

117 2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO DE INSTRUMENTACION GEOTECNICA
EN LA ZONA DEL LAGO DE TEXCOCO

T E S I S
Que para obtener el título de
INGENIERO CIVIL
p r e s e n t a

MANUEL FRANCISCO RAMIREZ CABALLERO

Director de Tesis: Ing. Apolonio Hernández Rubio

México, D. F.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1990



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 está 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.

TEMA DE TESIS

PROYECTO DE INSTRUMENTACION GEOTECNICA EN LA ZONA DEL LAGO DE -
TEXCOCO

C O N T E N I D O

- I. INTRODUCCION (GENERALIDADES DE LA ZONA Y DEL SISTEMA HIDRAULICO)
- II. ESTACIONES EXISTENTES EN LA ZONA
- III. PROYECTO DE NUEVAS ESTACIONES
- IV. INSTRUMENTOS MAS COMUNES
- V. CONCLUSIONES
- VI. RECOMENDACIONES

ASUNTO: Propuesta de Tema de Tesis

SR. DR. DANIEL RESENDIZ NUÑEZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA DE LA UNAM
P r e s e n t e .

En atención a su oficio de fecha Junio 13 de 1989 en
el que me solicita proponer Tema de Tesis para que sea desarrollado --
por el (la) señor (ita) RAMIREZ CABALLERO MANUEL FRANCISCO
registrado (a) con número de cuenta 6907617-4 y pueda pre--
sentar su Examen Profesional de la Carrera de INGENIERO CIVIL
me permito someter a su consideración el siguiente:

TEMA: PROYECTO DE INSTRUMENTACION GEOTECNICA EN LA ZONA DEL LAGO
DE TEXCOCO

CAPITULOS: I. GENERALIDADES DE LA ZONA Y DEL SISTEMA HIDRAULICO
II. ESTACIONES EXISTENTES EN LA ZONA
III. PROYECTO DE NUEVAS ESTACIONES
IV. INSTRUMENTOS MAS COMUNES
V. CONCLUSIONES
VI. RECOMENDACIONES

A t e n t a m e n t o
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 31 de Julio de 1989.

Firma del Profesor

Nombre: ING. APOLONIO HERNANDEZ RUBIO

EP/3

C A P I T U L O I

INTRODUCCION (GENERALIDADES DE LA ZONA Y DEL SISTEMA HIDRAULICO)

La instalación de instrumentos geotécnicos es fundamental para - determinar las condiciones iniciales del subsuelo, el comporta - miento teórico del lugar donde se planea desplantar una estructu - ra y con ello poder realizar el diseño y predecir el comporta - miento durante la vida útil de la estructura, así como para de - terminar el proceso constructivo de la misma.

En el Lago de Texcoco se pretenden construir estructuras con di - ferentes fines, desde el tratamiento de aguas residuales hasta - lagos de recreación, por lo cual surge la necesidad de controlar el comportamiento del suelo en varios puntos del ex-lago, razón - por la cual se desarrolla el siguiente trabajo.

GENERALIDADES DE LA ZONA Y DEL SISTEMA HIDRAULICO

La extensa área del ex-Lago de Texcoco, en la cual se depositan - las aguas de lluvia que transportan los nueve ríos torrenciales - que drenan de la parte Oriente de la cuenca del Valle de México, depositando el agua de lluvia en el Lago Dr. Nabor Carrillo; las aguas negras que transportan los ríos de la Compañía y Churubusco, depositan sus aguas en los Lagos Regulación Horaria y Churubusco, que a su vez están comunicados con el Dren General del Valle, mismo que está comunicado con el Gran Canal del Desagüe; - asimismo los objetivos de la Comisión del Lago de Texcoco son:

- a) Captar el agua de lluvia en la zona

- b) Encauzar hacia el Gran Canal, las aguas crudas que se descargan en la zona.
- c) Recibir y regular las avenidas de agua de lluvia y negras - que se presentan en los meses de lluvia, evitando una posible inundación de la zona Metropolitana.
- d) Aprovechar las aguas negras y con ellas proporcionar 3 - - - m^3 /seg. de agua tratada a la población de las zonas aledañas.

Para realizar lo anterior, se cuenta con un sistema de Lagos denominados:

- a) Dr. Nabor Carrillo
- b) Churubusco
- c) Regulación Horaria
- d) Recreativo
- e) Desviación Combinada (en proyecto)

Teniéndose una capacidad aproximada de 135 millones de metros cúbicos.

Para el manejo y control del sistema hidráulico, se cuenta con el Dren General del valle, que atraviesa la zona de sur a norte, captando y descargando las aguas del ex-Lago al Gran Canal del Desagüe (en la figura 1 se ve el sistema hidráulico).

Debido al hundimiento regional y al sistema hidráulico existente en el ex-Lago de Texcoco, así como las obras por construir, es necesario instrumentar lo más intensamente posible la zona, con objeto de medir los movimientos de las estructuras durante toda la vida útil, y en su caso prevenir posibles problemas que pongan en peligro el Proyecto Texcoco.

sor promedio de la FAS es del orden de los 32 m.

Capa Dura (Primera).- Constituida fundamentalmente por suelos arenolimosos compactos y en ocasiones cementados. Su resistencia media a la prueba de penetración estándar varía de 25 a 50 golpes; el contenido de agua media varía entre los 20 y 100% y su espesor entre 0.5 y 1.50 m.

Formación Arcillosa Inferior (F.A.I.).- Formada por arcillas altamente compresibles (CH) muy plásticas y de consistencia muy blanda, con lentes de arena y delgadas capas permeables intercaladas, su contenido de agua varía entre 100 y 300%, es menos compresible y de mayor resistencia al esfuerzo cortante que los suelos de la F.A.S., y su espesor medio es de 16.5 m.

Depósitos Profundos (Segunda C.D.).- De acuerdo con los resultados obtenidos en los sondeos, esta formación es permeable y está constituida por gravas, arenas limo-arcillosas, arenas limosas y en ocasiones por pequeñas intercalaciones de arcilla. El espesor de estos depósitos permeables es de 8.5 m aproximadamente y se encuentra limitado en su parte inferior por una tercera formación arcillosa, la cual no se muestra por estar a más de 50 m de profundidad.

Las formaciones con profundidades mayores de 50 m no son afectadas por este trabajo.

A continuación, se muestra una figura conteniendo la estratigrafía anteriormente mencionada (fig. 2).

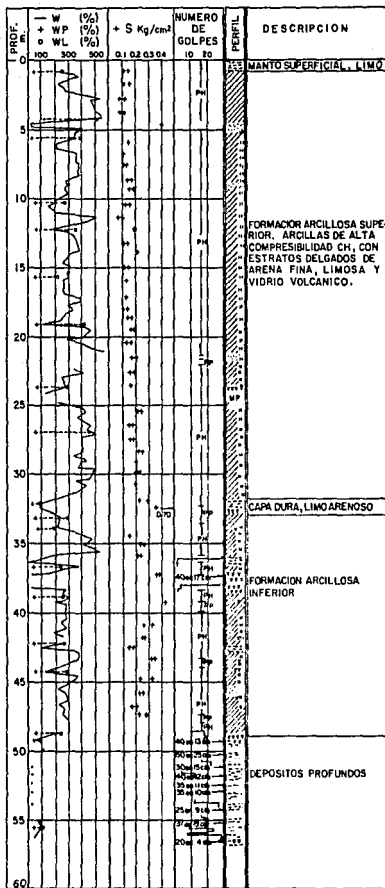
1.2.c). Propiedades y estratigrafía del subsuelo.

La estratigrafía y propiedades del subsuelo en el sitio de estudio, son semejantes a las existentes en el Área Metropolitana de la Ciudad de México. Lo anterior, ha sido confirmado por los sondeos que se han efectuado dentro de la zona (fig. 2.), lleva dos hasta 50 m.

