fig. 5.4 Cimentación compensada

Adicionalmente, este tipo de cimentación tiene el inconveniente de requerir que la capa que se ha escogido para la sustentación permanezca lo más inalterada posible, es decir, se deben controlar los trabajos de excavación y bombeo con el fin de evitar al máximo las expansiones y hundimientos del suelo, que puedan dañar las obras vecinas y a la propia construcción.

El movimiento de las paredes se puede evitar diseñando un troquelamiento apropiado para estabilizar los bordes de la excavación. En el caso de que las expansiones inmediatas por descarga sean excesivas o exista la posibilidad de falla de fondo, se recomienda realizar la excavación por partes y construir inmediatamente la sección de cimentación correspondiente.

Al igual que las losas de cimentación, las cimentaciones compensadas forman un elemento monolítico junto con una retícula de traveses que le transmiten las cargas de la estructura; la retícula proporciona al mismo tiempo rigidez a la losa que reduce la magnitud de los hundimientos diferenciales. Este tipo de cimentación es el indicado cuando se está en presencia de depósitos de suelo de media, alta y muy alta compresibilidad (Zona II y III), (Zeevaert, 1983).

5.1.2.2 Pilotes

La función principal de los pilotes es transmitir la carga de la estructura a capas más profundas. Este proceso se puede realizar de tres maneras:

- Por punta.* Los pilotes transmiten la mayor parte de la carga a un estrato resistente por medio de su punta, es decir, trabajan como columnas transmitiendo la carga de la estructura a una capa inferior más resistente (Fig. 5.5.a).
- Por fricción.* En este caso la carga de la estructura se transmite a capas suficientemente grandes del subsuelo por fricción o adherencia, generada a lo largo de la superficie lateral del pilote (Fig. 5.5.b).
- Mixta.* Es la combinación de ambos métodos: por punta y fricción (Fig. 5.6).

Los pilotes pueden ser de madera, acero o concreto; con sección transversal: circular, rectangular, cuadrada, triangular u octogonal.

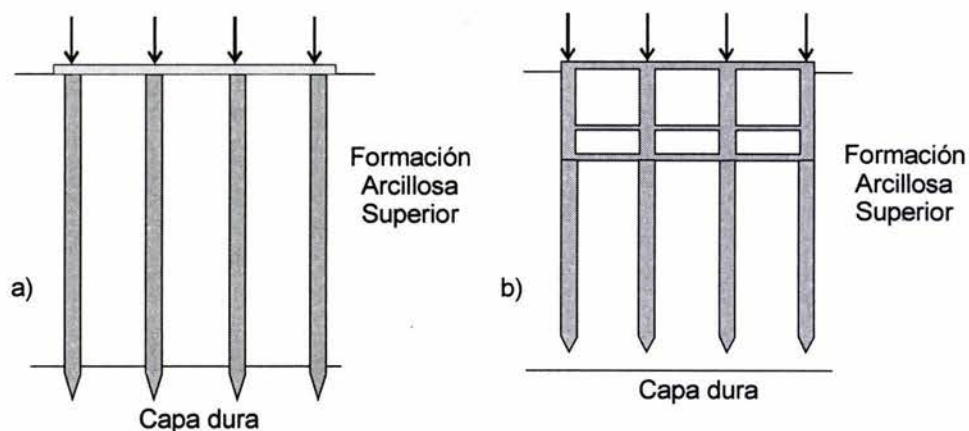


Fig. 5.5 Pilotes de punta (a) y fricción (b)

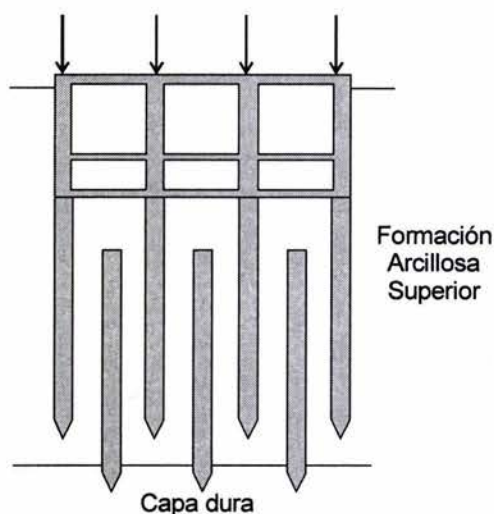


Fig. 5.6 Pilotes entrelazados

En nuestro país, el pilote de madera ha caído en desuso por no conseguirse fácilmente este material, además de que su vida útil es corta y presenta una baja resistencia. Los pilotes de concreto pueden ser colados in situ o prefabricados, siendo éstos últimos los más utilizados debido a su bajo costo relativo; su colocación frecuentemente se realiza mediante el hincado por percusión (Fig. 5.7).

Cuando la hincada de los pilotes de concreto se dificulta por la relativa resistencia del suelo, se utilizan los pilotes de acero que presentan mayor resistencia a los golpes del martinete y mayor facilidad de penetración (secciones H o tubulares).

Las estructuras cimentadas sobre *pilotes de punta*, tienen el inconveniente de mantener su elevación original y no siguen el movimiento descendente del terreno circundante generado por consolidación, por lo que dan la apariencia de que están emergiendo (Fig. 5.8). Este efecto ha provocado el desplome de los edificios adyacentes y en casos extremos, su colapso. Otra desventaja generada por la "emersión" es la necesidad de reparar banquetas, drenajes, ductos, etc., y reacondicionar las entradas al edificio de manera periódica.



Fig. 5.7 Colocación de un pilote prefabricado (Flores, 2001)

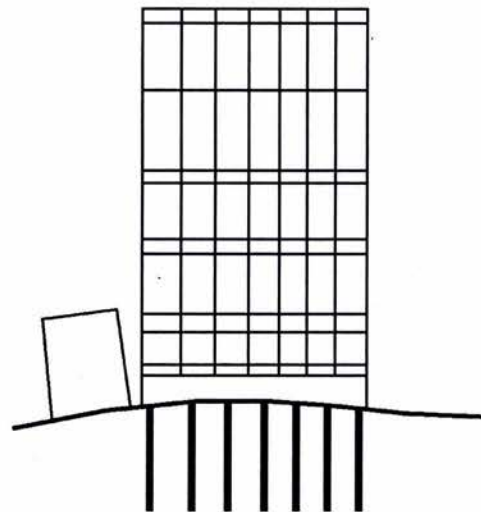


Fig. 5.8 Desplome del edificio adyacente ocasionado por el hundimiento del subsuelo

Para reducir los anteriores efectos, existen varios dispositivos o mecanismos con los que es posible subir o bajar a voluntad las estructuras cimentadas sobre pilotes de punta, con lo que se obtiene: la posibilidad de corregir posibles desplomes del edificio; que la estructura siempre esté apoyada sobre el terreno aún cuando este se consolide o enjute; que los pilotes soporten únicamente las cargas para los que fueron diseñados; y evitar los daños ocasionados por emersión. Este tipo de cimentación recibe el nombre de *pilotes de control* (Fig. 5.9).

Los dispositivos de control deben situarse en lugares accesibles que faciliten las maniobras, por lo que generalmente se utiliza el espacio que queda entre la losa de piso y la losa de cimentación.

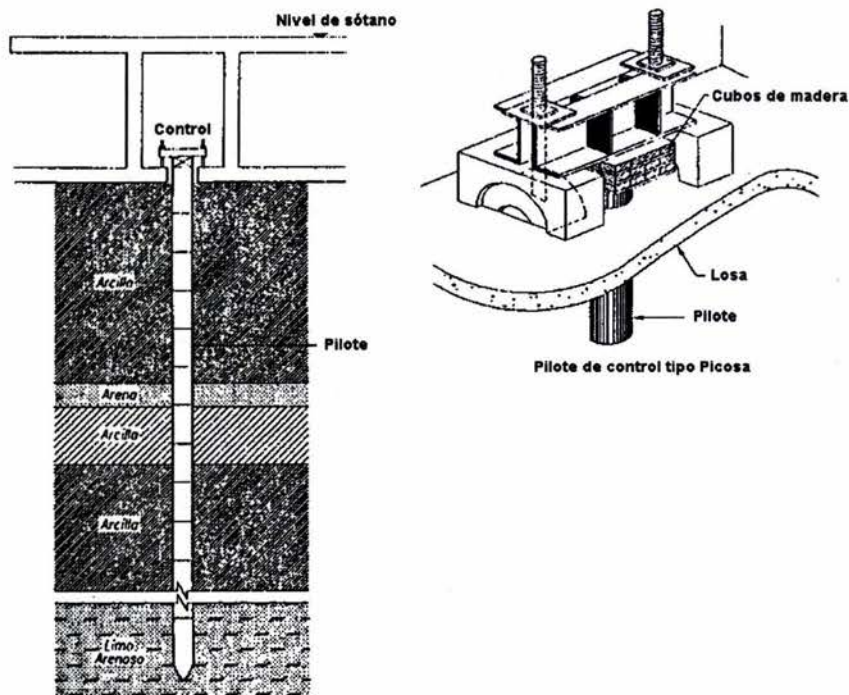
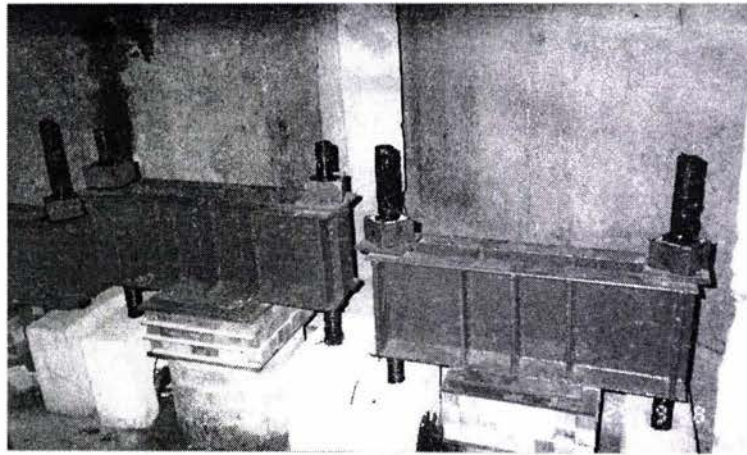


Fig. 5.9 Pilotes de control (Flores, 2001)

Un dispositivo de control esencialmente consta de cuatro elementos:

- 1- Anclas. Que sobresalen lo indispensable para sujetar los tornillos y pueden protegerse con concreto.
- 2- Los tornillos. Con los que es posible permitir la penetración del pilote y de variar la carga o el nivel del edificio.
- 3- El puente. Transmite la carga directamente al pilote y
- 4- La celda de deformación patentada. Es un dispositivo por medio del cual el pilote recibe una carga constante, previamente proyectada y que, a la vez, permite que el pilote penetre dentro del edificio en forma natural hasta determinada longitud.

Las cimentaciones realizadas con *pilotes de fricción* permiten que la estructura siga el movimiento descendente del terreno originado por consolidación, evitándose así los daños por emersión. Sin embargo, generalmente la subsidencia no es uniforme y ocasiona que se produzcan hundimientos diferenciales de gran magnitud.

Adicionalmente, como la resistencia de los pilotes de fricción es directamente proporcional a su longitud, para el correcto funcionamiento de estos elementos en estructuras pesadas, es necesario asignarles grandes longitudes que implican el uso de varios tramos difíciles de empalmar.

Para mitigar ambos problemas, generalmente los pilotes de fricción se utilizan en combinación con un cajón de cimentación que le provee rigidez a la estructura y compensa parte del peso del edificio.

El tipo de cimentación que distribuye las cargas por *punta y fricción*, reduce la magnitud de los hundimientos diferenciales y da libertad a que la cimentación siga los movimientos descendentes del terreno, sin embargo, el proceso constructivo de este tipo de cimentación es complicado.

En ocasiones la magnitud de las cargas hacen necesario utilizar elementos de mayor sección a los pilotes, y a los elementos cuya sección transversal sobrepasa los 60.0cm se les denomina pilas. Cuando los elementos de cimentación poseen una sección transversal mayor a 2m, se obtiene una nueva división: a los de sección circular se les denomina cilindros, en tanto que a los de sección rectangular se les conoce como cajones de cimentación; ambos elementos se construyen de concreto reforzado y son huecos, lo que les brinda disminución de peso propio y ahorro de material.

En rigor no hay dimensión definida entre pilotes, pilas y cilindros, por lo que los criterios citados tienen como único mérito el ser seguido por un cierto número de especialistas.

5.2 CIMENTACIONES MÁS USADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

Como se pudo observar, existe una gran variedad de tipos de cimentación útiles para las diferentes necesidades de las obras civiles, desplantadas sobre terrenos con características diversas. Sin embargo, no existen reglas muy precisas para elegir el tipo de cimentación más conveniente cuando diferentes cimentaciones cumplen con la seguridad de diseño, por lo que las consideraciones económicas, suelen ser el elemento decisivo de la elección que finalmente se haga.

Las cimentaciones superficiales son más económicas que las profundas, pero incuestionablemente esta favorable relación de costos se va haciendo menos significativa según aumente la profundidad de desplante, pues es sabido que el costo de las excavaciones a cielo abierto varía rápidamente con la profundidad.

La presencia del NAF también limita el uso de las cimentaciones superficiales, ya que el flujo de agua en las paredes de la excavación plantea el problema de estabilidad de taludes, haciendo indispensable el empleo de ademes y el uso de costosos y complicados procesos de bombeo para evitar que se inunde el fondo de la excavación,

eliminándose así la ventaja económica y provocando que se opte por el uso de las cimentaciones profundas.

Conviene subrayar también que las cimentaciones superficiales pueden sufrir daños en zonas de transición abrupta afectadas por los asentamientos diferenciales inducidos por la consolidación regional (Fig. 5.10).



Fig. 5.10 Daños sufridos por cimentaciones superficiales en zona de transición abrupta del lago de Texcoco (Auvinet, 2004)

Los pilotes de punta se utilizan cuando la carga de la estructura es considerable y se está en presencia de potentes estratos de suelo compresible con baja resistencia al esfuerzo cortante, sin embargo, en presencia de consolidación regional su uso presenta graves problemas de emersión como los mostrados en la Fig. 5.11.

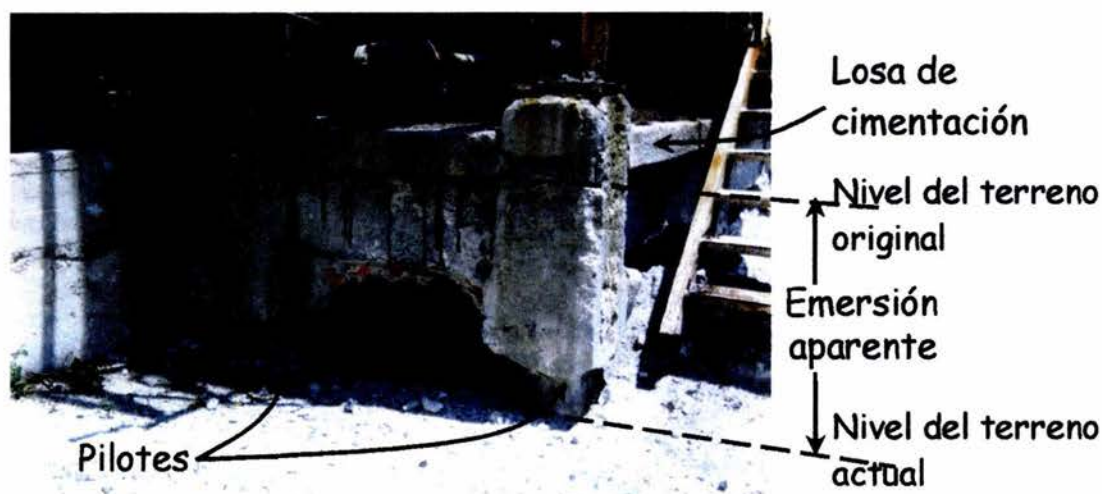


Fig. 5.11 Emersión de una cimentación sobre pilotes de punta en el lago de Texcoco (Auvinet, 2004).

Los efectos de emersión pueden ser mitigados incorporándole a los pilotes de punta los dispositivos de control, o bien, utilizando la combinación de pilotes de punta y fricción. Los pilotes de control presentan la desventaja de requerir atención constante durante la vida útil de la estructura, en tanto que la solución de pilotes entrelazados presenta el inconveniente de que su proceso constructivo es complicado y costoso.

Cuando los estratos resistentes no se encuentran a profundidades económicamente alcanzables para transmitir los esfuerzos de manera puntual, se recurre al empleo de los pilotes de fricción, cimentaciones compensadas o a una combinación de ambos.

Al realizar una cimentación mediante pilotes de fricción, es necesario obtener una buena definición de la estratigrafía del subsuelo para identificar la posibilidad de que estos elementos se apoyen sobre lentes o estratos duros, circunstancia que indudablemente provocaría en la estructura fuertes desplomes, destrucción parcial o su colapso.

En este sentido es importante señalar que las cimentaciones efectuadas mediante pilotes de punta y/o fricción, presentan el inconveniente de que al consolidarse el suelo que circunda a cada pilote tiende a “colgarse” de estos elementos, sumándose a la carga de la estructura y reduciendo la capacidad de carga efectiva de cada pilote. Este fenómeno ha sido denominado como fricción negativa y se desarrolla de manera diferente en pilotes aislados y en un grupo de pilotes (Auvinet et al., 1978).

La consolidación del subsuelo se genera en mayor medida por el hundimiento regional, por lo que la información que se tenga acerca de este fenómeno debe ser la más precisa posible para estimar su tendencia y pronosticar su comportamiento futuro. La fricción negativa conlleva el riesgo de que se sobrepase la capacidad de carga de los pilotes de punta, y de que se generen movimientos diferenciales de gran magnitud entre los pilotes de fricción.

Si se subestiman los efectos de la fricción negativa y el hundimiento regional en las cimentaciones piloteadas, su comportamiento podría ser catastrófico.

En el caso de las cimentaciones compensadas, éstas presentan muchos inconvenientes en su proceso constructivo que implican un elevado costo económico: ejecución de excavaciones considerables, estabilización de las paredes y fondo de la excavación, protección y en su caso reparación de las cimentaciones de los edificios colindantes, empleo de complicados métodos de bombeo para que la capa que se ha escogido para la sustentación, sea de espesor constante y permanezca lo más inalterada posible, etc.

Sin embargo, de no cumplirse con estas condiciones, el comportamiento de este tipo de cimentación no será el esperado. Adicionalmente, si no se tiene presente la subsidencia del terreno generada por el fenómeno de hundimiento regional, este tipo de cimentación estará sujeto al efecto de emersión.

En suma, la elección de una cimentación principalmente se rige por tres factores: el terreno de cimentación, el tipo de estructura y la economía. El cuidadoso estudio de estos factores nos dará la pauta para determinar el tipo de cimentación que garantice

que la estructura no sufrirá fallas o colapso, ni tampoco tendrá durante su vida útil asentamientos o expansiones que interfieran con su buen funcionamiento, por lo que el sentido común y la experiencia del ingeniero, jugarán un papel importante en este aspecto.

Después de esta somera descripción de los factores que rigen la elección de una cimentación, a continuación se discute la utilización de los diferentes tipos de cimentación en las distintas zonas geotécnicas del área de estudio.

Zona I

La sierra de Guadalupe, los cerros y los promontorios aislados de esta región, presentan una gran variedad de rocas que proveen una elevada capacidad de carga, por lo que no se esperan graves problemas de cimentación aún para estructuras pesadas. En estas formaciones las zapatas aisladas pueden ser utilizadas con resultados satisfactorios, siempre y cuando estos elementos se diseñen para la absorción de los altos niveles de esfuerzos generados por la resistencia de la roca y el peso de la estructura.

Durante el proceso de excavación y nivelación del terreno en estas formaciones, se recomienda analizar la presencia de mantos inclinados y de grietas o fracturas en las formaciones rocosas, que representen posibles mecanismos de falla por deslizamiento y planos de falla o desprendimiento respectivamente. Si en este proceso se llegaran a detectar algunos de estos riesgos, los contactos deben de protegerse de la saturación y en su caso, será necesario la utilización de anclas y/o elementos de soporte.

En las zonas bajas de la sierra mencionada, es necesario tener en cuenta los depósitos eólicos que ante sollicitaciones dinámicas exhiben hundimientos diferenciales súbitos y de gran magnitud.

En el caso de la sierra de Río Frío y del valle de Teotihuacan, las cimentaciones superficiales proporcionan una buena solución para los diferentes tipos de estructuras. Durante el proceso de excavación y nivelación del terreno, es necesario proveer de drenaje a los muros de retención que evite empujes excesivos sobre ellos y la posible falla del terreno por el fenómeno de licuación.

Zona II

La distribución errática de los materiales del subsuelo característica de esta región, dificulta la determinación de sus condiciones a partir de un número limitado de exploraciones y representa los problemas más diversos y complejos en el diseño de cimentaciones.

No es sorprendente que en esta región se presenten los casos más notables de construcciones afectadas por asentamientos diferenciales (grietas, desplomes o destrucción parcial), y muy raro el caso de una falla imputable a insuficiencia de la resistencia al corte del suelo.

En estructuras ligeras es común utilizar zapatas aisladas, sin embargo estos elementos deben de unirse con trabes de liga y de proveer a la estructura con uniones especiales que mitiguen los efectos de los hundimientos diferenciales.

Conforme las cargas de las estructuras sean mayores, conducirá a que se opte por cimentarlas en zapatas corridas, losas de cimentación, pilas o cajones de cimentación.

c) Zona III

La alta compresibilidad y baja resistencia al corte de los estratos arcillosos, son causa de cimentaciones costosas que en ocasiones presentan un comportamiento poco satisfactorio.

En esta zona no es recomendable la utilización de zapatas aisladas, aún para estructuras ligeras, debido a que presentan un comportamiento muy desfavorable ocasionado por hundimientos diferenciales de gran magnitud, generados en el subsuelo por su falla por capacidad de carga o por las grandes deformaciones que éstos exhiben por consolidación.

Las zapatas corridas mitigan los anteriores efectos, pero existe el peligro latente de que la deformación de los suelos blandos ocasione que estos elementos fallen por flexión, por lo que es recomendable proveer a las zapatas corridas mayor rigidez.

En el caso de bardas y muros perimetrales cimentados en zapatas corridas, es necesario proveerlas de rigidez lateral que mitigue los alabeos y movimientos laterales de estos elementos estructurales. También es conveniente tener presentes los problemas generados por las raíces de árboles como "emersión" y agrietamiento radicular, y el hundimiento del terreno circundante a colectores mal sellados de aguas pluviales generado por arrastre de subsuelo hacia el drenaje.

Por lo anterior, en esta zona la losa de cimentación resulta ser la mejor opción para casas habitación de hasta tres niveles. En el caso de estructuras más pesadas, será necesario recurrir a las cimentaciones profundas, debiendo obtener un mejor conocimiento de la estratigrafía y propiedades del subsuelo del lugar, que nos permita determinar la mejor opción teniendo presentes las consideraciones de cada tipo de cimentación y los factores que influyen en su elección.

Además de los comentarios anteriores, el diseño de las cimentaciones en cada una de las tres zonas deberá por supuesto tomar en cuenta lo especificado en las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Cimentaciones vigentes (RCDF, 2004).

CONCLUSIONES

El área de estudio presenta una gran variedad de depósitos superficiales localizados a distintas elevaciones, que son resultado de las interacciones naturales de procesos tectónicos, volcánicos, sedimentarios y climáticos, desarrollados en esta región a lo largo del tiempo geológico.

En las zonas altas es común encontrar una vasta diversidad de rocas que exhiben una elevada capacidad de carga, en tanto que en las partes bajas, se localizan depósitos lacustres que presentan un comportamiento muy desfavorable al cambiar el estado de esfuerzos al que están sometidos. Ambas zonas se encuentran limitadas por una zona de transición, cuya extensión y composición varían directamente en relación del tipo de material con el que se encuentran constituidas las sierras circundantes.

El diferente comportamiento de los depósitos superficiales ante condiciones estáticas y dinámicas, está regido por la constitución del subsuelo, por lo que la superficie donde se ubican estas formaciones se ha dividido en tres zonas geotécnicas: Zona I (Lomas), Zona II (Transición) y Zona III (Lago) (RCDF, 2004), con criterios basados en los lineamientos planteados por Marsal y Mazari en 1959, con ligeras modificaciones.

El plano de la primera zonificación geotécnica de la ciudad de México que abarcó parte de la zona de estudio (Schmitter, 1968), fue realizado con base en la geología superficial de Mooser de 1956 y muy poca información de carácter geotécnico en esta región. Lamentablemente la configuración de este plano correspondiente al área de estudio, fue reproducida fielmente en las zonificaciones geotécnicas de 1987 y 1995, ésta última aún vigente, por lo que se advierte que las incertidumbres geotécnicas desafortunadamente aún prevalecen.

Aunado a lo anterior, el desmedido crecimiento del desarrollo urbano no ha obedecido o se ha ajustado a límites territoriales, por lo que el área de la zonificación geotécnica actual (RCDF, 1995) ha sido superada.

Ambos factores han planteado la urgente necesidad de realizar una zonificación geotécnica de mayor extensión y detalle. En este sentido, el presente trabajo contribuye con el área del ex-lago de Texcoco y zonas aledañas, cuyas características del subsuelo de las tres zonas geotécnicas han sido presentadas en el cuarto capítulo del presente trabajo, del que se deduce que la zona III es la que representa mayores problemas geotécnicos.

Anteriores estudios han demostrado que el subsuelo del área poniente del ex-lago de Texcoco, está constituido por arcillas con propiedades excepcionales que varían de manera extraordinaria tanto en forma vertical como horizontal, y debido al fenómeno del hundimiento regional, también cambian con el tiempo.

Estas propiedades adquieren mayor importancia conforme aumenta la potencia de los depósitos arcillosos, generando un comportamiento muy desfavorable y originando graves problemas geotécnicos como son: hundimiento regional, agrietamiento y

ampliación de las ondas sísmicas; fenómenos que se han recrudecido por la extracción a gran escala del agua del subsuelo y las acciones dinámicas ocasionadas por los sismos.

Estos depósitos se extienden hacia la zona virgen del ex-lago de Texcoco, donde adquieren mayor espesor y carecen de un estrato duro sobre su superficie, ocasionando que los riesgos geotécnicos que exhibe el subsuelo de la ciudad de México, también se presenten en esta región con mayor magnitud.

La alta salinidad y el gas metano presentes en las formaciones arcillosas y depósitos profundos respectivamente, son otros fenómenos que hacen de esta zona aún más desfavorable.

Las repercusiones de los riesgos geotécnicos en el área lacustre alcanzada por el desarrollo urbano son de menor magnitud, debido a que en esta zona el espesor de las formaciones arcillosas es menor y a que la propia urbanización mitiga algunos de estos efectos. Sin embargo, los desarrollos habitacionales localizados en esta área han sufrido hundimientos diferenciales que los distorsionan y afectan estructuralmente; hay numerosos ejemplos de errores de cimentación que demuestran el descuido geotécnico que se ha tenido en el pasado.

Las serias dificultades que representa esta zona geotécnica para el diseño y construcción de edificaciones y obras térreas, se acrecientan por otras circunstancias adversas como son: baja resistencia al esfuerzo cortante de los depósitos arcillosos, presencia del NAF casi superficial y la alta sismicidad de la región.

La estratigrafía que genera estos graves problemas se interrumpe en dirección de las formaciones rocosas y al noroeste del Caracol, donde se emplaza la zona de transición que divide la zona lacustre de los ex-lagos de Texcoco y Xaltocan, sin embargo, debido a la carencia de información no se pudo determinar la magnitud de los riesgos geotécnicos en la zona del ex-lago de Xaltocan, por lo que es recomendable realizar un estudio de estos fenómenos en esa región.

Actualmente, en la zona de estudio el desarrollo urbano pertenece a asentamientos populares que no poseen obras de gran envergadura, sin embargo, deben ser protegidos con normas de construcción que garanticen un comportamiento adecuado de la interacción suelo-estructura ante sollicitaciones estáticas y dinámicas, especialmente después de la dramática experiencia del 19 de septiembre de 1985.

Aún queda mucho por hacer para obtener un mejor conocimiento de esta región, pero esto es posible utilizando herramientas basadas en la informática que nos permiten manejar, analizar y almacenar la información de manera eficaz y confiable, sirviendo de plataforma para investigaciones de mayor alcance.

Queda lo anterior como ejemplo y de que en efecto: "la necesidad agudiza el ingenio".

REFERENCIAS

Aguayo, J., Marín, S., & Sánchez, F., 1989, "*Evolución Geológica de la Cuenca de México*", Simposio sobre Tópicos Geológicos de la Cuenca del Valle de México, pp 25-39, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, D. F.

Aguilar, R., 2001, "*Zonificación Geotécnica del Cerro de la Estrella y sus alrededores*", Tesis de licenciatura, ESIA-IPN, Junio de 2001.

