

7  
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**  
**"ACATLAN"**

**"ESTUDIO DE LA CIMENTACION DE UN EDIFICIO**  
**EN LA AV. PROLONGACION REFORMA S/N"**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A :**

**ALEJANDRO ENRIQUEZ FLORES**



**MEXICO, D.F.**



**1996.**

**TESIS CON**  
**FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON**  
**FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ACATLAN"  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

**SR. ALEJANDRO ENRÍQUEZ FLORES.**  
ALUMNO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL.

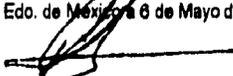
De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 3 de Julio de 1995 , me complace notificarle que esta Jefatura de Programa tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis titulado "ESTUDIO DE LA CIMENTACIÓN DE UN EDIFICIO EN LA AV. PROLONGACIÓN REFORMA S/N", el cual se desarrollará como sigue:

- I. Antecedentes e investigaciones preliminares.
- II. Reconocimiento geológico de las zonas minadas.
- III. Exploración del subsuelo.
- IV. Alternativas de cimentación.
- V. Procedimiento de la construcción de la cimentación.

Así mismo fue designado como asesor de tesis el Sr. Ing. Fidel Serrano Lozano.

Ruego a usted, tomar nota en cumplimiento de lo especificado en la Ley de profesiones, deber prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses, como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Esta comunicación deber imprimirse en el interior de la tesis.

ATENTAMENTE.  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
Acatlán Edo. de México a 8 de Mayo de 1996

  
Ing. Carlos Rosales Aguilar.  
Jefe del Programa de Ingeniería Civil



ENEP-ACATLAN  
JEFATURA DEL  
PROGRAMA DE INGENIERIA

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

*Dedico el siguiente trabajo a Dios y a mis padres,  
de quienes he recibido múltiples bendiciones;  
en los momentos de bonanza y de prueba,  
así como la espera y motivación  
para la realización de este  
proyecto.*

*Cristina y Francisco.*

*A mis hermanos quienes me han hecho partícipes,  
de su entusiasmo por progresar.*

*Rocio, Arturo y Sofía.*

*Agradezco a mis tíos, por el apoyo  
y sus consejos.*

*A mis padrinos de quienes he recibido  
su apoyo incondicional*

*Esperanza y Rodrigo*

*A los asesores, quienes me apoyaron  
con sus consejos técnicos  
para la realización y  
terminación  
del trabajo.*

*A mis amistades, por su apoyo  
en este trabajo.*

**"ESTUDIO DE LA CIMENTACION DE UN EDIFICIO, UBICADO  
EN LA AV. PROLONGACION REFORMA S/N."**

**OBJETIVO :** PROPONER LAS ALTERNATIVAS Y TECNICAS DE CIMENTACION  
DE UN EDIFICIO, UBICADO EN LA COL. SANTA FÉ.

CON BASE A LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO GEOTECNICO, SE  
PODRA ESTABLECER EL TIPO DE CIMENTACION, ASI COMO LA  
CAPACIDAD ADMISIBLE Y PROCEDIMIENTOS DE EXCAVACION.

## INTRODUCCION

En la actualidad se ha convertido en un problema la zona de Lomas (sector poniente de la Ciudad de México), ya que fue explotada a cielo abierto durante 50 años para la obtención de agregados de concreto, grava y arena andesítica, dejando un cauce profundo que corre su eje de poniente a oriente. Debido a que no todo el material extraído era aprovechable y para tener accesos se acomodaba el material sin control de compactación incluyendo grandes piedras y boleos, así como cascajo y basura, que en algunas áreas incluyó residuos de concreto provenientes de demoliciones de estructuras hechas después del sismo de 1985. Al urbanizarse la zona del sector poniente (Santa Fe, prolongación Reforma) se reniveló; con lo cual el aspecto resultante es de terreno plano. Debido a esta heterogeneidad la decisión de cimentar un edificio en el área se convirtió en un problema.

En este trabajo se analizarán varias técnicas relacionadas con la exploración de campo que han sido aplicadas a la fecha; siendo el principal objetivo el proponer las alternativas y técnicas de exploración y de cimentación del proyecto ubicado en la colonia Santa Fe, de un edificio formado por 5 niveles y 3 sótanos, localizado en las zona de Lomas. Y que con base en los resultados del estudio geotécnico, podremos establecer el tipo de cimentación a proponer, para ello la capacidad de carga admisible, procedimientos de excavación. Así como una breve descripción de los trabajos realizados en la ejecución de la cimentación.

El trabajo se estructura en seis capítulos como a continuación se describe:

### 1. ANTECEDENTES E INVESTIGACIONES PRELIMINARES.

En el primer capítulo se comentarán el antecedente Geotécnico del Valle de México, para poder encajillar la zona de estudio en relación con los antecedentes que se poseen sobre problemas que han sido originadas por las zonas minadas y parte de las acciones realizadas hasta hoy para su estudio y solución.

### 2. RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO.

Se tratará, desde el punto de vista geológico, la naturaleza de las zonas minadas dando a conocer los detalles de determinación y características de las formaciones geológicas que afloran en los terrenos así como su distribución, variación litológica y aspectos estructurales.

### **3. EXPLORACION DEL SUBSUELO.**

Se describirán las técnicas de investigación y métodos directos e indirectos para detectar la presencia de oquedades, considerando las ventajas y desventajas de cada método, con la cuál se obtendrá la mejor información para la solución del problema; algunos métodos permitirán el muestreo de los materiales y la determinación de sus propiedades en el laboratorio.

### **4. PROGRAMACION DE LOS TRABAJOS Y ESTUDIOS GEOTECNICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO.**

En este capítulo se tratará de un proyecto específico ubicado en la col. Santa Fe, ubicado dentro de la zona de Lomas, en el cual se mencionarán los trabajos de exploración en campo realizados (estudio geofísico y sondeos directos), con objeto de indentificar los suelos hallados, para definir la estratigrafía en la zona, así como los ensayos de laboratorio a que se sometieron las muestras obtenidas de los estudios geotécnicos de acuerdo a la inspección fotográfica y datos emanados de los sondeos directos.

### **5. ALTERNATIVAS DE CIMENTACION.**

Se describen los análisis realizados, basados en la información obtenida en los capítulos anteriores, para definir el tipo de cimentación idónea para su uso en la re-edificación, indieando el orden de magnitud de la presión de reacción admisible y los hundimientos probables de la cimentación adoptada que se inducirán en el subsuelo.

### **6. PROCEDIMIENTOS DE LA CONSTRUCCION DE LA CIMENTACION.**

Se presentan los procedimientos constructivos para la cimentación. Así como las conclusiones y recomendaciones para llevar el control y supervisión de la eimentación, experiencias y ajustes derivados de los trabajos de la ejecución de la Obra.

**ESTUDIO DE LA CIMENTACION DE UN EDIFICIO, UBICADO EN LA AV.  
PROLONG., REFORMA S/N**

|                     |            |
|---------------------|------------|
| <b>INTRODUCCION</b> | <b>I</b>   |
| <b>INDICE</b>       | <b>III</b> |

**CAPITULO I**

|   |   |
|---|---|
| <b>1. ANTECEDENTES E INVESTIGACIONES PRELIMINARES.</b>                |   |
| 1.1 ANTECEDENTES GEOTECNICOS DEL VALLE DE MEXICO.                     | 1 |
| 1.1.1 Zona del Lago   | 1 |
| 1.1.2 Lago Virgen   | 2 |
| 1.1.3 Lago Centro I   | 2 |
| 1.1.4 Lago Centro II  | 2 |
| 1.1.5 Zona de Transición  | 2 |
| 1.1.6 Zona de Lomas   | 3 |
| 1.2 ORIGEN Y NATURALEZA DE LAS MINAS Y OQUEDADES EN LA ZONA DE LOMAS. | 5 |
| 1.3 ACCIONES REALIZADAS PARA SU ESTUDIO Y SOLUCION                    | 5 |
| 1.4 METODOS Y TECNICAS DE ESTUDIOS REALIZADOS                         | 6 |

**CAPITULO 2**

|   |    |
|---|----|
| <b>2. RECONOCIMIENTO GEOLOGICO DE LAS ZONAS MINADAS.</b>    |    |
| 2.1 NATURALEZA GEOLOGICA DE LAS ZONAS MINADAS.              |    |
| 2.1.1 Secuencia estratigráfica                              | 11 |
| 2.1.2 Implicaciones prácticas derivadas de la estratigrafía | 12 |
| 2.1.2.1 Horizontes explotables.                             | 12 |
| 2.2 GEOLOGIA REGIONAL                                       | 13 |
| 2.2.1 Estratigrafía general                                 | 13 |
| a) Depósito del Lago.                                       | 13 |
| b) Depósito de Transición.                                  | 13 |
| c) Depósitos de Lomas                                       | 13 |

### CAPITULO 3

#### 3. EXPLORACION DEL SUBSUELO.

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| ANTECEDENTES                          | 15 |
| RECONOCIMIENTO SUPERFICIAL            | 15 |
| 3.1 METODOS DIRECTOS.                 | 17 |
| 3.2 METODOS SEMIDIRECTOS.             | 18 |
| 3.3 METODOS DE EXPLORACION INDIRECTOS | 21 |
| 3.3.1 Método gravimétrico             | 21 |
| 3.3.1.1 Microgravimétrico             | 21 |
| 3.3.2 Método sísmico                  | 22 |
| 3.3.3 Método eléctrico.               | 22 |

### CAPITULO 4.

#### 4. PROGRAMACION DE LOS TRABAJOS Y ESTUDIOS GEOTECNICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO.

|  |    |
|--|----|
| 4.1 ANTECEDENTES.                      | 24 |
| 4.2 EXPLORACION DEL SUBSUELO.          | 24 |
| 4.2.1 Geología regional.               | 24 |
| 4.2.2 Reconocimiento de la zona.       | 25 |
| 4.2.3 Foto interpretación.             | 25 |
| 4.2.4 Metodología geofísica.           | 26 |
| Resultados obtenidos.                  | 27 |
| 4.2.5 Sondeos directos de exploración. | 29 |
| 4.3 ENSAYES DE LABORATORIO.            | 30 |
| 4.4 CONDICIONES ESTRATIGRAFICAS.       | 31 |

## CAPITULO 5.

### 5. ALTERNATIVAS DE CIMENTACION.

|   |    |
|---|----|
| 5.1 TIPO DE CIMENTACION RECOMENDABLE    | 32 |
| 5.1.1 Acciones.                         | 33 |
| 5.2 ANALISIS Y DISEÑO DE LA CIMENTACION | 36 |
| 5.2.1 Capacidad de carga.               | 36 |
| 5.2.2 Hundimientos probables.           | 41 |
| 5.2.3 Estabilidad de taludes.           | 43 |
| Caso 1. Sondeo SM2.                     | 46 |
| Caso 2. Sondeo SM4.                     | 46 |
| Caso 3. Sondeo SM5.                     | 47 |

## CAPITULO 6

### 6. PROCEDIMIENTO DE LA CONSTRUCCION DE LA CIMENTACION.

|   |    |
|---|----|
| 6. PROCEDIMIENTO DE LA CONSTRUCCION DE LA CIMENTACION       | 48 |
| 6.1 MUROS DE RETENCION.                                     | 49 |
| 6.2 SUPERVISION DE LA OBRA.                                 | 51 |
| 6.2.1 Control de la construcción.                           | 51 |
| 6.2.2 Alcance de la supervisión.                            | 52 |
| 6.3 AJUSTES DEL PROYECTO DURANTE LA OBRA.                   | 52 |
| 6.3.1 Observaciones sobre las pilas con problemas aislados. | 53 |
| 6.4 CONCLUSIONES RECOMENDACIONES.                           |    |
| 6.4.1 Composición general del subsuelo.                     | 56 |
| 6.4.2 Tipo de cimentación recomendable.                     | 56 |
| 6.4.3 Trabajos complementarios de mecánica de suelos.       | 56 |
| 6.4.4 Recomendaciones.                                      | 58 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>BIBLIOGRAFIA.</b>                           | <b>61</b> |
| <b>ANEXO.</b>                                  |           |
| <b>MEMORIA DE CALCULO.</b>                     | <b>63</b> |
| <b>I. ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA.</b>      |           |
| <b>II. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.</b> |           |

## **CAPITULO 1**

### **ANTECEDENTES E INVESTIGACIONES PRELIMINARES**

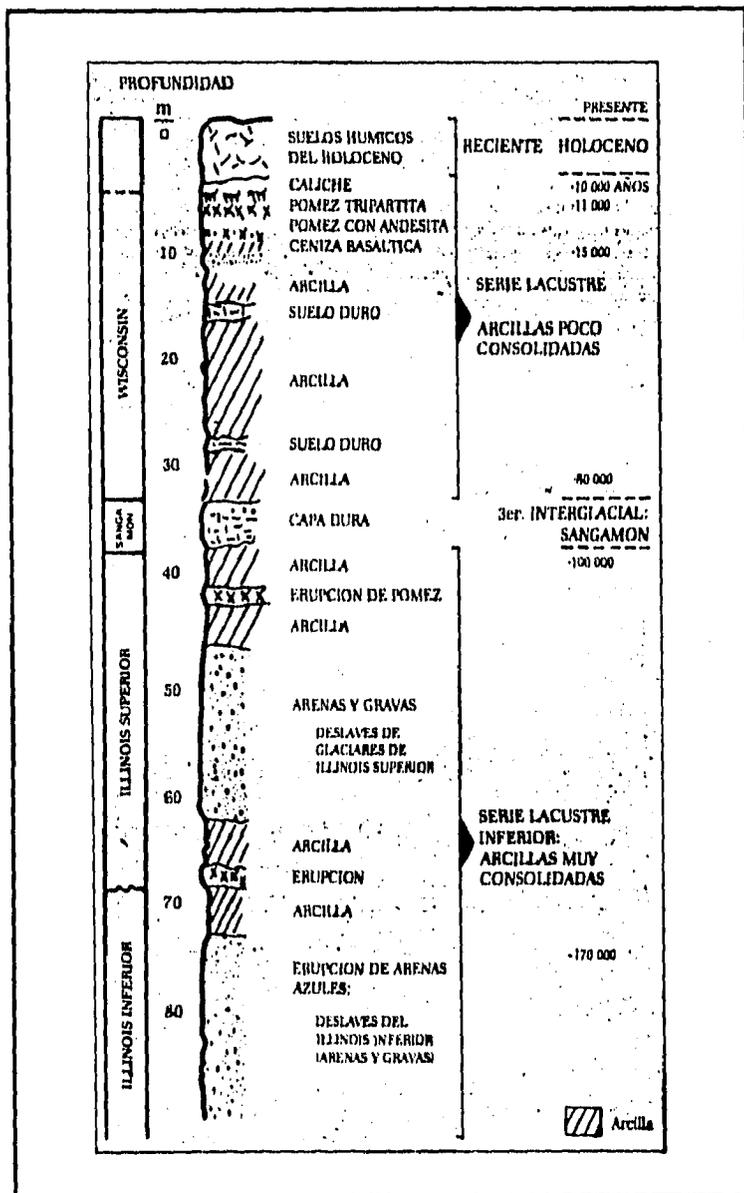


Fig. 3 Estratigrafía de la Zona del Lago.

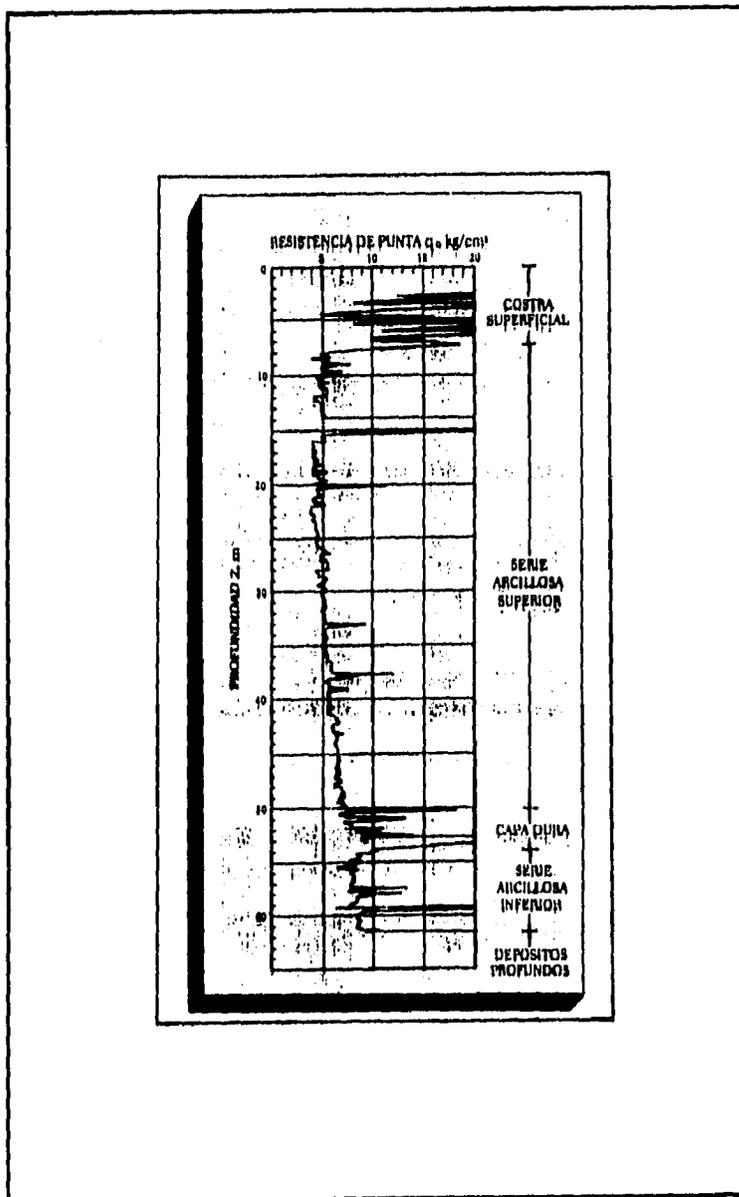


Fig. 3 Estratigrafía de la Zona del Lago.

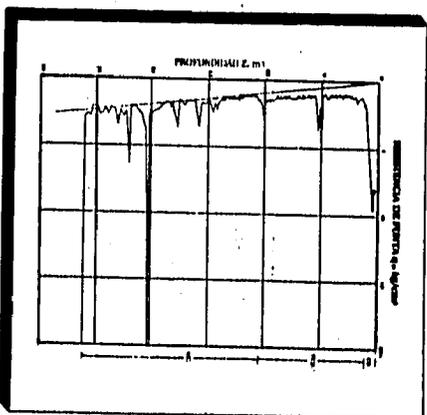


Fig. 21. Sección de curvas obtenidas en la adensa Lago Virgen.

Tabla 1. ESTRATIGRAFIA Y PROFUNDIDADES LAGO VIRGEN

| Capas*                         | Espesor, en m. | V. en UTM <sup>†</sup> | C. en UTM <sup>†</sup> | R. en grados |
|--------------------------------|----------------|------------------------|------------------------|--------------|
| Capas superficial              | 1.8 a 2.5      | 1.4                    | 2.2                    | 20           |
| Substrato superficial          | 20 a 40        | 1.15                   | 0.5 a 1.0              | —            |
| Capas de base                  | 1.0 a          | —                      | 0.0 a 0                | 25 a 30      |
| Substrato superficial inferior | 15 a 20        | 1.25                   | 3 a 4                  | —            |

\* V. = velocidad de onda de la superficie.  
 † V. = velocidad de onda de la superficie y C. = velocidad de onda de la superficie.

Fig. 4. Estratigrafía de la Zona Virgen.

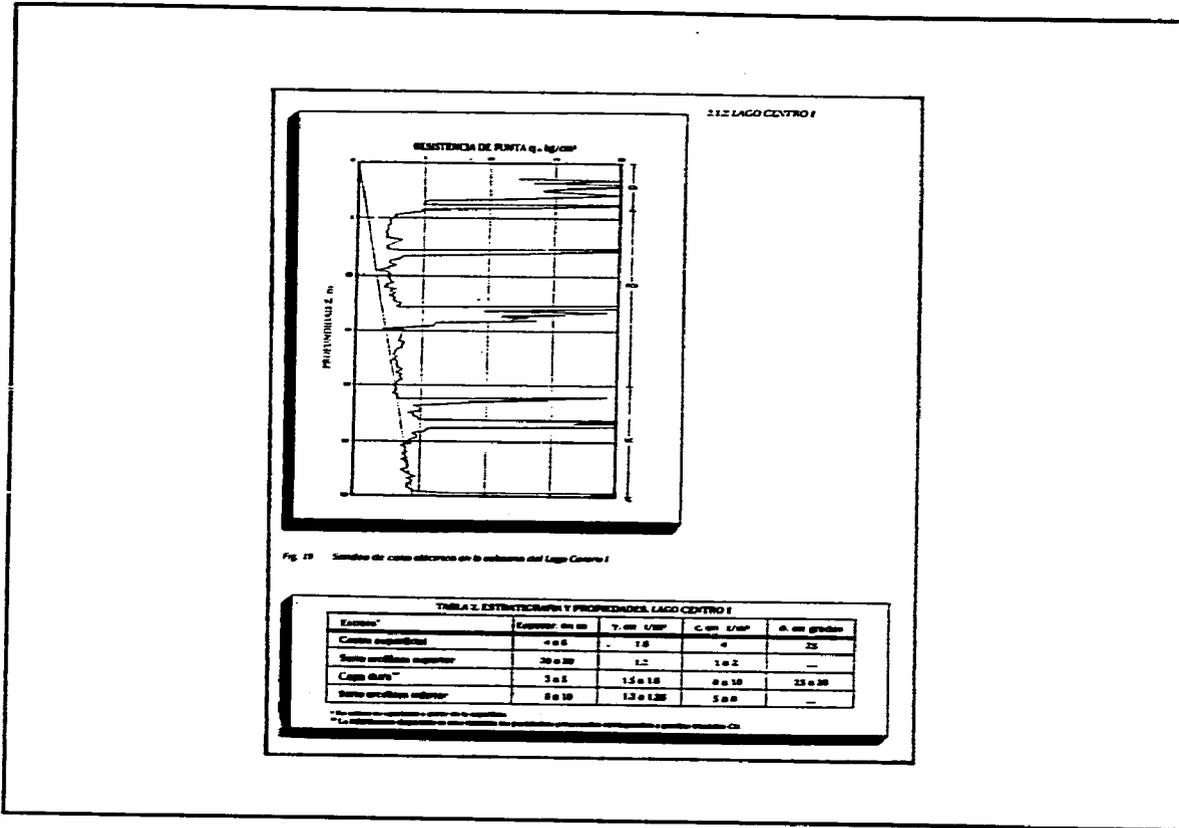


Fig. 5 Estratigrafía de la Zona Centro I.

113 LAGO CENTRO II

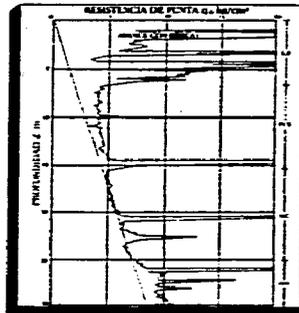


Fig. 29 Sendero de curva estructural en la subzona del Lago Centro II

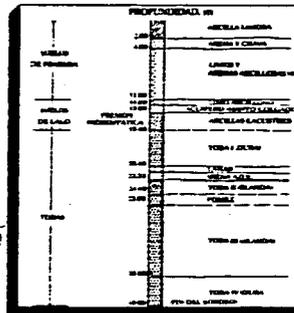


Fig. 28 Estratigrama típico en la zona de transición, lago

Tabla 3. ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES, LAGO CENTRO II

| Capas*                   | Espesor, en m | $\gamma_{sat}$ , t/m <sup>3</sup> | $c$ , en t/m <sup>2</sup> | $\phi$ , en grados |
|--------------------------|---------------|-----------------------------------|---------------------------|--------------------|
| Capas superficiales      | 6 a 10        | 1.7                               | 4                         | 23                 |
| Sueta arcillosa superior | 20 a 22       | 1.3                               | 3                         | —                  |
| Capas densas**           | 3 a 5         | 1.5 a 1.6                         | 0 a 10                    | 25 a 26            |
| Sueta arcillosa inferior | 6 a 8         | 1.2 a 1.4                         | 0 a 12                    | —                  |

\* Sin considerar espesores a causa de la inestabilidad.  
 \*\* La subcapas de densidad es muy variable, los parámetros presentados son los valores a granel promedio (10).

Fig. 6 Estratigrafía de la Zona Centro II.

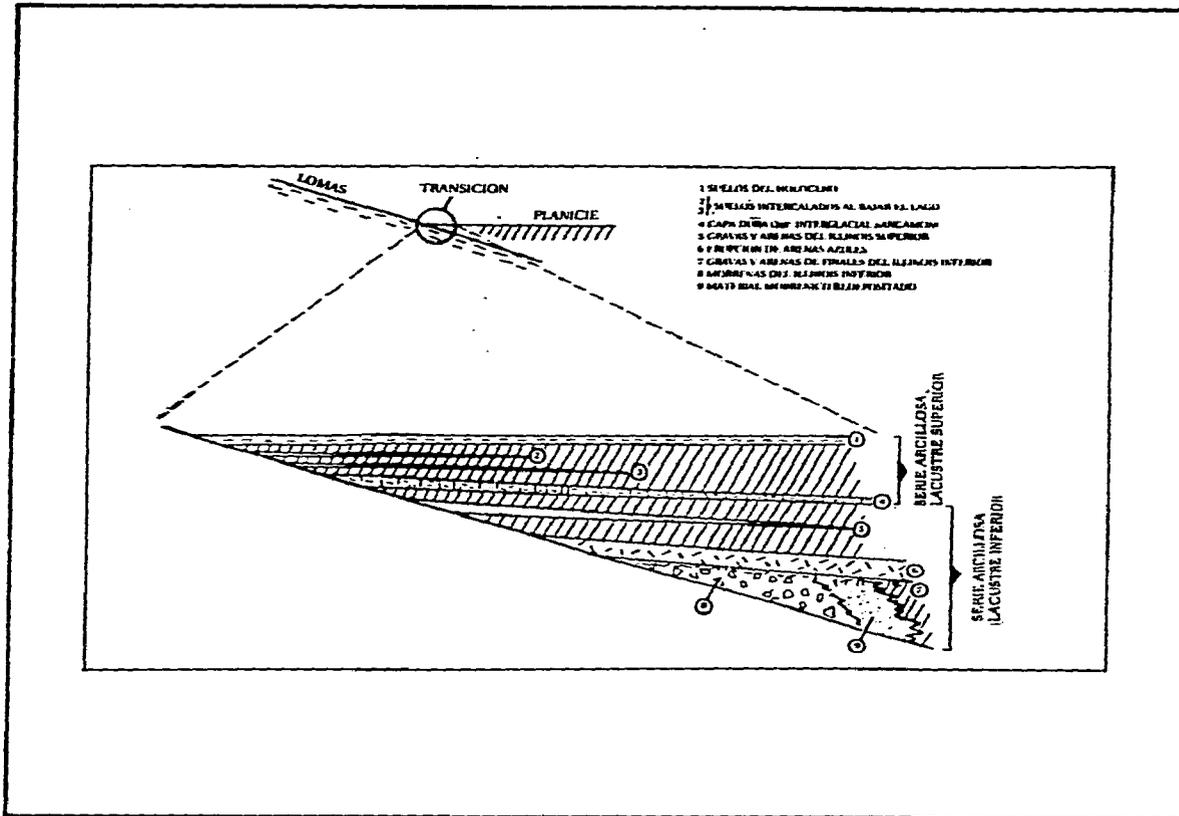


Fig. 7 Estratigrafía de la Zona de Transición.

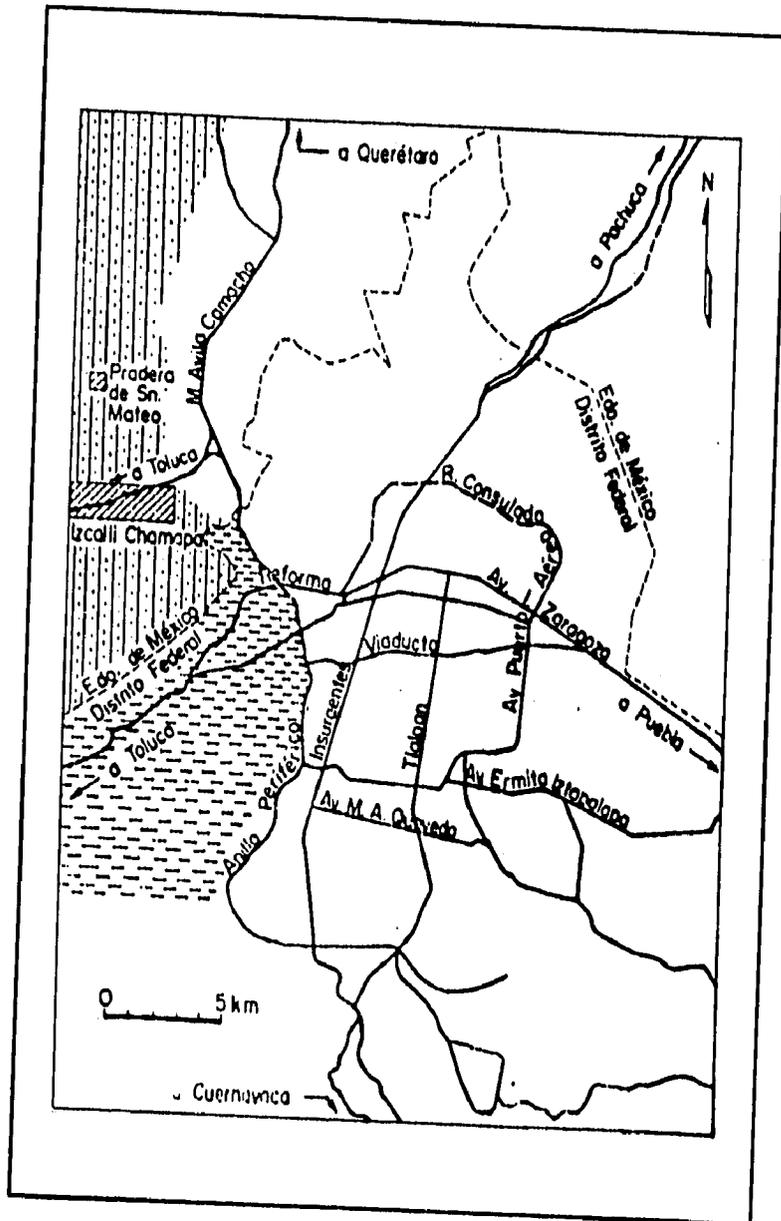


Fig. 8 Zona de lomeríos del Poniente de la Ciudad de México



Fig. 9 Sitios visitados por la Comisión de Zonas Minadas.

## **CAPITULO 2**

**RECONOCIMIENTO GEOLOGICO DE LAS ZONAS MINADAS.**

## 2. RECONOCIMIENTO GEOLOGICO DE LAS ZONAS MINADAS.

En este capítulo se tratará, desde el punto de vista geológico, la naturaleza de las zonas minadas dando a conocer los detalles de determinación y características de las formaciones geológicas que afloran en los terrenos así como su distribución, variación litológica y aspectos estructurales

### 2.1 NATURALEZA GEOLOGICA DE LAS ZONA MINADAS.

La zona de las Lomas está formada por las serranías que limitan a la cuenca al poniente y al norte, además de los derrames del Xitle al SSE; en las serranías predominan tobas compactas de cementación variable, depósitos de origen glacial y aluviones.

Zona poniente.

#### a) Sierra de las Cruces.

Está constituida por los abanicos volcánicos, caracterizándose superficialmente por la acumulación de materiales piroclásticos durante su actividad explosiva (en el Plioceno Inferior) y que fueron retransportados por agua y hielo en épocas posteriores.

En la formación de las Lomas se observan los siguientes elementos litológicos, productos de erupciones de grandes volcanes andesíticos estratificados:

*Horizontes de cenizas volcánicas* de granulometría variable, producidos por erupciones violentas que formaron tobas cementadas depositadas a decenas de kilómetros de distancia del cráter.

*Capas de erupciones pumíticas*, correspondientes a ala actividad volcánica de mayor violencia y que se depositaron como la lluvia, en capas de gran uniformidad hasta lugares muy distantes del cráter.

*Lahares*, definidos como acuntulaciones caóticas de material piroclástico arrastrado lentamente en corrientes lubricadas por agua, generadas por lluvia torrencial inmediata a la erupción.

*Lahares calientes*, correspondientes a corrientes impulsadas y lubricadas por gases calientes; son los menos frecuentes ya que están asociadas a erupciones paroxísmicas de extraordinaria violencia; las arenas y gravas son las más representativas de estos depósitos.

*Depósitos fluvio-glaciales*, producto del arrastre del agua que se derrite y sale del glaciar; se distingue por su ligera estratificación.

*Depósitos fluviales*, correlacionables con la formación clástica aluvial del relleno de la cuenca de México.

*Suelos*, producto de la alteración de lahares y cenizas, de color rojo y gris asociados a climas húmedos y áridos, respectivamente.

#### 2.1.1. Secuencia estratigráfica.

Con base en los estudios realizados en la zona de Lomas y desde un punto de vista de la Ingeniería de Suelos, la estratigrafía que predomina es errática.

El problema actual de las zonas minadas radica en el poder construir frentes naturales de agregados pétreo, de sencilla y económica explotación, para emplearse en algunas ramas de la industria de la construcción. Por ser una zona con rellenos y sus formaciones no predominan un solo material.

Tal es el caso de la calzada de las Águilas y Torrente, es una de las zonas que se exploraron, las formaciones expuestas en las laderas, el cual se describe a continuación (ver fig. No. 10):

En la parte superficial se detectó un relleno de 1.80 m de espesor, subyacente al relleno se encuentra la formación Tarango hasta 24.0 m de profundidad aproximadamente el cual se definen las tobas volcánicas compuestas de arena arcillosa o limosa ( SP, SP-SC, SM), con gravas parcialmente cementadas intercaladas entre dos horizontes el inferior entre 22.50 y 23.50 m. A continuación y con espesor indefinido mayor de 5.3 m, se tienen las gravas y arenas de colores rojizo y azul (SM).

Otro caso, es en la col. Real del Monte, donde aflora un relleno deleznable de 1.0 a 3.20 m de espesor (fig. No. 11).

Subyaciendo, en pequeños lentes, se interceptan gravas y boleos redondeados correspondientes a la serie clástica fluvial y aluvial que en su mayor parte, fue explotada a ciclo abierto en el pasado inmediato, originalmente este depósito tenía un espesor de 3.0 a 5.0 m.

A continuación y con un espesor variable de 4.60 a 11.60 m, se tiene un manto de tobas volcánicas; compuestas por arenas arcillosas compactas (SC) y por arcillas muy firmes (CL), intercalado entre dos capas de arena pumítica (SC), de color blanco, con un espesor de 0.60 m a 1.70 m la superior y de 1.60 a 3.70 m la inferior.

En seguida se detectan tobas volcánicas arcillo arenosas, de mediana y alta plasticidad (CL-CH), de color café rojizo y consistencia firme a dura, que cubren arenas arcillosas con gravas (SC), de color rosa (abánicos volcánicos).

## 2.1.2 Implicaciones prácticas derivadas de la estratigrafía.

Los depósitos en la zona de Lomas son en su mayoría de naturaleza granular, estos se pueden agrupar en tres categorías a saber:

- Horizonte granular superior: El correspondiente a las gravas y boleos de la Serie Clástica Fluvial y Aluvial, que en áreas reducidas de algunos coronamientos de los lomeros se detecta con espesores de 3.0 a 5.0 m.
- Horizonte granular Intermedio: A los mantos pumíticos de pequeño espesor, en general no mayor de 1.0 a 2.0 m, que en número de hasta 3 se intercalan con notable continuidad en las tobas volcánicas.
- Horizonte granular Inferior: a las gravas y arenas andesíticas, rojizas y azules, dispuestas en depósitos de gran espesor y continuidad, que comúnmente afloran en el fondo de las barrancas.

### 2.1.2.1 Horizontes Explotables

Los horizontes granulares idóneos para su explotación minera para obtener materiales para la construcción, son sólo aquellos suelos cuyo contenido en finos no es mayor del 20%, ver fig. No. 12.

Las propiedades de los horizontes granulares (la granulometría) condicionan la geometría y el desarrollo de las minas para su explotación.

Por lo que en el horizonte granular intermedio son de pequeña altura libre y su altura ésta condicionada solo por las limitaciones en la extracción y acarreo de los suelos. Por el contrario, en las galerías del horizonte superior la altura libre suele ser apreciable hasta de 4.0 m y su desarrollo y longitud pueden estar supeditadas a la discontinuidad propia del horizonte.

En cuanto a las galerías del horizonte inferior, estas son de grandes dimensiones que incluso permitan su explotación con equipos automotores, su desarrollo fue a base de túneles aislados con escasas ramificaciones y tienen problemas de estabilidad si se considera su favorable posición respecto a la superficie.\*

---

\* S.M.M.S., Cimentación en Zonas Minadas, pág. 15-23.

## 2.2. GEOLOGIA REGIONAL.

### 2.2.1 Estratigrafía General.

A continuación se describe la secuencia estratigráfica de la Ciudad de México:

#### a) Depósito del Lago.

Los depósitos de la planicie del Valle de México son los que comúnmente se conocen como depósitos del lago. En la cuenca cerrada podía existir un lago cuando las lluvias superaban a la evapo-transpiración, el que desaparecía cuando ésta superaba a las lluvias: si el clima se enfiaba, se formaba un lago; si se calentaba, el lago disminuía y hasta desaparecía. Lo que se denomina transgresiones lacustres o regresiones lacustres. El resultado práctico de este juego era la depositación de arcillas o formación de suelos. En las partes marginales (transición) ocurría lo contrario, donde entre arcillas lacustres se intercalaban frecuentemente suelos secos.

El Dr. L. Zeevaert presento en 1953 la primera interpretación de la secuencia estratigráfica de los depósitos lacustres. Mooser le ha agregado una información reciente, fundamentalmente sobre la interpretación de edades geológicas y las correlaciones estratigráficas establecidas entre las Lomas y la Planicie: en esta interpretación ya no se habla de formación Tacubaya, Becerra y Tarango, ya que estas unidades litológicas, con excepción con la de Tarango, no se prolongan de Las Lomas al relleno lacustre aluvial. En la Fig. 13 se presentan en forma sintética la interpretación de la estratigrafía propuesta por Mooser. Se hace notar que las erupciones de arenas azules, ocurridas hace 170 000 años, representan lo que antes se definía como Formación Tarango.

#### b) Depósitos de Transición.

Los Depósitos lacustres del centro de la cuenca van cambiando a medida que se acerca al pie de Las Lomas: lo que ocurre es que entre las arcillas lacustres van intercalándose capas de suelos limosos, cuerpo de arenas fluviales y, en la desembocadura de arroyos y ríos, importantes depósitos de gravas y boleos. Las aportaciones fluviales de Las Lomas al gran vaso de sedimentación, que es la Planicie, se depositan principalmente en el quiebre morfológico Lomas-Planicie. Fig. 14.

Los clásticos fluviales y aluviales se acumulaban consecuentemente en el quiebre morfológico y se interestratificaba localmente con la serie arcillosa lacustre superior, las aportaciones de los glaciares que bajaron en el Illinois Inferior hasta **Río Hondo**, Virreyes, Tacubaya, Barranca del Muerto y San Ángel, depositando morrenas con fuertes volúmenes de clásticos y boleos, lograron formar acumulaciones aluviales extensas que parten del pie de Las Lomas y se adentran en La Planicie aluvial, ver Fig. 11.

c) Depósitos de Las Lomas. En Las Lomas se identifican cuatro fenómenos geológicos:

- La acumulación de potentes depósitos de erupciones volcánicas explosivas.
- La erupción subsecuente de estos depósitos, formando se profundas barrancas.
- El depósito en las barrancas de morrenas; y
- El relleno parcial de esas barrancas con los productos clásticos de nuevas erupciones.

Las anteriores unidades quedan separadas unas de otras por suelos rojos, amarillos o cafés según el clima que rigió después de su emplazamiento<sup>1</sup>. En La Fig. 11 se presenta una muestra estratigráfica, que se extiende sobre un intervalo que cubre el último medio millón de años.

---

<sup>1</sup> (ref. 3) Ocampo Franco, Roberto, series COVITUR, Características Geológicas y Geotécnicas del Valle de México, pags. 14-16.

**FIGURAS**

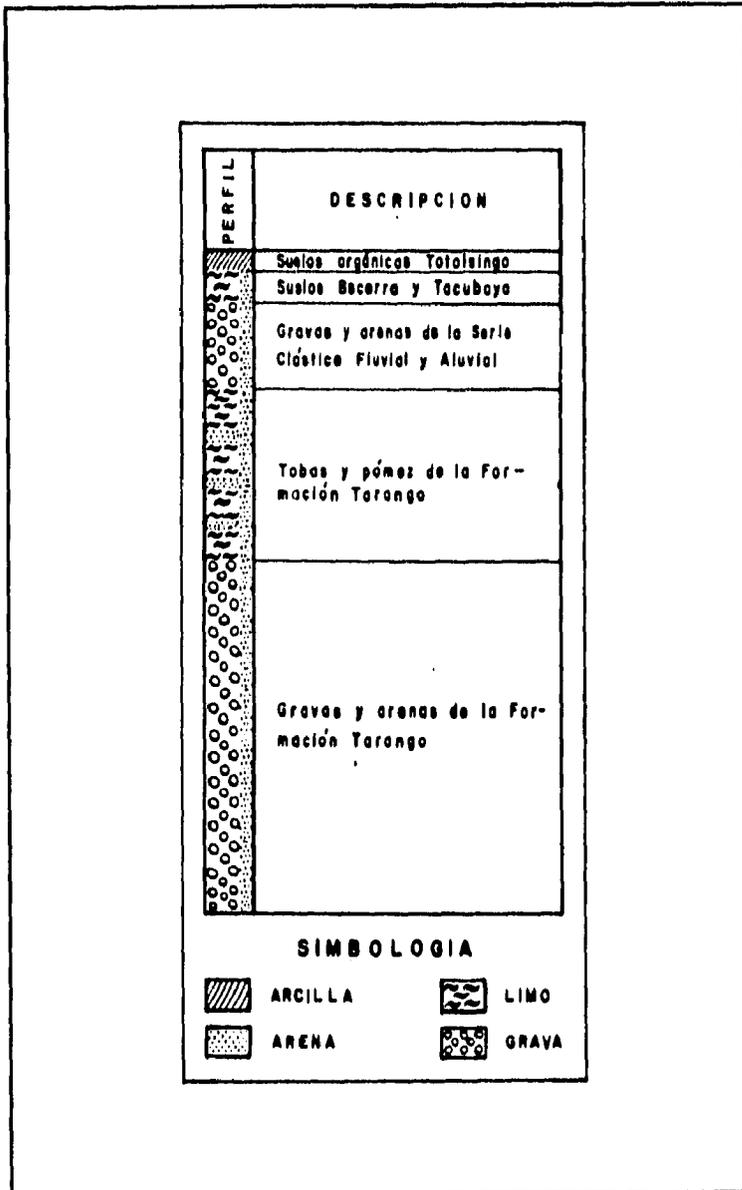


Fig. 10 Estratigrafía de Calz. Las Águilas y Torrente.