El subsuelo del ex-Vaso del Lago de Texcoco, hasta una profundidad de 50 m (abajo de estas formaciones los estratos ya no son afectados por el proyecto, por lo tanto, no se estudian) está formado por los siguientes estratos; Manto Superficial, Formación Arcillosa Superior (F.A.S.), Capa Dura (Ira. C.D.), Formación Arcillosa Inferior (F.A.I.), y Depósitos Profundos (2da. C.D). Las características generales de cada estrato son las siguientes:

Manto Superficial.- Constituido por suelos limo-arenosos y arcillo-limosos, producto de la desecación de los depósitos lacustres; varían de sueltos a medianamente compactos y en ocasiones están ligeramente cementadas. El espesor del manto superficial varía de unos cuantos centímetros (en ocasiones no se les detecta), hasta 2.5 m. En general, es de mayor resistencia y menor compresibilidad que el estrato inferior.

Formación Arcillosa Superior (F.A.S.).- Formada por depósitos lacustres de ceniza volcánica de consistencia blanda con intercalaciones de lentes de arcilla (CH) y estratos de arena generalmente en estado suelto; el contenido de agua de los suelos que constituyen esta formación varía entre 200 y 500%, son altamente compresibles y de baja resistencia al esfuerzo cortante; el espe



SIMBOLOGIA

- | | | | |
|--|------------------|---|-----------------------|
| | ARCILLA | W CONTENIDO DE AGUA | PH PRESION HIDRAULICA |
| | LIMO | WP LIMITE PLASTICO | PP PESO PROPIO |
| | ARENA | WL LIMITE LIQUIDO | MP MUESTRA PERDIDA |
| | MICROFOSILES | S RESISTENCIA AL CORTE EN COMPRESION NO CONFINADA | |
| | VIDRIO VOLCANICO | | |

FIG. 2 ESTRATIGRAFIA TIPO DEL SUBSUELO

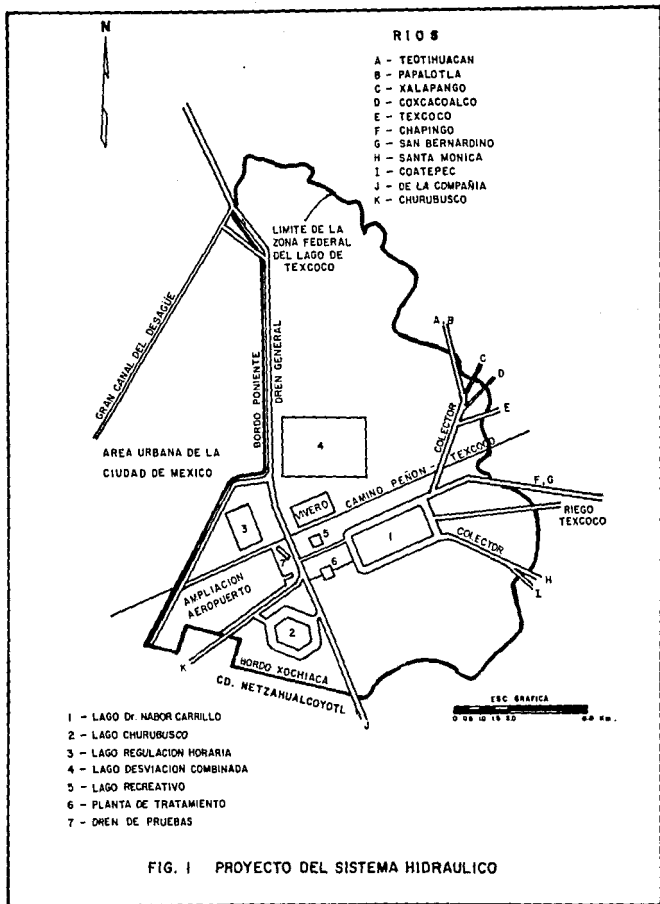
CAPITULO II

=====

ESTACIONES EXISTENTES EN LA ZONA

Dentro de la zona Federal del ex-Lago de Texcoco, se han instalado a la fecha 33 puntos de lectura que contienen pozos semejantes a los de extracción de agua con el objeto de poder registrar la variación de los niveles dinámicos de la zona en estudio; así mismo existen piezómetros tipo Casagrande con el objeto de medir las presiones de poro y sus variaciones con el tiempo, pudiéndose observar que no existen bancos de nivel profundo que nos puedan indicar la consolidación de los estratos arcillosos, perdiéndose con esto, datos que nos pueden registrar el comportamiento-estratigráfico regional de la zona.

En la fig. 3, se pueden observar los puntos de localización de lectura existentes, asimismo es importante mencionar que la zona de estudio, tiene una extensión de 14 500 ha. y que en algunos de los puntos indicados, la instrumentación ya no funciona, como es el caso del Lago Dr. Nabor Carrillo, Lago Churubusco, Dren General, etc., por lo que es conveniente la instalación de nuevas estaciones instrumentadas, mismas que se deriven en el cuerpo de este trabajo.



CAPITULO III

=====

PROYECTO DE NUEVAS ESTACIONES

Instrumentación propuesta para las obras que se encuentran dentro de la zona del ex-Lago de Texcoco.

1.- Lago Nabor Carrillo.

Cuatro estaciones instrumentadas, una a cada lado del Lago, como se puede ver en la fig. 4.

Cada estación deberá tener dos bancos de nivel profundo, - uno apoyado en la primera capa dura y el otro apoyado en la segunda capa dura; asimismo contará con dos piezómetros tipo Casagrande, colocados en la primera y segunda capas duras, de igual forma se instalarán 16 testigos superficiales en cuadrícula de 4 x 4 a cada 4 m de distancia el uno del otro, e instalados sobre el bordo de protección del Lago.

2.- Planta de Tratamiento a Contracorriente (fig. 5)

Una estación instrumentada, instalando los instrumentos con el mismo criterio descrito anteriormente, y deberá contener:

- a) Dos bancos de nivel profundo

- b) Dos piezómetros abiertos tipo Casagrande
- c) Testigos superficiales sobre las estructuras ya construidas.
- d) Dos piezómetros neumáticos

3.- Camino Peñón-Texcoco (fig. 6)

En este caso se proponen dos estaciones instrumentadas, con_uteniendo cada una:

- a) Dos bancos de nivel profundo
- b) Dos piezómetros abiertos tipo Casagrande
- c) Dieciséis testigos superficiales
- d) Dos piezómetros neumáticos

4.- Dren General (fig. 7)

Cuatro estaciones instrumentadas conteniendo:

- a) Dos bancos de nivel profundo

- b) Dos piezómetros abiertos tipo Casagrande
- c) Veintiún testigos superficiales
- d) Dos piezómetros neumáticos
- e) Un inclinómetro

5.- Planta de Tratamiento Terciario (fig. 8)

Una estación instrumentada conteniendo:

- a) Dos bancos de nivel profundo
- b) Dos piezómetros abiertos tipo Casagrande
- c) Testigos superficiales sobre las estructuras (en cada estructura de la planta).

6.- Lagunas Facultativas de Aereación (fig. 9)

Tres estaciones instrumentadas conteniendo:

- a) Dos bancos de nivel profundo

- b) Dos piezómetros abiertos tipo Casagrande
- c) Testigos superficiales sobre la estructura
- d) Dos piezómetros neumáticos
- e) Un inclinómetro

7.- Cruce de la vía del ferrocarril con el camino Peñón-Texcoco, (fig. 10).

Una estación instrumentada conteniendo:

- a) Dos bancos de nivel profundo
- b) Dos piezómetros tipo Casagrande
- c) Veinte testigos superficiales

8.- Sosa Texcoco y Lagunas Silvestres (fig. 11).

