



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

**CONDICIONES HIDROGEOLÓGICAS AL SUR
PONIENTE DE LA SIERRA DE SANTA
CATARINA**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO GEÓLOGO

P R E S E N T A:

JORGE ABEL GÓMEZ NAVA

DIRECTOR DE TESIS: ING. ANTONIO HERNÁNDEZ ESPRIU



MÉXICO, D.F. MAYO 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A mi madre margarita Nava Becerril por todo su apoyo, amor incondicionales en todo momento y por su gran ejemplo de cumplimiento y trabajo que fueron o básico para el logro de mis objetivos, GRACIAS. A mi padre Jorge Gómez Arvizu por su apoyo y consejos en el estudio, además de enseñarme a mirar a mi patria con conciencia Gracias.

A mis hermanas Mirian, Lourdes y Carmen por todo su apoyo en todo momento así como el ejemplo en dedicación y esfuerzo el cual me ayudo durante toda la carrera y en mi vida.

A mi abuelita Maria Becerril Ávila que descanse en paz, por el gran amor que siempre me dio y enseñarme a querer sin condiciones, Gracias.

A todos mis amigos los cuales han estado y estarán en los momentos importantes de mi vida.

A mi director de tesis el Ing. Antonio Hernández Espriu por la gran por su apoyo durante la realización de la tesis, además de brindarme sus conocimientos.

Y a todos los que contribuyeron de forma directa e indirecta en la realización de la tesis.

ÍNDICE

Capítulo I Introducción	1
I.1 Justificación	2
I.2 Objetivos, Alcances y Localización	3
I.3 Metodología	3
Capítulo II Geología	4
II.1 Geología Regional	5
II.2 Geología Local	8
Capítulo III Hidrogeología	13
III.1 Unidades hidrogeológicas	13
III.2 Funcionamiento y tipo de acuífero	13
III.3 Análisis Piezométrico	15
III.3.1 Profundidad del Nivel Estático	16
III.3.2 Elevación del Nivel Estático	22
III.3.3 Evolución del Nivel Estático	29
III.3.4 Variación del Nivel Estático Respecto al Tiempo	35
Capítulo IV Problemática del agua subterránea en la zona de estudio	36
Capítulo V Conclusiones y Recomendaciones	39
VI.- Referencias citadas	42
Anexo 1 Hidrógrafos de Pozos	46
Anexo 2 Registro de la problemática en campo	51

LISTA DE FIGURAS

Figura II.1.- Mapa tectónico generalizado del sistema de subducción mexicano.....	4
Figura II.2.- Subducción de la placa de Cocos y Rivera en la placa Norteamericana.....	5
Figura II.3.- Antiguo lago de la Ciudad de México.....	7
Figura II.4.- Columna estratigráfica en la zona.....	12
Figura III.1.- Hidrógrafo.....	35

LISTA DE TABLAS

Tabla III.1.- Unidades hidrogeológicas.....	13
Tabla III.2.- Datos piezométricos del nivel estático proporcionados por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México.....	15
Tabla III.3.- Elevación del nivel estático datos obtenidos.....	22
Tabla III.4.- Datos de evolución (1985-2005).....	29
Tabla III.5.- Datos de evolución (1990-2005).....	29
Tabla III.6.- Datos de evolución (1995-2005).....	29
Tabla III.7.- Datos de evolución (2003-2005).....	30
Tabla IV.1.- Consecuencias por subsidencia del terreno.....	37

LISTA DE IMÁGENES

Imagen I.1.- Geomorfología de la Sierra de Santa Catarina.....	3
Imagen IV.1 Ubicación de la zona con problemática por subsidencia del terreno.....	36
Imagen IV.2 Ruptura de los ductos de PEMEX por subsidio del terreno. 5/julio/07.....	37

LISTA DE PLANOS

Plano III.1.- División de acuíferos.....	14
Plano III.2.- Profundidad del Nivel Estático, configuración 1985.....	17
Plano III.3.- Profundidad del Nivel Estático, configuración 1990.....	18
Plano III.4.- Profundidad del Nivel Estático, configuración 1995.....	19
Plano III.5.- Profundidad del Nivel Estático, configuración 2003.....	20
Plano III.6.- Profundidad del Nivel Estático, configuración 2005.....	21
Plano III.7.- Elevación del Nivel Estático, configuración 1985.....	24
Plano III.8 Elevación del Nivel Estático, configuración 1990.....	25
Plano III.9 Elevación del Nivel Estático, configuración 1995.....	26
Plano III.10 Elevación del Nivel Estático, configuración 2003.....	27
Plano III.11 Elevación del Nivel Estático, configuración 2005.....	28
Plano III.12 Evolución del Nivel Estático configuración 1985-2005.....	31
Plano III.13 Evolución del Nivel Estático configuración 1990-2005.....	32
Plano III.14 Evolución del Nivel Estático configuración 1995-2005.....	33
Plano III.15 Evolución del Nivel Estático configuración 2003-2005.....	34

Capítulo I Introducción

El agua subterránea es la principal fuente de abastecimiento de agua potable para la Ciudad de México, para abastecer aproximadamente a 9 millones de habitantes y cerca del 30% de la industria del país (INEGI-INE, 2005).

Es necesario conocer la variación de la profundidad de los niveles del agua, ya que estos presentan una constante modificación dependiendo del grado y forma de explotación a que se encuentran sujetos. El conocimiento de los niveles de agua ha permitido definir políticas de extracción de agua subterránea y su preservación. Ello, ha permitido también conocer la variación de los volúmenes almacenados, así como los efectos colaterales ocasionados por el bombeo de agua subterránea, principalmente los hundimientos del terreno.

La Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica del Departamento del Distrito Federal, a través de la Subdirección de Programación, planeo la medición de los niveles agua para el año 2003, en el Distrito Federal.

Estas mediciones son parte fundamental del balance de aguas subterráneas. Son también un auxiliar para el estudio de los asentamientos del terreno, así como elemento esencial para complementar el modelo matemático del acuífero. En conjunto, constituyen la base para establecer las políticas de extracción de agua más convenientes.

La Sierra de Santa Catarina, ha sido objeto de diferentes estudios geológicos de los cuales se han obtenido diferentes aportes. A continuación se mencionan en orden cronológico, los más importantes.

Entre los primeros trabajos se encuentra el de Ordoñez (1895) quien estudió las características petrológicas de las lavas de la Sierra de Santa Catarina y clasificó a las lavas como andesitas de hiperstena en 1910, Arellano (1948) definió parte de la estratigrafía de los depósitos lacustres de la Cuenca de México y su relación con los depósitos volcánicos derivados de los diferentes centros eruptivos entre los cuales se encuentran los que conforman la Sierra de Santa Catarina.

Rodríguez y González (1989) realizaron estudios geohidrológicos y propusieron que el sistema acuífero de la subcuenca de Chalco, presenta un comportamiento hidrodinámico controlado por las características y el régimen de carga.

Entre los trabajos de índole estructural se encuentran los elaborados por Mooser et al., (1996) y De Cserna et al., (1988). Estos autores contribuyeron en el comportamiento tectónico de la cuenca de México, por medio del análisis regional de fallas y fracturas, apoyándose en estudios de gravimetría y el análisis de información sísmica.

Niedzielski (1991) realizó el análisis de la relación $Q = f(s)$ con base en datos de aforo para cada uno de los trece pozos del ramal de Santa Catarina-Mixquic, localizados al sur de la Sierra de Santa

Catarina, determinó que el acuífero presente en la zona es de tipo libre, incluso en aquellos lugares que inicialmente presentaron un carácter confinado.

Lugo (1994) elaboró un mapa geomorfológico de la Sierra de Santa Catarina, en el que detalló los procesos morfogénicos (endógenos y exógenos) y resaltó el impacto provocado por la explotación de las minas existentes en el área, además, consideró que la Sierra de Santa Catarina inició su formación en el oeste con el Volcán Yohualixqui y culminó hacia el oriente con el domo Tecuautzi.

Un importante aporte al conocimiento de la historia geológica de la Sierra de Santa Catarina lo realizó Urrutia (1995), quien publicó resultados de estudios paleomagnéticos para unidades volcánicas y zonas aledañas. Determinó una edad del Pleistoceno tardío, siendo los volcanes Xaltepec, Tetecón, Guadalupe y Tecuautzi los más jóvenes, indicados por la polaridad normal e intermedia y de acuerdo con observaciones morfológicas.

Campos et al., (1997) realizando secciones gravimétricas en la subcuenca de Chalco determinó la existencia de una falla con orientación este-oeste con buzamiento hacia el norte. Definió el basamento de la región a una profundidad de 500 m aproximadamente.

El Servicio Geológico Metropolitano (2000) realizó un dictamen técnico para evaluar los peligros de origen geológico en 8 diferentes predios de la Sierra de Santa Catarina. Posteriormente elaboró el mapa de peligros geológicos para toda la Sierra.

En los últimos 18 años, el Sistema de Aguas del Distrito Federal (antes DGCOH), ha realizado de manera sistemática, la medición anual de los niveles estáticos en los pozos piloto ubicados en el Distrito Federal. Con ello, se da seguimiento al comportamiento del acuífero que es una importante fuente de abastecimiento de agua potable de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM).

I.2 Justificación

Dicho requerimiento fue realizado por motivos de la gran problemática de subsidencia de terreno en distintas partes de la delegación Iztapalapa y zonas aledañas, como fue la ruptura de los ductos de Pemex el pasado 5 de julio 2007, fracturas y hundimientos que han surgido en diferentes viviendas y las más de 3000 grietas que tienen lugar en dicha delegación y por todo esto es necesario entender el factor principal que da paso a que estos problemas sucedan y obviamente pensar en detenerlo y remediarlo de forma inmediata, puesto que la mancha urbana seguirá creciendo y con ello la explotación intensiva de agua, la cual traerá más problemas en un futuro inmediato.

La justificación manejada menciona que dicho problema se debe a fallas geológicas que se existen en el lugar, en este trabajo se muestra la problemática que se ha tenido en la zona de estudio por la explotación intensiva de agua.

I.3 Objetivos, Alcances y Localización

- A) Conocer y discutir el estado piezométrico del acuífero en el período 1984-2005, a través de datos de los pozos que integran la red de agua potable del sistema de agua de la Ciudad de México.
- B) Contribuir al conocimiento geológico-hidrogeológico de la sierra de Santa Catarina.

Localización.

La Sierra de Santa Catarina es una cadena montañosa que se localiza en el oriente de la Ciudad de México, en las partes de las delegaciones políticas de Tlahuac e Iztapalapa en el Distrito Federal y en los municipios de Chalco, Iztapaluca, La Paz, Netzahualcóyotl y Chicoloapan en el estado de México. Sus coordenadas geográficas que la enmarcan son; 98° 53' a 99° 00' longitud Oeste y 19° 15' a 19° 23' latitud Norte, esta zona tiene un área aproximadamente de 190 km². Las poblaciones más importantes que se ubican dentro del área son: Santa Catarina Yecahuizotl, Tlalpizahuac, Magdalena Atlicpan, Ayotla, Tlapacoya, Ixtapaluca, Valle de Chalco, San Miguel Xico, San Francisco Tlaltenco, Los Reyes y parte de Ciudad Netzahualcóyotl y San Pedro Tláhuac. **Ver (imagen I.1).**

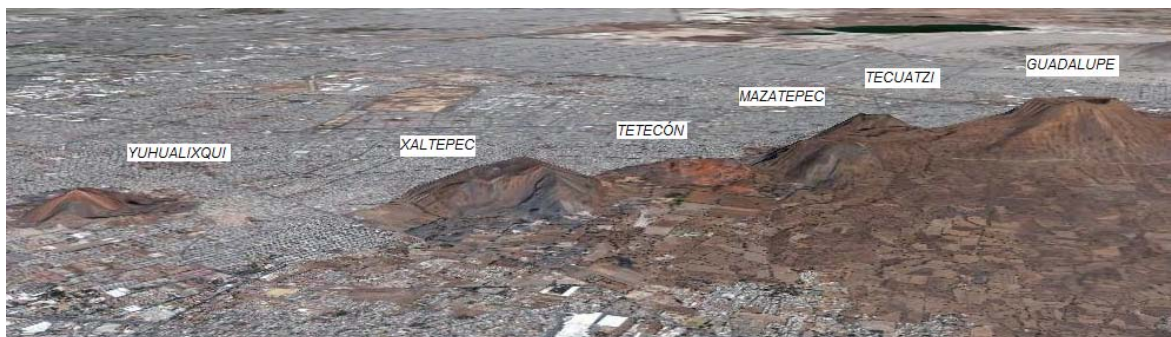


imagen I.1 Geomorfología de la Sierra de Santa Catarina. Mejorado de: José Lugo Hubp (1994.)

I.4 Metodología.

Para la realización de esta tesis se recopiló y analizó información geológica e hidrológica para comprender las condiciones hidrogeológicas y problemática en especial la parte sur-poniente de la sierra de Santa Catarina.

La información se extrajo de trabajos realizados por distintas instituciones como la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (DGCOH), Sistemas de Agua de la Ciudad de

México (SACM), La Comisión Nacional del Agua (CNA), Protección Civil (PC), Instituto de Geología de la UNAM, artículos y boletines diversos. También se utilizó información de internet para imágenes y datos representativos.

En lo que respecta al trabajo de campo se visitó en varias ocasiones la zona de estudio para hacer la recopilación de imágenes las cuales nos muestran las fracturas y grietas que tienen las casas y calles así mismo las remediaciones aportadas por el Gobierno de la Ciudad de México (GCM), también se trató de ingresar a los pozos de agua para hacer mediciones del nivel freático lo cual no fue posible pues no se logró conseguir el permiso.

II Geología

Con el fin de entender cómo se lleva a cabo los diferentes fenómenos geológicos en el área, es necesario describir la evolución geológica, para así, conocer en tiempo y espacio, la distribución de los materiales y grado de permeabilidad y su implicación en el modelo de funcionamiento hidrológico.

II .1 Geología Regional

La zona de estudio se localiza en la parte centro-oriental de la provincia geológica denominada Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM), (**figura II.1**), la cual se extiende en dirección este-oeste atravesando la República Mexicana. Esta provincia tiene un ancho de 20 a 70 km y aproximadamente 1000 km de extensión (Ortega-Gutiérrez et al, 1992). Dicha faja se encuentra situada entre los paralelos 19° 00' y 21° 00' de latitud norte y extendiéndose desde Veracruz en las costas del Golfo de México hasta cerca de puerto Vallarta en las costas del Océano Pacífico (Venegas et al., 1985).

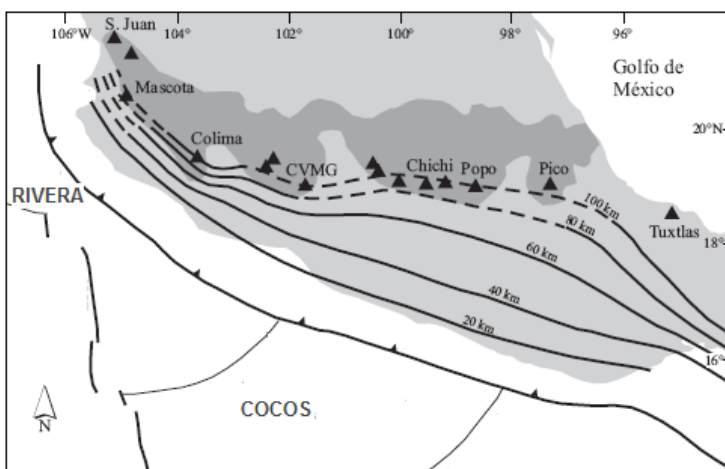
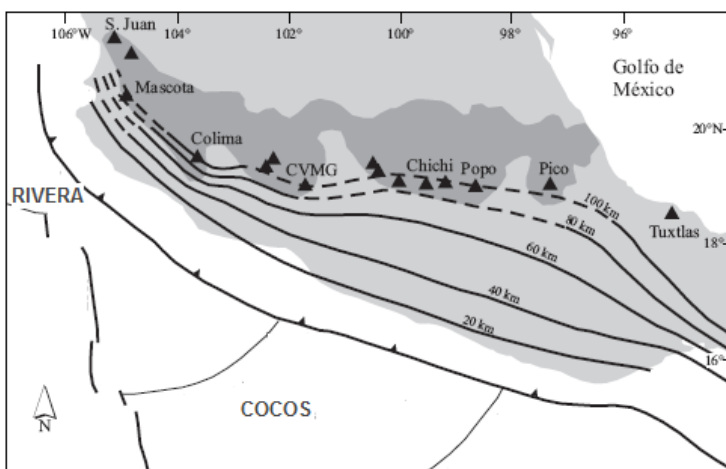


Figura II.1 Mapa tectónico generalizado del sistema de subducción mexicano. FVTM, las curvas de nivel representan la profundidad de la placa oceánica. Modificado de Gómez Tuena (2005)

México (SACM), La Comisión Nacional del Agua (CNA), Protección Civil (PC), Instituto de Geología de la UNAM, artículos y boletines diversos. También se utilizó información de internet para imágenes y datos representativos.

En lo que respecta al trabajo de campo se visitó en varias ocasiones la zona de estudio para hacer la recopilación de imágenes las cuales nos muestran las fracturas y grietas que tienen las casas y calles así mismo las remediaciones aportadas por el Gobierno de la Ciudad de México (GCM), también se trató de ingresar a los pozos de agua para hacer mediciones del nivel freático lo cual no fue posible pues no se logró conseguir el permiso.



Capítulo II Geología

Con el fin de entender cómo se lleva a cabo los diferentes fenómenos geológicos en el área, es necesario describir la evolución geológica, para así, conocer en tiempo y espacio, la distribución de los materiales y grado de permeabilidad y su implicación en el modelo de funcionamiento hidrológico.

II .1 Geología Regional

La zona de estudio se localiza en la parte centro-oriental de la provincia geológica denominada Faja Volcánica Trans-Mexicana (FVTM), (**figura II.1**), la cual se extiende en dirección este-oeste atravesando la República Mexicana. Esta provincia tiene un ancho de 20 a 70 km y aproximadamente 1000 km de extensión (Ortega-Gutiérrez et al, 1992). Dicha faja se encuentra situada entre los paralelos 19° 00' y 21° 00' de latitud norte y extendiéndose desde Veracruz en las costas del Golfo de México hasta cerca de puerto Vallarta en las costas del Océano Pacífico (Venegas et al., 1985).

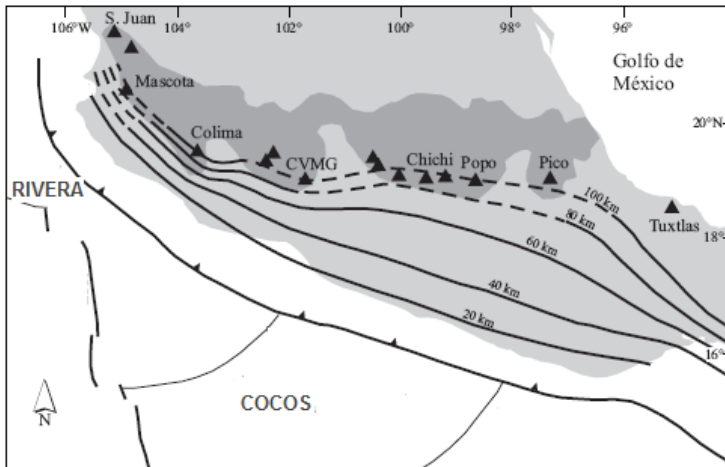


Figura II.1 Mapa tectónico generalizado del sistema de subducción mexicano. FVTM, las curvas de nivel representan la profundidad de la placa oceánica. Modificado de Gómez Tuena (2005)

A nivel regional la FVTM se ha dividido en tres grandes sectores con características vulcanológicas, estructurales y petrológicas propias, siendo estos: sector occidental, central y oriental. El sector occidental esta caracterizado por la presencia de un punto triple formado por las fosas tectónicas de Tepic-Zacoalco, Colima y Chápala (Luhr y Carmichael,1985).

El sector central constituido principalmente por vulcanismo monogénético de la región de Michoacán-Guanajuato, y por último el sector oriental que está caracterizado por la presencia de grandes estratovolcanes (Demant, 1981 y Nixon et al.,1987).