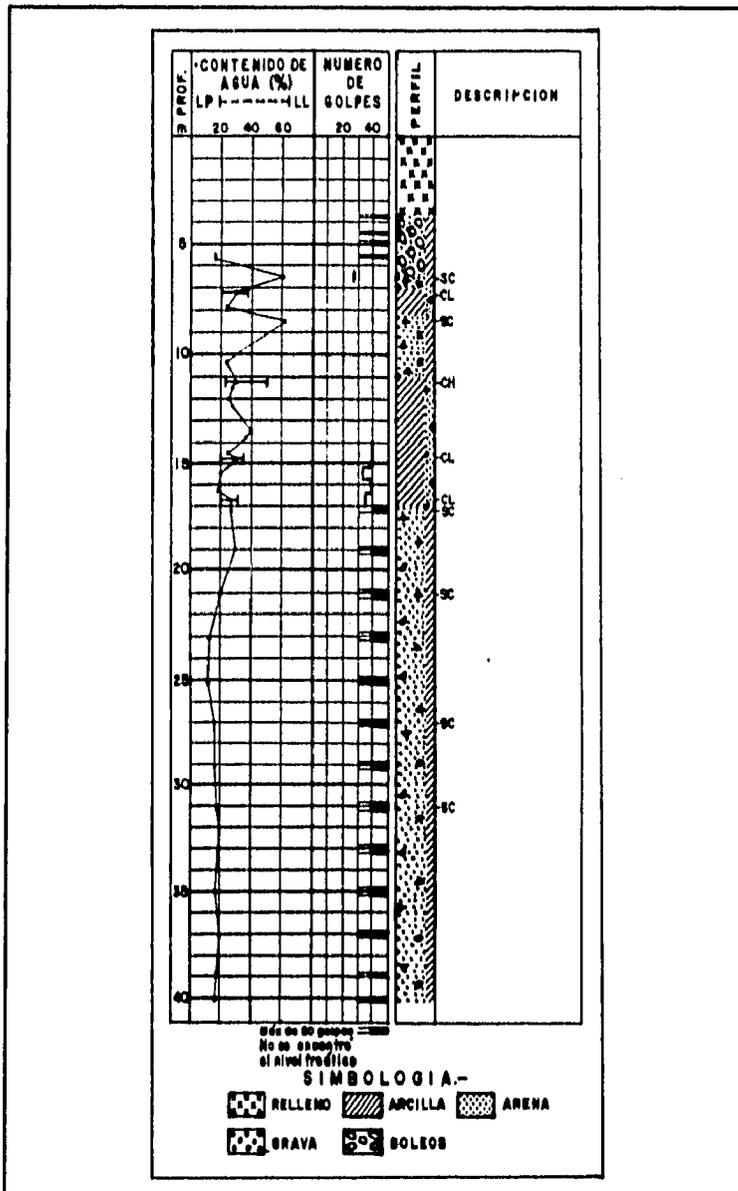
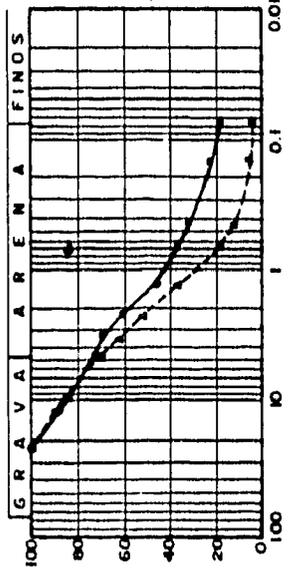


Fig. 11 Estratigrafía de la Col. Real del Monte.

| PROF. | Cu   | Cc   | GRAVA | ARENA | FINOS | CLASIFICACION |
|-------|------|------|-------|-------|-------|---------------|
| m     | —    | —    | %     | %     | %     | S U C S       |
| 6.80  | —    | —    | 27.0  | 54.0  | 19.0  | SM            |
| 7.55  | 8.82 | 1.18 | 30.0  | 66.0  | 4.0   | SM            |



| PROF. | Cu   | Cc   | GRAVA | ARENA | FINOS | CLASIFICACION |
|-------|------|------|-------|-------|-------|---------------|
| m     | —    | —    | %     | %     | %     | S U C S       |
| 3.55  | 7.50 | 1.30 | 32.0  | 64.0  | 4.0   | SM            |
| 7.40  | —    | —    | 27.0  | 58.0  | 15.0  | SM            |
| 8.55  | —    | —    | 20.0  | 65.0  | 15.0  | SM            |

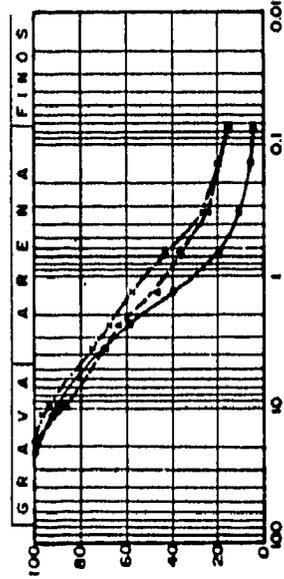


Fig. 12 Curvas Granulométricas

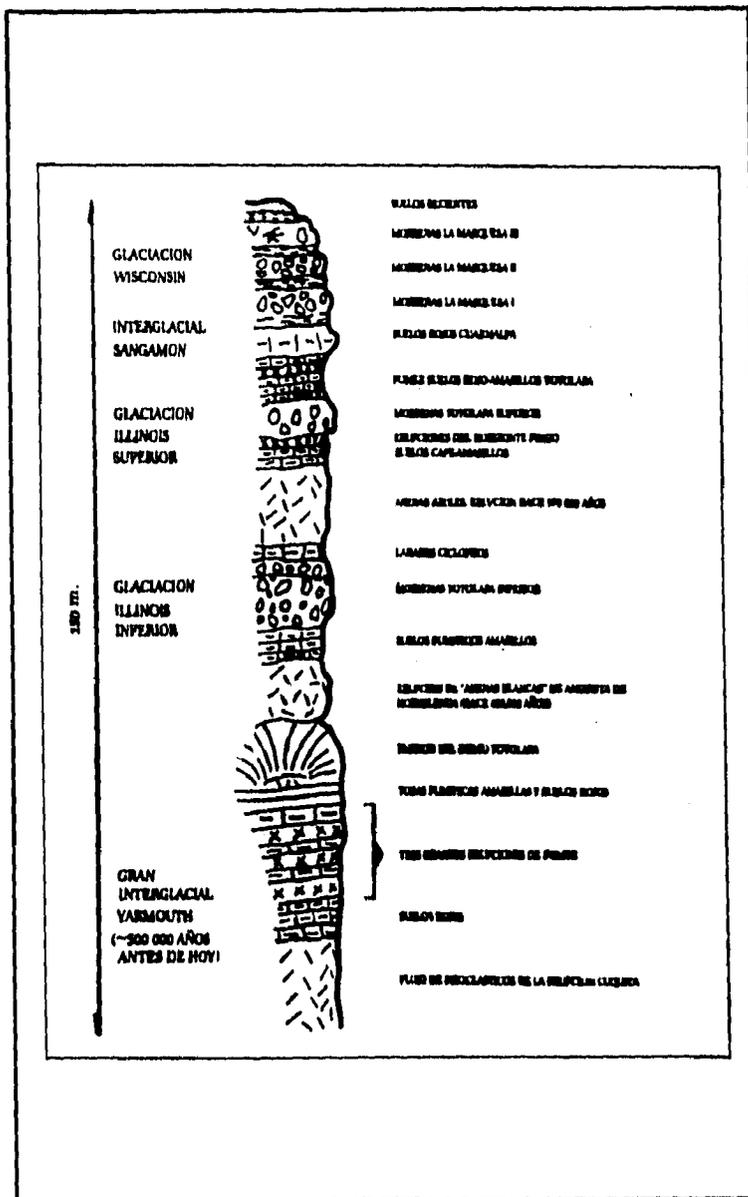
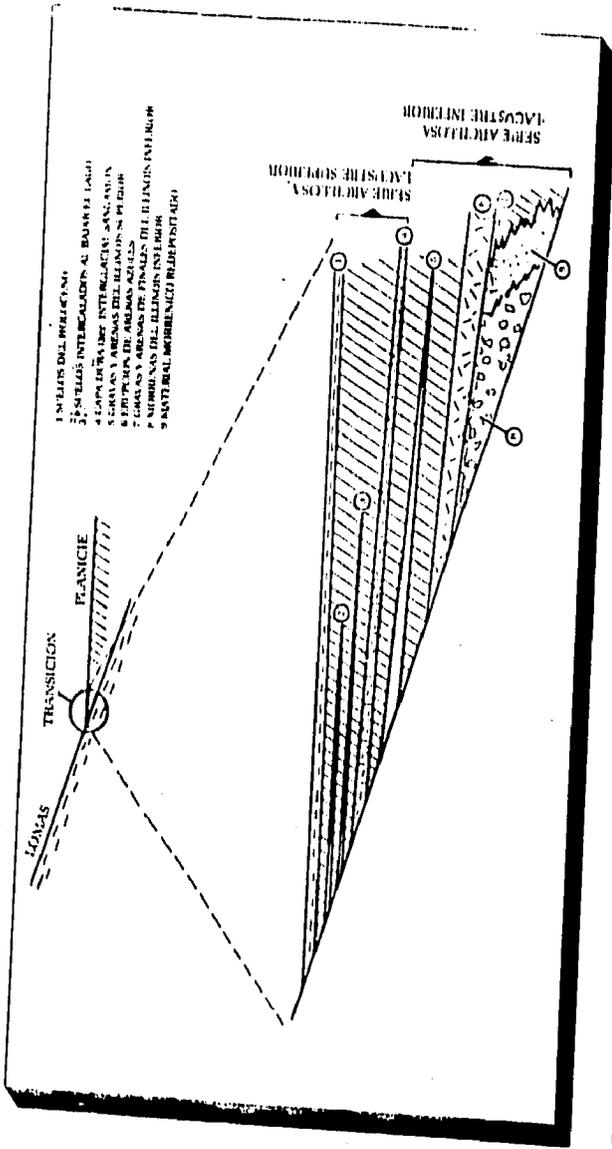


Fig. 13 Estratigrafía de Lomas



1. LONJAS DEL RELACIONADO  
 2. LONJAS INTERCALADAS AL BARRER EL LONJAS  
 3. LONJAS DE TRANSICION INTERCALADAS AL BARRER EL LONJAS  
 4. LONJAS DE TRANSICION DEL RELACIONADO DEL BARRER EL LONJAS  
 5. LONJAS DE TRANSICION DEL RELACIONADO DEL BARRER EL LONJAS  
 6. LONJAS DE TRANSICION DEL RELACIONADO DEL BARRER EL LONJAS  
 7. LONJAS DE TRANSICION DEL RELACIONADO DEL BARRER EL LONJAS  
 8. LONJAS DE TRANSICION DEL RELACIONADO DEL BARRER EL LONJAS  
 9. LONJAS DE TRANSICION DEL RELACIONADO DEL BARRER EL LONJAS

Fig. 14 Estratigrafía de la zona de transición

**CAPITULO 3**  
**EXPLORACION DEL SUBSUELO.**

### **3. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO.**

#### **ANTECEDENTES.**

Para orientar su búsqueda de minas y oquedades en la zona de lomas, es necesario considerar las características de las cavidades, pues a partir de su conocimiento se podrá orientar mejor ésta y seleccionar los métodos de exploración más conveniente en cada caso. En general las oquedades o cavidades son y tienen los orígenes siguientes:

- a) Son de origen artificial, excavados por el hombre, por lo que sus dimensiones originales debían permitirle su acceso, es del orden de 1.50 a 2.0 m tanto en su altura, como ancho; se debe considerar que tuvieron una entrada o boca en la superficie o desarrollo continuo a partir de ella.
- b) En su mayoría las minas empiezan en barrancas o cortes, en cuyas laderas, el Hombre pudo reconocer aquellos mantos o lentes de materiales útiles para la construcción, tales como gravas, arenas y pómez, cuyas características no requieren procesos de trituración.
- c) Su formación obedeció a la explotación que se hizo de los materiales útiles para la construcción, a través de túneles o galerías, cuyo desarrollo variaba desde un túnel, hasta redes complejas de éstos a diferentes niveles, en ocasiones formando, grandes salones horizontales, en los cuales hasta podían salvar claros del orden de 10 m o más, con altura hasta de 4.0 m en apoyos intermedios o limitar sus tramos mediante pilares labrados.
- d) Con el paso del tiempo y la erosión, las bóvedas se debilitaron produciendo derrumbes cuyo material puede ser arrastrado por el agua infiltrada, por lo que las minas pueden estar parcial o totalmente rellenas por los mismos derrumbes.

#### **Métodos de Reconocimiento y Exploración.**

##### **A) Reconocimiento Superficial.**

La fase inicial de cualquier estudio del subsuelo debe consistir en un reconocimiento superficial del área donde se localiza el predio en estudio. Cuando este reconocimiento se ha hecho con el alcance y cuidados debidos, es de gran ayuda para definir el problema y programar las etapas subsiguientes de exploración de cavidades y estudio de los materiales que se formaron, en el caso de que estos se requieran.

El reconocimiento consistirá en el recorrido detallado del área en cuestión, prestando en especial cuidado a las barrancas, cañadas y cortes cercanos al predio, para investigar la existencia de

bocaminas, así como rellenos, muros o construcciones que pudieran ocultarlo. Aunque las boca minas sean de acceso lateral en laderas, no debe descartarse la existencia de aquellas de tiro vertical o inclinado en terrenos de superficie más o menos horizontal.

En el caso de encontrar boca-minas en el área, será necesario inspeccionarlas para, si por su corto desarrollo o algunas mediciones sencillas descartarse la posibilidad de que afecten al predio y las construcciones que en el mismo se planeen. De no ser así, el recorrido de las minas servirá para conocer su estado y condiciones de acceso, con miras a programar su exploración por métodos directos.

Al inspeccionar las laderas de las barrancas y cortes deberá observarse la presencia de capas de arena, gravas y materiales pumíticos, que fueron o pudieron haber sido objeto de explotación subterránea, anotando su espesor medio y profundidad aproximada respecto a la superficie del terreno.

Para tener mayor información complementaria deben recabarse datos entre los habitantes del lugar sobre la existencia de las minas en el área, procurando obtenerlos de las persona que tengan más tiempo, viviendo en ese sitio, y que sean confiable.

Otro instrumento de apoyo, es el trabajo fotogramétrico (interpretación de fotografía aéreas de la misma zona), tomando en diversas épocas, para reconstruir la historia y los procesos de ataque a que pudo haber estado sometido el sitio de interés, mismos que nos conducen a encontrar estratigrafías que permiten tener un mejor conocimiento de la ubicación y posible tendencia de antiguas boca-minas, que en su tiempo sirvieron de acceso para la explotación de materiales granulares. Para esto existen fotografías aéreas de la Ciudad, tomadas a intervalos de 2 a 3 años, a partir más o menos del año de 1940.

Así, a partir de la fotointerpretación, complementada con apoyo terrestre, se puede definir los accesos a las galerías de las antiguas minas, los avances de las explotaciones a cielo abierto y la configuración de las zonas actualmente rellenadas. Se podrá conocer además el tiempo que duró su explotación y la época en que se suspendió, así como los cambios morfológicos asociados a la urbanización u ocupaciones de los predios.

El estudio de fotointerpretación debe complementarse con la inspección física de las laderas y con la clasificación geotécnica, y geológica de los afloramientos; y los resultados, así como las observaciones del reconocimiento, se presenta en un reporte escrito, que incluya un croquis del área en el que se marque la posición, relativa al predio, de barrancas y cortes, así como de boca minas, zonas de relleno, hundimientos y grietas, etc.; Es conveniente que se anexe al reporte, un informe fotográfico, en el que se ilustren las condiciones y peculiaridades del área.

Cuando del reconocimiento se concluya categóricamente que bajo el predio que interesa no existen minas, el estudio se terminará en esta etapa.

### 3.1 MÉTODOS DIRECTOS.

Si de los resultados obtenidos en el reconocimiento superficial, existe incertidumbre de minas en la zona de estudio; se deberá llevar a cabo la primera etapa de exploración por métodos directos; que es basado en observaciones y mediciones hechas desde el interior de las cavidades, o bien en excavaciones o perforaciones de tamaño tal que en ellas penetre un hombre; determinando si afecta o no al predio en estudio.

Cuando no haya sido posible hacer esta determinación por los métodos sencillos usados en el reconocimiento, se procederá a un levantamiento topográfico en planta de una poligonal por él o los ejes de galerías, y deberá ser preciso, apoyados de preferencia con cinta y tránsito, apoyándose con puntos superficiales que permitan referirlo a la posición del predio.

Si se trata de túneles de sección transversal más o menos constante, bastará con medir su ancho promedio. En el caso de salones o cavidades de dimensiones horizontales grandes, se levantarán aquellos puntos de su contorno mínimo necesario para definir su geometría aproximada en planta.

Será indispensable que tanto en planimetría, como en altimetría, este levantamiento detallado de las minas se ligue debidamente al levantamiento topográfico superficial del predio, por lo que a través de las excavaciones o perforaciones, que crucen a través las bóvedas de las cavidades localizadas en forma conveniente.

Por otro lado, se inspeccionarán de manera minuciosa las cavidades para conocer las características de los materiales explotados, que en general constituyen sus paredes y de los que forman su techo y piso; y establecer cualitativamente las condiciones de la alteración y fisuramiento del techo y sus elementos de soporte, como paredes y pilares. Así como tomar fotografías "in-situ".

Se recomienda realizar un reporte de los resultados del levantamiento directo, incluyendo los planos de las minas en planta y elevación, así como secciones escogidas en forma apropiada.

Si la anomalía se localiza a poca profundidad o los rellenos son de reducido espesor, podrán excavar pozos convencionales a cielo abierto. En caso contrario, se requerirá de un sondeo de exploración en un solo punto de lo cual, cuando está correctamente ejecutado, no será posible concluir más que si existe o no en el sitio una anomalía, grieta o cavidad, y su posición relativa a la superficie del terreno. Por lo que la investigación será mediante la exploración de minas subterráneas bajo un área de cierta extensión.

Para localizar galerías en zonas minadas se hacen perforaciones de pequeños diámetros; la práctica más común ha sido utilizar máquinas de perforación diseñadas para el muestreo de usándolo como herramienta de avance y agua como fluido de perforación. El operador de la máquina de la perforación deberá fijarse cuando se detecta la oquedad, cuando existe un cambio de velocidad en el avance de la herramienta y/o pérdida del fluido de la perforación.

Otro sistema, es mediante la adaptación de un martillo neumático de 80 mm a una máquina de este tipo, e inyectar aire a presión de 5 kg/cm<sup>2</sup> para accionar el golpeador del martillo enfriar la broca y eliminar el material cortado.

La tubería sirve para conducir el aire, colocar el martillo en la profundidad de operación y girarlo con velocidad máxima de 30 rev/min para cambiarlo de posición de cada golpe.

El procedimiento para identificar una caverna sería observar el cambio acústico de intensidad de impacto del martillo neumático y la pérdida del retorno de aire; cuando esto ocurra se debe suspender la inyección de aire y operar solo con el mecanismo elevador, para determinar la altura de la caverna. La mayor dificultad que se ha tenido en las pocas experiencias realizadas con esta máquina, es la falta de la habilidad de los operadores que obligan a mantener una supervisión muy cuidadosa; aun así el rendimiento que se ha logrado con estas máquinas en los materiales de las zonas minadas es hasta de 6 m/h, sin duda muy superior a lo que se puede lograr con el método convencional. Al igual que con los sondeos convencionales, será conveniente verificar la presencia de cavidades mediante perforaciones de gran diámetro.

### **3.2 MÉTODOS DE EXPLORACIÓN SEMIDIRECTOS.**

Los Métodos semi-directos se utilizarán en aquellos casos en que el reconocimiento superficial no haya permitido asegurar la ausencia de minas, o bien cuando las condiciones actuales de éstas, no hagan factible la exploración directa completa y satisfactoria.

Su aplicación puede resultar indicada en los siguientes casos:

- a) En predios de dimensiones reducidas limitadas por colindancias; por lo que resulta factible una serie de sondeos a un costo relativamente bajo. Si se considera métodos indirectos es a veces improcedentes.
- b) Para estudiar la cimentación de futuras construcciones, de características específicas y bien definidas, que cubrirán parte o la totalidad de un predio de cualquier dimensión.

El programa de exploración deberá adoptarse a la distribución de los elementos estructurales, la magnitud de las descargas que transmitirán al subsuelo y el tipo de cimentación que se prevea tentativamente.

Y de acuerdo a los resultados del reconocimiento superficiales; podrá llegarse incluso a programarse un sondeo bajo cada uno de los elementos, como zapatas aisladas, o varios sondeos si se trata de zapatas corridas o losas. Si la cimentación, por razones predeterminadas, es a base de pilas; se deberá de explorar bajo cada desplante de cada una de ellas antes o durante su construcción.

- c) En Predios que en la actualidad están cubiertos totalmente por construcciones. Las construcciones representan un obstáculo para la aplicación e interpretación de métodos indirectos. La ejecución de sondeos, si bien se ve dificultada, es factible utilizar equipos de perforaciones pequeños.
- d) Para investigar anomalías detectadas por los Métodos Indirectos.
- e) En los predios en los que mediante un reconocimiento superficial se hubieran apreciado hundimientos o grietas en la superficie.
- f) Para investigar la causa del mal comportamiento y daños de estructuras construidas. Por lo que resulta obvio que los sondeos se localizarán en los sitios de anomalías o daños dependiendo su número y distribución de la geometría de estos defectos.

Cuando se requiere únicamente detectar las cavidades, podrán hacerse sondeos sin recuperar muestras, por medio de equipo rotatorio y brocas tricónicas de 3" de diámetro mínimo, del tipo recomendado para perforar materiales de dureza media. Además se requerirá eventualmente el uso de barriles equipados con brocas de diamantes o carburo de tungsteno, para perforar fragmentos de roca dura, como los incluidos en tobas brechoides, aglomerados y depósitos aluviales.

La perforación con martillo neumático, se considera menos apropiado. Cuando se requiere conocer además de la existencia de discontinuidades, conocer la estratigrafía, etc.; por lo que será necesario utilizar sondeos de penetración estándar para recuperar muestras alteradas y el empleo de barriles de gran diámetro tipo Denisson, para obtención de muestras inalteradas.

El muestreo inalterado puede permitir, a través de la observación de la estructura de las muestras, la diferenciación entre materiales intactos y derrumbes o sedimentos de cavidades.

En el momento de encontrar una cavidad se suspenderá la perforación para medir con cuidado su altura libre, y a partir de su piso, podrá aplicarse el procedimiento de penetración estándar y/o muestreo inalterado, para investigar la presencia y espesor del material suelto (caídos, sedimentos, etc.). Al encontrar de nuevo el terreno natural resistente, se podrá continuar con el método de perforación inicial. Si el material encontrado no es una oquedad, pero puede ser indicativo de una cavidad de derrumbe.

Cuando se ha registrado una irregularidad en un sondeo será necesario averiguar su origen y, si es una cavidad deberá investigarse su accesibilidad, con la técnica señalada por los métodos directos tratados al inicio del capítulo. Por lo que será necesario el empleo de **instrumentos ópticos** como periscopios introducidos en el mismo sondeo; y si es posible recurrir a excavaciones o perforaciones para bajar a un hombre.

Otro instrumento de apoyo, es la restitución del contorno de esas oquedades mediante la interpretación de fotografías estereoscópicas verticales, tomadas con una cámara introducida en ellas en

varios sondeos convenientemente situados. Orientado en las fotografías señaladas luminosas introducidas en otros sondeos distintos del de referencia, se construye una triangulación, para apoyar la fotointerpretación.

### 3.3 MÉTODOS DE EXPLORACIÓN INDIRECTOS.

#### MÉTODOS GEOFÍSICOS PARA LA DETECCIÓN DE CAVIDADES.

La mejor alternativa para elegir un método, depende de los antecedentes del problema; es decir, de las características de las formaciones volcánicas del sector poniente de la Ciudad de México.

La experiencia nos dice que ningún método o técnica aplicada individualmente, proporciona satisfactorios resultados positivos, sino solo en conjunción con otros métodos. Al respecto existen los llamados métodos de exploración indirectos (geofísicos).

Al respecto, para detectar oquedades se recomienda utilizar los siguientes métodos indirectos de exploración.

##### 3.3.1 Métodos Gravimétricos.\*

Tiene como objetivo la detección de estructuras subterráneas, mediante la alteración que ellas producen del campo gravitacional terrestre. Dichas alteraciones se deben a la distribución irregular, de masas de distinta densidad que se localiza en el subsuelo.

Se basa en la teoría clásica de la mecánica newtoniana, desarrollado matemáticamente por Laplace y Poisson. Los equipos más utilizados en la prospección gravimétrica son: El gravímetro, la balanza de torsión y el péndulo.

##### 3.3.1.1 Microgravimétricos.

El empleo de este equipo es muy reducido, solamente compañías de exploración francesa han empleado este método y han tenido gran éxito. Las principales características de estos métodos son:

1. Su alcance es superficial, para detectar estructuras irregulares.
2. Las alteraciones que producen estas masas en el campo gravitacional terrestre, debido a la diferencia de densidades son del orden de microgals.
3. El equipo tiene mayor sensibilidad y permiten extender el rango de medición.
4. El trabajo de campo es similar al de gravimetría aunque por lo general los trabajos microgravimétricos son muy locales. (ver fig. 15).

---

\* Del Valle Toledo, Enrique. Apuntes e Introducción a los Métodos Geofísicos y Exploración.

### 3.3.2 Método Sísmico.

La variación de la velocidad de propagación de las ondas en diferentes formaciones geológicas es una de las propiedades físicas fundamentales en las que se basan en la prospección geofísica por métodos sísmicos. Prácticamente las leyes de propagación sísmica son las mismas que las empleadas en la propagación óptica, como son: Las leyes de Snell, Huygens, Faraday y la ley de Hooke.

Según la ley de Hugen, todo frente de ondas puede considerarse como centro de excitación de nuevas ondas. Existen dos métodos de prospección sísmica que son: sísmico de reflexión y refracción.

El emplear este método para detectar pequeñas cavidades no resulta tampoco adecuado ya que la sensibilidad del terreno en el caso de la Ciudad de México daría falsa información, siendo muy complejo y costoso eliminar el ruido que presenta la señal ocasionada por el tráfico, de vehículo, personas y animales, movimiento de árboles y en general el medio ambiente aunque se pueden emplear señales más potentes como por ejemplo dinamita o impulsos mecánicos, sin embargo el costo y las molestias que ocasionan son limitantes muy serias (Fig. 16).

### 3.3.3 Métodos Eléctricos.

Los métodos eléctricos de prospección, también denominados geoelectrónicos, estudian la distribución en el subsuelo, de alguna propiedad electromagnética. Existen ciertas propiedades electromagnéticas principales que podrían utilizarse para identificar los cuerpos en el subsuelo; estas propiedades son las de permeabilidad magnética, la permitividad y la resistividad. Entre estas propiedades la más aprovechada es la de distribución de la resistividad en el subsuelo.

La resistividad es la dificultad que encuentra una corriente eléctrica a su paso en un material determinado; igualmente se puede considerar la facilidad de paso de la corriente eléctrica llamada también conductividad.

La conductividad y la resistividad de un material depende de los siguientes factores:

- ◆ Porosidad del material.
- ◆ Distribución de la porosidad.
- ◆ Volumen de agua contenida en el material.
- ◆ Conductividad del agua
- ◆ Compactación del material.

De todos los métodos indirectos que existen actualmente, los eléctricos son los que dan mejores resultados en la solución al problema en la Ciudad de México ya que, se genera alrededor de la cavidad, ciertos efectos llamados de drenaje, los cuales realzan la zona de la anomalía eléctrica.

Esta conclusión se obtuvo, de las experiencias nacionales e internacionales de las principales firmas, organismos institucionales y peritos internacionales reconocidos.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> (6) ídem a) anterior.

**FIGURAS**

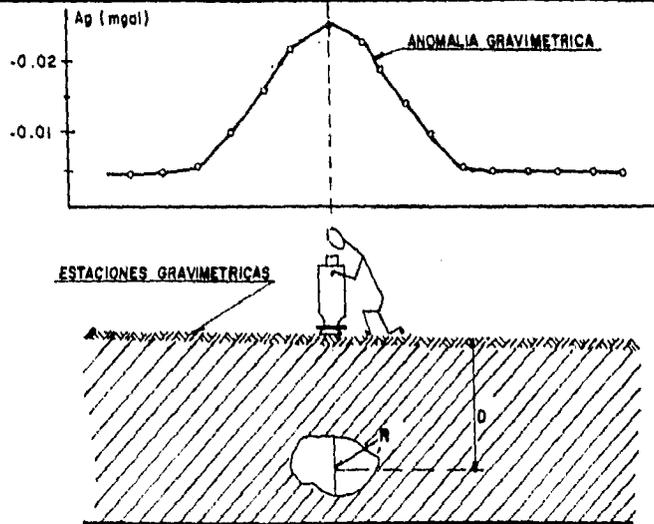


Fig. 15

**METODO GRAVIMETRICO**

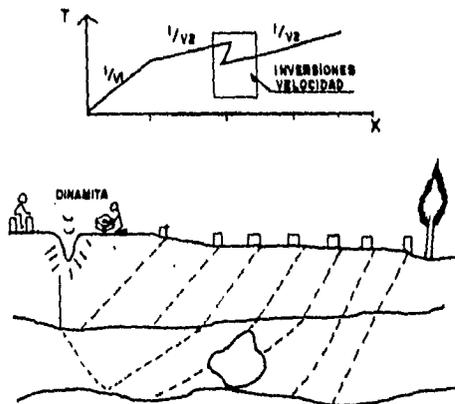


Fig. 16

**METODO SISMICO**

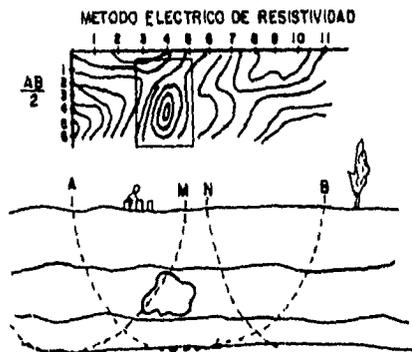


Fig. 17

**METODO ELECTRICO DE RESISTIVIDAD**

## **CAPITULO 4.**

**PROGRAMACION DE LOS TRABAJOS Y ESTUDIOS GEOTECNICOS  
DE LA ZONA DE ESTUDIO.**

#### **4. PROGRAMACIÓN DE LOS TRABAJOS PARA LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE LA ZONA EN ESTUDIO.**

##### **4.1 ANTECEDENTES.<sup>1</sup>**

Se presenta el caso del proyecto "Corporativo Serfin", que consistió en la construcción de un edificio para oficinas, de 5 niveles superiores y 3 sótanos; el edificio se resolvió estructuralmente con marcos de concreto y losa precolada doble T, con claros de 11.00 x 14.64 m, dentro de un predio de 17,600 m<sup>2</sup>, ubicado en la Av. Prolongación Paseo de la Reforma s/n, de la col. Santa Fe en ésta Ciudad de México, (ver Fig. No 18 y 19).

El predio se localiza al Suroeste de la Ciudad de México dentro de la zona de Lomas, de acuerdo a la zonificación hecha por Marsal R.J. y Mazari M en 1959.

##### **4.2 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO.**

La ubicación del predio corresponde a una zonas de rellenos, y en donde se pueden encontrar la existencia de cavernas, oquedades en el sitio en cuestión, se programará como primera etapa, el estudio geotécnico de la zona de estudio, desarrollando esta metodología:

1. Reconocimiento geológico superficial.
2. Elección y análisis fotográfico de la zona.
3. Sondeos eléctricos verticales.
4. Sondeos de perforación de tipo mixto.
5. Pozos a cielo abierto.
6. Pruebas de laboratorio a las muestras extraídas.
7. Análisis, estudio e informe.

##### **4.2.1 Reconocimiento geológico regional.**

De acuerdo a la información geológica de la zona del predio en estudio; se encuentra ubicado dentro de un área de Lomeríos de suave pendiente que drena hacia el Valle de México y esta surcada por profundas barrancas con paredes escarpadas en la que existen depósitos clásticos de distintas litologías. Estos sedimentos fueron explotados para obtener materiales de construcción, modificando con ello la fisiografía del lugar.

---

<sup>1</sup> Informe del Estudio de Mecánica de Suelos del Edificio de 5 Niveles, en la Col. Santa Fe.  
Informe del Archivo de la Comp. ETA Consultores, S.A.