En este caso tenemos dos cuerpos de agua trabajando en forma diferente, por lo que, se proponen dos estaciones conteniendo cada una:

Dos piezómetros Casagrande

Dos bancos de nivel profundo

Dos piezómetros neumáticos

La instrumentación propuesta, se instalará bajo los lineamientos que se exponen en el Capítulo IV de este trabajo.

LAGO DR. NABOR CARRILLO

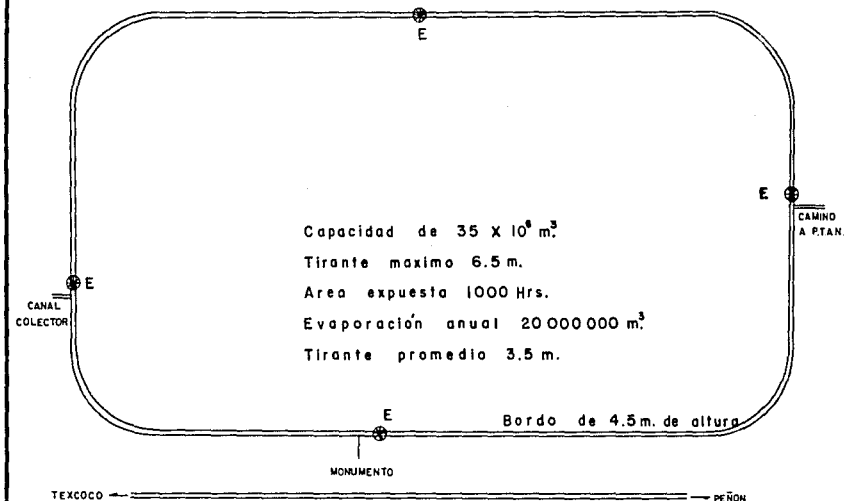


FIG. 4

ESC. 1:125

PLANTA DE TRATAMIENTO A CONTRACORRIENTE

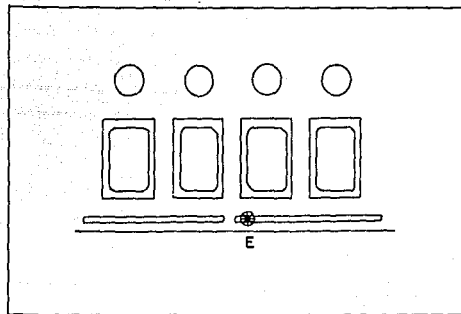


FIG. 5

CAMINO PENON TEXCOCO

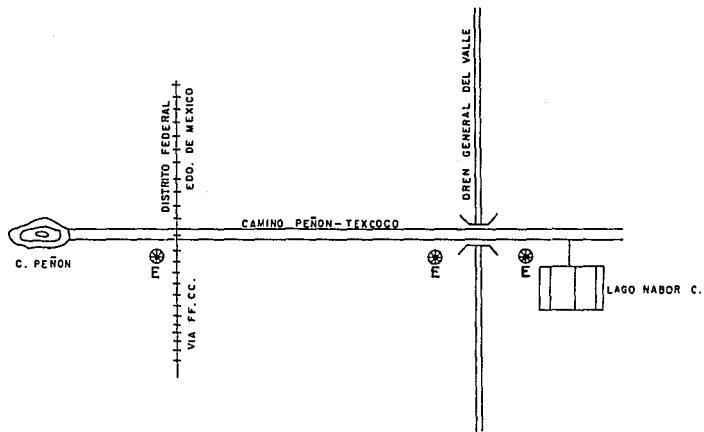


FIG. 6

DREN GENERAL

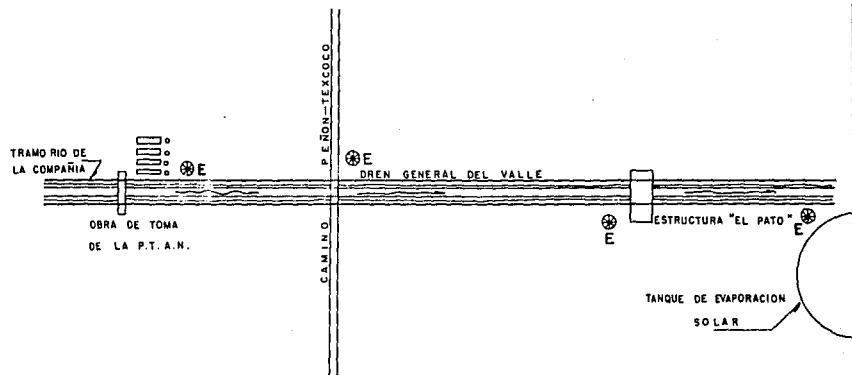


FIG. 7

PLANTA DE TRATAMIENTO TERCIARIO

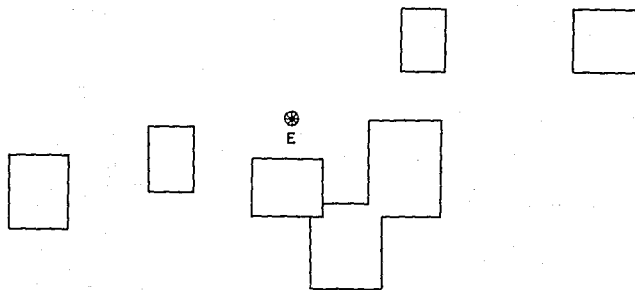


FIG. 8

LAGUNAS FACULTATIVAS
DE AEREACION

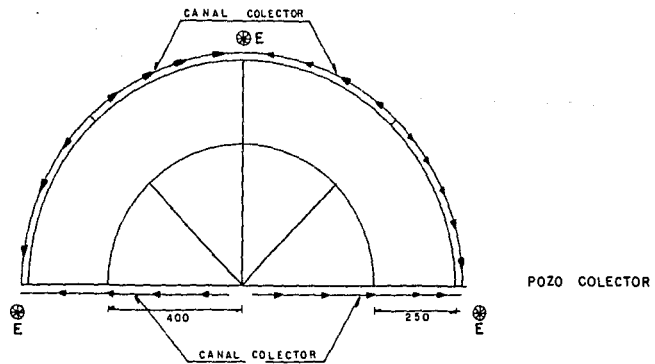
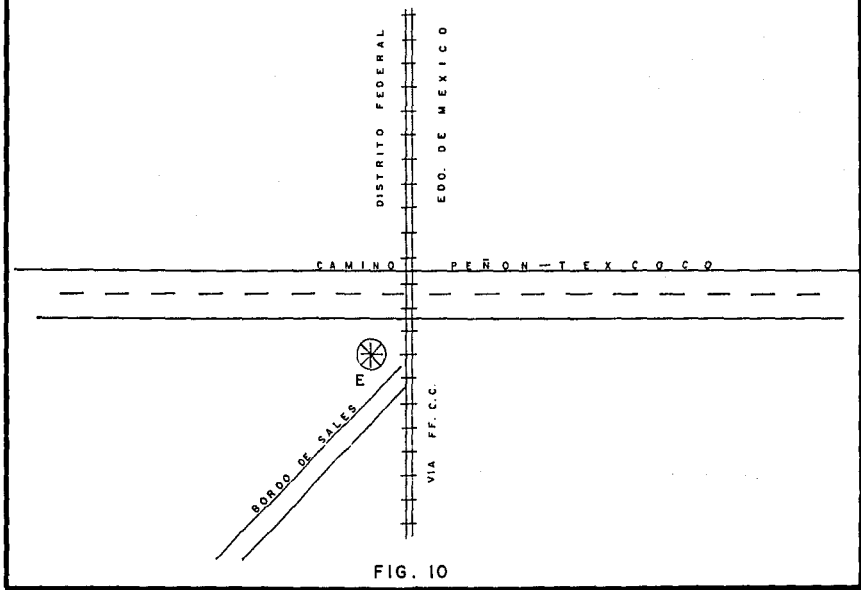


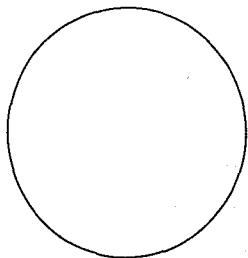
FIG. 9

CRUCE DE LA VIA DEL FERROCARRIL
CON EL CAMINO PEÑON TEXCOCO



SOSA TEXCOCO Y LAGUNAS SILVESTRES

TANQUE DE EVAPORACION SOLAR



DOS ESTACIONES



E



E



FIG. II

CAPITULO IV

=====

INSTRUMENTOS MAS COMUNES

Existen gran cantidad de principios de medición y de instrumentos, que permiten observar y cuantificar los fenómenos que ocurren en las obras de tierra y cimentación de estructuras. La selección de los dispositivos más adecuados en cada caso, se hace en base a las características de los aparatos (sensibilidad, repetibilidad de lecturas, rango, etc.) y a las necesidades que se tengan, tomando en cuenta el factor económico.