Alaniz, R., 2003, "*Caracterización geotécnica del ex-lago de Texcoco*", Tesis de maestría en ingeniería civil (Mecánica de suelos), DEPI, UNAM, México, D. F., septiembre del 2003,

Auvinet, G. & Hanel, J. J., 1978, "*Fricción negativa en pilotes*", Memorias del Simposio El subsuelo y la ingeniería de cimentaciones en el área urbana del Valle de México, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, D. F., 10 de Marzo de 1978

Auvinet, G. & Arias, A., 1991, "*Propagación de grietas*", Agrietamiento de suelos, pp 21-31, Sociedad Mexicana de Suelos, México, D. F.

Auvinet, G., Mendoza, M., & Reséndiz, D., 1993, "*Comentarios, Ayudas de Diseño y ejemplos de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y construcción de Cimentaciones, D.D.F.*", Serie de Instituto de Ingeniería. No ES-6, México.

Auvinet, G., Méndez, E. & Juárez, M., 1996, "Geotecnia del Valle de México; Evolución de los conocimientos y perspectivas", Memoria del Simposio "40 años de investigación y práctica en Geotecnia", Publicación especial I. de I.-Solum ICA, Tomo II, ISBN 968 7508 20-5, México, D. F.

Auvinet G. & Juárez M., 2001, "*Evaluación geotécnica del sitio Texcoco*". Estudio de ingeniería geotécnica para el nuevo aeropuerto internacional de la ciudad de México en el ex-lago de Texcoco y Zapotlán de Juárez, Informe Técnico, I. de I., segunda edición, México, D. F., mayo del 2001.

Auvinet G., Juárez M., Méndez E. & Chávez E., 2002, "*Contribución a la zonificación geotécnica de la zona poniente del valle de México*", XXI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Vol. 1, Santiago de Querétaro, Qro., México.

Auvinet G., Juárez M., Méndez E., Morales M., Aguilar R. & Flores L., 2002, "*Contribución a la zonificación geotécnica de la zona sur del valle de México*", XXI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Vol. 1, Santiago de Querétaro, Qro., México.

Auvinet G. & Juárez M., 2002, "*Geostatistical characterization of the lacustrine subsoil of Mexico Valley*", Reunión Panamericana de Mecánica de Suelos 2003, Cambridge, USA, Junio 2003.

- Auvinet G., Juárez M., & Valdez Y., 2002, "*Caractérisation géostatistique du sol lacustre de la Vallée de Mexico*", Revue Francaise de Géotechnique.
- Auvinet G., 2002, "Incertidumbre en Geotecnia", decimosexta conferencia Nabor Carrillo, XXI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Santiago de Querétaro, Qro., México.
- COVITUR, 1990 "*Características geológicas y geotécnicas del Valle de México*", Comisión de Vialidad y Transporte Urbano", México 1986, Edición de 1990.
- Cruickshank, G. 1998, "*Proyecto Lago de Texcoco, Rescate Hidroecológico*", México D. F., 2ª edición.
- D. D. F., 1975, "*Memorias de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal*", Tomo I, y II, Secretaría de obras y servicios, México.
- Del Castillo, R., 1978, "*Ciudad de México*", Memorias del Simposio El subsuelo y la ingeniería de cimentaciones en el área urbana del Valle de México, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, D. F., 10 de Marzo de 1978
- Flores, L., 2001, "*Zonificación Geotécnica de la zona sur de la Cuenca de México*", Tesis de licenciatura, FI-UNAM; Mayo del 2001.
- Geotec, S. A., 1972-1976, "*Exploraciones del subsuelo para las obras de la Comisión del Lago de Texcoco, S.A.R.H.*"
- Gutiérrez, C., Cuevas, A. & Sánchez, B., 1991 "*Soluciones geotécnicas para el agrietamiento de suelos*". Agrietamiento de Suelos, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, D. F.
- Hiriart, F. y Marsal R. J., 1969, "*El hundimiento de la ciudad de México*", Proyecto Texcoco, Volumen Nabor Carrillo. Publicación de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, México, D. F.
- INEGI, 1997, "*Cuaderno Estadístico Delegacional*". Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INIC, 1952, "*Estudios relativos al comportamiento del subsuelo del Valle de México*", Instituto Nacional de la Investigación Científica, Diciembre de 1952.
- Jaime, A., 1987 "*Características dinámicas de la arcilla del valle de México*". Tesis doctoral, DEP-FI, UNAM, Nov. de 1987.
- Lermo, J, "*Zonificación sismo-génica de la ciudad de México* ", Estudio de ingeniería geotécnica para el nuevo aeropuerto internacional de la ciudad de México en el ex-lago de Texcoco y Zapotlán de Juárez, Anexo AVI, I. de I., segunda edición, México, D. F., mayo del 2001.

- Marín, G., 1978, "*Un mecanismo de falla generado por el abatimiento piezométrico*", Memorias del Simposio El subsuelo y la ingeniería de cimentaciones en el área urbana del Valle de México, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, D. F.
- Marsal, R. J., 1952, "*Estudios Relativos al comportamiento del subsuelo del Valle de México*", Instituto Nacional de la Investigación Científica, México, D. F.
- Marsal, R. J., Hiriart F. & Sandoval, R., 1953, "*Hundimiento de la ciudad de México*", Memoria del Congreso Científico Mexicano, Volumen ciencias físicas y matemáticas UNAM.
- Marsal, R. J., Mazari, M., 1959, "*El subsuelo de la ciudad de México*", Facultad de Ingeniería, UNAM., México, D. F.
- Marsal R. J y Mazari M., 1969, "*El subsuelo de la ciudad de México*", Facultad de Ingeniería, UNAM. México, 2ª edición.
- Marsal R. J & Graue, R., 1969, "*El subsuelo del Lago de Texcoco*", Proyecto Texcoco, Volumen Nabor Carrillo. Publicación de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, México, D. F.
- Marsal, R. J., 1978, "*La estratigrafía y sus implicaciones*", Memorias del simposio el subsuelo y la ingeniería de cimentaciones en el área urbana del Valle de México, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, D. F.
- Marsal R. J y Mazari M., 1990, "*El subsuelo de la cuenca del Valle de México y su relación con la ingeniería de cimentaciones a cinco años del sismo*". Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A. C., México, D. F.
- Matos, E., <http://www.mexicodesconocido.com.mx/espanol/historia/prehispanica/>
- Medina, Z., 2001, "*Interpolación geoestadística de los resultados de exploraciones geotécnicas*", Tesis de maestría en ingeniería civil (Mecánica de suelos), DEPFI, UNAM, D. F., junio del 2001.
- Méndez, E., Juárez, M., Ovando, E. & Auvinet, G., 1995 "*Sistema de información geográfica para sondeos geotécnicos*", Proceedings, Xth Pan-American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, vol 1, Guadalajara, México.
- Mendoza, M. & Flores, O., 2001, "*Pruebas índice y relaciones volumétricas y gravimétricas*", Estudio de ingeniería geotécnica para el nuevo aeropuerto internacional de la ciudad de México en el ex-lago de Texcoco y Zapotlán de Juárez, Anexo AV, I. de I., segunda edición, México, D. F., mayo del 2001.
- Morales, M., 2001, "*Zonificación Geotécnica de la zona sur-oriental de la Cuenca de México*", Tesis de licenciatura, ESIA-IPN, Mayo de 2001.

Morales, R., Piñón N., Álvarez, A. & Lesser, J., 1989, "*Resistividades en el ex-lago de Texcoco*", Simposio sobre Tópicos geológicos de la cuenca del Valle de México, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, D. F.

Mooser, F., Santoyo E. & Támez, E., 1986, "*Características Geológicas y Geotécnicas del Valle de México*", Serie 100km de Metro, COVITUR, septiembre de 1986.

Mooser, F., 1978, "*Geología del relleno Cuaternario de la cuenca de México*", Memorias del Simposio el subsuelo y la ingeniería de cimentaciones en el área urbana del Valle de México, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, D. F.

Mooser, F., 1990, "*Estratigrafía y estructura del Valle de México*", El subsuelo de la cuenca del Valle de México y su relación con la ingeniería de cimentaciones a cinco años del sismo", pp. 29-36, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, D. F.

Mooser, F., Santoyo, E., Támez, E., 1987, "*Manual de Diseño*", COVITUR, agosto de 1987.

Mooser, F., Montiel, & A. Zúñiga, A., 1996, "*Nuevo mapa geológico de las cuencas de México, Toluca y Puebla*", Comisión Federal de Electricidad, México, D. F.

Mooser, F. & A. Zúñiga, A., 2001, "*Geología del ex-lago Texcoco*", Estudio de ingeniería geotécnica para el nuevo aeropuerto internacional de la ciudad de México en el ex-lago de Texcoco y Zapotlán de Juárez, Anexo A.II, I. de I., segunda edición, México, D. F., mayo del 2001.

Moreno, G., 1978, "*Influencia del abatimiento piezométrico en los agrietamientos y hundimientos del subsuelo*", Memorias del Simposio el subsuelo y la ingeniería de cimentaciones en el área urbana del Valle de México, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, D. F.

Murillo, R., 1978, "*El subsuelo del ex-lago de Texcoco*", Memorias del Simposio El subsuelo y la ingeniería de cimentaciones en el área urbana del Valle de México, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, D. F.

Murillo, R., 1990, "*Sobreexplotación del acuífero de la Cuenca del Valle de México: efectos y alternativas*", El subsuelo de la Cuenca del Valle de México y su relación con la ingeniería de cimentaciones a cinco años del sismo, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, D. F.

NTC, 1987, "*Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Cimentaciones*". Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal, Secretaría de Obras y Servicios, 12 de noviembre de 1987.

NTC, 1995, "*Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones*". Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal, Secretaría de Obras y Servicios, 27 de febrero de 1995.

- Ordaz, M. "Periodo fundamental del subsuelo de la ciudad de México", Estudio de ingeniería geotécnica para el nuevo aeropuerto internacional de la ciudad de México en el ex-lago de Texcoco y Zapotlán de Juárez, Anexo AVI, I. de I., segunda edición, México, D. F., mayo del 2001.
- Orozco, J, & Figueroa, G., 1991, "Descripción cronológica del desarrollo de los conocimientos sobre el agrietamiento de terrenos", Agrietamiento de suelos, Sociedad Mexicana de Suelos, México, D. F.
- Pantoja, A., 2002, "Análisis geoestadístico del subsuelo en el norte de la zona lacustre del Valle de México", Tesis de maestría en ingeniería civil (Mecánica de suelos), DEPFI, UNAM, D. F., octubre del 2002.
- RCDF, 1966, "Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal", Diario Oficial de la Federación, México, 9 de febrero de 1966.
- RCDF, 1976, "Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal", Diario Oficial de la Federación, México, 14 de diciembre de 1976.
- RCDF, 1987, "Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal", Diario Oficial de la Federación, México, 3 de julio de 1987.
- Reséndiz, D. & , 1970, "Información Reciente sobre las Características del Subsuelo y la Practica de la Ingeniería de Cimentaciones en la Ciudad de México", V Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, D. F.
- Reyes, C., & Villamil, A., 2001, "Sistema de Información Geográfica para sondeos Geotécnicos (SIG-SG)". Tesis de licenciatura, FI-UNAM; Abril del 2001
- Romo, P., 2001, "Hundimientos regionales", Estudio de ingeniería geotécnica para el nuevo aeropuerto internacional de la ciudad de México en el ex-lago de Texcoco y Zapotlán de Juárez, Informe técnico, I. de I., segunda edición, México, D. F., mayo del 2001.
- Santoyo, E., 1994, "Recopilación de estudios geotécnicos en el ex-lago de Texcoco" Informe interno, TGC Geotecnia, México, D. F.
- Schling, E., 1943, plano reproducido en las "Memorias de las Obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal", D. D. F. Tomo I, Secretaría de obras y servicios, México, 1975
- Schmitter, J. J., 1978, presentado por Marsal, R. J., 1978, "La estratigrafía y sus implicaciones", Memorias del simposio el subsuelo y la ingeniería de cimentaciones en el área urbana del Valle de México, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, D. F.

SMMS, 1970, Varios Autores, "*V Reunión Nacional de Mecánica de Suelos*", Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. México, D. F.

SSN, 2003, "http://www.ssn.unam.mx/SSN/Sismos/region_sismica_mx.html" pagina de Internet del Servicio Sismológico Nacional, México.

Taméz, E., Santoyo, E. "*Características geológicas y geotécnicas del Valle de México*", TGC, Informe interno No. 277, agosto de 1986.

Vázquez, E., & Jaimes, R. "*Geología de la Cuenca de México*", Simposio sobre Tópicos geológicos de la Cuenca del Valle de México, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, México, D.F., 1989.

Vega, L., 2003, "*Análisis y modelación de algunas propiedades dinámicas de las arcillas del exlago de Texcoco*", Tesis de maestría en ingeniería civil (Mecánica de suelos), DEPI, UNAM, D. F., noviembre del 2003.

Zúñiga, A., 2003, Comunicación personal.

Zeevaert, L., 1983, "*Foundation engineering for difficult subsoil conditions*", Van Nostrand Reinhold Company, New York, N. Y., 1983.

ANEXO I

ANEXO 1

HISTORIA DE LA ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

El primer antecedente que demostró el comportamiento defectuoso que presenta el subsuelo de la ciudad de México, ocurrió en 1925 cuando Roberto Gayol registró por vez primera el fenómeno de hundimiento regional, al comparar las nivelaciones realizadas desde la zona céntrica de la ciudad al lago de Texcoco. Gayol consideró que la causa probable del hundimiento era la perturbación "que en el fondo del Valle de México había producido el drenaje de las aguas del subsuelo", sin embargo la mayoría de los ingenieros de esa época pensaba que la diferencia de niveles era ocasionada por el azolve del lago de Texcoco (Hiriart, et al., 1969).

En ese tiempo, los pozos realizados en el subsuelo de la ciudad para abastecerla de agua potable presentaban artesianismo. En los 40's, con el aumento considerable de la población se recurre a una intensa explotación de los acuíferos; este hecho originó la pérdida de artesianismo en los pozos, un incremento en el hundimiento del terreno y el comportamiento defectuoso de algunas cimentaciones que habían sido diseñadas con las normas de 1942 (Marsal, et al., 1990).

José A. Cuevas, el iniciador de la mecánica de suelos en México, retoma la bandera de Gayol y propone a Nabor Carrillo estudiar la influencia de la explotación de agua en pozos sobre el hundimiento del subsuelo. Carrillo logra demostrar lo anterior en 1947, mediante su teoría basada en el cambio de esfuerzos efectivos provocado en el subsuelo por la extracción de agua (Hiriart, et al., 1969).

Estos hechos despertaron el interés de los ingenieros y se realizaron trabajos de exploración y laboratorio que paulatinamente permitieron conocer la estratigrafía y propiedades mecánicas del subsuelo de la zona céntrica de la ciudad de México. Con esta información fue posible elaborar en 1952, la primera zonificación geotécnica del área urbanizada de la ciudad de México (Fig. a.1).

Zonificación geotécnica de 1952 (Marsal, R. J.)

Este plano de zonificación geotécnica fue presentado por el Prof. Marsal durante el Congreso de Investigación Científica de la UNAM realizado en 1953. Atendiendo a las características más significativas del subsuelo, este plano de zonificación fue dividido en cuatro zonas:

Zona A, formada por suelos limo-arenosos poco compresibles y de alta resistencia al cortante, localizada principalmente en las estribaciones de la sierra de Las Cruces.

Zona B, localizada entre la anterior y el lago de Texcoco, caracterizada por una secuencia variable de estratos aluviales, intercalados con arcillas blandas de poco espesor similares a las de la zona de lago. Debajo de estas intercalaciones se encuentran depósitos de aluvión gruesos y compactos.

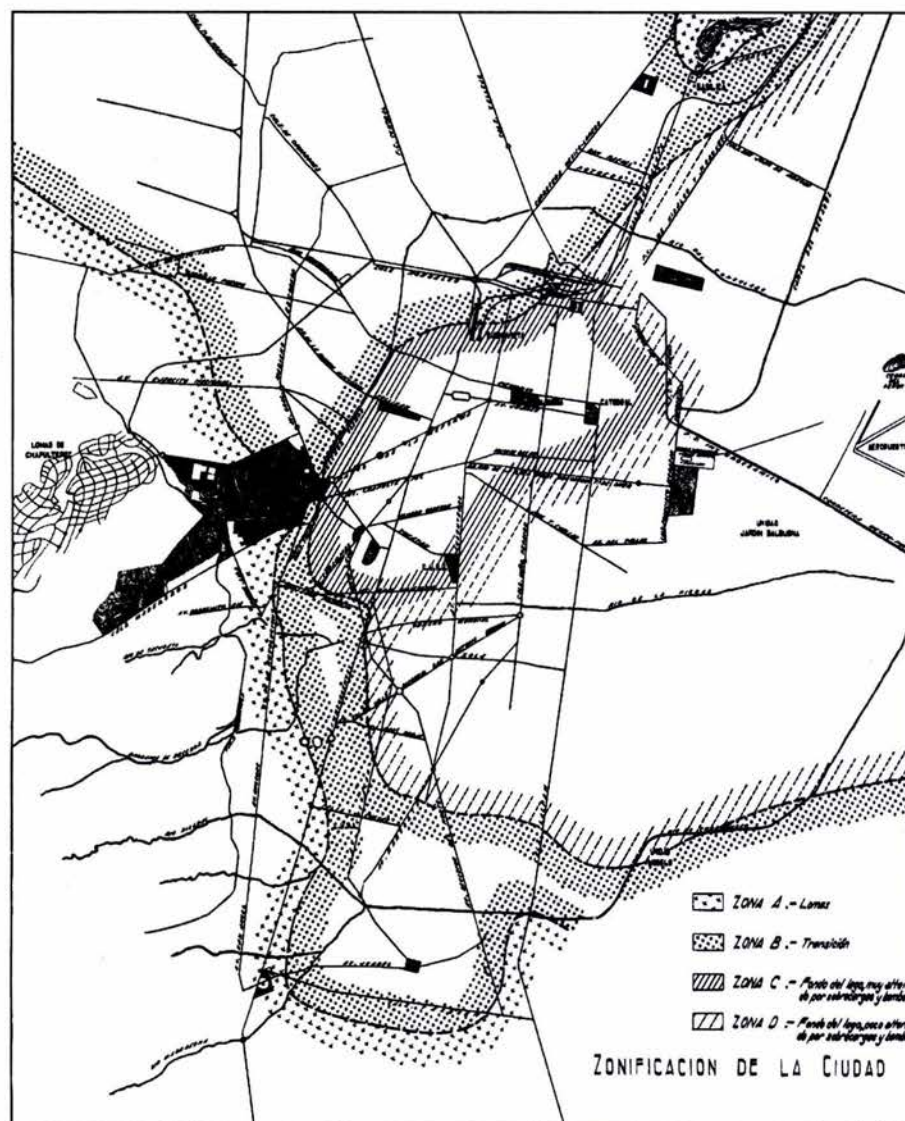


Fig. a.1 Zonificación geotécnica de 1952 (INIC, 1952)

Zonas C y D, ubicada al oriente y antiguamente ocupada por el lago de Texcoco, en la que se tienen depósitos lacustres blandos y compresibles hasta profundidades de 50 o 60m, apoyados en suelos más duros y rígidos. La diferencia entre las zonas C y D se debe principalmente al efecto de cargas superficiales y las perturbaciones ocasionadas por el bombeo en los acuíferos profundos, llamándolas: "Fondo del lago muy alterado por sobrecargas y bombeo" y "Fondo del lago poco alterado por sobrecargas y bombeo" respectivamente.

El 28 de julio de 1957, lamentablemente la ciudad de México fue sacudida por un sismo que alcanzó el grado VII en la escala de Mercalli Modificada. De las 523 construcciones dañadas por el sismo, 500 estuvieron ubicadas en la Zona C (ocupada por los antiguos lagos), 20 en la Zona B (de transición) y 2 en la Zonas A (lomas), lo que comprobó que el tipo de suelo en los que se asientan las construcciones, es uno de los factores más importantes bajo la acción de los sismos (DDF, 1975).

Ante estas circunstancias, se emprendió la ardua tarea de adquirir mayor información y conocimiento del comportamiento del subsuelo de la ciudad bajo condiciones estáticas y dinámicas, e ir ampliándolo a localidades donde se tenía poca información. Por lo anterior, la zonificación geotécnica de 1952 ha sufrido varias modificaciones, en las cuales se ha tratado de ampliar la información y la descripción de la zona abarcada.

Zonificación geotécnica de 1959

Esta zonificación fue realizada por Marsal y Mazari con la información generada durante el periodo de 1947 a 1959, y que fue publicada dentro del marco del Primer Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos bajo el título: "El subsuelo de la ciudad de México". Esta obra pionera permitió dar el primer gran paso para pasar del saber esencialmente fragmentario y empírico, a un entendimiento cada vez más técnico y científico del problema, además de señalar el camino al conocimiento geotécnico del Valle de México.

Este plano de zonificación geotécnica (Fig. a.2) se dividió de la siguiente manera (Marsal, et al., 1959):

Zona de lomas, este nombre se le dio a lo que anteriormente se había caracterizado como *Zona A*. Ocupa la zona de derrames del Xitle y las faldas de la serranía de Las Cruces, la capacidad de carga del terreno es elevada y no existen capas de arcilla compresibles que puedan ser causa de asentamientos diferenciales de gran magnitud.

Zona de transición (anteriormente *Zona B*), donde las condiciones estratigráficas del subsuelo varían en forma extraordinaria de un punto a otro. Debido a las transgresiones y regresiones que sufría el antiguo lago, en la superficie se encuentran depósitos arcillosos o limosos orgánicos, cubriendo a estratos de arcilla volcánica muy compresibles y de espesores variables, intercalados con capas de arena limosa compacta o arena limpia. Esta secuencia estratigráfica descansa sobre potentes mantos en los que el material predominante es la grava y la arena.

Zona de lago (anteriormente *Zona C y D*), se localiza en las fronteras interiores de la zona de transición; en el subsuelo de esta zona pueden distinguirse los siguientes estratos:

1. *Costra Superficial (CS)*, constituida por depósitos areno-arcillosos o limosos, con abundancia de restos arqueológicos, o bien, rellenos artificiales que en algunos puntos de la ciudad llegan hasta 10m de profundidad.
2. *Formación Arcillosa Superior (FAS)*, constituida por arcillas volcánicas extraordinariamente compresibles, de variados colores y consistencias entre blanda y media, intercaladas con pequeñas capas o lentes de arena; su espesor total varía de 15 a 32m.
3. *Primera Capa Dura (CD)*, de unos 3m de espesor, constituida por suelos arcillo o limo-arenosos, compactos y rígidos.

Al igual que en la zonificación anterior, atendiendo al problema de la historia de cargas que provoca variaciones importantes en la estratigrafía antes definida, esta zona se subdividió en dos regiones: la primera abarca a la antigua traza de la ciudad, refiriéndose a la zona ocupada por los monumentos aztecas y de la colonia; y la segunda pertenece a la parte del área urbana, que en aquella época, no había experimentado cambios sensibles debido a que las cargas actuantes en la superficie eran moderadas o nulas.

Cabe señalar que la estratificación anterior de la zona de lago, constituye el modelo estratigráfico que también había sido presentado por el Prof. Marsal durante el Congreso de Investigación Científica de la UNAM realizado en 1953, pero como tuvo mayor difusión en 1959, actualmente se le conoce como modelo estratigráfico de Marsal y Mazari.

Zonificación geotécnica de 1966

Esta zonificación fue publicada por el Diario Oficial de la Federación el 9 de febrero de 1966, en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal (RCDF).

La principal diferencia con respecto a las anteriores, es el hecho de que el artículo 190 referente al capítulo XXV de cimentaciones, se considera al territorio del Distrito Federal dividido únicamente en zonas de alta y baja compresibilidad; para realizar esta determinación, publicó los planos presentados en las figuras a.3 y a.4.

Esta zonificación permaneció vigente durante diez años, sin embargo durante ese periodo se realizaron importantes trabajos que incrementaron los conocimientos geotécnicos en esta difícil zona, de los cuales destacan por su importancia los dos siguientes:

"Información reciente sobre las características del subsuelo y la práctica de la ingeniería de cimentaciones en la ciudad de México", donde Reséndiz et al., describen la experiencia adquirida de 1959 hasta 1970. Este trabajo fue publicado durante la V Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, efectuada en 1970 por la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos (SMMS), y

"Foundation engineering for difficult conditions", en la que Leonardo Zeevaert resume su experiencia sobre el difícil arte de diseñar y construir cimentaciones en la ciudad de México, publicado en 1971.



Fig. a.5 Zonificación geotécnica de 1976 (RCDF, 1976)

En 1978, el avance del conocimiento geotécnico de la ciudad y sus alrededores vuelve a revisarse durante un simposio que organiza la SMMS denominado: "El subsuelo y la ingeniería de cimentaciones en el área urbana del Valle de México". Los resultados de este trabajo fueron la presentación de dos planos de zonificación geotécnica para la ciudad de México y la difusión de información estratigráfica en zonas donde ésta era relativamente escasa.

Las zonificaciones presentadas durante este evento fueron la propuesta por Rodolfo del Castillo y la de J. J. Schmitter, ésta última realizada en noviembre de 1968 para la Comisión de Aguas del Valle de México con el N° CH-G-1003, sin embargo fue difundida diez años después cuando fue presentada por el profesor Marsal en el simposio antes mencionado. A continuación ambas zonificaciones se describen brevemente.

Zonificación geotécnica de 1978 (Rodolfo del Castillo)

Rodolfo del Castillo presentó una zonificación geotécnica basada en 500 sondeos realizados durante el periodo de 1970 a 1978 (Fig. a.6), sin embargo sólo utilizó 225, ya que el resto correspondía a la zona céntrica de la ciudad que había sido ampliamente

estudiada en los trabajos presentados por Marsal y Mazari en 1959 y el de Reséndiz et al. en 1970.

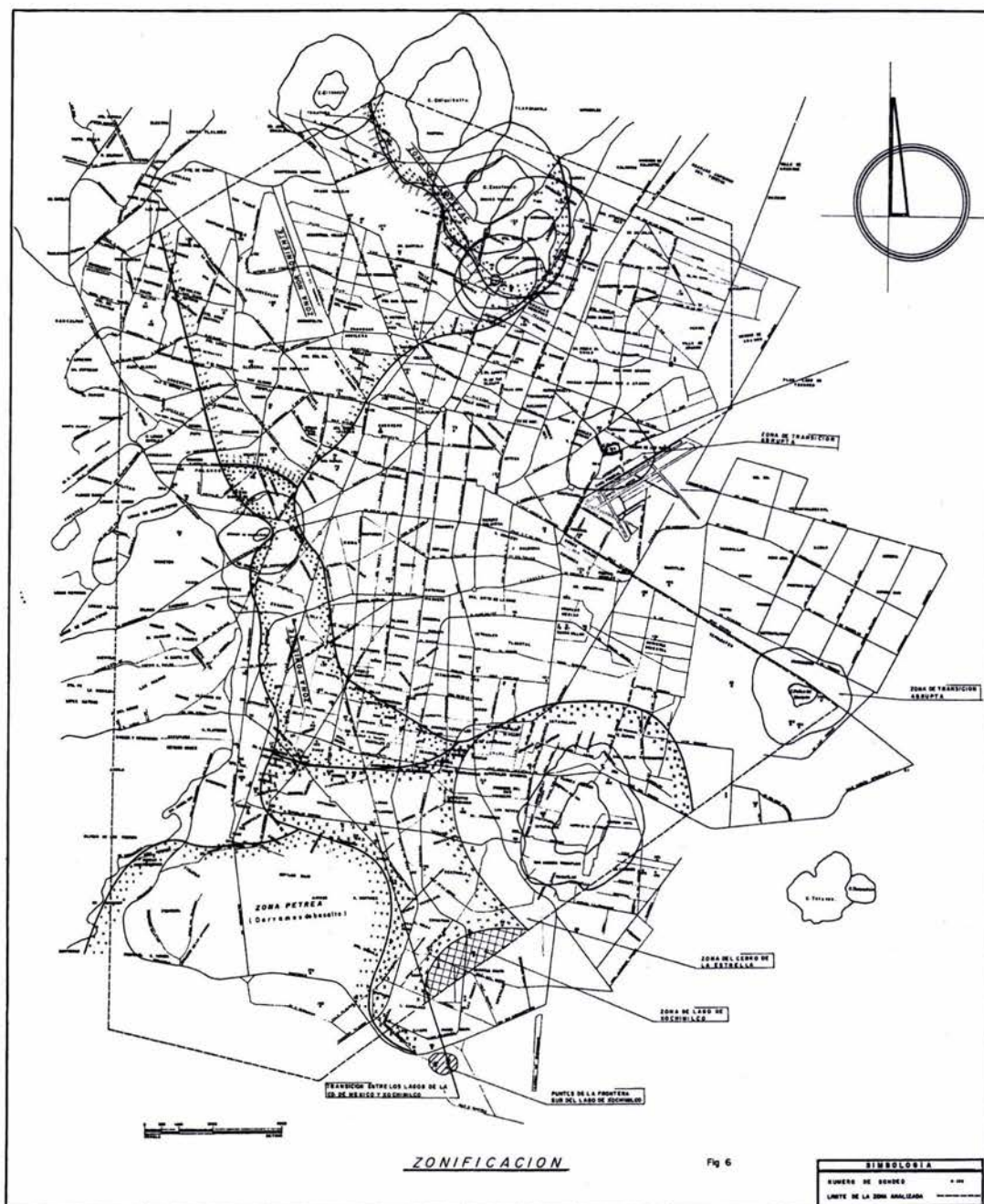


Fig. a.6 Zonificación geotécnica (Del Castillo, 1978)

Antes de realizar la descripción de las características de cada zona geotécnica indicadas en este trabajo, es conveniente señalar que la extensión de este estudio abarcó áreas en las que el modelo estratigráfico de Marsal y Mazari no podía aplicarse, en especial la zona correspondiente a los ex-lagos de Xochimilco y Chalco, donde la actividad reciente de algunos conos cineríticos localizados en las sierras de Santa Catarina y de Chichinautzin, provocó que en el área que ocupaban estos lagos existan varias capas de arena y ceniza volcánica intercalada con arcilla muy compresible,

mientras que en el lago de Texcoco y en la ciudad de México, las capas de arena son más escasas y sólo aparece la primera capa dura como unidad continua en ambos lagos. La zona de transición entre estos dos sistemas lacustres (Chalco-Xochimilco y México-Texcoco) la delimitó al norte, por la avenida río Churubusco con continuación sobre la calzada Ermita Iztapalapa y al sur, por la calzada de las Bombas y la calzada México-Tulyehualco.