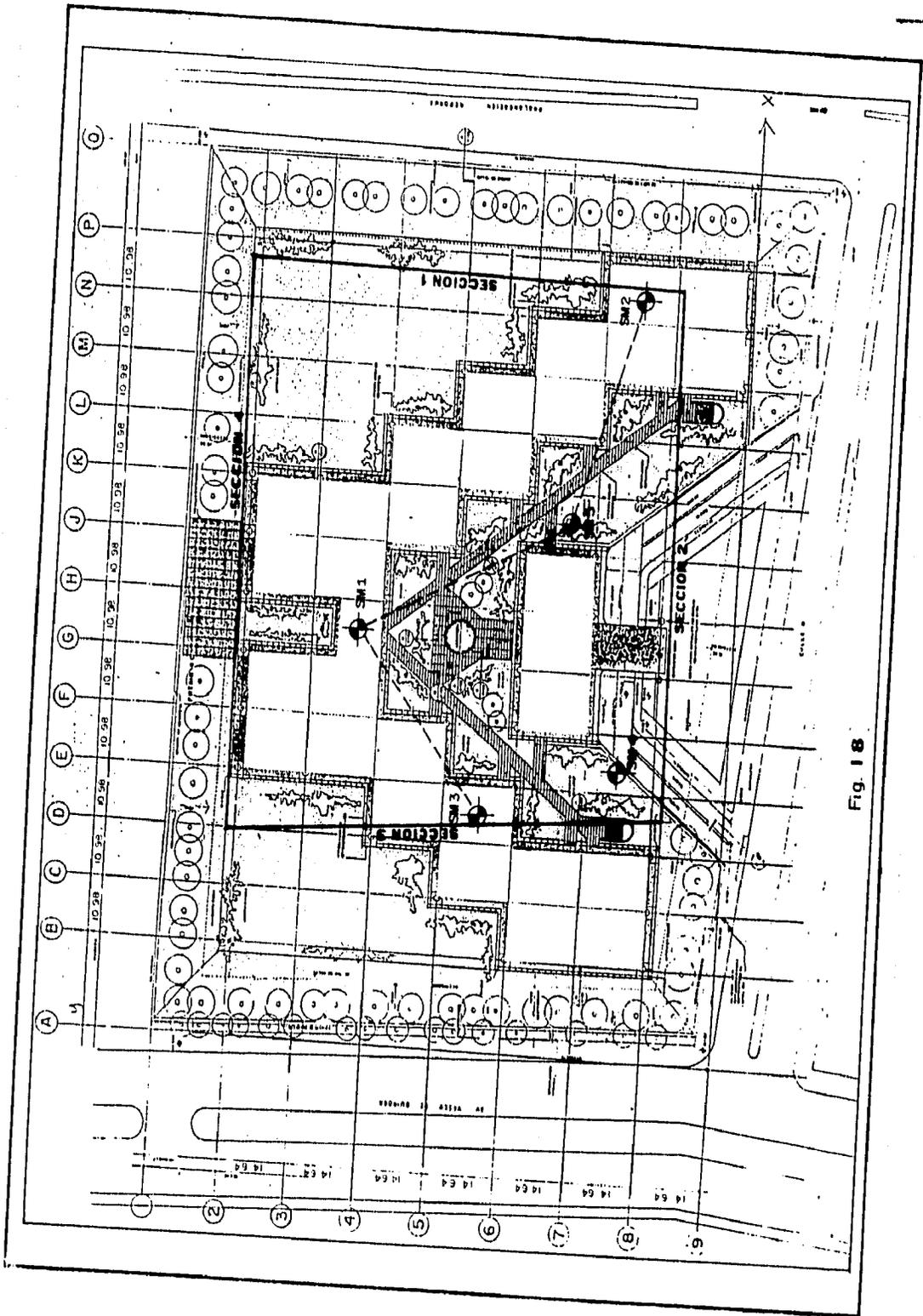


Fig. 18

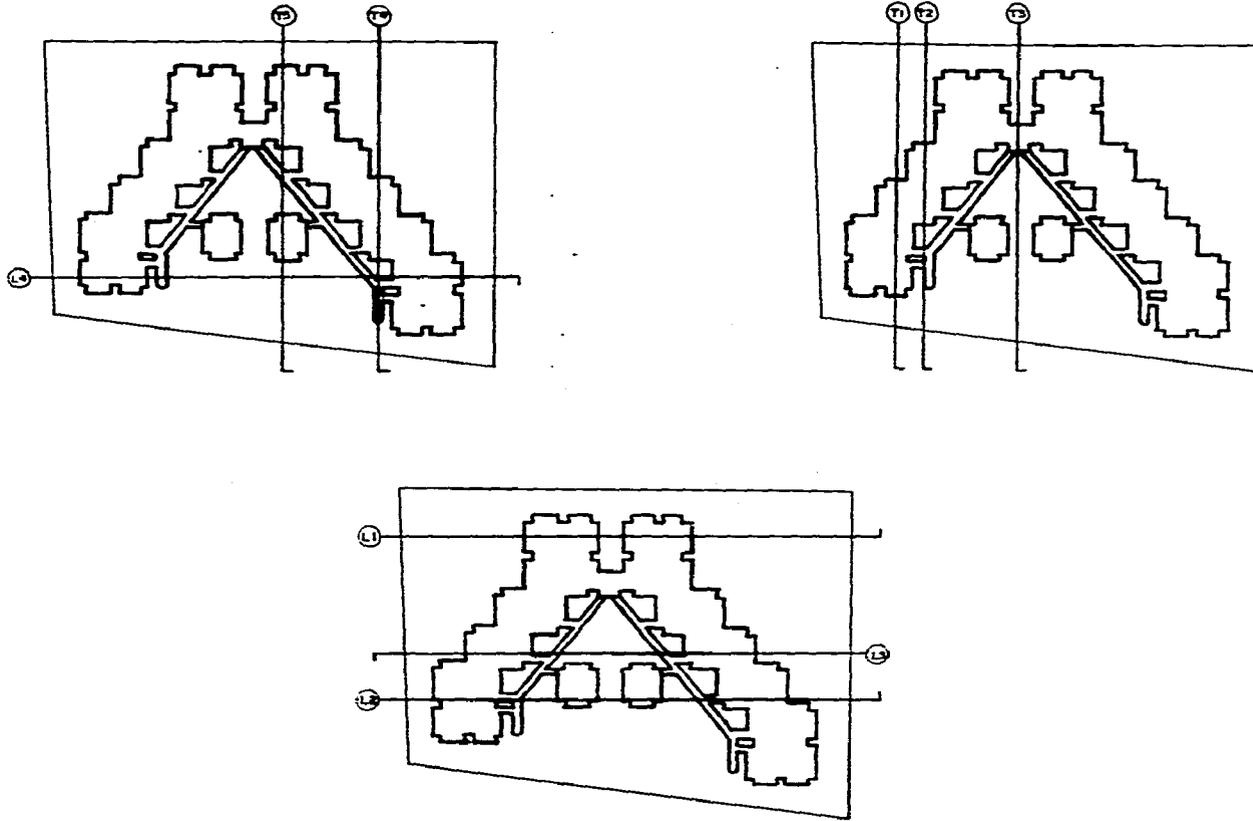


Fig. 19

CORTES ESTRATIGRAFICOS

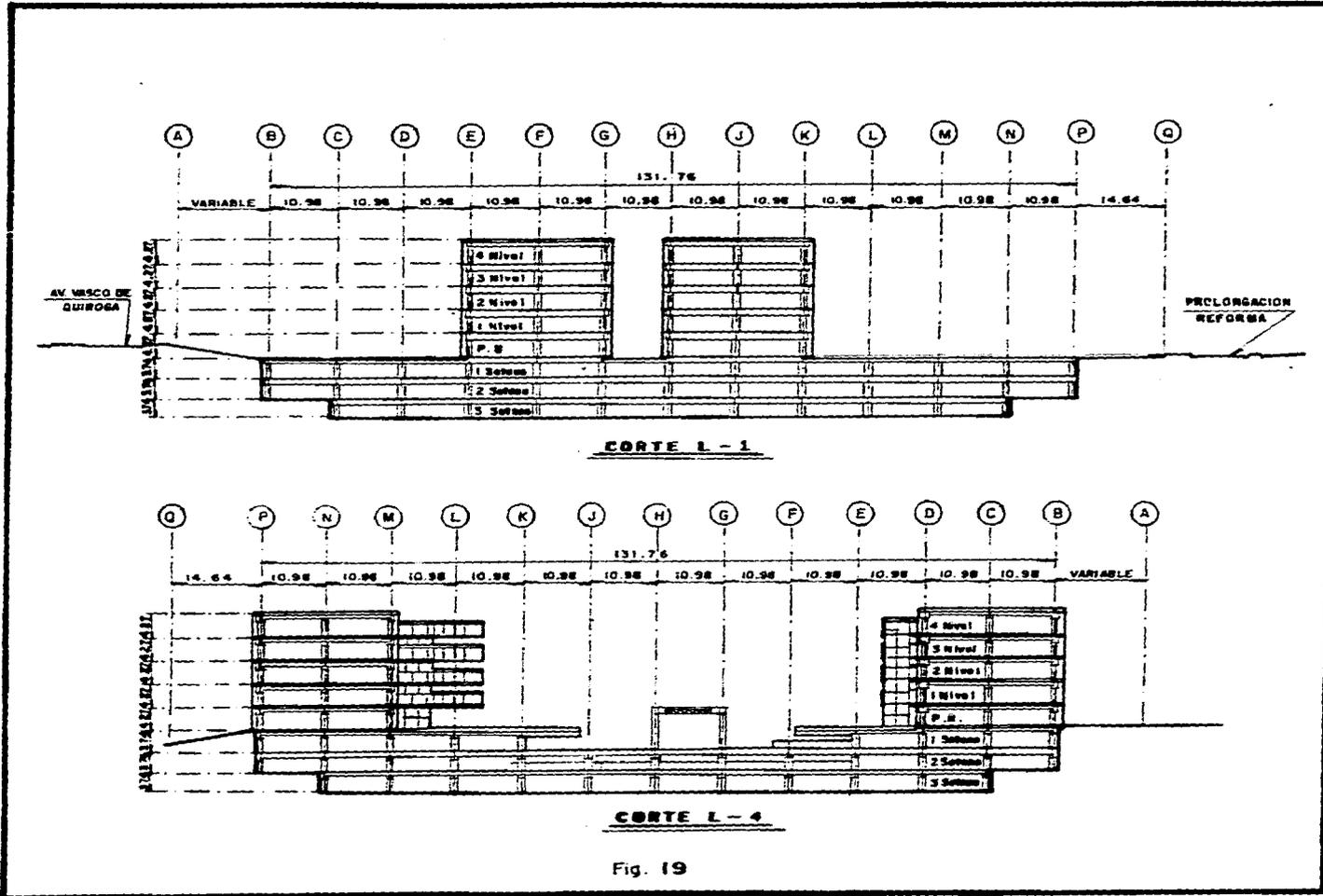
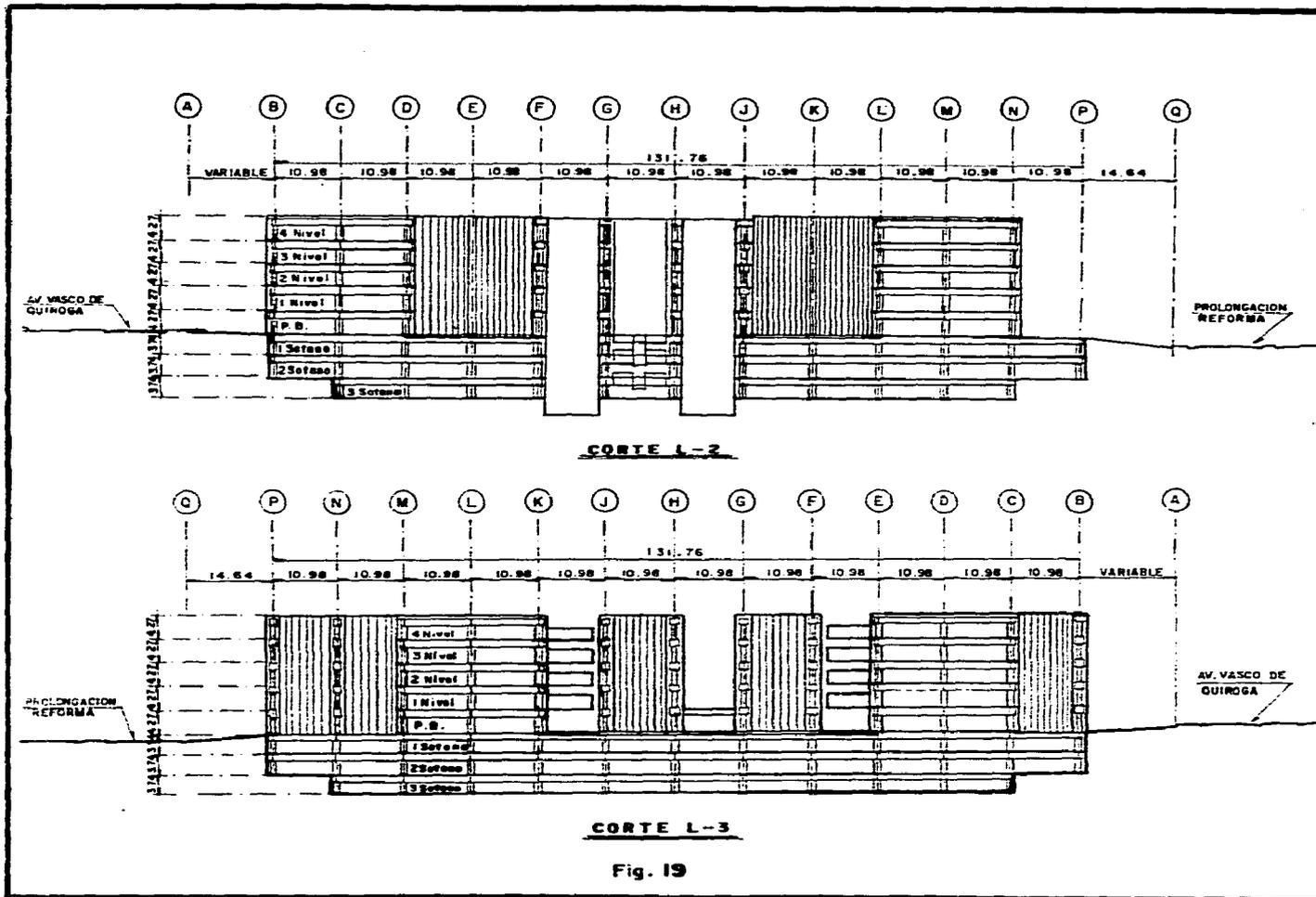
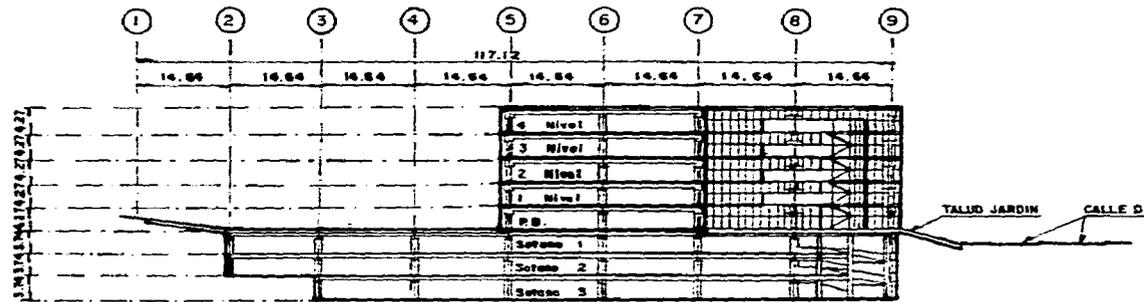
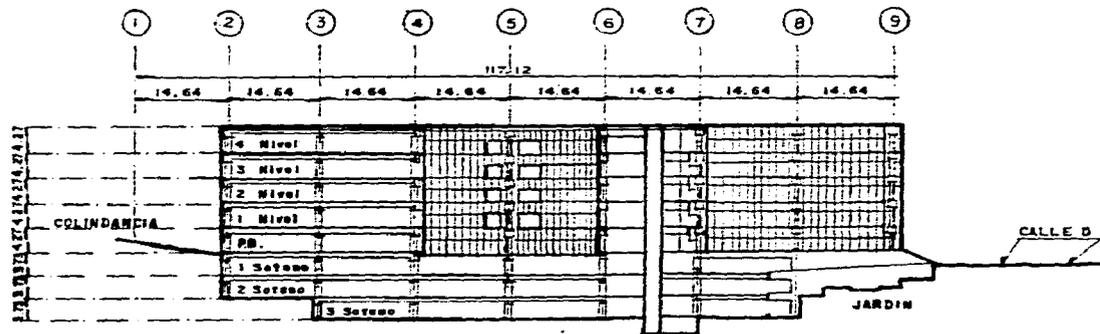


Fig. 19





**CORTE T-4**



**CORTE T-5**

Fig. 19

Posteriormente se rellenaron con materiales producto del desperdicio de la explotación, incluso con basura y desperdicio de construcción, con grandes bloques de rocas y boleos.

#### 4.2.2 Reconocimiento de la Zona.

Con el fin de conocer los diferentes materiales que afloran en la zona, se llevó a cabo un reconocimiento geológico superficial, en que consistió en un recorrido en la zona de estudio, dividiendo al predio en dos porciones, de acuerdo a los materiales encontrados, y los resultados se describen a continuación (ver figura anexa):

a) **Porción Sur.** Se localiza en la parte izquierda de la av. Prolongación Vasco de Quiroga.

Existe un conglomerado de color gris azul compuesto por boleos y gravas empacadas en una matriz arenosa. Este material corresponde con las arenas azules que fueron explotadas en la mina.

En la parte SE de la zona se observan fracturamientos perpendiculares a la nueva Av. Vasco de Quiroga.

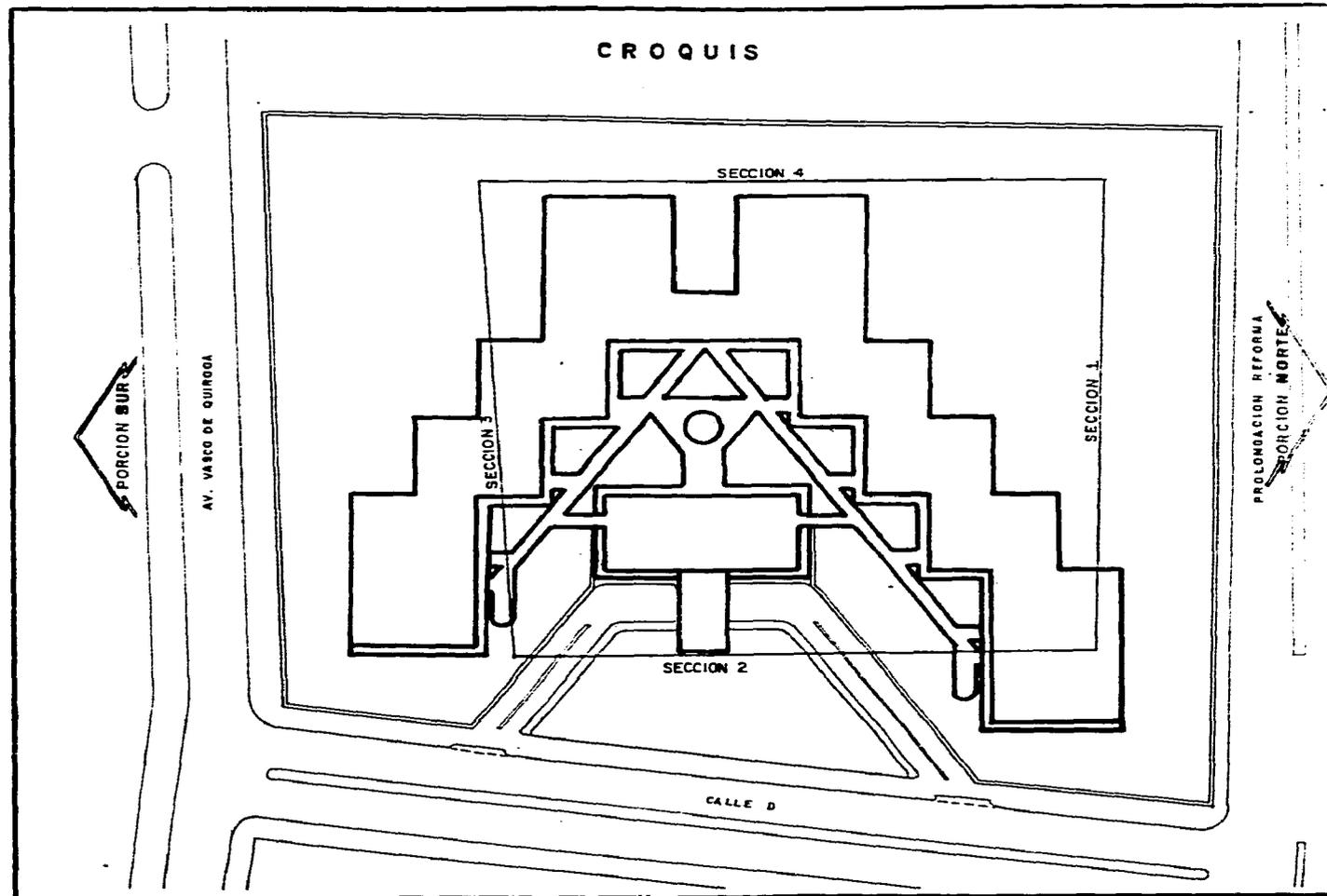
b) **Porción Norte.** Se localiza en la parte derecha de la av Prolong Paseo de la Reforma.

Superficialmente se encuentra una toba limo arenosa de color café, con una intercalación de arena pumítica color gris, dividido por la toba rojiza. Subyace una toba limo arenosa color café, que se apoya sobre un conglomerado rosa. Finalmente se encuentra la roca dacítica color gris.

#### 4.2.3 FOTO INTERPRETACIÓN.

El estudio Fotogramétrico, consistió en comparar por medio de pares estereoscópicos los cambios morfológicos que tuvo el predio y sus alrededores, con el fin de indicar la presencia de bocaminas cercanas al área de estudio, para los cuales se utilizaron fotografías aéreas con vuelos de diversos años, que son los siguientes:

| No Vuelo |    | AÑO   |
|----------|----|-------|
| 1,692    | -- | 1,963 |
| 2,140    | -- | 1,975 |
| 2,802    | -- | 1,982 |
| 2,958    | -- | 1,987 |



Con este procedimiento, se pudo constatar la no existencia de algunos indicios de bocaminas alejadas a la zona de interés. Al mismo tiempo se definió los avances de la explotación de la zona fue cielo abierto, (observando en las fotografías una planta de explotación de materiales de los bancos de arena) y la configuración original de las zonas actualmente fueron rellenadas (ver Fotografías Aéreas, zona asurada).

Además, se pueden observar en algunas de las fotografías, los pocos cambios morfológicos que tuvo asociados a la urbanización y ocupación de los predios, ver fig. 20.

#### 4. 2. 4. Metodología Geofísica

Se llevó a cabo un estudio geofísico del subsuelo, a través de sondeos geoeléctricos, con la finalidad de detectar posibles cavidades en el área en donde actualmente se encuentra ubicado en el predio.

Este estudio geofísico, consistió en la realización de 4 líneas exploratorias constituidas por sondeos geoeléctricos verticales, separados a 4 metros entre sí. Se colocaron alrededor del predio formando una poligonal con la finalidad de cubrir la periferia del mismo y detectar anomalías resistivas que pudieran representar cavidades en el subsuelo.

| No de Línea Geofísica | No. de Sondeos Efectuados | Intervalo de Electrodo m. |
|-----------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 (Lado Norte)        | 23                        | 4.00                      |
| 2 (Lado Sur)          | 23                        | 4.00                      |
| 3 (Lado Oriente)      | 25                        | 4.00                      |
| 4 (Lado Poniente)     | 25                        | 4.00                      |
| Total en sondeos =    | 96                        | 4.00                      |

La determinación de resistividad se llevó a cabo mediante mediciones de diferencia de potencial en superficie, mismas que son características de un campo eléctrico creado en el subsuelo a partir de una corriente eléctrica aplicada a él por medio de electrodos introducidos en el terreno.

Cuando se detectan cavidades y fracturamientos en el subsuelo estas provocan una alteración en los valores de resistividad cuando es aplicada a una corriente eléctrica a el mismo, manifestándose al correlacionarse e interpretar 2 o más sondeos geoeléctricos.

Los trabajos se realizaron mediante un resistímetro y juegos de electrodos, los cuales están en contacto efectivo con el terreno, siendo la disposición de estos un factor determinante en la obtención de los valores de resistividad.

El cálculo de la resistividad aparente correspondiente a diferentes intervalos de profundidad se deriva de la siguiente expresión:

$$\rho_a = \frac{K \Delta V}{I}$$

$$K = \frac{2}{1/AM - 1/AN - 1/BM - 1/BN}$$

Donde :

$\rho_a$  = Resistividad Aparente.

$\Delta V$  = Diferencia de Potencial.

$I$  = Corriente que fluye en el terreno.

$K$  = Factor Geométrico que establece la dependencia de la resistividad aparente de la posición de los electrodos.

$AM$  = Separación de electrodos,  $AN$ ,  $BM$ ,  $BN$

De los resultados obtenidos en las 4 líneas de resistividad, realizados dentro del predio se detectó lo siguiente (ver fig. No. 21 a 24):

*A.1) Perfil No. 1 (Lado Norte).*

Este perfil, se realizó en el lado norte de la av. Vasco de Quiroga del predio, y se conformó por 23 sondeos separados a 4 m, entre sí, hasta alcanzar los 20 m de profundidad.

Se detectaron 3 unidades litológicas, siendo la primera un estrato compuesto por diversos materiales (desde materiales de relleno interstratigráfico, con gravas y limos, hasta arenas), con espesores variables hasta 17.0 m.

Como segunda formación, se encontró una unidad con valores variables entre 120 y 460 Ohm-m de resistividad, compuesta principalmente por gravas y arenas de fina a media.

Como último estrato, aparentemente formaciones constituidas por limos y arenas finas.

#### A.2) Perfil 2 (Lado Sur).

Este perfil, se realizó en el lado Sur, cercano el predio de plaza Reforma, y se integró a partir de 23 sondeos separados a 4 m entre sí, hasta alcanzar los 20 m de profundidad.

Se identificaron 4 unidades litológicas, la primera esta constituida por materiales de relleno (sedimentos arenosos, limosos y arcillosos). La segunda formación, se distingue por los valores de baja resistividad (de 9 a 17 ohm-m), arcillas con espesor máximo de 10.00 m. La tercera unidad, se asocio geológicamente a arenas y gravas y materiales pumíticos con valor máximo de 31 ohm-m.

#### A.3) Perfil 3 (Lado Oriente).

Este perfil, se realizó en el lado *Oriente*, del lado de la calle "D", y se conformó con un total de 25 sondeos verticales separados a 4.0 uno del otro, hasta alcanzar los 20 m de profundidad.

En esta sección se pudo determinar una capa superficial compuesta por material de relleno. El espesor tiene hasta 4.0 m. Subyaciendo, se tiene un estrato arenoso y arcilloso con resistividad que varían desde 50 hasta 68 ohm-m y con un espesor promedio de 7.00 m.

Como tercera capa, se presenta una unidad compuesta de material gravoso (76 y 120 ohm-m), con un espesor oscilante entre 3 y 5 m. En la cuarta formación aparece un material arenoso cuyos valores resistivos varían de 28 hasta 62 ohm-m. De la última capa, podemos comentar de la presencia de material pumítico, posiblemente interestratificado con arcillas o limos.

#### A.4) Perfil 4 (Lado Poniente).

Este perfil, se realizó en el lado *Poniente*, del lado de la Av. prolongación Paseo de la Reforma, y se conformó por 25 sondeos Geoelectricos, separados a 4 m uno del otro, para cerrar la poligonal del predio. En la sección aparece 3 unidades litológicas constituidas por los siguientes materiales: Limo arenosos, productos de rellenos recientes, arenas con gravas y arenas de media a fina.

Con el objeto de conocer a mayor profundidad la estratigrafía del subsuelo, se realizaron 2 sondeos con dispositivo Schlumbergerver Fig. No. 25 y 26.

#### 4.2.5. SONDEOS DIRECTOS DE EXPLORACIÓN.

Para complementar la naturaleza y condiciones estratigráficas del subsuelo, en el predio donde será constituidas las edificaciones, se realizaron 5 sondeos mixtos de penetración standard y muestreo inalterado localizados de tal manera, que fueron representativos de las diferentes áreas estudiadas, como se muestra en la siguiente tabla la profundidad explorada en los sondeos :

| <b>Sondeo Mixto<br/>No</b> | <b>Prof. Máxima<br/>Alcanzada en m</b> |
|----------------------------|--|
| <b>SM1</b>                 | <b>- 18.50</b>                         |
| <b>SM2</b>                 | <b>- 22.25</b>                         |
| <b>SM3</b>                 | <b>- 20.55</b>                         |
| <b>SM4</b>                 | <b>- 17.70</b>                         |
| <b>SM5</b>                 | <b>- 20.65</b>                         |

Tabla 2. Profundidad de los Sondeos.

La exploración se llevó a cabo mediante la ejecución de los sondeos mixtos a diferentes profundidades, llevándose a cabo el muestreo inalterado, mediante tubos de pared delgada tipo Shelby de 4"  $\phi$  de diámetro, lincados mediante presión hidráulica para suelos blandos, y Tubo Denisson o modificado, para suelos duros, por rotación proporcionada por la perforadora; además, se efectuó la prueba de penetración estándar que consiste en utilizar un muestreador de media caña de 2"  $\phi$  de diámetro y 60 cm de longitud, mismo que se hinca en el terreno mediante la energía que proporciona un martinete de 65 kg, se deja caer a una altura de 75 cm, al contar el número de golpes necesarios para que el muestreador penetre 30 cm, es posible conocer la compacidad de los suelos penetrados, así como recuperar muestras alteradas, al mismo tiempo que es ejecutada dicha prueba.

#### 4.3 ENSAYES DE LABORATORIO.

En las muestras representativas del suelo, en los sondeos ejecutados, se efectuaron los siguientes ensayos de laboratorio:

- a) Clasificación manual y visual de los materiales hallados, determinando su propiedades índice, esto es: contenido de agua natural en cada estrato, límites de consistencia de Atterberg, análisis granulométrico, densidad de sólidos y resistencia al penetrómetro de laboratorio. Estas pruebas se realizaron para la clasificación S.U.C.S. (Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos). Las propiedades índice obtenidas en las pruebas correspondientes, se consignan en los perfiles estratigráficos de las figs. 27 a 31.
- b) Las propiedades mecánicas de resistencia al esfuerzo cortante de los materiales muestreados en forma inalterada, se determinaron mediante la ejecución de ensayos de compresión triaxial, para materiales en estado saturado, que es la condición más crítica a que pueden verse sujetos. En las fig. No. 32 a 36, se presentan los resultados promedios obtenidos en las pruebas de compresión triaxial, para determinar los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante en los materiales del subsuelo, esto es: " $\phi$ " ángulo de fricción interna y "c" cohesión.
- c) Las curvas de compresibilidad, obtenidas en pruebas de consolidación, se presentan en las fig. 37 y 38.
- d) Los valores de deformación unitaria elastoplástico " $M_{ep}$ ", y los de la relación " $\chi$ " entre las deformaciones unitarias plasto-viscosa y elastoplástica, obtenidos en las pruebas "esfuerzo deformación unitaria", realizados en la cámara triaxial en materiales limo arenosos, en estado saturado, se reportan en las gráficas en la fig. 39.

#### 4.4 CONDICIONES ESTRATIGRAFICAS.

De las observaciones de campo y análisis de laboratorio efectuados en las muestras obtenidas en los sondeos, se determinaron los perfiles estratigráficos que se presentan en las Fig. 27 a 31 en donde aparecen las propiedades índice determinadas, esto es: clasificación manual y visual de los materiales, clasificaciones S.U.C.S., contenido natural de agua, composición granulométrica, densidad de sólidos, tanto en muestras alteradas como e inalteradas; además de la resistencia a la penetración en los suelos donde se realizó ésta prueba. Estos datos sirvieron para determinar con precisión la estratigrafía del subsuelo en los sondeos efectuados; como puede observarse en los perfiles, **la estratigrafía en general es muy errática**. En forma general, la estratigrafía en este predio, se describe a continuación:

1. En la parte superficial se encontró materiales de rellenos, con espesores estimados de 9.0 m, compuesto de arena gruesa, de color gris, con gravas hasta 1" de diámetro en estado suelto, con mucha materia orgánica.
1. Entre 9.00 y 15.00 m, se detectó una serie de depósitos de limos arcillosos poco arenoso; arcilla poco limosa, en colores café claro a oscuro y gris oscuro, con algunas gravillas y gravas, de consistencia blanda a semi-rígida, intercaladas por algunas lentes de arena fina.
2. De 15.00 a 22.00 m de profundidad, se encuentra un estrato compuesto por arena fina a gruesa, de color gris claro a oscuro, con algunas gravas y gravillas hasta de 1" de diámetro en estado que va de compacto a muy compacto.
3. De 22.00 a 26.50 m de profundidad que fue la máxima investigada, aparece un estrato constituido por un limo poco arenoso y poco arcilloso, color café claro con gravillas, estado compacto, con contenidos de agua que varían del orden del 20 al 40% y resistencia a la penetración hasta de 50 golpes.

Debido a la errática que presenta en el terreno de estudio, se definió tres estratigrafías tipo representativas correspondientes al área de influencia de los sondeos SM2, SM4 y SM5, las cuales servirán de referencia para sustentar el análisis de cálculo, ver cortes estratigráficos Fig. 40 a 42. En la figura anexa a los cortes estratigráficos, se presenta las curvas del nivel del manto resistente de acuerdo a la información de los sondeos mixtos.

En los sondeos mixtos directos efectuados dentro del predio en estudio no se detectó la existencia nivel de aguas superficiales.

Se consideró el nivel medio 0.00, en la banqueta (sobre la Av. Prolong Paseo de la Reforma).

**FIGURAS**



Fig. 20 Fotogrametría Año 1963



Fig. 20 Fotogrametría Año 1975



Fig. 20 Fotoaeretría Año 1982



Fig. 20 Fotogrametría Año 1987

SECCION ISORRESISTIVA No. 1

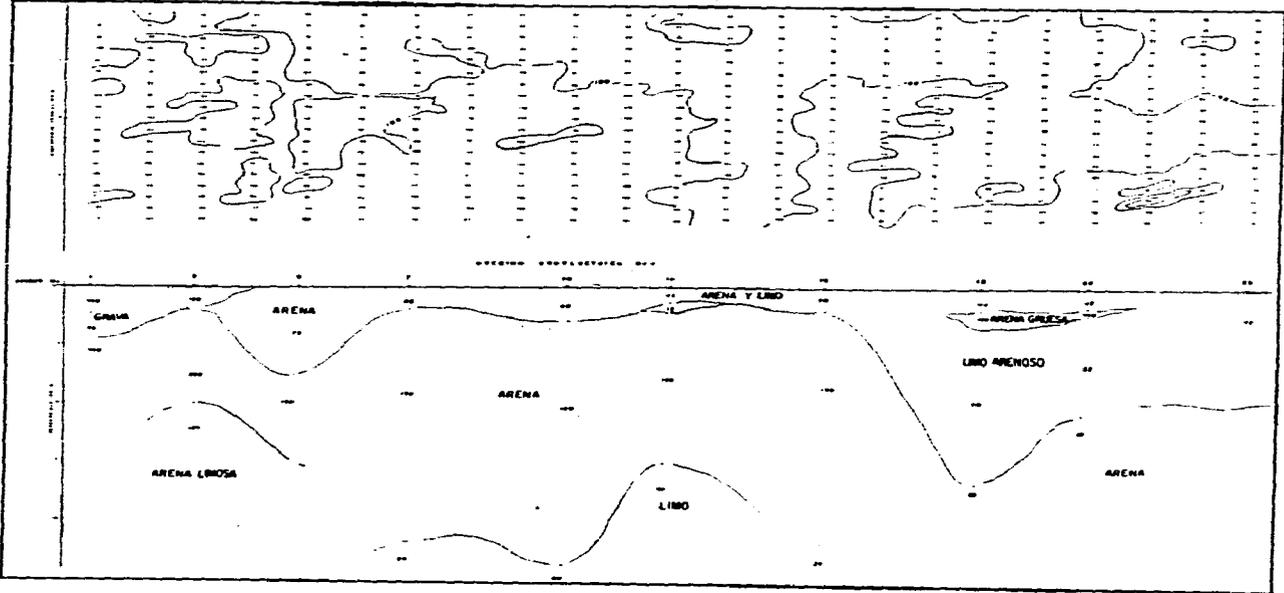


Fig. 21

SECCION ISORRESISTIVA No. 2

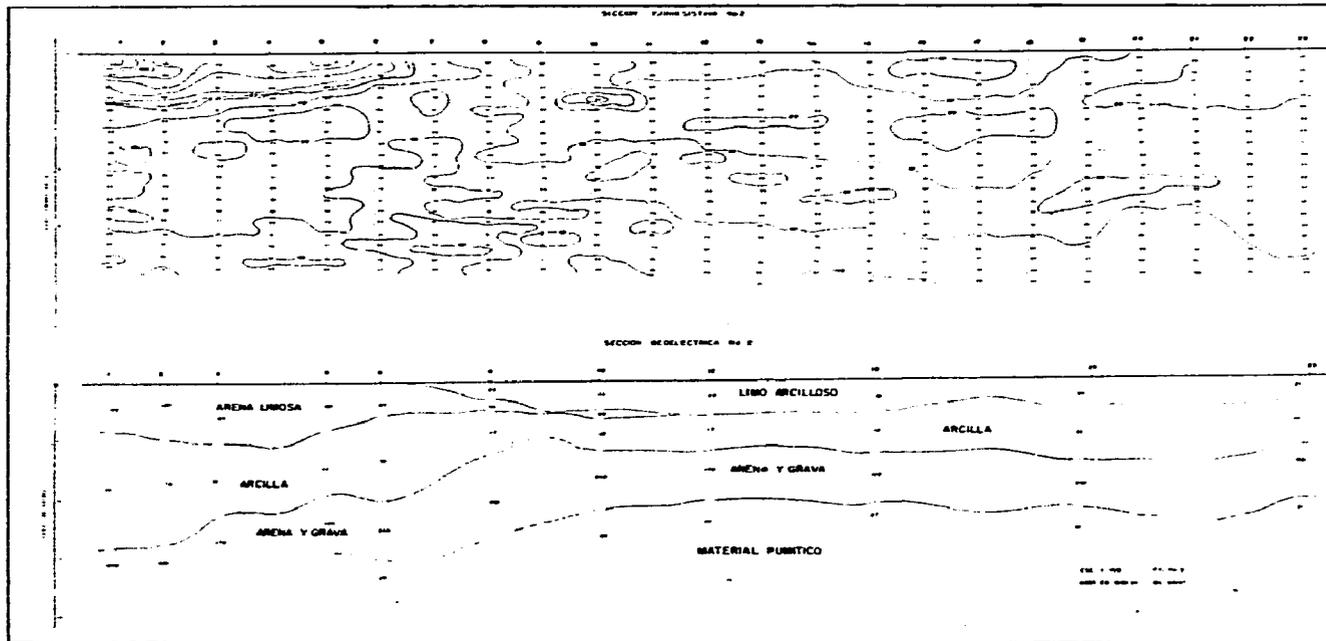


Fig. 22

SECCION ISORRESISTIVA No. 3

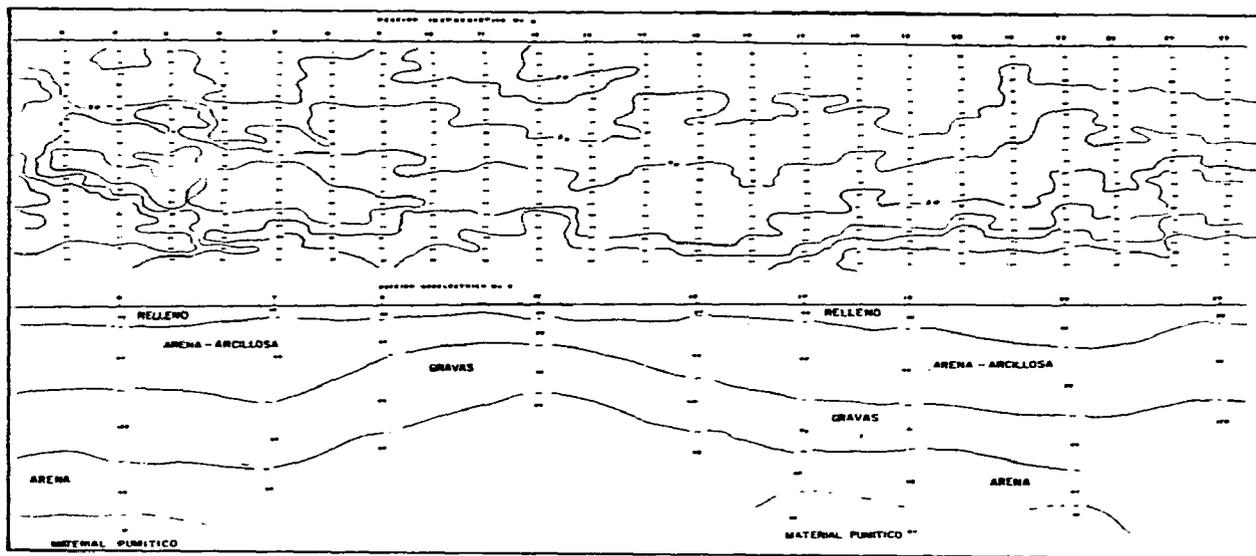


Fig. 23

SECCION ISORRESISTIVA No. 4

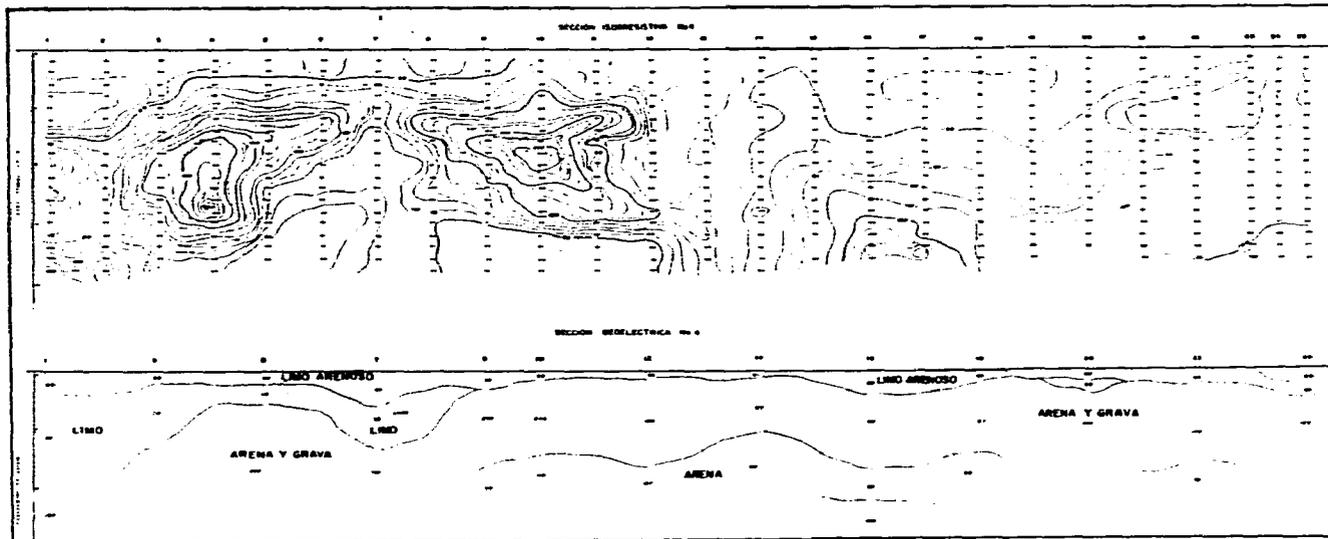


Fig. 24

SONDEOS DISPOSITIVO  
' SCHLUMBERGER '

SCH - 1

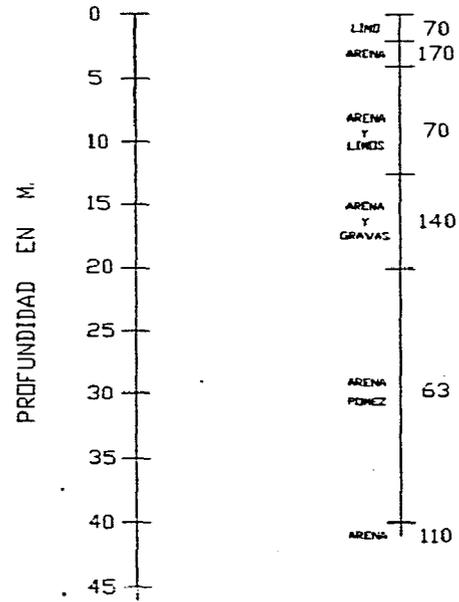


Fig. 25

SCH - 2

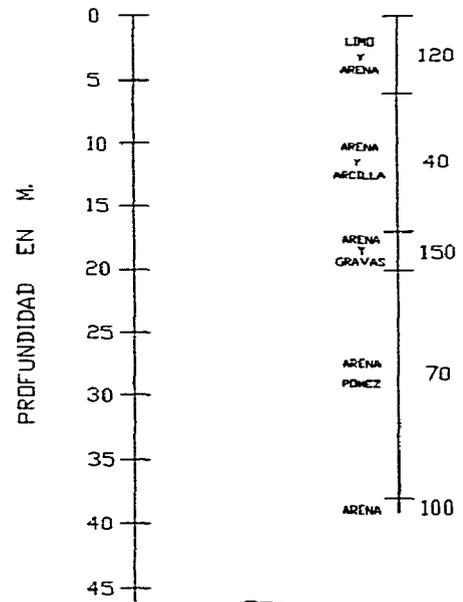


Fig. 26

NOTA:  
ACOTACION EN D.M.M.

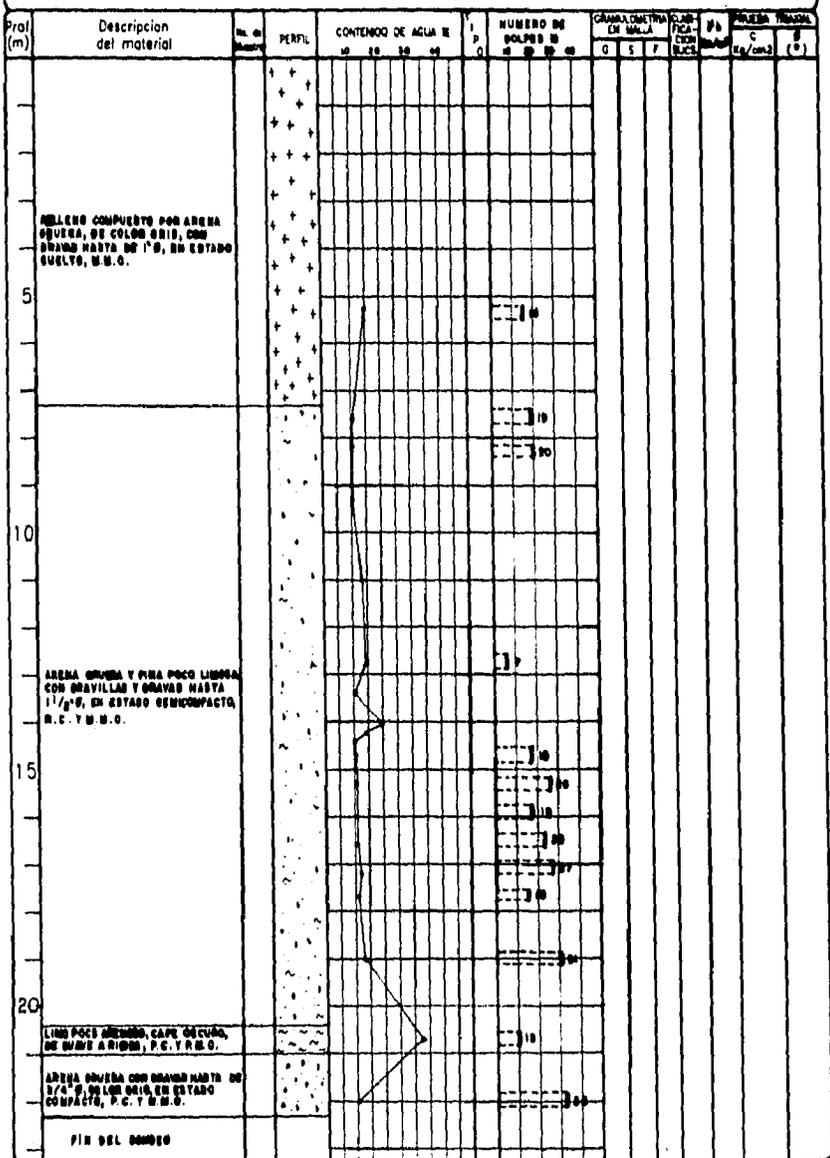
**PROYECTO CORPORATIVO SERFIN**      **SONDEO SM-1**      **CADENAMIENTO**  
**LOCALIZACION SANTA FE.**      **PROF. EXPLORADA 18.50m.**

| Prof. (m) | Descripcion del material  | No. de muestra | PERFIL | CONTENIDO DE AGUA % |    |    |    | NUMERO DE GOLPES N |    |    |    | GRANULOMETRIA EN MALLA |      |      | CLASIFICACION SLCS | ρ <sub>s</sub> g/cm <sup>3</sup> | PRUEBA TRIAXIAL |      |
|-----------|---|----------------|--------|---------------------|----|----|----|--------------------|----|----|----|------------------------|------|------|--------------------|----------------------------------|-----------------|------|
|           |   |                |        | 10                  | 40 | 60 | 80 | 10                 | 20 | 30 | 40 | D                      | S    | F    |                    |                                  | C               | σ    |
|           | LIMO ARELLOSO POCO ARENOSO, CAPE CLARO A OSCURO, EN ESTADO MUY COMPACTO, P.C. Y M.M.O.                            |                |        |                     |    |    |    | 10                 |    |    |    |                        |      |      |                    |                                  |                 |      |
|           | ARENA FINA POCO LIMOSA, M.C. Y P.M.O.   |                |        |                     |    |    |    |                    |    |    |    |                        |      |      |                    |                                  |                 |      |
|           | ARCILLA POCO ARENOSA, CAPE CLARO, SAUVE, P.C. Y M.M.O.  |                |        |                     |    |    |    | 10                 |    |    |    |                        |      |      |                    |                                  |                 |      |
| 5         |   |                |        |                     |    |    |    |                    |    |    |    | 0.0                    | 37.7 | 62.3 |                    |                                  |                 |      |
|           |   |                |        |                     |    |    |    |                    |    |    |    |                        |      |      |                    |                                  |                 |      |
|           | ARENA GRUESA Y MEDIA, COLOR GRIS, CON BRAVAS HASTA 1/8, MUY COMPACTA, M.C. Y M.M.O.                               |                |        |                     |    |    |    |                    |    |    |    |                        |      |      |                    |                                  | 0.41            | 42.2 |
| 10        |   |                |        |                     |    |    |    |                    |    |    |    |                        |      |      |                    |                                  |                 |      |
|           |   |                |        |                     |    |    |    |                    |    |    |    |                        |      |      |                    |                                  |                 |      |
|           | ARENA POMEZ Y LIMO ARENOSO, CAPE CLARO, GRIS CLARO Y BLANCO, EN ESTADO MUY COMPACTO, CON BRAVILLAS, P.C. Y M.M.O. |                |        |                     |    |    |    |                    |    |    |    |                        |      |      |                    |                                  | 0.58            | 48.0 |
| 15        |   |                |        |                     |    |    |    |                    |    |    |    |                        |      |      |                    |                                  |                 |      |
|           |   |                |        |                     |    |    |    |                    |    |    |    |                        |      |      |                    |                                  |                 |      |
|           | ARENA GRUESA C/BRAVAS, COLOR GRIS, EN ESTADO MUY COMPACTO.  |                |        |                     |    |    |    |                    |    |    |    |                        |      |      |                    |                                  |                 |      |
|           | FIN DEL SONDEO  |                |        |                     |    |    |    |                    |    |    |    |                        |      |      |                    |                                  |                 |      |
| 20        | N.A.P. (NO SE DETECTO).   |                |        |                     |    |    |    |                    |    |    |    |                        |      |      |                    |                                  |                 |      |

- |  |         |  |                  |    |                                      |
|--|---------|--|------------------|----|--------------------------------------|
|  | ARCILLA |  | VIDRIO VOLCANICO | Δ  | - LIMITE LIQUIDO L                   |
|  | LIMO    |  | RELLENOS         | Δ  | - LIMITE PLASTICO P                  |
|  | ARENA   |  | GRAVA            | Δ  | - W.M.E. DE AGUAS FRIAS              |
|  | AZOLVE  |  | BASALTO          | Δ  | - MUESTRA CUBICA                     |
|  |         |  |                  | G  | - GRAVA #                            |
|  |         |  |                  | S  | - ARENA #                            |
|  |         |  |                  | O  | - PUNZO #                            |
|  |         |  |                  | C  | - COHESION                           |
|  |         |  |                  | 0  | - ANGULO DE FRICCION INTERNO         |
|  |         |  |                  | SM | - RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE |
|  |         |  |                  | Pc | - CARGA DE PRECONSOLIDACION          |

FIG. 27

PROYECTO CORPORATIVO SERFIN SONDEO SM-2 CADENAMIENTO  
 LOCALIZACION SANTA FE. PROF. EXPLORADA 22.30m.