La instrumentación de cualquier obra, se diseña persiguiendo fines específicos, definiendo las variables que interesan en función de los objetivos; la información que se obtenga solo será de utilidad si se cuenta con un amplio conocimiento del fenómeno en estudio y del comportamiento del suelo en cuestión.

Por medio de la instrumentación, se puede llegar a comprender el proceso de deformaciones y la distribución de esfuerzos en la masa de suelo, siendo posible entender estos resultados con los predichos teóricamente, verificando así la validez de las hipótesis de diseño y determinándose en cada caso el intervalo de validez de las teorías.

La instrumentación, permite detectar un comportamiento inadecuado cuando apenas se inicia la obra, siendo posible aplicar las medidas correctivas necesarias antes de que represente un problema de gravedad.

Por medio de los resultados de la instrumentación, se obtiene el máximo de experiencia de una obra, la cual se aprovecha para el diseño de obras futuras.

Dada la gran cantidad de aparatos que existen y las incertidumbres que en toda obra se presentan, siempre es justificable ing

trumentar una obra aunque sea en forma muy simple, y por ende - muy económica.

DESCRIPCION DE INSTRUMENTOS

ESTACION

Lugar en el cual se instalan y protegen los instrumentos, que nos permitirán observar en forma realista el comportamiento de una estructura.

La estación puede tener un área de 9.25 m^2 . La información que se obtiene de una estación es:

Localización del nivel freático

Presiones de poro

Desplazamientos

Asentamientos reales

Expansiones

Etc.

El tipo y número de instrumentos instalados en ella, variará según el tipo de la estructura y del material seleccionado para la construcción: como ejemplo, en un bordo se instalarían de 2- a 4 estaciones con los siguientes instrumentos:

Piezómetros

Celdas de presión

Testigos superficiales

Bancos de nivel profundo

Extensómetros

Cintas de corte

A continuación se muestra la figura de una estación instrumentada (fig.12)

TESTIGO SUPERFICIAL (Banco de nivel superficial)

Los testigos superficiales o bancos de nivel superficial, consisten en elementos de concreto colados "in-situ" en perforaciones de 15 cm de diámetro por 30 cm de profundidad; el instrumento lleva en su parte central (superior) una referencia de dos líneas perpendiculares entre sí sobre la cabeza de una varilla de 1/2" de diámetro que sobresale 1 cm del concreto; dicho instrumento está protegido por una caja de concreto de 60x60x40 cm como se muestra en la figura 13. Los bancos de nivel tendrán las dimensiones marcadas en la figura 13 y su construcción se ejecutará como sigue:

- 1.- Excavación superficial de 5x40x60 cm como se muestra en la figura 13.
- 2.- Perforación de 35 cm de profundidad con posteadora de 15 cm de diámetro.
- 3.- Colocación de caja protectora
- 4.- Colado de concreto simple, llenando perfectamente la perforación y excavación, dejando la parte superior del colado, sobresaliendo ligeramente del nivel del terreno natural.

5.- Colocación del punto de nivel que consistirá de una varilla corrugada de 3/8" con punta de bala y anclada 15 cm sobresaliendo 1 cm del concreto.

6.- Pintado e identificación del instrumento.

BANCO DE NIVEL PROFUNDO

Está constituido por una columna rígida, anclada en su extremo inferior a un metro de concreto o placa de acero y protegida exteriormente por una tubería telescópica, colocados según se indica en la figura 14.

La presión que ejerza el peso de la tubería metálica y su anclaje, deberá ser equivalente a la presión efectiva actuante en el terreno antes de efectuar la perforación.

El procedimiento de instalación será el siguiente:

- 1.- Perforación de 4 1/2" de diámetro, hasta la profundidad requerida.
- 2.- Lavado cuidadoso de la perforación con agua limpia.
- 3.- Colocación del muerto de concreto o placa de acero y tubería interior de hierro galvanizado de 1 1/4" de diámetro.- La tubería metálica, estará constituida en su extremo superior por 6 tramos de 1 m de longitud, y la tubería restante en tramos de 6.20 m de longitud. La tubería mencionada será protegida con pintura anticorrosiva.

Los coples de la tubería rígida, serán de hierro galvaniza

do y achaflanados en sus extremos. El extremo superior llevará un tapón hembra roscado.

4.- Colocación del ademe telescópico, que consistirá de lo siguiente:

- a) Tramos de 3 m de longitud de tubería de PVC, alternando diámetros de 2 y 2 1/2" como se muestra en la figura 14.
- b) La unión de los tramos de PVC será por medio de nipples de PVC como se indica en el detalle de la figura 14.
- c) La parte inferior de la tubería telescópica, quedará instalada a una profundidad de 1 m menos que de la parte superior del muerto de concreto o placa de acero. La parte superior del ademe telescópico, quedará anclada en un brocal de concreto.

5.- Se colocará una protección superficial consistente en dos marcas de concreto precolado de 20x40x60 cm de espesor, con tapa de 40x60x40 cm, seguro y candado, o protección similar.

6.- Pintado de los instrumentos con pintura anticorrosiva rojo-bermellón, e identificación del instrumento indicando nomenclatura, fecha y profundidad de instalación.

PIEZOMETROS ABIERTOS

Tipo Casagrande, de tubería de PVC de 3/4" de diámetro, con coplex exteriores biselados y pegados con pegamento epóxico, ins-

talados en capas permeables en perforaciones individuales de 4 1/2" de diámetro. La separación mínima entre piezómetros será de 1.5 m.

El piezómetro será construido como se describe a continuación, asimismo se puede ver en la figura 15.

- 1.- Celda de PVC de 1 1/2" de diámetro y de 40 cm de longitud con perforaciones de 3/32" de diámetro, dispuestas en cuadrícula o "tresbolillo", con separación máxima de 10 mm, con tapas de PVC, o neopreno y llena con arena bien graduada de 0.15 o 2.4 mm.
- 2.- Filtro, será de arena de Ottawa estándar o equivalente en tamaño y con una longitud de 1 m, relleno perfectamente la perforación. Se recomienda, empacar la celda en una malla plástica conteniendo el filtro y celda.
- 3.- El sello será de bentonita y de 2 m de longitud.
- 4.- Se instalará un ademe telescópico en cada piezómetro. La tubería telescópica será de PVC con tramos alternados de 3 m de longitud y diámetros de 1 1/2" y 2 1/2". La unión entre tubos de 1 1/2" y 2 1/2", será con nipples de PVC y con un traslape máximo de 18 cm y mínimo de 5 cm.
- 5.- El ademe telescópico, deberá sobreyacer al sello de bentonita.
- 6.- El relleno de la perforación, será con lodo trixotrópico (lodo producto de la perforación).

- 7.- El tubo de PVC de 3/4", llevará en su extremo superior un tapón roscado con una perforación al centro de 3/16" de diámetro.