El área abarcada por esta zonificación está comprendida por la línea discontinua del plano de la figura a.6, quedando dividida en cuatro zonas: aluvial, pétreo, lago y transición.

Zona Aluvial. Utilizando como base la topografía y composición de los materiales de la zona pétreo, esta zonificación subdividió la zona aluvial en diferentes regiones, de las cuales a continuación se da una breve descripción:

Zona Poniente: perteneciente a la sierra de Las Cruces. Se localiza desde Chapultepec hasta unos kilómetros al sur del río Churubusco y está formada por la siguiente estratigrafía: capas superficiales de suelos arcillosos o limosos en estado suelto o de consistencia blanda, con bajos contenidos de agua. Bajo estos suelos y hacia la zona del lago, comienza a encontrarse una capa de arcilla lacustre de alta compresibilidad, cuyo espesor aumenta hacia el centro del lago.

Zona Norponiente: ubicada en la zona de Vallejo, donde la erraticidad de los materiales es mucho mayor que en la zona Poniente, debido a que durante la época de lluvias los cauces de los ríos Tlalnepantla, de los Remedios y San Javier se desbordaban y corrían sobre los suelos arcillosos erosionándolos y dejando bolsas de arena a distintas elevaciones. Debajo de estos depósitos, se encuentra arena compacta y estratificaciones de arena y arcilla lacustre de espesor variable hasta 60m de profundidad.

Zona del Tepeyac: comprende una franja de 1 km al pie de la sierra de Guadalupe; se distingue de las demás por que el espesor de los suelos compresibles sufren una transición abrupta, que genera los problemas de cimentación más importantes en zonas de transición. La estratigrafía en esta zona es errática y se caracteriza por la presencia de estratos arcillosos o lentes arcillosas compresibles, alternadas con capas o depósitos lenticulares de materiales arenosos o areno-limosos de compacidad variable, pero relativamente mucho menos compresibles que los arcillosos.

Crestones dentro del lago: correspondiente a los Peñones del Marqués y de los Baños, en los que se presentan problemas similares a los mencionados en la zona anterior, mas el agravante de que en estos cerros antiguamente existían manantiales y que en la actualidad, debido al bombeo de los estratos profundos permeables, esas zonas se han convertido en pozos de absorción.

Cerro de la Estrella: abarca a la sierra de Santa Catarina y sus alrededores. La transición hacia la zona lacustre en el cerro de la Estrella es abrupta solo hacia el norte, mientras que hacia el sur es mucho más suave o progresiva. Los problemas de cimentación se limitan a estructuras antiguas de poca importancia, pero es necesario que se prevea el desarrollo a futuro.

Transición entre los lagos de la ciudad de México y Xochimilco: ocupa una franja desde la calzada de Mexicaltzingo hasta Xochimilco, e incluye una parte de la zona del cerro de la Estrella. En esta región se encuentran depósitos arcillosos estratificados con arena volcánica hasta 20m de profundidad. En esta zona no se detectaron problemas graves de cimentación, aún en las zonas cercanas a los derrames de basalto en las que hay ondulaciones superficiales del terreno que son significativas.

Lago de Chalco y Xochimilco: comprende los antiguos lagos de estos nombres, en esta región se localiza con mucha frecuencia arena volcánica estratificada con arcilla de origen lacustre, integrando una estratigrafía completamente diferente a la encontrada en los lagos de Texcoco y de la ciudad de México. Por el fracturamiento del basalto, no existieron ríos que aportaran suelo en esta zona.

Frontera Sur del Lago de Xochimilco: abarca una franja de 0.6 a 1 km a lo largo de los lagos del sur. En esta zona se distinguen contactos directos de basaltos con arcilla de alta compresibilidad, así como arcilla de alta compresibilidad bajo toba compacta.

Zona Pétreo. Esta zona incluye las faldas de las sierras de Guadalupe y de las Cruces, los derrames de basalto del Pedregal y las partes altas de los cerros del Peñón de los Baños, Peñón del Marqués y el cerro de la Estrella.

Atendiendo a los problemas de cimentación en esta zona, los tipos de suelo se clasificaron en seis grupos:

a) *Tobas estables* aún bajo la acción erosiva del agua, compuestas por mezclas de arena y grava en proporciones variables, cementadas por una matriz de suelos finos que les proporcionan alta capacidad de carga. Su localización no puede ubicarse en un plano, debido a que depende en gran medida de las condiciones en que se depositaron y en la mayoría de los casos han sido cubiertos por emisiones volcánicas, sin embargo aparecen con mayor frecuencia en la zona alta de las Lomas de Chapultepec. Cuando estos suelos aparecen limpios, son los mejores para utilizarse como agregados pétreos, por lo que fueron explotados para obtener materiales de construcción, dejando un laberinto de cavernas que actualmente constituyen un peligro para construcciones de todo tipo.

b) *Tobas inestables* bajo la acción erosiva del agua. Estos suelos están compuestos en gran proporción por arcilla de plasticidad media alta con cimentación pobre, por lo que la configuración del terreno cambia de una época de lluvias a la siguiente. Se encuentran con mayor frecuencia al sur de la zona Poniente pétreo (Contadero y algunas barrancas en la zona de las Águilas). No es recomendable utilizarlos como materiales de relleno, a menos que se cubran debidamente y se aislen de los cambios de humedad, debido a que sus propiedades de resistencia después de compactados disminuyen notablemente si se saturan.

c) *Suelos pumíticos.* Pueden observarse en estratos sensiblemente horizontales dentro de las formaciones a) y b) mencionadas anteriormente, con espesores variables entre 1 y 3m. La arena pumítica cuando se encuentra limpia, sufre rotura de granos si se somete a presiones de contacto mayores a los 25 kg/cm^2 , por lo que es importante

tenerlo presente en el diseño de cimentaciones profundas que transmitan presiones de contacto altas. En cambio, cuando se encuentra mezclada con suelos finos, disminuye en cierto grado su compresibilidad por rotura.

d) *Rellenos*. Se localizan en las barrancas de la zona pétreas rellenas con material mal compactado, donde los problemas de hundimiento que ocurren después de la primera saturación son críticos, y continúan aún después de varias estaciones de lluvia.

e) *Suelos de origen eólico*. Están constituidos por depósitos de arena suelta que sufren hundimientos bruscos bajo cargas dinámicas, se localizan al pie de la sierra de Guadalupe con espesores de 4 m.

f) *Roca basáltica*. Se localizan en una gran parte de la zona sur de la ciudad. Son producto de los derrames de basalto extruídos por el Xitle y poseen distintos grados de fracturamiento y oquedad, en los cuales se puede observar los tipos de basalto columnar y vesicular. Las partes sanas del basalto pueden llegar a tener las mayores resistencias encontradas en el Valle de México.

Zona Lacustre. En este trabajo de zonificación geotécnica, la zona de lago careció de una descripción y caracterización del subsuelo, dando el argumento de que esta zona había sido ampliamente estudiada por Marsal et al., (1959) y Reséndiz et al., (1970). Los límites de esta zona fueron establecidos tomando como base la zonificación de 1959 y los estudios publicados en las Memorias del Drenaje Profundo (1975), Concentración de datos básicos de los estudios de mecánica de suelos realizados para dependencias del DDF (1976), Volumen Nabor Carrillo (1969) y del simposio sobre Zonas Minadas (1976).

Zona de Transición. La descripción geotécnica la define como la zona geotécnica en la que ocurren los cambios más notables de estratigrafía, pero no define en concreto los límites de esta zona en el plano presentado.

Zonificación geotécnica de 1978 (Raúl J. Marsal)

Durante el mismo evento, Marsal presenta la zonificación geotécnica de J. J. Schmitter, elaborada en 1968 con base en la geología de F. Mooser de 1956, la información contenida en los estudios "Concentración de datos básicos de los estudios de mecánica de suelos realizados para dependencias del DDF, 1966" y los estudios realizados en el ex-lago de Texcoco, por lo que por primera vez se abarcó la parte central de la Cuenca de México. La zona sur correspondiente a los ex-lagos de Xochimilco y Chalco también fue incluida, sin embargo en esta zona la información geotécnica era escasa y dispersa.

En el plano de esta zonificación (Fig. a.7) se pueden distinguir cuatro zonas con los nombres de: lacustre, aluvial, pétreas y transición.

Zona lacustre: Las implicaciones que presenta la estratigrafía de esta zona geotécnica, es la generación de asentamientos inducidos por consolidación o por hundimiento regional, el primero ocasionado por el peso de la obra y el segundo por el abatimiento de la presión piezométrica en los acuíferos.

Zona aluvial: Durante la descripción de esta zona, se concluyó que no es posible establecer correlaciones de propiedades y secuencia de formaciones debido a la distribución y heterogeneidad de los materiales, ya que pueden estar dispuestos en estratos o en forma lenticular. Esta zona abarca principalmente la parte oriental del plano, correspondiente a la base de las sierras Nevada y de Río Frío, con excepción de los cerro del Pino y Chimalhuacán que se consideraron como zona pétreo.

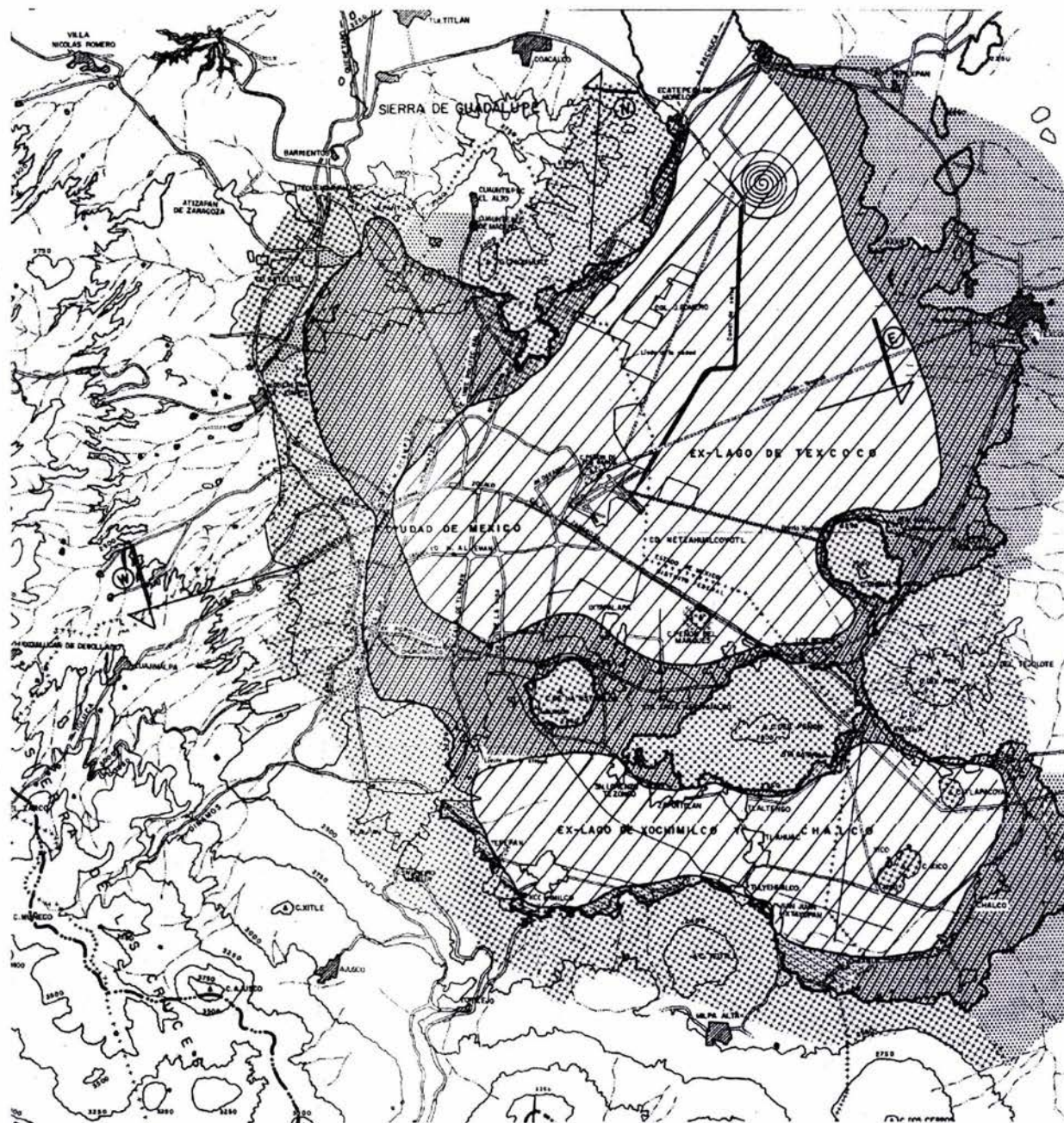


Fig. a.7 Zonificación geotécnica (Marsal, et al., 1978)

Zona pétreo: Cambiante por los diferentes tipos de rocas que pueden identificarse en las partes altas del valle (tobas, lavas, tezontles, etc.). El mayor problema geotécnico

que se encuentra en esta zona geotécnica, está constituido por los terrenos afectados por la explotación de minas de arena y grava, ubicadas principalmente en la zona poniente. La zona pétreo comprende las sierras de Las Cruces, Guadalupe, Santa Catarina y Chichinautzin, así como los cerros Xico, Estrella, Pino, Marques Chimalhuacán y el Peñón de los Baños

Zona de transición: Se localiza en las fronteras de las tres zonas anteriores. A su vez esta zona presenta tres subdivisiones que son: progresiva, Interestratificada y abrupta.

Transición progresiva: Se presenta cuando la pendiente de las serranías es mas suave, por lo que la formación rocosa aparece cubierta por depósitos de origen aluvial, a su vez subyacentes a las capas más recientes de arcilla lacustre.

Transición interestratificada: Se localiza en regiones más cercanas al lago y se caracteriza por la alternancia de depósitos aluviales y lacustres. También se incluye el caso de derrames de lava sobre arcillas o suelos aluviales, cubiertos por otras capas más recientes de la formación lacustre o acarreos fluviales. Abarca principalmente una franja que corre a lo largo de la sierra del Chichinautzin, desde el Pedregal de Santa Úrsula hasta Mixquic.

Transición abrupta: Se distingue porque los depósitos lacustres están en contacto con la formación rocosa, la cual se encuentra cubierta por suelo residual. Se encuentra ubicada al oriente de la sierra de Guadalupe y al sur de la sierra de Santa Catarina.

El profesor Marsal comenta que los sondeos utilizados fueron realizados para obras de importancia y no siguen un orden lógico para recabar información sobre la estratigrafía y propiedades del subsuelo, por lo que la delimitación de las zonas lacustre, aluvial, pétreo y sus respectivas transiciones es aproximada.

A pesar del esfuerzo realizado antes de septiembre de 1985, la experiencia de los temblores de esa fecha hizo evidente la necesidad de profundizar aún más en el conocimiento de las propiedades y comportamiento del subsuelo de la ciudad de México, particularmente bajo condiciones dinámicas, por lo que se han llevado a cabo un buen número de estudios e investigaciones con ese fin.

Un año después de esta dramática tragedia, la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR) presentó la zonificación geotécnica que se reproduce en la Fig. a.8.

Zonificación geotécnica de 1986

Esta zonificación fue realizada con base de la información obtenida en la construcción de las líneas del Sistema de Transporte Colectivo "METRO", atendiendo los lineamientos presentados por Marsal y Mazari en 1959.



Fig. a.8 Zonificación geotécnica (COVITUR, 1986)

Este plano muestra subdivisiones en cada una de las tres zonas geotécnicas principales (lago, transición y lomas), las cuales fueron realizadas con base a las características particulares que establecía el RCDF vigente a esa fecha. A continuación se da una breve descripción de cada una de ellas.

Zona de Lago. Atendiendo a la historia de cargas esta zona se subdividió en tres regiones:

Lago Virgen. Donde los materiales han mantenido sus propiedades mecánicas desde su formación.

Lago Centro I. Correspondiente a la traza prehispánica donde se presenta una consolidación inducida por los materiales de relleno.

Lago Centro II. Correspondiente a la traza de la ciudad, donde la historia de cargas ha sido muy variable.

Zona de Transición. Con base al espesor de los suelos relativamente blandos y a su cercanía con las lomas, esta zona también fue subdividida en tres regiones:

Transición Alta. Donde se presentan irregularidades estratigráfica producto de los depósitos aluviales cruzados. Bajo de estos se encuentran estratos arcillosos.

Transición Baja. Correspondiente a la transición vecina de los lagos, donde se observan intercalaciones de estratos limoarenosos de origen aluvial con arcilla lacustre.

Transición Abrupta. En la que las arcillas lacustres están intercaladas con numerosos lentes de materiales erosionados de los cerros, en ocasiones también se presentan lentes delgados de travertino silificado.

Las transiciones alta y baja pertenecen a la transición interestratificada del poniente, que ocupa una franja ubicada entre la zona de lago y la sierra de Las Cruces. La transición abrupta se localiza al sur de la sierra de Guadalupe y en las colindancias de la sierra Santa Catarina y el cerro de la Estrella.

Zona de lomas. De acuerdo a los materiales localizados en el área, este plano presenta una subdivisión de esta zona denominándole "*lomas*", a la parte correspondiente a la sierra de las Cruces; y "*cerro*", a las regiones ocupadas por las sierras de Guadalupe y Santa Catarina, y por los cerros aislados como el Peñón de los Baños, del Marqués y el cerro de la Estrella.

Cabe señalar que en este trabajo debido a la abundante información obtenida en la construcción de la línea 7 y utilizando criterios geológicos, volcánicos y climáticos, se definió la columna estratigráfica de las zonas geotécnicas (lomas, transición y lago) de la región poniente. En contraste, por la carencia de información no se abarcaron las zonas noreste y sur, correspondientes a los ex-lagos de Texcoco y Xochimilco-Chalco respectivamente.

Zonificación geotécnica de 1987

Esta Zonificación fue publicada por el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 1987, en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, la cual en el artículo 219, dividió al Distrito Federal en tres zonas principales, más una zona poco conocida desde el punto de vista de mecánica de suelos (Fig. a.9).

Zona II. Transición, en la que los depósitos profundos se encuentran a 20m de profundidad, o menos. La estratigrafía está constituida predominantemente por estratos arenosos y limoarenosos intercalados con capas de arcilla lacustre; el espesor de estas capas es variable entre decenas de centímetros y pocos metros.

Zona III. Lacustre, integrada por potentes depósitos de arcilla altamente compresible, separados por capas arenosas con contenido diverso de limo o arcilla. Estas capas arenosas son de consistencia firme a muy dura y de espesores variables de centímetros a varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales y rellenos artificiales; el espesor de este conjunto puede ser superior a 50m.

Zonificación geotécnica de 1995

Es el mapa de zonificación geotécnica vigente, fue elaborado por Mendoza en 1993 y publicado el 27 de febrero de 1995 por la Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal (DDF), y en las "Normas Técnicas Complementarias (NTC) para el Diseño y Construcción de Cimentaciones" (Fig. a.10). Las zonas geotécnicas en que se encuentra dividido este mapa, se definen de la misma manera que en la zonificación geotécnica de 1987; contempla las tres zonas principales (Zona I, II y III) y la zona poco conocida desde el punto de vista de mecánica de suelos, localizada entre la sierra de Las Cruces y el cerro de la Estrella.

La definición reglamentaria de cada una de estas zonas se presenta a continuación:

Artículo 175. - Para fines de las disposiciones marcadas en el reglamento, el Distrito Federal se considera dividido en las zonas I a III, dependiendo del tipo de suelo.

Las características de cada zona y los procedimientos para definir la zona que corresponde a cada predio se fijan en el Capítulo VIII de este Título.

Capítulo VIII

Artículo 219. - Para fines de este Título, el Distrito Federal se divide en tres zonas con las siguientes características generales:

Zona I. Lomas, formadas por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta Zona, es frecuente la presencia de oquedades en rocas y de cavernas y túneles excavados en suelos para explotar minas de arena.

Zona II. Transición, en la que los depósitos profundos se encuentran a 20m de profundidad, o menos, y que está constituida predominantemente por estratos arenosos y limoarenosos intercalados con capas de arcilla lacustre; el espesor de éstas es variable entre decenas de centímetros y pocos metros.

Zona III. Lacustre, integrada por potentes depósitos de arcilla altamente compresible, separados por capas arenosas con contenidos diversos de limo o arcilla. Estas capas arenosas son de consistencia firme a muy dura y de espesores variables de centímetros a varios metros. Los depósitos lacustres suelen estar cubiertos superficialmente por suelos aluviales y rellenos artificiales; el espesor de este conjunto puede ser superior a 50m.

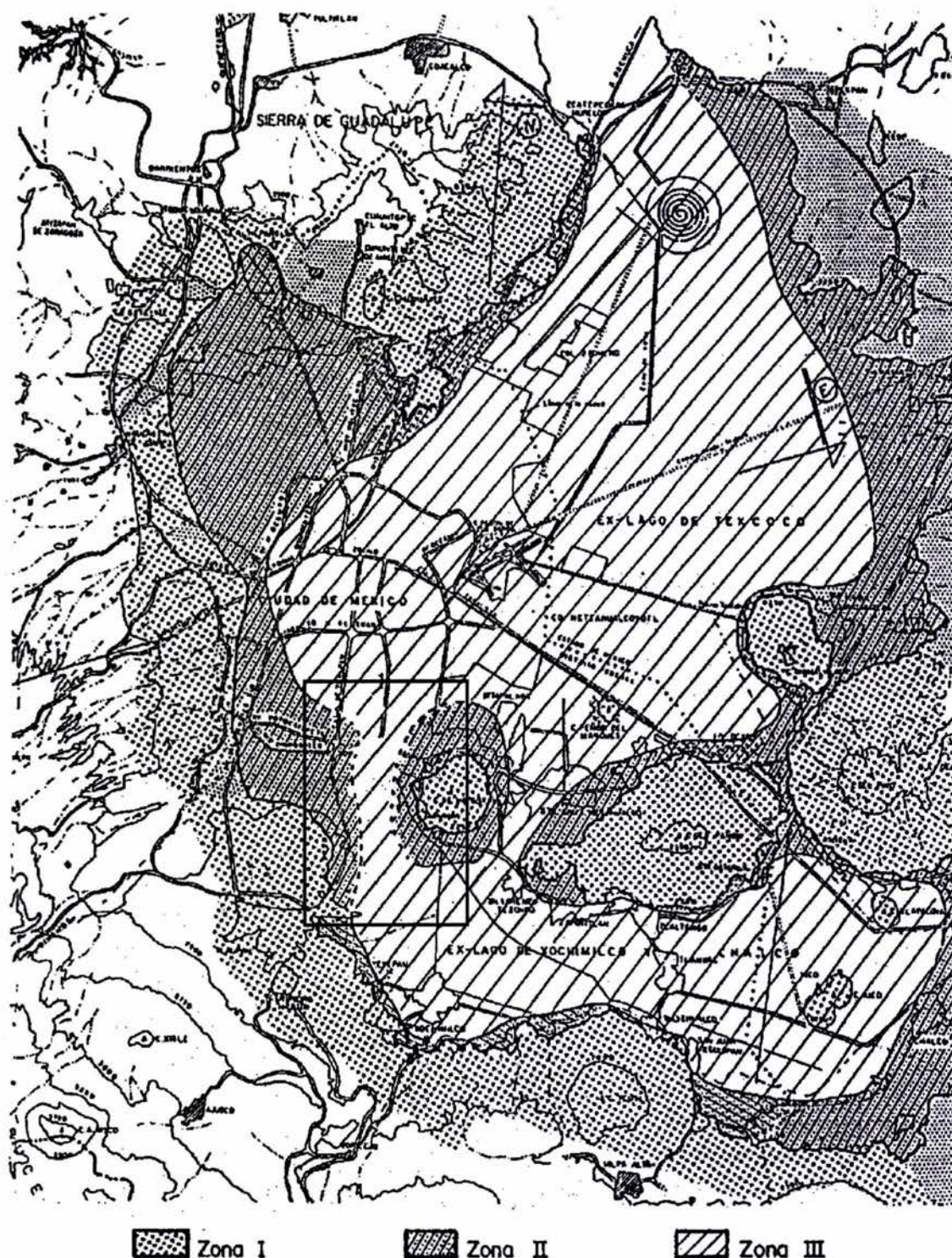


Fig. a.10 Zonificación geotécnica (NTC, 1995)

ANEXO II

ANEXO II

FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas computacionales que permiten visualizar, consultar y manejar la información almacenada en formato digital o tabular, de una manera eficaz y confiable, con lo que se reducen tiempos en el análisis de la información almacenada para utilizarla en estudios de diversa índole, que sirven de plataforma para investigaciones de mayor alcance.

La metodología básica de la utilización de los SIG's para la elaboración de la zonificación geotécnica de la cuenca de México, ha sido presentada por Méndez, et al., 2003, cuya sistemática se reproduce fielmente a continuación:

1 Información básica

Para la definición de la zonificación de la cuenca de México se ha considerado necesario recurrir a informaciones de muy distinto índole y proceder a su integración y presentación en forma sintetizada.

La información recopilada, procesada e incorporada en forma sintética en el mapa de zonificación geotécnica, está fundamentada en todas las publicaciones disponibles sobre ese tema y en más de 4,500 perfiles de sondeos geotécnicos. Para comprender la naturaleza de los depósitos de suelo, rellenos y formaciones geológicas de la corteza terrestre sobre los que se edifica la ciudad de México, es necesario salir de dos marcos de referencia: el marco físico y el marco geográfico (Tabla a.2.1).

Tabla a.2.1. Elementos para la elaboración de una zonificación.

MARCO GEOGRÁFICO	MARCO FÍSICO
Permite entender la naturaleza de los elementos tanto naturales como artificiales, construidos por el hombre y que se encuentran distribuidos sobre la superficie del terreno en la Cuenca de México.	Permite comprender la naturaleza de los depósitos de suelo, rellenos y formaciones geológicas que se asientan en el territorio de la Cuenca de México
<ul style="list-style-type: none"> - Documentación histórica - Cartografía - Topografía - Imágenes de Satélite 	<ul style="list-style-type: none"> - Geología - Geofísica - Geotecnia - Geomorfología - Hidrología - Geoestadística

1.1 Marco geográfico

Este marco incluye información del tipo siguiente:

1.1.1 Documentos históricos

La información contenida en litografías, mapas históricos y fotografías aéreas antiguas dan cuenta de los aportes prehispánicos y de la evolución de la Ciudad,

presentando los trazos que la conforman en el surgimiento de la ciudad española y la cartografía urbana virreinal y dejando ver las transformaciones que tuvieron lugar, durante los siglos XIX y XX.

Algunos de los aportes de estos documentos tienen un alto significado geotécnico y geológico para la descripción de las características del subsuelo como: cauces de antiguos ríos y barrancas; trazo y cruces de antiguos canales; configuración o distribución en extensión de ex-lagos y lagunas (encharcamientos eventuales); bordos o diques; calzadas; etc. Su estudio puede contribuir en particular al análisis de la historia de cargas en determinados predios, ayudando a comprender muchas de las causas del mal comportamiento de algunas estructuras y de sus problemas posibles.

Esta información permite también detectar cambios en el escenario del marco geográfico a través de las características, condiciones y rasgos generales del subsuelo reflejadas y plasmadas en dichos documentos, por superposición con los actuales. Asimismo ayuda a confirmar, ampliar, explicar, definir y complementar características y rasgos generales del entorno natural y del escenario urbano cubiertos por la urbanización y olvidados en la memoria de los hombres. Permite además verificar sobre alguna tendencia o simplemente, verificar la lógica respecto a alguna densidad o patrón de ciertos datos y resultados, a través de los parámetros, variables, características y rasgos generales plasmados por el cartógrafo en dichos documentos. Contribuye a la obtención de una visión del conjunto de todo el territorio, necesaria para la comprensión de la naturaleza de los depósitos de suelo, rellenos arqueológicos y formaciones geológicas que se alojan en la Cuenca.