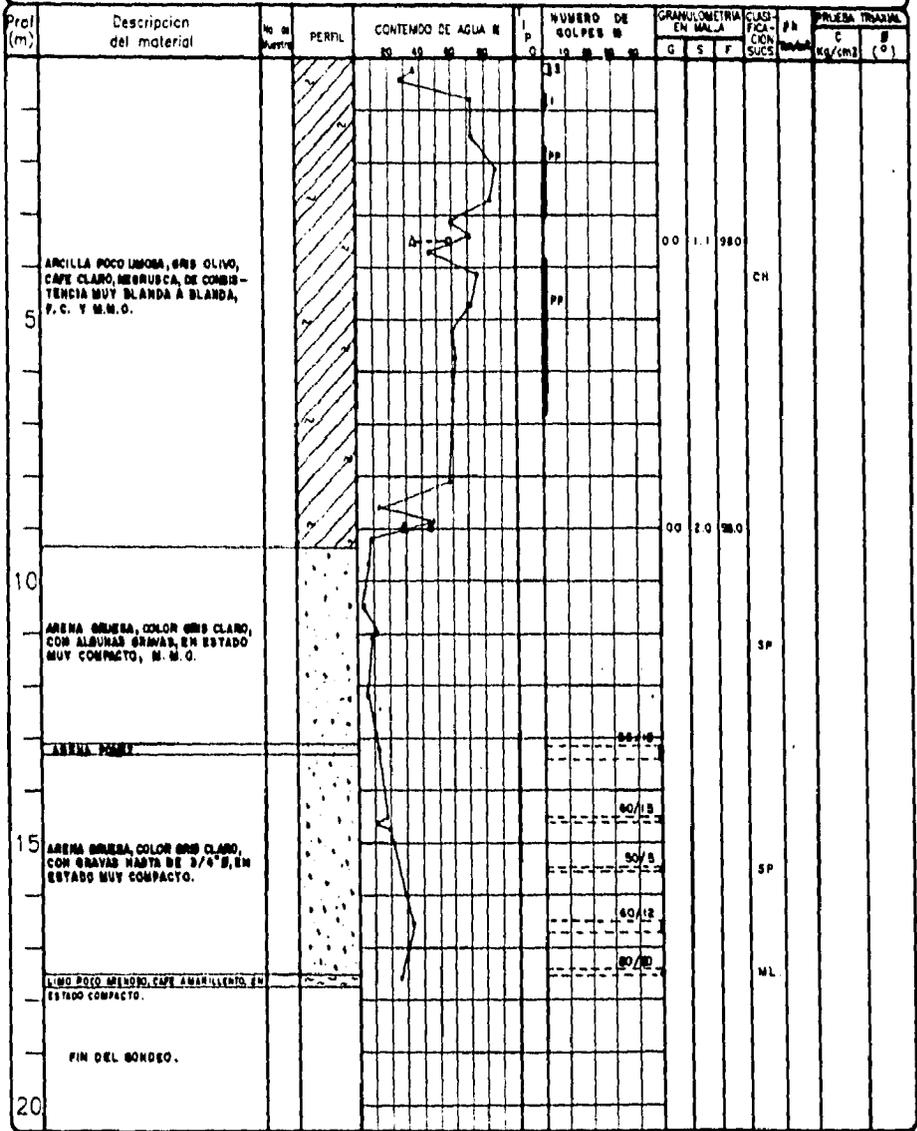


- ARCILLA
- LIMO
- ARENA
- AZOLVE
- VIDRIO VOLCANICO
- RELLENDS
- GRAVA
- BASALTO
- Δ - LIMITE LIQUIDO
- Δ - LIMITE PLASTICO
- Δ - NIVEL DE AGUAS FREATAS
- Δ - MUESTRA CLASIF.
- C - GRAVILLO
- S - ARENA
- D - FINES
- C - ZONES
- O - ANGULO DE FRICCION INTERNO
- σ<sub>v</sub> - RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE
- σ<sub>v</sub> - CARGA DE PRECONSOLIDACION

FIG. 20



**PROYECTO CORPORATIVO SERFIN**      **SONDEO SM-4**      **CADENAMIENTO**  
**LOCALIZACION SANTA FE.**      **PROF. EXPLORADA 17.70m.**



|         |                  |                                      |
|---------|------------------|--------------------------------------|
| ARCILLA | VIDRIO VOLCANICO | - LIMITE LIQUIDO %                   |
| LIMO    | RELLENOS         | - LIMITE PLASTICO %                  |
| ARENA   | GRAVA            | - NIVEL DE AGUAS FREAS               |
| AZOLVE  | BASALTO          | - MUESTRA CUBICA                     |
|         |                  | - GRAVA %                            |
|         |                  | - ARENA %                            |
|         |                  | - FRICSI %                           |
|         |                  | - COEFESON                           |
|         |                  | - ANGULO DE FRICCION INTERNO         |
|         |                  | - RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE |
|         |                  | - CAPA DE PRECONSOLIDACION           |

FIG. 30



|               |   |         |      |             |               |
|---------------|---|---------|------|-------------|---------------|
| PROYECTO      | ESTUDIO DE LA CIMENTACION DE UN EDIFICIO UBICADO EN LA AV REFORMA S/N   |         |      |             |               |
| SONDEO :      | SM-1  | MUESTRA | M8-2 | PROFUNDIDAD | 4.80 a 5.10 m |
| CLASIFICACION | Arena gruesa y media fina, con gravas hasta de 1" de diámetro, compacta |         |      |             |               |

| PROBETA No. | wl %  | wf %  | Sp | ei   | ef   | GI %  | Gf % | yh Kg/cm <sup>2</sup> | $\sigma_3$ Kg/cm <sup>2</sup> | $\sigma_1$ Kg/cm <sup>2</sup> |
|-------------|-------|-------|----|------|------|-------|------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1           |       |       |    |      |      |       |      |                       | 0.50                          | 4.59                          |
| 2           |       |       |    |      |      |       |      |                       | 1.00                          | 7.40                          |
| 3           |       |       |    |      |      |       |      |                       | 1.50                          | 10.30                         |
| 4           |       |       |    |      |      |       |      |                       | 2.00                          | 12.41                         |
|             | 11.70 | 10.20 |    | 2.57 | 0.61 | 27.23 | 100  | 1.673                 |                               |                               |

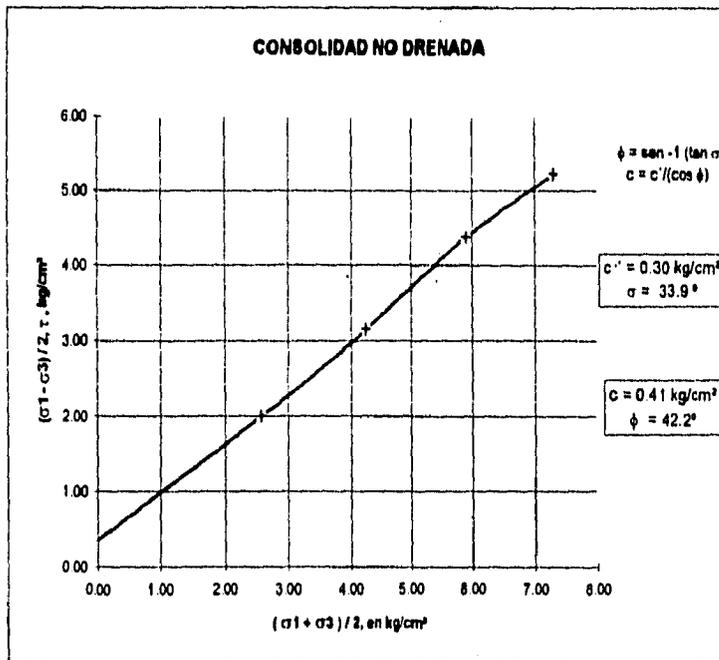


Fig32 Ensaye de Compresión Triaxial

|               |   |         |       |             |                 |
|---------------|---|---------|-------|-------------|-----------------|
| PROYECTO      | ESTUDIO DE LA CIMENTACION DE UN EDIFICIO UBICADO EN LA AV REFORMA S/N |         |       |             |                 |
| SONDEO :      | SM-1  | MUESTRA | M17-2 | PROFUNDIDAD | 12.80 a 12.98 m |
| CLASIFICACION | Arena media y gruesa pumflica   |         |       |             |                 |

| PROBETA No. | wl % | wf % | Su   | ei   | ef   | GI % | LI % | yh Kg/cm <sup>2</sup> | $\sigma_3$ Kg/cm <sup>2</sup> | $\sigma_1$ Kg/cm <sup>2</sup> |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1           |      |      |      |      |      |      |      |                       | 0.50                          | 9.90                          |
| 2           |      |      |      |      |      |      |      |                       | 1.00                          | 13.00                         |
| 3           |      |      |      |      |      |      |      |                       | 1.50                          | 17.00                         |
| 4           |      |      |      |      |      |      |      |                       | 2.00                          | 18.80                         |
|             | 64.3 | 60.6 | 2.71 | 2.22 | 1.64 | 66.3 | 100  | 1.301                 |                               |                               |

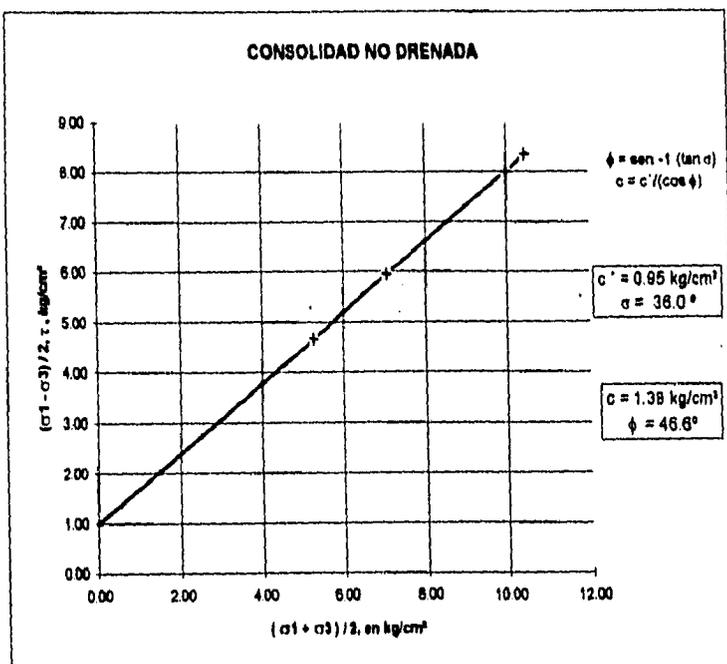


Fig33 Ensayo de Compresión Triaxial

|               |   |         |       |             |                 |
|---------------|---|---------|-------|-------------|-----------------|
| PROYECTO      | ESTUDIO DE LA CIMENTACION DE UN EDIFICIO UBICADO EN LA AV REFORMA S/N |         |       |             |                 |
| SONDEO :      | SM-1  | MUESTRA | M2D-1 | PROFUNDIDAD | 14.35 - 14.78 m |
| CLASIFICACION | Arena fina poco limosa  |         |       |             |                 |

| PROBETA No. | wl %  | wf % | S <sub>a</sub> | e <sub>l</sub> | e <sub>f</sub> | GI % | GI %  | γ <sub>h</sub> Kg/cm <sup>3</sup> | σ <sub>3</sub> Kg/cm <sup>2</sup> | σ <sub>1</sub> Kg/cm <sup>2</sup> |
|-------------|-------|------|----------------|----------------|----------------|------|-------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1           |       |      |                |                |                |      |       |                                   | 0.50                              | 3.24                              |
| 2           |       |      |                |                |                |      |       |                                   | 1.00                              | 4.66                              |
| 3           |       |      |                |                |                |      |       |                                   | 1.50                              | 6.44                              |
| 4           |       |      |                |                |                |      |       |                                   | 2.00                              | 8.76                              |
|             | 22.05 | 22.6 | 2.72           | 0.72           | 0.62           | 83.3 | 99.15 | 1.932                             |                                   |                                   |

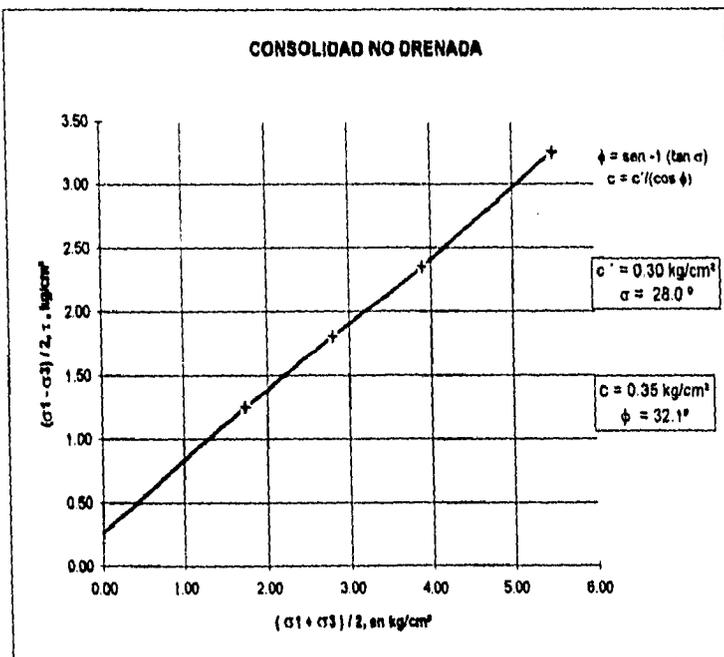


Fig.34 Ensayo de Compresión Triaxial

PROYECTO: ESTUDIO DE LA CIMENTACION DE UN EDIFICIO UBICADO EN LA AV REFORMA SN  
 SONDEO: SM-3 MUESTRA M10-2 PROFUNDIDAD 12.15 a 12.30 m  
 CLASIFICACION: Arena fina poco limosa

| PROBETA No. | wl % | wf % | Sp   | el   | ef   | GI % | Gf % | γh Kg/cm³ | σ3 Kg/cm² | σ1 Kg/cm² |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|-----------|-----------|-----------|
| 1           |      |      |      |      |      |      |      |           | 0.50      | 2.75      |
| 2           |      |      |      |      |      |      |      |           | 1.00      | 5.40      |
| 3           |      |      |      |      |      |      |      |           | 1.50      | 8.00      |
| 4           |      |      |      |      |      |      |      |           | 2.00      | 11.65     |
|             | 28.1 | 27.1 | 2.74 | 0.67 | 0.74 | 88.5 | 100  | 1.878     |           |           |

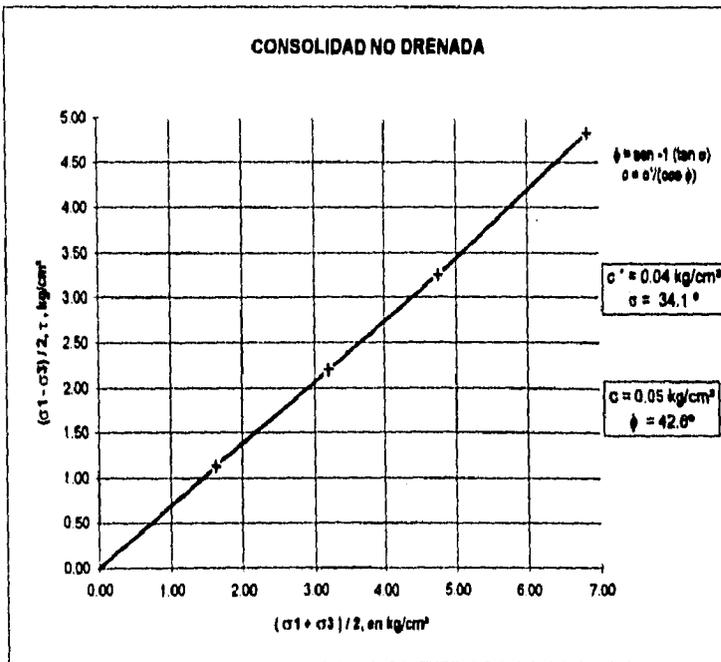


Fig35 Ensaye de Compresión Triaxial

|               |  |         |       |             |               |
|---------------|--|---------|-------|-------------|---------------|
| PROYECTO      | ESTUDIO DE LA CIMENTACION DE UN EDIFICIO UBICADO EN LA AV REFORMA S/N          |         |       |             |               |
| SONDEO :      | SM-4   | MUESTRA | M13-3 | PROFUNDIDAD | 9.10 a 9.30 m |
| CLASIFICACION | Arcilla poco limosa, cafe con manchas, gris oscuro, con una veta de arena fina |         |       |             |               |

| PROBETA No. | wl % | wf % | Ss   | el   | ef   | Gl % | Gf % | Yh Kg/cm <sup>3</sup> | $\sigma_3$ Kg/cm <sup>2</sup> | $\sigma_1$ Kg/cm <sup>2</sup> |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1           |      |      |      |      |      |      |      |                       | 0.50                          | 1.45                          |
| 2           |      |      |      |      |      |      |      |                       | 1.00                          | 2.10                          |
| 3           |      |      |      |      |      |      |      |                       | 1.50                          | 3.16                          |
| 4           |      |      |      |      |      |      |      |                       | 2.00                          | 4.12                          |
|             | 45.1 | 39.3 | 2.54 | 1.20 | 0.09 | 88.7 | 100  | 1.643                 |                               |                               |

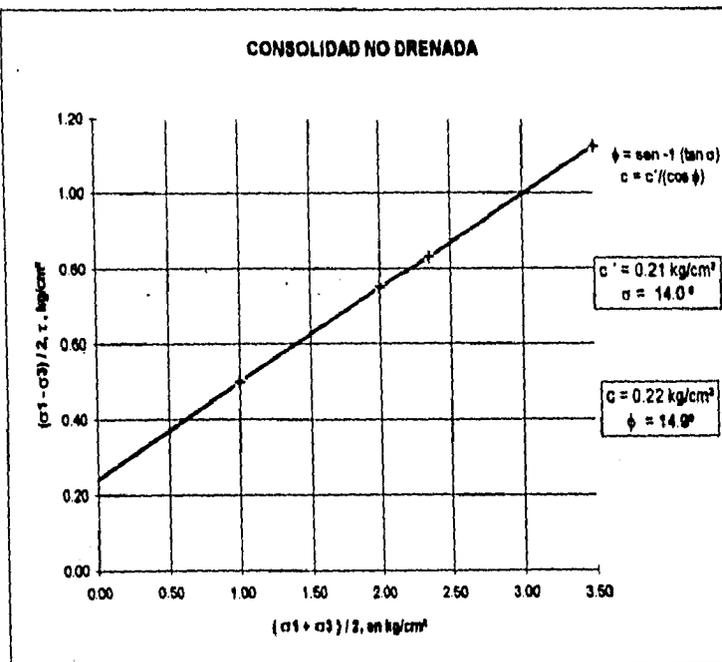


Fig36 Ensayo de Compresión Triaxial

CURVA DE COMPRESIBILIDAD

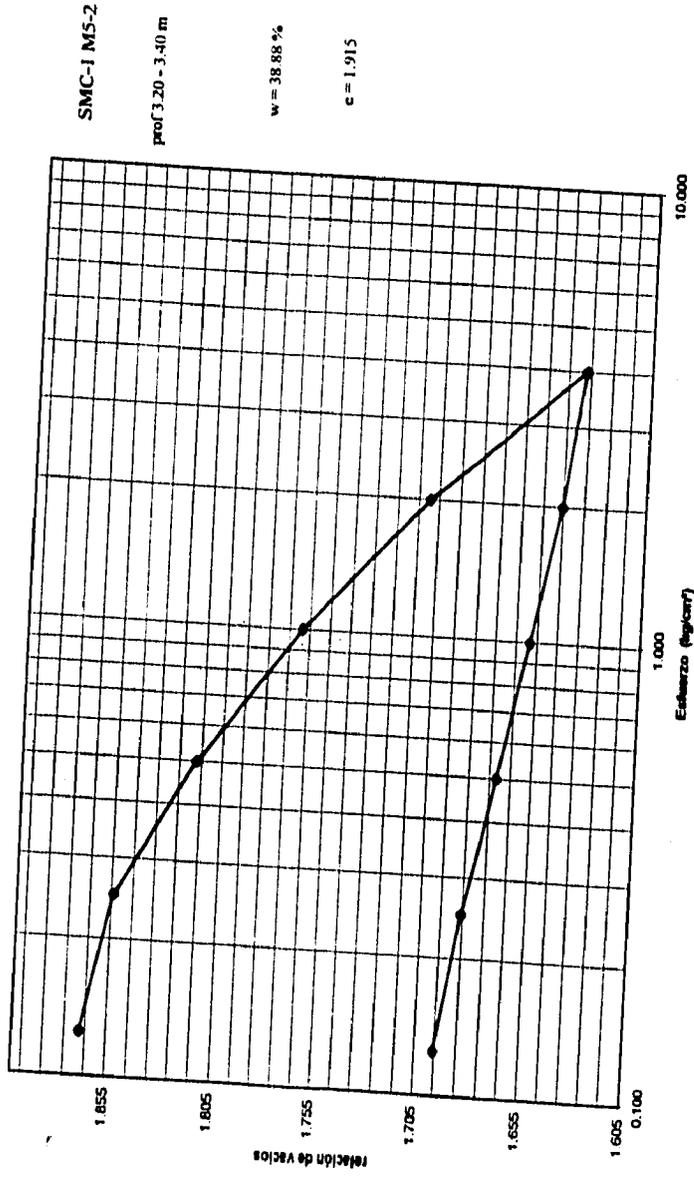


Fig. 37 Ensaye de Consolidación Unidimensional

CURVA DE COMPRESIBILIDAD

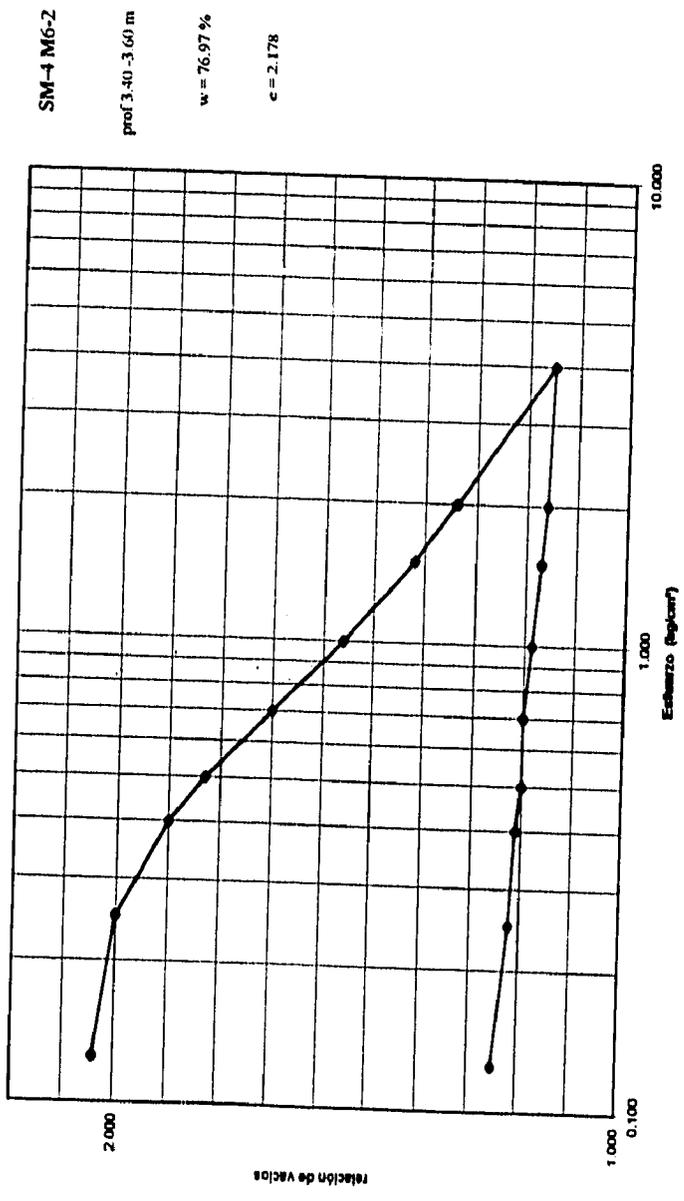


Fig-36a Ensaye de Consolidación Unidimensional

CURVA DE COMPRESIBILIDAD

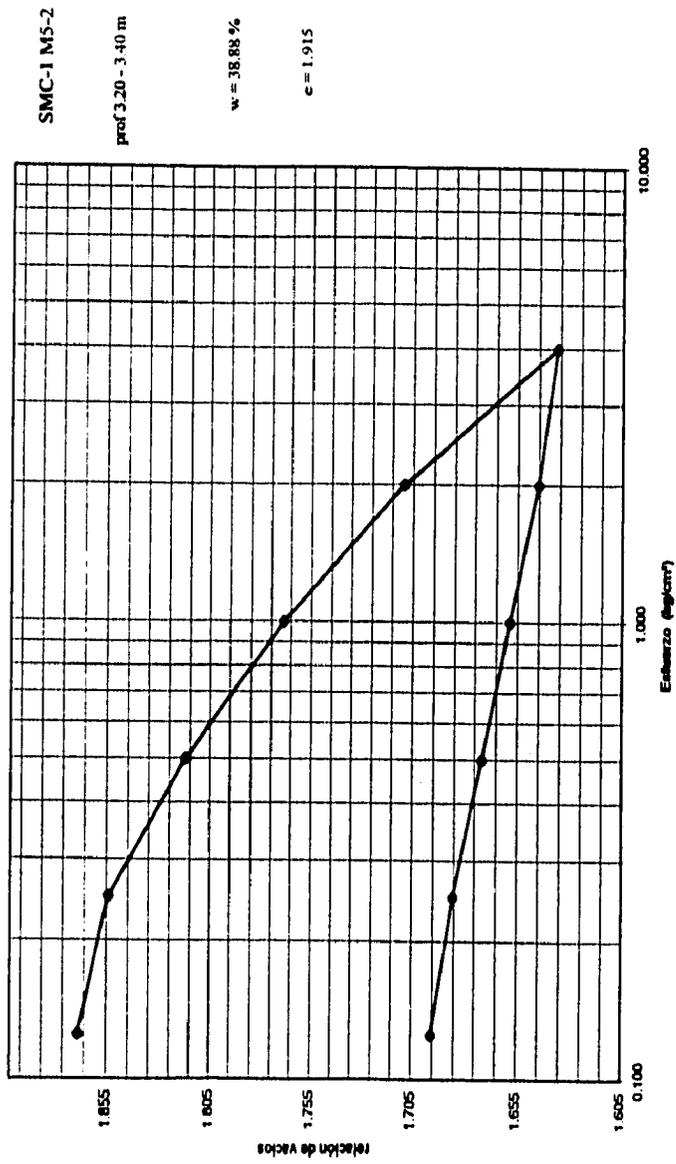


Fig. 37 Ensaye de Consolidación Unidimensional

**CURVA DE COMPRESIBILIDAD**

SM-4 M3-2

prof 8.90-9.10 m

w = 57.62 %

e = 1.558

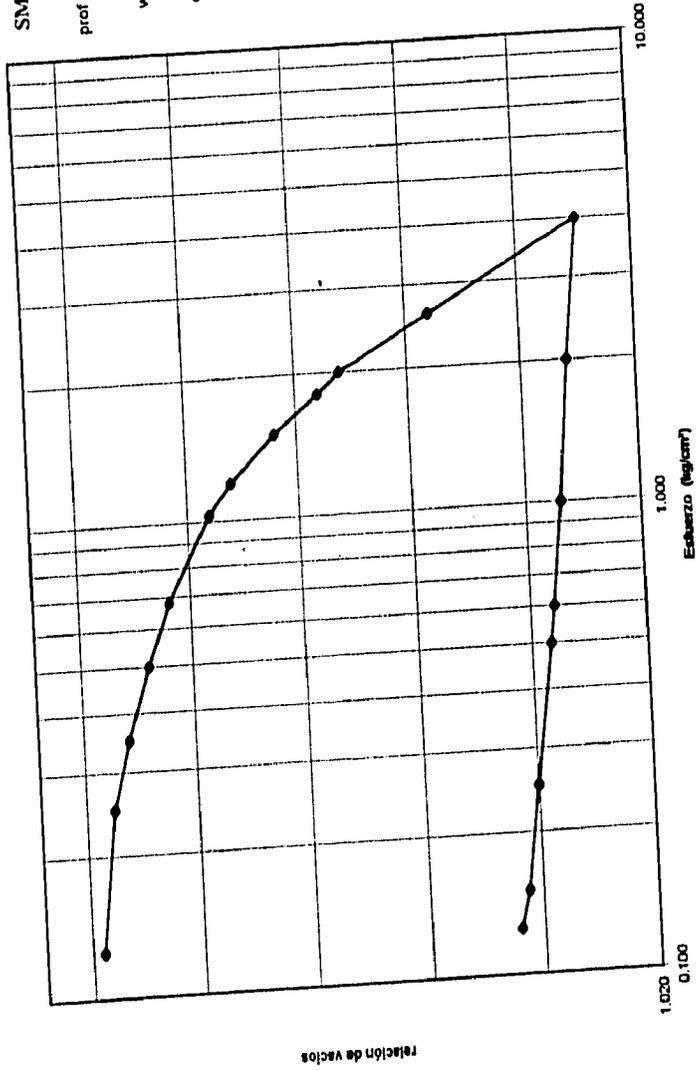


Fig. 38 Ensaye de Consolidación Unidimensional

CURVA DE COMPRESIBILIDAD

SM-4 M3-2

prof 8.90-8.10 m

w = 57.62 %

e = 1.558

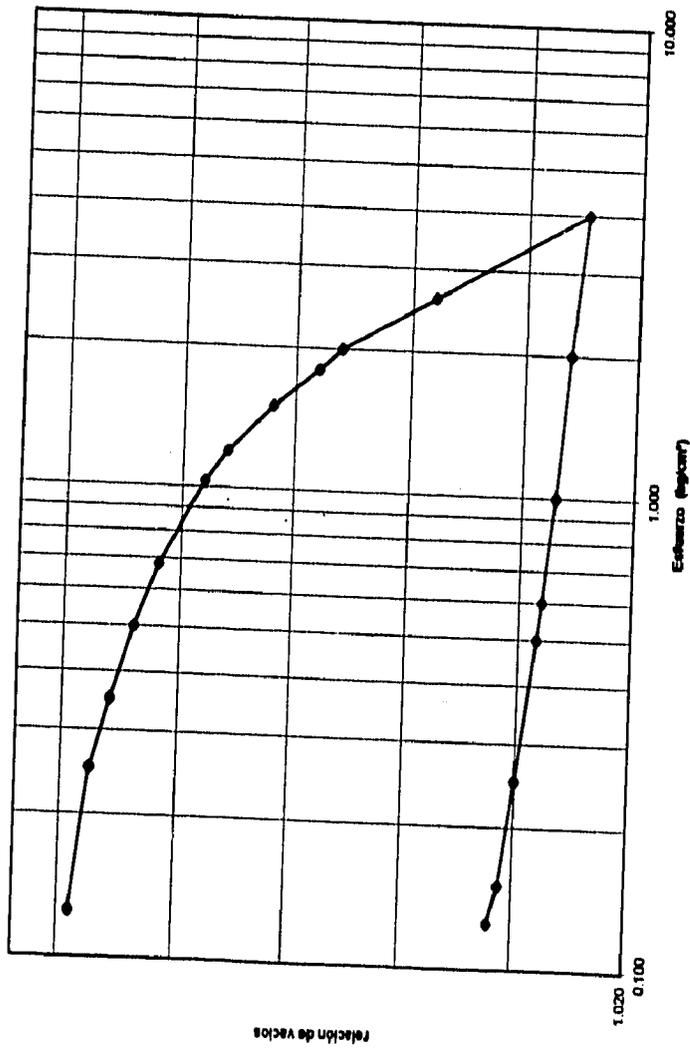
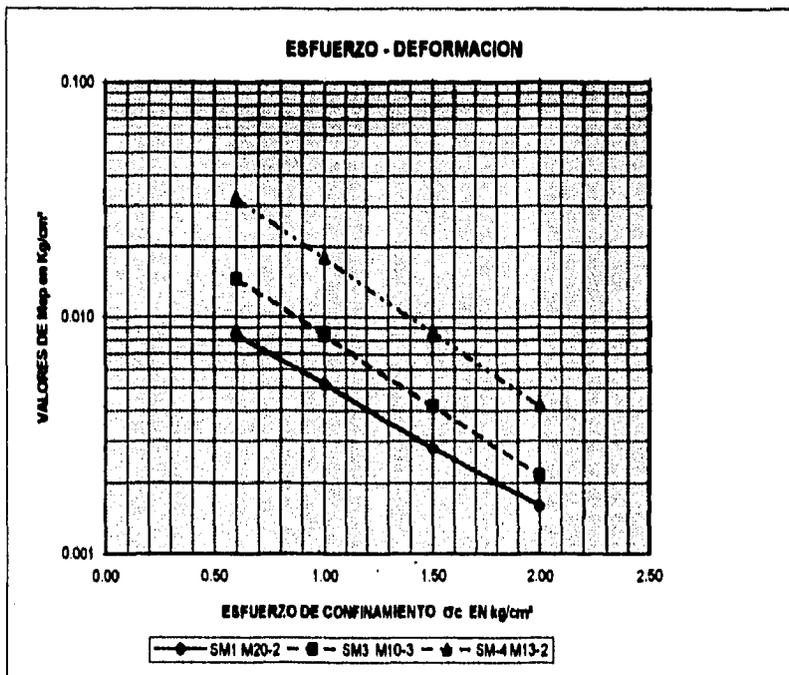
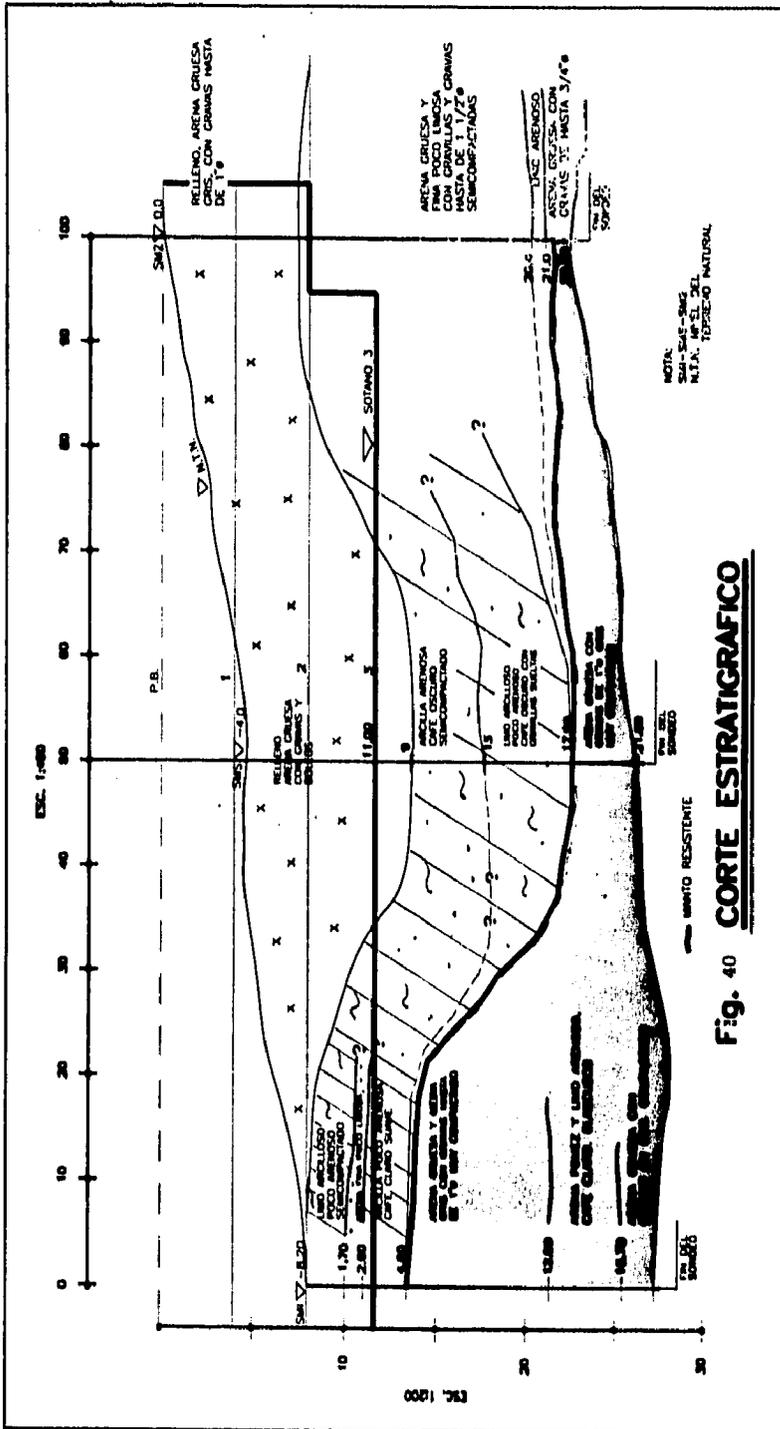


Fig. 38b Ensayo de Consolidación Unidimensional



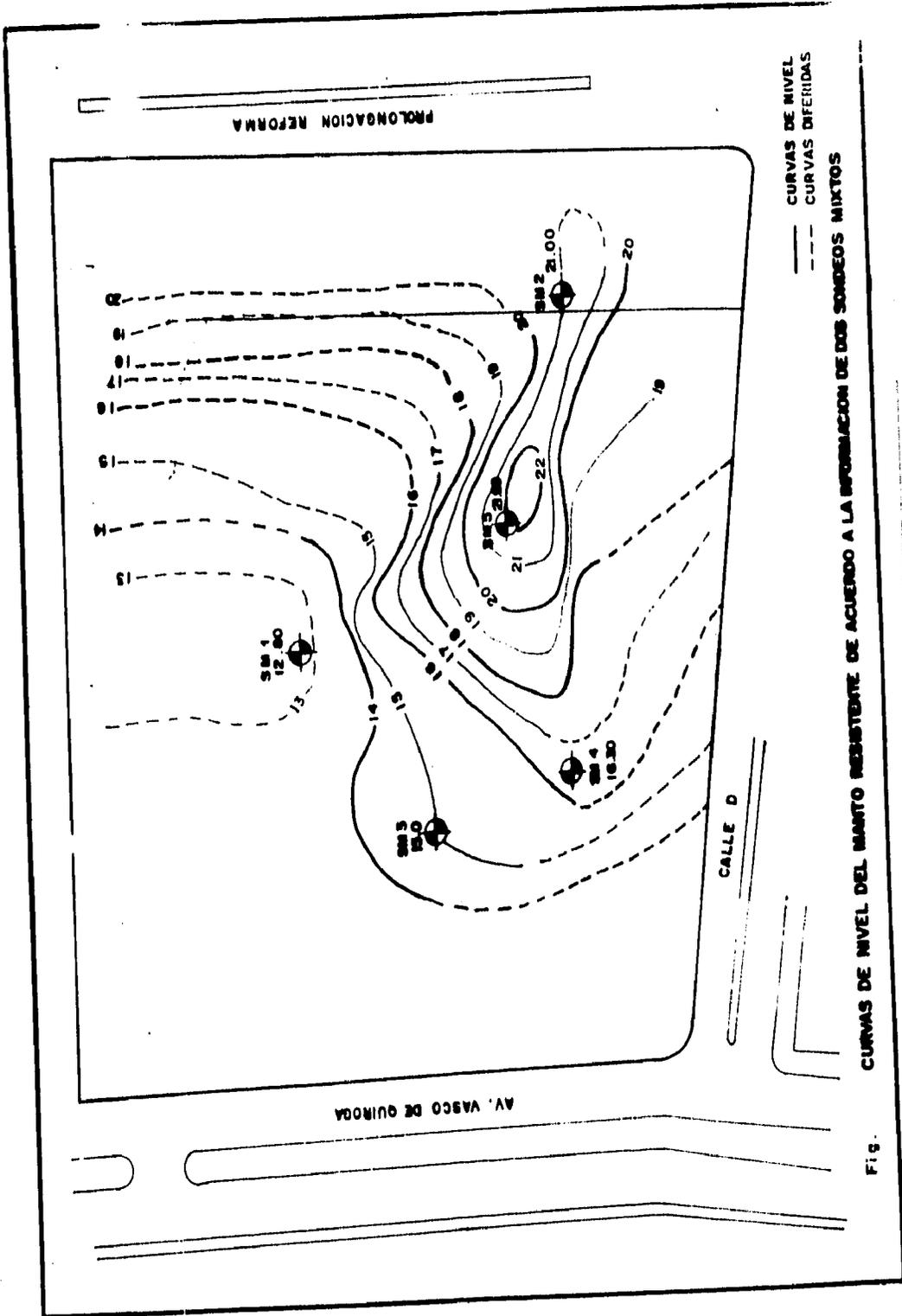
| SONDEO                        | SM1 M20-2   | SM-3 M10-3             | SM4 M13-2                |
|-------------------------------|---|------------------------|--------------------------|
| PROFUNDIDAD                   | 14.75 - 14.90   | 12.30 - 12.50          | 8.90 - 9.10              |
| CLASIFICACION                 | Limo arenoso poco arcilloso<br>cafe claro amarillento | Arena fina limosa gris | Arcilla poco limosa gris |
| $\gamma_h$ Ton/m <sup>3</sup> | 1.828   | 1.838                  | 1.849                    |
| w %                           | 22.00   | 34.30                  | 58.60                    |
| $\lambda$                     | 0.28 - 0.38   | 0.34 - 0.71            | 0.56 - 1.23              |

Fig. 39









**CAPITULO 5.**  
**ALTERNATIVAS DE CIMENTACION.**

## **5. ALTERNATIVAS DE CIMENTACIÓN.**

En este capítulo se describirá los análisis de cimentación realizados los cuales se basan en la información obtenida en los capítulos anteriores, así como la investigación de campo; se define el tipo de cimentación idónea para su uso en la re-edificación, indicando el orden de magnitud de la presión de reacción admisible y los hundimientos probables de la cimentación adoptada que se inducirá en el subsuelo.