El proceso de instalación será el siguiente:

- a) Perforación de 4 1/2" de diámetro, hasta localizar la capa permeable, penetrando en ésta 1 m.
 - b) Lavado cuidadoso de la perforación con agua limpia.
 - c) Colocación de celda, tubería y filtro.
 - d) Verificación de la longitud del filtro.
 - e) Colocación del sello de bentonita de 2 m de longitud.
 - f) Colocación del ademe telescópico.
 - g) Relleno entre el ademe telescópico y la perforación con lodo tixotrópico.
- 8.- Colocación de dos marcos precolados de 60x40x20 cm de 4 cm de espesor con tapa, seguro y candado o protección similar.
- 9.- Pintado de color azul rey e identificación del instrumento, indicando nomenclatura y profundidad de instalación.

PIEZOMETRO NEUMATICO

Descripción.

El piezómetro del tipo Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M., - consta de conductores de tubo plástico de polyflow de 3/16" de diámetro, con conectores del tipo Swagelock. Los conductores - se protegerán con tubería telescópica de PVC de 1" y 1 1/2" de diámetro.

Instalación.

El aparato se coloca en el interior de una perforación de 6" de diámetro y a la profundidad deseada mediante las siguientes operaciones:

- a) Se conecta el transductor del piezómetro a un tramo de la tubería de PVC de 1" de diámetro, por medio de una reducción campana. Se hacen pasar los conductores de plástico por el interior del tubo.
- b) Se introduce el piezómetro en la perforación por medio del tramo del tubo mencionado en el inciso anterior, - hasta llegar a una profundidad de 50 cm menor que la perforación.
- c) Se rellena el espacio entre el tubo y la perforación - con grava y arena que pasa por la malla de 1/2" y se - retenga en la malla No. 4, el relleno se lleva hasta - 0.50 m arriba del extremo superior del bulbo. A conti

nuación se introduce un plástico para evitar el paso de lechada en la grava y se rellena con mortero cemento-arena, en proporción 1:2, con expansor del tipo H, - duro rock hasta llegar a la superficie.

- d) Se nivela el brocal del tubo de fierro y se fija su posición por medio de intersecciones.
- e) El brocal del tubo y el rollo de conductos plásticos se protegen con una caja de protección en el caso de presas y en el caso de excavaciones, se protege en la superficie.
- g) Se excava un pozo a cielo abierto de 1 m x 0.70 m de sección hasta descubrir la caja de protección y los conductos neumáticos (en el caso de formación de cortinas).
- h) Se acopla un tramo de tubo de PVC o hierro galvanizado de 1 1/2" de diámetro que traslapa 30 cm en el tubo de 1" anteriormente instalado y se hacen pasar por él los conductos neumáticos (para presas).

La longitud de este tramo se define de tal modo que el brocal del mismo quede 1 m abajo de la superficie del terreno para tener un colchón de material suficiente para no ser dañado por el paso del equipo (para la formación de bordos de retención).

- i) Se hacen lecturas con un equipo portatil de medición - consistente en un tanque de aire, tipo aqualón o de -

gas doméstico, manómetros de carátula marca Hellicoid y un sistema de válvulas Circleseal de flujo controlado.

- j) Se protege el brocal del tubo y los conductos neumáticos como se indicó anteriormente y se cubren nuevamente con el material de la cortina que se compactará con pisón neumático.
- k) Se repiten las operaciones a partir del inciso (f) hasta el (j), alternando los diámetros del tubo de protección de 1" a 1 1/2", hasta llegar a la elevación en que se instala el piezómetro (al término de la obra).
- l) Para la instalación de los siguientes bulbos se utilizan los pozos empleados para prolongar las tuberías de protección, excavando para formar un hueco en la arcilla de 0.30 m de diámetro. En dicho hueco se instalan los piezómetros, llenando el espacio libre entre el piezómetro y las paredes del hueco con grava comprendida entre las mallas de 1/2" y No. 4. El relleno se lleva hasta 50 cm arriba de la parte superior del bulbo.
- m) Los conductos de plástico de cada piezómetro, se protegerán con tuberías de PVC o hierro galvanizado que se prolongará simultáneamente para todos los piezómetros, en forma similar a la descrita para el primero de ellos.
- n) Al llegar a la elevación de proyecto todos los conductos se conectan a una tubería horizontal de protección,

formada por tubos de PVC o hierro galvanizado de 3" de diámetro con coples de 2 1/2" de diámetro, que llegan hasta la caseta de medición según se muestra en la figura 16.

INCLINOMETRO

El inclinómetro se utiliza para medir desplazamientos horizontales en presas de tierra, ataguías, excavaciones, muros, tablas, tacas, mediciones de flexión de pilotes, en pilotes durante el hincado, control de verticalidad de muros colados in-situ y en diversos campos de la investigación.

Con este instrumento podemos medir el cambio de pendiente de un ademe casi vertical o durante la construcción de un terraplén; - mediante los resultados obtenidos podemos definir los movimientos laterales que se están presentando en la estructura en estudio, todos los movimientos registrados, se obtienen en función del tiempo.

PRINCIPIO DE OPERACION (figura 18)

El inclinómetro consta de cuatro partes principales:

- 1.- Ademe guía que fue instalado dentro de una perforación o durante el transcurso de la construcción de un terraplén.- El ademe puede ser de plástico, acero o aluminio.

Siendo el último el más común, los tubos de sección circular tienen 4 ranuras longitudinales perpendiculares, con objeto de guiar el torpedo que en su interior lleva el ele

mento sensor. Aunque en algunos modelos se utilizan ademes de sección cuadrada.

- 2.- Una unidad medidora hermética y portátil que se coloca generalmente dentro de una carcasa diseñada para deslizar dentro del ademe guía, se le conoce con el nombre de sonda o torpedo.
- 3.- Un cable de control para subir y bajar la sonda dentro del ademe, mediante este cable se transmiten las señales eléctricas del torpedo a la superficie, para el control preciso de la profundidad a la que se encuentra el torpedo, el cable está generalmente graduado en caso contrario, el torpedo se baja junto con una cinta metálica de topógrafo, empleando un adaptador acoplado al tubo del ademe, que tiene seguro de fijación de cable y escala graduada.

INCLINOMETRO TIPO SLOPE INDICATOR

Se instalan en perforaciones separadas de otros instrumentos - - existentes o por instalar, a una distancia mínima de 1.5 m, conforme se detalla a continuación.

- 1.- Perforación en diámetro de 4 1/2".
- 2.- La perforación se ademarà con el lodo producto de la misma, y sólo en caso necesario se utilizarà ademe metálico, en los tramos requeridos.
- 3.- La tubería será la usual de aluminio, de 3" (7.6 cm) de diámetro y 1.5 cm de longitud. La tubería y coples se protegen

rán con pintura anticorrosiva del tipo epóxica.

- 4.- Se utilizarán coples de aluminio, de 30 cm de longitud, flejados a cada tubo.

La junta se sellará con una mezcla de parafina y brea y además se aislará con una funda de polietileno.

- 5.- La tubería se empaquetará con un relleno tixotrópico (lodo producto de la perforación).
- 6.- La orientación de las ranuras de la tubería, corresponderá con la de los ejes, longitudinal y transversal de la obra - (estructura) por estudiar.
- 7.- El extremo inferior de la tubería será cerrado con un tapón.
- 8.- En la boca se colocará un tapón macho removible, indicando superficialmente la orientación de las ranuras.

La instalación de los inclinómetros será realizada según la figura 17 y como se detalla a continuación.

- a) Su instalación deberá ajustarse a la posición y nivel - proyectados, vigilando la profundidad de excavaciones - mediante la medida de los tramos de tubos usados en la perforadora.
- b) Debe procurarse que la perforación en la cual se aloja-

rá el tubo del inclinómetro quede lo más aproximado a la vertical.

Las ranuras del tubo del inclinómetro, deberán colocarse en las direcciones de los ejes de referencia de la instrumentación.