En cuanto al origen de la FVTM se han propuesto diversas teorías, por ejemplo: Mooser (1958), propone que la FVTM es una estructura que se debe a la prolongación de la Falla Clarión. el mismo autor propone la teoría de la Geosutura Precámbrica (1974), debajo de la cual se debía presentar un fenómeno de calentamiento diferencial de la corteza. Más tarde en 1975, sugiere que la geosutura, pudo haber sido reactivada por la subducción a lo largo de la costa Oaxaca-Guerrero. Gastil et al., (1973), proponen que el vulcanismo corresponde a un sistema de fallas transcurrentes dextrales de dirección casi N-S, asociado al sistema de apertura del Golfo de California. Demant (1978), considera que la Placa de Cocos al subducirse bajo la Placa Norteamericana da lugar a las condiciones de presión y temperatura que producen fusión parcial de la corteza continental, por lo que el magma puede ascender directamente desde la zona de fusión parcial de la corteza hasta la superficie, o llegar a cámaras magmáticas intermedias y de ahí ascender. Posteriormente Nixon et. al. (1982) estima velocidades de convergencia de 6 a 7 cm por año y concluye que la FVTM también es resultado de la subducción de la Placa Rivera **figura (II.2)**

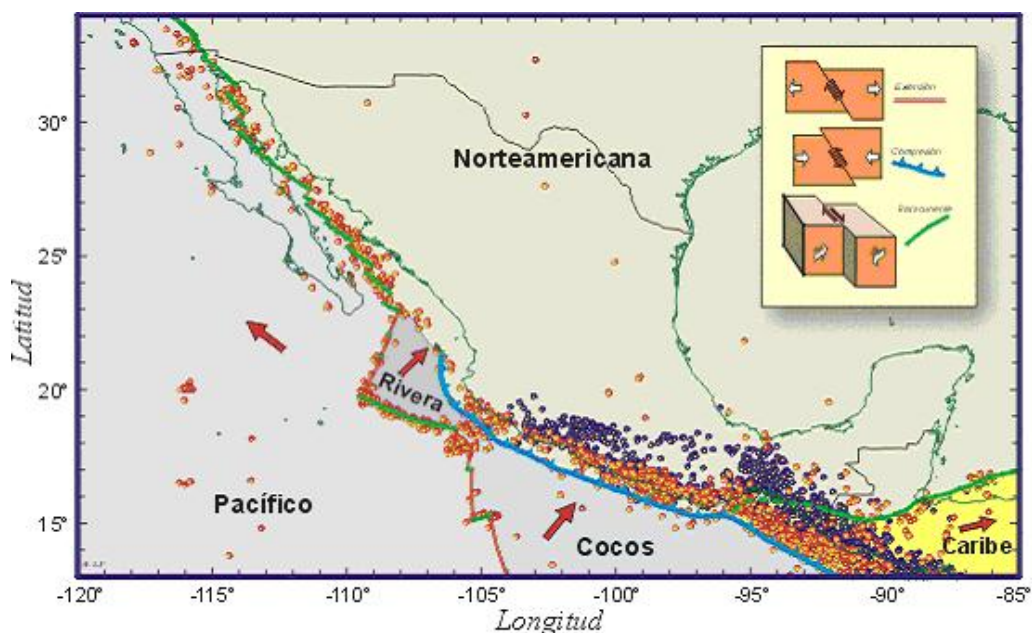


Figura II.2 Subducción de la placa de Cocos y Rivera en la placa Norteamericana (archaeology.asu.edu)

El fenómeno de subducción entre estas dos placas sigue un factor de movimiento orientado al NW con una pendiente promedio de 15° a 20° aproximadamente, una velocidad hipotética de unos 6 cm/año y llega a una profundidad de 75 a 80 km bajo el límite meridional de la FVTM.

La convergencia de estas dos placas, da como resultado un vector de movimiento con esfuerzo compresivo cuya orientación es cercana a N 45°E y no solo produce el cabalgamiento de la placa continental sobre la placa oceánica, sino también la acumulación de esfuerzos tectónicos compresivos dentro la placa continental.

Existen diversos estudios en los cuales se ha tratado de establecer la edad del vulcanismo de la FVTM: Ordóñez (1895), Bryan (1948) y Garay-Maldonado (1975), establecen un rango de edad para el vulcanismo en esta región entre los 10,000 y 40,000 años, de acuerdo a las relaciones estratigráficas de los depósitos volcánicos entre sí, y de estos con los depósitos lacustres que rodean a la sierra.

Algunos autores han mencionado que es posible reconocer hasta tres fases de vulcanismo en México: una fase Cretácica, una Oligo-Miocénica y otra Plio-Cuaternaria, en estas fases se observa una evolución espacio-química-temporal (Mooser, 1974, Negendank, 1972 y Nixon et al., 1987).

Se considera que el inicio la FVTM posiblemente ocurrió a fines del Mioceno Medio con una amplia manifestación en el Mioceno Tardío y con una configuración similar a la actual (Ferrari, 1999).

El basamento Pre-Cuaternario de las rocas volcánicas de la Cuenca de México y la Sierra de Santa Catarina está conformado por rocas sedimentarias y volcánicas del Cretácico Tardío y Terciario Temprano.

Las rocas sedimentarias como son calizas, anhidritas y conglomerados del Cretácico Superior, fueron perforadas a una profundidad de 2100 m, respecto a la elevación media de la planicie, estas rocas subyacen discordantemente a sedimentos continentales, intercalados con derrames de basalto y brechas (Schlaepfer, 1968); estas rocas han sido clasificadas como Formación Morelos-Cuautla, también se correlacionan con las formación El Doctor, Mezcala y Balsas del Terciario Temprano (Sthlaepfer, 1968).

La historia de México indica que la ciudad inició su construcción dentro de un islote en la parte central de un lago (**figura II.3**). Este lago cubría extensa área que se continuaba hacia el noreste hasta Texcoco y al sur hasta Xochimilco. Los Aztecas ganaron terreno al lago construyendo chinampas, que son acumulaciones de material arcilloso arriba del nivel del agua, sitios donde realizaban sus cultivos. Por otra parte, se construyeron bordos para evitar la inundación de áreas

que se incorporaban al cultivo, a fin de ganarle tierra firme al lago. Ya en el presente siglo, se iniciaron obras para el drenaje de la ciudad, lo cual aceleró el secado de los lagos.

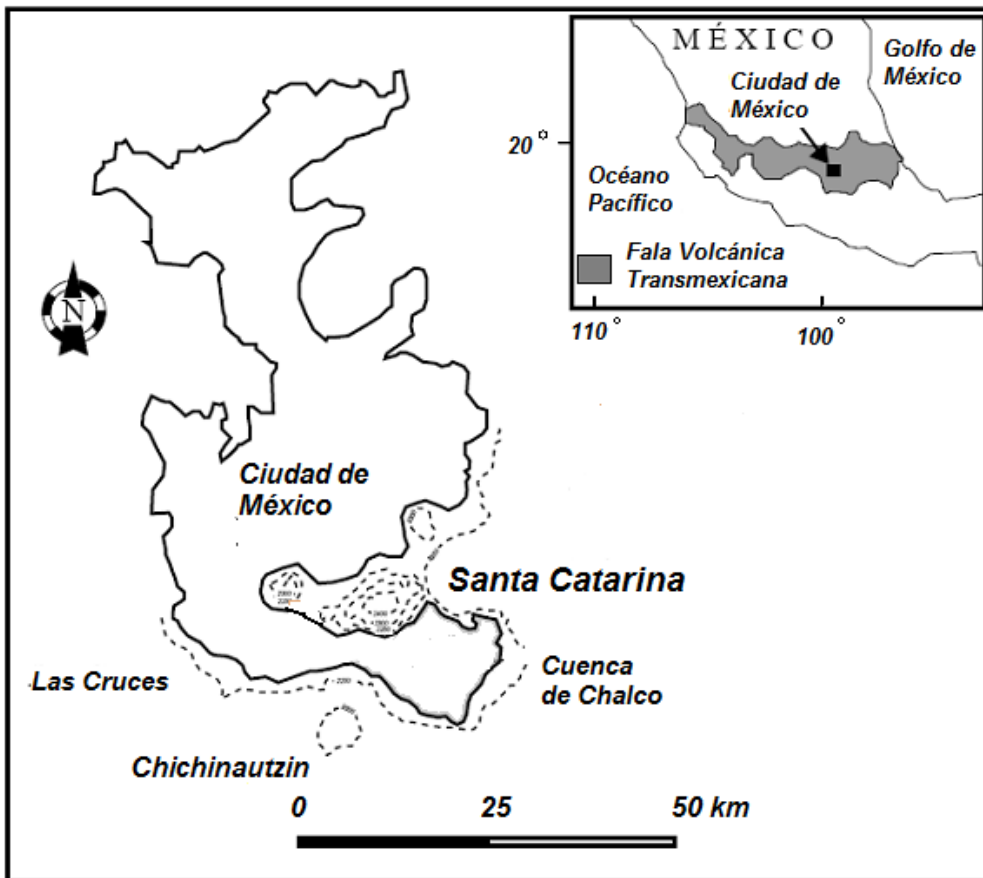


Figura II.3 Antiguo lago de la Ciudad de México (archaeology.asu.edu)

Las arcillas producidas como azolve de estos lagos, hidrogeológicamente son un elemento importante en el comportamiento del agua subterránea.

La Sierra de Santa Catarina está localizada en la parte sur de la Cuenca de México, de Oeste-Este está constituida por los volcanes: Yuhualixqui, Xaltepec, Tetecón, Mazatepec, Tecuautzi, Guadalupe y La Caldera los cuales están alineados en dirección Noreste-Suroeste. Tiene una longitud de 12 km y una anchura de 6 km. La sierra define el parteaguas que divide a los lagos de Chalco-Xochimilco al sur y el lago de Texcoco al norte.

Los materiales que constituyen el subsuelo del Valle de México corresponden a una intercalación de productos volcánicos tales como lavas, tobas y cenizas, que incluyen materiales granulares transportados por ríos y arroyos provenientes de las partes topográficamente altas. Cubriendo a

dichos materiales y en espesores variables, se encuentran arcillas y arenas finas que son el producto del sedimento o azolve de los antiguos lagos.

II.2 Geología local

La sierra de Santa Catarina corresponde a productos de emisiones volcánicas de composición basáltica y edad reciente. Predominan gravas de tezontle las cuales se encuentran intercaladas con cenizas volcánicas, arenas y lavas que en general le imprimen una alta permeabilidad. Los pozos perforados rinden caudales entre 80 -120 L/s.

El subsuelo en la sierra de Santa Catarina fue identificado por las 10 perforaciones que corresponden a los pozos que conforman la zona de estudio los cuales son identificados como SC-4, SC-5, SC-6, SC-7, SC-8, SC-9, SC-10, SC-11, SC-12, SC-13 , construidos por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México las cuales nos muestran la variedad e intercalación de materiales que constituyen la zona de estudio, enseguida se mencionan los cortes litológicos de cada pozo.

Pozo SC-4.- Dicho corte alcanzo una profundidad de 450m está constituido por intercalaciones de: (0-20m) Cenizas, (20-30m) arcillas, (30-50m) cenizas, (50-78m) arcillas, (78-95m) arenas gruesas, (95-140m) basalto, (140-173m) basalto fracturado, (173-193m) arenas medias con poca arcilla, (193-225m) arenas finas y medias con arcilla, (225-263m) gravas con arena, (263-290m) gravas con arena, (290-305m) gravas, (305-320m) arenas, (320-327m) gravas, (327-332m) arena finas y medias con arcillas, (332-409m) conglomerado,(409-420m) arenas gruesas, (420-450m) arenas.

Pozo SC-5.- Con una profundidad de 350m está constituido de (0-14m) por arcilla con arena, (14-32m) tezontle, (32-50m) arena fina, (50-56m) arena fina, (56-87m) basalto, (87-105m) arcilla lacustre, (105-117m) basalto, (117-160m) ceniza volcánica, (160-170m) arena fina, (170-192m) arcilla lacustre,(182-240m)arena fina, (240-288m) ceniza volcánica, (288-350m) basalto.

Pozo SC-6.- Corte litológico de 350m de profundidad, constituido de (0-42m) por cenizas, (42-53m) tezontle, (53-78m) basalto, (78-86m) cenizas, (86-112m) basalto, (112-149m) cenizas, (149-171m) basalto, (171-247m) cenizas, (247-285m) toba, (285-292) toba arenosa, (292-308m) toba, (308-313m) toba arenosa, (313-320m) toba, (320-325m) toba arenosa, (325-338m) toba (338-350m) tezontle.

Pozo SC-7.- Constituido de (0-50m) basalto con tezontle, (50-74m) basalto, (74-126) basalto con tezontle, (126-155m) basalto, (155-171m) piroclastos, (171-191m) cenizas, (191-223m) aglomerado (223-230m) gravas, (230-249m) aglomerado, (249-261m) gravas, (261-290m) aglomerado, (290-300m) toba.

Pozo SC-8.- Con un corte litológico de 300m de profundidad está constituido de (0-60m) basalto con tezontle, (60-68m) basalto (68-74m) cenizas, (74-90m) tezontle, (90-113m) basalto, (113-131m) piroclastos, (131-144m) cenizas, (144-158m) piroclastos con tezontle, (158-177m) gravas, (177-192m) gravas, (192-205m) arenas finas, (205-217m) arenas medianas. (217-229m) arenas finas, (229-253m) arenas medianas, (253-261m) gravas. (261-273m) arenas medias y gruesas, (273-288m) arenas finas, (288-293m) arena medianas, (293-300m) arenas finas.

Pozo SC-9.- El corte litológico de (0-86m) está constituido por tezontle, (86-102m) arenas finas y medias, (102-136m) basalto, (136-146m) arenas medias, (146-168m) gravas con arenas medias, (168-182m) arenas finas y medias, (182-300m) tezontle.

Pozo-SC-10.-Tiene una profundidad total de 300m, su corte litológico esta constituido de la siguiente forma: (0-14m) basalto con tezontle, (14-24m) tezontle, piroclastos con basalto fracturado, (24-49m) basalto fracturado con piroclastos arenoso, (49-52m) tezontle con basalto, (52-63m) basalto fracturado, (63-75m) arenas, (75-105m) basalto fracturado con piroclastos arenosos, (105-143m) arenas con piroclastos arenosos, (143-159m) basalto fracturado con piroclastos, (159-175m) basalto compacto, (175-185m) conglomerado, (185-195m) intercalaciones de arena con grava, (195-205m) arenas, (205-213m) gravas, (213-259m) gravas con arena, (259-274m) gravas, (274-300m) arenas medias y finas.

PC SC-11.- Con un corte de 108m se constituye de (0-17m) por arcilla lacustre, (17-31m) ceniza volcánica, (31-62m) basalto, (62-74m) ceniza volcánica, (74-106m) basalto, (106-108m) arcilla lacustre.

PC SC-12.- Con una profundidad de 264m, dicho pozo e constituye de (0-70m) por arena con arcilla, (70-85m) basalto, (85-110m) tezontle, (110-125m) basalto, (125-155m) gravas, (155- 170m) basalto, (170-264m) arena con grava.

PC SC-13.- El último de los pozos alcanza una profundidad de 300m, su corte litológico consta de (0-10m) por arcilla, (10-20m) arenas arcillosas, (20-30m) arenas, (30- 60m) basalto, (60-72m) basalto con tezontle, (72-78m) arcillas, (78-87m) basalto, (87-108m) basalto fracturado, (108-119m) tezontle con basalto, (119-131m) basalto, (131-140m) tezontle con basalto, (140-147m) basalto, (147-158m) tezontle con basalto, (158-175m) basalto, (175-193m) tezontle, (193-202m) piroclastos, (202-224m) conglomerado, (224-254m) gravas con arenas, (254-264m) conglomerado, (264-276m) grava con arena, (276-300m) arcilla limos con arena. **Ver sección geológica a continuación.**

La sucesión litoestratigráfica que aflora en la zona y que también toma en cuenta los datos del subsuelo tomado de las principales perforaciones hechas en éstas, quedó de la siguiente manera (Vázquez y Jaimes, 1989), **(figura II.4).**

Terciario

Andesita –Dacita-Toba intermedia, Tm(a-da-ti). Sucesión de lavas andesíticas, dacíticas, tobas andesíticas y en algunos lugares interestratificados con brechas volcánicas, las coladas de lava se encuentran muy fracturadas lo que origina una permeabilidad media. Aflora en el área de Tlapacoya, forma el volcán El Elefante y su presencia en el subsuelo se basa en la información proporcionada por los cortes litológicos en pozos. De acuerdo a fechamientos isotópicos se le asignó un rango de edad Mioceno Medio a Mioceno Tardío. Cubre en discordancia a rocas volcánicas del Oligoceno Tardío-Mioceno Superior, Grupo Balsas o a rocas Cretácicas; es cubierta en discordancia por unidades Pliocénicas y en ocasiones por unidades del Cuaternario. Este conjunto de rocas extrusivas representan el inicio de la actividad del ENT (Damon, 1981).

Piroclástico-conglomerado, Tpl(pc-cg). Rocas piroclásticas como tobas, brechas volcánicas y lapillis pumíticos interdigitados localmente con horizontes de conglomerados, arenas y arcillas. Su origen está relacionado con la actividad fluvial y piroclástica el Plioceno, que se acumularon en paleocuencas o fosas tectónicas (graben de Chalco) y rellenando amplios valles. Está cubierto discordantemente por aluvión cuaternario y descansa rellenando unidades volcánicas oligomiocénicas y miocénicas, Su espesor es del orden de 750 m. por sus relaciones estratigráficas descritas, sugieren una edad del Plioceno para estos depósitos.

Cuaternario

Andesita-basalto-aglomerado, Q(a-b-ag). Constituye coladas lávicas andesítico-basáltico y traquíticas con fracturamiento de moderado a intenso, tobas limo arcillosas y con intercalaciones delgadas de tefra no consolidada, formadas por cenizas cristalinas y vítreas, lapillis líticos y escoria tamaño lapilli (volcanismo estromboliano). Posee una permeabilidad media. Yace discordantemente sobre unidades volcánicas terciarias y está cubierta por la formación Chichinautzin. A estas rocas volcánicas máficas principalmente, se les asigna el nombre de Formación El Pino; se reconoce en el subsuelo y en el volcán el Pino, su expresión en los conos cineríticos terminales, volcanes de escudo y amplias coladas lávicas principalmente en bloques. Su espesor máximo es del orden de 750 m. Por sus relaciones estratigráficas y pruebas de magnetismo remanente inverso se le asigna una edad del Pleistoceno.

Andesita-piroclástico, Q(a-pc). Esta unidad está formada en su mayoría por lavas andesítico-basálticas y andesíticas, éstas son extensas, masivas o lajeadas y en ocasiones alternadas con tobas y capas delgadas de material piroclástico en donde predominan las cenizas, su permeabilidad es de alta a media debido a su fracturamiento intenso; forma estratovolcanes y conos cineríticos. Sobreyace en discordancia a las unidades del Terciario y Formación El Pino y se encuentran interdigitadas con depósitos lacustres y aluvión. Se define como Formación

Chichinautzi (Martin del Pozzo, A, L 1982) , aflora en el subsuelo y Forma el Volcán Guadalupe, Volcán La Caldera y Cerro Xico. Su espesor varía, no obstante el máximo espesor es de 1800 m (Fries, 1960). Se le asigna una edad mediante fechamientos isotópicos del Pleistoceno Tardío-Holoceno.

Depósitos aluviales, Q(al). Material clástico fluvial (grava, arena, limo y arcilla) poco consolidado, contiene localmente tierras diatomáceas, turba y travertino, con interestratificaciones de tobas de grano fino y lapílicas. Esta unidad se interdigita con las Formaciones volcánicas de la misma edad (sedimentos lacustres). Debido a sus características posee una permeabilidad de media a alta. Sobreyace en discordancia con depósitos piroclásticos y clásticos pliocénicos. Aflora formando llanuras aluviales y se encuentra en grandes acumulaciones rellenando los bajos morfológicos, así como las depresiones tectónicas como el graben de Chalco. Su espesor es de alrededor de 500 m se debe al bloque del desagüe causado por el emplazamiento de derrames lávicos y también por fallamientos normales del Cuaternario que favorecieron los cambios en la dirección y velocidad de los cauces fluviales con la consecuente distribución variable del tamaño de grano en estos depósitos (Vázquez y Jaimes, 1989). Su espesor adelgaza hacia los márgenes de la llanura. Por su relación estratigráfica se le propone una edad del Pleistoceno al Holoceno (Fries 1962).