### **5.1 TIPO DE CIMENTACIÓN RECOMENDABLE.**

Por todo lo anterior, se puede establecer que la zona de estudio, fue explotada a cielo abierto para la obtención de agregados de concreto, grava y arena andesítica. Y debido a que no todo el material extraído era aprovechable y para tener accesos se acomodaba el material sin control de compactación incluyendo piedras grandes y boleas, así como cascajo y basura, que en algunas áreas incluyó residuos de concreto provenientes de demoliciones después del sismo de 1985.

Al urbanizarse la zona se niveló; dando el aspecto resultante, de terreno plano. Y debido a esta heterogeneidad, complementados con los resultados obtenidos en la exploración de campo; y resultados de las propiedades físicas y mecánicas determinadas en el laboratorio. La zona de estudio presenta un suelo muy estratificado (errático), definiendo 3 estratigrafías tipo representativas correspondientes al área de influencia de los sondeos SM2, SM4 y SM5, los cuales servirán de referencia para sustentar el análisis de cálculo (ver cortes estratigráficos) Fig. 43 a 45.

Y considerando el proyecto arquitectónico de la edificación, que consistió en 5 niveles superiores y 3 sótanos desplantados a diferentes profundidades (ver planos arquitectónicos); el edificio se resolvió estructuralmente con marcos de concreto y losa precoladas doble "T".

Por todo lo anterior, la solución a base de cimentación superficial se descartaría por lo siguiente:

- La estructura es compleja, porque está desplantada a diferentes niveles y se aunan la presencia de materiales de rellenos con espesores variables y su heterogeneidad, varía a pocos metros de distancia y podría presentarse hundimientos diferenciales importantes.

Concluyendo, la mejor alternativa de cimentación, es mediante pilas de concreto, de sección circular, coladas "in-situ", con ampliación en la base (con campana).

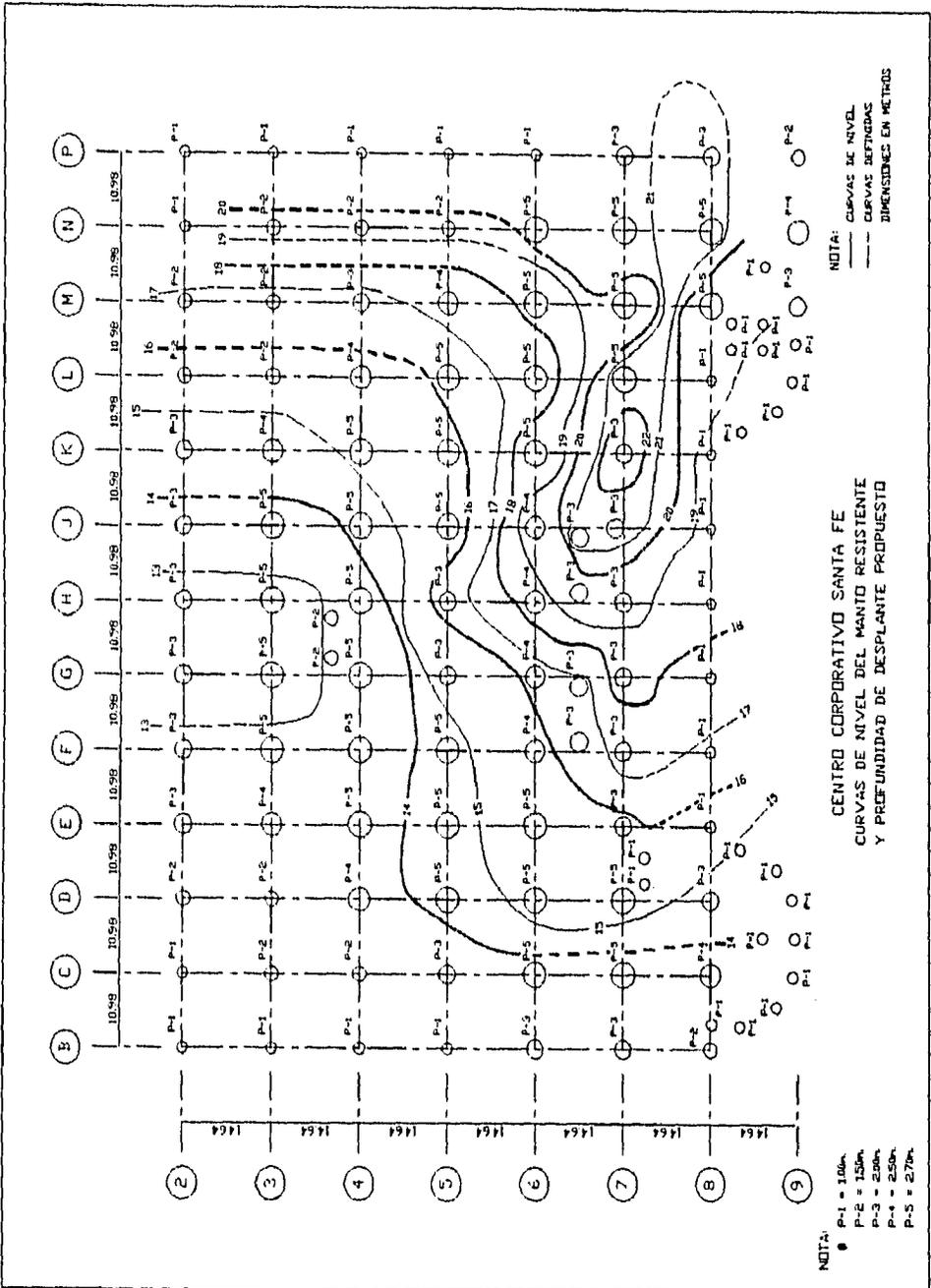
### 5.1.1 Acciones.

Este tipo de cimentación se estudio, considerando la magnitud de las descargas (ver figura anexa "A1", datos obtenidos de cargas estáticas máximas) que van de orden de:

- Columnas interiores 1, 284 Ton.
- Columnas de esquina 856 Ton.
- Columnas de Estacionamiento 134 Ton.

En la figura anexa "A2", se muestra el diámetro de las pilas (tipo P1), y su profundidad de desplante como tentativa, de acuerdo a las curvas de nivel del manto resistente obtenidas en la exploración.





## 5.2 ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN.

### 5.2.1 Capacidad de Carga.

La determinación de la capacidad de carga admisible de las pilas se consideró trabajando estas por punta, desplantando el elemento en el material compuesto de arena gruesa, de color gris, con gravas y gravillas en estado compacto y un limo poco arenoso y poco arcilloso, café claro con gravillas, en estado compacto, por lo que se considera solamente que se trabajará por punta.

La capacidad de carga admisible de las pilas, trabajando por punta, se determinó de conformidad con el criterio del Departamento del Distrito Federal, que se presenta en las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal; y la expresión que permite determinar la capacidad de carga es la siguiente:

$$C_p = \{C_u N_c \cdot F_R + p_v\} A_p F_{R1} + \{p_L N_q \cdot F_R\} A_p F_{R2}$$

siendo :

$C_p$  = Capacidad de Carga en ton

$A_p$  = Área transversal de la Pila en  $m^2$

$p_v$  = Presión vertical total debida al peso del suelo a las profundidades de desplante de las pilas, en  $Ton/m^2$ .

$p_L$  = presión vertical efectiva debida al peso del suelo a las profundidades de desplante de las pilas, en  $Ton/m^2$

$F_R$  = Factor de resistencia igual a 0.35 adimensional.

$C_u$  = Cohesión designada al estrato analizado, en  $Ton/m^2$

$N_c$  = Coeficiente de capacidad de carga, adimensional.

$N_q$  = Coeficiente de capacidad de carga (adimensional) definido por :

$$N_q = N_{mfn} + L_e ( N_{máx} - N_{min} ) / 4 B \tan ( 45^\circ + \phi/2 )$$

| $\phi$    | 20°   | 25°   | 30°   | 35°    | 40°    |
|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|
| $N_{máx}$ | 12.50 | 26.00 | 55.00 | 132.00 | 350.00 |
| $N_{mfn}$ | 7.00  | 11.50 | 20.00 | 39.00  | 78.00  |

$N_q = N_{máx};$

Cuando  $L_e/B > 4 \tan ( 45 + \phi/2 )$ .

$L_e$  = Longitud empotrada de la pila en el estrato resistente, m.  
 $B$  = Ancho o diámetro de la Pila, m  
 $\phi$  = ángulo de fricción interna, en grados.

En el caso de las pilas de más de 0.50 m de diámetro, la capacidad de carga calculada deberá corregirse para tomar en cuenta el efecto de escala en la forma siguiente:

$$Fre_1 = (B + 1)/(2B + 1)$$

donde:

$B$  = Ancho o diámetro equivalente de la Pila, m

para

$$Fre_2 = \{ (B + 0.5) / 2B \}^n.$$

donde:

$n$  = exponente igual a 1 para suelos sueltos, 2 para suelos medianamente sueltos, y 3 para suelos densos.

Para la ejecución de estos análisis se consideraron las condiciones estratigráficas de los sondeos SM2, SM4 y SM5; analizando pilas de sección circular con diámetros de 1.00 a 3.00 m;

Cabe hacer notar que la capacidad de carga efectiva, se obtendrá restando a la capacidad de carga admisible el peso propio del elemento de cimentación ( $C_p \text{ efect} = C_p - W_{pila}$ ).

En las Tablas 5.1 se resumen el cálculo del coeficiente de Capacidad de carga  $N_q$ ; definido por la siguiente expresión:

$$N_q = N_{mín} + L_e ( N_{máx} - N_{mín} ) / \{ 4 B \tan ( 45^\circ + \phi/2 ) \}$$

| No.  | L    | B    | L/B  | $N_q$  | No.  | L    | B    | L/B  | $N_q$  |
|------|------|------|------|--------|------|------|------|------|--------|
| 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 106.16 | 2.00 | 1.00 | 1.50 | 0.67 | 96.78  |
|      | 2.00 |      | 2.00 | 134.33 |      | 2.00 |      | 1.33 | 115.56 |
|      | 3.00 |      | 3.00 | 162.50 |      | 3.00 |      | 2.00 | 134.30 |
|      | 4.00 |      | 4.00 | 190.67 |      | 4.00 |      | 2.67 | 153.10 |
|      | 5.00 |      | 5.00 | 218.83 |      | 5.00 |      | 3.30 | 171.90 |
| 3.00 | 1.00 | 2.00 | 0.50 | 92.08  | 4.00 | 1.00 | 2.50 | 0.40 | 89.30  |
|      | 2.00 |      | 1.00 | 106.17 |      | 2.00 |      | 0.80 | 100.53 |
|      | 3.00 |      | 1.50 | 120.25 |      | 3.00 |      | 1.20 | 111.80 |
|      | 4.00 |      | 2.00 | 134.30 |      | 4.00 |      | 1.60 | 123.07 |
|      | 5.00 |      | 2.50 | 148.40 |      | 5.00 |      | 2.00 | 134.30 |

Tabla 5.1 Cálculo de Coeficiente de Capacidad de Carga  $N_q$

En la Tabla 5.2 se presenta los casos de análisis que se tendrán a diferentes profundidades, nivel de desplante de la pila, así como la estratigrafía de cálculo a utilizar, con su respectiva expresión para calcular los esfuerzos efectivos en Ton/m<sup>2</sup>.

| Caso | Sondeo | Nivel de Profundidad<br>Desplante a la que se<br>encuentra el Manto |            | Fórmula para el<br>cálculo de Esfuerzos<br>efectivos |
|------|--------|---|------------|--|
|      |        | Sótano<br>No  | Resistente | $\sigma_z = \text{Ton/m}^2$                          |
| 1.00 | SM4    | 3.00  | 4.70       | $\sigma_z = 7.70 + 1.90Df$                           |
| 2.00 | SM4    | 2.00  | 8.40       | $\sigma_z = 13.78 + 1.90Df$                          |
| 3.00 | SM2    | 3.00  | 9.40       | $\sigma_z = 15.80 + 1.78Df$                          |
| 4.00 | SM5    | 3.00  | 10.28      | $\sigma_z = 13.60 + 1.8Df$                           |
| 5.00 | SM2    | 2.00  | 13.20      | $\sigma_z = 22.20 + 1.78Df$                          |
| 6.00 | SM5    | 2.00  | 14.00      | $\sigma_z = 19.16 + 1.80Df$                          |

Tabla 5.2 Diferentes caso para el cálculo de capacidad de carga para pilas.

- En las Tablas 5.3 a 5.8, se presentan los cálculos para los 6 diferentes casos de la tabla 5.2, y en la Tabla 5.9 se resume los resultados obtenidos de las tablas 5.3 a 5.8.

**TABLA 5.9 RESUMEN DE RESULTADOS DE CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS, EN PILAS**

| Profundidad a la cual se encuentra el estrato de apoyo (m) | Profundidad de asiento de la base de las pilas (m) | Diámetro  |          | Capacidad de Carga Admisible efectiva Cp Ton | Asentam a largo Plazo $\delta_1$ (cm) | Asentam por acortam $\delta_2$ (cm) | Asentam total a largo plazo $\delta_3$ (cm) |
|--|--|-----------|----------|--|---------------------------------------|-------------------------------------|---|
|  |  | Fuste (m) | Base (m) |  |                                       |                                     |   |
| 5.00   | 6.00   | variable  | 1.00     | 143.00                                       | 0.73                                  | 0.05                                | 0.78  |
|  | 7.00   |           | 1.00     | 202.00                                       | 1.01                                  | 0.08                                | 1.09  |
|  | 8.00   |           | 1.00     | 273.00                                       | 1.23                                  | 0.13                                | 1.35  |
|  | 9.00   |           | 1.00     | 358.00                                       | 1.53                                  | 0.18                                | 1.71  |
|  | 10.00  |           | 1.00     | 451.00                                       | 1.86                                  | 0.26                                | 2.12  |
|  | 6.00   | variable  | 1.50     | 221.00                                       | 1.14                                  | 0.03                                | 1.18  |
|  | 7.00   |           | 1.50     | 292.00                                       | 1.37                                  | 0.05                                | 1.42  |
|  | 8.00   |           | 1.50     | 374.00                                       | 1.63                                  | 0.08                                | 1.70  |
|  | 9.00   |           | 1.50     | 489.00                                       | 1.92                                  | 0.11                                | 2.03  |
|  | 10.00  |           | 1.50     | 679.00                                       | 2.25                                  | 0.15                                | 2.39  |
|  | 8.00   | variable  | 2.00     | 341.00                                       | 1.70                                  | 0.03                                | 1.73  |
|  | 7.00   |           | 2.00     | 420.00                                       | 1.80                                  | 0.04                                | 1.84  |
|  | 8.00   |           | 2.00     | 532.00                                       | 2.20                                  | 0.06                                | 2.26  |
|  | 8.00   |           | 2.00     | 648.00                                       | 2.51                                  | 0.08                                | 2.59  |
|  | 10.00  |           | 2.00     | 778.00                                       | 2.84                                  | 0.11                                | 2.95  |
|  | 6.00   | variable  | 2.50     | 487.00                                       | 2.32                                  | 0.03                                | 2.35  |
|  | 7.00   |           | 2.50     | 598.00                                       | 2.57                                  | 0.04                                | 2.60  |
|  | 8.00   |           | 2.50     | 725.00                                       | 2.85                                  | 0.05                                | 2.90  |
|  | 9.00   |           | 2.50     | 866.00                                       | 3.16                                  | 0.07                                | 3.23  |
|  | 10.00  |           | 2.50     | 1024.00                                      | 3.50                                  | 0.09                                | 3.59  |
|  | 6.00   | variable  | 3.00     | 659.00                                       | 2.89                                  | 0.03                                | 3.02  |
|  | 7.00   |           | 3.00     | 785.00                                       | 3.24                                  | 0.04                                | 3.28  |
|  | 8.00   |           | 3.00     | 949.00                                       | 3.53                                  | 0.05                                | 3.59  |
|  | 9.00   |           | 3.00     | 1120.00                                      | 3.86                                  | 0.06                                | 3.92  |
| 10.00  | 3.00   |           | 1307.00  | 4.21   | 0.08                                  | 4.28                                |   |
| 8.00   | 8.00   | variable  | 1.00     | 213.00                                       | 0.89                                  | 0.11                                | 1.00  |
|  | 10.00  |           | 1.00     | 292.00                                       | 1.18                                  | 0.17                                | 1.33  |
|  | 11.00  |           | 1.00     | 362.00                                       | 1.47                                  | 0.24                                | 1.71  |
|  | 12.00  |           | 1.00     | 465.00                                       | 1.80                                  | 0.33                                | 2.14  |
|  | 13.00  |           | 1.00     | 599.00                                       | 2.17                                  | 0.45                                | 2.82  |
|  | 9.00   | variable  | 1.50     | 319.00                                       | 1.29                                  | 0.07                                | 1.36  |
|  | 10.00  |           | 1.50     | 410.00                                       | 1.56                                  | 0.10                                | 1.68  |
|  | 11.00  |           | 1.50     | 513.00                                       | 1.85                                  | 0.14                                | 2.00  |
|  | 12.00  |           | 1.50     | 629.00                                       | 2.18                                  | 0.19                                | 2.37  |
|  | 13.00  |           | 1.50     | 758.00                                       | 2.54                                  | 0.25                                | 2.79  |
|  | 8.00   | variable  | 2.00     | 467.00                                       | 1.65                                  | 0.06                                | 1.82  |
|  | 10.00  |           | 2.00     | 598.00                                       | 2.13                                  | 0.09                                | 2.21  |
|  | 11.00  |           | 2.00     | 722.00                                       | 2.43                                  | 0.11                                | 2.55  |
|  | 12.00  |           | 2.00     | 862.00                                       | 2.77                                  | 0.15                                | 2.92  |
|  | 13.00  |           | 2.00     | 1015.00                                      | 3.13                                  | 0.19                                | 3.32  |
|  | 9.00   | variable  | 2.50     | 690.00                                       | 2.47                                  | 0.08                                | 2.52  |
|  | 10.00  |           | 2.50     | 825.00                                       | 2.75                                  | 0.08                                | 2.83  |
|  | 11.00  |           | 2.50     | 977.00                                       | 3.07                                  | 0.10                                | 3.17  |
|  | 12.00  |           | 2.50     | 1143.00                                      | 3.42                                  | 0.13                                | 3.54  |
|  | 13.00  |           | 2.50     | 1325.00                                      | 3.79                                  | 0.16                                | 3.85  |

**TABLA 5.9 RESUMEN DE RESULTADOS DE CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS, EN PILAS**

| Profundidad a la cual se encuentra el estrato de apoyo (m) | Profundidad de desplante de la base de las pilas (m) | Diámetro  |          | Capacidad de Carga Admisible efectiva Cp Ton | Asentam a largo Plazo δ1 (cm) | Asentam por acortam δ2 (cm) | Asentam total a largo plazo δ3 (cm) |
|--|--|-----------|----------|--|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
|  |  | Fuste (m) | Base (m) |  |                               |                             |                                     |
| 8.00   | 10.00  | variable  | 1.00     | 203.00                                       | 1.19                          | 0.12                        | 1.30                                |
|  | 11.00  |           | 1.00     | 293.00                                       | 1.62                          | 0.19                        | 1.81                                |
|  | 12.00  |           | 1.00     | 386.00                                       | 2.11                          | 0.27                        | 2.36                                |
|  | 13.00  |           | 1.00     | 511.00                                       | 2.64                          | 0.38                        | 3.02                                |
|  | 14.00  |           | 1.00     | 640.00                                       | 3.22                          | 0.52                        | 3.74                                |
|  | 10.00  | variable  | 1.50     | 278.00                                       | 1.60                          | 0.07                        | 1.67                                |
|  | 11.00  |           | 1.50     | 379.00                                       | 2.02                          | 0.11                        | 2.13                                |
|  | 12.00  |           | 1.50     | 494.00                                       | 2.49                          | 0.15                        | 2.64                                |
|  | 13.00  |           | 1.50     | 622.00                                       | 3.00                          | 0.21                        | 3.21                                |
|  | 14.00  |           | 1.50     | 764.00                                       | 3.58                          | 0.27                        | 3.83                                |
|  | 10.00  | variable  | 2.00     | 396.00                                       | 2.21                          | 0.08                        | 2.26                                |
|  | 11.00  |           | 2.00     | 517.00                                       | 2.64                          | 0.08                        | 2.72                                |
|  | 12.00  |           | 2.00     | 653.00                                       | 3.12                          | 0.11                        | 3.23                                |
|  | 13.00  |           | 2.00     | 804.00                                       | 3.84                          | 0.15                        | 3.79                                |
|  | 14.00  |           | 2.00     | 969.00                                       | 4.19                          | 0.20                        | 4.38                                |
|  | 10.00  | variable  | 2.50     | 543.00                                       | 2.90                          | 0.05                        | 2.95                                |
|  | 11.00  |           | 2.50     | 688.00                                       | 3.35                          | 0.07                        | 3.42                                |
|  | 12.00  |           | 2.50     | 848.00                                       | 3.83                          | 0.09                        | 3.93                                |
|  | 13.00  |           | 2.50     | 1028.00                                      | 4.37                          | 0.12                        | 4.49                                |
|  | 14.00  |           | 2.50     | 1220.00                                      | 4.93                          | 0.16                        | 5.09                                |
| 10.00  | 11.00  | variable  | 1.00     | 179.00                                       | 0.74                          | 0.11                        | 0.85                                |
|  | 12.00  |           | 1.00     | 256.00                                       | 1.00                          | 0.18                        | 1.18                                |
|  | 13.00  |           | 1.00     | 346.00                                       | 1.30                          | 0.26                        | 1.56                                |
|  | 14.00  |           | 1.00     | 446.00                                       | 1.63                          | 0.36                        | 1.99                                |
|  | 15.00  |           | 1.00     | 559.00                                       | 1.99                          | 0.48                        | 2.47                                |
|  | 11.00  | variable  | 1.50     | 247.00                                       | 1.02                          | 0.07                        | 1.08                                |
|  | 12.00  |           | 1.50     | 336.00                                       | 1.28                          | 0.10                        | 1.38                                |
|  | 13.00  |           | 1.50     | 437.00                                       | 1.57                          | 0.15                        | 1.72                                |
|  | 14.00  |           | 1.50     | 551.00                                       | 1.89                          | 0.20                        | 2.09                                |
|  | 15.00  |           | 1.50     | 677.00                                       | 2.24                          | 0.28                        | 2.50                                |
|  | 11.00  | variable  | 2.00     | 370.00                                       | 1.47                          | 0.08                        | 1.52                                |
|  | 12.00  |           | 2.00     | 478.00                                       | 1.74                          | 0.08                        | 1.82                                |
|  | 13.00  |           | 2.00     | 601.00                                       | 2.04                          | 0.11                        | 2.15                                |
|  | 14.00  |           | 2.00     | 737.00                                       | 2.37                          | 0.15                        | 2.52                                |
|  | 15.00  |           | 2.00     | 886.00                                       | 2.48                          | 0.17                        | 2.63                                |
|  | 11.00  | variable  | 2.50     | 517.00                                       | 1.96                          | 0.05                        | 2.01                                |
|  | 12.00  |           | 2.50     | 649.00                                       | 2.24                          | 0.07                        | 2.31                                |
|  | 13.00  |           | 2.50     | 797.00                                       | 2.56                          | 0.10                        | 2.65                                |
|  | 14.00  |           | 2.50     | 959.00                                       | 2.66                          | 0.11                        | 2.77                                |
|  | 15.00  |           | 2.50     | 1137.00                                      | 3.27                          | 0.16                        | 3.42                                |

**TABLA 5.9 RESUMEN DE RESULTADOS DE CAPACIDAD DE CARGA Y  
ASENTAMIENTOS, EN PILAS**

| Profundidad<br>a la cual se<br>encuentra<br>el estrato<br>de apoyo (m) | Profundidad<br>de desplante<br>de la base<br>de las pilas<br>(m) | Diámetro     |             | Capacidad<br>de Carga<br>Admisible<br>efectiva<br>Cp Ton | Asentam<br>a largo<br>Plazo<br>S1<br>(cm) | Asentam<br>por<br>acortam<br>S2<br>(cm) | Asentam<br>total a<br>largo plazo<br>S3<br>(cm) |
|--|--|--------------|-------------|--|---|---|---|
|  |  | Fuste<br>(m) | Base<br>(m) |  |   |   |   |
| 13.00  | 14.00  | variable     | 1.00        | 278.00   | 1.38                                      | 0.22                                    | 1.60  |
|  | 15.00  |              | 1.00        | 369.00   | 1.74                                      | 0.31                                    | 2.04  |
|  | 16.00  |              | 1.00        | 515.00   | 2.41                                      | 0.47                                    | 2.88  |
|  | 17.00  |              | 1.00        | 654.00   | 2.99                                      | 0.64                                    | 3.63  |
|  | 18.00  |              | 1.00        | 806.00   | 3.81                                      | 0.63                                    | 4.45  |
|  | 14.00  | variable     | 1.50        | 373.00   | 1.79                                      | 0.13                                    | 1.92  |
|  | 15.00  |              | 1.50        | 498.00   | 2.26                                      | 0.19                                    | 2.45  |
|  | 18.00  |              | 1.50        | 637.00   | 2.77                                      | 0.26                                    | 3.03  |
|  | 17.00  |              | 1.50        | 790.00   | 3.32                                      | 0.34                                    | 3.67  |
|  | 18.00  |              | 1.50        | 956.00   | 3.91                                      | 0.44                                    | 4.36  |
|  | 14.00  | variable     | 2.00        | 641.00   | 2.44                                      | 0.11                                    | 2.55  |
|  | 15.00  |              | 2.00        | 689.00   | 2.92                                      | 0.15                                    | 3.07  |
|  | 16.00  |              | 2.00        | 851.00   | 3.44                                      | 0.20                                    | 3.63  |
|  | 17.00  |              | 2.00        | 1028.00  | 3.99                                      | 0.25                                    | 4.24  |
|  | 18.00  |              | 2.00        | 1220.00  | 4.58                                      | 0.32                                    | 4.90  |
|  | 14.00  | variable     | 2.50        | 742.00   | 3.15                                      | 0.10                                    | 3.24  |
|  | 15.00  |              | 2.50        | 916.00   | 3.64                                      | 0.13                                    | 3.77  |
|  | 16.00  |              | 2.50        | 1106.00  | 4.17                                      | 0.16                                    | 4.33  |
|  | 17.00  |              | 2.50        | 1313.00  | 4.73                                      | 0.21                                    | 4.94  |
|  | 18.00  |              | 2.50        | 1536.00  | 5.33                                      | 0.25                                    | 5.59  |
| 14.00  | 15.00  | variable     | 1.00        | 243.00   | 0.87                                      | 0.21                                    | 1.08  |
|  | 16.00  |              | 1.00        | 339.00   | 1.17                                      | 0.31                                    | 1.48  |
|  | 17.00  |              | 1.00        | 445.00   | 1.49                                      | 0.44                                    | 1.83  |
|  | 18.00  |              | 1.00        | 565.00   | 1.85                                      | 0.58                                    | 2.43  |
|  | 19.00  |              | 1.00        | 686.00   | 2.23                                      | 0.76                                    | 2.99  |
|  | 15.00  | variable     | 1.50        | 338.00   | 1.16                                      | 0.13                                    | 1.29  |
|  | 16.00  |              | 1.50        | 444.00   | 1.45                                      | 0.18                                    | 1.63  |
|  | 17.00  |              | 1.50        | 585.00   | 1.77                                      | 0.25                                    | 2.01  |
|  | 18.00  |              | 1.50        | 698.00   | 2.11                                      | 0.32                                    | 2.43  |
|  | 19.00  |              | 1.50        | 842.00   | 2.48                                      | 0.41                                    | 2.89  |
|  | 15.00  | variable     | 2.00        | 602.00   | 1.83                                      | 0.11                                    | 1.74  |
|  | 16.00  |              | 2.00        | 632.00   | 1.93                                      | 0.15                                    | 2.06  |
|  | 17.00  |              | 2.00        | 775.00   | 2.26                                      | 0.19                                    | 2.44  |
|  | 18.00  |              | 2.00        | 932.00   | 2.61                                      | 0.24                                    | 2.85  |
|  | 19.00  |              | 2.00        | 1102.00  | 2.98                                      | 0.30                                    | 3.28  |
|  | 15.00  | variable     | 2.50        | 701.00   | 2.14                                      | 0.10                                    | 2.24  |
|  | 18.00  |              | 2.50        | 857.00   | 2.45                                      | 0.13                                    | 2.58  |
|  | 17.00  |              | 2.50        | 1028.00  | 2.79                                      | 0.16                                    | 2.95  |
|  | 18.00  |              | 2.50        | 1214.00  | 3.15                                      | 0.20                                    | 3.35  |
|  | 19.00  |              | 2.50        | 1415.00  | 3.54                                      | 0.25                                    | 3.79  |

### 5.2.2 Hundimientos Probables.

En este subcapítulo se hace una revisión de los hundimientos calculados para la cimentaciones a base de pilas; en el análisis se supone que la cimentación esta trabajando a su capacidad de carga admisible. Para determinar la magnitud de los hundimientos que pudieran presentarse, se empleó el criterio de análisis del Dr. Leonardo Zeevaert, calculándose en este caso hundimientos de tipo elastoplástico.

La expresión que permite determinar la magnitud de los hundimientos probables es la siguiente:

$$\delta = v_c (1 + K_{vp}) M_{ep} \Delta\sigma \, dl$$

En donde :

$\delta$  = magnitud de los hundimientos elastoplásticos, en cm

$$v_c = (1 + \nu) (1 - 2\nu) / (1 + \nu)$$

$\nu$  = relación de Poisson.

$K_{vp}$  = relación de la deformación unitaria viscoplástica a la respuesta elástica, adimensional.

$M_{ep}$  = módulo de deformación vertical elastoplástico, correspondiente al esfuerzo vertical medio en el estrato, en  $\text{cm}^2/\text{kg}$ .

$$\sigma_c = (\sigma_{oz} + \Delta\sigma) * (1+2 K_o)/3; \quad M_{ep} = C_o \sigma_c^{-n}$$

$\sigma_{oz}$  = esfuerzo geostático en  $\text{kg}/\text{cm}^2$

$\Delta\sigma$  = magnitud del incremento de esfuerzo medio en el estrato considerando, debido a la recompresión o a la compresión, en  $\text{kg}/\text{cm}^2$ .

$dl$  = espesor del estrato considerado, en cm.

Los constantes  $C_o$  y  $n$ , están en función del estado de compactación del suelo, donde se establece que la compresibilidad de un suelo, está en función del estado confinante que se encuentra sujeto el suelo. En la tabla 5.10 se presentan las constantes  $C_o$  y  $n$ , dado por el Dr. L. Zeevaert, y las constantes varían de acuerdo a la compacidad del suelo. El suelo se encuentra sujeto a una presión vertical  $\sigma_z$  y una presión horizontal  $\sigma_h$ , donde el equivalente de presión confinante esta dado por :

$$\sigma_c = (1+2 K_o)/3 (\sigma_z + \Delta\sigma)$$

donde :

$$M_{ep} = C_o \sigma_c^{-n}$$

| N Empírico | Estado de Compactación | Dr      | Co x 10E-3 | n         |
|------------|------------------------|---------|------------|-----------|
| 0-2        | Muy suelto             | 0.20    | 10.00      | 0.65      |
| 2-13       | Suelto                 | 0.2-0.4 | 10-6       | 0.65-0.60 |
| 13-30      | Semicompacto           | 0.4-0.6 | 6.0-3.0    | 0.60-0.50 |
| 30-50      | Compacto               | 0.6-0.8 | 3.0-2.0    | 0.5-0.45  |
| > 50       | Muy compacto           | >0.8    | <2.0       | 0.45      |

Tabla 5.10 Valores de Co y n, en función al estado de compactación del suelo.<sup>9</sup>

El valor de  $\Delta\sigma$  se obtuvo utilizando la expresión de la teoría elástica, debida a Boussinesq, cuando se tiene una carga uniforme sobre una sección circular; con la siguiente expresión:

$$\Delta\sigma = \omega_0 \left\{ 1 - 1 / (1 + (r/z)^2)^{3/2} \right\}$$

donde :

$\omega_0$  = presión transmitida al subsuelo, kg/cm<sup>2</sup>

r = Radio de la base de la pila, m

z = Profundidad de análisis, m

En la Tabla 5.11 se presenta un análisis de una pila con un Diámetro de 1.0 m, desplantado dentro del estrato de 1.0 a 2.0 m, los valores de presión geostática se calcularon basados en las expresiones que se presentan en la Tabla 5.11; la influencia se calculo obteniéndolo con la presión media, definiendo el espesor del estrato con el diámetro de la base de la pila, considerando la influencia de la base de la pila cuatro veces su diámetro. Cabe hacer notar que la influencia de cuatro veces el diámetro de la pila es menor del 10% de la influencia. En la Tabla 5.9, como se mencionó se resume los resultados de la Capacidad de Carga de las Pilas, así como los hundimientos probables.

<sup>9</sup> Zeevaert, L. Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions.

<sup>10</sup> Programa de Taludes (slopes) Análisis de Estabilidad de Taludes, Método de Bishop Simplificado.

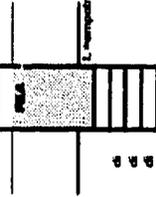


TABLA 5.11 CALCULO DE ASENTAMIENTOS BAJO LAS PULAS; SOT/IND 3, EL MOMENTO RESISTENTE A MR = 4.70tn.

Se calculó con el criterio del Dr. Lozano Z., mediante la siguiente expresión:

$$S = vc \cdot \Delta p (1 + kv) \cdot (2R)^{0.522}; \Delta p = Co \cdot oc^2$$

Se calculó el valor de influencia (I) con el criterio de Boussinesq, mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{1}{4\pi} \cdot \left( \frac{1 + \nu_p}{1 + \nu_s} \right) \cdot \left( \frac{z}{r} \right)^2 \cdot \left( \frac{1 - \frac{z}{r}}{1 + \frac{z}{r}} \right)$$

| No | Df<br>m | Dist D<br>m | Z<br>m | I<br>Prom | Ton    | Area<br>m <sup>2</sup> | dz<br>kg/cm <sup>2</sup> | oz<br>kg/cm <sup>2</sup> | oc<br>kg/cm <sup>2</sup> | Co<br>r(E)S | s    | vc   | d emp<br>cm | S<br>cm                |
|----|---------|-------------|--------|-----------|--------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|------|------|-------------|------------------------|
| 1  | 1       | 1.00        | 1.50   | 0.1482    | 143.00 | 0.7854                 | 2.88                     | 1.245                    | 2.884                    | 1.80        | 0.45 | 0.83 | 100.00      | 0.411                  |
|    |         |             | 2.50   | 0.0571    |        |                        | 1.04                     | 1.435                    | 1.850                    | 1.80        | 0.45 | 0.83 | 100.00      | 0.204                  |
|    |         |             | 3.50   | 0.0298    |        |                        | 0.54                     | 1.825                    | 1.448                    | 1.80        | 0.45 | 0.83 | 100.00      | 0.119                  |
|    |         |             |        |           |        |                        |                          |                          |                          |             |      |      |             | S <sub>T</sub> = 0.734 |

| No | Df<br>m | Dist D<br>m | Z<br>m | I<br>Prom | Ton    | Area<br>m <sup>2</sup> | dz<br>kg/cm <sup>2</sup> | oz<br>kg/cm <sup>2</sup> | oc<br>kg/cm <sup>2</sup> | Co<br>r(E)S | s    | vc   | d<br>cm | S<br>cm               |
|----|---------|-------------|--------|-----------|--------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|------|------|---------|-----------------------|
| 1  | 2       | 1.00        | 1.50   | 0.1482    | 292.00 | 0.785                  | 3.78                     | 1.435                    | 3.483                    | 1.80        | 0.45 | 0.83 | 100.00  | 0.588                 |
|    |         |             | 2.50   | 0.0571    |        |                        | 1.47                     | 1.825                    | 2.883                    | 1.80        | 0.45 | 0.83 | 100.00  | 0.279                 |
|    |         |             | 3.50   | 0.0298    |        |                        | 0.77                     | 1.815                    | 1.722                    | 1.80        | 0.45 | 0.83 | 100.00  | 0.161                 |
|    |         |             |        |           |        |                        |                          |                          |                          |             |      |      |         | S <sub>T</sub> = 3.03 |

Además de los hundimientos originados en el subsuelo, se hizo una estimación del acortamiento que sufrirán los elementos profundos por las cargas que se encontrarán actuando sobre los mismos; este acortamiento será puramente elástico y se calculó de acuerdo con la expresión siguiente :

$$\delta = \sigma L / E$$

donde :

$\delta$  = magnitud de la acotamiento surgido por el material de la pila debido a las cargas externas aplicadas en cm.

$\sigma$  = magnitud del esfuerzo transmitido al material de la pila por las cargas aplicadas a la misma, en kg/cm<sup>2</sup>

$L$  = Longitud total del elemento en cm.

$E$  = Módulo elástico del material que se encuentra fabricado el elemento de cimentación, en este caso considerado igual a:

$$E = 14,000 \times \sqrt{250} \times 10.0 = 2'213,594 \text{ Ton/m}^2$$

También para efectuar estos análisis se hizo la consideración de que el material de las pilas se encontrarán sometido a los esfuerzos originados por el trabajo en compresión, bajo la capacidad de carga admisible de los elementos profundos de cimentación.

Los resultados obtenidos de estos análisis se presentan en la tabla 5.9.

### 5.2.3 Estabilidad de Taludes.

Para el análisis de los taludes de las excavaciones requeridas, se consideraron las tres estratigrafías de cálculo de los sondeos SM2, SM4 y SM5, para determinar el talud con el que puedan ser ejecutadas las excavaciones para alojar las cimentaciones y/o edificio (sótano 1 al 3), hasta 12.00 m de profundidad, en relación con el nivel 0.00 (nivel de la Av. Prolongación. Paseo de la Reforma): Los análisis efectuados son aplicables solo para el caso de taludes eventuales y no para el caso de taludes permanentes, para los cuales se tendrían que considerar acciones eventuales originadas por sismos.

En los análisis se consideró la acción de una sobrecarga uniformemente distribuida sobre la superficie del terreno, con una magnitud de 1.50 Ton/m<sup>2</sup>, de acuerdo a lo que se recomienda en el Reglamento de Construcciones del Departamento del Distrito Federal.

Se considerará un Factor de Seguridad mínimo de F.S. = 1.50 , para garantizar la estabilidad de las excavaciones, por ser un relleno no homogéneo en su resistencia, y por los factores de intemperismo que se puedan presentar en la Obra, tales como lluvias.

Para ejecutar los análisis de estabilidad se recurrió a un procedimiento de los denominados de equilibrio al límite, en este caso debido a Bishop e implementado en el programa de computo de la ref 18, en este procedimiento se propone una superficie de deslizamiento de forma cilíndrica y se determina la estabilidad de la misma, dividiendo primeramente a la masa deslizante en dovelas de espesor uniforme, haciendo la suposición simplificatoria de que no existen fuerzas laterales actuando entre dovelas; el factor de seguridad contra deslizamiento se establece como :

$$FS = \Sigma FR / \Sigma FD$$

donde:

**FS** = Factor de Seguridad.

**FR**= Suma de fuerzas resistentes, las cuales se desarrollan en la base de cada dovela y que depende de los parámetros de resistencia al corte del material que es cruzado por la superficie de deslizamiento.

**FD**= Suma de las fuerzas que propician el deslizamiento, generalmente fuerzas inerciales debidas al peso propio del material y a las fuerzas originadas durante un evento sísmico; normalmente las fuerzas que propician el deslizamiento se obtienen como los componentes tangenciales de las fuerzas de inercia totales aplicadas en la base de las dovelas.

En el anexo II, se presenta la memoria de cálculo el "análisis de estabilidad de taludes", presentando los cálculos iterativos para determinar, el Factor de Seguridad mínimo para la estabilidad de las excavaciones. El programa trabaja de la siguiente manera:

1. En una hoja milimétrica o de cuadrícula, se traza la geometría del talud en una escala conocida, para crear una matriz de coordenadas, obteniendo el número de líneas e intersecciones que lo forma.
2. El programa trabaja con unidades de KN/m<sup>2</sup> y metros, las unidades de las propiedades de los suelos que componen el talud, se multiplicaron por un factor de 9.81, para hacer la conversión a KN/m<sup>2</sup>.
3. La sobrecarga se modela para el programa, como otro suelo localizado en la corona del talud, con un espesor de 1.0 m, determinando las coordenadas de la sobrecarga (ISCHGE).
4. Se establece el punto o coordenada (ENTX, ENTY), para crear la cuadrícula o red, arriba de la corona del talud, donde se desarrollarán las líneas, es decir los radios que formarán el centro de rotación que tocarán al talud, para definir el círculo de falla

- denominada "cuña de deslizamiento", para determinar si es estable o no, el talud propuesto.
- Se indican el número de divisiones que formarán la cuadrícula, tanto en sentido "x", como en sentido "Y", denominadas las variables DELX, DELY.
  - Se establecen la nivelación del nivel freático, si es el caso.
  - Si se esta analizando taludes permanentes, se le dará el valor del coeficiente sísmico (IQUAKE).
  - Se establecerá el número de dovelas que formará el círculo de falla, que corta al talud (DIMEN). Así como el ancho de la dovela (SWIDTH = 0.50 m).
  - El orden de la entrada de los datos es el siguiente:

**SANTA FE 5 NIVELES TALUD 0.50:1.0 SM2 TITULO**

|                                |  |   |   |   |  |  |                               |
|--------------------------------|--|---|---|---|--|--|-------------------------------|
| 8                              | 12   | 4   | 4   | 14  | 7  | 0  | 50                            |
| No líneas que forman el talud. | No de nodos que forma el talud   | No estratos o suelos en el talud  | No líneas externas del talud                                    | No de divisiones de la plantilla en sentido "x",                    | No de divisiones de la plantilla en sentido "y"      | Coefficiente sísmico                     | No de Dovelas                 |
| 0                              | 0  | 0   | 0   | 0   | 1  | 0  | 1                             |
| Código tipo de muro.           | No línea que se desea el análisis de rotación  | Código Grietas en tensión   | No de suelos agrietados   | Código de agua en las grietas                                       | Código para sobrecarga.                              | Código de impresión de resultados mín.   | Código de Unidades 0=FPS 1=SI |
|                                | 80, 34   |   | 110, 32   |   | 1, 1   |  | 0.50                          |
|                                | Coord iniciales de la plantilla o cuadrícula, incidencia donde iniciará los radios del círculo de falla al talud |   | Coord de los puntos de máxima del círculo de falla en el talud. | Incrementos en sentido "x" y sentido "y", en la cuadrícula,         | Incrementos en sentido "x" y sentido "y", en dovela, | Ancho máximo de la plantilla, en metros. |                               |
|                                | 0.0000   |   |   |   |  | 0.0000                                   |                               |
|                                | Elevación del Nivel de aguas freáticas en el talud   |   |   | Elevación de la carga piezométrica en el talud.                     |  |  |                               |
|                                | 14.71  |   |   |   | 90, 120  |  |                               |
|                                | Sobrecarga de 1.5 T/m <sup>2</sup> x 9.81 = 14.71 KN/m <sup>2</sup>  |   |   | Coord de la sobrecarga, en el sentido "x", izq-der.                 |  |  |                               |
|                                |  | Datos de la coordenadas que forman el talud                                   |   |   |  |  |                               |
|                                | 1  | 50, 20  | 84, 20  |   | 1 - 2  |  |                               |
|                                | 1ª línea que forma parte de la geometría del talud.  |   | Coord del primer nodo, iniciando izquierda a derecha            | Coord del 2º nodo de la línea establecida                           | No de Nodos que forma la línea establecida "1".      |  |                               |
|                                | 4  | 16.084  | 14.90   | 21.58   | 0.00   |  |                               |
|                                | No de líneas que encierran al primer suelo o estrato en el talud.  | $\gamma_h = 1.64 \text{ Ton/m}^3$<br>$1.64 \text{ T/m}^3 \times 9.81 = 16.08$ | Ángulo de fricción del suelo.                                   | $c = 2.20 \text{ T/m}^3$<br>$2.20 \text{ T/m}^3 \times 9.81 = 21.5$ | Código si el material se encuentra saturado          |  |                               |

### Caso 3, Sondeo SM5

- En la zona de la estratigrafía del sondeo SM-5, los taludes para la excavación serán de 8.00 m (nivel del sondeo - 4.00), para este caso abarca 1 tipo de material (ver Fig. 48), y de acuerdo con las características del suelo ya mencionados en el capítulo 4, se analizaron diferentes inclinaciones de talud; se hizo variar las pendientes desde paredes verticales hasta 0.50:1.0 con un  $FS = 1.55$  como mínimo, siendo el más favorable.