La secuela que se seguirá para la instalación de la tubería será la siguiente:

1. Se taponará el tramo inferior sellándose con poliken blanco, y a este primer tramo de tubo se le unirán tres o más coples, mediante los coples abiertos diseñados para el caso, coples que unen perfectamente los tramos de tubo, mediante cinchos de acero inoxidable. Se cubren perfectamente las uniones acopladas de cada tramo, con poliken blanco, manta y parafina con brea derretida.
2. Una vez formados tramos de 3 ó 4 tubos, se introducen en la perforación, colgándolos dentro de la misma mediante una abrazadera especial fabricada para el caso, y lastrándolos con agua limpia; después se le unen con coples, poliken y manta cubierta con la parafina, otra serie de 3 ó 4 tramos de tubo ya unidos, y así sucesivamente hasta llegar al fondo de la perforación.
3. Una vez introducida la tubería dentro de la perforación y alineadas sus ranuras mediante línea de tránsito, se procede a rellenar la perforación con lodo hasta que este aflore en la superficie. Durante este llenado deberá vigilarse que las ranuras de la tubería se conserven

en la posición proyectada.

4. Es indispensable que al terminar la instalación de la tubería, sea colocado el tapón superior para evitar que personas ajenas a esta instrumentación, introduzcan en la tubería objetos que puedan obstruirla.

CELDAS DE PRESION

Son instrumentos que permiten medir ya sea presiones totales, actuando sobre estructuras o en el caso más general, esfuerzos de campo libre dentro de un terraplén.

Las mediciones de esfuerzos totales, son necesarias para obtener esfuerzos efectivos a partir del conocimiento de la presión de poro, y así poder estimar la magnitud y dirección de los esfuerzos principales dentro de un terraplén y calcular la resistencia al fracturamiento hidráulico.

TIPOS DE CELDAS

La celda hidráulica desarrollada por Glötzl (figura 18), opera a base de un sistema cerrado lleno de aceite que consta de dos láminas de acero con sus extremos unidos entre sí en forma flexible (gato plano), llenando de aceite su espacio interior. El aceite se conecta a un transductor de presión, a través de un tramo corto de tubo. El transductor contiene un diafragma de plástico que se opera a través de dos mangueras llevadas hasta una cassetta de instrumentación. El aceite dentro de la celda se precarga ligeramente para mantener el diafragma, en posición cerrada, lo cual ocurre al sellarse los extremos de los dos tubos de co -

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

nexión, llenos también de aceite. Para tomar lecturas se aumenta la presión del aceite inyectando un volumen pequeño y constante en uno de los tubos hasta que sea suficiente para empujar el diafragma y permitir que el aceite regrese por el otro tubo. -- Cuando esto sucede, se suspende el bombeo y el aceite se regresa hasta que el diafragma obtura el tubo de retorno, la presión del aceite en el tubo de entrada, medida en la caseta de instrumentación, deberá entonces ser la misma que la del aceite de la celda actuando en el lado opuesto del diafragma de plástico. El gato plano que puede ser de geometría circular o rectangular, tiene una relación alta de área a espesor, resultando la celda muy delgada, y en consecuencia los efectos de distorsión, debidos a variaciones en los módulos de deformación de la celda y del suelo, son muy pequeños.

Con base en este sistema y variando solamente el principio de medición del transductor de diafragma, se ha desarrollado un transductor operado con aire, que se puede adaptar a celdas llenas de aceite (figura 18). También se pueden usar transductores eléctricos a base de cuerda vibrante (figura 18). Los transductores se unen a la celda por medio de tubería de acero flexible y se recomienda colocarlos cuando menos a una distancia equivalente a un diámetro de la celda, para que no afecte la distribución de esfuerzos alrededor de la celda.

La celda de presión de sección circular desarrollada por la C.F.E. (figura 18), se basa en el principio de la celda tipo Glötzl, agregándole un anillo de rigidez alrededor del gato plano y cuyo elemento censor es un transductor neumático, con un diafragma de lámina de acero inoxidable recocido. Las líneas de inyección y salida del aire son tubos de nylon protegidos por tubería de acero telescópico.

Los sistemas hidráulicos o neumáticos, tienen una capacidad limi

tada, no es práctico tener longitudes de manguera de más de 500 a 600 m. Es más fácil trabajar con aire que con aceite o agua. Sin embargo, el aire es compresible y su empleo puede ocasionar el colapso de los conductores, cuando están sometidos a una presión exterior alta.

FACTORES QUE AFECTAN LAS MEDICIONES CON CELDAS DE PRESION

Estos factores se pueden dividir en tres grupos:

- a) Propiedades y geometría de la celda. Definen la influencia que puede tener el diseño de la celda (forma y rigidez) sobre la medición de esfuerzos en suelos. Algunos de los factores relacionados con el diseño son los siguientes:
- Factor de forma (relación diámetro-espesor, D/T de la celda).
 - Factor de rigidez y tipo de suelo.
 - Deflexión de la celda y arqueado.
 - Distribución de presiones en la cara de la celdas.
- b) Propiedades del suelo alrededor de la celda. Es necesario conocer como la variabilidad de las propiedades del suelo - bajo distintas condiciones de frontera afecta a los resultados y como la alteración local del suelo al colocar la celda de presión en el mismo, induce errores en las mediciones de esfuerzos.

- c) Proximidad de estructuras y de otras celdas. Los criterios generales para la colocación de las celdas son:
- Separación horizontal mínima entre dos celdas de 1 m, -- cuando menos.
 - Distancia libre vertical entre dos celdas de 4 veces su diámetro.
 - Separación horizontal mínima de la mitad del diámetro de la celda, entre una celda y un muro de fricción.
- d) Usos especiales. En muchas aplicaciones se utilizan celdas de presión para medir cargas dinámicas o para instalarse en medios ambientes hostiles, y en estos casos se necesitarán precauciones especiales para que funcionen con éxito.
- e) Condiciones de campo. El medio ambiente en el cual se va a colocar la celda de presión, debe normar el criterio de protección de la celda contra las condiciones adversas. Entre las condiciones que pueden dar lugar a lecturas erróneas se tiene:
- Corrosión y humedad.
 - Energía de compactación
 - Temperatura.
 - Orientación.

- f) Esfuerzos cortantes. Las celdas de presión generalmente, - se diseñan para medir esfuerzos actuando en dirección normal a sus caras. Podría pensarse en esfuerzos cortantes, - actuando en el plano de la cara. Si el suelo quedara adherido a la celda, esta fuerza podría alterar la deflexión y por ende la presión aparente medida por la celda. Este - efecto se puede reducir o posiblemente eliminar aplicando - un lubricante en la cara de la celda, el cual además protege contra la corrosión.

Algunos otros factores dependen del campo de esfuerzos in-situ y de las propiedades del suelo, variando ambos de un proyecto a otro. Para alcanzar buenos resultados es necesario calibrar las celdas en el campo, bajo las condiciones que se esperan, así como entender el comportamiento del sistema celda-suelo.

CALIBRACION DE CELDAS

Como el esfuerzo registrado por la celda no es en general igual al esfuerzo que hubiese existido en ese punto si la celda no se hubiera colocado, es necesario aplicar factores de corrección a todas las mediciones de esfuerzos para disminuir las incertidumbres sobre precisión y confiabilidad de los resultados.

Para obtener estos factores de corrección, se debe calibrar la celda de presión dentro del suelo en el que se va a colocar (por ejemplo, en una cámara triaxial o en un odómetro), así como también calibrarla dentro de un fluido (aire, agua o aceite), bajo condiciones isotrópica o uniaxiales. La calibración hidrostática, proporciona una medición de la celda equivalente al esfuerzo aplicado o esfuerzo de campo libre. La relación entre el factor de calibración obtenido dentro del suelo (valor medido por la -

celda/presión aplicada) y el factor de calibración dentro del fluido, se ha denominado factor de registro y representa la relación entre el esfuerzo medido por la celda y el esfuerzo de campo libre del suelo.