Depósitos lacustres, Q(al). Está formado por arcillas lacustres con intercalaciones de sedimentos clásticos (arena y limo), con lentes de piroclastos (ceniza, pómez y lapillis) e interdigitados con productos volcánicos de la Formación Chichinautzi que se depositaron en ambientes lacustres y depósitos aluviales. Posee una permeabilidad baja, Forma una planicie lacustre que aflora en la zona centro-poniente del área y su espesor varía de 30 a 300 m, los mayores espesores se presentan en el centro de la planicie y se adelgaza hacia los márgenes de la subcuenca de Chalco. Su edad obtenida mediante el método C14 implica una edad, del Pleistoceno Tardío al Holoceno. El origen de los depósitos lacustres está íntimamente relacionado con la obstrucción definitiva del desagüe de la Cuenca México, causado por la intensa actividad volcánica de la sierra Chichinautzi.

ERA	PERIODO	ÉPOCA	ÁREA DE ESTUDIO			
C E N O Z O I C O	C U A T E R N A R I O	HOLOCENO (0.01Ma)	A L U V I O N	LACUSTRE	ANDESITA PIROCLASTICA	
		PLEISTOCENO (1.6 Ma)		ANDESITA, BASALTO, AGLOMERAD		
	T E R C I A R I O	PLIOCENO (5.3 Ma)	PIROCLÁSTICO CONGLOMERADO			
		MIOGENO (23.7 Ma)	ANDESITA -DACITA TOBA INTERMEDIA			
		OLIGOCENO (36.6 Ma)	ε		ε	ε
	P A L E O G E N O	EOCENO (57.2Ma)		ε		ε
			ε		ε	

Figura II.4 Columna estratigráfica en la zona Magaña García, María del Pilar (2003)

CAPITULO. III - Hidrogeología

III.1.- Unidades hidrogeológicas.

En el subsuelo del valle de México está conformado por una alternancia de aluviones y productos volcánicos, ambos permeables, los cuales permiten la infiltración y circulación de agua subterránea, dando origen a un acuífero. **(Tabla III.1)**

TABLA III.1 Unidades hidrogeológicas

SIMBOLOGÍA	LITOLOGÍA	CARÁCTER
Qt	ARCILLA LACUSTRE	ACUITARDO
Qal	ALUVIONES VOLCÁNICOS	ACUÍFERO PRINCIPAL
Qb		
TQt		
TQv		
Tpba		
Tpp	SERIE ESTRATIGRAFICA	PROBABLE ACUÍFERO
Tpl-Tmv	BASAMENTO HIDROGEOLÓGICO	ACUICLUDO

III.2. Funcionamiento y tipo de Acuífero

El valle de la Ciudad de México se encuentra cubierto por una capa de arcillas lacustres, las cuales se encuentran saturadas y funcionan como acuitardo debido a su reducida permeabilidad. Cubren al acuífero y en parte lo confinan.

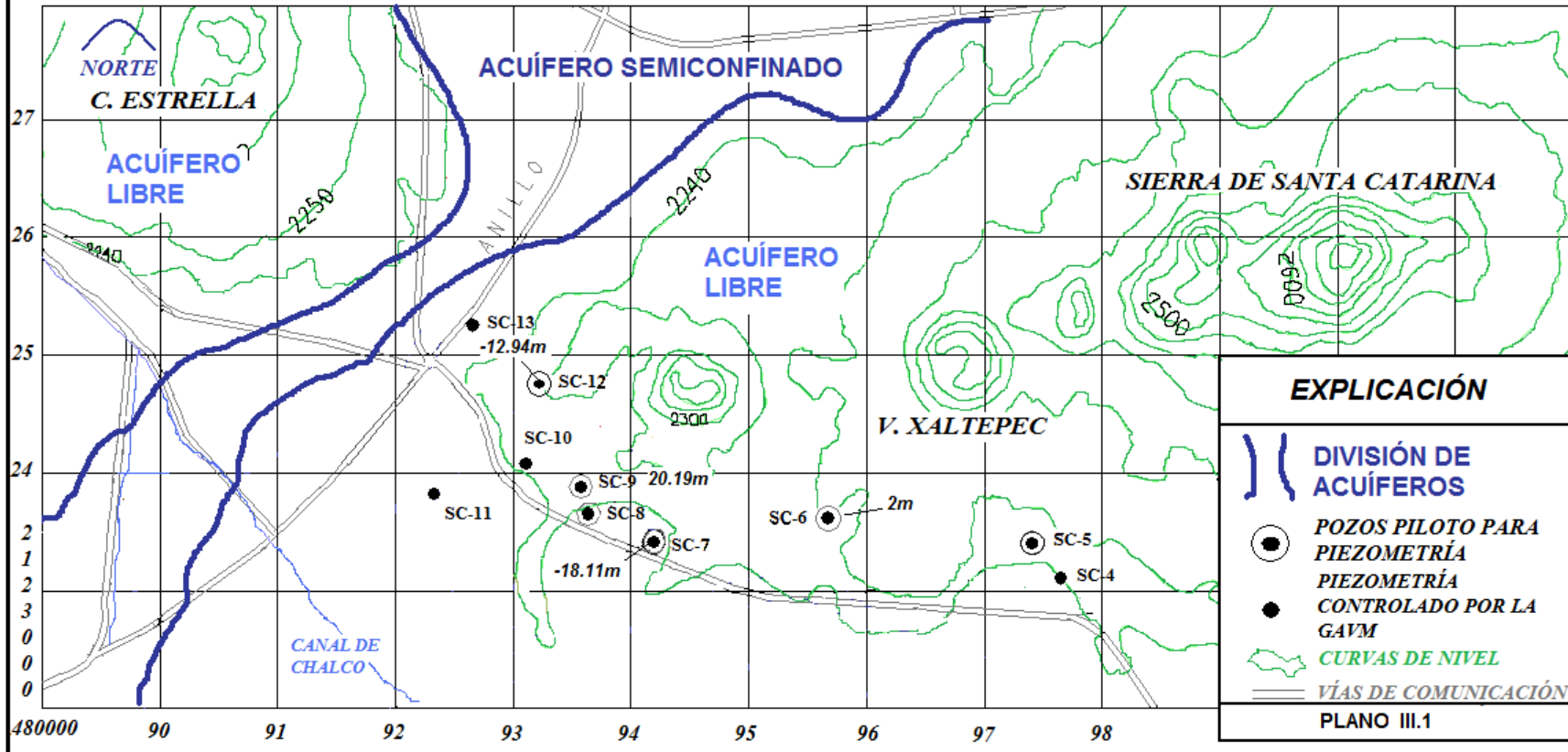
En la porción central del valle, el acuífero funciona como semiconfinado debido a que el nivel piezométrico se encuentra a la altura de las arcillas lacustres que confinan al acuífero. En la porción occidental y oriental el acuífero se encuentra funcionando como libre, ver plano (III.1).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



SIERRA DE SANTA CATARINA ZONA SUR-PONIENTE
DIVISIÓN DE ACUÍFEROS NOV 2003



PLANO OBTENIDO DEL SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO NOV 2003

III.3 Análisis Piezométrico.

El sistema de aguas de la ciudad de México a partir de 1984 construyó la red piezométrica del acuífero del valle de México utilizando como pozos piloto tanto a los pozos particulares como a los municipales. Los valores anuales de piezometría han sido recopilados a partir del año 1985 hasta el 2003. Cada tres años el sistema de agua de la ciudad de México se encarga de generar un informe con la medición piezométrica de cada pozo mencionado.

Para el estudio piezométrico de 1985 al 2005 de la parte sur -poniente de la sierra de Santa Catarina se utilizó información de 10 de los 13 pozos que conforman, mencionados a continuación: SC-4 SC-5, SC-6, SC-7, SC-8, SC-9, SC-10, SC-11, SC,12 Y SC-13, es importante mencionar que no existe una medición continua para cada pozo en cada año, por ejemplo para el pozo SC-8 se cuenta con datos únicamente de los años 1985 y 1995, para SC-12 se pueden utilizar datos a partir de 1995 al 2005. Es importante mencionar que el pozo SC-11 no se reporta información de ningún año. **Ver sección hidrogeológica**

Tabla III.2 Datos piezométricos del nivel estático proporcionados por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México.

NÚMERO DE APROVECHAMIENTO	PROF. N.E.	PROF. N.E.	PROF. N.E.	PROF. N.E.	PROF. N.E.
	SEP-85	JUL-90	JUL-95	AGO-03	AGO-05
	m	m	m	m	m
SC-4	27.48			34.39	
SC-5	32.24	34.10		42.34	36.02
SC-6	36.37	39.31	40.54	46.94	38.54
SC-7	29.16	32.14	33.25	43.10	51.36
SC-8	46.70		53.33		16.7
SC-9	33.03		36.89	71.6	
SC-10	32.94				
SC-12		32.90	33.10	33.38	46.04
SC-13	25.95				

III.3.1 Profundidad del Nivel Estático

- Configuración 1985.

Para el año de 1985 el valor mayor de la profundidad del nivel estático se encontró en el pozo SC-8 con 46.70m de profundidad, seguido por el pozo SC-6 con 36.37m, SC-9 con 33.03m, SC-10 con 32.94m, SC-5 con 32.24, SC-7 con 29.16, SC-4 con 27.48m el menor dato fue localizado en el pozo SC-13 con 25.95m, con estos datos se trazaron configuraciones de 35, 40 Y 45m del nivel piezométrico para el año 1985. **(Plano III.2).**

- Configuración 1990.

En este años el valor más alto de profundidad del nivel piezométrico se encontró en el pozo SC-6 con 39.31m seguido del pozo SC-5 con 34.10m, SC-12 con 32.90, siendo el más bajo el pozo SC-7 con 32.14m, con estos datos se trazaron configuraciones de 30, 35, 40 Y 45m. **(Plano III.3).**

- Configuración 1995.

El dato con mayor profundidad del nivel piezométrico encontrado en este año fue en el pozo SC-8 con 54.33m, seguido por el pozo SC-6 con 40.54, SC-9 con 36.89, SC-7 con 33.25 y con el menor dato SC-12 con 33.10m, las configuraciones trazadas son de 35 , 40 y 45m. **(Plano III.4).**

- Configuración 2003.

En dicho año se obtuvo información de 8 de los 10 pozos utilizados para el estudio, faltando únicamente información de los pozos SC-8 y SC-13, el valor más elevado del nivel piezométrico fue localizado en el pozo SC-9 con 71.60 m, lo siguen el pozo SC-6 con 46.94m, SC-7 con 43.10m, SC-5 con 42.34, SC-4 con 34.39m y por último el valor más bajo fue para el pozo SC-12 con 33.38m, trazándose configuraciones de 35, 40 y 45m. **(Plano III.5).**

Es de mencionar que en dicho año se presenta el nivel más alto en todos los años de profundidad del nivel estático en el pozo SC-7 con 71.60m.

- Configuración 2005.

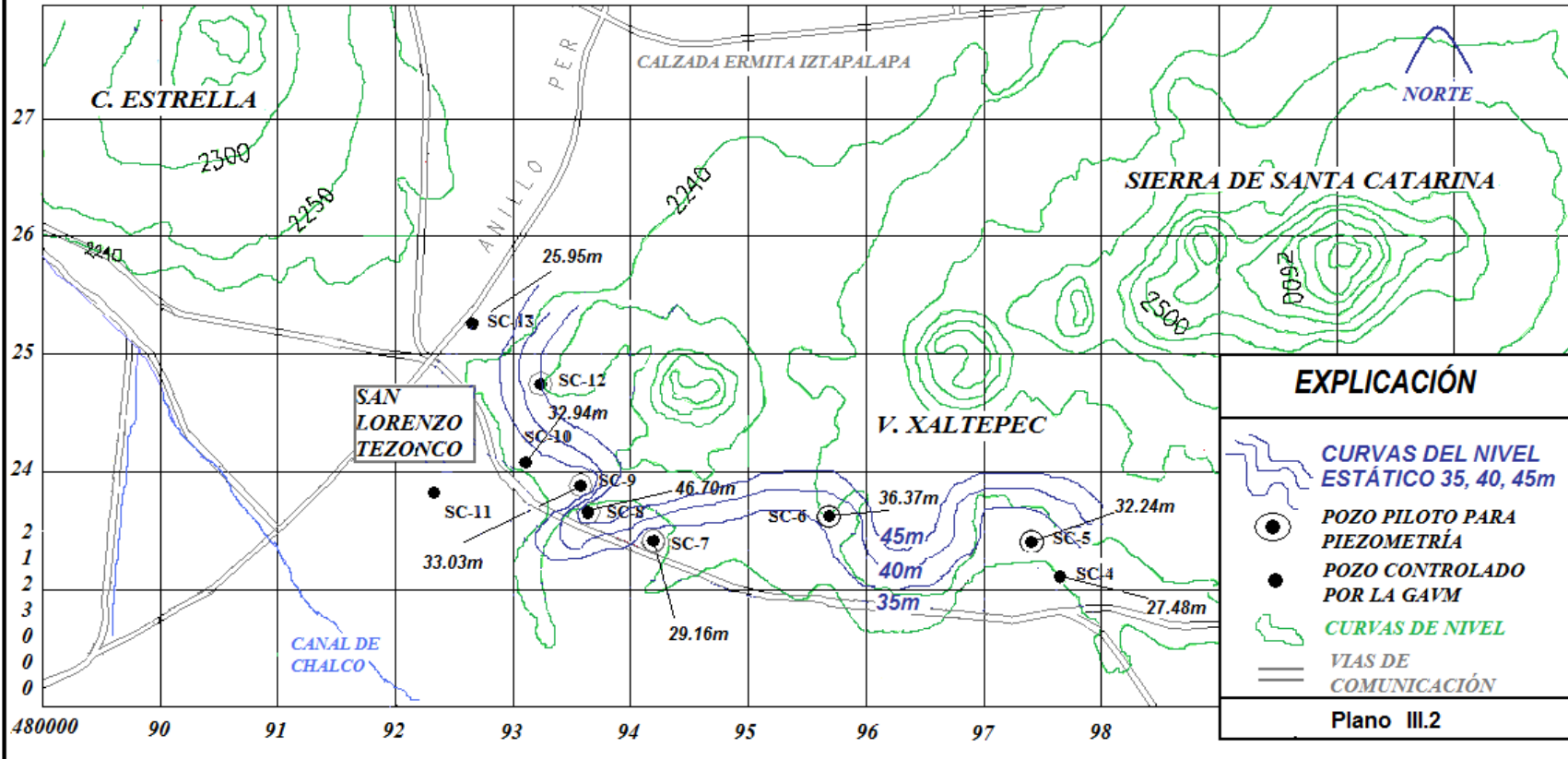
El valor mas elevado para el año 2005 fue encontrado en el pozo SC-7 con 51.36m de profundidad del nivel estático, seguido por los pozos SC12 con 46.04m, SC-6 con 38.54m, SC-5 con 36.02 y teniendo la menor profundidad el pozo SC-9 con 46.04m, trazándose configuraciones de 35, 40 y 45m. **(Plano III.6).**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