En todos los casos se analizaron diferentes inclinaciones de talud, desde inclinaciones verticales hasta una pendiente de 0.75:1.00; el sondeo que resultó más desfavorable sondeo SM-2, dado que se necesita una inclinación de 0.75:1.00, para mantenerlos estable, comparando la estratigrafía de los sondeos SM-4 y SM-5, con un  $FS = 1.55$ , con un talud de 0.50:1.0; por lo que se considera este talud ( 0.75:1.00 ) como recomendación para mantener estable las paredes en las excavaciones, siendo este análisis considerando que las excavaciones son temporales.

**FIGURAS**

Fig. 43 ESTRATIGRAFIA DE CALCULO DEL SONDEO SM2

| z (m) | SM2 | N.T.N. | 0.00 | N                         | γ                | C                  | φ     | v    | d                  | Dr   | Co    | n    | Nc | Nq | Ny  |
|-------|-----|--------|------|---------------------------|------------------|--------------------|-------|------|--------------------|------|-------|------|----|----|-----|
|       |     |        |      | golpes                    | T/m <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | °     |      | cm                 |      | x1E-3 |      |    |    |     |
| 0.00  |     |        |      | 15                        | 1.80             | 1.00               | 37.00 | 0.26 | 7.30               | -    | -     | -    | 64 | 48 | 55  |
| 7.30  |     |        |      | 10<br>20<br>7<br>20<br>18 | 1.70             | 0.00               | 37.00 | 0.25 | 13.10<br>6<br>9.39 |      |       |      | 64 | 48 | 55  |
| 20.40 |     |        |      | 10                        | 1.38             | 0.50               | -     | 0.30 | 0.60               |      |       |      |    |    |     |
| 21.00 |     |        |      | 33                        | 1.78             | -                  | 41.00 | 0.25 | 1.30               | 0.60 | 3.00  | 0.50 | 96 | 85 | 130 |
| 22.30 |     |        |      |                           |                  |                    |       |      |                    |      |       |      |    |    |     |

Simbología :

N = Número de golpes, de la penetración estándar

γ = Peso volumétrico del material en T/m<sup>2</sup>

C = Cohesión en kg/cm<sup>2</sup>

φ = Ángulo de fricción.

Nc : Nq : Ny = Coeficientes de capacidad

de carga, que dependen del ángulo

de fricción ( φ ), asignado al material

de apoyo.

v = Relación de Poisson

dí = Espesor del estrato en cm.

Dr = Densidad relativa del material

Co, n = Constantes que están en función del estado de compactación, para

el cálculo del módulo de deformación para suelos no cohesionados.

Mz = Co σ c<sup>n</sup>.

Fig. 44 ESTRATIGRAFIA DE CALCULO DEL SONDEO SM4

| z (m) | SM4  | N                 | $\gamma$         | c                  | $\phi$ | v     | d      | Dr   | Co    | n    | Nc   | Nq  | N $\gamma$ |
|-------|--|-------------------|------------------|--------------------|--------|-------|--------|------|-------|------|------|-----|------------|
|       |  | golpes            | T/m <sup>3</sup> | kg/cm <sup>2</sup> |        |       | cm     |      | x1E-3 |      |      |     |            |
| 0.00  |  |                   |                  |                    |        |       |        |      |       |      |      |     |            |
|       | N.T.N. - 7.0   |                   |                  |                    |        |       |        |      |       |      |      |     |            |
|       | Arcilla poco limosa gris olivo café claro de consistencia blanda | 0<br>3<br>1<br>PP | 1.64             | 0.22               | 14.90  | 0.35  | 5.18   | -    | -     | -    | -    | -   | -          |
| 9.30  | -16.30   |                   |                  |                    |        |       |        |      |       |      |      |     |            |
|       | Armas gruesa gris claro, con gravas muy compactas.               | 50                | 1.90             | -                  | 45.00  | 0.25  | 390.00 | 0.80 | 1.90  | 0.45 | 170  | 170 | 350        |
| 13.20 | -20.20   |                   |                  |                    |        |       |        |      |       |      |      |     |            |
| 13.30 | -20.30 Arcilla pómmez  | 55                | 1.30             | 1.38               |        | 46.60 |        | 0.90 | 0.80  | 1.85 | 0.45 |     |            |
|       | Armas gruesa gris claro, con gravas muy compactas                | 50                | 1.90             | -                  | 45.00  | 0.25  | 420.00 | 0.80 | 1.90  | 0.45 |      |     |            |
| 17.50 | -24.50   |                   |                  |                    |        |       |        |      |       |      |      |     |            |
| 17.70 | -24.70 Limo poco arcilloso café amarillento                      |                   | 1.93             | 0.35               | 32.10  |       | 20.00  |      |       |      |      |     |            |

Simbología:

N = Número de golpes, de la penetración estándar

$\gamma$  = Peso volumétrico del material en T/m<sup>3</sup>

c = Cohesión en kg/cm<sup>2</sup>

$\phi$  = Ángulo de fricción.

Nc : Nq : N $\gamma$  = Coeficientes de capacidad

de carga, que dependen del ángulo

de fricción ( $\phi$ ), asignado al material

v = Relación de Poisson

d = Espesor del estrato en cm.

Dr = Densidad relativa del material

Co, n = Constantes que están en función del estado de compactación, para

el cálculo del módulo de deformación para suelos no cohesivos,

MZ = Co  $\sigma^n$

Fig. 45 ESTRATIGRAFIA DE CALCULO DEL SONDEO SMS

| z (m) | SM-5 | N.T.N. - 4.0  | N                    | $\gamma$         | c                  | $\phi$ | v    | d    | D <sub>r</sub> | C <sub>o</sub> | n    | N <sub>c</sub> | N <sub>q</sub> | N <sub>y</sub> |
|-------|------|---|----------------------|------------------|--------------------|--------|------|------|----------------|----------------|------|----------------|----------------|----------------|
|       |      |   | golpes               | T/m <sup>3</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | °      |      | cm   |                | x1E-3          |      |                |                |                |
| 0.00  |      |   |                      |                  |                    |        |      |      |                |                |      |                |                |                |
| 9.00  |      | Material de relleno compuesto de :<br>Arena gruesa con gravas<br><i>solano 2</i>              | A                    | 1.50             | -                  | 35.0   | 0.26 | 1.88 | 0.40           | 6.00           | 0.60 | 55             | 42             | 45             |
| 13.00 |      | Arcilla arcillosa café oscuro<br>semicomacto  | ZZ<br>40<br>10<br>26 | 1.35             | 1.00               | -      | 0.35 | 4.00 | -              | -              | -    | 5.70           | 1.00           | 0.00           |
| 17.90 |      | Limo arcilloso, poco arenoso<br>café oscuro, con algunas gravillas.<br>De consistencia media. | 7<br>5<br>6<br>5     | 1.25             | 0.35               | -      | 0.30 | 4.90 | -              | -              | -    | -              | -              | -              |
| 21.80 |      | Arena gruesa con gravas de 1" de<br>diámetro, gris muy compacto.                              | 50                   | 1.80             | -                  | 45.00  | 0.25 | 3.90 | 0.80           | 1.90           | 0.45 | 170            | 170            | 340            |

Simbología :

N = Número de golpes, de la penetración estándar

$\gamma$  = Peso volumétrico del material en T/m<sup>3</sup>

c = Cohesión en kg/cm<sup>2</sup>

$\phi$  = Ángulo de fricción.

N<sub>c</sub> : N<sub>q</sub> : N<sub>y</sub> = Coeficientes de capacidad

de carga, que dependen del ángulo

de fricción ( $\phi$ ), asignado al material

v = Relación de Poisson

d<sub>i</sub> = Espesor del estrato en cm.

D<sub>r</sub> = Densidad relativa del material

C<sub>o</sub>, n = Constantes que están en función del estado de compactación, para

el cálculo del módulo de deformación para suelos no cohesionados.

Mz = C<sub>o</sub>  $\sigma$  c<sup>-n</sup>

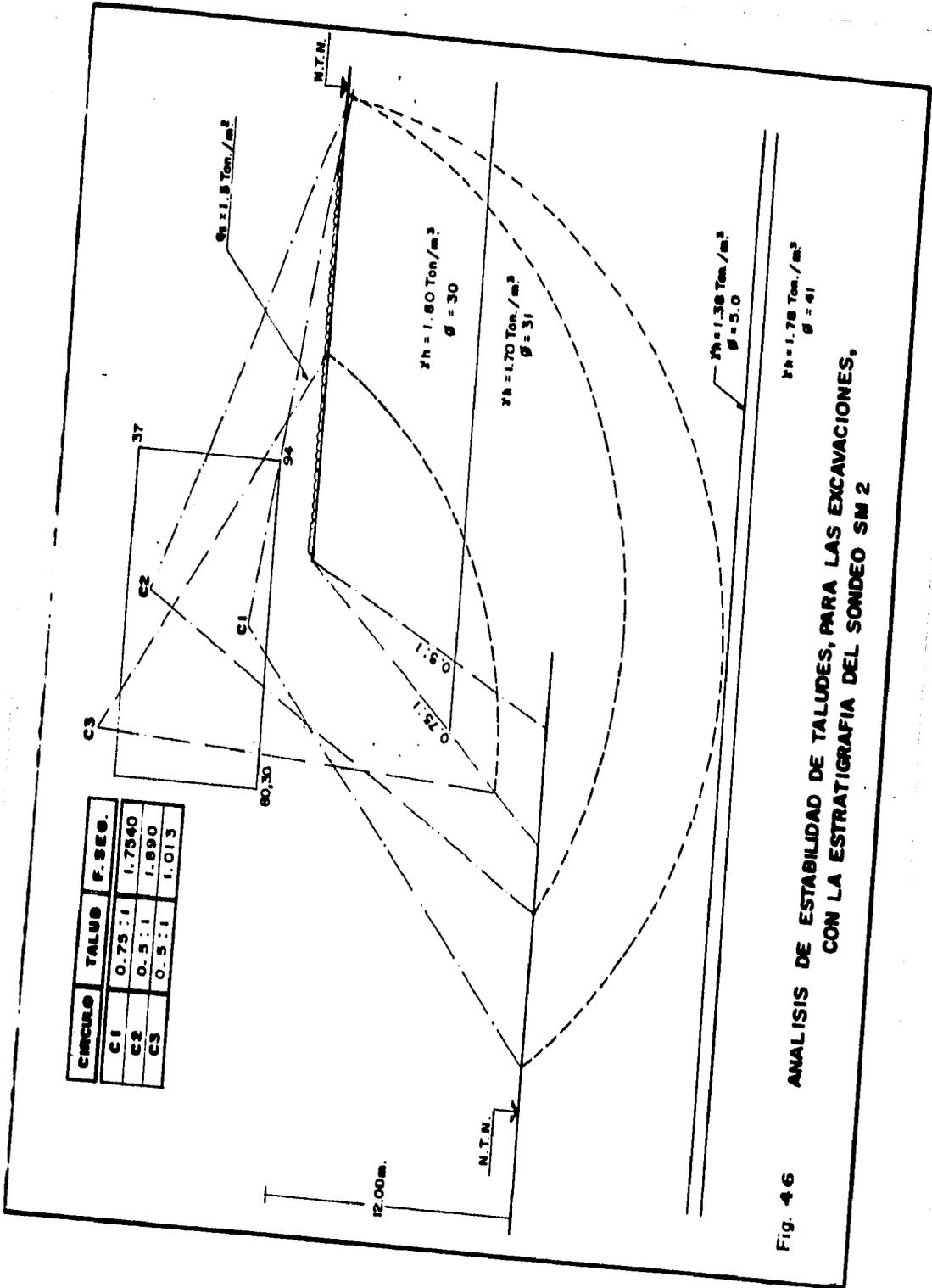
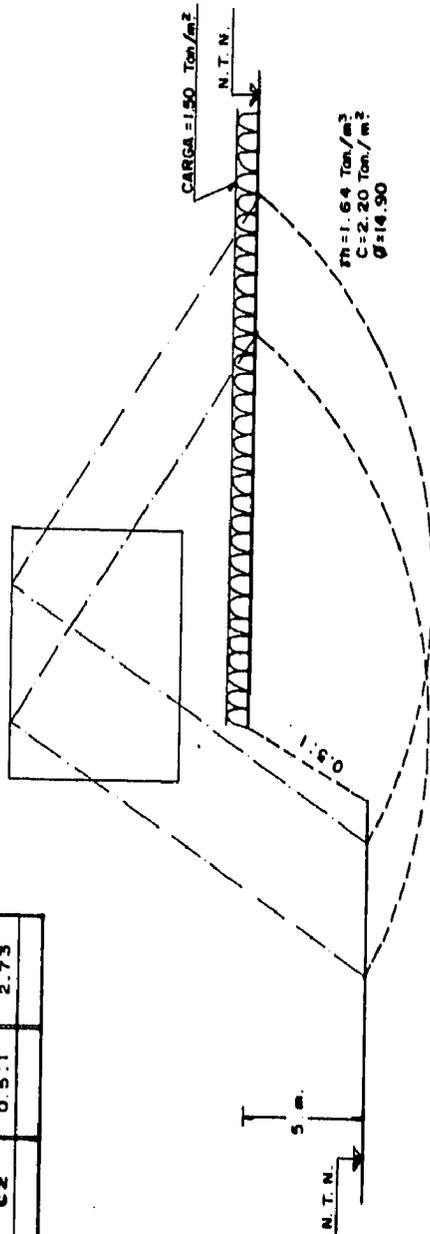


Fig. 4.6 ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES, PARA LAS EXCAVACIONES, CON LA ESTRATIGRAFIA DEL SONDEO SM 2

| CIRCULO | TALUD | F. SER. |
|---------|-------|---------|
| C1      | 0.5:1 | 3.76    |
| C2      | 0.5:1 | 2.73    |



$\gamma_h = 1.90 \text{ Ton/m}^3$  @ 45°  
 $c = 13.60 \text{ Ton/m}^2$

Fig. 47 ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES, PARA LAS EXCAVACIONES, CON LA ESTRATIGRAFIA DEL SONDEO SM 4

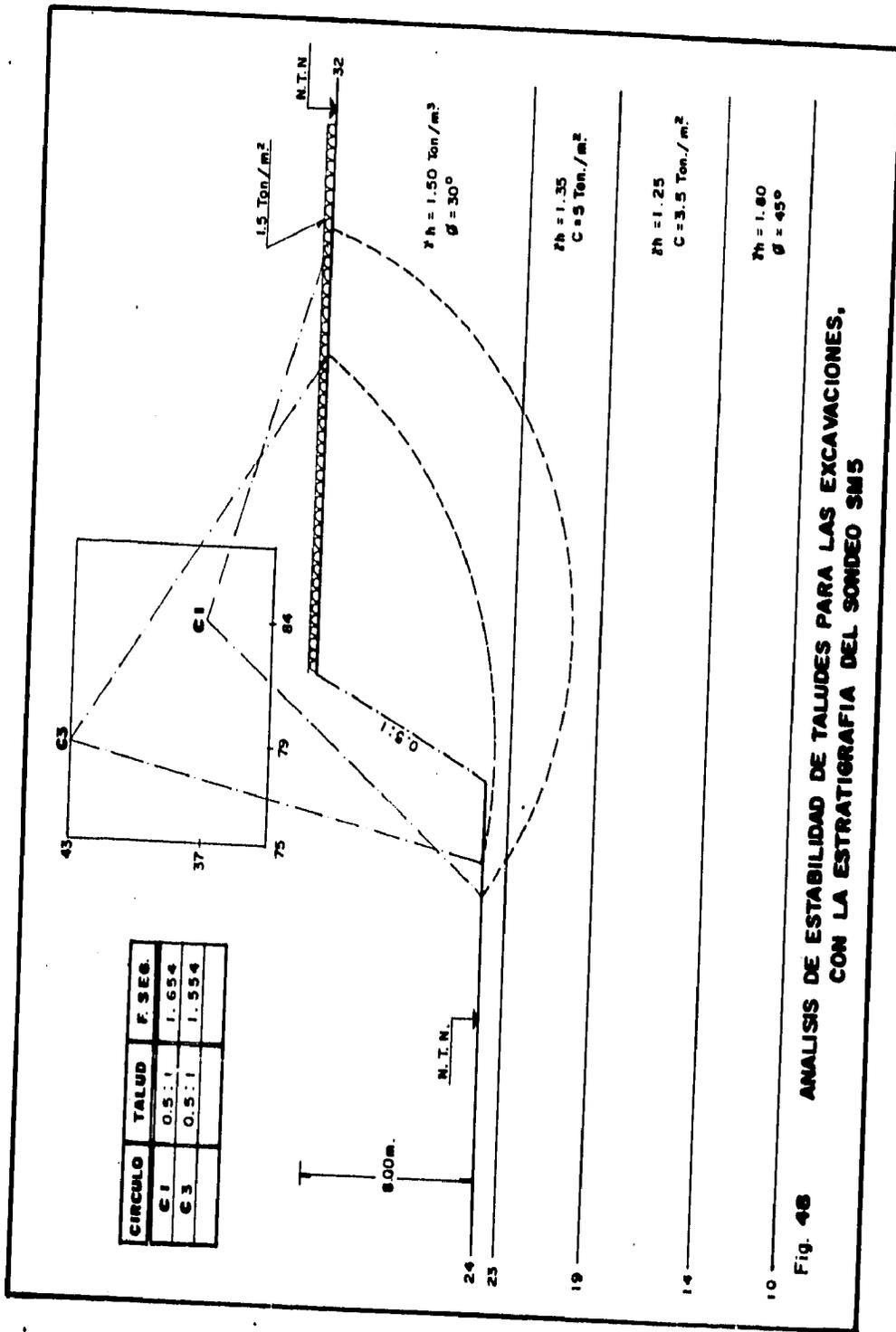


Fig. 48 ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES PARA LAS EXCAVACIONES, CON LA ESTRATIGRAFIA DEL SONDEO SM5

## **CAPITULO 6**

**PROCEDIMIENTO DE LA CONSTRUCCION DE LA CIMENTACION.**

## **6. PROCEDIMIENTO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN.**

Todas las excavaciones que sea necesario realizar por condiciones de proyecto, se podrán realizar a cielo abierto, formando taludes, en el perímetro. Las inclinaciones de estos taludes, dependerán de la altura total del corte en que se realice la excavación; por lo que según análisis de estabilidad de taludes realizados, utilizando las propiedades del subsuelo definidas en el capítulo 4, se concluye que podrá realizarse cortes estables en los materiales naturales formando taludes con una inclinación de 0.75:1.0 (horizontal-vertical), analizados en el subcapítulo 5.2.3.

Debido a que las excavaciones por realizar se deben llevar a cabo en seco, se diseñó un sistema que permita drenar el agua infiltrada del subsuelo.

Dicho sistema de drenaje podrá consistir en drenes perimetrales y longitudinales localizados en los ejes de la cimentación, mismos que drenarán el agua superficial hacia cárcamos de bombeo; el agua así colectada se verterá en un tanque de sedimentación y una vez limpia se bombeará a la red general, evitando en esta forma el azolvamiento de los drenajes.

Por lo que se refiere a la cimentación a base de pilas, estas deberán desplantarse a una profundidad variable entre los 11.00 y 30.00 m. Para su construcción se deberán atender las siguientes observaciones:

- Se deberá garantizar mediante el método constructivo apropiado y supervisión estricta, que el suelo adyacente a la excavación no se altere mayormente y que se obtenga una perforación limpia con las dimensiones de proyecto en toda su profundidad.
- Se debe evitar en lo posible la sobre-excavación del terreno.
- Para la estabilidad de las perforaciones, por ser materiales en estado sueltos, es necesario contar con ademes metálicos, en la obra por si se llegan a requerir.
- Antes de iniciar el colado de las pilas, se deberá de extraer todo el material suelto del fondo de la perforación evitando la sobre-excavación.
- Procedimiento de colado bajo lodo, deberá realizarse con tuberías estacas (tremie), colocando el concreto a partir del fondo de la perforación y dejando permanentemente embebido el extremo inferior de la misma, para que al avanzar el colado tenga lugar el desplazamiento del lodo.
- La distancia mínima entre pilas, será de tres veces su diámetro.
- Se deberá mantener una estricta supervisión de toda la construcción de las pilas.

Control de las terracerfas.

El material de relleno perimetral del edificio a utilizar, deberá cumplir con las especificaciones para material de sub-rasante, según normas de calidad de la S.C.T. Dicho material deberá compactarse en capas no mayores a 30 cm.

## 6.1 MUROS DE RETENCIÓN.

La necesidad de efectuar excavaciones para desplantar la edificación en el terreno al nivel - 11.12, nivel del sótano 3, (ver cortes arquitectónicos) y con base en las propiedades del relleno; se efectuó el análisis de empujes sobre elementos de retención definitivos, considerando para el análisis un muro de retención de 12.00 m de alto. Se consideró una sobrecarga uniformemente distribuida sobre la superficie del terreno (nivel 0.00 Av Prolongación Paseo de la Reforma), con una magnitud de 1.50 Ton/m<sup>2</sup>.

El empuje horizontal del suelo sobre el muro del estacionamiento con la profundidad  $z$ , se calculó con la siguiente expresión:

$$Pa = Ko \gamma z; Es = Pa z / 2$$

donde :

$Ko$  = coeficiente de reposo,  $Ko = 0.50$

$\gamma$  = Peso volum. efectivo del material de relleno compactado;  $\gamma = 1.80 \text{ T/m}^3$

$z$  = Profundidad total

$Es$  = Empuje debido al suelo Ton/m

para la sobrecarga con la expresión :

$$Pc = Ko qa; Ec = Pc z$$

donde :

$Pc$  = Presión debido a la sobrecarga Ton/m<sup>2</sup>

$qa$  = Sobrecarga de 1.50, Ton/m<sup>2</sup>

$Ec$  = Empuje debido a la sobrecarga, Ton/m

debido a sismo, con la expresión :

$$Psis = 2 Esis / z; Esis = \gamma z^2 / 2 \{1/3\} Cs$$

donde :

$Psis$  = Presión debido al sismo, Ton/m<sup>2</sup>

$Cs$  = Coeficiente sísmico, para la zona 1, de  $Cs = 0.16$ , y por ser una zona de relleno se considero de  $Cs = 0.40$

$Esis$  = Empuje debido al sismo, Ton/m

La distribución de empujes sobre elementos de retención definitiva, se representa en la Fig. 49, que actuará sobre los muros del estacionamiento. Se hace notar que, difícilmente se presentará la presión debido al empuje hidráulico, debido tanto a la topografía y permeabilidad del terreno como a la no existencia del nivel de Aguas Superficiales (N.A.S.). Cabe hacer notar, que se deberá contar con el suficiente drenaje, con objeto de evitar que se presenten presiones hidráulicas, que incrementarán el empuje.

Los materiales que se empleen en rellenos y terracerfas, deberán cumplir con las especificaciones de calidad de las Normas vigentes.

## **6.2 SUPERVISIÓN DE LA OBRA.**

### **6.2.1 Control de la Construcción.**

Con el propósito de constatar el orden de magnitud de los asentamientos y magnitudes que se producirán durante la construcción de la cimentación y poder controlar el comportamiento futuro de la estructura en proyecto, se recomendó colocar los siguientes dispositivos de observación y medición:

1. Localizar bancos de nivel superficial para referencia de nivelaciones de control.
2. Puntos de referencia para medición de movimientos en las construcciones.
3. Puntos de referencia para nivelaciones de la sección perimetral.
4. Puntos de referencia para nivelaciones de cimentación, columnas y muros conforme avance la construcción de los mismos, para iniciar el registro de los movimientos y poder continuarlo posteriormente para observar el comportamiento de la obra con el tiempo.

Nivelaciones superficiales en los taludes de las excavaciones.

5. Se colocarán líneas de colimación en el talud en la parte superior de la corona, en todo el perímetro de la excavación; el cual consistirá en una serie de puntos (mojoneras) distribuidos a 25.0 m cada uno, para determinar el movimiento y desplazamientos horizontales y verticales del taludes, para tomar las medidas preventivas.
6. Se debe revisar la inclinación de los taludes perimetrales de la excavación, con el fin de asegurar la estabilidad y seguridad en la Obra, si este no cumple; deberá abatirse el talud mediante bermas con material homogéneo (tepetate), con el fin de evitar una falla o deslizamiento.
7. Se debe de evitar cargas permanentes en los taludes, tales como materiales de construcción, camiones en línea, etc.

Las nivelaciones se deberán efectuar con una periodicidad no mayor de una semana, durante la excavación y construcción de la cimentación, posteriormente y de acuerdo a los resultados que se obtengan, podrán distanciarse estas nivelaciones. Los resultados, producto de estas nivelaciones, deberán ser graficados y mantenerse al día, para ser consultados en cualquier momento.

### **6.2.2 Alcance de la Supervisión.**

La función de la supervisión técnica de mecánica de suelos que se realiza en la obra, es garantizar la buena ejecución de la cimentación, se construyera conforme a las especificaciones generales y particulares del proyecto. Para cumplir con esto, fue necesario llevar un control de las actividades desarrolladas mediante una Bitácora de obra, en la cual se anotaron los pormenores ocurridos. Con objeto de tomar medidas correctivas oportunamente.

La supervisión técnica entregó reportes semanales de los colados de las pilas, indicando en los mismos las medidas preventivas y/o correctivas necesarias, en estos reportes se consignaron los datos de proyecto y constructivos de las pilas, el cual se apoyó la siguiente información:

1. Localización precisa y dimensiones de los barrenos excavados para las pilas.
2. Elevaciones precisas del brocal y del fondo.
3. Registro de mediciones de la verticalidad.
4. Método empleado para excavación del pozo.
5. Descripción de los materiales encontrados durante la excavación.
6. Descripción de las condiciones de agua freática encontrada.
7. Descripción de los materiales encontrados (gravas, boleos) y si fue necesario removerlos.
8. Descripción del ademe temporal o permanente colocado, incluyendo su finalidad, longitud y espesor de pared, así como el empotramiento.
9. Descripción de cualquier movimiento del suelo o del agua, estabilidad de la campana y de las paredes, pérdida de suelo, métodos de control y necesidades de bombeo.
10. Datos obtenidos de la medición directa del barreno y de la campana.
11. Descripción de los métodos de limpieza y grado de limpieza alcanzado inicialmente.
12. Elevación a la cual se encontró el material de apoyo.
13. Descripción del grado de limpieza justamente antes de colar el concreto.
14. Registro de la inspección del acero de refuerzo en cuanto a posición y calidad.
15. Método de colocación del concreto entregado en obra incluyendo el control del revenimiento.
16. Registro de cualquier desviación de las especificaciones y decisiones tomadas al respecto.

### **6.3 AJUSTES DEL PROYECTO DURANTE LA OBRA.**

La siguiente información fue tomada de los trabajos de la construcción de la cimentación, en el cual varias pilas tuvieron problemas para su ejecución, debido principalmente a la inestabilidad de relleno, compuesto de boleos y gravas en estado muy suelto; por lo que fue necesario realizar la perforación mediante el uso de ademes metálicos de diferentes diámetros y espesores de pared. Inicialmente se probó estabilizar estos rellenos con el lodo bentonítico, no resultando satisfactorio. En pocas perforaciones se estabilizó la excavación con lodo bentonítico

#### **6.3.1 Observaciones sobre pilas con problemas aislados.**

##### **a) Pilas N-7**

Al inicio de la perforación, se tuvieron problemas con derrumbes, por la presencia del relleno compuesto por boleos y gravas, en estado suelto; esta situación obligo a emplear ademe metálico hasta 24.00 m de profundidad, sin encontrar el manto de apoyo, el nivel freático se detectó a la profundidad de 19.10 m (a partir del sótano 3, nivel -31.60).

Debido a que no se pudo continuar con la perforación, por la presencia del nivel freático, se tomó la decisión por la Dirección Técnica de la Obra representada por: el cliente, y los Consultores de Estructuras y Geotecnia, por realizar una serie de sondeos complementarios para detectar la profundidad del estrato resistente. De la información obtenida de los sondeos, se tomó la decisión de sustituir la pila original por dos pilas, cada una a 5 m del eje, unidas por una contratrabe, para evitar la pila sustituta, por quedar ademes metálicos sin recuperar.

Para realizar las perforaciones, se recomendó previamente colocar un brocal de concreto al inicio de la excavación, como se muestra en la Fig. 50, con objeto de evitar derrumbes de las paredes, y a la vez para que sirviera de guía al momento del hincado de los ademes, y para disminuir desplomes y desfazamientos.

El procedimiento de excavación propuesto, fue por medio del "Telescopiado", el cual consiste en emplear ademes de distintos diámetros conforme avanza la excavación, con el fin de detener los empujes activos que se generan sobre la pared del ademe, si es que no existe la suficiente cohesión en el material que envuelve a la perforación, tal como se muestra en la Fig. 50.

**b) PILA M-7**

Al momento de realizar la excavación se tuvieron los mismos problemas que en la Pila N-7, por lo que se realizó un sondeo próximo al punto de localización de la pila, para determinar la profundidad del manto resistente; se tomó la decisión de resolver el problema de manera similar al caso de la pila N-7.

**c) PILA L-7**

Se realizó un sondeo próximo a la localización de la pila para determinar la profundidad del manto resistente. Por lo que se tomó la misma decisión de sustituir la pila original por 2 pilas.

En la Tabla 6.4.1, se indica las profundidades de desplante de las pilas con problemas, en el Eje "7" así como la solución de otras pilas basadas en los resultados de los sondeos ejecutados próximos a la ubicación de esas pilas.

**d) Sondeos Complementarios en Obra.**

Con el objeto de determinar la profundidad del estrato resistente, en la zona donde no fue posible detectarlo mediante la excavación para las pilas, se realizaron 11 sondeos complementarios (ver fig. 52 a 61), detectando a diferentes profundidades el manto resistente, apoyados con esta información, no se pudo determinar ninguna correlación estratigráfica entre ellos, por tener una variación tanto del espesor del relleno como de la profundidad del manto resistente; aún estando cercanos los sondeos, uno del otro (especialmente en esta eje). La ubicación de los sondeos complementarios presenta en la fig. 51.

La supervisión de mecánica de suelos programo 8 sondeos complementarios, debido a la incertidumbre en el eje 7; a solicitud del cliente se realizaron 4 sondeos más, aún con la explicación que no se requería.

En la Tabla siguiente se presentan la profundidad explorada de los sondeos complementarios; así como la ubicación de los sondeos, y la profundidad de desplante de las pilas problema.

**TABLA DE SONDEOS COMPLEMENTARIOS.**

| <i>Localización Original de la pila</i> | <i>Localización Final de la pila</i> | <i>Prof. de Desplante</i> | <i>Diámetro de la Base de la Pila</i> | <i>Carga de Proyecto</i> | <i>Sondeos Realizados</i> | <i>Prof. del Sondeo</i> |
|---|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| <i>Eje</i>                              | <i>Eje</i>                           | <i>"Df (m)"</i>           | <i>"φ" (m)</i>                        | <i>Ton</i>               |                           | <i>(m)</i>              |
| <b>N-7</b>                              | N( 6 - 7 )                           | 21.90                     | 1.60                                  | 1,319.00                 | SM-1                      | 31.07                   |
|   | N ( 7 - 8 )                          | 28.90                     | 1.60                                  |                          | SM-2                      | 24.43                   |
|   |                                      |                           |                                       |                          | SM-3                      | 32.20                   |
| <b>M-7</b>                              | M( 6 - 7 )                           | 15.50                     | 2.50                                  | 1,286.00                 | SM-4                      | 31.50                   |
|   | M ( 7 - 8 )                          | 30.46                     | 1.90                                  |                          |                           |                         |
| <b>L-7</b>                              | L( 6 - 7 )                           | 15.00                     | 2.50                                  | 1,143.00                 | SM-6                      | 27.90                   |
|   | L ( 7 - 8 )                          | 26.00                     | 1.60                                  |                          |                           |                         |
| <b>L-8</b>                              | --                                   | 23.50                     | 1.30                                  | 355.00                   | SM-8                      | 31.20                   |
| <b>Rampa Norte 6,7,8,9</b>              | --                                   | en promedio 14.50         | --                                    | 143.00                   | SM-7                      | 20.05                   |

Con base en la información obtenida de los resultados de los reportes de semanales de la supervisión técnica de mecánica de suelos; así como de los resultados de los 11 sondeos complementarios ejecutados en el área de interés, para determinar la profundidad exacta a la que se encontraba el manto resistente, se realizó el plano de curvas de nivel del manto resistente, así como el plano de curvas de nivel de desplante de la cimentación a base de pilas, ver Fig. 62 a 63.

## 6.4 CONCLUSIONES.

Con base en las observaciones realizadas en la zona de estudio, donde se construyó el Centro Corporativo Santa Fe, ubicado en la Av Prolongación. Paseo de la Reforma s/n; Col. Santa Fe, en esta Ciudad de México, ahora edificio de "Serfin" y tomando en cuenta la composición estratigráfica del subsuelo determinada de los sondeos de exploración ejecutados en esta área y los resultados de los ensayos de Laboratorio realizados, se pueden establecer las siguientes conclusiones, en cuanto a la naturaleza y propiedades del subsuelo y las recomendaciones relativas a la cimentación de dicha estructura y al trabajo realizado.

### 6.4.1 COMPOSICIÓN GENERAL DEL SUBSUELO.

De los 5 sondeos preliminares realizados en el área de estudio y de los resultados de los ensayos de laboratorio, se determinó una primera estratigrafía del subsuelo mismo que se resume en el capítulo 5, estratigrafía que se consideró suficiente para determinar el tipo de cimentación y verificación del estrato de apoyo; sin embargo, se decidió por la dirección de obra precisar la información con 11 sondeos complementarios la estratigrafía en los ejes con problema. El análisis se apoyo con la estratigrafía de cálculo correspondientes al área de influencia de los sondeos SM-2, SM-4 y SM-5, ver figs. 43 a 45.

### 6.4.2 TIPO DE CIMENTACIÓN RECOMENDABLE.

De acuerdo a la naturaleza y propiedades mecánicas del suelo explorado y teniendo en cuenta el diseño arquitectónico del edificio, se concluye que el tipo de cimentación más adecuado es el de tipo profundo a base de *Pilas* de concreto colados en el sitio, con una profundidad de desplante entre 15.80 y 25.00 m, con respecto al nivel de banqueteta del predio. Las pilas se harán con campana, con un diámetro entre 1.00 a 2.50 m.

Los elementos de retención definitivos que sea necesario construir, deberán diseñarse para soportar las presiones externas del suelo que se presenta en la Fig. 49.

### 6.4.3 TRABAJOS COMPLEMENTARIOS DE MECÁNICA DE SUELOS.

Durante la construcción de la cimentación se presentaron varios problemas específicos, ver cap. 6.4 en el eje 7 se tuvieron problemas de derrumbes por la presencia del relleno compuesto por boleas y gravas en estado suelto, situación que obligó a emplear ademe metálico de diferentes diámetros y espesores de pared, para la construcción de las pilas; lo cual aunado con la dificultad de detectar el manto resistente dificultó la realización de éstas; por ello hubo necesidad de realizar 11 sondeos complementarios; localizados en su mayoría en el eje 7, ver Fig. 51, los perfiles estratigráficos complementarios realizados se presentan en las Fig. 52 a 61.

De los resultados obtenidos de los sondeos complementarios, y apoyados en la información de la excavación y desplante de las pilas, se realizó el plano de Curvas de Nivel del Manto

Resistente y el desplante de las pilas ver fig. 62 a 63, observando la variación que tuvo el manto resistente, influyendo la explotación de los materiales en el eje 7, así como el relleno.

#### 6.4.4 RECOMENDACIONES.

##### Exploración Geotécnica.

Se recomienda y propone realizar el estudio de mecánica de suelos en la zona de Lomas (con los problemas señalados anteriormente en esta zona), mediante la siguiente metodología para obtener resultados más reales; el cual conlleva a favor de la planeación de la obra (tiempo-costeo)

- a) *Recorrido de la zona* Con el fin de conocer y delimitar los materiales que afloran en la zona, es necesario llevar a cabo un reconocimiento geológico en el lugar, para definir el corte geológico de la zona y en planta; así como información complementaria de personas que vivan cerca del lugar de estudio de los cambios que ha sufrido el lugar como probables bocaminas, etc., para continuar el siguiente paso
- b) *Fotointerpretación.* La interpretación de fotografía aérea, no solo es para definir las variaciones de rellenos a través del tiempo; sino es una herramienta para establecer la topografía del lugar de estudio en sus diferentes etapas, para definir la profundidad del estrato de apoyo, mediante la reconstrucción fotográfica del lugar. La decisión de cimentar la edificación (en este caso) con pilas resulta evidente; de acuerdo a la experiencia. El cual se puede considerar un método de exploración directo, como paso para la exploración aérea del lugar.
- c) *Las pruebas de isorresistividad eléctrica,* tiene el objeto de definir la probabilidad de cavernas bajo el terreno y la configuración aproximada del estrato resistente, siendo este un método indirecto. De acuerdo a la visita en el lugar, resultados de fotointerpretación y de isorresistividad no se detectaron cavernas (resultados satisfactorios), y la configuración del estrato resistente detectado, son valores detectados perimetralmente y puntual, (resultados no satisfactorios).
- d) *Exploración.* El objetivo de la exploración es precisar la estratigrafía del sitio. Por ser una zona de rellenos, el fin sería definir la profundidad del estrato resistente. Este paso se sustentará en los resultados obtenidos en los pasos anteriores, para establecer una campaña de sondeos directos (ubicados estratégicamente) de avance controlado, por tener materiales de boleas, gravas, etc., llevando a profundidades variables apoyados en los resultados de la reconstrucción fotográfica (punto b), registrando en campo la velocidad de avance y registrando el tiempo necesario para perforar 10 cm, y detectar el estrato de apoyo, así como su recuperación de muestras para comparar la fotointerpretación con los resultados obtenidos de campo.

Si los resultados de interpretación fotográfica, señalan el estrato resistente a flor de terreno, se harán pozos a cielo abierto para descubrirlos y mostrarlos (siempre que se tenga la seguridad topográfica de un punto de apoyo en el lugar (poste, formación geológica sin cambios, etc.). Además se hará un levantamiento topográfico de la ubicación de los sondeos, para ubicarlo dentro del predio y edificación.

- e) *Ensaye de Laboratorio*. En las muestras obtenidas de la exploración de campo, se determinarán las propiedades índice, así como las pruebas mecánicas en las muestras inalteradas, para definir las condiciones estratigráficas y geotécnicas del lugar.

#### Trabajos de Gabinete

- f) *Trabajos de Gabinete*. De acuerdo a los resultados obtenidos se diseñará la cimentación, de acuerdo al proyecto arquitectónico, y ser lo más claro en cuanto a la profundidad de desplante en cada eje de la cimentación, para cotización posterior para su construcción y ejecución. El proceso constructivo deberá estar acorde con las características del subsuelo que se atacará. Para este caso, por ser una zona con rellenos de gravas y boleos, la solución fue a base de pilas, por lo que es necesario considerar las siguientes observaciones emanadas de la experiencia en esta obra:

- Construir una pila en este subsuelo resulta un reto, para efectuar una perforación en forma estable sin utilizar el ademe adecuado. El utilizar lodo bentonítico para ademar la perforación no resulta práctico, por que no se puede estabilizar con ninguna clase de lodos.
- El equipo empleado fueron una perforadora Watson, modelo 2000, con profundidades de alcance de 32 m, cortadora, bote amplificador, trépano y grúas móviles de pluma rígida, marca Link Belt, modelo LS L08-B. Se utilizó ademes con diferentes espesores de pared (este equipo es especial para la zona de lago y de transición). Hubo el caso en los ejes 7-L, M y N que por problemas operativos del ademe, lo deformaron siendo antifuncional y por la profundidad del desplante tuvieron que ser desechadas y sustituidas por parejas de pilas y grandes contratrabes. Para lograr el desplante de la pila con el equipo de perforación que se contaba en la obra se resolvió con el sistema de telescopiado ver fig. 50. El rendimiento de la construcción de pilas, fue desde un avance de 1 pila diaria hasta pilas que se tardaron 2 semanas en ser concluidas.
- EL equipo idóneo, para la construcción de pilas en esta zona de rellenos es mediante un oscilador con el ademe integrado que evita el problema de los caídos y un ataque más fácil a los boleos, con rendimientos de 1 a 2 pilas diarias, datos obtenidos de la construcción vecina el cual contó con la experiencia previa de la problemática que se tenía en esta obra.
- En la obra vecina se contrato el equipo (oscilador), habiendo ya construídas casi un tercio del total de pilas; y por su rendimiento terminó la construcción más de la mitad de las pilas en la obra vecina. Por cuestiones de presupuesto, la cotización era más alta que la de los otros contratistas.
- Cuando el diseño de las pilas sea con campana, la tubería de ademe se debe de llevar hasta rebasar la zona de relleno, con el propósito de efectuar la ampliación en un terreno homogéneo mediante la herramienta especial (bote amplificador), o manualmente.
- No es recomendable realizar pilas con campana en zonas con nivel freático, ya que no hay la seguridad en las dimensiones y la limpieza de las campanas, por lo que es

necesario empotrarla la pila en el estrato de apoyo, de acuerdo a la bajada de cargas que se tenga en dicho eje.