Un factor de registro mayor que la unidad indica que la celda está registrando una presión mayor que la aplicada, y viceversa. Por tanto, el esfuerzo medido dentro del suelo se puede entonces dividir entre el factor de registro para obtener teóricamente el valor correcto del esfuerzo de campo libre del suelo.

INSTALACION DE CELDAS

La dificultad principal en la instalación de celdas planas de sección circular, es la colocación adecuada de las celdas y la compactación del relleno a su alrededor (hecha a mano para evitar dañar la celda), hasta igualar la del suelo circundante. La subcompactación o la sobrecompactación, causarían respectivamente valores más bajos o más altos que los reales. Las diferencias entre la compresibilidad de la celda y la del terreno circundante pueden afectar en la misma forma la lectura de la celda, sobre todo si la celda es más compresible que el suelo.

Las celdas que van a medir presiones verticales se pueden montar directamente sobre una superficie preparada, eliminando las piedras y en ocasiones colocando una capa delgada de arena fina.

Las celdas para medir presiones horizontales, se colocan dentro de un hoyo de profundidad no mayor que el diámetro de la celda y el espacio a cada lado se rellena con material compactado en capas delgadas, aplicando una energía igual a la transmitida por el equipo empleado en obra.

Las celdas inclinadas para medir en direcciones intermedias entre la vertical y la horizontal, también se colocan sobre superficies preparadas. El relleno se va compactando en capas delgadas sobre las celdas, primero a mano, luego con equipo muy ligero y por último con equipo más pesado hasta alcanzar un espesor del orden de dos diámetros de la celda sobre la instalación, - donde ya puede entrar el equipo normal de compactación sobre la capa.

EXTENSOMETRO LINEAL TIPO INSTITUTO DE INGENIERIA U.N.A.M.

DESCRIPCION

Los conductores eléctricos tendrán forro impermeable y será de preferencia del tipo Belden.

La protección de los conductores eléctricos, se hará mediante - tubería de hierro galvanizado conectada en forma telescópica en tramos de 3 m con diámetros de 1 y 1 1/2". El alambre que une las placas de los extensómetros, se protegerá con tubería telescópica de PVC tipo industrial de 3/4 y 1/2" de diámetro.

INSTALACION

Se instalarán horizontalmente en dirección paralela al eje de - la cortina en la elevación deseada coincidiendo con el eje de - simetría del corazón.

Se harán zanjas longitudinales, en el corazón impermeable con - un ancho de 40 cm y una profundidad de 50 cm en las cuales se -

alojarán las tuberías de protección de los conductores eléctricos y del alambre de acero de cada extensómetro. En los sitios correspondientes a las placas, la excavación deberá ampliarse hasta tener las dimensiones de las mismas.

Una vez instalados los extensómetros y hechas las conexiones, los conductores eléctricos se llevarán protegidos como se dijo anteriormente, hasta entroncar con la tubería general de protección de conductos, por medio de la cual se llevarán los mencionados conductores eléctricos hasta la caseta de medición.

SISMOGRAFO

Instrumento que registra los movimientos del suelo, cuando éste es perturbado por el paso de las ondas originadas por un sismo.

El sismógrafo se funda en la inercia de una masa suspendida elásticamente de un bastidor rígido y solidario del suelo; cuando éste se mueve, la masa conserva su posición consiguientemente, la distancia entre ambos elementos experimenta una variación que es registrada en un papel arrastrado por un mecanismo de relojería. Según como se suspenda y disponga la masa, el aparato será sensible a una u otra de las tres componentes del movimiento del suelo (longitudinal, transversal y vertical).

Los movimientos relativos entre la masa y el bastidor pueden ser amplificados mecánica o eléctricamente.

En el método más común uno de los elementos lleva un imán y el otro una bobina; la acción inductora de aquel, engendra en ésta una corriente, proporcional a la amplitud del movimiento, que -

excita un galvanómetro indicador.

ACELEROGRAFO

Son dispositivos empleados en la medición de movimientos vibratorios y aceleraciones sísmicas, aunque también son empleados en otro tipo de mediciones.

Consisten en general de una carcasa con una masa sujeta a un resorte colocado en dirección paralela a la aceleración que se quiere medir y un sistema de amortiguamiento en esta misma dirección.

Los desplazamientos relativos entre la masa y la carcasa, son registrados por medio de un transductor de desplazamiento, siendo su señal de salida proporcional a la aceleración de entrada obteniéndose así una medida de esta aceleración.

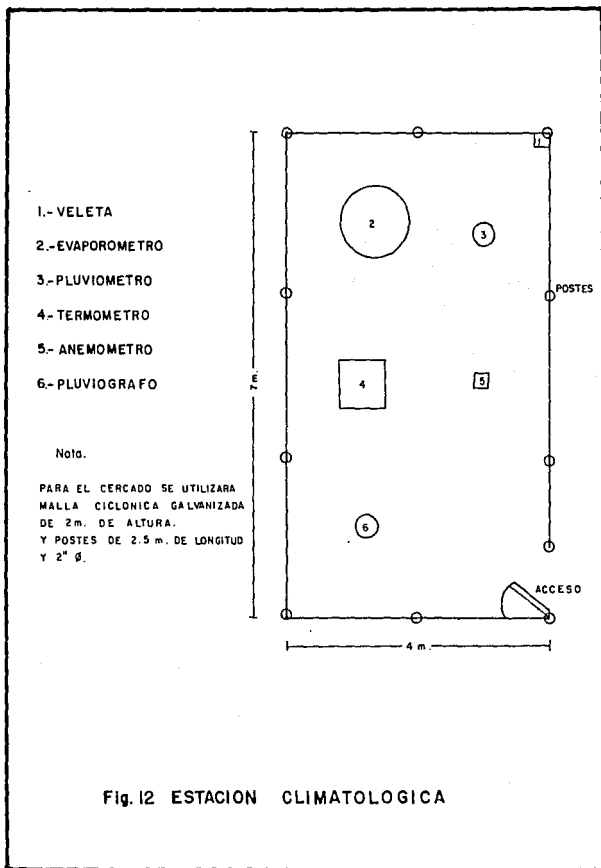
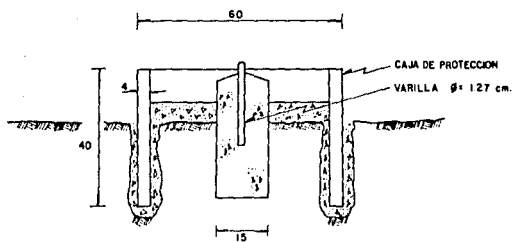


Fig. 12 ESTACION CLIMATOLOGICA



ACOTACIONES EN cm.

Fig. 13 Detalle de un banco de nivel superficial.