SIERRA DE SANTA CATARINA ZONA SUR-PONIENTE
PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO 1985

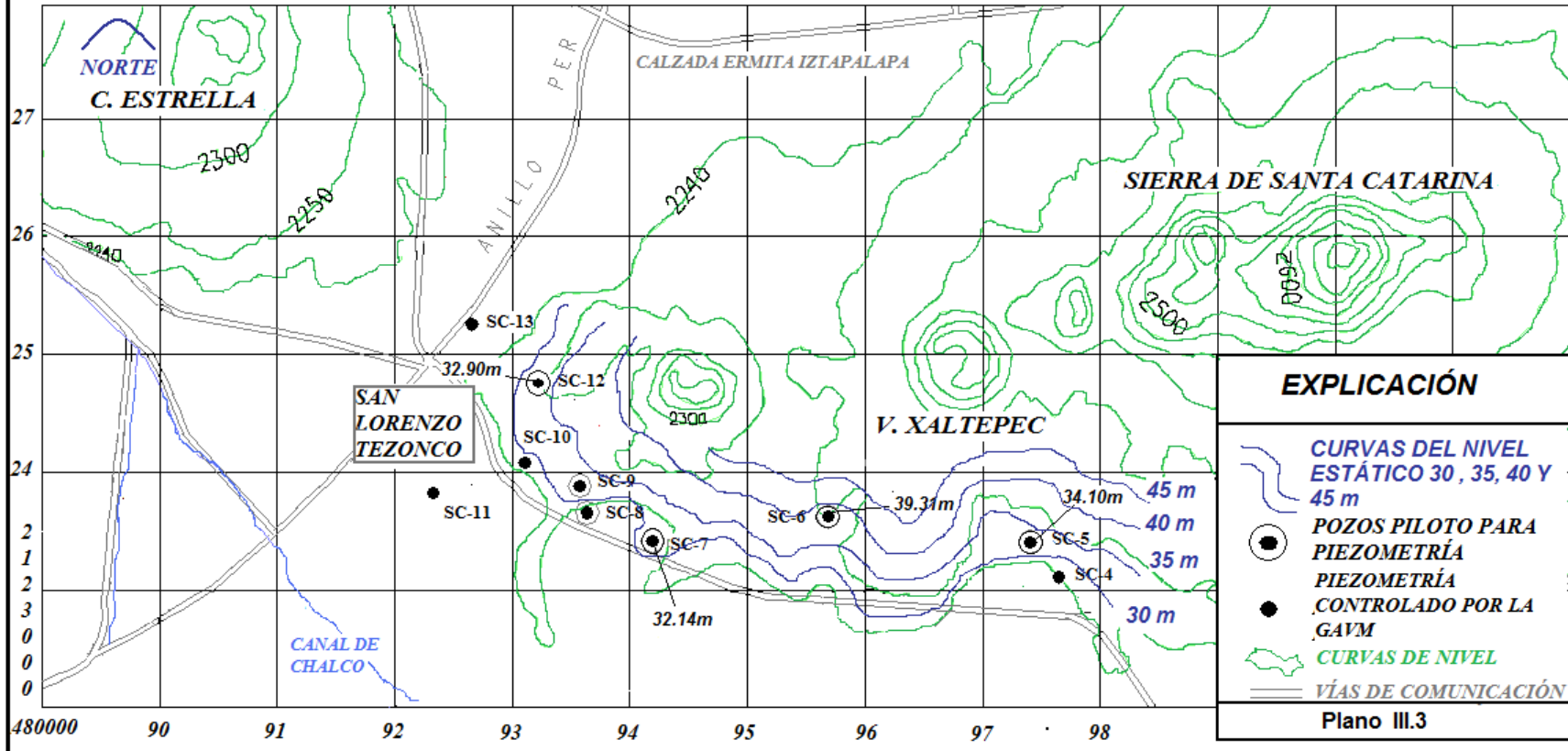




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



SIERRA DE SANTA CATARINA ZONA SUR PONIENTE
PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO 1990

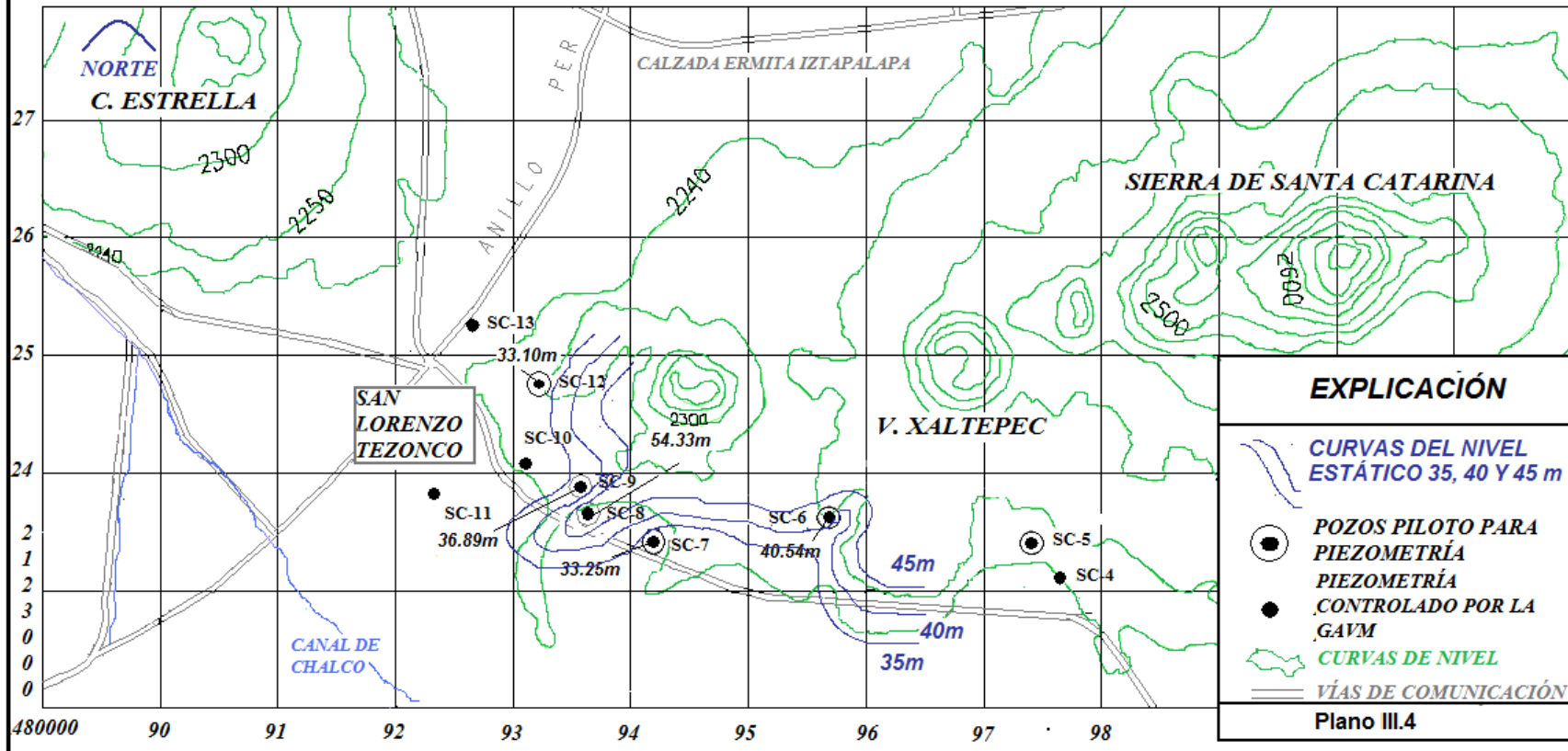




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



SIERRA DE SANTA CATARINA ZONA SUR-PONIENTE
PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO 1995

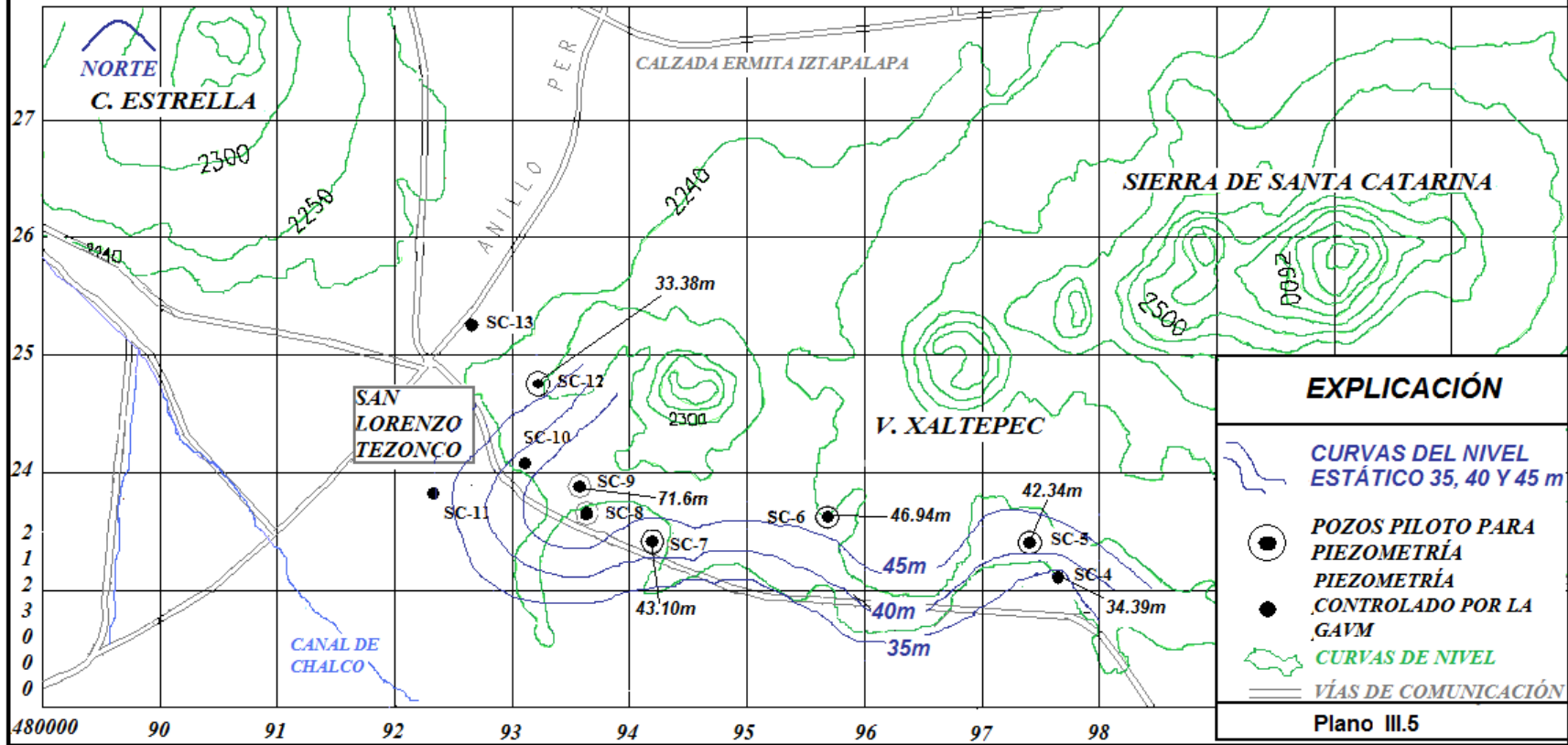




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



SIERRA DE SANTA CATARINA ZONA SUR-PONIENTE
PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO 2003

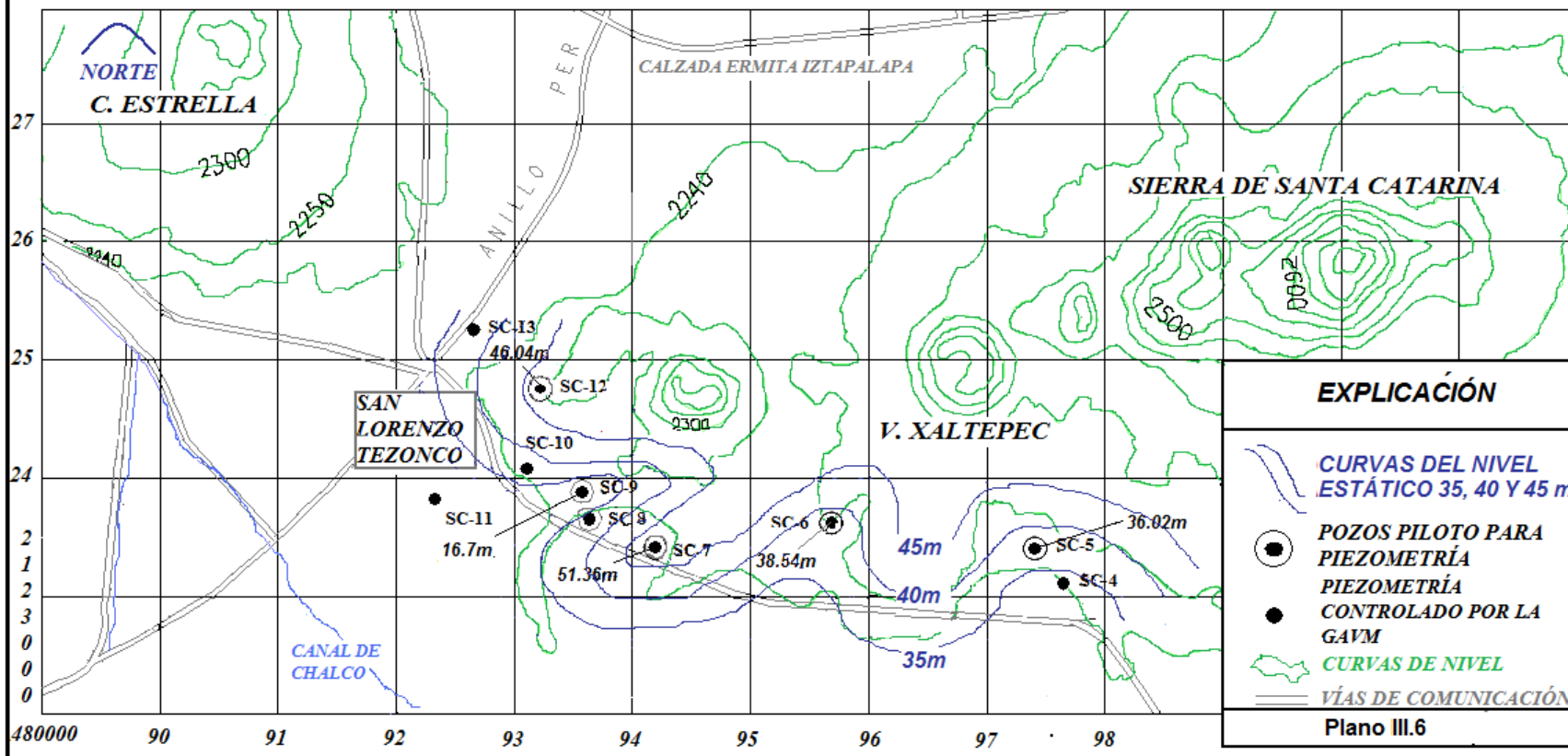




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



SIERRA DE SANTA CATARINA ZONA SUR-PONIENTE
PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO 2005



III.3.2 Elevación del Nivel Estático

Se realizaron las configuraciones de 2200 y 2210 msnm para las elevaciones del nivel estático del periodo comprendido del 1985 al 2005, a su vez se trazaron líneas de flujo indicando el sentido de abatimiento de mayor a menor cantidad sobre el nivel de mar.

Tabla III.3 Elevación del nivel estático datos obtenidos

NÚMERO DE APROVECHAMIENTO	Elevación. N.E.	Elevación N.E.	Elevación. N.E.	Elevación N.E.	Elevación N.E.
	SEP-85	JUL-90	JUL-95	AGO-03	AGO-05
	msnm	msnm	msnm	msnm	msnm
SC-4	2232.52			22.25.61	
SC-5	2219.76	2217.9		2209.66	2215.98
SC-6	2212.63	2209.69	2208.46	2202.06	2210.46
SC-7	2208.84	2205.86	2204.75	2194.9	2186.64
SC-8	2198.3		2184.17		
SC-9	2213.97		2210.11	2175.4	2230.3
SC-10	2210.6				
SC-12		2212.1	2211.9	2211.62	2198.96
SC-13	22.08.84				

- Configuración 1985.

En el año de 1985 se obtuvieron elevaciones del nivel estático de todos los pozos utilizados en el estudio de la zona, todos se ubican alrededor de los 2210 msnm, siendo el mayor dato en el pozo

SC-4 con 2232.52 msnm y SC-8 con el menor dato de 2198.3msnm, en el **(plano III.7)** se aprecia claramente que las líneas de flujo tienden a ir descendiendo hacia nuestra zona de estudio.

- Configuración 1990.

Para el año de 1990 se localizaron datos de elevación entre los 2200 msnm y 2218 msnm, creándose líneas de flujo con dirección hacia la zona de San Lorenzo Tezonco y alrededores. (**Plano III.8**).

- Configuración 1995, 2003 y 2005.

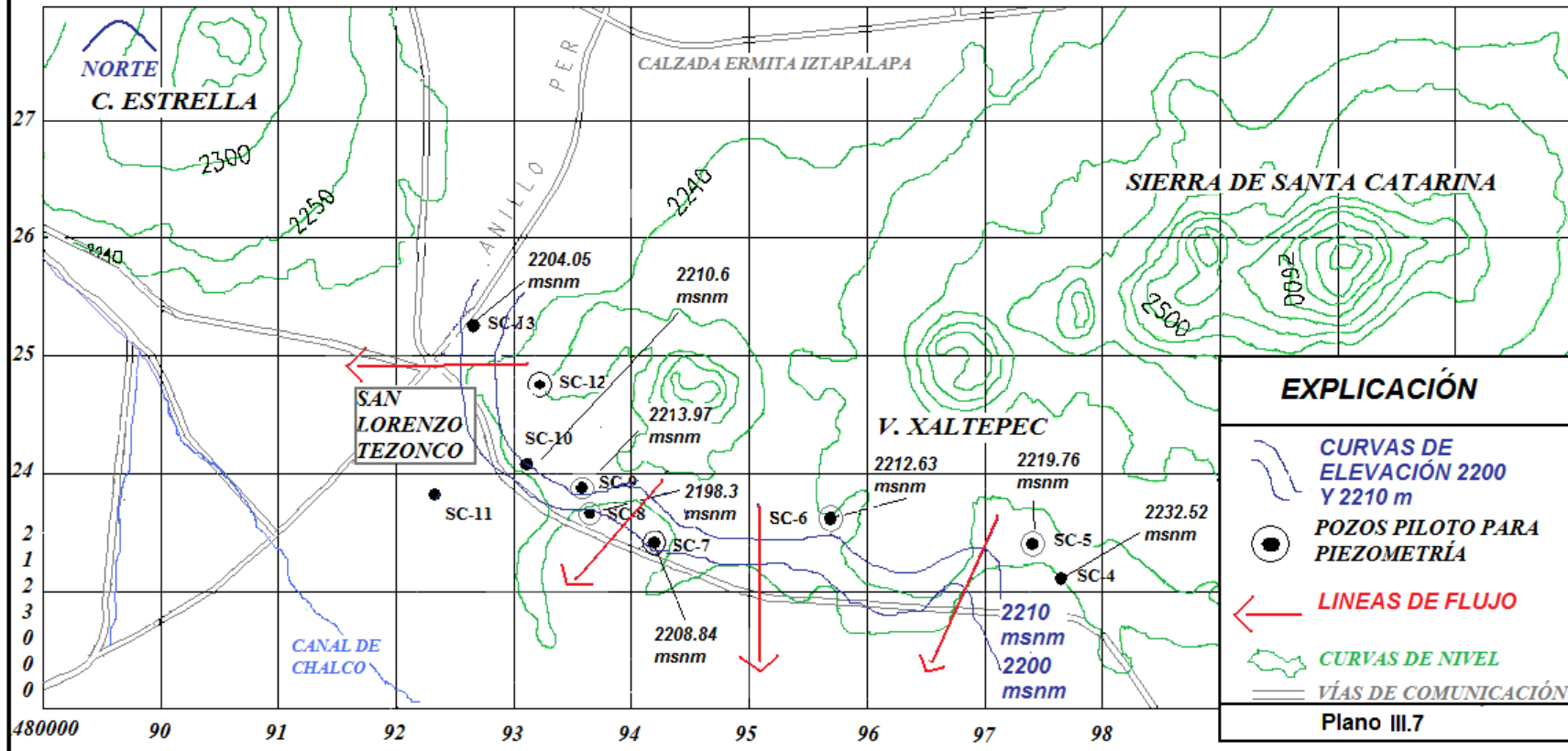
Las elevaciones mayores de nivel que se obtuvieron en estos periodos, contienen datos que van 2211.9, 2225.61, 2230.3msnm respectivamente, de igual forma para los datos menores los cuales son: 2184.17, 2175.4 y 2186.64msnm, trazando las líneas de flujo en todos los casos se observa la misma dirección, afectando de forma importante la zona de san Lorenzo Tezonco. (**Planos: III.9, III.10, III.11**).