Una mención especial merece la toponimia, la cual con frecuencia arroja luces interesantes sobre la topografía y la naturaleza del subsuelo en el sitio considerado (Tlalpan: tierra firme; Xaltepec: cerro de jales; Ixtapalapa: lugar de piedras blancas, Tepeyacac: nariz de la montaña, etc.).

1.1.2 Cartografía

Los documentos cartográficos proporcionan información sobre el entorno general del territorio a través de representaciones espaciales de los elementos naturales y artificiales, por medio de gráficos conformados en un idioma clásico o universal. Estos documentos proporcionan un soporte de información y comunicación útil para enmarcar la zonificación geotécnica y permiten ubicar los estudios y análisis. En este trabajo se opta por adoptar los mapas cartográficos en formato digital editados por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, INEGI.

Otros documentos que sirven de base para complementar el marco geográfico son las imágenes de satélite, fotografías aéreas de vuelos antiguos, el banco digital de fotografías panorámicas o convencionales de cortes, grietas, oquedades, galerías, derrames lávicos, etc., que facilitan la descripción espacial de las características del subsuelo.

El marco cartográfico digital elaborado en esta etapa del proyecto cubre una superficie de 3574 km², abarcando las 16 Delegaciones del Distrito Federal y los municipios conurbados del Estado de México (Naucalpan, Tlalnepantla, Atizapan, Cuautitlan, Ecatepec, Texcoco, Netzahualcoyotl, Culhuacan y Chalco entre otros).

Las cartas urbanas elaboradas definen la traza de la mancha urbana a nivel de calles y manzanas; cada una de éstas cubre un área rectangular de 6x6 km, referida a la Proyección Universal Transversa de Mercator, UTM. Cabe destacar que es precisamente en estas cartas donde se ubican los sondeos geotécnicos que hasta ahora han sido recopilados.

1.1.3 Topografía

La información topográfica es fundamental para el estudio y análisis de casi todas las actividades relacionadas con el territorio de interés debido a que proporciona numerosos datos sobre la superficie física del terreno a través de la localización y extensión de elementos naturales de la superficie del terreno con base en la orografía, hidrografía y planimetría. Estos elementos naturales de la superficie del terreno son: laderas; ríos, volcanes; caldera; conos; falla; grietas; línea o superficie de contacto, discontinuidades, valles, cuencas, etc.

La información topográfica es básica para llevar a cabo la interpretación y el análisis de los rasgos generales de la superficie del relieve (abrupto, medio, suave y plano) que ayuda a definir la extensión en longitud y ancho de los depósitos de suelo, rellenos y formaciones geológicas mediante la proyección horizontal en un plano. Generalmente se presenta a través de curvas de nivel indicando su cota, definida como su altura sobre el nivel del mar.

1.1.4 Imágenes de satélite

Las imágenes de satélite son otros de los recursos valiosos que ayudan a la descripción de las características del subsuelo para fines de zonificación. Estas imágenes dan cuenta de la definición en tiempo real e instantáneo tanto de los cambios experimentados por fenómenos naturales o inducidos por la actividad humana como del estado actual de las condiciones o características de los elementos que conforman el entorno natural y construido por el hombre.

Permiten determinar las características cuantitativas y cualitativas de los objetos o fenómenos que ocurren o se ubican a lo largo y ancho de la superficie terrestre con base en su posición y distribución espacial, dimensiones, evolución a través del tiempo, partes componentes, etc., así como su interrelación con otros objetos, con el fin de obtener un mayor y mejor conocimiento del territorio sujeto a estudio o análisis.

1.2 Marco físico

El marco físico incluye información del tipo siguiente:

1.2.1 Geología

La información geológica, proporciona los conocimientos que sirven de fundamento para comprender la colosal complejidad que reviste la naturaleza de la corteza terrestre y sus recursos con base en la identificación de unidades litológicas, afloramientos y ubicación de estructuras geológicas y de tres marcos de referencia: geológico general; paleó-climático y vulcanológico. La obtención e integración al sistema de esta información fue uno de los primeros pasos en el desarrollo del

estudio acerca de la descripción de las características del subsuelo y de los programas de exploración geotécnica. También, se integraron conceptos avanzados sobre la estructura geológica de la Cuenca de México (Mooser, 1996).

La región natural de la Cuenca de México ha estado y está sujeta a una gran diversidad de procesos geológicos y los materiales que contiene son directa o indirectamente de origen volcánico. La comprensión adecuada de las condiciones y fenómenos tanto geológicos como del subsuelo hace previsible la ocurrencia periódica de fenómenos asociados con: procesos volcánicos locales y distantes; movimientos sísmicos locales y distantes y desplazamientos verticales y fracturamiento del suelo.

El valor del reconocimiento geológico detallado resulta particularmente evidente en la evaluación de la estabilidad de los techos de galerías y cavernas de coladas lávicas.

1.2.2 Geofísica

La información de índole sísmica representada por las curvas de igual periodo fundamental del suelo, T_s , (Ordaz, 2000) puede ser cotejada con las líneas que delimitan las fronteras entre las diferentes zonas geotécnicas (zona I, lacustre; zona II, transición y zona III, lomas) con objeto de evaluar la influencia del relieve orográfico. También resultan relevantes los estudios de georesistividad y gravimétricos realizados en varias zonas (ex lago de Texcoco).

1.2.3 Geotecnia

La información proveniente de exploraciones directas y puntuales del subsuelo corresponde a diferentes tipos de sondeos geotécnicos (cono, SPT, muestreo continuo inalterado, dinámicos, mixtos, etc); los que a su vez, proporcionan la variación con la profundidad de la información de detalle sobre la estratigráfica y propiedades índice, mecánicas y dinámicas; ésta última expresada en perfiles de velocidad de ondas al corte. Esta información de detalle sobre el subsuelo, constituye la base para efectuar el análisis de detalle; es decir, describir las características espaciales de la distribución de los materiales acerca de los depósitos de suelo, rellenos y formaciones geológicas sobre cartografía urbana a nivel de manzanas y calles.

La recopilación de información geotécnica, basada principalmente en sondeos, se realizó mediante campañas de recopilación realizadas en diversas empresas y dependencias, posteriormente, dicha información se incorpora al *Sistema de Información Geográfica para Sondeos Geotécnicos SIG-SG* (Auvinet, Méndez, Juárez, 1998), a fin de contar con un sistema computarizado que permita la consulta y actualización automatizada de la información geotécnica disponible.

Actualmente se cuenta con un acervo de 4400 sondeos, producto de actividades intensivas de recopilación, procesamiento y captura de sondeos geotécnicos. Mención especial merecen las empresas, dependencias e Instituciones de investigación que han contribuido con su acervo de información para el desarrollo del sistema con información geotécnica. Es evidente que es necesario realizar un esfuerzo adicional de recopilación de la abundante información que todavía se

encuentra diseminada. En este sentido resultaría de gran utilidad el apoyo de un mayor número de instituciones y empresas.

La información geotécnica de los sondeos geotécnicos está agrupada de acuerdo a sus características propias en una base de datos desarrollada desde hace ya varios años en el Instituto de Ingeniería (en colaboración con la SMMS). Estos sondeos son almacenados en formato digital a través de medios electrónicos bajo el contexto y enfoque de una base de datos de índole espacial bajo la estructura de las tecnologías de los SIG.

Para el análisis e interpretación de la información geotécnica se utilizaron los perfiles estratigráficos de los sondeos recopilados y se elaboraron diversos cortes estratigráficos.

Otra información relevante y relacionada con la geotécnica esta constituida por las curvas de igual hundimiento; el plano de localización de baterías y pozos profundos de extracción de agua; el plano de localización de estaciones acelerométricas.

1.2.4 Geomorfología

La información geomorfología proporciona un elemento de juicio para interpretar el relieve de la superficie del terreno, admitiendo que las formas topográficas son el resultado de procesos geológicos. Proporciona la ubicación y extensión de la cuenca con respecto al territorio nacional con base, en la línea polígona que delimita el perímetro natural del territorio de la Cuenca llamado parte aguas. En los trabajos realizados durante la primera etapa se prestó especial atención a la geomorfología de los depósitos del poniente de la ciudad, en la llamada zona de transición, con objeto de interpretar mejor la compleja estratigrafía de esta zona.

1.2.5 Hidrología

El conocimiento histórico y actual de los diferentes cauces y canales, en su estado inicial o entubados, existentes en la cuenca es de gran valor para poder identificar zonas donde la naturaleza del subsuelo está definida localmente por procesos de erosión o de sedimentación fluvial (por ejemplo los amplios abanicos aluviales de la zona poniente de la ciudad) o por los trabajos de relleno a los que dieron lugar.

1.2.6 Geoestadística

La geoestadística entendida en sentido amplio como la aplicación de la estadística y de la teoría de la probabilidad, incluyendo la teoría de las funciones aleatorias espaciales, a la descripción de la variación espacial de las propiedades de los medios geológicos es una herramienta poderosa que permite pasar de una descripción cualitativa de estos medios a una descripción cuantitativa de mayor utilidad para los ingenieros civiles.

Los métodos geoestadísticos proporcionan una herramienta racional para interpretar la información geotécnica disponible y evaluar la variabilidad espacial del subsuelo. Son técnicas que pueden ser usadas para evaluar sistemáticamente los resultados de campañas de reconocimiento. Permiten eliminar una parte de la subjetividad con la que comúnmente se elaboran los perfiles y cortes estratigráficos para fines de diseño.

En el caso de un estudio geoestadístico en un plano horizontal, la distancia de correlación da una idea de la separación máxima entre sondeos; por lo que puede ser útil para definir el número de sondeos a realizar para una obra determinada. El objetivo de la Geoestadística no es reducir el número de sondeos, sino sacar el mejor provecho posible de los sondeos existentes y definir en su caso la ubicación de los sondeos adicionales requeridos.

Mediante el empleo de estimadores lineales de mínima varianza proporcionados por la técnica del *Kriging* es posible definir valores de diseño de los parámetros geotécnicos del suelo para fines de análisis de cimentaciones u otras obras geotécnicas.

Los estudios geoestadísticos permiten definir las bases para la realización de estudios de análisis de confiabilidad y riesgo en Geotecnia.

En varias publicaciones se han presentado los importantes avances logrados en el desarrollo de herramientas para la aplicación de esta técnica en el valle de México y los resultados concretos ya obtenidos en particular para el mapeo de los estratos del subsuelo en el centro de la ciudad.

2 Metodología de integración

El análisis que permite definir el mapa de zonificación geotécnica se basa en una modelación espacial como la que ofrecen las tecnologías de los SIG para facilitar las tareas relativas a la descripción de las características espaciales de los depósitos de suelo, rellenos y formaciones geológicas. El análisis consta de una etapa preliminar y otra de detalle.

El modelado espacial de la información en un SIG permite efectuar múltiples operaciones para manejar y procesar volúmenes grandes de diferentes clases o temas de información alfanumérica y gráfica en formato digital, agrupándolos en capas.

2.1 Análisis preliminar

Antes de iniciar el análisis preliminar; es decir, antes de cualquier modelación, la información que integra los marcos de referencia geográfico y físico respectivamente requiere de un pre-procesamiento; es decir, debe ser tratada o convertida. Esto implica cambiarla de formato analógico a un formato digital que puede ser: el raster (información celdarizada) o el vector (información numerizada) dentro de un marco de referencia de coordenadas geográficas, proyección y parámetros coherente.

Cabe señalar, que durante el pre-procesamiento se observa a primera vista que tres coberturas temáticas que integran al marco de referencia físico (Geología, Geomorfología y Geotecnia) presentan una cierta interrelación y estas a su vez se relacionan con la información topográfica del marco geográfico.

Esta aparente interrelación o relación de coberturas temáticas da origen al análisis preliminar que consiste en un modelado en el que se hace intervenir simultáneamente a las cuatro coberturas temáticas mediante una composición vertical con el propósito de confirmar esa interrelación.

La composición vertical está integrada por dos capas, la primera formada por las líneas que delimitan las fronteras entre las diferentes zonas geotécnicas (zona I, lomas, zona II; transición; y zona III, lacustre); la segunda por las líneas que delimitan las fronteras entre los diferentes materiales o formaciones (zona I rellenos, formaciones geológicas y abanicos volcánicos lomas, zona II, depósitos aluviales; y zona III, depósitos lacustres) en que se encuentran divididos los materiales en la geología y geomorfología respectivamente.

2.2 Análisis de detalle

El análisis de detalle consiste en afinar las líneas de frontera definidas en el análisis preliminar a partir de la información de detalle sobre la estratigráfica y propiedades que proporcionan los diferentes tipos de sondeos geotécnicos (cono, SPT, muestreo continuo inalterado, dinámicos, mixtos, etc). Este análisis permite ubicar la localización y distribución de rellenos, depósitos y formaciones geológicas en dos sentidos, uno sobre la proyección horizontal de un plano y otro a lo largo de la proyección vertical de un plano (profundidad).

2.3 Síntesis

La abundante información recopilada, procesada, interrelacionada e interpretada, finalmente es presentada en forma sintética, generalmente recurriendo a diversos medios y herramientas, obteniendo como producto final mapas que ayudan a explicar y entender mejor la distribución espacial de los material del subsuelo y las diferentes condiciones geotécnicas en diferentes zonas en el Valle de México.

ANEXO III

CLAVE	MES	AÑO	TIPO	EJECUTOR	CALLE NUMERO	COLONIA	DELEGACION	COORDENADA X	COORDENADA Y	PROF	NAF	ZONA	
67	NOVIEMBRE	1994	4	ACI		BLVD. COACALCO, ESQ. ORQUIDEAS	VILLA DE LAS FLORES	COACALCO	489907.30	2172943.10	7.90	NAF	2
68	NOVIEMBRE	1994	4	ACI		BLVD. COACALCO, ESQ. ORQUIDEAS	VILLA DE LAS FLORES	COACALCO	489943.21	2172938.31	24.00	NR	2
69	NOVIEMBRE	1994	2	ACI		BLVD. COACALCO, ESQ. ORQUIDEAS	VILLA DE LAS FLORES	COACALCO	489901.78	2172915.47	34.80	NR	2
70	NOVIEMBRE	1994	2	ACI		BLVD. COACALCO, ESQ. ORQUIDEAS	VILLA DE LAS FLORES	COACALCO	489934.46	2172910.52	34.80	NR	2
112	ENERO	1995	4	ACI		CHICLE NO.162	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	488811.11	2145063.80	44.00	1.9	3
113	ENERO	1995	4	ACI		CHICLE NO.162	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	488814.02	2145069.82	6.00	1.9	3
114	ENERO	1995	4	ACI		CHICLE NO.162	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	488820.82	2145065.29	5.80	1.9	3
115	ENERO	1995	2	ACI		AVENIDA NACIONAL 22	SANTA MARIA CHICONAU	ECATEPEC	499712.24	2170229.94	7.75	NR	2
116	ENERO	1995	7	ACI		AVENIDA NACIONAL 22	SANTA MARIA CHICONAU	ECATEPEC	499764.02	2170229.94	7.80	NR	2
138	FEBRERO	1995	4	ACI		PREDIO J, ZONA DE NEZAHUALCOYOTL	CIUDAD CUAUHEMOC	ECATEPEC	491446.69	2176395.81	30.50	NR	3
139	FEBRERO	1995	4	ACI		PREDIO J, ZONA DE NEZAHUALCOYOTL	CIUDAD CUAUHEMOC	ECATEPEC	491515.70	2176383.27	35.00	NR	3
140	FEBRERO	1995	6	ACI		PREDIO J, ZONA DE NEZAHUALCOYOTL	CIUDAD CUAUHEMOC	ECATEPEC	491587.85	2176367.59	30.00	3.5	3
141	FEBRERO	1995	4	ACI		ESQ. AV. SAN JUAN DE ARAGON NO.389, C	GRANJAS MODERNAS	GUSTAVO A	489691.13	2153575.96	30.00	3.0	3
142	FEBRERO	1995	4	ACI		ESQ. AV. SAN JUAN DE ARAGON NO.389, C	GRANJAS MODERNAS	GUSTAVO A	489698.57	2153598.25	30.00	3.0	3
187	NR	NR	5	TGC GEOTECNIA		CAMINO A TEZONTEPEC	SAN MIGUEL TEPETZING	TEXCOCO	502815.24	2159014.33	95.00	NR	3
188	NR	NR	5	TGC GEOTECNIA		CAMINO A TEZONTEPEC	SAN MIGUEL TEPETZING	TEXCOCO	504560.25	2158907.90	31.00	NR	3
189	NR	NR	5	TGC GEOTECNIA		CAMINO A TEZONTEPEC	SAN MIGUEL TEPETZING	TEXCOCO	506018.03	2158821.23	28.90	NR	3
238	NOVIEMBRE	1995	4	ACI		NORTE 92-A S/N	U. H. LA ESMERALDA	GUSTAVO A	490924.82	2154361.33	30.00	N.R.	3
239	NOVIEMBRE	1995	4	ACI		NORTE 92-A S/N	U. H. LA ESMERALDA	GUSTAVO A	490916.04	2154334.25	30.00	N.R.	3
271	DICIEMBRE	1995	4	ACI		FRESAS S/N	HACIENDA OJO DE AGUA	TECAMAC	496858.02	2175360.54	16.00	2.0	2
272	DICIEMBRE	1995	4	ACI		FRESAS S/N	HACIENDA OJO DE AGUA	TECAMAC	496873.77	2175390.58	16.00	2.0	2
273	DICIEMBRE	1995	4	ACI		FRESAS S/N	HACIENDA OJO DE AGUA	TECAMAC	496896.67	2175423.48	16.00	2.0	2
300	FEBRERO	1996	5	ACI		ORIENTE 174 NO.473	MOCTEZUMA 2A. SECCION	VENUSTIANG	490607.93	2148787.03	34.00	3.0	3
355	MAYO	1996	4	ACI		OPALO	U. H. LA ESMERALDA	GUSTAVO A	491309.91	2154819.57	30.00	3.0	3
359	MAYO	1996	4	ACI		OPALO	U. H. LA ESMERALDA	GUSTAVO A	491308.91	2154819.57	30.00	1.5	3
360	MAYO	1996	4	ACI		OPALO	U. H. LA ESMERALDA	GUSTAVO A	491236.17	2154611.67	30.50	1.5	3
382	JULIO	1996	2	ACI		SAN MATEO ALTO Y BAJO	VILLA DEL REAL	TECAMAC	502145.07	2176291.37	14.40	NR	1
383	JULIO	1996	2	ACI		SAN MATEO ALTO Y BAJO	VILLA DEL REAL	TECAMAC	502015.45	2176422.54	11.90	NR	1
384	JULIO	1996	2	ACI		SAN MATEO ALTO Y BAJO	VILLA DEL REAL	TECAMAC	501927.90	2176471.22	6.05	NR	1
385	JULIO	1996	2	ACI		SAN MATEO ALTO Y BAJO	VILLA DEL REAL	TECAMAC	501841.81	2176619.79	6.75	NR	1
386	JULIO	1996	2	ACI		SAN MATEO ALTO Y BAJO	VILLA DEL REAL	TECAMAC	502058.98	2176340.24	8.05	NR	1
387	JULIO	1996	2	ACI		SAN MATEO ALTO Y BAJO	VILLA DEL REAL	TECAMAC	501851.59	2176486.86	5.30	NR	1
388	JULIO	1996	2	ACI		SAN MATEO ALTO Y BAJO	VILLA DEL REAL	TECAMAC	501916.16	2176572.87	8.10	NR	1
389	JULIO	1996	2	ACI		SAN MATEO ALTO Y BAJO	VILLA DEL REAL	TECAMAC	501765.51	2176525.95	10.95	NR	1
390	JULIO	1996	2	ACI		SAN MATEO ALTO Y BAJO	VILLA DEL REAL	TECAMAC	502102.02	2176398.89	8.05	NR	1
500	ENERO	1997	4	ACI		AREA DE PLATAFORMA DEL AEROPUERTO	INDUSTRIAL PUERTO AER	VENUSTIANG	492393.52	2149876.19	11.00	2.5	3
501	ENERO	1997	4	ACI		AREA DE PLATAFORMA DEL AEROPUERTO	INDUSTRIAL PUERTO AER	VENUSTIANG	492412.98	2149892.40	10.00	2.5	3
502	ENERO	1997	4	ACI		AREA DE PLATAFORMA DEL AEROPUERTO	INDUSTRIAL PUERTO AER	VENUSTIANG	492427.57	2149921.56	11.50	2.5	3
527	MARZO	1997	4	ACI		CUAUHEMOC NO.65	SAN JUAN DE ARAGON	GUSTAVO A	491455.36	2152688.64	34.80	1.8	3
528	MARZO	1997	4	ACI		CUAUHEMOC NO.65	SAN JUAN DE ARAGON	GUSTAVO A	491495.59	2152678.94	39.00	1.8	3
529	MARZO	1997	4	ACI		CUAUHEMOC NO.65	SAN JUAN DE ARAGON	GUSTAVO A	491440.10	2152644.28	7.50	1.8	3
530	MARZO	1997	4	ACI		CUAUHEMOC NO.65	SAN JUAN DE ARAGON	GUSTAVO A	491485.88	2152633.19	6.70	1.8	3
540	MAYO	1997	4	ACI		AV. 412 S/N	BOSQUE DE ARAGON	GUSTAVO A	493760.31	2151842.25	36.00	1.6	3
541	MAYO	1997	6	ACI		AV. 412 S/N	BOSQUE DE ARAGON	GUSTAVO A	493698.69	2151850.59	35.00	1.6	3
602	JUNIO	1997	4	ACI		PELICANO	AMPLIACION SAN JUAN	GUSTAVO A	488666.14	2153625.55	31.50	8.5	3
603	JUNIO	1997	4	ACI		PELICANO	AMPLIACION SAN JUAN	GUSTAVO A	488693.27	2153604.25	31.50	8.5	3
610	JUNIO	1997	4	ACI		FRANCISCO ESPEJEL	MOCTEZUMA 1A. SECCION	VENUSTIANG	488431.71	2147963.14	7.20	2.3	3
611	JUNIO	1997	2	ACI		FRANCISCO ESPEJEL	MOCTEZUMA 1A. SECCION	VENUSTIANG	488455.75	2147968.47	7.50	2.3	3
612	JUNIO	1997	2	ACI		FRANCISCO ESPEJEL	MOCTEZUMA 1A. SECCION	VENUSTIANG	488449.52	2147948.90	7.20	2.3	3
626	JULIO	1997	5	ACI		CALLE BAHIA	U. INFONAVIT LOTE 104	TULTITLAN	492636.69	2174918.05	20.30	10.9	2
627	JULIO	1997	5	ACI		CALLE BAHIA	U. INFONAVIT LOTE 105	TULTITLAN	492613.66	2174840.93	20.00	10.9	2
628	JULIO	1997	5	ACI		CALLE BAHIA	U. INFONAVIT LOTE 106	TULTITLAN	492722.69	2174838.56	19.90	10.9	2
640	AGOSTO	1997	4	ACI		C. 309 NO.531	NUEVA ATZACOALCO	GUSTAVO A	490917.40	2155979.93	26.70	1.6	3
641	AGOSTO	1997	4	ACI		EMILIANO ZAPATA NO.44	25 DE JULIO	GUSTAVO A	491513.15	2155633.54	29.50	2.3	3
644	SEPTIEMBRE	1997	5	ACI		VIA MORELOS 65	ALAMOS DE SAN CRISTO	ECATEPEC	496101.75	2166425.66	22.60	15.6	2

CLAVE	MES	AÑO	TIPO	EJECUTOR	CALLE NUMERO	COLONIA	DELEGACION	COORDENADA X	COORDENADA Y	PROF	NAF	ZONA
685	OCTUBRE	1997	4	ACI	AV. JOSE LORETO FABELA NO.659	SAN JUAN DE ARAGON	GUSTAVO A	491401.89	2150742.13	34.70	1.8	3
686	OCTUBRE	1997	4	ACI	AV. JOSE LORETO FABELA NO.659	SAN JUAN DE ARAGON	GUSTAVO A	491387.84	2150705.48	39.00	1.8	3
916	NOVIEMBRE	1998	4	ACI	ESQ. FRAY FERNANDO TERESA DE MIER,	JARDIN BALBUENA	GUSTAVO A	489064.55	2146830.09	29.50	N.R.	3
920	NOVIEMBRE	1998	4	ACI	ESQ. SAN JUAN DE ARAGON NO.461, EDU	GRANJAS MODERNAS	GUSTAVO A	489944.40	2153593.53	28.80	2.5	3
921	NOVIEMBRE	1998	4	ACI	ESQ. SAN JUAN DE ARAGON NO.461, EDU	GRANJAS MODERNAS	GUSTAVO A	490032.05	2153567.25	29.30	2.5	3
922	NOVIEMBRE	1998	4	ACI	ESQ. SAN JUAN DE ARAGON NO.461, EDU	GRANJAS MODERNAS	GUSTAVO A	490113.85	2153532.21	16.10	2.5	3
924	DICIEMBRE	1998	2	ACI	ESQ. CEDROS, RICARDO FLORES MAGON	PUEBLO SAN FELIPE	TEXCOCO	511979.13	2157629.51	15.10	N.R.	2
925	DICIEMBRE	1998	2	ACI	ESQ. CEDROS, RICARDO FLORES MAGON	PUEBLO SAN FELIPE	TEXCOCO	511898.33	2157589.65	15.15	N.R.	2
926	DICIEMBRE	1998	2	ACI	ESQ. CEDROS, RICARDO FLORES MAGON	PUEBLO SAN FELIPE	TEXCOCO	511954.58	2157522.19	15.30	N.R.	2
986	MARZO	1999	5	ACI	LOTE 47, AV. PROLONGACION QUINTANA	PRADOS DE ECATEPEC	TULTITLAN	489887.02	2175831.26	20.90	NR	2
987	MARZO	1999	2	ACI	LOTE 47, AV. PROLONGACION QUINTANA	PRADOS DE ECATEPEC	TULTITLAN	489824.41	2175726.98	20.50	NR	2
988	MARZO	1999	2	ACI	LOTE 50-A EN AV. PROLONGACION QUINT	CONJUNTO LAS CASITAS	TULTITLAN	490884.04	2175649.72	19.80	NR	2
989	MARZO	1999	5	ACI	LOTE 50-A EN AV. PROLONGACION QUINT	CONJUNTO LAS CASITAS	TULTITLAN	490847.46	2175559.53	21.78	NR	3
990	MARZO	1999	2	ACI	LOTE 50-B EN AV. PROLONGACION QUINT	UNIDAD HABITACIONAL	TULTITLAN	490731.89	2175677.51	22.40	NR	3
991	MARZO	1999	5	ACI	LOTE 50-B EN AV. PROLONGACION QUINT	UNIDAD HABITACIONAL	TULTITLAN	490700.45	2175613.40	21.78	NR	3
1049	JUNIO	1999	4	ACI	FRACCIONAMIENTO VILLA DE GUADALUPE	VILLA DE GUADALUPE X	ECATEPEC	493104.01	2157866.31	31.10	4.5	3
1050	JUNIO	1999	4	ACI	FRACCIONAMIENTO VILLA DE GUADALUPE	VILLA DE GUADALUPE X	ECATEPEC	493084.60	2157805.67	31.50	4.5	3
1052	JULIO	1999	2	ACI	AV. DE LOS TRABAJADORES ESQ. AV. NAC	RINCON DE LAS FUENTES	COACALCO	491795.90	2169978.04	20.27	NR	1
1053	JULIO	1999	2	ACI	AV. DE LOS TRABAJADORES ESQ. AV. NAC	RINCON DE LAS FUENTES	COACALCO	491735.17	2169964.30	15.14	NR	1
1055	MARZO	1999	2	ACI	AV. PROLONGACION QUINTANA ROO ESQ	U. MORELOS 3A SECC. F	TULTITLAN	490749.67	2175851.87	22.40	NR	3
1056	MARZO	1999	5	ACI	AV. PROLONGACION QUINTANA ROO ESQ	U. MORELOS 3A SECC. F	TULTITLAN	490735.34	2175815.47	21.78	NR	3
1129	DICIEMBRE	1999	4	ACI	CONJUNTO HABITACIONAL ECATEPEC LO	VALLE DE ECATEPEC	ECATEPEC	497441.47	2163586.05	35.00	NR	3
1130	DICIEMBRE	1999	4	ACI	CONJUNTO HABITACIONAL ECATEPEC LO	VALLE DE ECATEPEC	ECATEPEC	497511.69	2163624.53	30.00	NR	3
1158	ENERO	2000	4	ACI	AVENA NO.520	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	489919.23	2145069.49	42.50	3.1	3
1171	ENERO	2000	5	ACI	CAMINO A CHIPILTEPEC S/NO.	SAN LUCAS HUITZILHUA	CHIAUTLA	512111.04	2165679.51	19.15	NR	1
1181	FEBRERO	2000	4	ACI	AV. FERROCARRIL INDUSTRIAL NO.178	MOCTEZUMA 1A. SECC	VENUSTIANO	489526.87	2149005.64	33.50	3.1	3
1187	MARZO	2000	4	ACI	VIOLETA	BARRIO TALLADORES	CHIMALHUA	501711.24	2146401.19	35.15	1.3	3
1188	MARZO	2000	4	ACI	AV. EL PUERTO	XOCHIACA	CHIMALHUA	504664.96	2148299.47	35.00	1.8	3
1189	MARZO	2000	5	ACI	V. CARRANZA	LOMAS DE STA. MARIA	CHIMALHUA	507387.86	2146482.13	22.00	3.3	3
1229	MAYO	2000	2	ACI	FRACCIONAMIENTO CUCHILLA GRANDE	XOCOTLAN TEXCOCO	TEXCOCO	516060.61	2157936.96	15.15	N.R.	1
1230	MAYO	2000	2	ACI	FRACCIONAMIENTO CUCHILLA GRANDE	XOCOTLAN TEXCOCO	TEXCOCO	516094.74	2157918.96	15.40	N.R.	1
1231	MAYO	2000	2	ACI	FRACCIONAMIENTO CUCHILLA GRANDE	XOCOTLAN TEXCOCO	TEXCOCO	516103.87	2157969.39	15.40	N.R.	1
1232	MAYO	2000	2	ACI	FRACCIONAMIENTO CUCHILLA GRANDE	XOCOTLAN TEXCOCO	TEXCOCO	516128.21	2157944.05	15.22	N.R.	1
1242	JUNIO	2000	2	ACI	AV. PROLONGACION QUINTANA ROO ESQ	U. MORELOS 3A SECC. F	TULTITLAN	490682.12	2175806.96	22.40	NR	3
1243	JUNIO	2000	5	ACI	AV. PROLONGACION QUINTANA ROO ESQ	U. MORELOS 3A SECC. F	TULTITLAN	490694.94	2175838.42	21.78	NR	3
1366	JUNIO	2001	4	ACI	AUTODROMO HERMANOS RODRIGUEZ	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	489920.81	2145592.91	10.50	3.0	3
1367	JUNIO	2001	4	ACI	AUTODROMO HERMANOS RODRIGUEZ	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	490230.74	2145567.35	10.20	3.0	3
1368	JUNIO	2001	4	ACI	AUTODROMO HERMANOS RODRIGUEZ	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	490943.01	2145473.24	10.10	3.0	3
1369	JUNIO	2001	4	ACI	AUTODROMO HERMANOS RODRIGUEZ	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	491260.88	2145411.47	10.50	3.0	3
1370	JUNIO	2001	4	ACI	AUTODROMO HERMANOS RODRIGUEZ	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	491393.28	2145269.97	10.90	3.0	3
1371	JUNIO	2001	4	ACI	AUTODROMO HERMANOS RODRIGUEZ	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	491272.61	2145161.14	10.00	3.0	3
1372	JUNIO	2001	4	ACI	AUTODROMO HERMANOS RODRIGUEZ	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	491166.65	2144990.55	10.60	3.0	3
1378	JUNIO	2001	4	ACI	AUTODROMO HERMANOS RODRIGUEZ	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	490763.42	2145061.14	10.50	3.0	3
1379	JUNIO	2001	4	ACI	AUTODROMO HERMANOS RODRIGUEZ	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	490589.77	2145078.79	10.00	3.0	3
1380	JUNIO	2001	4	ACI	AUTODROMO HERMANOS RODRIGUEZ	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	490698.72	2145482.06	10.10	3.0	3
1381	JUNIO	2001	4	ACI	AUTODROMO HERMANOS RODRIGUEZ	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	490424.95	2145234.67	10.20	3.0	3
1382	JUNIO	2001	4	ACI	AUTODROMO HERMANOS RODRIGUEZ	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	490218.17	2145273.40	10.10	3.0	3
1383	JUNIO	2001	4	ACI	AUTODROMO HERMANOS RODRIGUEZ	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	489889.15	2145381.52	10.30	3.0	3
1412	JULIO	2001	5	ACI	AV. CENTRAL S/NO.	RANCHERIA ATLAUTENC	ECATEPEC	499380.29	2170058.77	22.10	4.0	2
1454	SEPTIEMBRE	2001	4	ACI	ZONA DE HANGARES DEL AEROPUERTO I	SANTA CRUZ AVIACION	VENUSTIANO	491020.90	2147492.07	29.80	N.R.	3
1465	OCTUBRE	2001	4	ACI	FILIBERTO GOMEZ, LOTE 31, MANZANA 7	EMILIANO ZAPATA 2A. SE	ECATEPEC	494828.63	2155623.39	28.30	2.0	3
1503	DICIEMBRE	1989	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498470.00	2152695.00	68.00	N.R.	3
1550	DICIEMBRE	1989	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498230.00	2153360.00	39.00	N.R.	3
1571	DICIEMBRE	1989	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498210.00	2154082.00	82.00	N.R.	3
1575	DICIEMBRE	1989	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	497507.00	2154049.00	82.00	N.R.	3