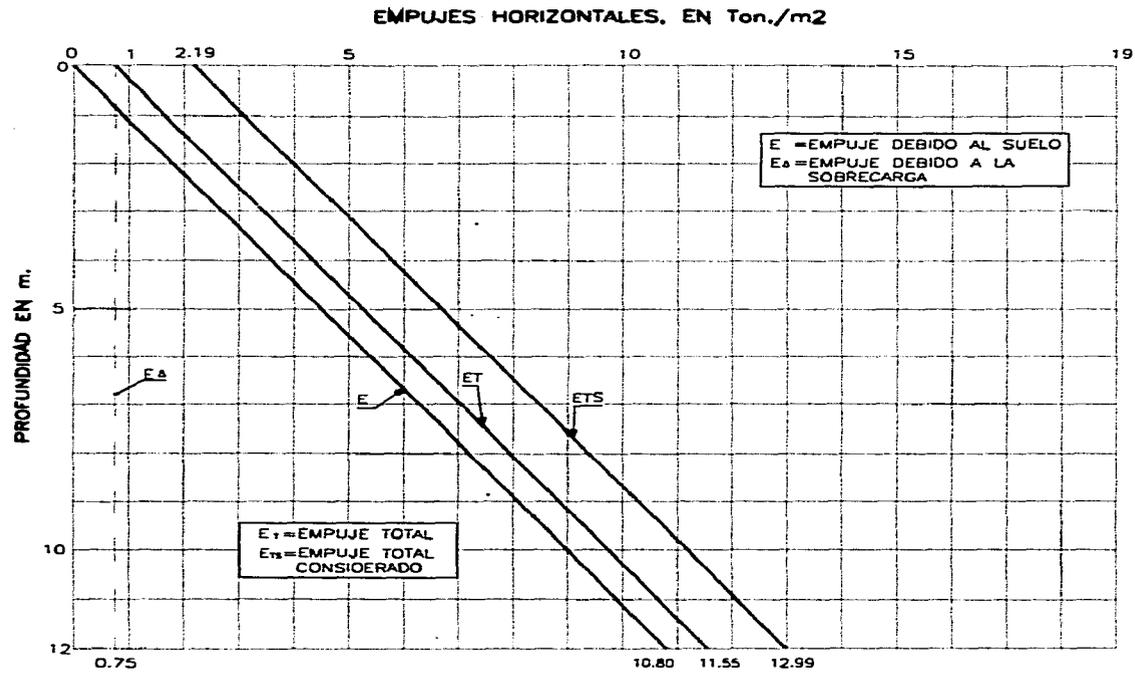
- Pilas con campana, deberán construirse con un fuste mayor de 1.00 m, comercialmente se manejan diámetros de 1.20 m, La razón es considerar el recubrimiento para protección del armado. Además de haber llevado la perforación al nivel de desplante y efectuada la limpieza.
- Cuando las pilas por construir sean de longitud mayor que la altura de la pluma de la máquina que debe introducir el refuerzo, lo podrá hacer en partes, procurando efectuar los traslapes de acuerdo con las especificaciones, es decir que el 50% en otra, cuidando la continuidad de todas las varillas y colocando las separaciones para asegurar el recubrimiento; es conveniente no doblar el refuerzo en el desplante ya que no hay ninguna razón técnica para ello y se puede generar la posibilidad de que el concreto no lo recubra adecuadamente, quedando la pila con un apoyo incierto.

g) Para el relleno lateral de las paredes del estacionamiento, se recomienda colocar siempre y cuando el concreto alcance el 75% de su resistencia de proyecto, con el fin de evitar deformaciones en el muro o paredes.

#### *Supervisión Técnica*

h) Se recomienda antes de iniciar los trabajos de cimentación; tener un Supervisor Técnico de Mecánica de Suelos, con el objeto de tomar medidas preventivas y/o correctivas necesarias tal como se indicó en el capítulo 6.4.

**FIGURAS**



**Fig. 49 DIAGRAMA DE PRESIONES HORIZONTALES**

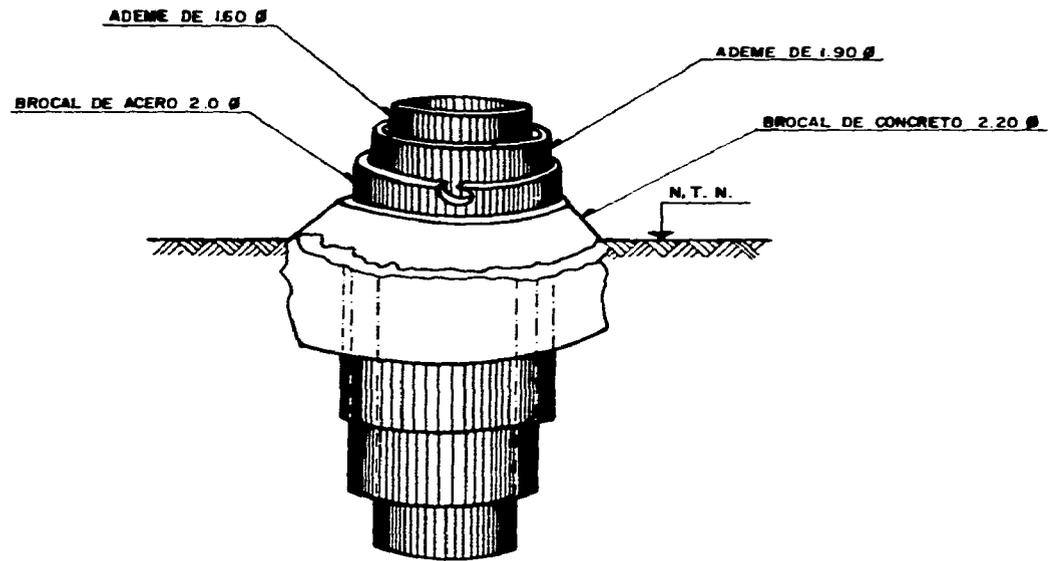


Fig. 50

SISTEMA DE TELESCOPIADD

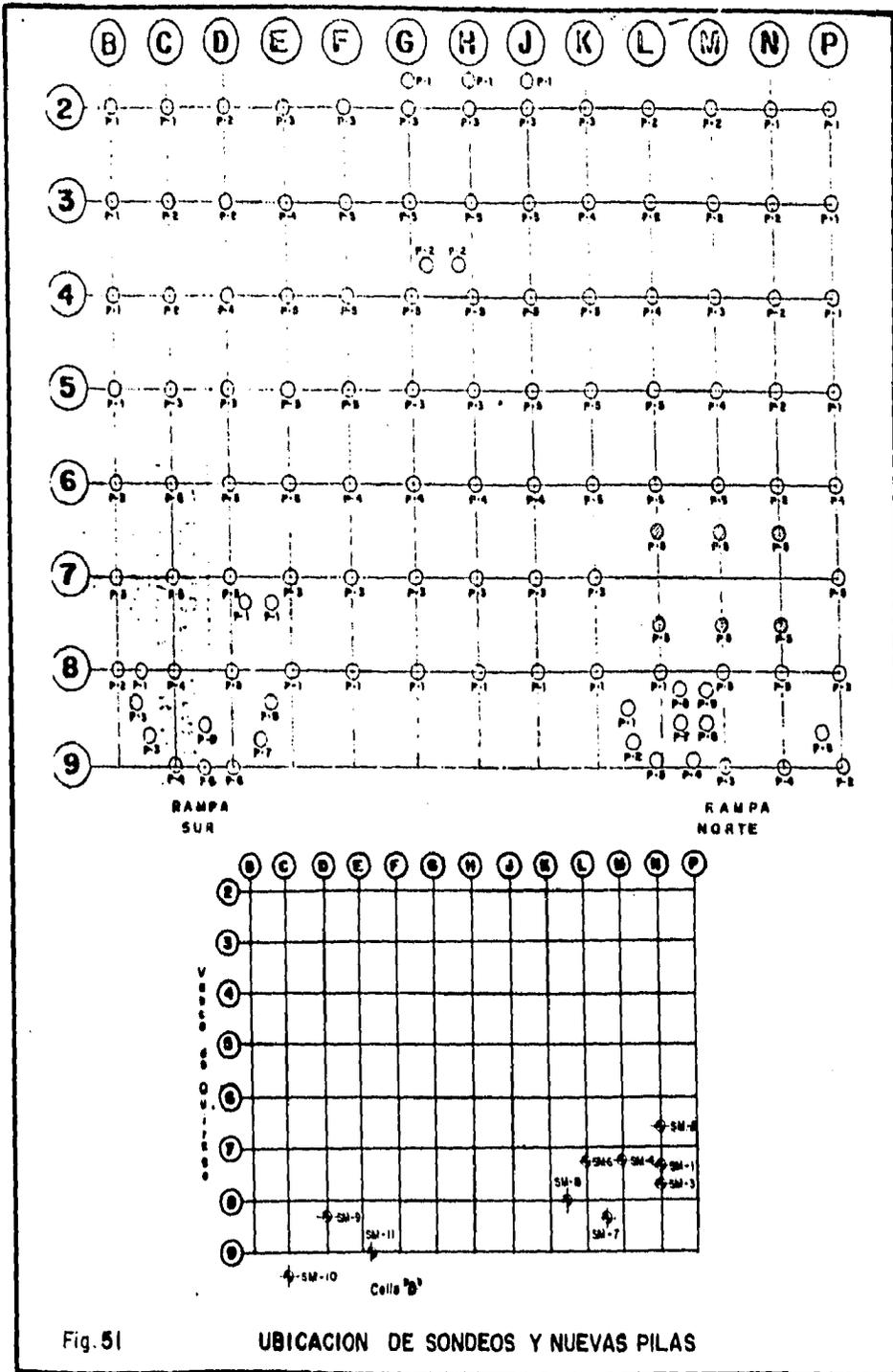


Fig. 51

UBICACION DE SONDEOS Y NUEVAS PILAS

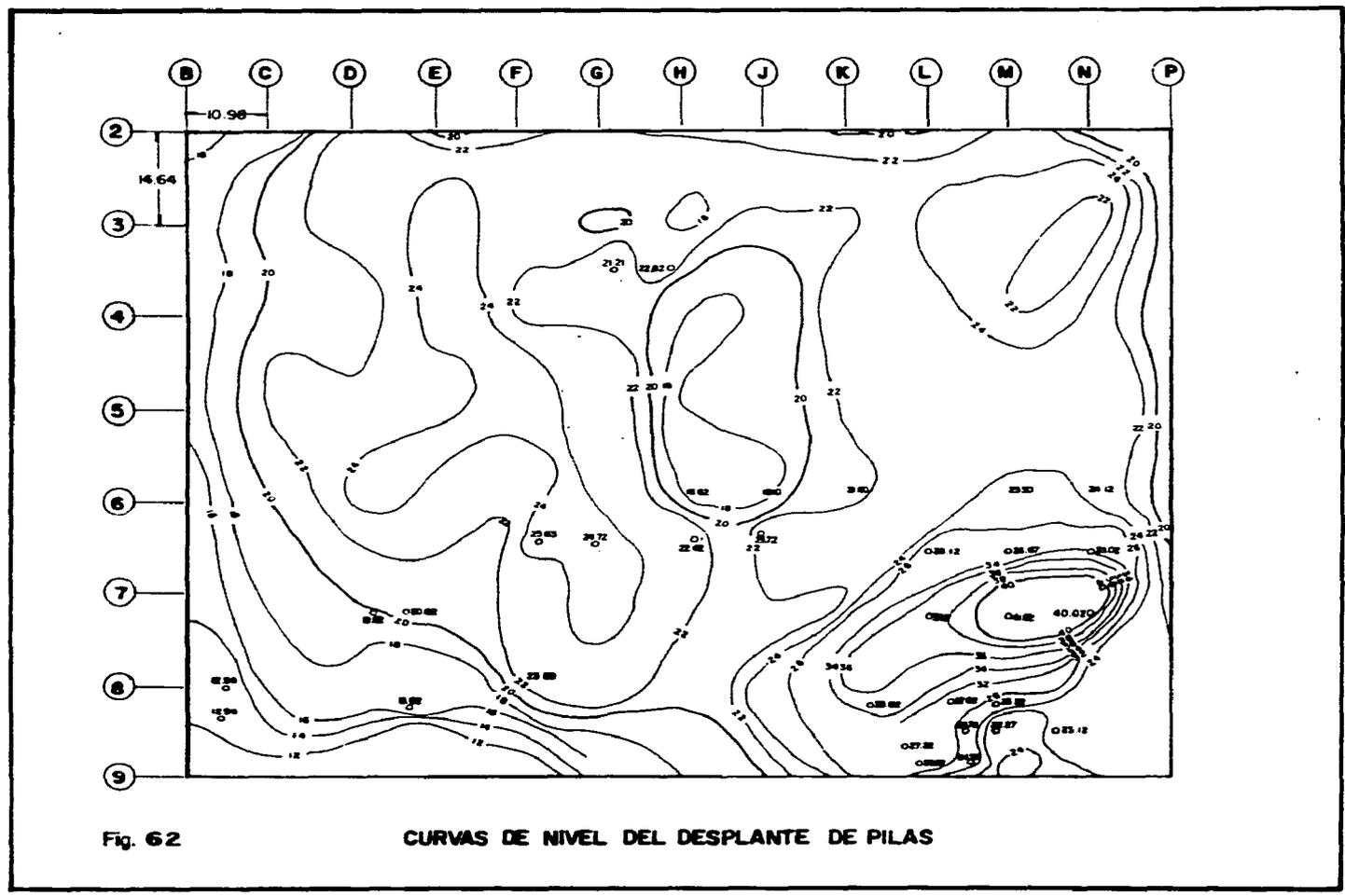


Fig. 62

CURVAS DE NIVEL DEL DESPLANTE DE PILAS

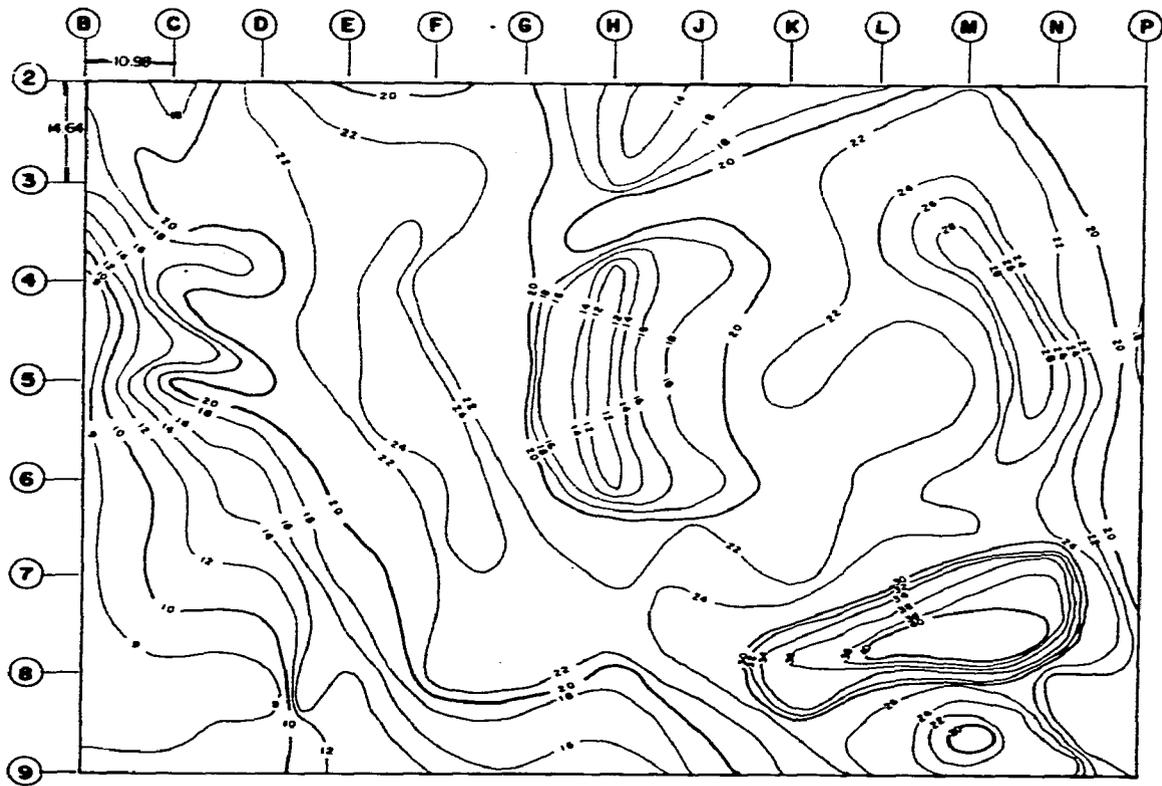


Fig. 63

CURVAS DE NIVEL DEL MATERIAL RESISTENTE

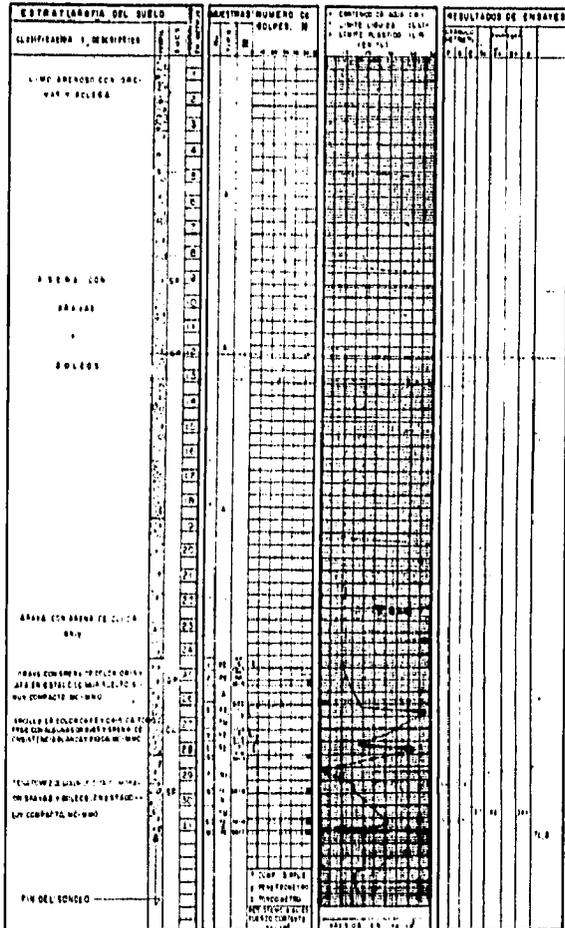
# PERFIL ESTRATIGRAFICO

## SONDEO MIXTO N.º 1

### SANTA FE

MEXICO, D.F.

PEQUEÑA ESCALA  
GRAN ESCALA



| NOMENCLATURA   | Símbolos | ENSAYES                                 | TIPO DE MUESTRO                   |
|--|----------|---|-----------------------------------|
| 1. Tipo de Fines   |          | T.º de Plasticidad                      | F. S.º Tipo de Suelo              |
| 2. Tipo de Arena   |          | T.º de Límite Líquido y Plástico        | B. D.º Tipo de Textura            |
| 3. Tipo de Grava   |          | Limitación                              | P. E.º Clasificación Estándar     |
| 4. Densidad de Sólidos   |          | C.º Fracción de Compactación            | T.º M.º Tipo de Muestra           |
| 5. Peso específico de partículas sueltas, en Tipo A            |          | C.º Fracción de Compactación            | M. P.º Método de Toma             |
| 6. Densidad  |          | T.º Fracción de Torsión                 | P. P.º Tipo de Probeta            |
| 7. Índice de Plasticidad                                       |          | A.º Fracción de Compresión Simple       | P. M.º Método de Muestreo         |
| 8. Límite de Contracción Volumétrica                           |          | CO Fracción de Corte Directo            | R.º Método de Muestreo            |
| 9. Compactación  |          | U Fracción de Resistencia a la Tracción | SEUDO Tipo de Muestra             |
| 10. Ángulo de Fricción Interna                                 |          |   | E. M.º Estratificación y Muestreo |
| 11. Fundamento Consolidado                                     |          |   | N.º Tipo de Muestra               |
| 12. Módulo Elástico Dinámico                                   |          |   |                                   |
| 13. Resistencia al corte en estado no drenado                  |          |   |                                   |
| 14. Resistencia al corte en estado drenado                     |          |   |                                   |
| 15. Resistencia al corte en estado drenado y estado no drenado |          |   |                                   |

**OPCION SANTA FE**  
 MEXICO, D.F.

Fig 82

# PERFIL ESTRATIGRAFICO

## SONDEO MIXTO N. 2

### SANTA FE

FORM. 2001, 1961  
774 (REV. 11-1961)

MEXICO, D.F.

| ESTRATIGRAFIA DEL SUELO   | METROS | NÚMERO DE<br>"SOLERA" | CONTENIDO MEDIO<br>DE CEMENTO (%) | RESULTADO DE ENSAYES                                    |   |
|---|--------|-----------------------|-----------------------------------|---|---|
|   |        |                       |                                   | RESISTENCIA<br>A LA COMPRESION<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) | RESISTENCIA<br>A LA TRACCION<br>(kg/cm <sup>2</sup> ) |
| CLASIFICACION Y DESCRIPCION   | 0      | 1                     |                                   |   |   |
| MUELLA DE TIPO "E" CON<br>CONTENIDO MEDIO DE CEMENTO<br>PARA EN ESTE MUELLA | 0.00   | 1                     |                                   |   |   |
|   | 0.05   | 2                     |                                   |   |   |
|   | 0.10   | 3                     |                                   |   |   |
|   | 0.15   | 4                     |                                   |   |   |
|   | 0.20   | 5                     |                                   |   |   |
|   | 0.25   | 6                     |                                   |   |   |
|   | 0.30   | 7                     |                                   |   |   |
|   | 0.35   | 8                     |                                   |   |   |
|   | 0.40   | 9                     |                                   |   |   |
|   | 0.45   | 10                    |                                   |   |   |
| MUELLA DE TIPO "E" CON<br>CONTENIDO MEDIO DE CEMENTO<br>PARA EN ESTE MUELLA | 0.50   | 11                    |                                   |   |   |
|   | 0.55   | 12                    |                                   |   |   |
|   | 0.60   | 13                    |                                   |   |   |
|   | 0.65   | 14                    |                                   |   |   |
|   | 0.70   | 15                    |                                   |   |   |
|   | 0.75   | 16                    |                                   |   |   |
|   | 0.80   | 17                    |                                   |   |   |
|   | 0.85   | 18                    |                                   |   |   |
|   | 0.90   | 19                    |                                   |   |   |
|   | 0.95   | 20                    |                                   |   |   |
| MUELLA DE TIPO "E" CON<br>CONTENIDO MEDIO DE CEMENTO<br>PARA EN ESTE MUELLA | 1.00   | 21                    |                                   |   |   |
|   | 1.05   | 22                    |                                   |   |   |
|   | 1.10   | 23                    |                                   |   |   |
|   | 1.15   | 24                    |                                   |   |   |
|   | 1.20   | 25                    |                                   |   |   |
|   | 1.25   | 26                    |                                   |   |   |
|   | 1.30   | 27                    |                                   |   |   |
|   | 1.35   | 28                    |                                   |   |   |
|   | 1.40   | 29                    |                                   |   |   |
|   | 1.45   | 30                    |                                   |   |   |
| MUELLA DE TIPO "E" CON<br>CONTENIDO MEDIO DE CEMENTO<br>PARA EN ESTE MUELLA | 1.50   | 31                    |                                   |   |   |
|   | 1.55   | 32                    |                                   |   |   |
|   | 1.60   | 33                    |                                   |   |   |
|   | 1.65   | 34                    |                                   |   |   |
|   | 1.70   | 35                    |                                   |   |   |
|   | 1.75   | 36                    |                                   |   |   |
|   | 1.80   | 37                    |                                   |   |   |
|   | 1.85   | 38                    |                                   |   |   |
|   | 1.90   | 39                    |                                   |   |   |
|   | 1.95   | 40                    |                                   |   |   |
| MUELLA DE TIPO "E" CON<br>CONTENIDO MEDIO DE CEMENTO<br>PARA EN ESTE MUELLA | 2.00   | 41                    |                                   |   |   |
|   | 2.05   | 42                    |                                   |   |   |
|   | 2.10   | 43                    |                                   |   |   |
|   | 2.15   | 44                    |                                   |   |   |
|   | 2.20   | 45                    |                                   |   |   |
|   | 2.25   | 46                    |                                   |   |   |
|   | 2.30   | 47                    |                                   |   |   |
|   | 2.35   | 48                    |                                   |   |   |
|   | 2.40   | 49                    |                                   |   |   |
|   | 2.45   | 50                    |                                   |   |   |
| FIN DEL SONDEO  | 2.50   | 51                    |                                   |   |   |

| NOMENCLATURA           | SÍMBOLOS | ENSAYES   | TIPO DE MUESTREO       |
|------------------------|----------|---|------------------------|
| 1. MueLLa de tipo "E"  | [Symbol] | 1. Resistencia a la Compresion                  | 1. MueLLa de tipo "E"  |
| 2. MueLLa de tipo "E"  | [Symbol] | 2. Resistencia a la Traccion                    | 2. MueLLa de tipo "E"  |
| 3. MueLLa de tipo "E"  | [Symbol] | 3. Resistencia a la Compresion y a la Traccion  | 3. MueLLa de tipo "E"  |
| 4. MueLLa de tipo "E"  | [Symbol] | 4. Resistencia a la Compresion y a la Traccion  | 4. MueLLa de tipo "E"  |
| 5. MueLLa de tipo "E"  | [Symbol] | 5. Resistencia a la Compresion y a la Traccion  | 5. MueLLa de tipo "E"  |
| 6. MueLLa de tipo "E"  | [Symbol] | 6. Resistencia a la Compresion y a la Traccion  | 6. MueLLa de tipo "E"  |
| 7. MueLLa de tipo "E"  | [Symbol] | 7. Resistencia a la Compresion y a la Traccion  | 7. MueLLa de tipo "E"  |
| 8. MueLLa de tipo "E"  | [Symbol] | 8. Resistencia a la Compresion y a la Traccion  | 8. MueLLa de tipo "E"  |
| 9. MueLLa de tipo "E"  | [Symbol] | 9. Resistencia a la Compresion y a la Traccion  | 9. MueLLa de tipo "E"  |
| 10. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 10. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 10. MueLLa de tipo "E" |
| 11. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 11. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 11. MueLLa de tipo "E" |
| 12. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 12. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 12. MueLLa de tipo "E" |
| 13. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 13. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 13. MueLLa de tipo "E" |
| 14. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 14. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 14. MueLLa de tipo "E" |
| 15. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 15. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 15. MueLLa de tipo "E" |
| 16. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 16. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 16. MueLLa de tipo "E" |
| 17. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 17. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 17. MueLLa de tipo "E" |
| 18. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 18. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 18. MueLLa de tipo "E" |
| 19. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 19. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 19. MueLLa de tipo "E" |
| 20. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 20. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 20. MueLLa de tipo "E" |
| 21. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 21. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 21. MueLLa de tipo "E" |
| 22. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 22. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 22. MueLLa de tipo "E" |
| 23. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 23. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 23. MueLLa de tipo "E" |
| 24. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 24. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 24. MueLLa de tipo "E" |
| 25. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 25. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 25. MueLLa de tipo "E" |
| 26. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 26. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 26. MueLLa de tipo "E" |
| 27. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 27. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 27. MueLLa de tipo "E" |
| 28. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 28. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 28. MueLLa de tipo "E" |
| 29. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 29. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 29. MueLLa de tipo "E" |
| 30. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 30. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 30. MueLLa de tipo "E" |
| 31. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 31. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 31. MueLLa de tipo "E" |
| 32. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 32. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 32. MueLLa de tipo "E" |
| 33. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 33. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 33. MueLLa de tipo "E" |
| 34. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 34. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 34. MueLLa de tipo "E" |
| 35. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 35. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 35. MueLLa de tipo "E" |
| 36. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 36. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 36. MueLLa de tipo "E" |
| 37. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 37. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 37. MueLLa de tipo "E" |
| 38. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 38. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 38. MueLLa de tipo "E" |
| 39. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 39. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 39. MueLLa de tipo "E" |
| 40. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 40. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 40. MueLLa de tipo "E" |
| 41. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 41. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 41. MueLLa de tipo "E" |
| 42. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 42. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 42. MueLLa de tipo "E" |
| 43. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 43. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 43. MueLLa de tipo "E" |
| 44. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 44. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 44. MueLLa de tipo "E" |
| 45. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 45. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 45. MueLLa de tipo "E" |
| 46. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 46. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 46. MueLLa de tipo "E" |
| 47. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 47. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 47. MueLLa de tipo "E" |
| 48. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 48. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 48. MueLLa de tipo "E" |
| 49. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 49. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 49. MueLLa de tipo "E" |
| 50. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 50. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 50. MueLLa de tipo "E" |
| 51. MueLLa de tipo "E" | [Symbol] | 51. Resistencia a la Compresion y a la Traccion | 51. MueLLa de tipo "E" |

**OPCION SANTA FE**  
MEXICO, D.F.

Fig 55



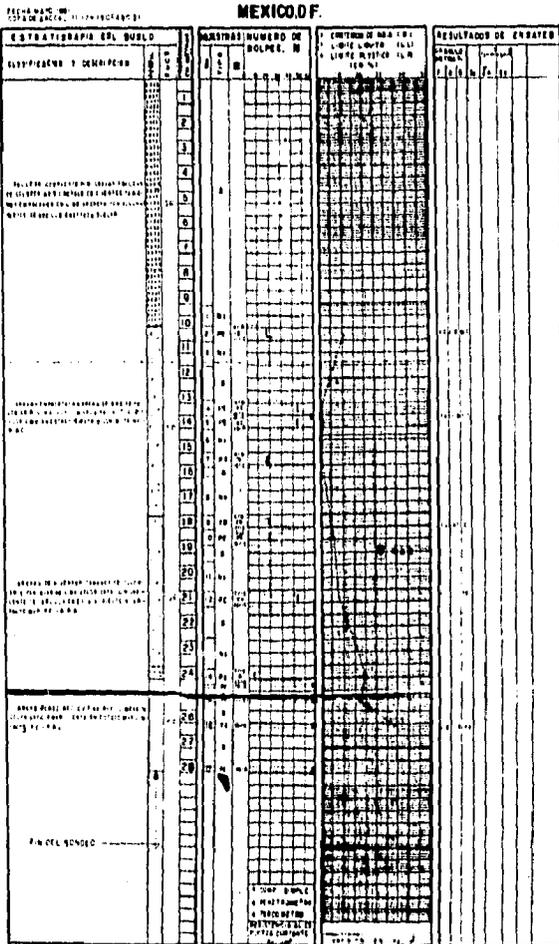


# PERFIL ESTRATIGRAFICO

## SONDEO MIXTO N.º 6

### SANTA FE

MEXICO, D.F.



| NOBENCLATURA   | SIMBOLOS | ENSAJES                             | TIPO DE MUESTREO            |
|--|----------|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1. % de Agua   |          | Wc : Prueba Triaxial                | T.S. : Test Slabs           |
| 2. % de Arena  |          | Wg : Prueba Triaxial, Edmetro       | B.C. : Bore Control         |
| 3. % de Grava  |          | Edmetro                             | P.E. : Provesas Estiradas   |
| 4. Coeficiente de Empuje   |          | Ca : Prueba de Consolidación        | U : Uplift                  |
| 5. Peso Volumétrico en estado natural, en campo                        |          | Ed : Prueba de Edmetro              | M.P. : Muestra Presión      |
| 6. Densidad  |          | Ed : Prueba de Edmetro              | P.P. : Peso Propio          |
| 7. Índice de Plasticidad   |          | Uc : Prueba de Consolidación Simple | P.H. : Prueba Horizontal    |
| 8. Límite de Consistencia Volumétrica                                  |          | Uc : Prueba de Consolidación Simple | M : Muestreo                |
| 9. Compactación  |          | Uc : Prueba de Consolidación Simple | M/C : Muestreo              |
| 10. Ángulo de Fricción Interna   |          |                                     | E.M. : Extracción a Mano    |
| 11. Coeficiente de Adhesión  |          |                                     | N.A. : No se realizó ensayo |
| 12. Módulo de Elasticidad  |          |                                     |                             |
| 13. Valor de Agua Sanitaria  |          |                                     |                             |
| 14. Resistencia a la tracción  |          |                                     |                             |
| 15. Resistencia a la compresión  |          |                                     |                             |
| 16. Resistencia a la flexión   |          |                                     |                             |
| 17. Resistencia a la torsión   |          |                                     |                             |
| 18. Resistencia a la tracción en estado saturado                       |          |                                     |                             |
| 19. Resistencia a la compresión en estado saturado                     |          |                                     |                             |
| 20. Resistencia a la flexión en estado saturado                        |          |                                     |                             |
| 21. Resistencia a la torsión en estado saturado                        |          |                                     |                             |
| 22. Resistencia a la tracción en estado saturado y a 100% de humedad   |          |                                     |                             |
| 23. Resistencia a la compresión en estado saturado y a 100% de humedad |          |                                     |                             |
| 24. Resistencia a la flexión en estado saturado y a 100% de humedad    |          |                                     |                             |
| 25. Resistencia a la torsión en estado saturado y a 100% de humedad    |          |                                     |                             |

**OPCIÓN SANTA FE**  
MEXICO, D.F.

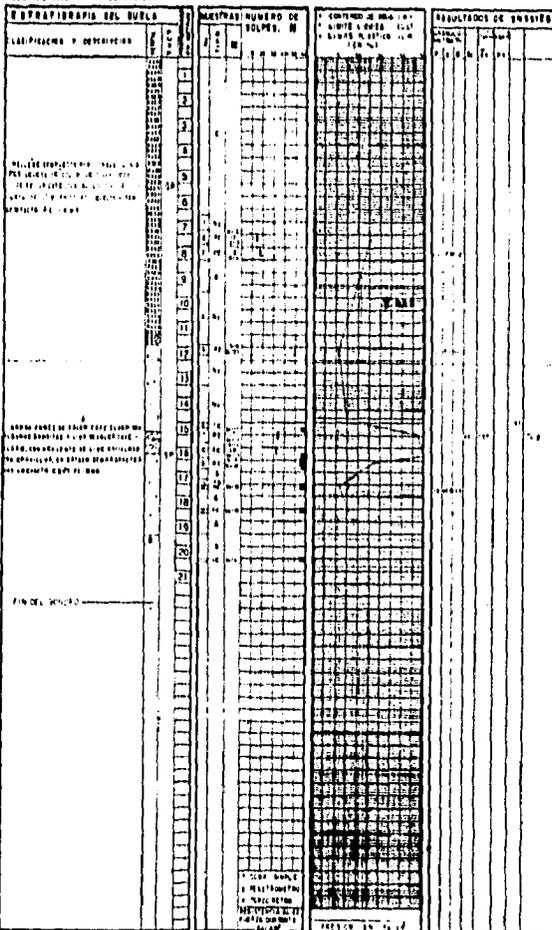
Fig 86

# PERFILES STRATIGRAFICO

SONDEO MIXTO N. 7

SANTA FE

MEXICO, D.F.



|                            |                  |                               |                         |
|----------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------|
| <b>NOMENCLATURA:</b>       | <b>SIMBOLOS:</b> | <b>EMPAQUES:</b>              | <b>TIPO DE MUESTRO:</b> |
| 1. Tierra Fina             | Arena            | Ta. 1. Plomo Plomado          | T.S. 1. Plomo Plomado   |
| 2. Tierra Gruesa           | Lm               | Tg. 1. Plomo Plomado Exterior | S.D. 1. Plomo Plomado   |
| 3. Tierra Gravel           | Arena            | Lm. 1. Plomo Plomado          | P.E. 1. Plomo Plomado   |
| 4. Capas de Siltos         | Arena            | Cu. 1. Plomo Plomado          | T.M. 1. Plomo Plomado   |
| 5. Capas de Arcillas       | Arena            | Ex. 1. Plomo Plomado          | A. 1. Plomo Plomado     |
| 6. Capas de Yesos          | Arena            | Tg. 1. Plomo Plomado          | P.P. 1. Plomo Plomado   |
| 7. Capas de Plásticos      | Arena            | St. 1. Plomo Plomado          | S. 1. Plomo Plomado     |
| 8. Capas de Carbón         | Arena            | CC. 1. Plomo Plomado          | GC. 1. Plomo Plomado    |
| 9. Capas de Cemento        | Arena            |                               | E.M. 1. Plomo Plomado   |
| 10. Capas de Hierro        | Arena            |                               | S.C. 1. Plomo Plomado   |
| 11. Capas de Cobre         | Arena            |                               |                         |
| 12. Capas de Zinc          | Arena            |                               |                         |
| 13. Capas de Plomo         | Arena            |                               |                         |
| 14. Capas de Mercurio      | Arena            |                               |                         |
| 15. Capas de Otros Metales | Arena            |                               |                         |

**OPCION SANTA FE**  
 MEXICO, D.F.

Fig 87

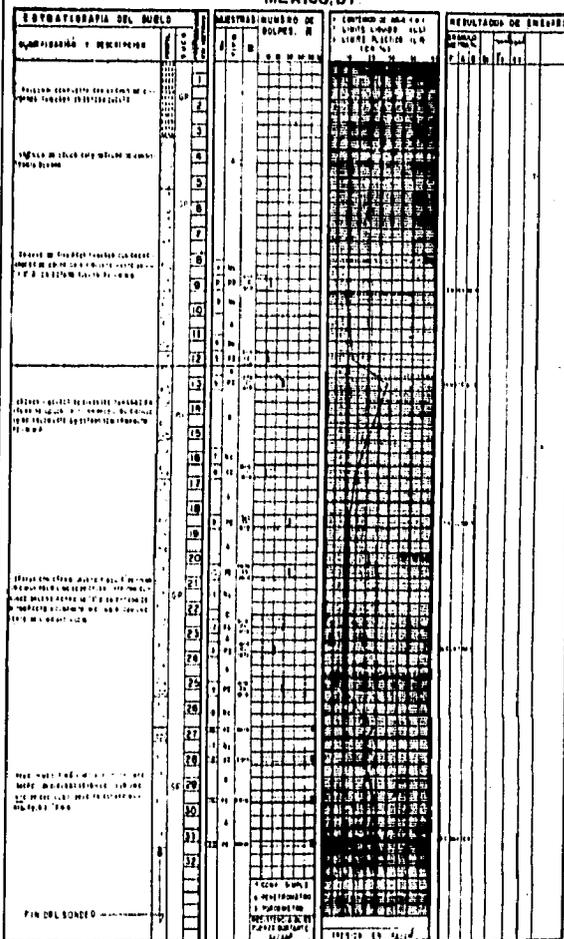
# PERFIL ESTRATIGRAFICO

SONDEO MIXTO N.º 8

SANTA FE

MEXICO, D.F.

MEMO NÚMERO: 117-2010180-01



| NO MENCLATURA:                                | SÍMBOLOS: | ENSAYES:                        | TIPO DE MUESTREO:         |
|---|-----------|---------------------------------|---------------------------|
| 1. % de Fines                                 |           | Te: Prueba Triaxial             | T.S.: Trazo Shelby        |
| 2. % de Arena                                 |           | Tg: Prueba Triaxial Espalada    | B.O.: Buzo Oscilante      |
| 3. % de Grava                                 |           | Ct: Prueba de Consolidación     | P.E.: Probeta Estática    |
| 4. Coeficiente de Skempton                    |           | Cv: Prueba de Consolidación     | A.: Anverso               |
| 5. Poro-Compresión en estado natural, en T/σ' |           | St: Prueba de Excentricación    | M.P.: Muestra Perforada   |
| 6. Coeficiente de Poisson                     |           | Td: Prueba de Torsión           | P.P.: Probeta Profunda    |
| 7. Límite de Compresión Volumétrica           |           | Sw: Prueba de Compresión Simple | P.H.: Probeta Horizontal  |
| 8. Coeficiente de Poisson                     |           | Co: Prueba de Corte Directo     | R.: Rotación              |
| 9. Ángulo de Fricción Interna                 |           |                                 | GO: Glicerina             |
| 10. Fluencia Compresiva                       |           |                                 | E.M.: Extensión y Muestra |
| 11. Módulo Modulo Oedometrico                 |           |                                 | S.V.: Extensión y Muestra |
| 12. Nivel de Agua Subterránea                 |           |                                 |                           |
| 13. Resistencia Extensión en estado natural   |           |                                 |                           |
| 14. Resistencia Extensión en estado natural   |           |                                 |                           |
| 15. Resistencia Extensión en estado natural   |           |                                 |                           |

**OPCIÓN SANTA FE**  
MEXICO, D.F.

Fig. 68

# PERFIL ESTRATIGRAFICO

SONDEO MIXTO N.º 9

SANTA FE

ESTAD. UNO-1981  
SECRETARÍA NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA

MEXICO, D.F.

| ESTRATIGRAFIA DEL SUELO<br>DESCRIPCIÓN Y DESCRIPCIONES | COTAS (m) | MUESTRA NÚMERO DE COLAS, D | ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE SUELO (MUESTRAS DE SUELO NÚMERO DE COLAS, D) | RESULTADOS DE ANÁLISIS |       |
|--|-----------|----------------------------|--|------------------------|-------|
|  |           |                            |  | W (%)                  | L (%) |
|  | 0         |                            |  |                        |       |
|  | 1         |                            |  |                        |       |
|  | 2         |                            |  |                        |       |
|  | 3         |                            |  |                        |       |
|  | 4         |                            |  |                        |       |
|  | 5         |                            |  |                        |       |
|  | 6         |                            |  |                        |       |
|  | 7         |                            |  |                        |       |
|  | 8         |                            |  |                        |       |
|  | 9         |                            |  |                        |       |
|  | 10        |                            |  |                        |       |
|  | 11        |                            |  |                        |       |
|  | 12        |                            |  |                        |       |
|  | 13        |                            |  |                        |       |
|  | 14        |                            |  |                        |       |
|  | 15        |                            |  |                        |       |
|  | 16        |                            |  |                        |       |
|  | 17        |                            |  |                        |       |
|  | 18        |                            |  |                        |       |
|  | 19        |                            |  |                        |       |
|  | 20        |                            |  |                        |       |
|  | 21        |                            |  |                        |       |
|  | 22        |                            |  |                        |       |
|  | 23        |                            |  |                        |       |
|  | 24        |                            |  |                        |       |
|  | 25        |                            |  |                        |       |
|  | 26        |                            |  |                        |       |
|  | 27        |                            |  |                        |       |
|  | 28        |                            |  |                        |       |
|  | 29        |                            |  |                        |       |
|  | 30        |                            |  |                        |       |
|  | 31        |                            |  |                        |       |
|  | 32        |                            |  |                        |       |
|  | 33        |                            |  |                        |       |
|  | 34        |                            |  |                        |       |
|  | 35        |                            |  |                        |       |
|  | 36        |                            |  |                        |       |
|  | 37        |                            |  |                        |       |
|  | 38        |                            |  |                        |       |
|  | 39        |                            |  |                        |       |
|  | 40        |                            |  |                        |       |
|  | 41        |                            |  |                        |       |
|  | 42        |                            |  |                        |       |
|  | 43        |                            |  |                        |       |
|  | 44        |                            |  |                        |       |
|  | 45        |                            |  |                        |       |
|  | 46        |                            |  |                        |       |
|  | 47        |                            |  |                        |       |
|  | 48        |                            |  |                        |       |
|  | 49        |                            |  |                        |       |
|  | 50        |                            |  |                        |       |
|  | 51        |                            |  |                        |       |
|  | 52        |                            |  |                        |       |
|  | 53        |                            |  |                        |       |
|  | 54        |                            |  |                        |       |
|  | 55        |                            |  |                        |       |
|  | 56        |                            |  |                        |       |
|  | 57        |                            |  |                        |       |
|  | 58        |                            |  |                        |       |
|  | 59        |                            |  |                        |       |
|  | 60        |                            |  |                        |       |
|  | 61        |                            |  |                        |       |
|  | 62        |                            |  |                        |       |
|  | 63        |                            |  |                        |       |
|  | 64        |                            |  |                        |       |
|  | 65        |                            |  |                        |       |
|  | 66        |                            |  |                        |       |
|  | 67        |                            |  |                        |       |
|  | 68        |                            |  |                        |       |
|  | 69        |                            |  |                        |       |
|  | 70        |                            |  |                        |       |
|  | 71        |                            |  |                        |       |
|  | 72        |                            |  |                        |       |
|  | 73        |                            |  |                        |       |
|  | 74        |                            |  |                        |       |
|  | 75        |                            |  |                        |       |
|  | 76        |                            |  |                        |       |
|  | 77        |                            |  |                        |       |
|  | 78        |                            |  |                        |       |
|  | 79        |                            |  |                        |       |
|  | 80        |                            |  |                        |       |
|  | 81        |                            |  |                        |       |
|  | 82        |                            |  |                        |       |
|  | 83        |                            |  |                        |       |
|  | 84        |                            |  |                        |       |
|  | 85        |                            |  |                        |       |
|  | 86        |                            |  |                        |       |
|  | 87        |                            |  |                        |       |
|  | 88        |                            |  |                        |       |
|  | 89        |                            |  |                        |       |
|  | 90        |                            |  |                        |       |
|  | 91        |                            |  |                        |       |
|  | 92        |                            |  |                        |       |
|  | 93        |                            |  |                        |       |
|  | 94        |                            |  |                        |       |
|  | 95        |                            |  |                        |       |
|  | 96        |                            |  |                        |       |
|  | 97        |                            |  |                        |       |
|  | 98        |                            |  |                        |       |
|  | 99        |                            |  |                        |       |
|  | 100       |                            |  |                        |       |

ENCUENTRO DE: ...