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



SIERRA DE SANTA CATARINA ZONA SUR- PONIENTE
ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO 1985

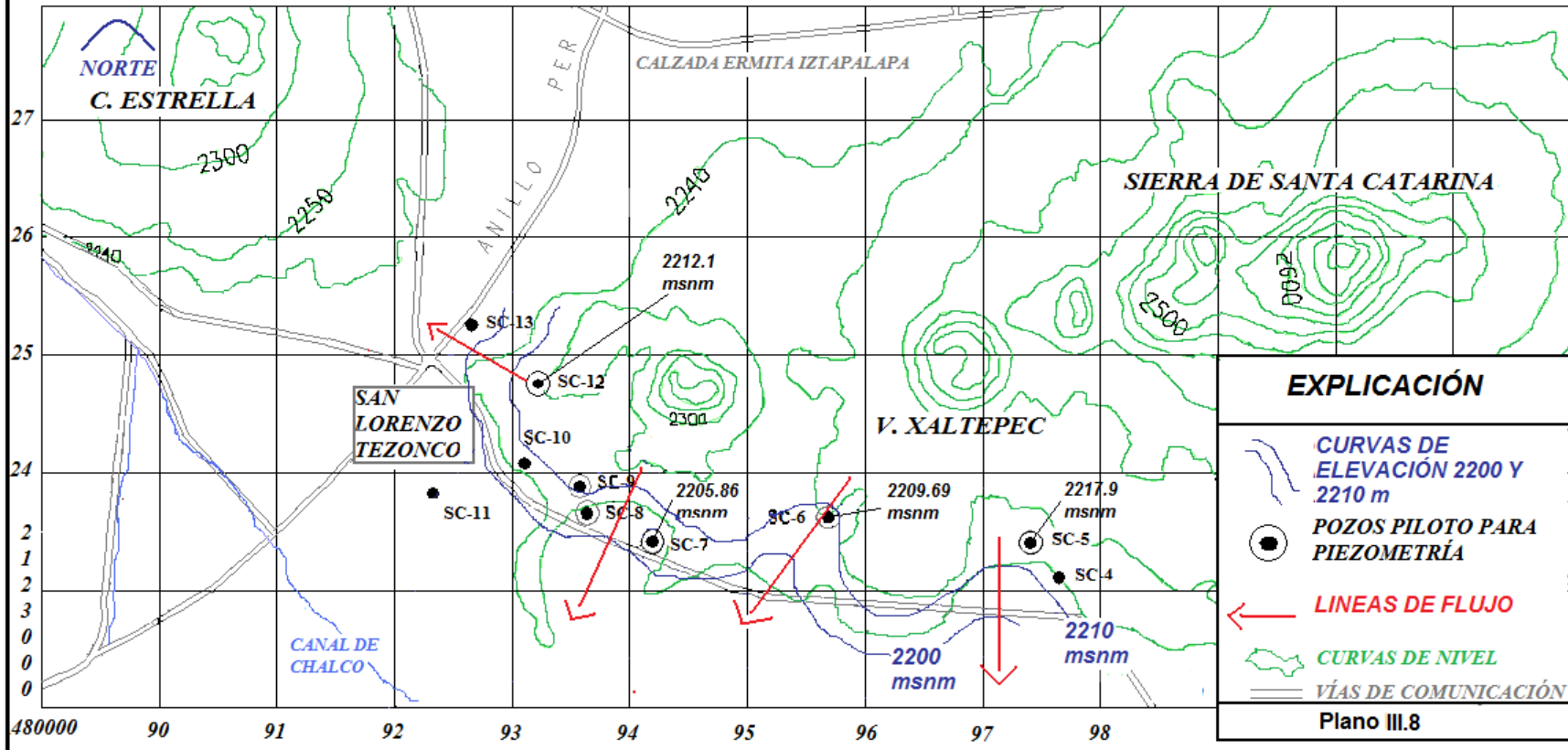




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



SIERRA DE SANTA CATARINA ZONA SUR-PONIENTE
EVOLUCIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO 1990

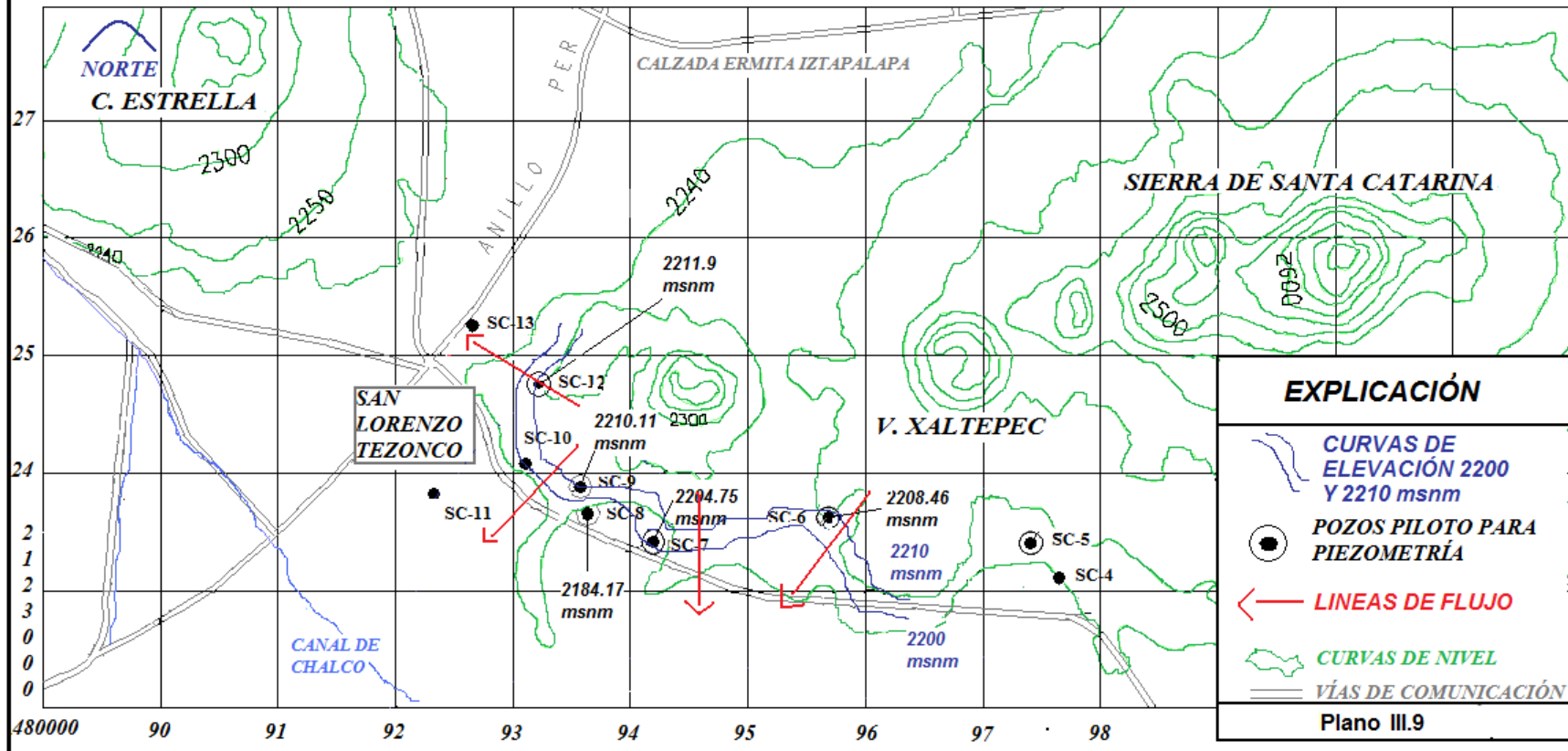




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



SIERRA DE SANTA CATARINA ZONA SUR-PONIENTE
ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO 1995

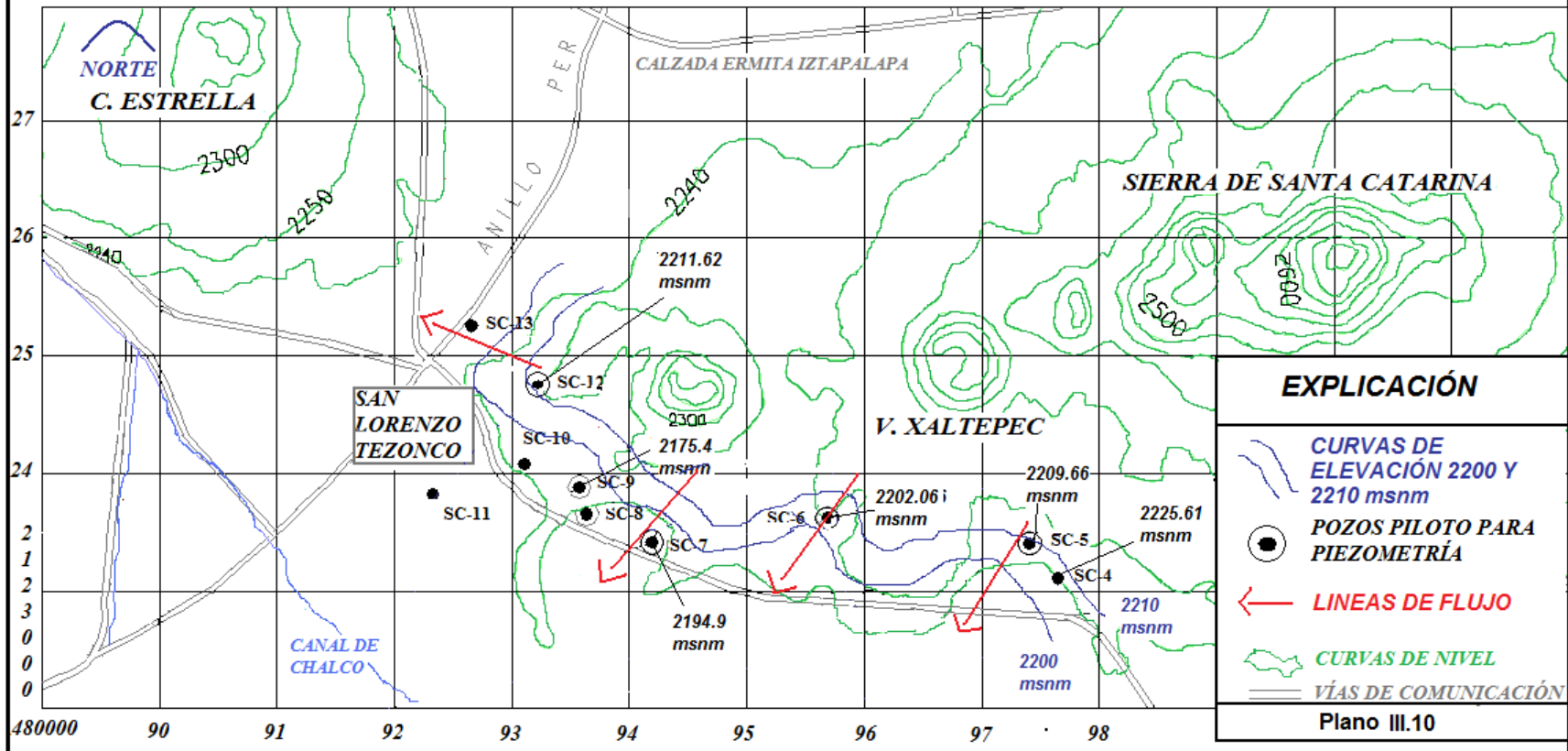




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



SIERRA DE SANTA CATARINA ZONA SUR-PONIENTE
ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO 2003

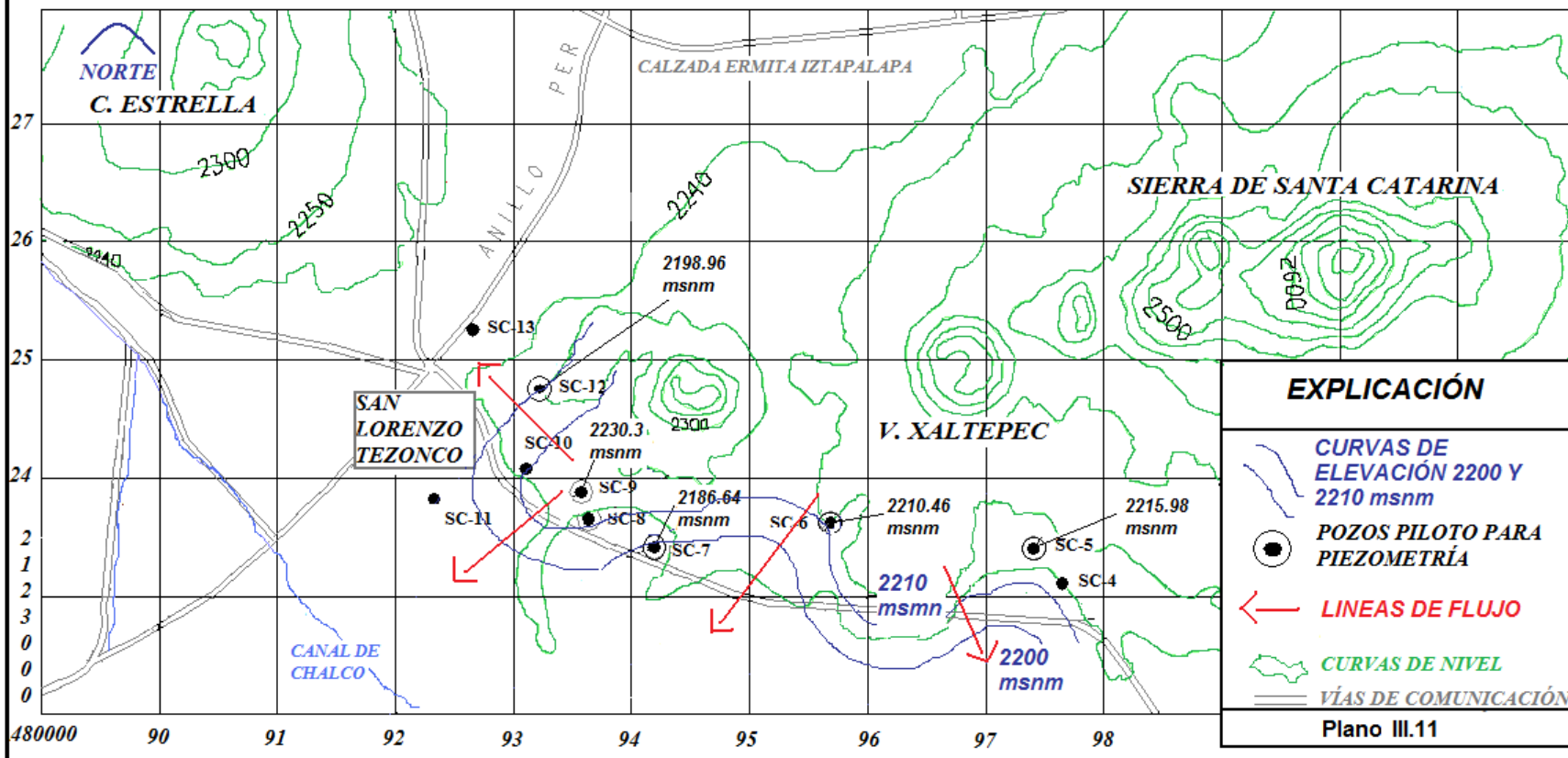




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



SIERRA DE SANTA CATARINA ZONA SUR-PONIENTE
ELEVACIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO 2005



III.3.3 Evolución del Nivel Estático

Con el objeto de conocer y mostrar gráficamente la variación de la profundidad al nivel estático respecto al tiempo, se calculó la evolución para los períodos (1985 –2005), (1990-2005), (1995 – 2005) y (2003-2005). **Anexo 1 gráficas de cada pozo.**

Tabla III.4 Datos de evolución (1985-2005)

NÚMERO DE APROVECHAMIENTO.	NOMBRE DEL APROVECHAMIENTO	PROF. N.E.	PROF. N.E.	EVOLUCIÓN. N.E.
		sep-85	ago-05	(Sep 85 - ago 05)
		m	m	m
SC-5	SANTA CATARINA 5	32.24	36.02	-3.78
SC-6	SANTA CATARINA 6	36.37	38.54	-2.17
SC-7	SANTA CATARINA 7	29.16	51.36	-22.2
SC-9	SANTA CATARINA 9	33.03	16.7	+ 16.33

Tabla III.5 Datos de evolución (1990-2005)

NÚMERO DE APROVECHAMIENTO.	NOMBRE DEL APROVECHAMIENTO	PROF. N.E.	PROF. N.E.	EVOLUCIÓN. N.E.
		Jul-90	ago-05	(jul 90 – ago 05)
		m	m	m
SC-5	SANTA CATARINA 5	34.10	36.02	-1.92
SC-6	SANTA CATARINA 6	39.31	38.54	+ 0.77
SC-7	SANTA CATARINA 7	32.14	51.36	-19.22
SC-12	SANTA CATARINA 12	32.90	46.04	-13.14

Tabla III.6 Datos de evolución (1995-2005)

NÚMERO DE APROVECHAMIENTO.	NOMBRE DEL APROVECHAMIENTO	PROF. N.E.	PROF. N.E.	EVOLUCIÓN. N.E.
		Jul-95	ago-05	(jul 95 – ago 05)
		m	m	m
SC-6	SANTA CATARINA 6	40.54	38.54	+ 2
SC-7	SANTA CATARINA 7	33.25	51.36	-18.11
SC-9	SANTA CATARINA 9	36.98	16.7	+20.19
SC-12	SANTA CATARINA 12	33.10	46.04	-12.94

Tabla III.7 Datos de evolución (2003-2005)

NÚMERO DE APROVECHAMIENTO.	NOMBRE DEL APROVECHAMIENTO	PROF. N.E.	PROF. N.E.	EVOLUCIÓN. N.E.
		Ago-03	ago-05	(ago 03 – ago 05)
		m	m	m
SC-5	SANTA CATARINA 5	34.39	36.02	-1.63
SC-6	SANTA CATARINA 6	42.84	38.54	+ 4.30
SC-7	SANTA CATARINA 7	46.94	51.36	-4.42
SC-12	SANTA CATARINA 12	33.38	46.04	-12.66

- Configuración (1985-2005).

Se calculó la evolución del nivel estático para el periodo comprendido entre 1985 y 2005, la cual fue configurada y se muestra en el plano, en la parte sur-poniente de la sierra de Santa Catarina en San Lorenzo Tezonco se obtuvieron abatimientos alrededor de los -2 y -3m y uno mayor de -22m, para mayor apreciación se realizaron configuraciones de -1 y -2m. **(Plano. III.12)**

- Configuración (1990-2005).

Los abatimientos encontrados para este periodo son de alrededor de -1 y -2 alrededor de la sierra de Santa Catarina y valores mayores en la parte sur-poniente en San Lorenzo Tezonco de -13 y -19m, utilizándose configuraciones de -1 y -2m. **(Plano III.13)**

- Configuración (1995-2005).

Los abatimientos respectivos durante este periodo varían con valores negativos de -12 y -18m encontrándose mas próximos a la zona de San Lorenzo Tezonco y con otros positivos de 2 y 20 m, utilizándose configuraciones de -1 y -2m. **(Plano III.14)**

- Configuración (2003-2005).

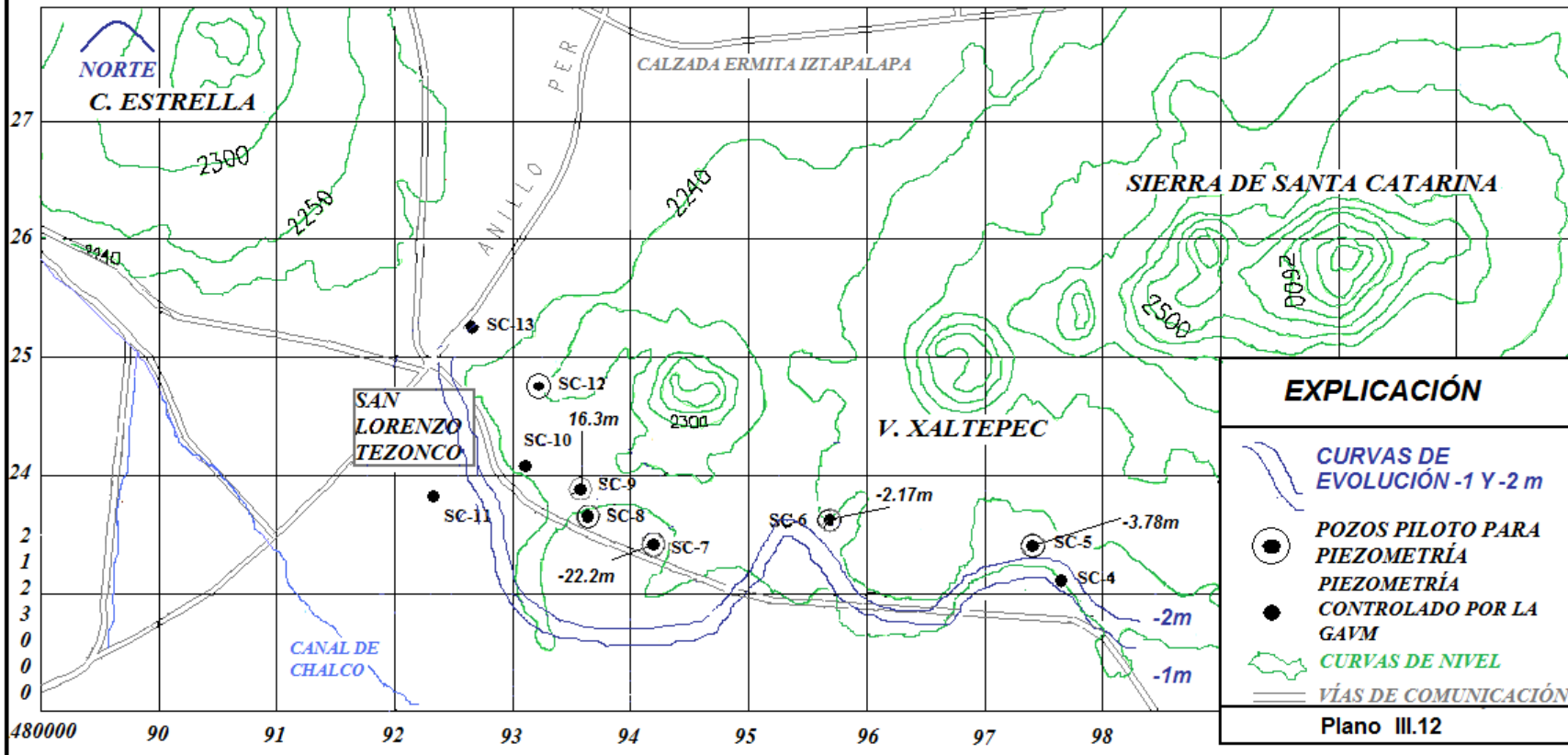
Comprendidos en este período se localizan 5 datos de abatimiento de los cuales 3 son negativos y dos positivos intercalándose en la zona de San Lorenzo Tezonco: SC-13 con -12.66m, SC-9 con 54.90m, SC-7 con -4.42m, de igual forma se utilizan configuraciones de -1 y -2 m. **(Plano III.15)**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



SIERRA DE SANTA CATARINA ZONA SUR-PONIENTE
EVOLUCIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO (1985-2005)