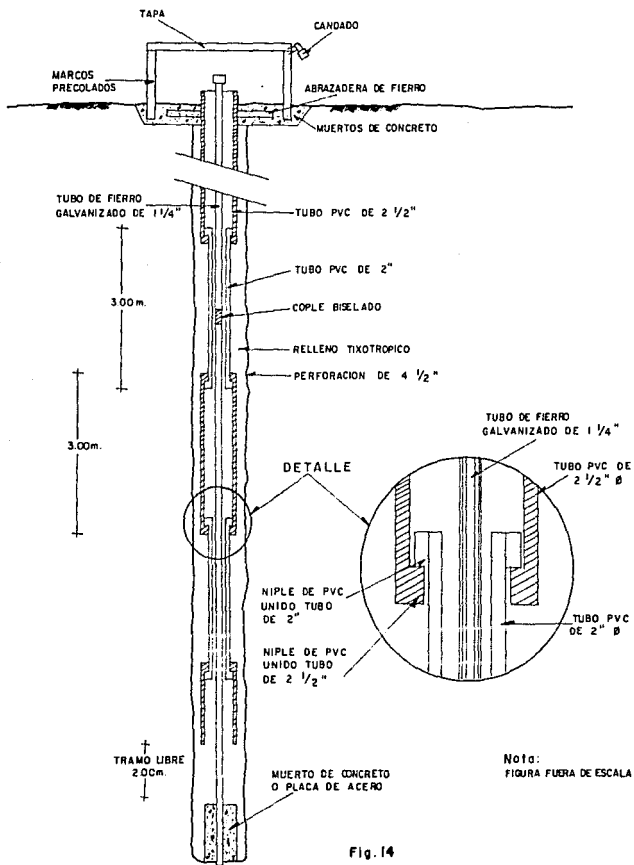


Fig.14
BANCO DE NIVEL PROFUNDO

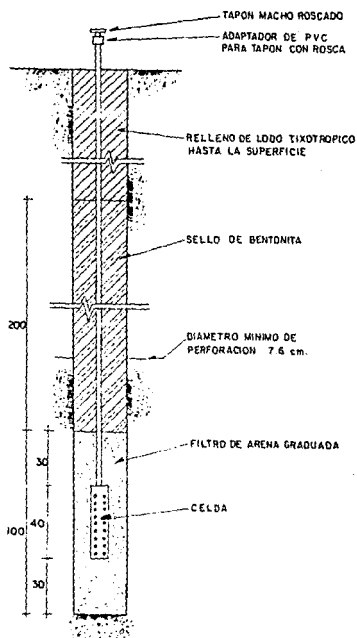


Fig.15 Piezómetro Abierto

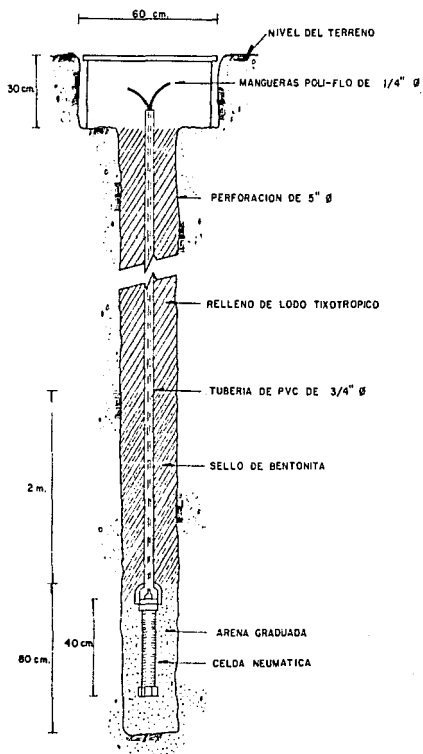
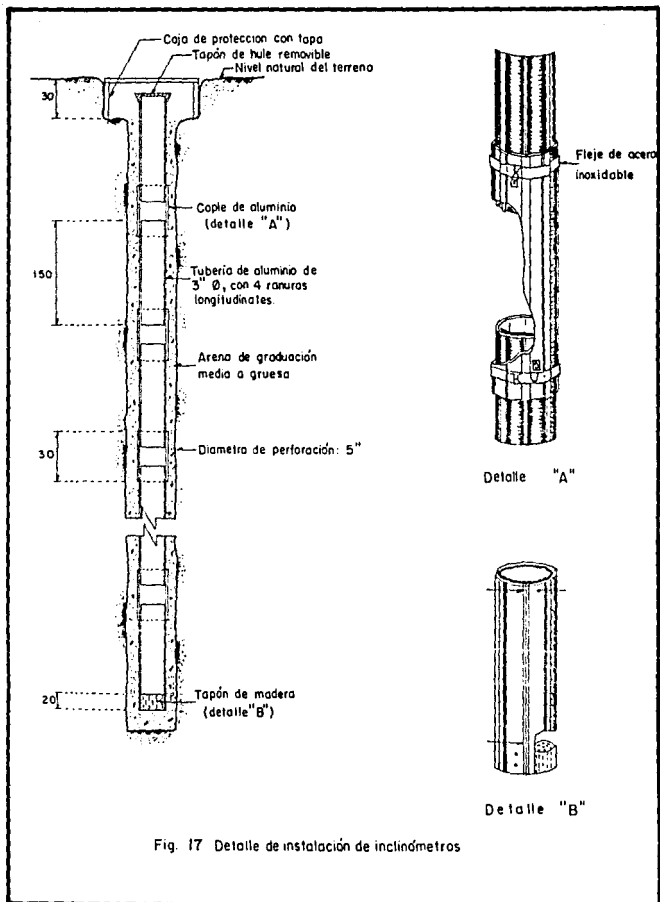
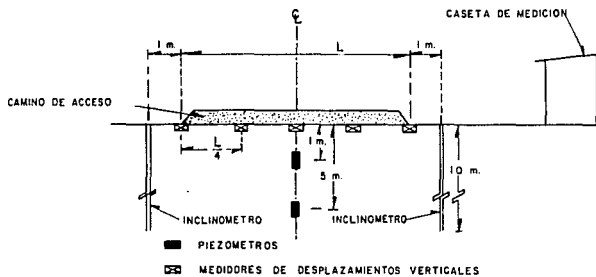


Fig. 16 Detalle de la instalación de piezómetros neumáticos.





Instrumentación de las secciones de control.

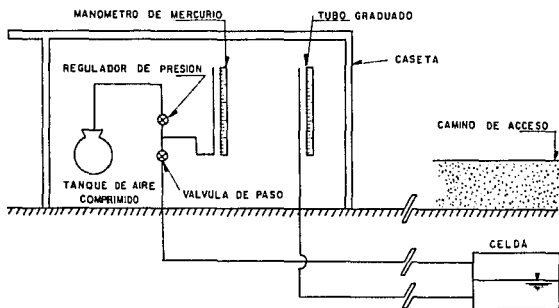


Fig. 18 Principio de funcionamiento del medidor de desplazamientos verticales.

CAPITULO V

=====

CONCLUSIONES

- a) Se puede prevenir las fallas de las estructuras, si se cuenta con una buena instrumentación.

- b) Los suelos de la zona del ex-Lago de Texcoco, están formados por arcillas de alta compresibilidad.

- c) Debido al tipo de suelo de la zona, las estructuras presentan grandes movimientos diferenciales.

- d) Los instrumentos que se utilizan en Mecánica de Suelos, son muy sencillos y económicos y nos detectan hasta la mínima variación que se presenta en la zona o en las estructuras.

- e) Debiera de instituirse por reglamento, que todas las obras construidas en el Valle de México, se instrumentaran.

CAPITULO VI

=====

RECOMENDACIONES

- 1.- Es necesario instrumentar todas las estructuras existentes en la zona del ex-Lago de Texcoco.
- 2.- Se deben de obtener muestras continuas inalteradas, de los puntos donde se coloquen instrumentos.
- 3.- Se recomienda instalar cuando menos, bancos de nivel superficial y profundo, así como piezómetros tipo Casagrande en las nuevas estaciones.
- 4.- Hay que obtener muestras del subsuelo en los puntos que ya se obtuvieron, con el objeto de checar los cambios sufridos con el tiempo.
- 5.- Se recomienda, sean publicados los datos obtenidos de la instrumentación que se tiene en la zona.

R E F E R E N C I A S

=====

- 1.- TOMOS I, II Y III DE MECANICA DE SUELOS, EULALIO JUAREZ
BADILLO, ALFONSO RICO RODRIGUEZ.

- 2.- MECANICA DE SUELOS T WILLIAM LAMBE, ROBERT U. WHITMAN.

- 3.- PRIMERA Y SEGUNDA PUBLICACION DEL PLAN LAGO DE TEXCOCO
1973.

- 4.- TESIS SOBRE ESTUDIOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES EN EL LA
GO DE TEXCOCO DE APOLONIO HERNANDEZ RUBIO 1981.