CLAVE	MES	ANO	TIPO	EJECUTOR	CALLE NUMERO	COLONIA	DELEGACIO	COOR X	COOR Y	PROF	NAF	ZONA
1576	DICIEMBRE	1989	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	497185.00	2153875.00	42.00	N.R.	3
1577	DICIEMBRE	1989	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	496768.00	2153528.00	69.00	N.R.	3
1578	JUNIO	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	497151.00	2154147.00	58.00	1.0	3
1579	JUNIO	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	497250.00	2154062.00	55.00	1.0	3
1580	JUNIO	1991	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	496390.00	2152940.00	56.00	N.R.	3
1581	JUNIO	1991	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	496403.00	2152280.00	56.70	N.R.	3
1582	JUNIO	1991	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	496970.00	2151905.00	55.30	N.R.	3
1583	JULIO	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	496537.00	2153207.00	63.00	1.0	3
1584	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498970.00	2151297.00	20.00	N.R.	3
1585	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499540.00	2150830.00	20.00	N.R.	3
1586	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498212.00	2151742.00	20.50	N.R.	3
1587	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498617.00	2151106.00	20.00	N.R.	3
1588	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498970.00	2150530.00	20.00	N.R.	3
1589	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499202.00	2150168.00	20.20	N.R.	3
1590	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	497388.00	2151390.00	20.50	N.R.	3
1591	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	497794.00	2151010.00	20.00	N.R.	3
1592	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498187.00	2150372.00	20.00	N.R.	3
1593	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	496863.00	2150993.00	20.40	N.R.	3
1594	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	497485.00	2150000.00	21.00	N.R.	3
1595	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	496043.00	2150360.00	20.00	N.R.	3
1596	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	496064.00	2149800.00	20.00	N.R.	3
1597	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	496635.00	2149477.00	20.00	N.R.	3
1598	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	497068.00	2148928.00	20.00	N.R.	3
1599	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	495360.00	2149808.00	20.15	N.R.	3
1600	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498805.00	2152000.00	20.00	N.R.	3
1601	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499650.00	2150510.00	20.15	N.R.	3
1602	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498742.00	2151477.00	54.00	N.R.	3
1603	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499212.00	2150910.00	51.50	N.R.	3
1604	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	497217.00	2150382.00	56.00	N.R.	3
1605	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	496450.00	2150708.00	59.70	N.R.	3
1606	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498143.00	2149919.00	56.00	N.R.	3
1607	NOVIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	495598.00	2149296.00	59.00	N.R.	3
1608	DICIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498680.00	2152063.00	36.00	N.R.	3
1609	DICIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498213.00	2151553.00	36.00	N.R.	3
1610	DICIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498120.00	2152735.00	38.50	N.R.	3
1611	DICIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498343.00	2154260.00	38.00	N.R.	3
1612	DICIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	497382.00	2154267.00	37.50	N.R.	3
1613	DICIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	496725.00	2152750.00	39.00	N.R.	3
1614	DICIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	496023.00	2151907.00	37.50	N.R.	3
1615	DICIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498218.00	2153942.00	47.50	N.R.	3
1616	OCTUBRE	1993	4	TGC GEOTECNIA	PISTA 05D-23I	AEROPUERTO INTERNAC	VENUSTIANG	494228.00	2149730.00	37.50	N.R.	3
1617	OCTUBRE	1993	4	TGC GEOTECNIA	PISTA 05D-23I	AEROPUERTO INTERNAC	VENUSTIANG	492758.00	2148850.00	33.00	N.R.	3
1618	OCTUBRE	1993	4	TGC GEOTECNIA	PISTA 05D-23I	AEROPUERTO INTERNAC	VENUSTIANG	492000.00	2148413.00	36.50	N.R.	3
1619	OCTUBRE	1993	4	TGC GEOTECNIA	PISTA 05D-23I	AEROPUERTO INTERNAC	VENUSTIANG	493552.00	2149329.00	37.00	N.R.	3
1620	OCTUBRE	1993	4	TGC GEOTECNIA	PISTA 05D-23I	AEROPUERTO INTERNAC	VENUSTIANG	494125.00	2149882.00	38.40	N.R.	3
1621	OCTUBRE	1993	4	TGC GEOTECNIA	PISTA 05D-23I	AEROPUERTO INTERNAC	VENUSTIANG	492651.00	2148995.00	28.00	N.R.	3
1622	JUNIO	1981	5	GEOSOL	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	496270.00	2149520.00	60.30	1.0	3
1623	JUNIO	1981	5	GEOSOL	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	497098.00	2149900.00	40.00	1.0	3
1624	JUNIO	1981	5	GEOSOL	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498870.00	2150695.00	36.29	1.0	3
1625	JUNIO	1981	5	GEOSOL	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498069.00	2150198.00	62.66	1.0	3
1626	JUNIO	1981	5	GEOSOL	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498728.00	2150923.00	20.00	1.0	3
1627	JUNIO	1981	5	GEOSOL	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499718.00	2151223.00	59.15	1.0	3
1628	NOVIEMBRE	1987	5	GEOSOL	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499449.70	2151620.80	61.60	2.5	3
1629	NOVIEMBRE	1987	5	GEOSOL	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499537.26	2151394.76	59.65	2.0	3
1630	NOVIEMBRE	1987	5	GEOSOL	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499549.42	2151273.24	61.70	2.7	3

CLAVE	MES	AÑO	TIPO	EJECUTOR	CALLE_NUMERO	COLONIA	DELEGACIO	COORD_X	COORD_Y	PROF	NAF	ZONA
1631	NOVIEMBRE	1987	5	GEOSOL	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499607.80	2151127.41	61.65	2.5	3
1632	NOVIEMBRE	1987	5	GEOSOL	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499661.31	2151044.77	60.05	2.0	3
1633	OCTUBRE	1981	5	GEOSOL	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	490752.00	2148167.00	30.00	2.0	3
1634	NOVIEMBRE	1981	5	DISEÑOS Y CONSTRUCCIONES CIVILES	PUERTA 7	AEROPUERTO INTERNACIONAL	VENUSTIANG	492278.00	2147928.00	15.40	N.R.	3
1635	NOVIEMBRE	1981	5	DISEÑOS Y CONSTRUCCIONES CIVILES	PUERTA 7	AEROPUERTO INTERNACIONAL	VENUSTIANG	492250.00	2147813.00	15.15	1.7	3
1636	NOVIEMBRE	1981	5	DISEÑOS Y CONSTRUCCIONES CIVILES	PUERTA 7	AEROPUERTO INTERNACIONAL	VENUSTIANG	492229.00	2147894.00	15.00	2.0	3
1637	DICIEMBRE	1981	5	DISEÑOS Y CONSTRUCCIONES CIVILES	PUERTA 7	AEROPUERTO INTERNACIONAL	VENUSTIANG	492245.51	2147720.18	15.40	1.6	3
1638	OCTUBRE	1985	4	TGC GEOTECNIA	ESQ. BLVR. DE LOS AZTECAS, BLVR. DE I	CIUDAD AZTECA	ECATEPEC	496063.40	2160628.10	21.00	N.R.	3
1639	JULIO	1986	4	TGC GEOTECNIA	AV. CENTRAL (PLAZA ARAGON)	CIUDAD AZTECA	ECATEPEC	497081.80	2159359.10	24.00	N.R.	3
1640	OCTUBRE	1986	4	TGC GEOTECNIA	ESQ. TALISMAN, CALZ. SAN JUAN	SANTA COLETA	GUSTAVO A	488932.60	2152968.30	35.00	1.8	3
1641	DICIEMBRE	1986	4	TGC GEOTECNIA	ESQ. EJE 5 NORTE (CALZ. SAN JUAN DE A	15 DE AGOSTO	GUSTAVO A	488857.30	2154103.70	41.50	2.1	2
1642	ENERO	1987	4	TGC GEOTECNIA	ESQ. C. 641, 2A CDA. C. 637	SAN JUAN DE ARAGON	GUSTAVO A	493432.00	2150552.00	37.00	1.3	3
1643	FEBRERO	1987	4	TGC GEOTECNIA	AV. RIO CHURUBUSCO	IGNACIO ZARAGOZA	VENUSTIANG	489706.50	2146586.20	55.00	N.R.	3
1644	OCTUBRE	1987	4	TGC GEOTECNIA	AV. CENTRAL, BLVR. RIO DE LOS REMEDI	VALLE DE ARAGON 2A. S	ECATEPEC	495225.30	2155109.10	31.00	N.R.	3
1645	NOVIEMBRE	1987	4	TGC GEOTECNIA	CDA. DE VALVOLINE	SANTA MARIA XALOSTO	ECATEPEC	493352.10	2159844.60	24.00	N.R.	2
1646	FEBRERO	1988	4	TGC GEOTECNIA	LAGO DE PATZCUARO NO.62	LA LAGUNA	TLALNEPAN	490362.10	2157471.50	20.00	N.R.	2
1647	MARZO	1988	4	TGC GEOTECNIA	BLVR. PUERTO AEREO	PENON DE LOS BANOS	VENUSTIANG	491001.60	2148787.80	40.00	N.R.	2
1648	FEBRERO	1991	4	TGC GEOTECNIA	ZONA DE ADUANAS	PENON DE LOS BANOS	VENUSTIANG	492396.10	2149996.40	18.00	2.0	3
1649	MARZO	1991	4	TGC GEOTECNIA	C. 3 NO.130	PANTITLAN	IZTACALCO	493186.80	2145858.90	13.50	N.R.	3
1650	OCTUBRE	1991	4	TGC GEOTECNIA	AV. CENTRAL, LOTE 22, MANZANA 50	VALLE DE ARAGON 3A. S	ECATEPEC	495803.10	2156330.00	28.00	2.0	3
1651	DICIEMBRE	1991	4	TGC GEOTECNIA	ESQ. AV. CENTRAL, IGNACIO ZARAGOZA	CIUDAD AZTECA	ECATEPEC	497007.30	2159166.60	23.00	2.8	3
1652	FEBRERO	1992	4	TGC GEOTECNIA	CHIMALHUACAN	PENON DE LOS BANOS	VENUSTIANG	491037.40	2148797.30	38.00	4.0	3
1653	AGOSTO	1992	4	TGC GEOTECNIA	SINALOA	PENON DE LOS BANOS	VENUSTIANG	491375.00	2148993.00	63.80	N.R.	3
1654	SEPTIEMBRE	1992	4	TGC GEOTECNIA	ANIL	CIUDAD DEPORTIVA "MA	IZTACALCO	489992.60	2145187.60	49.00	2.6	3
1655	MARZO	1993	4	TGC GEOTECNIA	ESQ. OTE.157, CDA. OTE.157	U. H. LI LEGISLATURA	GUSTAVO A	490425.90	2154246.40	41.50	2.5	3
1656	ABRIL	1993	4	TGC GEOTECNIA	U. H. PARQUES DE ARAGON	PARQUES ARAGON	ECATEPEC	496691.50	2156773.90	40.80	2.0	3
1658	OCTUBRE	1993	4	TGC GEOTECNIA	SAN JUAN DE ARAGON NO.222	CONSTITUCION DE LA R	GUSTAVO A	489030.90	2153968.50	24.00	2.4	3
1659	SEPTIEMBRE	1999	5	AMV INGENIERIA S.A. DE C.V.	COLINAS DE ECATEPEC	COLINAS DE ECATEPEC	ECATEPEC	494326.00	2165872.00	3.30	NR	1
1660	SEPTIEMBRE	1999	5	AMV INGENIERIA S.A. DE C.V.	COLINAS DE ECATEPEC	COLINAS DE ECATEPEC	ECATEPEC	494362.00	2165735.00	3.40	NR	1
1661	SEPTIEMBRE	1999	5	AMV INGENIERIA S.A. DE C.V.	COLINAS DE ECATEPEC	COLINAS DE ECATEPEC	ECATEPEC	494288.00	2165598.00	3.20	NR	1
1662	OCTUBRE	2000	4	TGC GEOTECNIA	AV. MEXICO	SANTA MARIA TULPETLA	ECATEPEC	495757.00	2163587.00	23.00	NR	3
1663	OCTUBRE	2000	4	TGC GEOTECNIA	AV. MEXICO	SANTA MARIA TULPETLA	ECATEPEC	495689.00	2163468.00	22.00	NR	3
1664	OCTUBRE	2000	4	TGC GEOTECNIA	AV. MEXICO	SANTA MARIA TULPETLA	ECATEPEC	495589.00	2163360.00	30.00	NR	3
1665	OCTUBRE	2000	4	TGC GEOTECNIA	AV. MEXICO	SANTA MARIA TULPETLA	ECATEPEC	495932.00	2163525.00	30.00	NR	3
1666	OCTUBRE	2000	4	TGC GEOTECNIA	AV. MEXICO	SANTA MARIA TULPETLA	ECATEPEC	495881.00	2163405.00	24.00	NR	3
1667	OCTUBRE	2000	4	TGC GEOTECNIA	AV. MEXICO	SANTA MARIA TULPETLA	ECATEPEC	495819.00	2163242.00	19.00	NR	3
1668	OCTUBRE	2000	4	TGC GEOTECNIA	AV. MEXICO	SANTA MARIA TULPETLA	ECATEPEC	496112.00	2163343.00	21.00	NR	3
1669	OCTUBRE	2000	2	TGC GEOTECNIA	AV. MEXICO	SANTA MARIA TULPETLA	ECATEPEC	496025.00	2163204.00	20.00	10.5	3
1670	JULIO	2000	5	ING CARLOS A ORTIZ F	AV. CENTRAL Y CICUITO METROPOLITAN	SANTA CRUZ	ECATEPEC	498918.00	2167925.00	26.00	NR	3
1671	JULIO	2000	2	ING CARLOS A ORTIZ F	AV. CENTRAL Y CICUITO METROPOLITAN	SANTA CRUZ	ECATEPEC	498466.00	2167766.00	26.00	NR	3
1672	FEBRERO	1999	2	MERRILL S.A. DE C.V.	CARRETERA MEXICO-TEPEXPAN	COLINAS DE ECATEPEC	ECATEPEC	494466.43	2165868.63	12.00	NR	2
1673	FEBRERO	1999	2	MERRILL S.A. DE C.V.	CARRETERA MEXICO-TEPEXPAN	COLINAS DE ECATEPEC	ECATEPEC	494553.80	2165908.30	12.00	NR	2
1674	FEBRERO	1999	2	MERRILL S.A. DE C.V.	CARRETERA MEXICO-TEPEXPAN	COLINAS DE ECATEPEC	ECATEPEC	494506.14	2165888.46	12.00	NR	2
1675	JUNIO	1998	2	ARDELL SA DE CV	CARRETERA MEXICO-TEPEXPAN	JARDINES DE MORELOS	ECATEPEC	501043.00	2168848.00	20.50	NR	2
1676	JUNIO	1998	2	ARDELL SA DE CV	CARRETERA MEXICO-TEPEXPAN	JARDINES DE MORELOS	ECATEPEC	500952.00	2168588.00	20.50	NR	2
1677	JUNIO	1998	2	ARDELL SA DE CV	CARRETERA MEXICO-TEPEXPAN	JARDINES DE MORELOS	ECATEPEC	500739.00	2168588.00	20.50	NR	2
1678	JUNIO	1998	2	ARDELL SA DE CV	CARRETERA MEXICO-TEPEXPAN	JARDINES DE MORELOS	ECATEPEC	500828.00	2168779.00	20.50	NR	2
1679	JUNIO	1998	2	ARDELL SA DE CV	CARRETERA MEXICO-TEPEXPAN	JARDINES DE MORELOS	ECATEPEC	500882.00	2168949.00	20.50	NR	2
1680	JUNIO	1998	2	ARDELL SA DE CV	CARRETERA MEXICO-TEPEXPAN	JARDINES DE MORELOS	ECATEPEC	500668.00	2168936.00	20.50	NR	2
1681	JUNIO	1998	2	ARDELL SA DE CV	CARRETERA MEXICO-TEPEXPAN	JARDINES DE MORELOS	ECATEPEC	500574.00	2168671.00	20.50	NR	2
1682	DICIEMBRE	1997	2	ARDELL SA DE CV	AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA S/N	LOS HEROES ECATEPE	ECATEPEC	496061.00	2168430.00	15.00	NR	2
1683	DICIEMBRE	1997	2	ARDELL SA DE CV	AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA S/N	LOS HEROES ECATEPE	ECATEPEC	496123.00	2168290.00	15.00	NR	2
1684	DICIEMBRE	1997	2	ARDELL SA DE CV	AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA S/N	LOS HEROES ECATEPE	ECATEPEC	496188.00	2168150.00	15.00	NR	2
1685	DICIEMBRE	1997	2	ARDELL SA DE CV	AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA S/N	LOS HEROES ECATEPE	ECATEPEC	496247.00	2168004.00	15.00	NR	2
1686	DICIEMBRE	1997	2	ARDELL SA DE CV	AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA S/N	LOS HEROES ECATEPE	ECATEPEC	496172.00	2168428.00	15.00	NR	2

CLAVE	MES	ANO	TIPO	EJECUTOR	CALLE NUMERO	COLONIA	DELEGACION	COORDENADA X	COORDENADA Y	PROF	NAF	ZONA
1687	DICIEMBRE	1997	2	ARDELL SA DE CV	AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA S/N	LOS HEROES ECATEPEC	ECATEPEC	496236.00	2168281.00	15.00	NR	2
1688	DICIEMBRE	1997	2	ARDELL SA DE CV	AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA S/N	LOS HEROES ECATEPEC	ECATEPEC	496334.00	2168140.00	15.00	NR	2
1689	DICIEMBRE	1997	2	ARDELL SA DE CV	AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA S/N	LOS HEROES ECATEPEC	ECATEPEC	496307.00	2168452.00	15.00	NR	2
1690	DICIEMBRE	1997	2	ARDELL SA DE CV	AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA S/N	LOS HEROES ECATEPEC	ECATEPEC	496334.00	2168350.00	15.00	NR	2
1691	DICIEMBRE	1997	2	ARDELL SA DE CV	AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA S/N	LOS HEROES ECATEPEC	ECATEPEC	496387.00	2168251.00	15.00	NR	2
1692	DICIEMBRE	1997	2	ARDELL SA DE CV	AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA S/N	LOS HEROES ECATEPEC	ECATEPEC	496407.00	2168489.00	15.00	NR	2
1693	DICIEMBRE	1997	2	ARDELL SA DE CV	AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA S/N	LOS HEROES ECATEPEC	ECATEPEC	496458.00	2168385.00	15.00	NR	2
1694	DICIEMBRE	1999	2	MERRILL S.A. DE C.V.	AV TEOTIHUACAN S/N	LOS HEROES ECATEPEC	ECATEPEC	497914.00	2170088.00	20.50	NR	2
1695	DICIEMBRE	1999	2	MERRILL S.A. DE C.V.	AV TEOTIHUACAN S/N	LOS HEROES ECATEPEC	ECATEPEC	498665.00	2169673.00	20.50	NR	2
1696	DICIEMBRE	1999	2	MERRILL S.A. DE C.V.	AV TEOTIHUACAN S/N	LOS HEROES ECATEPEC	ECATEPEC	498160.00	2169677.00	20.50	NR	2
1697	DICIEMBRE	1999	2	MERRILL S.A. DE C.V.	AV TEOTIHUACAN S/N	LOS HEROES ECATEPEC	ECATEPEC	497699.00	2169677.00	20.50	NR	2
1698	DICIEMBRE	1999	2	MERRILL S.A. DE C.V.	AV TEOTIHUACAN S/N	LOS HEROES ECATEPEC	ECATEPEC	498388.00	2169275.00	20.50	NR	2
1699	DICIEMBRE	1999	2	MERRILL S.A. DE C.V.	AV TEOTIHUACAN S/N	LOS HEROES ECATEPEC	ECATEPEC	497819.00	2169184.00	20.50	NR	2
1700	DICIEMBRE	1999	2	MERRILL S.A. DE C.V.	AV TEOTIHUACAN S/N	LOS HEROES ECATEPEC	ECATEPEC	498212.00	2168831.00	20.50	NR	2
1701	DICIEMBRE	1999	2	MERRILL S.A. DE C.V.	AV TEOTIHUACAN S/N	LOS HEROES ECATEPEC	ECATEPEC	497738.00	2168831.00	20.50	NR	2
1702	NOVIEMBRE	1996	2	ING AARON E MASRI BAZBAZ	PASEO DEL ALBA NO 230	SANTIAGO TEPALCAPA	ECATEPEC	492076.63	2169823.93	13.00	NR	2
1703	NOVIEMBRE	1996	1	ING AARON E MASRI BAZBAZ	PASEO DEL ALBA NO 230	SANTIAGO TEPALCAPA	ECATEPEC	492010.51	2169823.93	2.50	NR	2
1704	NOVIEMBRE	1996	1	ING AARON E MASRI BAZBAZ	PASEO DEL ALBA NO 230	SANTIAGO TEPALCAPA	ECATEPEC	492081.24	2169959.15	2.50	NR	2
1705	FEBRERO	2000	2	INGGEOTEC	POR CARRETERA MEX-PACHUCA	CUATLIQUIXCO	TECAMAC	500567.00	2177263.00	19.80	6.6	2
1706	FEBRERO	2000	2	INGGEOTEC	POR CARRETERA MEX-PACHUCA	CUATLIQUIXCO	TECAMAC	500641.00	2177208.00	20.00	NR	2
1707	FEBRERO	2000	2	INGGEOTEC	POR CARRETERA MEX-PACHUCA	CUATLIQUIXCO	TECAMAC	500747.00	2177148.00	18.40	NR	2
1708	FEBRERO	2000	2	INGGEOTEC	POR CARRETERA MEX-PACHUCA	CUATLIQUIXCO	TECAMAC	500851.00	2177081.00	18.20	NR	2
1709	FEBRERO	2000	2	INGGEOTEC	POR CARRETERA MEX-PACHUCA	CUATLIQUIXCO	TECAMAC	500961.00	2177016.00	15.40	NR	2
1710	FEBRERO	2000	2	INGGEOTEC	POR CARRETERA MEX-PACHUCA	CUATLIQUIXCO	TECAMAC	501065.00	2176930.00	15.50	NR	2
1711	FEBRERO	2000	2	INGGEOTEC	POR CARRETERA MEX-PACHUCA	CUATLIQUIXCO	TECAMAC	501173.00	2176864.00	6.80	NR	2
1712	FEBRERO	2000	2	INGGEOTEC	POR CARRETERA MEX-PACHUCA	CUATLIQUIXCO	TECAMAC	501089.00	2176704.00	19.00	6.2	2
1713	FEBRERO	2000	2	INGGEOTEC	POR CARRETERA MEX-PACHUCA	CUATLIQUIXCO	TECAMAC	501028.00	2176801.00	13.80	NR	2
1714	FEBRERO	2000	2	INGGEOTEC	POR CARRETERA MEX-PACHUCA	CUATLIQUIXCO	TECAMAC	500882.00	2176782.00	18.20	NR	2
1715	FEBRERO	2000	2	INGGEOTEC	POR CARRETERA MEX-PACHUCA	CUATLIQUIXCO	TECAMAC	500888.00	2176914.00	19.00	NR	2
1716	FEBRERO	2000	2	INGGEOTEC	POR CARRETERA MEX-PACHUCA	CUATLIQUIXCO	TECAMAC	500737.00	2176890.00	18.00	NR	2
1717	FEBRERO	2000	2	INGGEOTEC	POR CARRETERA MEX-PACHUCA	CUATLIQUIXCO	TECAMAC	500712.00	2177023.00	15.00	NR	2
1718	FEBRERO	2000	2	INGGEOTEC	POR CARRETERA MEX-PACHUCA	CUATLIQUIXCO	TECAMAC	500601.00	2177083.00	15.80	NR	2
1719	FEBRERO	2000	2	INGGEOTEC	POR CARRETERA MEX-PACHUCA	CUATLIQUIXCO	TECAMAC	500510.00	2177142.00	16.00	NR	2
1720	AGOSTO	2000	2	ACI	REFORMA S/N	CINCO DE MAYO	TECAMAC	501745.00	2177256.00	14.40	NR	2
1721	AGOSTO	2000	2	ACI	REFORMA S/N	CINCO DE MAYO	TECAMAC	501810.00	2177420.00	11.90	NR	2
1722	AGOSTO	2000	2	ACI	REFORMA S/N	CINCO DE MAYO	TECAMAC	501868.00	2177543.00	6.05	NR	2
1723	AGOSTO	2000	2	ACI	REFORMA S/N	CINCO DE MAYO	TECAMAC	501988.00	2177451.00	6.75	NR	2
1724	AGOSTO	2000	2	ACI	REFORMA S/N	CINCO DE MAYO	TECAMAC	501896.00	2177357.00	8.05	NR	2
1725	AGOSTO	2000	2	ACI	REFORMA S/N	CINCO DE MAYO	TECAMAC	501878.00	2177227.00	5.30	NR	2
1726	AGOSTO	2000	2	ACI	REFORMA S/N	CINCO DE MAYO	TECAMAC	502006.00	2177209.00	8.10	NR	2
1727	AGOSTO	2000	2	ACI	REFORMA S/N	CINCO DE MAYO	TECAMAC	502074.00	2177352.00	8.05	NR	2
1728	MAYO	1999	5	LABORATORIOS TLALLI SA	LOTE 3 DEL FRACC. SN PABLO DE LAS SA	PRADOS DE ECATEPEC	TULTITLAN	490611.07	2176654.77	14.00	9.6	2
1729	NOVIEMBRE	1992	2	INDUSTRIAS TANKA SA	CANAL DE CASTERA	IZCALLI SAN PABLO	TULTITLAN	492500.62	2173947.43	12.00	NR	2
1730	NOVIEMBRE	1992	2	INDUSTRIAS TANKA SA	CANAL DE CASTERA	IZCALLI SAN PABLO	TULTITLAN	492575.50	2173978.94	12.00	NR	2
1731	NOVIEMBRE	1992	2	INDUSTRIAS TANKA SA	CANAL DE CASTERA	IZCALLI SAN PABLO	TULTITLAN	492551.06	2173845.83	12.00	NR	2
1738	DICIEMBRE	1997	2	LABORATORIOS TLALLI SA	PROLONGACION QUINTANA ROO	SAN PABLO DE LASSALIN	TULTITLAN	490160.73	2175789.44	18.00	10.5	2
1739	DICIEMBRE	1997	2	LABORATORIOS TLALLI SA	PROLONGACION QUINTANA ROO	SAN PABLO DE LASSALIN	TULTITLAN	490223.20	2175743.17	15.00	10.4	2
1740	ENERO	1998	2	LABORATORIOS TLALLI SA	PROLONGACION QUINTANA ROO	SAN PABLO DE LASSALIN	TULTITLAN	490132.81	2175665.34	16.00	10.5	2
1741	DICIEMBRE	1998	2	LABORATORIOS TLALLI SA	PROLONGACION QUINTANA ROO	SAN PABLO DE LASSALIN	TULTITLAN	490189.39	2175601.45	11.50	10.5	2
1779	N.R.	N.R.	1	INGENIERIA GEOMECANICA S.A. (GEOST	NR	2 DE MAYO	CHICOLOAP	509404.56	2147487.94	3.00	N.R.	2
1780	N.R.	N.R.	1	INGENIERIA GEOMECANICA S.A. (GEOST	NR	2 DE MAYO	CHICOLOAP	509534.04	2147617.31	3.00	N.R.	2
1781	N.R.	N.R.	1	INGENIERIA GEOMECANICA S.A. (GEOST	NR	2 DE MAYO	CHICOLOAP	509637.92	2147380.12	3.00	N.R.	2
1782	ENERO	1999	2	ACI	NR	SAN VICENTE CHICOLOA	CHICOLOAP	510159.82	2146832.43	10.76	N.R.	1
1783	ENERO	1999	2	ACI	NR	SAN VICENTE CHICOLOA	CHICOLOAP	510341.09	2146940.24	17.77	N.R.	1
1784	ENERO	1999	2	ACI	NR	SAN VICENTE CHICOLOA	CHICOLOAP	510459.09	2146838.97	9.83	N.R.	1