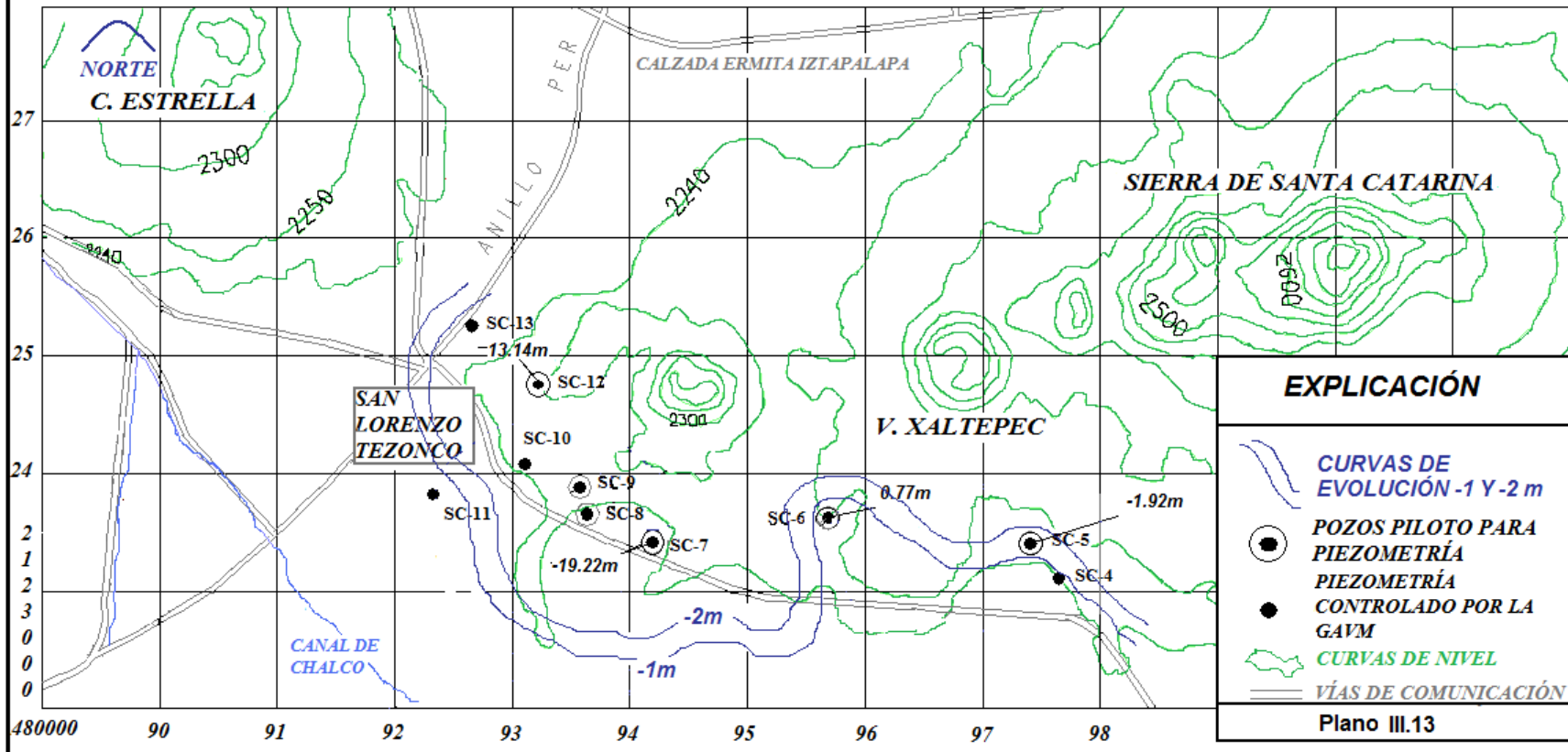




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



SIERRA DE SANTA CATARINA ZONA SUR PONIENTE
EVOLUCIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO (1990-2005)

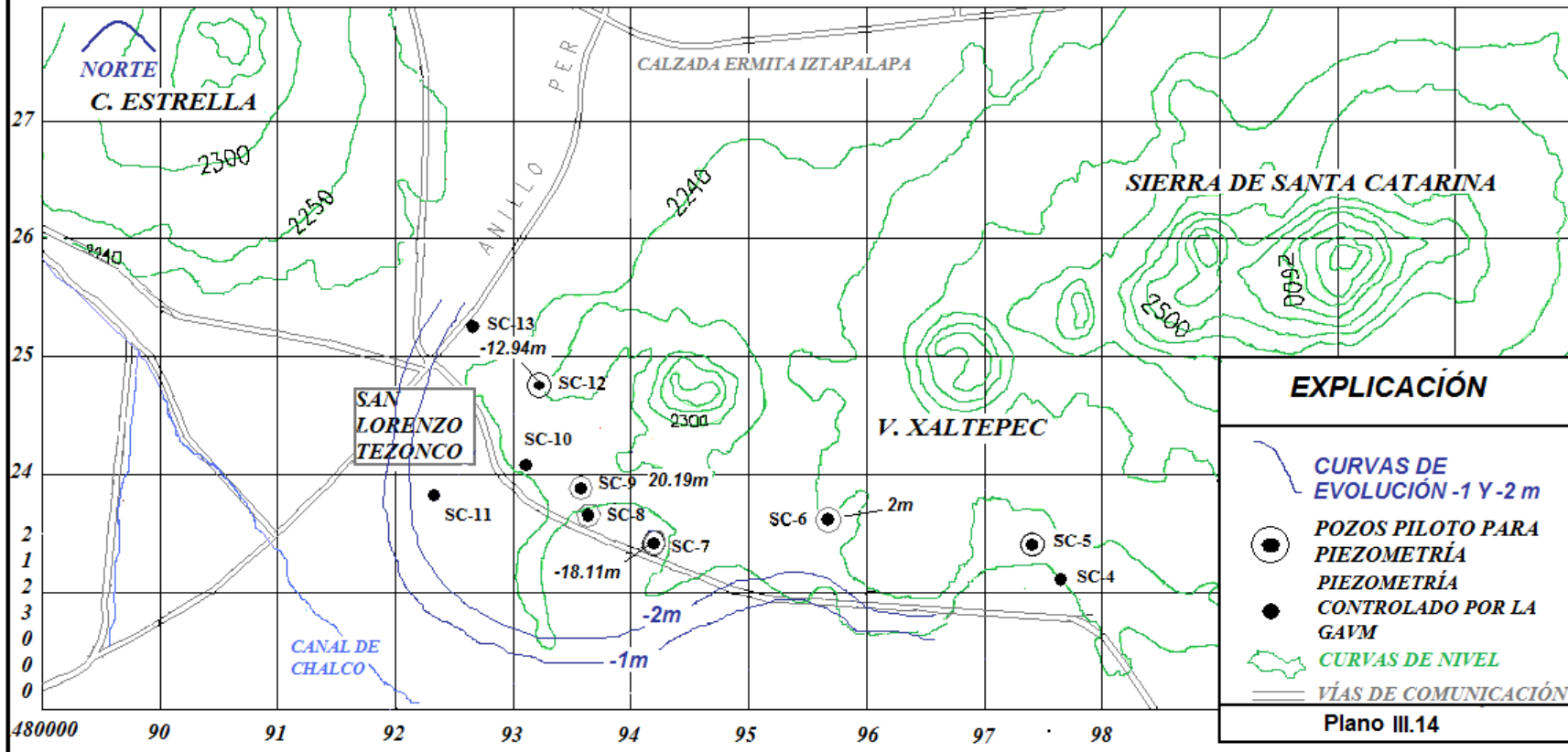




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



SIERRA DE SANTA CATARINA ZONA SUR-PONIENTE
EVOLUCIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO (1995-2005)

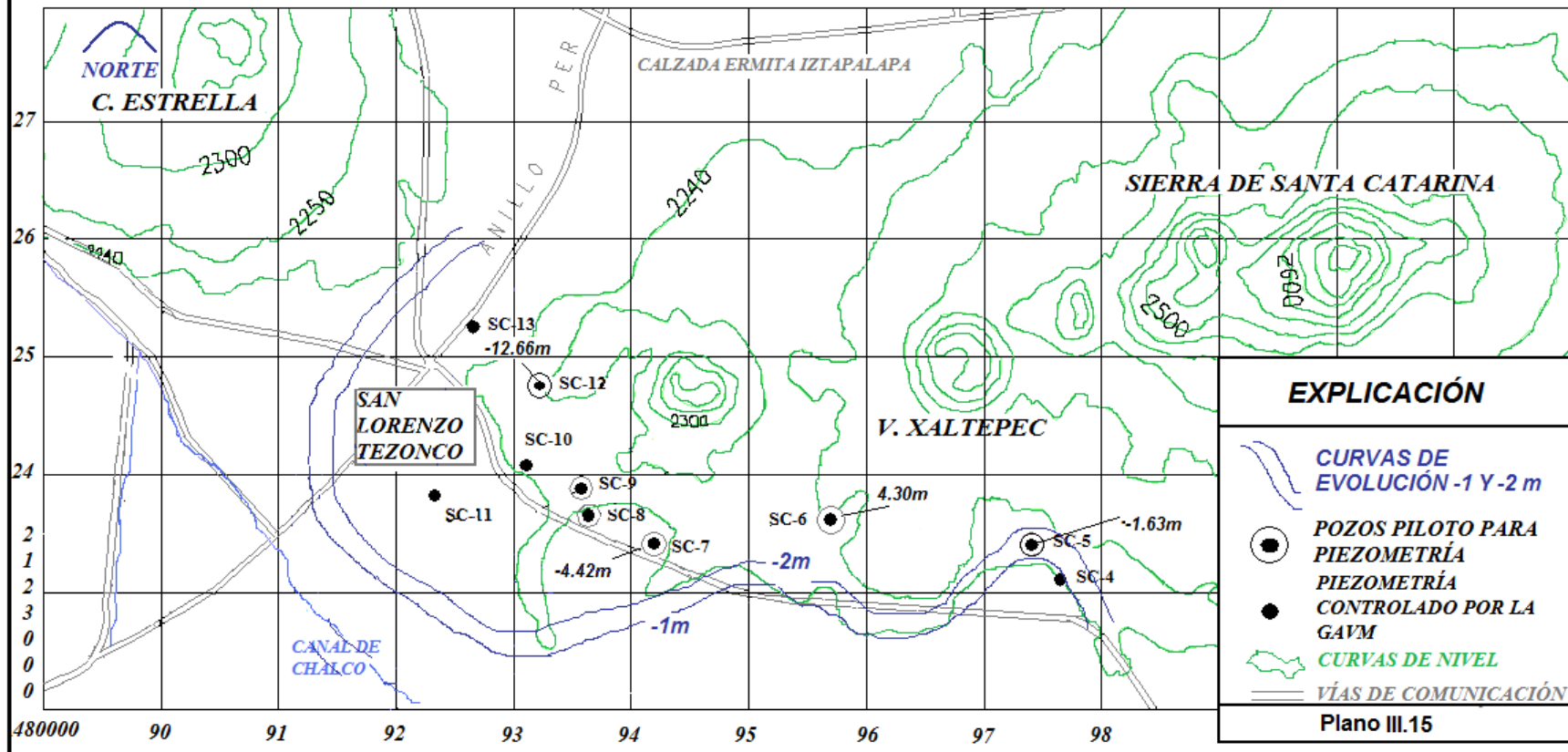




UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



SIERRA DE SANTA CATARINA ZONA SUR-PONIENTE
EVOLUCIÓN DEL NIVEL ESTÁTICO (2003-2005)



III.3.4 Variación del Nivel Estático Respecto al Tiempo

El Valle de México ha estado sujeto a una fuerte extracción de agua subterránea, principalmente en las últimas dos décadas. Ello, ha ocasionado un paulatino pero constante abatimiento del nivel del agua.

Con los registros piezométricos anuales existentes, se trazaron hidrógrafos que muestran la evolución del nivel estático en los pozos del Valle de México, para el período entre 1985 al 2005, (Figura III.1).

El comportamiento o variación del nivel estático respecto al tiempo es una consecuencia de la extracción de agua subterránea y de la permeabilidad de los materiales que lo constituyen.

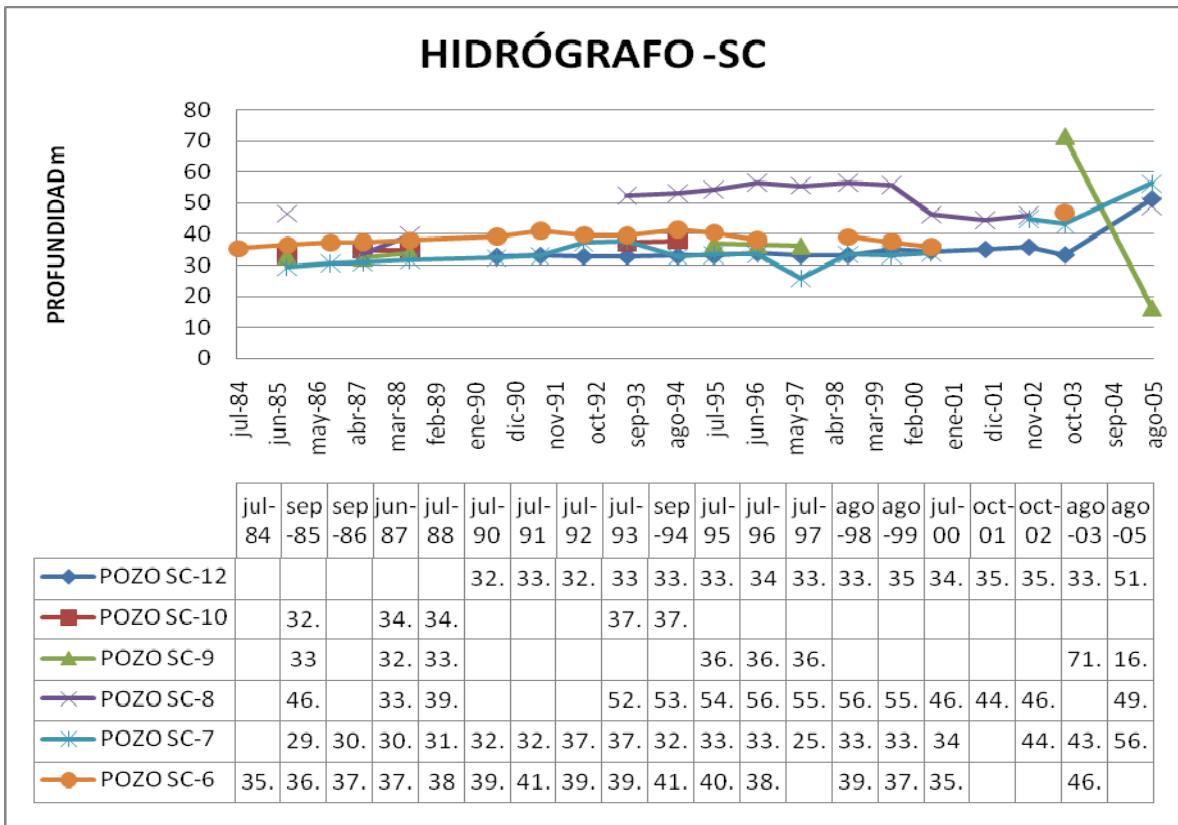


Figura III.1 Hidrógrafo

Capítulo IV.-Problemática del agua subterránea en la zona de estudio

La explotación intensiva de agua subterránea en Iztapalapa con una población de aproximadamente 1,820,888, ha provocado subsidencia del terreno, en la siguiente imagen se muestran las zonas donde se registraron los principales problemas, (imagen IV.1).



Imagen IV.1 Ubicación de las zonas con problemática por subsidencia del terreno, Google earth (2009)

El 5 de julio del 2007, en Lomas de San Lorenzo, ocurrió la ruptura de una tubería de PEMEX debido al hundimiento por compactación de la tierra, el peligro sigue latente ahí y en otros sitios por la explotación intensiva de acuífero, las dos fallas y 200 grietas geológicas que atraviesan la demarcación. En general, los ductos instalados por Pemex en el subsuelo, que transportan diesel, gasolina y gas natural, están a una profundidad de 2 a 5 m y fueron colocados desde la década de 1950 y se estima que ya rebasaron su vida útil. (Imagen IV.2)



Imagen IV.2 Ruptura de los ductos de PEMEX por subsidio del terreno. (5 de julio del 07).

Tabla IV.1. Consecuencias por subsidencia del terreno.-

15 Metros de diámetro por 14 de profundidad mide la grieta en Iztapalapa	30 Familias que viven en la zona del desastre fueron desalojadas.
9 Casa se encuentran sobre los ductos de Pemex.	2 Albergues habilito el gobierno para los vecinos afectados.
18 Toneladas de bentonita se necesitan para rellenar la socavación.	200 Grietas hay en la delegación Iztapalapa, sin contar las fallas geológicas.

- Zona De San Lorenzo Tezonco-El Molino (Grietas)

Hacia el sur de San Lorenzo Tezonco se extiende una grieta con más de 3 km de longitud, con algunas ramificaciones. Inicia al sur de la Avenida Tláhuac (Calzada Tulyehualco) en la esquina de las calles Isabel de Portugal y Ramón Torres, donde es notable un hundimiento del piso con respecto a la calzada principal, de unos 70 cm.

La Avenida Tláhuac debe seguir aproximadamente la traza de la antigua ribera lacustre, lo que se reconoce por la curva de nivel de 2240 m en el mapa topográfico escala 1:50,000 (INEGI). La grieta se forma fundamentalmente en la planicie lacustre. Para comprender mejor el fenómeno es necesario agregar el conjunto de grietas contiguas de la Delegación Tláhuac, las cuales existen por

lo menos desde principios de los años sesenta, de acuerdo con un estudio de Dolores Riquelme (1976). Se extienden también cerca de la Calzada Tulyehualco y hacia el sur. Al norte de la Calzada Tulyehualco se encuentra el panteón de San Lorenzo, situado en el piedemonte del volcán Yuhualixqui, un depósito grueso de sedimentos arenosos y otros más finos, los cuales sepultan, en apariencia, un derrame de lava del mismo volcán que fluyó hacia el sur.

Los derrames de lava son un proceso común asociado a volcanes de escoria, abundantes en el sur de la Cuenca de México. En la Sierra de Santa Catarina, en el volcán homónimo más joven de la misma, la lava correspondiente está bien expuesta en la superficie, sobre todo al norte, oriente y sur del mismo.

En el resto de los volcanes las lavas son de menor extensión, ya que gradualmente van siendo sepultadas por los depósitos de los volcanes vecinos más jóvenes y por los sedimentos del lago. El volcán Yuhualixqui es el más antiguo de la Sierra de Santa Catarina; por lo que sus lavas no afloran en la superficie y seguramente están cubiertas, no sólo por materiales volcánicos posteriores, sino que pudieron ser cubiertas por las aguas del lago de Xochimilco. Se trata entonces de fracturas de poca profundidad, las cuales tienen su origen en los cambios del nivel del agua subterránea. Por esta razón no pueden considerarse como fallas tectónicas.

De lo anterior resulta una franja estrecha, alargada de norte a sur, afectada por grietas. Esta se ensancha en la zona de las calles Juárez, Violeta y La Turba, donde el relieve es una colina de aproximadamente 10 metros de altura con respecto a la planicie. Es posible que se trate de una estructura volcánica sepultada. Ya que se encuentra totalmente cubierta por construcciones urbanas no es fácil confirmar esta hipótesis. Es interesante porque es la zona más afectada, ya que la grieta principal tiene ramificaciones y existe la posibilidad que siga creciendo.

La divisoria de aguas de la colina, es la porción más estable de la misma, pero al descender hacia el oriente, en la base de la colina vuelven a aparecer las grietas en terrenos de la Delegación Tláhuac. La grieta continúa al sur y culmina en otra pequeña colina, la cual atraviesa en su totalidad. Se encuentra en la Delegación Tláhuac, en un terreno de la Secretaría de Seguridad Pública. Tiene escasas construcciones, ya que los terrenos se utilizan para prácticas deportivas y entrenamiento de policías.

La colina está constituida de material lacustre, lo que permite determinar que originalmente era parte de la planicie, hace pocos años cubierta por las aguas del lago de Xochimilco. Un

hundimiento diferencial le dio origen, la cual es posible que se apoye en una estructura volcánica que evita se hunda. Pero el movimiento con distinta velocidad da origen a las grietas, el terreno se desmembra en bloques. La interpretación que hemos hecho sobre el origen del conjunto de fracturas de esta porción de la Delegación Iztapalapa, es que se debe al hundimiento del terreno, ocasionado a su vez por la extracción de agua. La posición y dirección que siguen las grietas debe ser consecuencia de una estructura geológica de roca resistente, la cual subyace a las arcillas lacustres, de manera que da lugar a un hundimiento diferencial, provocando la ruptura en las márgenes de la estructura sepultada, misma que probablemente se trata de un derrame de lava del volcán Yuhualixqui, extendido hacia el sur.

La formación de grietas en las márgenes de volcanes en contacto con una planicie lacustre es un tema ya antes tratado por autores como Del Castillo Muris (1978, 1993), Murillo (1990, 1991) y Gutiérrez, Cuevas y Sánchez (1991) quienes citan como ejemplo los cerros Peñón del Marqués, Peñón de los Baños, Xico y Tepeyac.

- Zona De San Lorenzo Tezonco-El Molino, Delegación Iztapalapa

La grieta inicia en la esquina de las calles Isabel de Portugal y Rafael Ponce de León. Se extiende al sureste para ramificarse en una colina, donde corta las calles Nochebuena y Crisantemos, en la ladera occidental de la colina. La superficie de parteaguas es estable y hacia la base del lado opuesto, oriental, las grietas aparecen con mayor desarrollo, en terrenos de la Delegación Tláhuac.

Son afectadas calles de las colonias Barrio San Lorenzo, El Molino Tezonco y El Molino. El reconocimiento del trazo de las grietas y las afectaciones, se hizo recorriendo las calles de la zona de la Delegación. En el anexo 2 se hace mención solamente de los casos puntuales más notables y que exigen una observación permanente. **Ver anexo 2.**

Capítulo V.-Conclusiones y Recomendaciones

El Distrito Federal está afectado por fallas y fracturas de carácter tectónico y antrópico. Las primeras son inevitables ya que responden a fenómenos geológicos activos o reactivados, las segundas han sido inducidas por el hombre quién modifica las condiciones del subsuelo, ya sea por agregar una carga que antes no existía (viviendas e infraestructura urbana), por impedir la recarga de acuíferos al agregar una capa de cemento y pavimento, por la excavación de múltiples obras

subterráneas (sistemas de drenaje, el metro, agua potable, líneas eléctricas, telefónicas, poliductos, etc.) y por la extracción de agua del subsuelo.

Por otro lado, la presencia de grietas y fracturas que afectan principalmente a las delegaciones Iztapalapa, se generan también por los procesos de hundimiento diferencial en forma de escalonamientos. Dichos fracturamientos son, comúnmente, paralelos al contorno de los edificios volcánicos y estructuras sepultadas por el relleno lacustre.

Es bien sabido que la delegación Iztapalapa está integrada por una gran cantidad de habitantes lo que indica que la gran demanda de agua es constante en toda la delegación y por consiguiente la compactación del subsuelo va en aumento, nos queda claro al revisar las gráficas de evolución del nivel estático que se nota una disminución en la profundidad desde el año 1984 al 2003 como también se aprecia la disminución en las curvas del nivel estático en los planos y figuras. Dichos datos demuestran que todos los accidentes como son los hundimientos del terreno, rupturas en ductos de Pemex, las fracturas presentadas en casa y avenidas seguirán en aumento si no se hacen remediaciones.

Es importante tomar en cuenta que la extracción de agua combinada con las más de 200 grietas que se registran en la Sierra de Santa Catarina representa un constante peligro para los habitantes de las diferentes colonias.

Es necesaria la constante supervisión de la extracción de agua en todos los pozos existentes, como también la recarga, pues de esto dependerá la evolución del nivel estático relacionada directamente a la presión en el subsuelo y por consiguiente a la compactación de los materiales que lo componen. En este sentido es fundamental que se siga registrando la piezometría de los pozos que integran la red de Santa Catarina, tanto en secas como en lluvias.

Se deben de tomar todas las medidas necesarias para asegurar el bienestar de los habitantes, como replantear el proyecto de la Comisión de Luz y Fuerza del Centro (CL y FC) y de Pemex de Introducir redes para gas natural, revisar la tubería ya instalada, reubicar a las familias asentadas sobre ductos y bajo torres de alta tensión.

Así mismo rellenar grietas con bentonita, para lo cual en principio se necesita entre 40 y 50 millones de pesos. (Agencia Notimex).

- Relleno de grietas con inyección de bentonita

Al presentarse las grietas es necesario establecer la continuidad entre los bloques de arcilla o de suelo limitados por las mismas, a fin de evitar desplazamientos horizontales excesivos de los bloques de suelo que se forman a cada lado. Se procede entonces a rellenar las grietas inyectando mezclas plásticas de bentonita, cemento y agua de consistencia similar a la arcilla del largar, a fin de mantener la plasticidad necesaria para que este material siga las deformaciones futuras del terreno y conserve el mayor tiempo posible la continuidad horizontal del suelo. Los desplazamientos horizontales de los boques continuarán presentándose por la activación de la grieta a causa de la consolidación del subsuelo, por lo que el tratamiento de las grietas deberá realizarse periódicamente, a medida que las mismas vuelvan a manifestarse con el tiempo.

Como se mencionó anteriormente, es necesario actualizar el censo y los caudales de extracción, a fin de obtener mayor precisión en el balance que se realiza.

VI.-Referencias Citadas

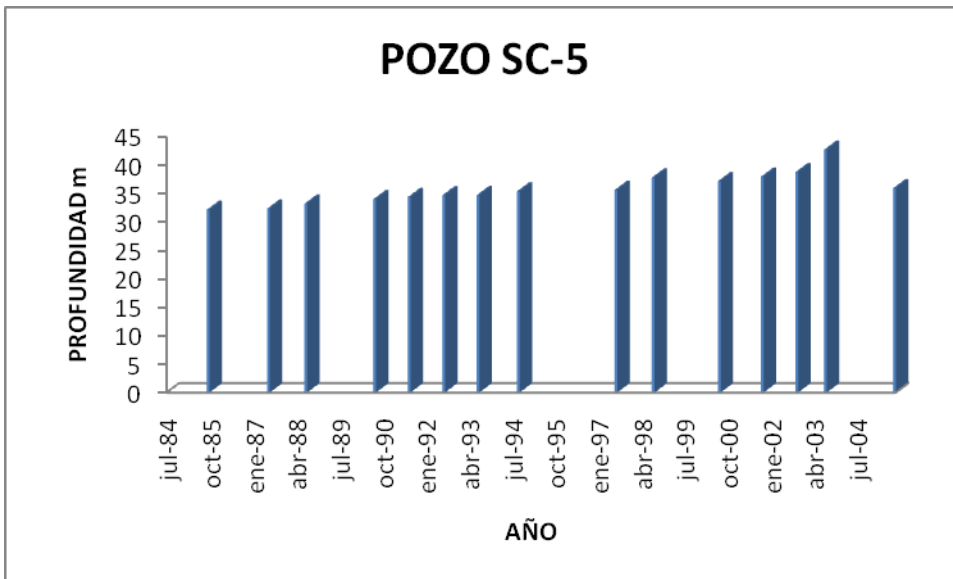
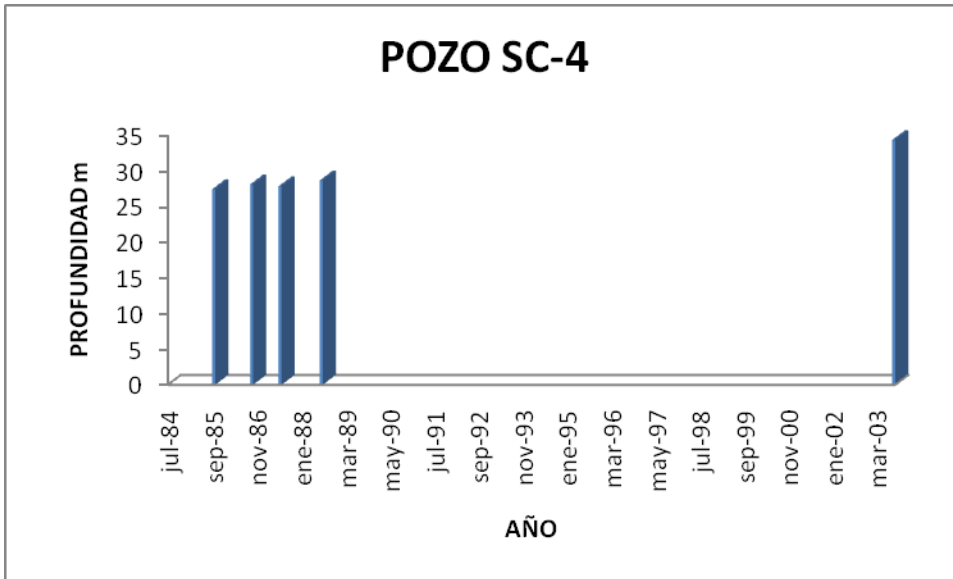
- Alaniz-Alvaréz et al., 1998; Effect of strain rate in the distribution of monogenetic and polygenetic volcanism in the transmexican volcanic Belt, *Geology* V.25. pp 591-594.
- Aguilar Pérez L. Antonio, Ortega-Guerrero M. Adrián, Hubp José Lugo y Ortiz Zamora Dalia del C., 2006; Análisis numérico acoplado de los desplazamientos verticales y generación de fracturas por extracción de agua subterránea en las proximidades de la Ciudad de México. *Revista mexicana de ciencias geológicas* v 23, num. 3, p 247-261.
- Arellano A.R.V, 1948; La composición de las rocas volcánicas en la parte sur de la cuenca de México; *boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* tomo XIII pp.81-82.
- Ávila Riquelme E, 1976; *Vivienda para México*.
- Carreón-Freyre Dora C., Hidalgo Moreno Claudia M., Martín Hernández-Marín Mecanismos de fracturamiento de depósitos arcillosos en zonas urbanas. Caso de deformación diferencial en Chalco, Estado de México. Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México; Campus Juriquilla, Querétaro, México. Colegio de Posgraduados. Campus Montecillo, Texcoco, México. Dept. of Geological Sciences Virginia Tech. USA.freyre@geociencias.unam.mx
- Campos Enríquez J.O, Delgado Rodríguez O y Chávez Segura R., 1997; The subsurface structure of the Chalco sub-basin (Mexico City) inferred from geophysical data, *geophysics*, v.62 n.1, pp 23-35.
- Comisión Nacional del Agua., 2007; *Estadísticas del agua en México* Secretaria del medio ambiente y recursos naturales.
- Damon E.P.,M Shafiqullah F. K., 1981; Evolución de los arcos Magmáticos en México y su relación con la metalogénesis. *Rev. Inst. Geol., UNAM*, 5, 2, 223-238.
- De Cserna, Zoltan de, et al., 1988; Estructura geológica, gravimetría, sismicidad y relaciones neotectónicas regionales de la cuenca de México, *boletín 104*, Instituto de Geología.
- Demant Alan., 1978; Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación; *Instituto de Geología Revista*, v.2 num. 2; pp.172-187.
- Demant Alan., 1981; the trans-mexican neo-volcanic axis; *Volcanological and Petrological Study: Geodynamic significance*. Ph.D. Dissertation, Université De Droit D'Economie et Des Sciences D'Axis-Marseille. pp.279.

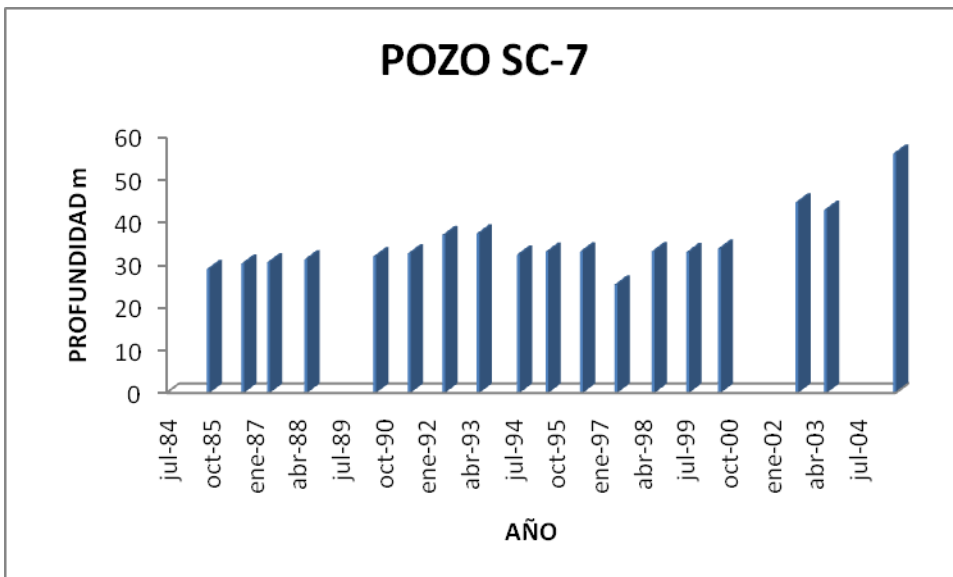
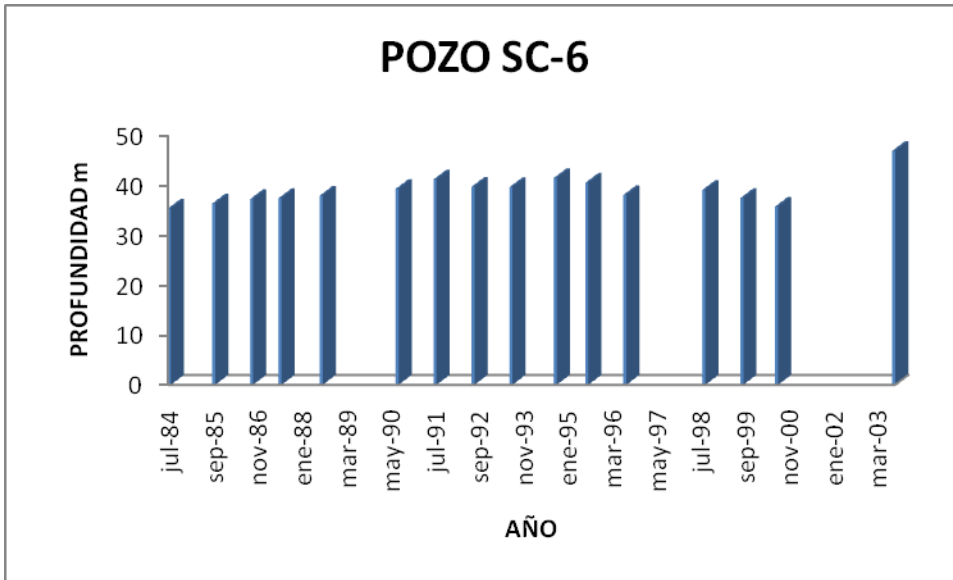
- Ferrari L., et al., 1999; Space time patterns of Cenozoic arc volcanism en central Mexico: from the sierra Madre Occidental of the Mexican volcanics belt. *Geology* v.27, pp.303-306.
- Fries Carl, Jr., 1960; Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, vol.60 p.236.
- Fries Carl, Jr., 1962; Hoja Pachuca 14Q-e (11). Con resumen de la geología de la hoja Pachuca, Estado de Hidalgo México: Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología, Carta Geológica de México, serie de 1:100 000, mapa con texto.
- Garay-Maldonado R., 1975; morfología de la región volcánica cerro de la Estrella; anuario de geografía año XIV , facultad de filosofía y letras UNAM, pp.11-66.
- García Palomo A, Maciaral J. L y Arduño V. H., 2000; Mioceno to recenté structural evolution of the Nevado de Toluca volcano region, central Mexico *Tectonophysics* v.318, pp 281-302.
- Gastil, R y Jensky, W., 1973; Evidence for Stike-Slip Displacement Beneath The Trans-Mexican Volcanic Belt; *Stanfort Univ. Publ. Geol. Sci.*, 13; pp.171-180.
- Gómez-Tuena Arturo, Ma. Orozco-Esquivel Teresa, Ferrari Luca., 2005; Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana, boletín de la Sociedad Geológica Minera. Tomo LVII, num. 3, , P. 227-283.
- Huerta Ladrón de Guevara Manuel R.. Asesor de vivienda en riesgo. Juan C. Mercado Hernández Coordinador técnico. Riesgos en viviendas. Protección Civil.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI.,2005.
- Juárez-Badillo E.y A Rico Rodríguez., 1989; Fundamentos de la mecánica de suelos. ed Limusa S.A de C.V México.
- Lesser Illades Juan Manuel Ing. D González Posadas David; Evolución piezométrica del acuífero de la Ciudad de México., 2005; Lesser y Asociados, s.a de cv, V congreso de aguas subterráneas Hermosillo.
- Luhr J. F y Carmichael., 1985; Contemporaneous eruptions of calkaine and alkaline magmas along the volcanic front of the mexican volcanic belt; *Geofísica Internartional*, n.24, special volume on Mexican volcanic Belt, pp.203-216.
- Lugo Hubp., 1994; Geología de la Sierra de Santa Catarina, D.F, México; revista mexica de ciencias geológicas. vol. 11, n.1 pp. 43-52.

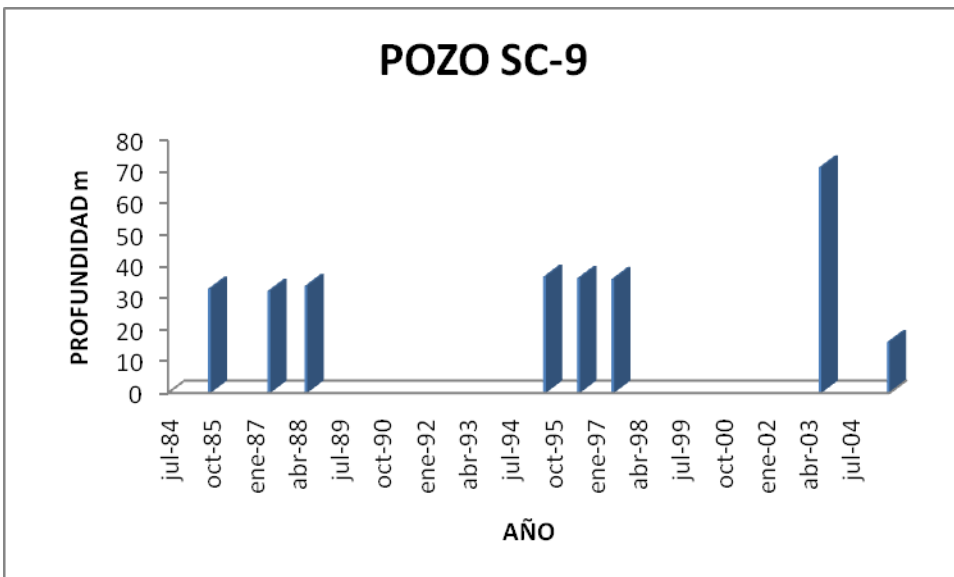
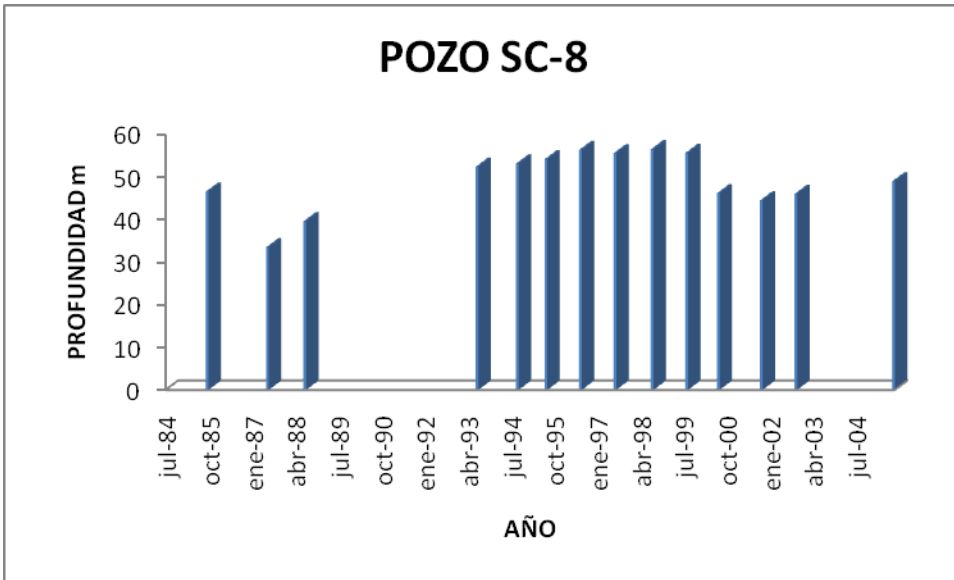
- Magaña García, María del Pilar., 2003; Geología de la Sierra de Santa Catarina. Facultad de Ingeniería.
- Martin Del Pozzo, A, L., 1982; Monogenetic Vulcanism in Sierra Chichinautzin, México. Bull, Volcanol., 45-1, 9-24.
- Martínez Alfaro Pedro, Martínez Santos Pedro, Castaño Castaño Silvino., 2006; Fundamentos de Hidrogeología. ed. Mundi-Presa.
- Ing. Martínez Morales Leonardo, Piezometría Valle de México 2003 Sistema de Aguas de la Ciudad de México. Subdirector de planeación de la inversión, Dirección general de operación hidráulica. Gobierno del Distrito Federal. Lesser y Asociados, s. a. de c. v. Querétaro, Qro., 30 de noviembre del 2003.
- Molina Berbeyar Rafael, Hundimiento de la ciudad de México y su relación con los estudios de la mecánica de suelos geoquímicos, geofísicos y geológicos de las aguas del subsuelo de la cuenca del valle de México.
- Mosser F., 1974; The mexican volcanic belt: estructura and tectonics, geofisical international, n.12; pp.55-70.
- Mosser F, Martínez A, Zúñiga A., 1996; Nuevo mapa geológico de las cuencas de México, Toluca y Puebla, Estratigrafía, Tectónica y aspectos geotérmicos. comisión Federal de Electricidad. México pp.27.
- Negendank, J.F.W., 1972; Volcanics of valle of Mexico; Part 1 petrography of de volcanics; Neues Jerbuch fur mineralogy, Abhandlungie, 116 pp.308-320.
- Niedzelski, H., 1991; Sección hidrogeológica del valle de Chalco, México; Geofísica Internacional, v. 30, num. 2, pp. 97-105.
- Nixón G.T., 1982; The relationship between Quaternary volcanism in Central Mexico and the seismicity and structure of subducted ocean lithosphere. Geological Society American Bull., 93, pp.514-523.
- Nixón G.T, Demant A, and Armstrong R.L., 1987; K-Ar Geologic data bearing on the age and evolution of the trans-mexican volcanic belt. Geofísica Internacional v.26, n.1; pp. 109-151.
- Ordóñez E., 1895; Las rocas eruptivas del sureste de la cuenca de México, boletín de la Sociedad Geológica Mexicana.
- Rodríguez R y González T, 1989; comportamiento hidrodinámico del sistema acuífero de Chalco, México; geofísica internacional v.28, n.2 pp 207-217.