CLAVE	MES	AÑO	TIPO	EJECUTOR	CALLE NUMERO	COLONIA	DELEGACIO	COOR X	COOR Y	PROF	NAF	ZONA
1785	ENERO	1999	2	ACI	NR	SAN VICENTE CHICOLOA	CHICOLOAP	513319.51	2146776.36	10.20	N.R.	1
1850	NOVIEMBRE	1980	5	INGENIEROS CONSULTORES CONTRATIS	AV. CENTRAL S/N.	VALLE DE ARAGON 3A. S	ECATEPEC	495358.00	2155665.00	31.00	2.1	3
1851	DICIEMBRE	1994	1	INGENIEROS CONSULTORES CONTRATIS	EL CAPULIN S/N	SAN ISIDRO ATLAUTENC	ECATEPEC	501341.23	2169318.37	1.30	NR	1
1852	DICIEMBRE	1994	1	INGENIEROS CONSULTORES CONTRATIS	EL CAPULIN S/N	SAN ISIDRO ATLAUTENC	ECATEPEC	501374.35	2169351.46	2.00	NR	1
1853	DICIEMBRE	1994	1	INGENIEROS CONSULTORES CONTRATIS	EL CAPULIN S/N	SAN ISIDRO ATLAUTENC	ECATEPEC	501347.85	2169311.75	1.00	NR	1
1854	DICIEMBRE	1994	1	INGENIEROS CONSULTORES CONTRATIS	EL CAPULIN S/N	SAN ISIDRO ATLAUTENC	ECATEPEC	501420.73	2169371.32	2.10	NR	1
1855	SEPTIEMBRE	1985	5	INGENIEROS CONSULTORES CONTRATIS	IGNACIO ZARAGOZA	VALLE DE ANAHUAC SEC	ECATEPEC	495586.00	2158027.00	25.00	0.9	3
1856	SEPTIEMBRE	1985	5	INGENIEROS CONSULTORES CONTRATIS	IGNACIO ZARAGOZA	VALLE DE ANAHUAC SEC	ECATEPEC	495489.00	2157856.00	25.00	1.0	3
1857	NOVIEMBRE	1988	5	GEOTECNIA Y CONTROL DE CALIDAD (G	AV. GOBERNADOR LIC. IGNACIO PICHAR	VALLE DE ANAHUAC SEC	ECATEPEC	496961.00	2157378.00	12.40	0.7	3
1858	NR	NR	5	CONTROL DE CALIDAD Y SUPERVISION S	AV. MANUEL MORELOS	UNIDAD POTRERO LA LA	COACALCO	491556.00	2171916.00	19.70	2.2	2
1859	NR	NR	5	CONTROL DE CALIDAD Y SUPERVISION S	AV. MANUEL MORELOS	UNIDAD POTRERO LA LA	COACALCO	491627.00	2172030.00	7.20	2.1	2
1861	JUNIO	1998	2	SOIL MECHANICS DE MEXICO S.A. DE C.V.	FRANCISCO VILLA	GUADALUPE VICTORIA	ECATEPEC	500037.31	2169994.04	8.20	NR	2
1862	JUNIO	1998	5	SOIL MECHANICS DE MEXICO S.A. DE C.V.	FRANCISCO VILLA	GUADALUPE VICTORIA	ECATEPEC	493309.34	2169959.34	15.00	NR	2
1863	JUNIO	1998	5	SOIL MECHANICS DE MEXICO S.A. DE C.V.	FRANCISCO VILLA	GUADALUPE VICTORIA	ECATEPEC	493212.08	2169923.54	14.90	NR	2
1864	JUNIO	1998	5	SOIL MECHANICS DE MEXICO S.A. DE C.V.	FRANCISCO VILLA	GUADALUPE VICTORIA	ECATEPEC	493206.96	2169938.88	15.20	NR	2
1868	ENERO	1999	0	GRUPO TRIAL INGENIEROS CONSULTOR	DE LA PRADERA S/N MITAD LOTE 102	SAN PABLO DE LAS SAL	TULTITLAN	492425.00	2173668.00	25.00	NR	3
1879	FEBRERO	1999	5	SOIL MECHANICS DE MEXICO S.A. DE C.V.	CALZ. DE NUESTRA SENORA DE GUADALU	FRACC. LA GUADALUPA	ECATEPEC	498603.00	2169217.00	16.20	NR	2
1880	FEBRERO	1999	2	SOIL MECHANICS DE MEXICO S.A. DE C.V.	CALZ. DE NUESTRA SENORA DE GUADALU	FRACC. LA GUADALUPA	ECATEPEC	498602.00	2169102.00	14.80	NR	2
1894	JUNIO	1998	1	CHARBEL GOMEZ RUIZ ING. CIVIL	PALOMAS	VILLAS ECATEPEC	ECATEPEC	498062.00	2167087.00	2.00	NR	3
1895	SEPTIEMBRE	1997	0	FORMAL, S.A DE C.V.	AV. MAGNOLIAS	GRANJAS DE LAS SALIN	TULTITLAN	491222.00	2173625.00	3.00	NR	2
1896	JULIO	1996	5	PROYECTO UNIDAD HABITACIONAL PRA	PASEO DEL RIO	PRADOS DE ECATEPEC	TULTITLAN	491098.00	2176089.00	20.00	NR	2
1897	ABRIL	1997	2	JUAN VICTOR PADILLA CORREA INGENIE	BLVR. DE LAS FLORES	RINCONADA DE SAN FEL	TULTITLAN	490403.00	2171263.00	11.20	10.0	2
1898	ABRIL	1997	2	JUAN VICTOR PADILLA CORREA INGENIE	BLVR. DE LAS FLORES	RINCONADA DE SAN FEL	TULTITLAN	490383.00	2171139.00	10.00	10.0	2
1899	ABRIL	1997	2	JUAN VICTOR PADILLA CORREA INGENIE	BLVR. DE LAS FLORES	RINCONADA DE SAN FEL	TULTITLAN	490345.00	2171018.00	10.00	10.0	2
1912	NOVIEMBRE	1996	0	ARQ. AARON E. MASRI BAZBAZ	AV. NACIONAL	GUADALUPE VICTORIA	ECATEPEC	492745.00	2169414.00	12.50	NR	2
1913	NOVIEMBRE	1996	1	ARQ. AARON E. MASRI BAZBAZ	AV. NACIONAL	GUADALUPE VICTORIA	ECATEPEC	492865.00	2169460.00	2.50	NR	2
1915	MARZO	1994	4	TGC GEOTECNIA	AV. MEXICO Y CALLE 9 DE JUNIO	EL CHARCO	ECATEPEC	495829.60	2163360.20	22.00	NR	2
1916	MARZO	1994	4	TGC GEOTECNIA	AV. MEXICO Y CALLE 9 DE JUNIO	EL CHARCO	ECATEPEC	496079.60	2163406.80	23.80	NR	2
1917	AGOSTO	1994	4	TGC GEOTECNIA	ESQ. VALLE DE ORINOCO, VALLE DE EUFR	VALLE DE ARAGON CTM	ECATEPEC	497809.80	2154770.70	76.50	N.R.	2
1918	FEBRERO	1995	6	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO.	SOSA TEXCOCO	ECATEPEC	497994.10	2165506.60	12.60	NR	3
1919	FEBRERO	1995	6	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO.	SOSA TEXCOCO	ECATEPEC	498434.70	2164942.20	13.80	NR	3
1920	AGOSTO	1995	3	TGC GEOTECNIA	GERANIOS NO. 320	VILLA DE LAS FLORES	COACALCO	490349.10	2172530.80	18.10	NR	2
1921	AGOSTO	1995	5	TGC GEOTECNIA	GERANIOS NO. 320	VILLA DE LAS FLORES	COACALCO	490343.90	2172524.90	12.60	NR	2
1922	NOVIEMBRE	1995	4	TGC GEOTECNIA	AV. 510 NO.90	SAN JUAN DE ARAGON	GUSTAVO A	490775.50	2152140.10	47.00	2.0	3
1923	DICIEMBRE	1995	4	TGC GEOTECNIA	ESQ. ANILLO PERIFERICO, AV. CENTRAL	VALLE DE ARAGON 2A. S	NETZAHUAL	495031.30	2155066.10	24.00	1.0	3
1924	DICIEMBRE	1995	3	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500849.07	2146878.78	35.00	NR	3
1925	DICIEMBRE	1995	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500685.51	2147563.55	43.00	1.2	3
1926	DICIEMBRE	1995	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500407.12	2147261.14	47.50	1.2	3
1927	DICIEMBRE	1995	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500184.37	2147003.91	45.50	1.2	3
1928	DICIEMBRE	1995	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500824.70	2147202.05	47.00	1.2	3
1929	DICIEMBRE	1995	4	TGC GEOTECNIA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500612.46	2147003.91	54.30	1.2	3
1930	FEBRERO	1996	4	TGC GEOTECNIA	CIRCUITO TLATILCO, CIRCUITO DE LOS CA	CIUDAD AZTECA	ECATEPEC	498558.20	2160060.80	78.00	N.R.	3
1931	FEBRERO	1996	5	TGC GEOTECNIA	NR	EL CHAMIZALITO	ECATEPEC	497221.10	2162985.70	57.00	N.R.	3
1932	FEBRERO	1996	4	TGC GEOTECNIA	URUBA	SAGITARIO II	ECATEPEC	498505.40	2155141.20	76.00	N.R.	3
1933	FEBRERO	1996	4	TGC GEOTECNIA	OTUMBA, EMILIANO ZAPATA	SAN FELIPE DE JESUS	GUSTAVO A	491878.60	2156265.00	83.00	N.R.	3
1934	MAYO	1996	4	TGC GEOTECNIA	C. 5 NO.67	PANTITLAN	IZTACALCO	493588.60	2145302.10	59.80	1.2	3
1935	ENERO	1997	2	TGC GEOTECNIA	SAN JUAN IXHUATEPEC (TERMINAL HIDRO	SAN ISIDRO IXHUATEPEC	TLALNEPAN	489534.23	2159545.52	9.90	N.R.	2
1936	ABRIL	1997	4	TGC GEOTECNIA	PLASTICOS NO.10 (QUIMICA HOECHST)	SANTA MARIA XALOSTO	ECATEPEC	493481.30	2159616.20	25.00	14.0	3
1961	NOVIEMBRE	1999	5	SUELOS Y CIMENTACIONES SA	AV. PUERTO DE PALOS S/N	U. H. EJIDOS DE SAN JUA	GUSTAVO A	490521.44	2152516.66	66.00	3.0	3
1962	ENERO	1998	4	LABORATORIOS TLALLI S.A. DE C.V.	C. UNO NO.130	PANTITLAN	IZTACALCO	492963.88	2146023.77	44.00	1.8	3
1963	MARZO	2000	5	LANC S.C.	C. 4 NO.285	PANTITLAN	IZTACALCO	493528.77	2146457.02	31.00	2.3	3
1974	AGOSTO	1997	4	TGC GEOTECNIA	GOB. GRAL. PASCUAL MORALES	GRANJAS VALLE DE GU	ECATEPEC	492719.50	2156233.30	29.00	2.5	3
2003	SEPTIEMBRE	1997	4	TGC GEOTECNIA	PLASTICOS NO.10 (QUIMICA HOECHST)	SANTA MARIA XALOSTO	ECATEPEC	493876.10	2159771.80	26.20	14.0	3
2012	N.R.	N.R.	4	TGC GEOTECNIA	AEROPUERTO TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500669.02	2156947.17	51.20	N.R.	3
2023	N.R.	N.R.	4	TGC GEOTECNIA	AEROPUERTO TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	502000.07	2156819.70	52.15	N.R.	3

CLAVE	MES	ANO	TIPO	EJECUTOR	CALLE NUMERO	COLONIA	DELEGACION	COORDENADA X	COORDENADA Y	PROF	NAF	ZONA
2193	JULIO	1987	5	PYCSA	CANTON NO.16	ROMERO RUBIO	VENUSTIANG	489528.60	2149267.36	50.00	1.3	3
2194	OCTUBRE	1984	5	PYCSA	AV. RIO DE LA PIEDAD	AMP. AVIACION CIVIL	VENUSTIANG	491846.25	2145751.77	62.00	1.2	3
2195	OCTUBRE	1984	5	PYCSA	TALLERES GRAFICOS	AMP. ADOLFO LOPEZ MA	VENUSTIANG	492390.47	2146504.97	62.00	1.7	3
2196	NOVIEMBRE	1984	5	PYCSA	TALLERES GRAFICOS	AMP. ADOLFO LOPEZ MA	VENUSTIANG	492310.40	2146504.97	50.00	1.3	3
2197	OCTUBRE	1984	5	PYCSA	LADO DEL CAJON DEL AV. RIO CHURUBUS	PANTITLAN	IZTACALCO	492888.79	2147091.01	50.00	0.9	3
2198	OCTUBRE	1984	5	PYCSA	LADO DEL CAJON DEL AV. RIO CHURUBUS	PANTITLAN	IZTACALCO	492650.19	2146954.97	43.00	1.7	3
2199	OCTUBRE	1984	5	PYCSA	LADO DEL CAJON DEL AV. RIO CHURUBUS	PANTITLAN	IZTACALCO	493231.30	2147123.59	50.00	0.8	3
2362	JUNIO	1984	5	PYCSA	CAMELLON AV. RIO DE LA PIEDAD	IGNACIO ZARAGOZA	IZTACALCO	490378.57	2145819.92	44.00	1.7	3
2363	JUNIO	1984	5	PYCSA	CAMELLON AV. RIO DE LA PIEDAD	IGNACIO ZARAGOZA	IZTACALCO	490460.09	2145810.60	50.00	1.5	3
2364	JUNIO	1984	5	PYCSA	CAMELLON AV. RIO DE LA PIEDAD	IGNACIO ZARAGOZA	IZTACALCO	490893.72	2145743.09	43.00	1.7	3
2365	JUNIO	1984	5	PYCSA	AV. RIO DE LA PIEDAD	PUEBLA	IZTACALCO	491409.37	2145670.78	50.00	1.4	3
2366	JUNIO	1984	5	PYCSA	AV. RIO DE LA PIEDAD	PUEBLA	IZTACALCO	491554.92	2145648.28	43.50	1.5	3
2367	JULIO	1984	5	PYCSA	VIADUCTO AV. RIO DE LA PIEDAD	JARDIN BALBUENA	IZTACALCO	489444.73	2145832.98	50.00	1.5	3
2368	JULIO	1984	5	PYCSA	AV. RIO DE LA PIEDAD	IGNACIO ZARAGOZA	IZTACALCO	490207.67	2145841.20	40.50	N.R.	3
2369	AGOSTO	1984	5	PYCSA	AV. RIO DE LA PIEDAD	IGNACIO ZARAGOZA	IZTACALCO	490041.21	2145870.03	50.00	1.4	3
2370	AGOSTO	1984	5	PYCSA	AV. RIO CHURUBUSCO	IGNACIO ZARAGOZA	VENUSTIANG	489807.55	2146019.90	43.50	1.0	3
2371	AGOSTO	1984	5	PYCSA	VIADUCTO AV. RIO DE LA PIEDAD	JARDIN BALBUENA	VENUSTIANG	489257.98	2145810.67	50.00	1.5	3
2372	AGOSTO	1984	5	PYCSA	VIADUCTO AV. RIO DE LA PIEDAD	JARDIN BALBUENA	VENUSTIANG	489173.90	2145805.01	41.50	1.8	3
2373	MARZO	1987	4	PYCSA	GRAL. FRANCISCO COSS	15 DE AGOSTO	GUSTAVO A	488659.47	2154095.63	39.00	N.R.	3
2374	MARZO	1987	4	PYCSA	GRAL. GUADALUPE VICTORIA	15 DE AGOSTO	GUSTAVO A	488769.16	2154173.18	36.30	N.R.	3
2391	MAYO	1990	5	PYCSA	AV. RIO CHURUBUSCO	IGNACIO ZARAGOZA	IZTACALCO	489894.55	2145831.06	41.80	1.5	3
2392	MAYO	1990	5	PYCSA	AV. RIO CHURUBUSCO	IGNACIO ZARAGOZA	IZTACALCO	489880.95	2145787.55	41.90	1.5	3
2579	N.R.	N.R.	4	WALTER IV, PANIAGUA	MAXTLA, TENOCHTITLAN	MARAVILLAS	NEZAHUALCO	493661.74	2147742.47	35.00	N.R.	3
2720	N.R.	1961	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	ALBANILES	AZTECA	VENUSTIANG	488452.00	2149008.00	21.00	2.8	3
2753	N.R.	1963	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	FRANCISCO DEL PASO Y TRONCOSO, AV.	UNIDAD KENEDY	VENUSTIANG	488412.00	2147022.00	37.50	3.1	3
2766	N.R.	1964	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	RIO CHURUBUSCO	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	489781.00	2145128.00	40.00	2.3	3
2777	N.R.	1965	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	TALISMAN NO.384	TRES ESTRELLAS	GUSTAVO A	488310.00	2153246.00	30.00	2.3	3
2803	N.R.	1967	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	AV. RIO CHURUBUSCO	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	489693.00	2145758.00	59.70	2.6	3
2810	N.R.	1967	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	PUERTO DE TAMPICO	AMP. CASAS ALEMAN	GUSTAVO A	491002.00	2153369.00	33.00	2.2	3
2822	N.R.	1968	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	C. 303	NUEVA AZTACOALCO	GUSTAVO A	490695.00	2155787.00	14.00	10.0	3
2823	N.R.	1968	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	VIADUCTO PIEDAD	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	488896.00	2145668.00	40.00	3.0	3
2827	N.R.	1968	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	EDUARDO MOLINA, AV. RIO CONSULADO	FELIPE ANGELES	VENUSTIANG	488593.00	2150754.00	29.50	0.8	3
2828	N.R.	1968	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	EDUARDO MOLINA, AV. RIO CONSULADO	FELIPE ANGELES	VENUSTIANG	488595.00	2150757.00	26.50	0.8	3
2839	N.R.	1969	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	AVENA	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	489821.00	2145079.00	12.00	2.8	3
2842	N.R.	1969	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	AEROPUERTO INTERNACIONAL	AVIACION CIVIL	VENUSTIANG	492164.00	2146732.00	36.40	1.6	3
2845	N.R.	1967	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	CALZ. IGNACIO ZARAGOZA	AMPL. AVIACION CIVIL	VENUSTIANG	491869.00	2145834.00	32.20	2.3	3
2846	N.R.	1967	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	CALZ. IGNACIO ZARAGOZA	SANTA CRUZ AVIACION	VENUSTIANG	489976.00	2147112.00	45.00	2.9	3
2847	N.R.	1967	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	CALZ. IGNACIO ZARAGOZA	AVIACION CIVIL	VENUSTIANG	491371.00	2146135.00	40.40	N.R.	3
2848	N.R.	1967	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	CALZ. IGNACIO ZARAGOZA	MOCTEZUMA 1A. SECCION	VENUSTIANG	488651.00	2147735.00	40.00	2.9	3
2849	N.R.	1967	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	CALZ. IGNACIO ZARAGOZA	MOCTEZUMA 1A. SECCION	VENUSTIANG	488389.00	2147838.00	50.00	1.8	3
2865	N.R.	1967	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	EDUARDO MOLINA	SAN PEDRO EL CHICO	GUSTAVO A	488752.00	2153202.00	50.00	3.6	3
2867	N.R.	1967	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	EDUARDO MOLINA	CONSTITUCION DE LA R	GUSTAVO A	489793.00	2153559.00	35.60	N.R.	3
2868	N.R.	1967	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	EDUARDO MOLINA	U. H. LI LEGISLATURA	GUSTAVO A	490148.00	2154458.00	36.80	N.R.	3
2869	N.R.	1967	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	EDUARDO MOLINA	JUAN GONZALEZ ROMER	GUSTAVO A	491014.00	2156729.00	40.00	N.R.	3
2870	N.R.	1967	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	AV. ALTAVILLA	ALTAVILLA	ECATEPEC	490767.00	2157052.00	46.60	N.R.	3
2891	N.R.	1961	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	GRAN CANAL	NUEVA AZTACOALCO	GUSTAVO A	491773.00	2156390.00	45.00	0.6	3
2898	N.R.	1966	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	AV. EDUARDO MOLINA	CONSTITUCION DE LA R	GUSTAVO A	489851.00	2153972.00	45.00	4.1	3
2899	N.R.	1966	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	AV. EDUARDO MOLINA	FAJA DE ORO	GUSTAVO A	489177.00	2152258.00	45.00	4.4	3
2900	N.R.	1966	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	AV. EDUARDO MOLINA	AMPLIACION MICHOACA	VENUSTIANG	488400.00	2150280.00	45.00	4.7	3
2905	N.R.	1965	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	AV. MORELOS	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	490434.00	2145775.00	50.00	3.6	3
2931	N.R.	1970	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	BLVR. PUERTO AEREO	MOCTEZUMA 1A. SECCION	VENUSTIANG	490279.00	2147830.00	40.00	1.4	3
2933	N.R.	1967	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	CARRETERA MEXICO-LAREDO	CONSTITUCION DE 1917	TLALNEPAN	491090.00	2158950.00	18.00	8.6	3
2935	N.R.	1965	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	CARRETERA MEXICO-LAREDO	SAN JUAN IXHUATEPEC	TLALNEPAN	490458.00	2156970.00	60.00	3.3	3
3000	N.R.	1970	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	AEROPUERTO INTERNACIONAL	ZONA FEDERAL AEROPU	VENUSTIANG	492269.00	2148905.00	15.00	2.3	3
3001	N.R.	1970	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	BLVR. AEROPUERTO	SANTA CRUZ AVIACION	VENUSTIANG	490060.00	2147273.00	36.10	1.5	3

CLAVE	MES	AÑO	TIPO	EJECUTOR	CALLE NUMERO	COLONIA	DELEGACIO	COOR X	COOR Y	PROF	NAF	ZONA
3002	N.R.	1967	0	V REUNION NACIONAL DE MECANICA DE	F.F.C.C. XALOSTOC	INDUSTRIAL XALOSTOC	ECATEPEC	492123.00	2157444.00	27.30	2.5	3
3042	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	C. 1525, C. 1527	U. H. SAN JUAN DE ARAG	GUSTAVO A	493060.00	2152100.00	58.00	2.0	3
3053	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	CECILIO ROBELO	UNIDAD KENNEDY	VENUSTIANC	488560.00	2147450.00	31.00	2.3	3
3057	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	AV. 412 (EJE 5 NORTE)	VILLA DE ARAGON	GUSTAVO A	493060.00	2152100.00	57.00	2.0	3
3089	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	AV. OCEANIA	PENSADOR MEXICANO	VENUSTIANC	490871.00	2149887.00	40.00	1.5	3
3098	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	AV. RIO CONSULADO	PENON DE LOS BANOS	VENUSTIANC	491031.00	2149140.00	28.00	3.0	2
3121	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	CHIAPAS	CAMPESTRE GUADALUP	NEZAHUALC	493419.00	2154168.00	55.00	0.8	3
3129	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	FERNANDO AMILPA	U. H. ATZACOALCO CTM	GUSTAVO A	489770.00	2156800.00	25.00	2.0	3
3148	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	INGUARAN	SANTA COLETA	GUSTAVO A	488718.00	2153067.00	30.00	4.0	3
3149	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	INGUARAN	LA JOYITA	GUSTAVO A	488344.00	2152126.00	33.00	3.0	3
3166	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	AV. 16	IGNACIO ZARAGOZA	VENUSTIANC	490310.00	2145900.00	20.00	1.0	3
3177	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	C. 1	U. H. FLORES MAGON	IZTACALCO	492760.00	2145660.00	44.00	1.9	3
3179	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	ING. EDUARDO MOLINA	SALVADOR DIAZ MIRON	GUSTAVO A	490078.00	2154512.00	60.00	N.R.	3
3180	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	ING. EDUARDO MOLINA	AMPL. EMILIANO ZAPATA	GUSTAVO A	489106.00	2151883.00	60.00	N.R.	3
3200	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	BLVR. PUERTO AEREO	INDUSTRIAL PUERTO AER	VENUSTIANC	490375.00	2147865.00	41.25	N.R.	3
3201	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	AV. OCEANIA	AQUILES SERDAN	VENUSTIANC	490918.00	2149935.00	40.20	N.R.	3
3202	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	AV. RIO CONSULADO	PENON DE LOS BANOS	VENUSTIANC	490958.00	2149120.00	21.00	N.R.	2
3203	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	MANUEL GONZALEZ	TEXCOCO CENTRO	TEXCOCO	512106.00	2157601.00	20.20	2.7	
3204	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	509237.00	2147390.00	15.00	N.R.	2
3206	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	AVIACION MILITAR	AVIACION CIVIL	VENUSTIANC	490178.00	2147470.00	30.00	1.7	3
3207	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	INMEDIACIONES DEL AEROPUERTO INTER	AEROPUERTO INTERNAD	VENUSTIANC	491935.00	2148500.00	61.15	2.0	3
3208	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	INMEDIACIONES DEL AEROPUERTO INTER	AEROPUERTO INTERNAD	VENUSTIANC	492900.00	2149157.00	35.00	1.2	3
3209	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	LA NORTENA	BENITO JUAREZ	NEZAHUALC	501940.00	2145511.00	40.00	1.4	3
3210	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	XOCHITLAN	ARENAL 3A. SECCION	VENUSTIANC	494138.00	2147965.00	3.50	1.2	3
3211	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	LAS MANANITAS	BENITO JUAREZ	NEZAHUALC	501368.00	2145697.00	30.00	1.0	3
3212	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	LA ENRAMADA	BENITO JUAREZ	NEZAHUALC	499240.00	2146070.00	20.40	3.6	3
3214	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	AV. 5	CAMPESTRE GUADALUP	NEZAHUALC	493817.00	2154454.00	20.60	0.4	3
3215	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	XICO	ARENAL 4A. SECCION	VENUSTIANC	493860.00	2148372.00	63.00	N.R.	3
3216	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	AV. ANGEL DE LA INDEPENDENCIA	METROPOLITANA 2A. SE	NEZAHUALC	496738.00	2145730.00	50.60	N.R.	3
3217	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	INMEDIACIONES DEL AEROPUERTO INTER	AEROPUERTO INTERNAD	VENUSTIANC	490650.00	2147800.00	41.20	1.6	3
3218	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	ROMAN LUGO	ADOLFO LOPEZ MATEOS	VENUSTIANC	492472.00	2147300.00	3.00	2.5	3
3219	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	ERNESTO P. URUCHURTU	ADOLFO LOPEZ MATEOS	VENUSTIANC	492490.00	2147160.00	3.00	3.0	3
3220	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	RANCHO LA CANADA	PUEBLO SAN FELIPE	TEXCOCO	511826.00	2156495.00	8.50	N.R.	201
3221	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	V.CARRANZ	495143.00	2150895.00	22.00	N.R.	3
3222	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	V.CARRANZ	496010.00	2151186.00	29.00	N.R.	3
3223	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	V.CARRANZ	496570.00	2151400.00	50.00	1.0	3
3224	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	ATENCO	497080.00	2151608.00	60.00	1.0	3
3225	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	ATENCO	497496.00	2151778.00	14.00	1.0	3
3226	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	ATENCO	498348.00	2152083.00	12.00	0.5	3
3227	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500750.00	2153005.00	12.00	0.5	3
3228	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	INMEDIACIONES DEL AEROPUERTO INTER	AEROPUERTO INTERNAD	VENUSTIANC	496625.00	2150630.00	66.45	N.R.	3
3229	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	INMEDIACIONES DEL AEROPUERTO INTER	AEROPUERTO INTERNAD	VENUSTIANC	494408.00	2148477.00	60.70	N.R.	3
3230	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	NOGAL	VIVEROS XALOSTOC	ECATEPEC	491613.00	2157982.00	80.00	2.2	3
3231	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	CUAUHTEMOC	SANTA CLARA	ECATEPEC	493259.00	2160390.00	24.00	5.5	3
3232	MARZO	1978	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	EJIDO DE TULPETLAC.	LOS LAURELES.	SAN CRISTO	495790.00	2164883.00	35.00	3.8	
3233	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	CHIAPAS	LA URBANA	ECATEPEC	491083.00	2158925.00	18.00	8.6	2
3234	MARZO	1978	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	LUIS ECHEVERRIA S/N	ANAHUAC 2A SECCION	ACOLMAN	505176.37	2168649.33	19.00	10	
3235	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	AV. CENTRAL	ESFUERZO NACIONAL	ECATEPEC	492940.00	2159034.00	31.30	6.2	3
3236	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	CUAUHTEMOC	CUAUHTEMOC	ECATEPEC	491260.00	2158538.00	25.00	3.0	3
3237	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	MIGUEL HIDALGO OTE.	SANTA CLARA	ECATEPEC	493761.00	2160206.00	25.00	11.0	3
3238	MARZO	1978	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	VIA MORELOS ESQUINA VERACRUZ OTE.	SANTA MARIA TULPETLA	ECATEPEC	495275.00	2163231.00	20.00	8.2	2
3239	MARZO	1978	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	NVO. LEON ESQUINA CIRCUNVALACION	LOM. TULPETLAC	ECATEPEC	494942.00	2162544.00	29.00	12	2
3240	MARZO	1978	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	AV. TORRES SUR ESQUINA TABASCO OTE	SANTA MARIA TULPETLA	ECATEPEC	495119.00	2162886.00	22.00	NR	2
3241	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	VIA MORELOS KM 15 + 500	SANTA CLARA	ECATEPEC	494571.00	2160652.00	27.00	5.5	3
3242	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIER	VIA MORELOS KM 16 + 500	SANTA CLARA	ECATEPEC	494310.00	2160809.00	25.00	2.3	2

CLAVE	MES	ANO	TIPO	EJECUTOR	CALLE NUMERO	COLONIA	DELEGACIO	COOR_X	COOR_Y	PROF	NAF	ZONA
3243	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIERIA	VIA MORELOS KM 14 + 500	SANTA CLARA	ECATEPEC	493361.00	2159936.00	30.00	7.4	3
3244	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIERIA	VIA MORELOS KM 15 + 500	SANTA CLARA	ECATEPEC	493914.00	2160398.00	38.00	5.3	3
3245	MARZO	1978	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIERIA	VIA MORELOS KM. 17 + 500	RINCONADA SANTA CLARA	ECATEPEC	494595.00	2161727.00	25.00	10	2
3246	N.R.	N.R.	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIERIA	VIA MORELOS KM 17 + 000	SANTA CLARA	ECATEPEC	494533.00	2161243.00	18.00	3.8	2
3337	MARZO	1978	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIERIA	CAMINO A LAGO DE GUADALUPE	TEQUESQUINAHUAC	TLALNEPAN	488279.00	2164587.00	17.00	NR	
3375	MARZO	1978	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIERIA	NINOS HEROES S/N	U.H. SAN RAFAEL COACALCO	COACALCO	490622.00	2171109.00	2.50	NR	2
3376	MARZO	1978	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIERIA	JOSEFA ORTIZ DE DOMINGUEZ S/N	GRANJAS SAN PABLO	TULTITLAN	490732.00	2174435.00	12.00	NR	2
3377	MARZO	1978	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIERIA	JOSEFA ORTIZ DE DOMINGUEZ S/N	GRANJAS SAN PABLO	TULTITLAN	490805.00	2174345.00	12.50	NR	2
3387	MARZO	1978	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIERIA	NINOS HEROES S/N	SANTA MARIA OZUMBILLA	TECAMAC	500000.00	2175741.00	2.00	NR	1
3388	MARZO	1978	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIERIA	VENUSTIANO CARRANZA S/N	SANTA MARIA OZUMBILLA	TECAMAC	500000.00	2175744.00	2.00	NR	1
3389	MARZO	1978	0	SIMPOSIO EL SUBSUELO Y LA INGENIERIA	AV. GUERRERO	SANTA MARIA OZUMBILLA	TECAMAC	500000.00	2175738.00	10.00	NR	1
3404	NOVIEMBRE	1998	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	AV. 20 DE NOVIEMBRE NO 22	STA. MARIA TONANITLA	JALTENCO	495088.00	2176408.00	16.90	2.2	2
3405	NOVIEMBRE	1998	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	AV. NACIONAL NO 5	GUADALUPE VICTORIA	ECATEPEC	492941.00	2169264.00	12.00	NR	2
3406	NOVIEMBRE	1998	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	SAN ANTONIO SN	EL AHUEHUETE	ATENCO	509189.00	2161741.00	11.90	NR	2o1
3407	NOVIEMBRE	1998	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	CZDA. DE LOS AGUSTINOS SN	NR	ACOLMAN	509136.00	2170310.00	11.70	NR	1
3429	DICIEMBRE	1998	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	AV. VIA MORELOS # 32	LAS FUENTES DE SAN C	ECATEPEC	495653.00	2165561.00	16.80	NR	2
3430	DICIEMBRE	1998	5	GEOSOL, S.A. DE C.V.	AV. RIO DE LOS REMEDIOS NO. 96 ESQ. AL	SAN JUAN IXHUATEPEC	TLALNEPAN	489649.00	2158050.00	20.10	4.5	2
3431	DICIEMBRE	1998	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	AV. VALLE DEL JUCAR, LOTE 5, MANZANA	GRANJAS INDEPENDENCIA	ECATEPEC	495715.00	2156713.00	30.30	3.0	3
3432	DICIEMBRE	1998	1	GEOSOL, S.A. DE C.V.	AV. MORELOS # 43	VILLA PALMA	COACALCO	489947.00	2170280.00	3.50	NR	2
3433	DICIEMBRE	1998	1	GEOSOL, S.A. DE C.V.	AV. LAS TORRES ESQ. EMBAJADA DE JAP	CIUDAD CUAUHTEMOC	ECATEPEC	500754.00	2169892.00	2.00	NR	1
3436	DICIEMBRE	1998	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	CARRETERA MEXICO-TEXCOCO KM 29	SAN VICENTE CHICOLOA	CHICOLOAP	508949.00	2146960.00	30.60	4.0	3
3437	ENERO	1999	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	RUPIAS NO. 63	SIMON BOLIVAR	VENUSTIANO	490317.01	2150461.09	34.40	2.5	3
3438	ENERO	1999	1	GEOSOL, S.A. DE C.V.	RUPIAS NO. 63	SIMON BOLIVAR	VENUSTIANO	490295.15	2150471.46	3.50	2.0	3
3439	ENERO	1999	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	PRIV. SERGIO PEREZ T.# 7	RES. CIPRES	TULTITLAN	490966.00	2174918.00	10.20	5.5	2
3440	ENERO	1999	1	GEOSOL, S.A. DE C.V.	PRIV. SERGIO PEREZ T.# 7	RES. CIPRES	TULTITLAN	490933.87	2174893.87	3.95	NR	2
3441	ENERO	1999	1	GEOSOL, S.A. DE C.V.	AV. PASCUAL LUNA # 59	TEZOYUCA	TEZOYUCA	509665.00	2165780.00	2.50	NR	2
3445	ENERO	1999	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	C. 319 NO. 403	NUEVA ATZACOALCO	GUSTAVO A	491259.89	2156353.88	29.40	2.3	3
3446	ENERO	1999	1	GEOSOL, S.A. DE C.V.	C. 319 NO. 403	NUEVA ATZACOALCO	GUSTAVO A	491253.76	2156345.48	5.00	2.3	3
3451	ENERO	1999	5	GEOSOL, S.A. DE C.V.	IGNACIO MANUEL ALTAMIRANO, LOTE 8, M	IGNACIO ALLENDE	ECATEPEC	496960.00	2159058.00	27.40	2.9	3
3452	ENERO	1999	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	C. BUGAMBILIAS S/N, COL.	HANK GONZALEZ	ECATEPEC	493468.00	2161588.00	15.60	NR	1
3454	ENERO	1999	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	AV. 5 DE MAYO LOTE 8	TOLLITZIN	ECATEPEC	498053.00	2162214.00	19.80	3.5	3
3456	ENERO	1999	5	GEOSOL, S.A. DE C.V.	HACIENDA DEL COTE NO. 99	LA IMPULSORA	NEZAHUALCO	494959.00	2153853.00	34.60	2.2	3
3474	FEBRERO	1999	5	GEOSOL, S.A. DE C.V.	GOB. GRAL. PASCUAL MORALES NO. 54	EMILIANO ZAPATA 2A. SE	ECATEPEC	493247.00	2157345.00	30.35	2.8	3
3480	FEBRERO	1999	5	GEOSOL, S.A. DE C.V.	AV. GUAYMAS NO. 193	PRADOS DE SANTA CLARA	ECATEPEC	494923.00	2161340.00	32.55	2.9	3
3482	FEBRERO	1999	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	AV. REFORMA NO 3	SANTA MARIA OZUMBILLA	TECAMAC	499737.00	2175319.00	8.03	NR	1
3489	MARZO	1999	5	GEOSOL, S.A. DE C.V.	VENUSTIANO CARRANZA S/N	BARRIOS CANASTEROS	CHIMALHUA	505979.67	2146824.88	23.30	N.R.	2
3490	MARZO	1999	5	GEOSOL, S.A. DE C.V.	C. 1507 NO. 120, LOTE 43, SECCION VI	U. H. SAN JUAN DE ARAC	GUSTAVO A	490287.66	2152122.65	37.85	1.6	3
3498	MARZO	1999	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	CALLE 6 DE SEPTIEMBRE M.28, L.23	JARDINES DE LOS BAEZ	ECATEPEC	498612.00	2167709.00	30.10	9.0	3
3500	MARZO	1999	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	LOTE NO 84, COL. ANAHUAC	ANAHUAC 1A SECCION	ACOLMAN	505599.00	2168763.00	15.60	NR	2
3512	N.R.	N.R.	5	GEOSOL, S.A. DE C.V.	AV. DR. NICOLAS LEON NO. 96	JARDIN BALBUENA	VENUSTIANO	488413.55	2146382.93	37.00	1.5	3
3514	JUNIO	1999	5	GEOSOL, S.A. DE C.V.	COATL LOTE 26, MANZANA 282	BARRIO VIDRIEROS	CHIMALHUA	502907.88	2148788.41	45.40	2.5	3
3517	N.R.	N.R.	1	GEOSOL, S.A. DE C.V.	HAITI S/N	SAN JOSE IXHUATEPEC	TLALNEPAN	489733.00	2159022.00	1.00	N.R.	3
3518	JULIO	1999	5	GEOSOL, S.A. DE C.V.	PUERTO COATZACOALCOS NO. 106	HEROES DE CHAPULTEPEC	GUSTAVO A	490474.21	2152971.79	31.08	2.0	3
3521	JULIO	1999	5	GEOSOL, S.A. DE C.V.	C. 10 NO. 8	DEL SOL	NEZAHUALCO	494744.44	2147248.02	45.40	1.0	3
3535	NR	NR	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	MANZANA 2 LOTE 6	EJIDOS DE TULPETLAC	ECATEPEC	496231.00	2163560.00	20.60	2.2	3
3540	MAYO	2000	5	GEOSOL, S.A. DE C.V.	VIA LOPEZ PORTILLO Y AV. CENTRAL	EL PROGRESO DE GUAD	ECATEPEC	499319.00	2168540.00	21.00	NR	3
3545	MAYO	2000	5	GEOSOL, S.A. DE C.V.	5 DE FEBRERO NO. 307, LOTE 14	SANTA CLARA	ECATEPEC	492047.00	2160372.00	24.10	2.5	2
3553	JULIO	2000	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	LEONA VICARIO Y ALDAMA	RINCONADA SAN LOREN	COACALCO	491735.00	2170942.00	19.60	NR	2
3554	JULIO	2000	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	BOULEVARD COACALCO, MZ-47, L-4	JARDINES DE SAN JOSE	COACALCO	489773.00	2171976.00	12.30	2.7	2
3559	AGOSTO	2000	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	CALLE PRIMAVERAS NO. 140	PARQUE RESID.COACAL	COACALCO	491183.00	2170136.00	6.61	NR	2
3562	AGOSTO	2000	5	GEOSOL, S.A. DE C.V.	BOSQUE DE YUGOSLAVIA, LOTE 1, MANZA	BOSQUES DE ARAGON	NEZAHUALCO	495160.00	2151683.00	26.10	1.0	3
3563	AGOSTO	2000	5	GEOSOL, S.A. DE C.V.	CRISANTEMA NO. 32	JARDINES DE TEPEYAC	ECATEPEC	495270.00	2156984.00	28.20	1.5	3
3569	OCTUBRE	2000	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	MESETA NO. 9, LOTE 8	MAGNOLIAS 2000	TULTITLAN	491796.00	2173731.00	9.35	5.0	2
3570	OCTUBRE	2000	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	CALLE CAPILLA MZA. 72, LOTE 14	HACIENDA OJO DE AGUA	TECAMAC	497236.00	2175246.00	12.60	NR	2
3571	OCTUBRE	2000	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	CIRCUNVALACION NO. 8	JARDINES DE SANTA CL	ECATEPEC	495731.00	2161009.00	17.60	N.R.	

CLAVE	MES	ANO	TIPO	EJECUTOR	CALLE NUMERO	COLONIA	DELEGACIO	COOR X	COOR Y	PROF	NAF	ZONA
3572	OCTUBRE	2000	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	COATLICUE NO. 546	SANTA ISABEL TOLA	GUSTAVO A	488463.02	2156504.56	8.03	N.R.	1
3576	OCTUBRE	2000	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	PRIV. DE LA CONSAGRADA SN	GUADALUPE VICTORIA	ECATEPEC	492616.00	2169624.00	12.10	3.5	2
3581	DICIEMBRE	2000	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	AUTOPISTA MEXICO-PACHUCA KM 26	NR	TECAMAC	497281.00	2169672.00	14.60	6.5	2
3583	DICIEMBRE	2000	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	AV. LOS ANGELES	LA VIA LACTEA	TEXCOCO	512451.92	2154146.46	9.25	N.R.	1
3584	ENERO	2001	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	CERRADA DE LA CONSAGRADA NO. 2	GUADALUPE VICTORIA	ECATEPEC	492805.00	2169654.00	11.60	3.5	2
3588	ENERO	2001	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	CAMINO DEL ESFUERZO NO. 43	CAMPESTRE ARAGON	GUSTAVO A	491719.22	2154383.37	25.60	2.0	3
3595	ENERO	2001	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	CUERNAVACA NO. 20	PENON DE LOS BANOS	VENUSTIANO	491563.22	2149406.28	26.60	N.R.	2o1
3597	FEBRERO	2001	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	JUAN DE DIOS PEZA NO. 127	MEXICO II	NEZAHUALC	496390.00	2145017.00	32.60	1.5	3
3600	MARZO	2001	5	GEOSOL, S.A. DE C.V.	CAMINO CAMPESTRE NO. 28	CAMPESTRE ARAGON	GUSTAVO A	491956.98	2153907.49	32.30	1.8	3
3601	ABRIL	2001	2	GEOSOL, S.A. DE C.V.	CAMINO A SAN PABLO DE LAS SALINAS	CHACOPILCA	TULTITLAN	488617.00	2175411.00	12.00	5.0	2
3605	N.R.	N.R.	4	N.R.	CRISTOBAL COLON	ALTAVILLA	ECATEPEC	491503.45	2157053.42	25.00	N.R.	3
3634	MARZO	1994	5	DEG	AV. INSURGENTES NORTE	SAN JUAN IXHUATEPEC	TLALNEPAN	489458.14	2157590.99	23.90	N.R.	2
3635	MARZO	1994	5	DEG	AV. INSURGENTES NORTE	SAN JUAN IXHUATEPEC	TLALNEPAN	489471.58	2157548.02	23.90	N.R.	2
3636	MARZO	1994	2	DEG	AV. INSURGENTES NORTE	SAN JUAN IXHUATEPEC	TLALNEPAN	489448.39	2157504.37	24.00	N.R.	3
3637	MARZO	1994	2	DEG	AV. INSURGENTES NORTE	SAN JUAN IXHUATEPEC	TLALNEPAN	489412.46	2157507.74	21.50	2.9	2
3638	MARZO	1994	2	DEG	AV. INSURGENTES NORTE	SAN JUAN IXHUATEPEC	TLALNEPAN	489388.28	2157480.89	28.00	N.R.	3
3639	MARZO	1994	2	DEG	AV. INSURGENTES NORTE	SAN JUAN IXHUATEPEC	TLALNEPAN	489353.35	2157537.28	23.00	N.R.	2
3648	JUNIO	1994	2	DEG	SOLIDARIDAD	PROGRESO DE LA UNIO	ECATEPEC	498165.70	2162089.90	15.00	2.7	
3649	JUNIO	1994	6	DEG	SOLIDARIDAD	PROGRESO DE LA UNIO	ECATEPEC	498151.33	2162061.17	16.00	2.5	
3650	N.R.	N.R.	4	NR	C.24	DEL SOL	NEZAHUALC	495905.78	2148283.20	25.10	N.R.	3
3653	FEBRERO	1995	4	ACI	EUCALIPTO, CANAL, FRESNO	CONJUNTO HABITACION	ECATEPEC	497702.65	2163544.93	30.50	NR	3
3654	FEBRERO	1995	4	ACI	EUCALIPTO, CANAL, FRESNO	CONJUNTO HABITACION	ECATEPEC	497721.08	2163517.30	35.00	NR	3
3655	FEBRERO	1995	4	ACI	EUCALIPTO, CANAL, FRESNO	CONJUNTO HABITACION	ECATEPEC	497748.72	2163480.47	30.50	NR	3
3656	FEBRERO	1995	4	ACI	EUCALIPTO, CANAL, FRESNO	CONJUNTO HABITACION	ECATEPEC	497771.76	2163443.63	30.20	NR	3
3657	FEBRERO	1995	6	ACI	EUCALIPTO, CANAL, FRESNO	CONJUNTO HABITACION	ECATEPEC	497767.15	2163540.33	30.00	3.5	
3718	MAYO	2002	5	RIOBOO, S.A. DE C.V.	VIADUCTO, AV. RIO CHURUBUSCO	IGNACIO ZARAGOZA	VENUSTIANO	489500.96	2145878.12	64.50	5.9	3
3749	NOVIEMBRE	1982	4	TGC GEOTECNIA	HANGAR AEROMEXICO	AEROPUERTO INTERNAC	VENUSTIANO	491181.67	2147673.92	19.70	N.R.	3
3770	N.R.	N.R.	5	INGENIEROS ESPECIALISTA EN CIMENTA	EJE 5 NORTE	U. H. CAPTRALIR ARAGC	GUSTAVO A	491010.71	2152561.18	40.00	1.3	3
3771	N.R.	N.R.	2	INGENIEROS ESPECIALISTA EN CIMENTA	EJE 5 NORTE	U. H. CAPTRALIR ARAGC	GUSTAVO A	491030.50	2152566.23	38.50	1.3	3
3779	DICIEMBRE	1983	4	TGC GEOTECNIA	ESQ. AV. MORELOS, AGUSTIN LARA	UNIDAD MORELOS	VENUSTIANO	488331.44	2145831.24	41.00	N.R.	3
3780	DICIEMBRE	1983	4	TGC GEOTECNIA	ESQ. AV. MORELOS, VIADUCTO RIO DE LA	JARDIN BALBUENA	VENUSTIANO	489118.70	2145694.57	41.80	N.R.	3
3781	DICIEMBRE	1983	4	TGC GEOTECNIA	ESQ. RIO CHURUBUSCO, VIADUCTO RIO D	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	489736.48	2145784.36	42.00	N.R.	3
3782	DICIEMBRE	1983	4	TGC GEOTECNIA	ESQ. C. 25, VIADUCTO RIO DE LA PIEDAD	IGNACIO ZARAGOZA	VENUSTIANO	489965.69	2145947.24	40.50	N.R.	3
3783	JULIO	1984	4	TGC GEOTECNIA	ESQ. VIADUCTO RIO PIEDAD, C. 83	PUEBLA	VENUSTIANO	491620.00	2145609.00	42.00	N.R.	3
3784	DICIEMBRE	1984	4	TGC GEOTECNIA	AV. RIO CHURUBUSCO (ANILLO PERIFERIG	DEL SOL	NEZAHUALC	494675.00	2148254.25	42.80	N.R.	
3785	AGOSTO	1985	4	TGC GEOTECNIA	VIADUCTO RIO DE LA PIEDAD, RIO CHURU	AMPLIACION AVIACION	VENUSTIANO	489872.40	2145808.05	50.80	N.R.	3
3786	JUNIO	1986	4	TGC GEOTECNIA	VIADUCTO RIO DE LA PIEDAD	PUEBLA	IZTACALCO	491314.84	2145722.10	54.00	N.R.	3
3787	JUNIO	1986	4	TGC GEOTECNIA	CALZ. IGNACIO ZARAGOZA, JAVIER ROJO	AGRICOLA ORIENTAL	IZTACALCO	492612.00	2145579.00	50.80	N.R.	3
3788	JUNIO	1986	4	TGC GEOTECNIA	CALZ. IGNACIO ZARAGOZA, JAVIER ROJO	AGRICOLA ORIENTAL	IZTACALCO	492600.00	2145473.00	48.10	N.R.	3
3789	JUNIO	1986	4	TGC GEOTECNIA	CALZ. IGNACIO ZARAGOZA, JAVIER ROJO	AGRICOLA ORIENTAL	IZTACALCO	492577.00	2145397.00	62.00	N.R.	
3790	JULIO	1987	4	TGC GEOTECNIA	VIA EXPRESS TAPO	AEROPUERTO INTERNAC	VENUSTIANO	495156.22	2149490.56	59.10	N.R.	3
3791	NOVIEMBRE	1987	4	TGC GEOTECNIA	VIADUCTO MIGUEL ALEMAN NO. 575	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	489113.26	2145688.67	41.40	N.R.	3
3798	N.R.	N.R.	2	DIRAC S.A. DE C.V.	EDUARDO MOLINA	AMPLIACION SAN JUAN	GUSTAVO A	490032.16	2154400.04	41.00	N.R.	3
3799	N.R.	N.R.	2	DIRAC S.A. DE C.V.	EDUARDO MOLINA	AMPLIACION SAN JUAN	GUSTAVO A	490009.92	2154326.11	41.00	N.R.	3
3800	N.R.	N.R.	2	DIRAC S.A. DE C.V.	EDUARDO MOLINA	AMPLIACION SAN JUAN	GUSTAVO A	489945.01	2154153.35	41.00	N.R.	3
3801	N.R.	N.R.	2	DIRAC S.A. DE C.V.	EDUARDO MOLINA	AMPLIACION SAN JUAN	GUSTAVO A	489883.67	2154034.68	41.00	N.R.	3
3802	N.R.	N.R.	2	DIRAC S.A. DE C.V.	EDUARDO MOLINA	AMPLIACION SAN JUAN	GUSTAVO A	489829.00	2153915.45	41.00	N.R.	3
3803	N.R.	N.R.	2	DIRAC S.A. DE C.V.	EDUARDO MOLINA	AMPLIACION SAN JUAN	GUSTAVO A	489813.01	2153831.82	41.00	N.R.	3
3804	N.R.	N.R.	2	DIRAC S.A. DE C.V.	EDUARDO MOLINA	AMPLIACION SAN JUAN	GUSTAVO A	489581.25	2153297.99	41.00	N.R.	3
3805	N.R.	N.R.	2	DIRAC S.A. DE C.V.	EDUARDO MOLINA	AMPLIACION SAN JUAN	GUSTAVO A	489493.74	2153087.35	41.00	N.R.	3
3806	N.R.	N.R.	2	DIRAC S.A. DE C.V.	EDUARDO MOLINA	AMPLIACION SAN JUAN	GUSTAVO A	489388.56	2152824.61	31.00	N.R.	3
3807	N.R.	N.R.	2	DIRAC S.A. DE C.V.	EDUARDO MOLINA	AMPLIACION SAN JUAN	GUSTAVO A	489290.45	2152552.22	38.00	N.R.	3
3808	N.R.	N.R.	2	DIRAC S.A. DE C.V.	EDUARDO MOLINA	AMPLIACION SAN JUAN	GUSTAVO A	489195.53	2152324.60	40.00	N.R.	3
3809	N.R.	N.R.	2	DIRAC S.A. DE C.V.	EDUARDO MOLINA	AMPLIACION SAN JUAN	GUSTAVO A	489093.02	2152081.81	40.00	N.R.	3
3810	N.R.	N.R.	2	DIRAC S.A. DE C.V.	EDUARDO MOLINA	AMPLIACION SAN JUAN	GUSTAVO A	488982.92	2151778.32	40.00	N.R.	3