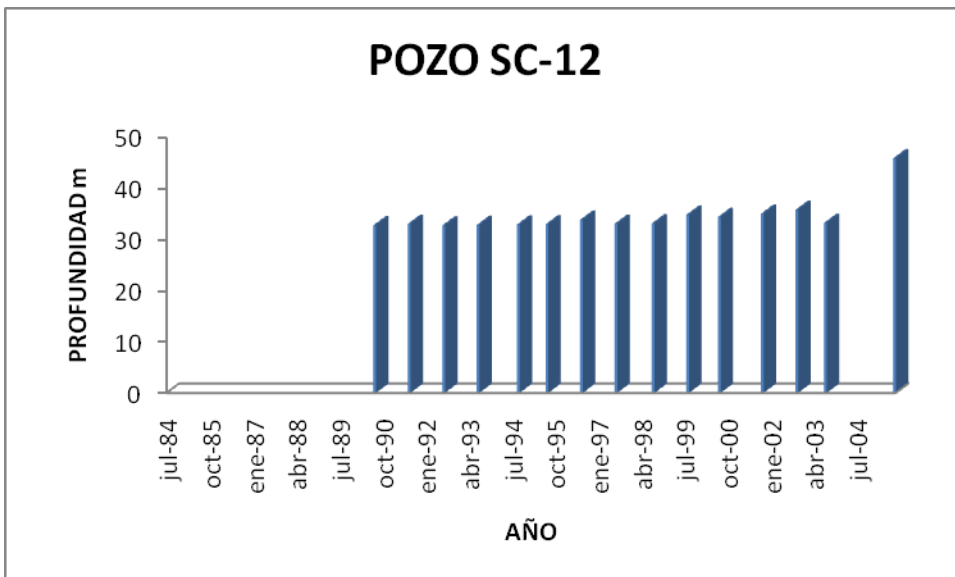
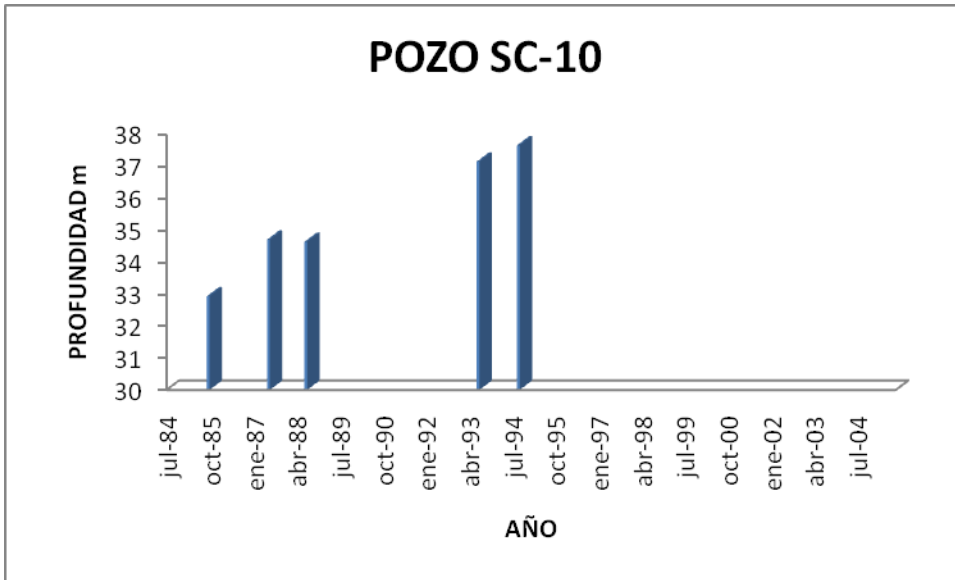
- Schlaepfer Carmen., 1968; Geología de la hoja de México 14 Q H (5); instituto de Geología,UNAM, escala 1: 100 000.
- Urrutia-Fucuguachi, J., 1995; paleomagnetismo constraints on spatial/temporal volcanic activity in the Santa Catarina-Chalco región southeastern basin of Mexico; Geofísica International, v.43 n.1 pp. 55-66.
- Vasquez Sánchez E. y James Palomera R., 1988; Geología de la Cuenca de México, Geofísica International v.28 n.2, pp 113-190.
- Venegas S. S, Herrera F.J y Maciel F. R., 1985; algunas características de la faja volcánica transmexicana y sus recursos geotérmicos.

Anexo 1. Hidrógrafos de Pozos

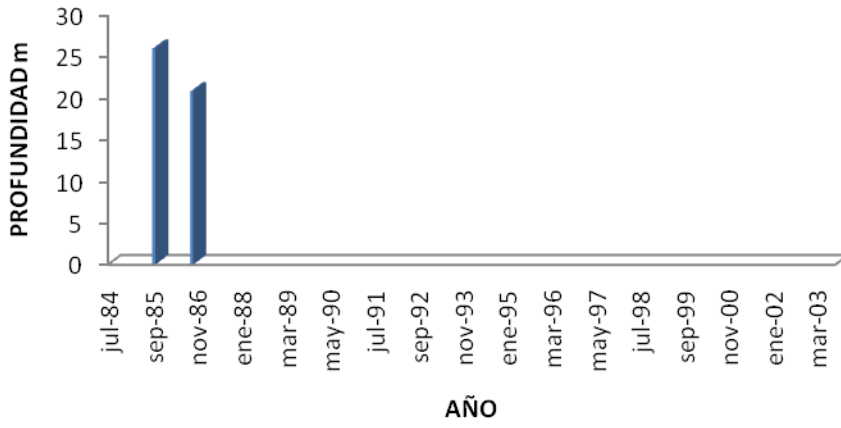








POZO SC-13



Anexo 2 Registro de la problemática en campo

Colonia San Lorenzo Tezonco

Calle Vista Hermosa

Frente a la casa # 24 se puede apreciar un fracturamiento perpendicular a la misma y una separación entre la pared frontal de la casa y la banqueteta, que ya a sido reparada pero nuevamente muestra indicios de movimiento. Las casas contiguas a esta presentan el mismo hundimiento de las banquetetas. (Fotografía 1),

La Unidad Habitacional Benito Juárez presenta hundimientos en sus banquetetas (fotografía 2).



(Fotografía 1)

(fotografía 2)

Intersección entre la calle Vista Hermosa y Guadalupe Victoria:

En este punto se presentan hundiendo por lo que es posible observar 50cm. Aproximadamente de desnivel. (Fotografía 3)



(Fotografía 3)

Intersección de la calle Viste Hermosa y Gardenias:

En esta intersección también es notorio el hundimiento por lo que las banquetas y el pavimento han comenzado a romperse, tal es el caso de la banqueta de la casa marcada con el número 1 de la calle Gardenias que presenta una separación y un hundimiento. (Fotografías 4 y 5).



(Fotografías 4 y 5)

Intersección de la calle Vista Hermosa y Flor de Rio.

En esta parte el hundimiento ha provocado la separación entre la banqueta y las construcciones que han sido reparadas al parecer con pavimento. (Fotografía 6).



(Fotografía 6).

Intersección entre la calle Viste Hermosa y Emiliano Zapata

El hundimiento de esta intersección solo es posible observarlo en la banqueta derecha que pertenece a la misma manzana que la calle anterior. (Fotografía 7).



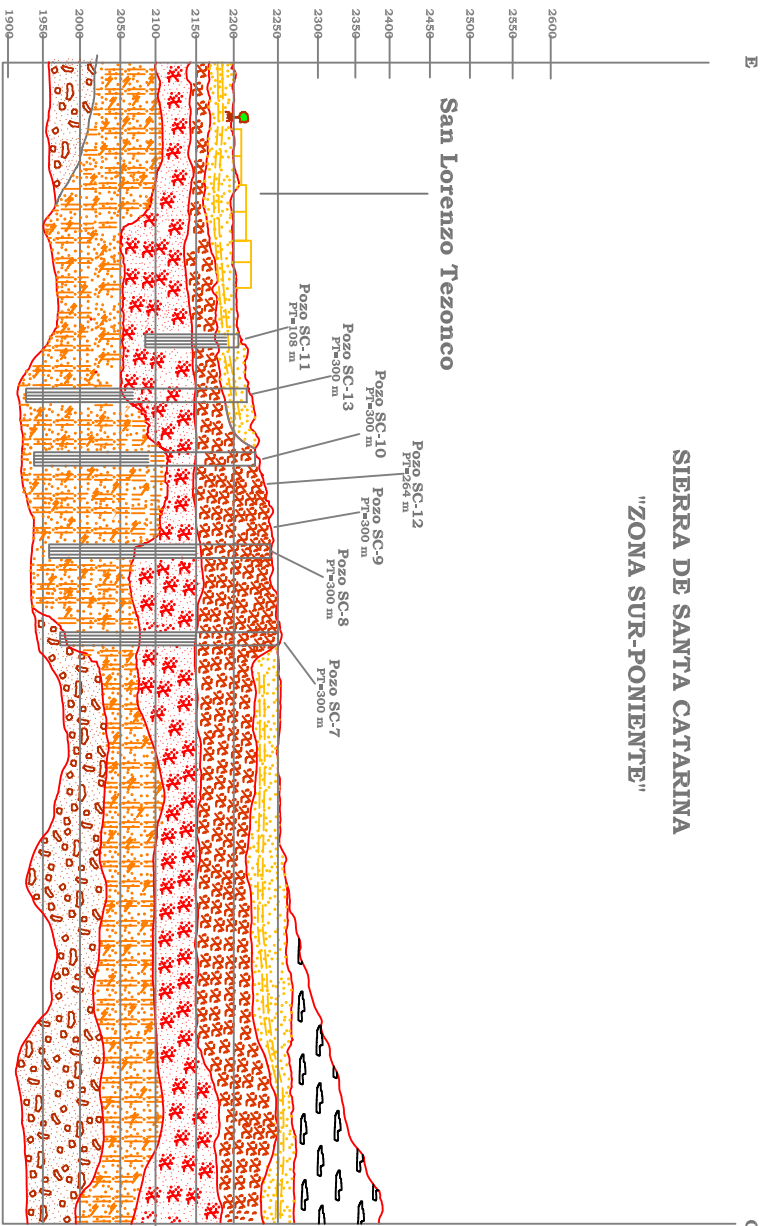
(Fotografía 7)

EL ROSARIO Y EL MOLINO SAN LORENZO TEZONCO

DELEGACIÓN: IZTAPALAPA

NOMBRE	DOMICILIO	TELEFONO	OBSERVACIONES
Raúl Reyes Morales	Calle Geranio Lote 2 Manzana 25	584522 83	El salón de fiestas no tiene problemas estructurales. Comentan que estos eran terrenos de siembra pero que desde 1972 ya no ocurre esto, aparte que al meter el drenaje se encontraron con una costra de 60cm de tepetate duro.
Lara Romero Gerardo	Calle Juan Patricio Morlete Ruiz Manzana 32 Lote 2	584705 11	Casa no consolidada con láminas de asbesto y casi sin cimentación, solo se encontraron afectaciones provocadas por el paso de la grieta en el patio y paredes.
Noemí Baranda	Calle Iztacihuatl Lote 4 Manzana p	247699 13	Se pudo corroborar el paso de la grieta mencionada en planos anteriores. La casa no tiene problemas estructurales.
	Zacahuizco Número 7		Casa no habitada con grietas en la pared exterior.
Guillermo Mendoza	Calle Iztapalapa Manzana 4 Lote 3	584576 70	Frente a esta casa se tuvo una fuga de agua hace 4 años aproximadamente por lo que esta se ha estado separando con más velocidad desde entonces.
	Calle Toltecas Lote 1 Manzana 14		No se encontró afectación dentro de la vivienda.

Aurora Sánchez Benítez	Calle Toltecas Lote 12 Manzana 9	584505 39	No se encontró daño estructural relevante dentro de la vivienda y solo reporta que con el paso de camiones pesados la casa vibra mucho.
Marcelina Fiscal	Calle Álamo Lote 17 Manzana 19	044555 159086 7	Es del tipo no consolidada donde se reporta que la grieta que pasa por debajo era utilizada por una pareja de ancianos que se bañaba en la recámara y que arrojaba el agua por la misma.
Jesús Alvarado Cortes	Calle Ocote Numero Oficial 55	584582 37	Tiene un hundimiento hacia su lado izquierdo y que comenzó a partir del año 1996.
Adolfo Saúl Cisneros Soriano	Calle Cipreses Lote 3 Manzana 24 Numero Oficial 55	584573 74	Se encontró un poco de problemas en la parte trasera del predio que afecta tres cuartos.



SIERRA DE SANTA CATARINA
"ZONA SUR-PONIENTE"

San Lorenzo Tezonco

LEYENDA

- Arcilla Lacustre, Arenas Medias y Finas
- Escoria Basáltica
- Basalto y Ceniza
- Intercalación de Arena Gravoza y dep. Piroclástico
- Toba y Aglomerado
- Basalto


SIMBOLOGIA

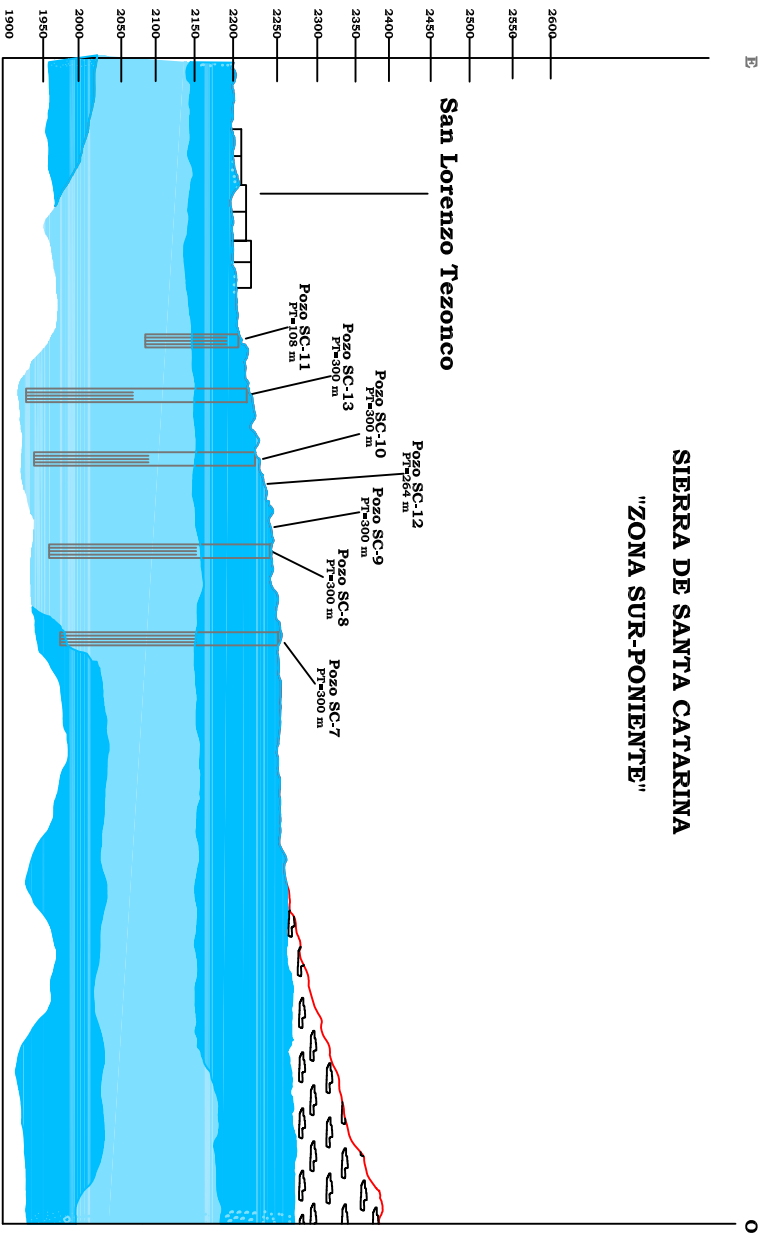
- POZO
- VIVIENDAS
- VEGETACIÓN

PT=264 m
PT=300 m

0 50 100 150 200 250 300 350

Escala gráfica

 <p>U N A M FACULTAD DE INGENIERÍA</p>	
<p>Sección Geológica "Zona Sur-poniente de la Sierra de Santa Catarina"</p>	
<p>Jorge Abel Gómez Nava</p>	
<p>Ma. Antonio Hernández Espriú</p>	
<p>DIRECTOR DE TESIS</p>	
<p>TESISTA</p>	
<p>TITULO</p>	
<p>"Zona Sur-poniente de la Sierra de Santa Catarina"</p>	
<p>APoyo EN DIGITALIZACIÓN . EDICIÓN Y CAPACITACIÓN DEL AUTOCAD: ADÁN CASTRO FLORES</p>	
<p>TALLER DE CONFECCIÓN</p>	



**SIERRA DE SANTA CATARINA
"ZONA SUR-PONIENTE"**

San Lorenzo Tezonco

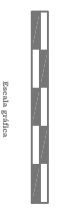
- Pozo SC-12
PT=2664 m
- Pozo SC-10
PT=300 m
- Pozo SC-13
PT=300 m
- Pozo SC-9
PT=300 m
- Pozo SC-8
PT=300 m
- Pozo SC-7
PT=300 m
- Pozo SC-11
PT=108 m

LEYENDA

- Acuífero
- Acuitando
- Basalto

SIMBOLOGIA

- Pozo SC-11
- VIVIENDAS



<p>UNAM FACULTAD DE INGENIERÍA</p>	
<p>Sección Hidrogeológica "Zona Sur-poniente de la Sierra de Santa Catarina"</p>	
<p>Jorge Abel Gómez Nava</p>	
<p>Director de Tesis</p>	
<p>Ing. Antonio Hernández Espriú</p>	
<p>Apoyo en digitalización, edición y capacitación del AutoCAD:</p>	
<p>ADÁN CASTRO FLORES TALAN DE CONSTRUCCIÓN</p>	