CLAVE	MES	ANO	TIPO	EJECUTOR	CALLE NUMERO	COLONIA	DELEGACIO	COOR X	COOR Y	PROF	NAF	ZONA
3811	N.R.	N.R.	2	DIRAC S.A. DE C.V.	EDUARDO MOLINA	AMPLIACION SAN JUAN	GUSTAVO A	488781.57	2151284.91	40.00	N.R.	3
3812	N.R.	N.R.	2	DIRAC S.A. DE C.V.	EDUARDO MOLINA	AMPLIACION SAN JUAN	GUSTAVO A	488731.69	2151150.73	40.00	N.R.	3
3824	FEBRERO	1995	4	ACI	CALZ. SAN JUAN DE ARAGON NO. 389	GRANJAS MODERNAS	GUSTAVO A	489665.20	2153553.93	30.00	3.0	3
3825	ENERO	1996	5	ACI	GRAL. ANTONIO LOPEZ DE SANTA ANA NC	MARTIN CARRERA	GUSTAVO A	488771.08	2154593.47	22.50	1.5	3
3871	ABRIL	1948	6	I. DE I. (UNAM) - ICA	CALZ. SAN JUAN DE ARAGON	CONSTITUCION DE LA R	GUSTAVO A	489447.03	2153796.25	71.00	2.8	3
3878	JUNIO	1949	6	I. DE I. (UNAM) - ICA	TENERIA	AZTECA	VENUSTIANG	488682.46	2148945.11	40.00	1.6	3
3881	OCTUBRE	1950	6	I. DE I. (UNAM) - ICA	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LA FLORIDA CIUDAD AZT	ECATEPEC	499563.09	2161404.77	45.00	2.3	3
3904	AGOSTO	1951	6	I. DE I. (UNAM) - ICA	FRAY SERVANDO TERESA DE MIER, AV DR	JARDIN BALBUENA	VENUSTIANG	488402.74	2147008.86	90.00	1.9	3
3905	SEPTIEMBRE	1951	0	I. DE I. (UNAM) - ICA	ECATEPEC, EL CARACOL	JARDINES DE MORELOS	ECATEPEC	499804.02	2163686.71	55.10	NR	3
3907	MARZO	1952	0	I. DE I. (UNAM) - ICA	SAN CRISTOBAL ECATEPEC	SAN CRISTOBAL ECATEP	ECATEPEC	491264.41	2177395.65	29.80	2.5	3
3924	N.R.	N.R.	5	TGC GEOTECNIA	AEROPUERTO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	503702.92	2156637.62	78.50	N.R.	
3925	N.R.	N.R.	4	TGC GEOTECNIA	AEROPUERTO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	505260.70	2156582.51	37.50	N.R.	
3931	N.R.	N.R.	5	TGC GEOTECNIA	AEROPUERTO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500865.10	2158029.03	50.00	N.R.	
3937	N.R.	1948	4	I. DE I. (UNAM) - ICA	CALZ. SAN JUAN DE ARAGON	CONSTITUCION DE LA R	GUSTAVO A	489278.18	2153730.89	71.00	2.3	3
3945	MARZO	1994	4	TGC GEOTECNIA	DRENAJE PARTE NORTE EX LAGO DE TEX	LAS VEGAS XALOSTOC	ECATEPEC	491960.73	2156434.27	70.00	N.R.	3
3946	MARZO	1994	4	TGC GEOTECNIA	DRENAJE PARTE NORTE EX LAGO DE TEX	LAS VEGAS XALOSTOC	ECATEPEC	498550.22	2154851.14	80.00	N.R.	3
3947	MARZO	1994	4	TGC GEOTECNIA	DRENAJE PARTE NORTE EX LAGO DE TEX	NR	TEXCOCO	498172.81	2164396.67	68.00	NR	3
3948	MARZO	1994	4	TGC GEOTECNIA	DRENAJE PARTE NORTE EX LAGO DE TEX	LA FLORIDA CIUDAD AZT	ECATEPEC	498840.26	2160882.45	69.00	NR	3
3949	MARZO	1994	4	TGC GEOTECNIA	DRENAJE PARTE NORTE EX LAGO DE TEX	NR	TEXCOCO	498800.03	2161910.50	69.00	NR	3
3950	MARZO	1994	4	TGC GEOTECNIA	DRENAJE PARTE NORTE EX LAGO DE TEX	NR	TEXCOCO	497839.45	2164867.62	63.80	NR	3
3951	MARZO	1994	4	TGC GEOTECNIA	DRENAJE PARTE NORTE EX LAGO DE TEX	NR	TEXCOCO	497799.21	2165530.33	62.70	NR	3
3952	MARZO	1994	4	TGC GEOTECNIA	DRENAJE PARTE NORTE EX LAGO DE TEX	NR	TEXCOCO	498161.32	2165105.33	20.90	NR	3
3953	MARZO	1994	4	TGC GEOTECNIA	DRENAJE PARTE NORTE EX LAGO DE TEX	NR	TEXCOCO	498667.12	2164674.59	56.00	NR	3
3954	MARZO	1994	6	TGC GEOTECNIA	DRENAJE PARTE NORTE EX LAGO DE TEX	LAS VEGAS XALOSTOC	ECATEPEC	492181.20	2156730.94	66.00	N.R.	3
3955	MARZO	1994	6	TGC GEOTECNIA	DRENAJE PARTE NORTE EX LAGO DE TEX	LAS VEGAS XALOSTOC	ECATEPEC	498467.09	2155057.27	80.00	N.R.	3
3956	MARZO	1994	5	TGC GEOTECNIA	DRENAJE PARTE NORTE EX LAGO DE TEX	NR	TEXCOCO	497856.69	2164864.11	20.90	NR	3
3957	MARZO	1994	2	TGC GEOTECNIA	DRENAJE PARTE NORTE EX LAGO DE TEX	NR	TEXCOCO	498075.10	2164703.30	19.90	NR	3
3958	MAYO	1994	4	TGC GEOTECNIA	INMEDIACIONES DEL LAGO DE TEXCOCO	NUEVA ARAGON	ATENCO	500037.31	2156994.04	43.00	N.R.	
3962	MAYO	1994	4	TGC GEOTECNIA	C. 33	IGNACIO ZARAGOZA	VENUSTIANG	490336.11	2146025.30	60.00	N.R.	3
3990	MAYO	1994	4	TGC GEOTECNIA	AV. VALLE DE SANTIAGO	VALLE DE ARAGON 1A. S	NEZAHUALC	494260.00	2155029.84	50.20	N.R.	3
4031	MARZO	1994	4	TGC GEOTECNIA	VIADUCTO RIO DE LA PIEDAD	IGNACIO ZARAGOZA	VENUSTIANG	490922.55	2145812.27	42.00	N.R.	3
4035	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	CAMINO PENON TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	502972.00	2151620.00	56.00	1.0	3
4036	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	CAMINO PENON TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	504220.00	2152625.00	70.00	1.0	3
4037	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	CAMINO PENON TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	502965.00	2152732.00	70.00	1.0	3
4038	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	CAMINO PENON TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	502055.00	2151741.00	70.00	1.0	3
4039	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	CAMINO PENON TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	503139.00	2152538.00	56.24	1.0	3
4040	NR	1972	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	506868.00	2154966.00	80.00	1.5	3
4041	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	LAGO TEXCOCO SUR	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	504432.00	2152418.00	80.10	1.5	3
4042	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	LAGO TEXCOCO SUR	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	503600.00	2152845.00	79.95	1.6	3
4043	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	LAGO TEXCOCO SUR	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	503938.00	2152160.00	147.60	1.1	3
4044	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	LAGO TEXCOCO SUR	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	504100.00	2153115.00	150.23	1.1	3
4045	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	LAGO TEXCOCO SUR	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499915.00	2148055.00	70.35	N.R.	3
4046	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	LAGO TEXCOCO SUR	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499440.00	2149300.00	63.20	N.R.	3
4047	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	LAGO TEXCOCO SUR	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498530.00	2148708.00	69.98	N.R.	3
4048	NR	1972	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498545.00	2149368.00	75.24	0.0	3
4049	NR	1972	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499290.00	2149208.00	75.06	0.0	3
4050	NR	1972	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498453.00	2148755.00	75.09	0.0	3
4051	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	LAGO TEXCOCO SUR	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499235.00	2149033.00	61.40	0.7	3
4052	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	LAGO TEXCOCO SUR	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	502727.00	2157658.00	69.95	0.3	3
4053	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	LAGO TEXCOCO SUR	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	503597.00	2155353.00	70.05	0.5	3
4054	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	503485.00	2152269.00	63.30	0.7	3
4055	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	503927.00	2156110.00	64.45	0.5	3
4056	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	502549.00	2156321.00	69.66	0.5	3
4057	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499792.00	2157375.00	70.17	0.5	3
4058	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499693.00	2155550.00	70.20	1.0	3

CLAVE	MES	ANO	TIPO	EJECUTOR	CALLE NUMERO	COLONIA	DELEGACIO	COOR X	COOR Y	PROF	NAF	ZONA
4059	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500386.00	2156532.00	69.94	1.0	3
4060	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499169.00	2156533.00	70.00	0.7	3
4061	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	504953.00	2155588.00	10.20	0.9	3
4062	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	506207.00	2157904.00	8.40	1.5	3
4063	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	506764.00	2163028.00	8.20	3.2	2
4064	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	507925.00	2160242.00	8.00	2.9	2
4065	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	508222.00	2159328.00	8.40	1.8	2
4066	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	510678.00	2159695.00	8.40	1.8	2
4067	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	507201.00	2156649.00	20.10	2.3	3
4068	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	510494.00	2156540.00	8.20	1.3	2
4069	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	506131.00	2154082.00	10.13	1.3	3
4070	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	508055.00	2154444.00	10.00	N.R.	3
4071	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	507572.00	2153967.00	10.05	N.R.	3
4072	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	509733.00	2153766.00	10.00	1.9	3
4073	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	505720.00	2150772.00	20.50	0.8	3
4074	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	506703.00	2151065.00	20.10	0.8	3
4075	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	508239.00	2150117.00	15.00	2.0	3
4076	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	507371.00	2149232.00	20.10	0.8	3
4077	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	507772.00	2148004.00	20.22	N.R.	3
4078	NR	1972	1	GEOTEC S.A.	ZONA FEDERAL, LAGO DE TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	508644.00	2146845.00	15.10	2.0	2
4079	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	DREN GENERAL DEL VALLE DE MEXICO T	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498570.00	2153561.00	10.40	N.R.	3
4080	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	DREN GENERAL DEL VALLE DE MEXICO T	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499035.00	2152330.00	15.10	N.R.	3
4081	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	DREN GENERAL DEL VALLE DE MEXICO T	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499040.00	2152335.00	6.30	N.R.	3
4082	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	DREN GENERAL DEL VALLE DE MEXICO T	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499730.00	2150505.00	10.30	N.R.	3
4083	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	DREN GENERAL DEL VALLE DE MEXICO T	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500235.00	2149190.00	10.00	N.R.	3
4084	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	DREN GENERAL DEL VALLE DE MEXICO T	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500778.00	2147852.00	10.20	N.R.	3
4085	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	DREN GENERAL DEL VALLE DE MEXICO T	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	501130.00	2146450.00	14.60	N.R.	3
4086	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	DREN GENERAL DEL VALLE DE MEXICO T	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	501890.00	2145025.00	9.80	N.R.	3
4087	NR	NR	2	GEOTEC S.A.	DREN GENERAL DEL VALLE DE MEXICO. T	JOSE MARIA MORELOS	TEXCOCO	497150.00	2163472.00	25.00	NR	
4088	NR	NR	2	GEOTEC S.A.	DREN GENERAL DEL VALLE DE MEXICO. T	JOSE MARIA MORELOS	TEXCOCO	498578.00	2162421.00	15.00	NR	
4089	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	DREN GENERAL DEL VALLE DE MEXICO T	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498630.00	2160521.00	9.90	N.R.	3
4090	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	DREN GENERAL DEL VALLE DE MEXICO T	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498625.00	2158600.00	10.00	N.R.	3
4091	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	DREN GENERAL DEL VALLE DE MEXICO T	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498630.00	2156422.00	10.00	N.R.	3
4092	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	DREN GENERAL DEL VALLE DE MEXICO T	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498950.00	2152562.00	10.45	N.R.	3
4093	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	DREN GENERAL DEL VALLE DE MEXICO T	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499255.00	2151775.00	10.35	N.R.	3
4094	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ENCUAZAMIENTO RIO CHURUBUSCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	497005.00	2148832.00	15.10	0.0	3
4095	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ENCUAZAMIENTO RIO CHURUBUSCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	497990.00	2149423.00	15.30	0.5	3
4096	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ENCUAZAMIENTO RIO CHURUBUSCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498725.00	2149858.00	15.55	0.5	3
4097	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ENCUAZAMIENTO RIO CHURUBUSCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	496122.00	2148445.00	15.55	0.8	3
4098	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ENCUAZAMIENTO RIO CHURUBUSCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	495153.00	2148122.00	15.60	1.0	3
4099	NR	NR	2	GEOTEC S.A.	PLAN LAGO DE TEXCOCO, CANAL DE LA D	ALFREDO DEL MAZO	TEXCOCO	498325.00	2162641.00	35.00	2.0	3
4100	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	PLAN LAGO DE TEXCOCO, ESTRUCTURA	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499945.00	2149818.00	40.15	0.9	3
4101	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	OBRA DE TOMA DE LA PLANTA DE TRATA	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500030.00	2149798.00	20.10	0.9	3
4102	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	ESTRUCTURA DE CONTROL DEL RIO DE L	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500155.00	2149548.00	36.80	1.5	3
4103	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	PLAN LAGO DE TEXCOCO, BORDO XOCHIA	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	501180.00	2146257.00	65.95	1.5	3
4104	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	DREN DE PRUEBA	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498972.00	2151882.00	50.60	N.R.	3
4105	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	PLAN LAGO DE TEXCOCO, TERRAPLEN DE	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	499855.00	2152641.00	26.15	N.R.	3
4106	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	PLANTA DE TRATAMIENTO, PLAN TEXCOC	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500590.00	2150990.00	55.27	N.R.	3
4107	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	PLANTA DE TRATAMIENTO, PLAN TEXCOC	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500845.00	2151080.00	55.37	N.R.	3
4108	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	PLANTA DE TRATAMIENTO, PLAN TEXCOC	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500832.00	2150865.00	35.10	N.R.	3
4109	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	PLANTA DE TRATAMIENTO, PLAN TEXCOC	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	500647.00	2151208.00	35.00	N.R.	3
4110	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	VIA FERREA DEL SUR, RIO CHURUBUSCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	495639.00	2149750.00	66.45	N.R.	3
4111	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	PISTA OSO 231 ACTUAL, BORDO PONIENT	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	493580.00	2149105.00	68.75	N.R.	3
4112	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	PISTA OSO 231 ACTUAL, PISTA 13-30	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	493937.00	2148520.00	60.03	N.R.	3
4113	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	BORDO PONIENTE, BORDO XOCHIA	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	495130.00	2149332.00	59.50	N.R.	3

CLAVE	MES	ANO	TIPO	EJECUTOR	CALLE NUMERO	COLONIA	DELEGACIO	COOR X	COOR Y	PROF	NAF	ZONA
4114	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	LINEA DE TRANSMISION, CAMINO PENON	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	496340.00	2149723.00	60.78	N.R.	3
4115	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	LINEA DE TRANSMISION, BORDO ORIENTE	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	497538.00	2150435.00	57.80	N.R.	3
4116	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	RIO CHURUBUSCO, LINEA DE TRANSMICION	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	495528.00	2148882.00	60.70	N.R.	3
4117	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	LINEA DE TRANSMISION, PISTA OSO 231	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	496702.00	2148880.00	60.25	N.R.	3
4118	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	FUTURA PISTA OSO 231, BORDO ORIENTE	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	497920.00	2149450.00	63.32	N.R.	3
4119	N.R.	N.R.	2	GEOTEC S.A.	BORDO ORIENTE	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	498645.00	2149870.00	58.86	N.R.	3
4137	N.R.	1986	4	I. DE I. (UNAM) - ICA	CERCANO A CERRO GORDO	SANTA CLARA	ECATEPEC	493246.11	2160646.55	30.00	2.1	2
4153	N.R.	N.R.	5	INGENIEROS ESPECIALISTAS EN CIMENTACION	GRAL. MARTIN CARRERA NO. 77	MARTIN CARRERA	GUSTAVO A	488602.75	2154607.41	28.00	1.8	2
4154	N.R.	N.R.	1	INGENIEROS ESPECIALISTAS EN CIMENTACION	GRAL. MARTIN CARRERA NO. 77	MARTIN CARRERA	GUSTAVO A	488641.66	2154590.82	2.00	1.8	
4160	JUNIO	1987	6	INSTITUTO DE INGENIERIA UNAM	VIADUCTO RIO DE LA PIEDAD	JARDIN BALBUENA	VENUSTIANG	489151.26	2145886.40	40.00	2.0	3
4161	JUNIO	1987	4	INSTITUTO DE INGENIERIA UNAM	VIADUCTO RIO DE LA PIEDAD	JARDIN BALBUENA	VENUSTIANG	489132.69	2145861.22	39.00	N.R.	3
4162	N.R.	N.R.	6	SONDEOS S.A. DE C.V.	VIADUCTO RIO DE LA PIEDAD	JARDIN BALBUENA	VENUSTIANG	488854.55	2145739.08	38.20	2.1	
4206	MAYO	1990	3	INGENIERIA EXPERIMENTAL, S.A.	AV. 1525, AV. 1527	U. H. SAN JUAN DE ARAC	GUSTAVO A	493108.15	2152123.24	55.00	2.1	
4207	MAYO	1990	3	INGENIERIA EXPERIMENTAL, S.A.	AV. 1525, AV. 1528	U. H. SAN JUAN DE ARAC	GUSTAVO A	493091.10	2152097.68	53.00	2.1	
4208	MAYO	1990	6	INGENIERIA EXPERIMENTAL, S.A.	AV. 1525, AV. 1529	U. H. SAN JUAN DE ARAC	GUSTAVO A	493079.16	2152114.72	51.20	3.0	3
4209	N.R.	N.R.	5	TGC GEOTECNIA	AEROPUERTO TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	501245.86	2158961.70	20.50	N.R.	
4210	N.R.	N.R.	4	TGC GEOTECNIA	AEROPUERTO TEXCOCO	LAGO DE TEXCOCO	TEXCOCO	505645.81	2157761.69	52.00	N.R.	
4211	ABRIL	1981	2	ICCE, INGENIEROS CONSULTORES CONT	CERCANO A CERRO GORDO	SANTA CLARA	ECATEPEC	493500.01	2160645.59	13.00	N.R.	2
4212	ABRIL	1981	2	ICCE, INGENIEROS CONSULTORES CONT	CERCANO A CERRO GORDO	SANTA CLARA	ECATEPEC	493618.05	2160689.82	13.00	N.R.	2
4213	OCTUBRE	1979	2	ICCE, INGENIEROS CONSULTORES CONT	CERCANO A CERRO GORDO	SANTA CLARA	ECATEPEC	493496.32	2160549.77	25.00	11.3	2
4214	OCTUBRE	1979	2	ICCE, INGENIEROS CONSULTORES CONT	CERCANO A CERRO GORDO	SANTA CLARA	ECATEPEC	493437.31	2160568.19	25.00	11.0	2
4215	OCTUBRE	1979	2	ICCE, INGENIEROS CONSULTORES CONT	CERCANO A CERRO GORDO	SANTA CLARA	ECATEPEC	493570.10	2160627.17	25.00	10.8	2
4216	OCTUBRE	1979	2	ICCE, INGENIEROS CONSULTORES CONT	CERCANO A CERRO GORDO	SANTA CLARA	ECATEPEC	493488.95	2160590.31	25.00	N.R.	2
4221	FEBRERO	1986	5	ICCE, INGENIEROS CONSULTORES CONT	AV. DE LAS TORRES S/N	INDUSTRIAL CERRO GORDO	ECATEPEC	494290.89	2161504.82	33.00	5.0	
4223	JUNIO	2001	4	ACI	CIUDAD DEPORTIVA "MAGDALENA MIXHUAC"	GRANJAS MEXICO	IZTACALCO	489938.18	2145322.99	42.00	N.R.	
4225	OCTUBRE	1992	5	ICCE, INGENIEROS CONSULTORES CONT	FRESNO S/N	EL CHAMIZALITO	ECATEPEC	497209.99	2163206.96	32.00	7.0	3
4226	OCTUBRE	1992	5	ICCE, INGENIEROS CONSULTORES CONT	FRESNO S/N	EL CHAMIZALITO	ECATEPEC	497397.63	2163089.61	32.00	7.0	3
4246	FEBRERO	1997	2	ACI CIMENTACIONES SA DE CV	MONTES URALES	JARDINES DE MORELOS	ECATEPEC	501446.81	2167455.25	29.00	NR	
4324	AGOSTO	1979	5	INGENIERIA EXPERIMENTAL SA DE CV	FRANCISCO MORAZAN	IGNACIO ZARAGOZA	IZTACALCO	491258.76	2145886.09	53.40	2.5	3
4325	AGOSTO	1979	5	INGENIERIA EXPERIMENTAL SA DE CV	FRANCISCO MORAZAN	IGNACIO ZARAGOZA	IZTACALCO	491239.86	2145895.53	52.20	3.0	3
4326	AGOSTO	1979	5	INGENIERIA EXPERIMENTAL SA DE CV	FRANCISCO MORAZAN	IGNACIO ZARAGOZA	IZTACALCO	491225.69	2145912.07	36.60	2.7	3
4356	SEPTIEMBRE	1995	4	TGC GEOTECNIA	AV. 510	EJIDO DE SAN JUAN DE	GUSTAVO A	491905.69	2152029.26	33.00	N.R.	3
4357	OCTUBRE	1995	4	TGC GEOTECNIA	AV. CENTRAL	VILLA DE ARAGON	NEZAHUALCO	493939.41	2151915.74	50.00	N.R.	3
4393	OCTUBRE	1993	2	INGENIEROS CONSULTORES CONTRATIS	NORTE 74	SALVADOR DIAZ MIRON	GUSTAVO A	489201.07	2152595.21	28.30	2.0	3
4394	OCTUBRE	1993	2	INGENIEROS CONSULTORES CONTRATIS	NORTE 74	SALVADOR DIAZ MIRON	GUSTAVO A	489199.04	2152584.57	25.00	N.R.	3
4395	OCTUBRE	1993	2	INGENIEROS CONSULTORES CONTRATIS	NORTE 74	SALVADOR DIAZ MIRON	GUSTAVO A	489189.19	2152546.29	13.61	5.7	3
4396	OCTUBRE	1993	2	INGENIEROS CONSULTORES CONTRATIS	NORTE 74	SALVADOR DIAZ MIRON	GUSTAVO A	489182.62	2152551.76	15.00	2.5	3
4406	AGOSTO	1994	4	TGC GEOTECNIA	VALLE DE COLORADO	CODICE MENDOCINO II	ECATEPEC	498117.96	2154646.08	50.00	N.R.	3
4412	AGOSTO	1994	4	TGC GEOTECNIA	VALLE DE EUFRATES	VALLE DE ARAGON CTM	ECATEPEC	497311.50	2154986.20	78.00	N.R.	3
4416	DICIEMBRE	2000	2	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			498801.80	2154511.82	6.00	0.1	3
4417	DICIEMBRE	2000	2	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			498815.94	2154602.33	6.00	0.7	3
4418	DICIEMBRE	2000	2	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			498771.62	2154550.00	6.00	0.3	3
4419	DICIEMBRE	2000	2	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			498779.88	2154533.74	6.00	0.0	3
4420	DICIEMBRE	2000	2	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			498791.19	2154577.58	6.00	0.4	3
4421	DICIEMBRE	2000	2	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			498815.94	2154497.67	6.00	0.0	3
4422	DICIEMBRE	2000	2	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			498801.80	2154588.18	6.00	0.5	3
4423	DICIEMBRE	2000	2	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			498755.62	2154550.00	6.00	0.3	3
4424	DICIEMBRE	2000	2	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			498791.19	2154522.42	6.00	0.0	3
4425	DICIEMBRE	2000	2	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			498779.88	2154566.26	6.00	0.3	3
4426	MARZO	2001	4	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			498799.07	2154587.12	51.70	3	
4427	MARZO	2001	4	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			498804.11	2154504.49	51.30		3
4428	ENERO	2001	5	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			491609.68	2152944.36	24.63	1.2	3
4429	ENERO	2001	5	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			490983.92	2155018.43	27.45	2.4	3
4430	ENERO	2001	5	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			491252.26	2155442.95	27.15	1.8	3
4431	DICIEMBRE	2000	5	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			491578.15	2155947.65	27.48	1.5	3

CLAVE	MES	AÑO	TIPO	EJECUTOR	CALLE NUMERO	COLONIA	DELEGACIO	COORD X	COORD Y	PROF	NAF	ZONA
4432	NOVIEMBRE	2000	5	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			492276.97	2156152.11	30.90	2.2	3
4433	NOVIEMBRE	2000	5	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			492771.86	2155959.56	29.80	2.0	3
4434	NOVIEMBRE	2000	5	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			493093.97	2155799.94	29.30	1.0	3
4435	NOVIEMBRE	2000	5	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			494459.11	2155355.63	31.00	1.8	3
4436	NOVIEMBRE	2000	5	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			494877.51	2155179.16	32.70	2.2	3
4437	FEBRERO	2001	5	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			498808.72	2154505.41	51.50	1.5	3
4438	MARZO	2001	5	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			498804.80	2154587.89	51.50	1.2	3
4439	ENERO	2001	5	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			495067.62	2155061.24	51.50	1.6	3
4440	FEBRERO	2001	5	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			498785.54	2154528.08	52.50	1.5	3
4441	FEBRERO	2001	5	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			498785.54	2154571.92	51.90	1.5	3
4442	ENERO	2001	5	PROFESIONISTAS EN GEO-CONTROL SA	TUNEL RIO DE LOS REMEDIOS Y PLANTA DE BOMBEO CASA COLORADA			493167.03	2155762.04	45.70	3.4	3
4443	N.R.	1997	5	CFE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	497272.00	2164627.00	60.00	9.9	3
4444	N.R.	1997	5	CFE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	497961.00	2164381.00	60.00	10.0	3
4445	N.R.	1997	5	CFE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	498158.00	2164111.00	60.00	9.8	3
4446	N.R.	1997	5	CFE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	498725.00	2164365.00	60.00	10.2	3
4447	N.R.	1997	5	CFE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	498251.00	2164359.00	60.00	9.8	3
4448	N.R.	1997	4	CFE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	497751.00	2164384.00	60.00	10.7	3
4449	N.R.	1997	4	CFE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	498073.00	2164226.00	30.00	10.0	3
4450	N.R.	1997	4	CFE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	498158.00	2164111.00	60.00	9.5	3
4451	N.R.	1997	4	CFE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	498248.00	2163994.00	60.00	10.2	3
4452	N.R.	1997	4	CFE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	498310.00	2164234.00	30.00	10.1	3
4453	N.R.	1997	4	CFE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	498238.00	2164348.00	60.00	10.1	3
4454	N.R.	1997	4	CFE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	498112.00	2164507.00	30.00	10.0	3
4455	N.R.	1997	4	CFE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	498269.00	2164633.00	60.00	10.0	3
4456	N.R.	1997	4	CFE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	498392.00	2164467.00	30.00	10.2	3
4457	N.R.	1997	4	CFE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	498470.00	2164357.00	60.00	10.1	3
4458	N.R.	1997	4	CFE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	498720.00	2164361.00	60.00	10.0	3
4459	N.R.	1997	4	CFE	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	498405.00	2164111.00	60.00	10.1	3
4460	ABRIL	1997	5	INGENIERIA EXPERIMENTAL	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	501110.00	2161805.00	60.20	3.6	3
4461	ABRIL	1997	4	INGENIERIA EXPERIMENTAL	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	500831.00	2162121.00	65.00	3.8	3
4462	ABRIL	1997	4	INGENIERIA EXPERIMENTAL	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	501057.50	2162247.50	65.00	3.9	3
4463	ABRIL	1997	4	INGENIERIA EXPERIMENTAL	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	501561.00	2161590.50	65.00	3.9	3
4464	ABRIL	1997	4	INGENIERIA EXPERIMENTAL	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS	TEXCOCO NORTE	ECATEPEC	500794.00	2161247.50	65.00	3.9	3
4465	ABRIL	1997	4	IPESA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	503293.22	2158821.39	53.45	0.8	3
4466	ABRIL	1997	5	IPESA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	501894.45	2157745.44	75.00	1.1	3
4467	MARZO	2001	4	GEOSOL, S.A. DE C.V.	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	503479.00	2155621.00	52.00	NR	3
4468	MARZO	2001	1	GEOSOL, S.A. DE C.V.	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	491389.00	2147895.00	61.60	3.8	3
4469	MARZO	2001	1	GEOSOL, S.A. DE C.V.	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	502552.00	2158022.00	37.18	2.0	3
4470	MARZO	2001	1	GEOSOL, S.A. DE C.V.	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	506738.00	2159726.00	24.40	8.3	2
4471	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	500669.02	2156947.17	51.00	NR	3
4472	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	502771.07	2156819.70	52.00	NR	3
4473	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	503702.92	2156637.62	78.50	NR	3
4474	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	505260.70	2156582.51	37.80	NR	3
4475	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	500865.10	2158029.03	50.00	NR	3
4476	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	505645.81	2157761.69	20.20	NR	3
4477	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	501245.86	2158961.70	51.50	NR	3
4478	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	502819.36	2159010.21	95.00	NR	3
4479	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	504560.30	2158910.09	31.00	NR	3
4480	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	506015.14	2158828.74	28.80	NR	3
4481	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	501937.73	2160113.10	51.20	NR	3
4482	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	503321.77	2159844.88	50.50	NR	3
4483	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	506384.46	2159895.78	30.10	NR	2
4484	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	501960.15	2161190.72	50.50	NR	3
4485	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	502895.44	2161138.41	50.00	NR	3
4486	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	505285.22	2161004.77	30.10	NR	3

CLAVE	MES	ANO	TIPO	EJECUTOR	CALLE NUMERO	COLONIA	DELEGACION	COORD X	COORD Y	PROF	NAF	ZONA
4487	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	506740.15	2160923.41	30.50	NR	2
4488	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	502808.65	2157932.65	50.00	NR	3
4489	N.R.	2001	2	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	503592.11	2160370.80	31.60	NR	2
4490	N.R.	2001	2	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	503693.34	2160681.49	31.15	NR	3
4491	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	503419.58	2161108.93	32.00	NR	3
4492	N.R.	2001	2	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	504131.21	2161036.33	30.60	NR	3
4493	N.R.	2001	2	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	504016.24	2160553.10	30.00	NR	3
4494	N.R.	2001	2	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	504790.44	2160911.03	22.70	NR	2
4495	N.R.	2001	2	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	504641.29	2160468.59	24.19	NR	3
4496	N.R.	2001	2	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	504361.64	2161758.67	31.20	NR	3
4497	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	502258.72	2155216.00	51.50	NR	3
4498	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	505466.65	2155756.00	51.20	NR	3
4499	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	507702.35	2162355.98	30.00	NR	2
4500	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	505505.83	2162356.98	32.00	NR	3
4501	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	503272.84	2162352.51	34.20	NR	3
4502	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	501868.15	2162354.10	30.50	NR	3
4503	N.R.	2001	4	TGC GEOTECNIA	NUEVO AEROPUERTO	TEXCOCO NORTE	ATENCO	505758.94	2154878.73	50.20	NR	3