NOTA: ...

| NOMENCLATURA | SÍMBOLOS | ABRIGOS | TIPO DE MUESTRO |
|--------------|----------|---------|-----------------|
| F: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| G: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| H: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| I: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| J: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| K: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| L: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| M: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| N: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| O: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| P: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| Q: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| R: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| S: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| T: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| U: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| V: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| W: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| X: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| Y: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |
| Z: ...       | [Symbol] | ...     | ...             |

**OPCION SANTA FE**  
MEXICO, D.F.

Fig 89







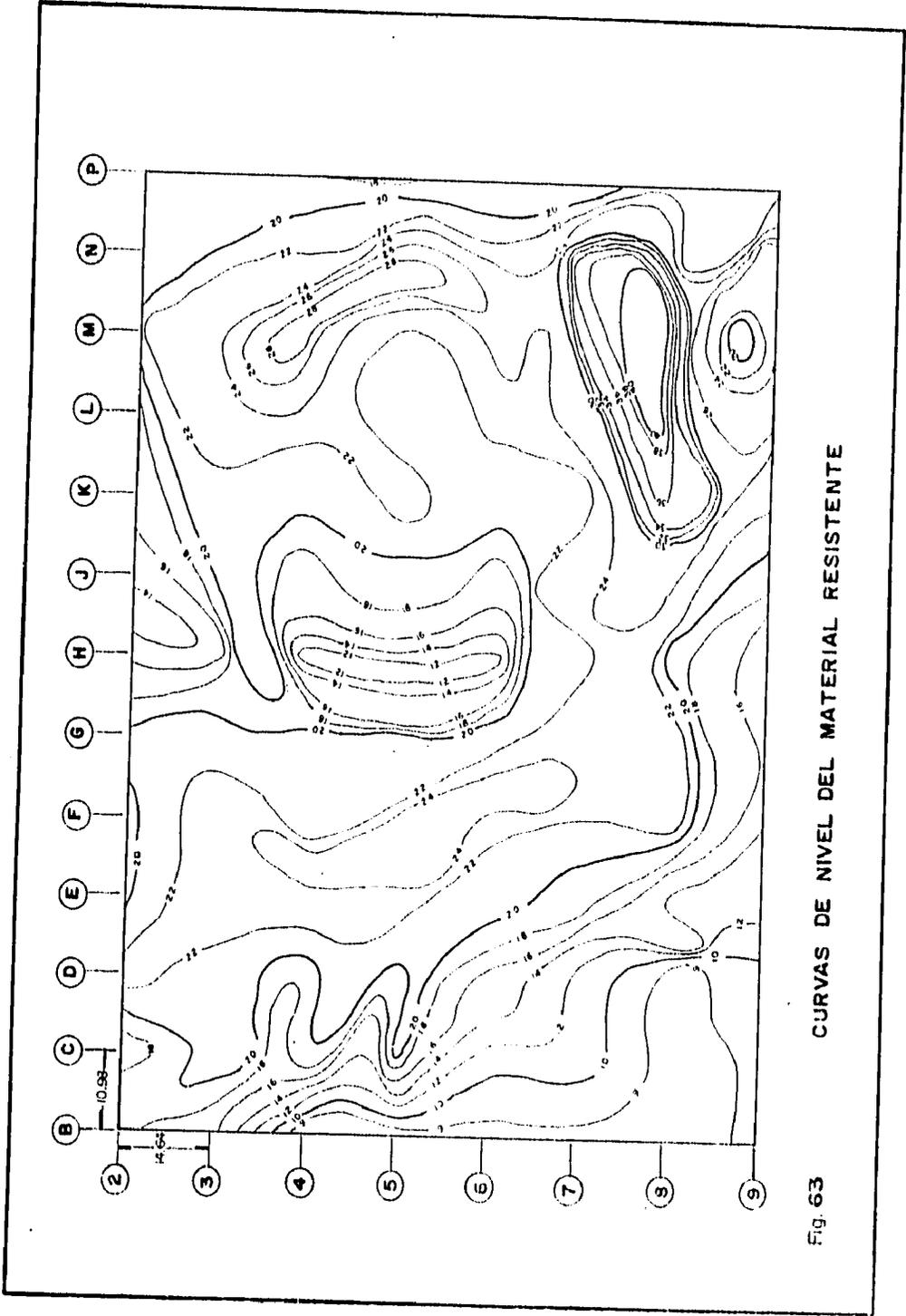


Fig. 63 CURVAS DE NIVEL DEL MATERIAL RESISTENTE

**BIBLIOGRAFIA:**

- | <u>CLAVE No.</u> | <u>TITULO</u>   |
|------------------|---|
| 1.-              | <u>CIMENTACION EN ZONAS MINADAS DE LA CIUDAD DE MEXICO.</u><br>Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. Simposio. Marzo de 1976.  |
| 2.-              | <u>TOM LINSON, M. J.</u><br><u>DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CIMENTACIONES.</u><br>Ediciones URMO, 1971.   |
| 3.-              | <u>ALBERTO JAIME.</u><br><u>GEOTECNIA Y SISMICIDAD EN EL VALLE DE MEXICO.</u> Series del Instituto de Ingeniería. Instituto de Ingeniería, UNAM. México 1978.   |
| 4.-              | <u>MARSHAL, J. RAUL et all.</u><br><u>EL SUBSUELO DE LA CIUDAD DE MEXICO.</u><br>Parte D. Variación de las Propiedades Mecánicas con la Profundidad. México, Instituto de Ingeniería UNAM. 1987.                                  |
| 5.-              | <u>GORDON A FLETCHER, P.E. et all</u><br><u>ESTUDIOS DE SUELOS Y CIMENTACIONES EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.</u> Primera Edición México, Editorial LIMUSA, 1978.  |
| 6.-              | <u>GEOFISICA APLICADA A LA GEOTECNIA.</u> Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. Reunión Técnica - 1985.  |
| 7.-              | <u>PECK, RALPH B, et all</u><br><u>INGENIERIA DE CIMENTACIONES.</u><br>Primera Edición, México Editorial LIMUSA 1982.   |
| 8.-              | <u>MARSAL, RAUL J. et all</u><br><u>EL SUBSUELO DE LA CIUDAD DE MEXICO</u><br>Contribución del Instituto de Ingeniería al Primer Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos y Cimentaciones. UNAM México. 1959. Tomo I y II.     |
| 9.-              | <u>DEL VALLE TOLEDO, ENRIQUE.</u><br><u>APUNTES DE INTRODUCCION A LOS METODOS GEOFISICOS Y EXPLORACION.</u> División de ingeniería de Ciencias de la Tierra, Departamento de Geofísica. México Facultad de ingeniería UNAM, 1987. |
| 10.-             | <u>MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PILAS Y PILOTES.</u><br>Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. Simposio -1983.  |
| 11.-             | <u>OCAMPO FRANCO, ROBERTO.</u><br><u>CARACTERISTICAS GEOLOGICAS Y GEOTECNICAS DEL VALLE DE MEXICO.</u> Series Covitur, México. 1990.  |

| <b>CLAVE No.</b> | <b>TITULO</b>   |
|------------------|---|
| 12.-             | <b><u>INFORME DEL ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DEL EDIFICIO DE 5 NIVELES, EN LA COL. SANTA FE.</u></b><br>Reporte del Archivo de la Compañía ETA Consultores, S.A. de Abril 1990.  |
| 13.-             | <b><u>NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CIMENTACIONES.</u></b><br>Editorial Libros Económicos, México 29 de Octubre 1987.   |
| 14.-             | <b>JOSEPH E. BOWLES.</b><br><b><u>FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN</u></b><br>Fourth Edition, Mc Graw Hill, Inc. 1988.  |
| 15.-             | <b>ZEEVAERT, LEONARDO.,</b><br><b><u>FOUNDATION ENGINEERING FOR DIFFICULT SUBSOIL CONDITIONS.</u></b><br>Van Nostrand Reinhold. New York  |
| 16.-             | <b><u>INFORME DE EXPLORACION DEL SUBSUELO, ENSAYES DE LABORATORIO Y ANALISIS DE MECANICA DE SUELOS COMPLEMENTARIOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA CIMENTACION.</u></b><br>Archivo de la Compañía ETA Consultores, S.A. de Octubre 1991. |
| 17.-             | <b><u>EXPERIENCIAS GEOTECNICAS EN LA ZONA PONIENTE DEL VALLE DE MEXICO.</u></b> Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. Reunión Técnica - 1992.  |
| 18.-             | <b>PROGRAMA DE TALUDES (SLOPES)</b><br><b>ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES METODO DE BISHOP SIMPLIFICADO.</b>   |
| 19.-             | <b><u>2º SIMPOSIO DE CONSULTORES CONSTRUCTORES, CIMENTACIONES PROFUNDAS</u></b> Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. Reunión Técnica - 1994.  |

***MEMORIA DE CALCULO I***

***ANALISIS DE CAPACIDAD DE CARGA***

Tabla 8.3 Capacidad de Carga para cimentación Profunda con Pilas, a partir del setena 3, con un Manto Resistente a MR = 4.70 m, SM-4

| No | L    | B    | Ng     | Cc    | Cf     | Cp Ton | WPh   | Cu fact | No | L    | B    | Ng     | Cc     | Cf     | Cp Ton  | WPh   | Cu fact |
|----|------|------|--------|-------|--------|--------|-------|---------|----|------|------|--------|--------|--------|---------|-------|---------|
| 1  | 1.00 | 1.00 | 103.47 | 36.00 | 117.40 | 133.40 | 10.74 | 142.64  | 1  | 1.00 | 2.50 | 88.99  | 196.90 | 317.00 | 513.90  | 26.62 | 487.28  |
| 2  | 3.00 |      | 132.93 | 37.00 | 177.30 | 314.30 | 18.63 | 301.67  | 2  | 2.00 |      | 99.98  | 202.30 | 426.70 | 629.00  | 30.86 | 598.14  |
| 3  | 3.00 |      | 160.43 | 38.00 | 249.30 | 287.30 | 14.81 | 272.79  | 3  | 3.00 |      | 110.97 | 207.70 | 552.00 | 759.70  | 33.11 | 723.59  |
| 4  | 4.00 |      | 187.90 | 39.00 | 333.40 | 372.40 | 14.40 | 356.00  | 4  | 4.00 |      | 131.96 | 213.00 | 692.00 | 903.00  | 39.33 | 863.65  |
| 5  | 5.00 |      | 213.37 | 40.00 | 439.40 | 469.40 | 18.38 | 431.12  | 5  | 5.00 |      | 132.93 | 219.00 | 849.00 | 1068.00 | 43.59 | 1074.41 |

| No | L    | B    | Ng     | Cc    | Cf     | Cp Ton | WPh   | Cu fact | No | L    | B    | Ng     | Cc     | Cf     | Cp Ton  | WPh   | Cu fact |
|----|------|------|--------|-------|--------|--------|-------|---------|----|------|------|--------|--------|--------|---------|-------|---------|
| 1  | 1.00 | 1.50 | 96.32  | 73.90 | 169.40 | 243.30 | 21.17 | 221.12  | 1  | 1.00 | 2.00 | 87.81  | 243.70 | 372.00 | 415.70  | 28.31 | 587.39  |
| 2  | 2.00 |      | 114.63 | 78.00 | 242.00 | 330.00 | 24.42 | 291.58  | 2  | 2.00 |      | 87.82  | 253.00 | 495.00 | 750.00  | 33.35 | 717.45  |
| 3  | 3.00 |      | 132.93 | 80.10 | 326.50 | 406.60 | 32.66 | 373.94  | 3  | 3.00 |      | 107.44 | 257.10 | 635.00 | 892.20  | 36.80 | 855.40  |
| 4  | 4.00 |      | 151.24 | 82.20 | 424.10 | 506.30 | 36.90 | 469.40  | 4  | 4.00 |      | 117.23 | 263.90 | 791.10 | 1055.00 | 42.04 | 1013.96 |
| 5  | 5.00 |      | 169.54 | 84.30 | 534.50 | 618.80 | 41.14 | 577.66  | 5  | 5.00 |      | 127.04 | 271.00 | 963.80 | 1234.80 | 45.28 | 1189.52 |

| No | L    | B    | Ng     | Cc     | Cf     | Cp Ton | WPh   | Cu fact | No | L    | B    | Ng     | Cc     | Cf      | Cp Ton  | WPh   | Cu fact |
|----|------|------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|----|------|------|--------|--------|---------|---------|-------|---------|
| 1  | 1.00 | 2.00 | 91.74  | 139.60 | 236.40 | 366.00 | 24.79 | 341.21  | 1  | 1.00 | 3.00 | 88.99  | 277.70 | 411.00  | 688.70  | 29.68 | 659.01  |
| 2  | 2.00 |      | 103.47 | 135.30 | 323.60 | 458.80 | 29.03 | 419.77  | 2  | 2.00 |      | 99.98  | 283.40 | 544.00  | 829.40  | 33.93 | 793.47  |
| 3  | 3.00 |      | 119.21 | 136.80 | 428.80 | 563.60 | 33.27 | 532.53  | 3  | 3.00 |      | 110.97 | 293.00 | 674.10  | 987.18  | 38.17 | 948.93  |
| 4  | 4.00 |      | 135.93 | 140.30 | 546.00 | 686.30 | 37.51 | 648.79  | 4  | 4.00 |      | 121.96 | 300.70 | 861.30  | 1162.00 | 42.41 | 1119.59 |
| 5  | 5.00 |      | 146.68 | 143.90 | 677.50 | 821.10 | 41.75 | 779.43  | 5  | 5.00 |      | 132.93 | 308.40 | 1045.60 | 1354.00 | 46.63 | 1307.33 |

Tabla 8.4 Capacidad de Carga para Cimentación Profunda con Pilas, a partir del setena 2, con un Manto Resistente a MR = 8.40 m, SM-4

| No | L    | B    | Ng     | Cc    | Cf     | Cp Ton | WPh   | Cu fact | No | L    | B    | Ng     | Cc     | Cf     | Cp Ton  | WPh   | Cu fact |
|----|------|------|--------|-------|--------|--------|-------|---------|----|------|------|--------|--------|--------|---------|-------|---------|
| 1  | 1.00 | 1.00 | 103.47 | 39.20 | 191.80 | 251.80 | 17.72 | 312.28  | 1  | 1.00 | 2.00 | 91.74  | 141.10 | 386.00 | 527.10  | 40.48 | 486.62  |
| 2  | 2.00 |      | 131.93 | 40.30 | 271.00 | 311.20 | 19.60 | 291.60  | 2  | 2.00 |      | 103.47 | 144.60 | 498.00 | 643.60  | 44.72 | 597.88  |
| 3  | 3.00 |      | 160.42 | 41.20 | 362.40 | 403.60 | 21.49 | 382.11  | 3  | 3.00 |      | 119.21 | 148.20 | 623.00 | 771.20  | 48.96 | 722.24  |
| 4  | 4.00 |      | 187.90 | 42.20 | 465.90 | 508.10 | 23.37 | 464.73  | 4  | 4.00 |      | 132.93 | 151.80 | 762.00 | 914.80  | 53.20 | 861.60  |
| 5  | 5.00 |      | 213.37 | 43.20 | 581.40 | 624.60 | 25.16 | 599.34  | 5  | 5.00 |      | 146.68 | 155.40 | 917.00 | 1072.40 | 57.44 | 1014.96 |

| No | L    | B    | Ng     | Cc    | Cf     | Cp Ton | WPh   | Cu fact | No | L    | B    | Ng     | Cc     | Cf      | Cp Ton  | WPh   | Cu fact |
|----|------|------|--------|-------|--------|--------|-------|---------|----|------|------|--------|--------|---------|---------|-------|---------|
| 1  | 1.00 | 1.50 | 96.32  | 82.60 | 276.80 | 339.40 | 19.87 | 319.55  | 1  | 1.00 | 2.50 | 88.99  | 214.30 | 517.80  | 732.10  | 42.32 | 689.78  |
| 2  | 2.00 |      | 114.63 | 84.70 | 369.30 | 434.00 | 24.11 | 409.89  | 2  | 2.00 |      | 99.98  | 219.70 | 632.30  | 872.00  | 46.56 | 825.44  |
| 3  | 3.00 |      | 132.93 | 86.80 | 475.00 | 561.80 | 28.35 | 513.45  | 3  | 3.00 |      | 110.97 | 225.20 | 802.20  | 1027.80 | 50.80 | 976.60  |
| 4  | 4.00 |      | 151.24 | 88.90 | 593.00 | 681.90 | 32.59 | 639.31  | 4  | 4.00 |      | 121.96 | 230.60 | 947.60  | 1198.30 | 55.04 | 1143.16 |
| 5  | 5.00 |      | 169.54 | 91.00 | 722.50 | 814.50 | 36.83 | 753.67  | 5  | 5.00 |      | 132.93 | 236.00 | 1108.60 | 1384.60 | 59.28 | 1335.32 |

Tabla 8.5 Capacidad de Carga para Cimentación Profunda con Pilas a partir del setena 3, con un Manto Resistente a MR = 9.40m, SM-2

| No | L    | B    | Ng     | Cc | Cf     | Cp Ton | WPh   | Cu fact | No | L    | B    | Ng     | Cc | Cf      | Cp Ton  | WPh   | Cu fact |
|----|------|------|--------|----|--------|--------|-------|---------|----|------|------|--------|----|---------|---------|-------|---------|
| 1  | 1.00 | 1.00 | 108.99 | -- | 222.20 | 222.20 | 19.60 | 202.60  | 1  | 1.00 | 2.00 | 91.74  | -- | 441.20  | 441.20  | 44.72 | 396.48  |
| 2  | 2.00 |      | 139.96 | -- | 314.30 | 314.30 | 21.49 | 292.81  | 2  | 2.00 |      | 103.47 | -- | 566.40  | 566.40  | 48.96 | 517.44  |
| 3  | 3.00 |      | 170.97 | -- | 419.14 | 418.14 | 23.37 | 393.77  | 3  | 3.00 |      | 119.21 | -- | 706.40  | 706.40  | 53.20 | 633.20  |
| 4  | 4.00 |      | 201.98 | -- | 536.80 | 536.80 | 25.25 | 511.54  | 4  | 4.00 |      | 132.93 | -- | 861.26  | 861.26  | 57.44 | 803.82  |
| 5  | 5.00 |      | 232.99 | -- | 667.26 | 667.26 | 27.14 | 640.12  | 5  | 5.00 |      | 146.68 | -- | 1030.50 | 1030.50 | 61.68 | 968.82  |

| No | L    | B    | Ng     | Cc | Cf     | Cp Ton | WPh   | Cu fact | No | L    | B    | Ng     | Cc | Cf      | Cp Ton  | WPh   | Cu fact |
|----|------|------|--------|----|--------|--------|-------|---------|----|------|------|--------|----|---------|---------|-------|---------|
| 1  | 1.00 | 1.50 | 96.32  | -- | 317.83 | 317.83 | 19.87 | 277.98  | 1  | 1.00 | 1.50 | 88.99  | -- | 589.70  | 589.70  | 46.56 | 543.14  |
| 2  | 2.00 |      | 114.63 | -- | 423.30 | 423.30 | 24.11 | 379.19  | 2  | 2.00 |      | 99.98  | -- | 738.51  | 738.51  | 50.80 | 687.71  |
| 3  | 3.00 |      | 132.93 | -- | 542.50 | 542.50 | 28.35 | 493.93  | 3  | 3.00 |      | 110.97 | -- | 903.63  | 903.63  | 55.04 | 848.41  |
| 4  | 4.00 |      | 151.24 | -- | 674.73 | 674.73 | 32.59 | 622.14  | 4  | 4.00 |      | 121.96 | -- | 1083.17 | 1083.17 | 59.28 | 1023.89 |
| 5  | 5.00 |      | 169.54 | -- | 820.70 | 820.70 | 36.83 | 763.87  | 5  | 5.00 |      | 132.93 | -- | 1285.10 | 1285.10 | 63.52 | 1219.58 |

Tabla 8.6 Capacidad de Carga para Cimentación Profunda con Pilas a partir del setano 3, con un Monte Resistente a MR = 10.20 m. SM - 6

| Nº | L    | B    | N <sub>a</sub> | C <sub>r</sub> | C <sub>v</sub> | C <sub>u</sub> (cm) | W <sub>pl</sub> | C <sub>u</sub> (cm) | Nº | L    | B    | N <sub>a</sub> | C <sub>r</sub> | C <sub>v</sub> | C <sub>u</sub> (cm) | W <sub>pl</sub> | C <sub>u</sub> (cm) |
|----|------|------|----------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|---------------------|----|------|------|----------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| 1  | 1.00 | 1.00 | 106.17         | 10.43          | 189.60         | 200.05              | 21.26           | 178.79              | 1  | 1.00 | 2.00 | 92.08          | 37.60          | 380.70         | 418.30              | 48.43           | 369.83              |
| 2  | 2.00 |      | 134.33         | 11.40          | 267.94         | 279.34              | 23.15           | 236.19              | 2  | 2.00 |      | 106.17         | 41.00          | 490.20         | 531.20              | 52.69           | 478.51              |
| 3  | 3.00 |      | 148.50         | 12.32          | 358.03         | 370.38              | 25.03           | 343.33              | 3  | 3.00 |      | 130.23         | 44.40          | 613.30         | 637.70              | 56.93           | 600.77              |
| 4  | 4.00 |      | 190.67         | 13.27          | 460.00         | 473.27              | 26.92           | 446.33              | 4  | 4.00 |      | 134.33         | 47.80          | 730.00         | 797.80              | 61.18           | 734.62              |
| 5  | 5.00 |      | 218.83         | 14.20          | 573.33         | 587.33              | 28.80           | 538.93              | 5  | 5.00 |      | 148.42         | 51.20          | 800.30         | 851.30              | 65.42           | 794.08              |
| 1  | 1.00 | 1.50 | 96.78          | 23.00          | 273.12         | 293.13              | 47.84           | 247.29              | 1  | 1.00 | 2.50 | 89.27          | 37.60          | 510.30         | 567.90              | 50.29           | 517.61              |
| 2  | 2.00 |      | 112.56         | 24.02          | 364.33         | 388.37              | 52.08           | 336.19              | 2  | 2.00 |      | 100.33         | 63.30          | 641.70         | 704.00              | 54.53           | 648.47              |
| 3  | 3.00 |      | 134.33         | 26.00          | 467.60         | 493.60              | 56.32           | 437.28              | 3  | 3.00 |      | 111.80         | 67.40          | 788.30         | 835.70              | 58.77           | 796.93              |
| 4  | 4.00 |      | 155.11         | 28.00          | 583.60         | 611.60              | 60.56           | 531.04              | 4  | 4.00 |      | 123.07         | 72.60          | 830.00         | 922.60              | 63.01           | 839.59              |
| 5  | 5.00 |      | 171.89         | 30.00          | 712.00         | 742.00              | 64.80           | 677.20              | 5  | 5.00 |      | 134.53         | 77.70          | 1124.00        | 1304.10             | 67.23           | 1134.85             |

Tabla 8.7 Capacidad de Carga para Cimentación Profunda con Pilas a partir del setano 2, con un Monte Resistente al MR = 13.20 m. SM - 2

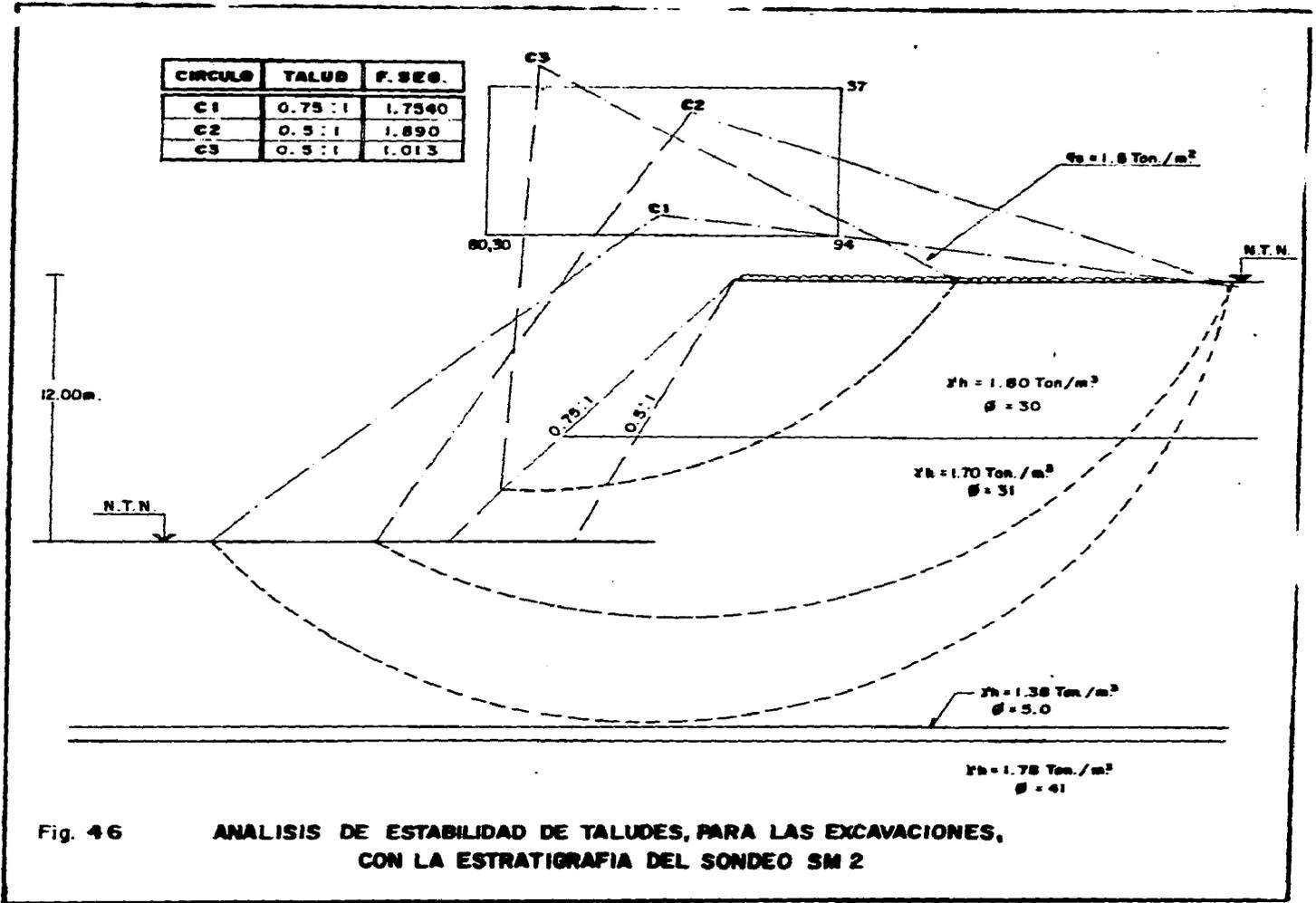
| Nº | L    | B    | N <sub>a</sub> | C <sub>r</sub> | C <sub>v</sub> | C <sub>u</sub> (cm) | W <sub>pl</sub> | C <sub>u</sub> (cm) | Nº | L    | B    | N <sub>a</sub> | C <sub>r</sub> | C <sub>v</sub> | C <sub>u</sub> (cm) | W <sub>pl</sub> | C <sub>u</sub> (cm) |
|----|------|------|----------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|---------------------|----|------|------|----------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| 1  | 1.00 | 1.00 | 108.99         | --             | 303.10         | 303.10              | 26.77           | 276.33              | 1  | 1.00 | 2.00 | 93.49          | --             | 601.86         | 601.86              | 60.84           | 541.83              |
| 2  | 2.00 |      | 139.98         | --             | 418.20         | 418.20              | 28.65           | 389.33              | 2  | 2.00 |      | 108.99         | --             | 553.68         | 753.68              | 68.08           | 688.60              |
| 3  | 3.00 |      | 170.87         | --             | 548.00         | 548.00              | 30.54           | 515.46              | 3  | 3.00 |      | 124.48         | --             | 920.31         | 920.31              | 69.32           | 850.99              |
| 4  | 4.00 |      | 201.94         | --             | 684.70         | 684.70              | 32.42           | 654.28              | 4  | 4.00 |      | 139.98         | --             | 1101.73        | 1101.73             | 73.56           | 1028.19             |
| 5  | 5.00 |      | 232.95         | --             | 840.20         | 840.20              | 34.31           | 803.89              | 5  | 5.00 |      | 153.47         | --             | 1396.00        | 1396.00             | 77.80           | 1220.20             |
| 1  | 1.00 | 1.50 | 98.66          | --             | 433.60         | 433.60              | 60.56           | 373.04              | 1  | 1.00 | 2.50 | 90.40          | --             | 804.40         | 804.40              | 62.67           | 741.73              |
| 2  | 2.00 |      | 119.32         | --             | 563.30         | 563.30              | 64.80           | 498.30              | 2  | 2.00 |      | 102.79         | --             | 982.64         | 982.64              | 64.51           | 915.73              |
| 3  | 3.00 |      | 139.98         | --             | 706.50         | 706.50              | 69.03           | 637.43              | 3  | 3.00 |      | 115.18         | --             | 1177.23        | 1177.23             | 71.16           | 1104.87             |
| 4  | 4.00 |      | 160.64         | --             | 853.14         | 853.14              | 73.29           | 789.83              | 4  | 4.00 |      | 127.58         | --             | 1388.20        | 1388.20             | 75.40           | 1311.80             |
| 5  | 5.00 |      | 181.30         | --             | 1033.24        | 1033.24             | 77.53           | 933.75              | 5  | 5.00 |      | 139.98         | --             | 1615.53        | 1615.53             | 79.44           | 1533.89             |

Tabla 8.8 Capacidad de Carga para Cimentación Profunda con Pilas a partir del setano 2, con un Monte Resistente al MR = 14.00 m. SM - 8

| Nº | L    | B    | N <sub>a</sub> | C <sub>r</sub> | C <sub>v</sub> | C <sub>u</sub> (cm) | W <sub>pl</sub> | C <sub>u</sub> (cm) | Nº | L    | B    | N <sub>a</sub> | C <sub>r</sub> | C <sub>v</sub> | C <sub>u</sub> (cm) | W <sub>pl</sub> | C <sub>u</sub> (cm) |
|----|------|------|----------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|---------------------|----|------|------|----------------|----------------|----------------|---------------------|-----------------|---------------------|
| 1  | 1.00 | 1.00 | 104.17         | 13.40          | 358.10         | 271.50              | 26.27           | 343.23              | 1  | 1.00 | 2.00 | 92.08          | 48.10          | 518.10         | 566.20              | 64.23           | 501.97              |
| 2  | 2.00 |      | 139.98         | 14.50          | 515.00         | 369.30              | 30.16           | 399.14              | 2  | 2.00 |      | 106.17         | 51.50          | 648.70         | 700.20              | 68.47           | 631.73              |
| 3  | 3.00 |      | 170.87         | 15.20          | 663.00         | 478.20              | 32.04           | 446.16              | 3  | 3.00 |      | 120.23         | 54.90          | 793.00         | 847.90              | 72.71           | 759.19              |
| 4  | 4.00 |      | 201.94         | 16.20          | 843.00         | 399.70              | 33.93           | 563.27              | 4  | 4.00 |      | 134.33         | 58.30          | 930.60         | 1008.90             | 76.93           | 831.93              |
| 5  | 5.00 |      | 232.95         | 17.10          | 1144.00        | 731.70              | 35.81           | 653.89              | 5  | 5.00 |      | 148.42         | 61.70          | 1121.90        | 1183.60             | 81.19           | 1182.41             |
| 1  | 1.00 | 1.50 | 96.78          | 28.20          | 372.00         | 400.20              | 63.02           | 336.58              | 1  | 1.00 | 2.50 | 90.40          | 73.00          | 694.00         | 767.00              | 66.07           | 700.92              |
| 2  | 2.00 |      | 119.32         | 30.20          | 482.00         | 512.20              | 67.86           | 444.34              | 2  | 2.00 |      | 102.79         | 76.20          | 849.00         | 927.30              | 70.31           | 850.89              |
| 3  | 3.00 |      | 134.33         | 32.20          | 603.00         | 637.20              | 72.10           | 567.18              | 3  | 3.00 |      | 115.19         | 83.40          | 1019.00        | 1103.40             | 74.53           | 1027.83             |
| 4  | 4.00 |      | 153.11         | 34.10          | 740.00         | 774.10              | 76.34           | 697.76              | 4  | 4.00 |      | 127.58         | 88.30          | 1203.00        | 1292.40             | 78.79           | 1213.61             |
| 5  | 5.00 |      | 171.89         | 36.10          | 887.00         | 923.10              | 80.58           | 822.52              | 5  | 5.00 |      | 139.98         | 93.70          | 1404.00        | 1497.70             | 83.02           | 1414.67             |

**MEMORIA DE CALCULO II**

**ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES**





|    |        |       |
|----|--------|-------|
| 9  | 50.00  | 11.00 |
| 10 | 200.00 | 11.00 |
| 11 | 50.00  | 11.00 |
| 12 | 200.00 | 11.00 |

Estrato N = 1 Líneas N = 3 4 5  
 Estrato N = 2 Líneas N = 1 2 5 6  
 Estrato N = 3 Líneas N = 6 7  
 Estrato N = 4 Líneas N = 7 8

ARREGLO ESTRATIGRAFICO:

\*\*\*\*\*  
 N Est. PVN Phi, Deg Cohesión Cod. Sat  
 1 17.650 30.00 .000 .0  
 2 16.670 31.00 .000 .0  
 3 13.534 .00 49.037 .0  
 4 17.460 41.00 .000 .0

+++ Unidades: Si PVN = Lb/Ft<sup>3</sup> --> Cohesión = psf  
 Si PVN = K/Ft<sup>3</sup> --> = Kaf  
 Si PVN = KN/mc<sup>3</sup> --> = KPa

RESUMEN DE FS PARA ESTE ARREGLO:

\*\*\*\*\*  
 Punto de Incidencia, ENTX, ENTZ = 110.0000 32.0000

| Cir HL | Cx     | Cy                  | R dio  | FS     |
|--------|--------|---------------------|--------|--------|
| 1      | 80.000 | 34.000              | 30.067 | 4.5867 |
| 2      | 81.000 | 34.000              | 29.069 | 4.2231 |
| 3      | 82.000 | 34.000              | 28.071 | 3.9830 |
| 4      | 83.000 | 34.000              | 27.074 | 3.7022 |
| 5      | 84.000 | 34.000              | 26.077 | 3.4260 |
| 6      | 85.000 | 34.000              | 25.080 | 3.1456 |
| 7      | 86.000 | 34.000              | 24.083 | 2.8304 |
| 8      | 87.000 | 34.000              | 23.087 | 2.4837 |
| 9      | 88.000 | 34.000              | 22.091 | 2.3889 |
| 10     | 89.000 | 34.000              | 21.095 | 2.3457 |
| 11     | 90.000 | 34.000              | 20.100 | 2.3382 |
| 12     | 91.000 | 34.000              | 19.105 | 2.3802 |
| 13     | 92.000 | 34.000              | 18.111 | 2.4936 |
| 14     | 93.000 | 34.000              | 17.117 | 2.7315 |
| 15     | 80.000 | 35.000              | 30.150 | 4.2901 |
| 16     | 81.000 | 35.000              | 29.155 | 3.9518 |
| 17     | 82.000 | 35.000              | 28.160 | 3.7022 |
| 18     | 83.000 | 35.000              | 27.166 | 3.3755 |
| 19     | 84.000 | 35.000 <sup>a</sup> | 26.173 | 3.0883 |
| 20     | 85.000 | 35.000              | 25.179 | 2.8065 |
| 21     | 86.000 | 35.000              | 24.187 | 2.2915 |
| 22     | 87.000 | 35.000              | 23.195 | 2.3353 |
| 23     | 88.000 | 35.000              | 22.204 | 2.2721 |
| 24     | 89.000 | 35.000              | 21.213 | 2.2367 |
| 25     | 90.000 | 35.000              | 20.224 | 2.2403 |
| 26     | 91.000 | 35.000              | 19.235 | 2.2970 |
| 27     | 92.000 | 35.000              | 18.248 | 2.4336 |
| 28     | 93.000 | 35.000              | 17.263 | 2.7089 |
| 29     | 80.000 | 36.000              | 30.265 | 4.0202 |
| 30     | 81.000 | 36.000              | 29.275 | 3.7229 |
| 31     | 82.000 | 36.000              | 28.284 | 3.3918 |
| 32     | 83.000 | 36.000              | 27.295 | 3.1322 |
| 33     | 84.000 | 36.000              | 26.306 | 2.7749 |
| 34     | 85.000 | 36.000              | 25.318 | 2.3484 |
| 35     | 86.000 | 36.000              | 24.331 | 2.3041 |
| 36     | 87.000 | 36.000              | 23.345 | 2.2248 |

|    |        |        |        |        |
|----|--------|--------|--------|--------|
| 37 | 88.000 | 36.000 | 22.361 | 2.1701 |
| 38 | 89.000 | 36.000 | 21.378 | 2.1450 |
| 39 | 90.000 | 36.000 | 20.396 | 2.1614 |
| 40 | 91.000 | 36.000 | 19.416 | 2.2352 |
| 41 | 92.000 | 36.000 | 18.439 | 2.3955 |
| 42 | 93.000 | 36.000 | 17.464 | 2.7008 |
| 43 | 80.000 | 37.000 | 30.414 | 3.7216 |
| 44 | 81.000 | 37.000 | 29.428 | 3.4232 |
| 45 | 82.000 | 37.000 | 28.443 | 3.1186 |
| 46 | 83.000 | 37.000 | 27.459 | 2.7930 |
| 47 | 84.000 | 37.000 | 26.476 | 2.3777 |
| 48 | 85.000 | 37.000 | 25.495 | 2.1630 |
| 49 | 86.000 | 37.000 | 24.515 | 2.1987 |
| 50 | 87.000 | 37.000 | 23.537 | 2.1265 |
| 51 | 88.000 | 37.000 | 22.561 | 2.0810 |
| 52 | 89.000 | 37.000 | 21.587 | 2.0683 |
| 53 | 90.000 | 37.000 | 20.616 | 2.0988 |
| 54 | 91.000 | 37.000 | 19.647 | 2.1938 |
| 55 | 92.000 | 37.000 | 18.682 | 2.3921 |
| 56 | 93.000 | 37.000 | 17.720 | 2.7016 |
| 57 | 80.000 | 38.000 | 30.594 | 3.4714 |
| 58 | 81.000 | 38.000 | 29.614 | 3.2028 |
| 59 | 82.000 | 38.000 | 28.636 | 2.8752 |
| 60 | 83.000 | 38.000 | 27.659 | 2.4849 |
| 61 | 84.000 | 38.000 | 26.683 | 2.0843 |
| 62 | 85.000 | 38.000 | 25.710 | 2.1892 |
| 63 | 86.000 | 38.000 | 24.739 | 2.1042 |
| 64 | 87.000 | 38.000 | 23.770 | 2.0415 |
| 65 | 88.000 | 38.000 | 22.804 | 2.0055 |
| 66 | 89.000 | 38.000 | 21.840 | 2.0054 |
| 67 | 90.000 | 38.000 | 20.881 | 2.0533 |
| 68 | 91.000 | 38.000 | 19.925 | 2.1729 |
| 69 | 92.000 | 38.000 | 18.974 | 2.3980 |
| 70 | 93.000 | 38.000 | 18.028 | 2.7104 |
| 71 | 80.000 | 39.000 | 30.806 | 3.2599 |
| 72 | 81.000 | 39.000 | 29.833 | 2.9346 |
| 73 | 82.000 | 39.000 | 28.862 | 2.5263 |
| 74 | 83.000 | 39.000 | 27.893 | 2.0397 |
| 75 | 84.000 | 39.000 | 26.926 | 2.1961 |
| 76 | 85.000 | 39.000 | 25.962 | 2.0986 |
| 77 | 86.000 | 39.000 | 25.000 | 2.0214 |
| 78 | 87.000 | 39.000 | 24.042 | 1.9679 |
| 79 | 88.000 | 39.000 | 23.087 | 1.9429 |
| 80 | 89.000 | 39.000 | 22.136 | 1.9565 |
| 81 | 90.000 | 39.000 | 21.190 | 2.0237 |
| 82 | 91.000 | 39.000 | 20.248 | 2.1736 |
| 83 | 92.000 | 39.000 | 19.313 | 2.4105 |
| 84 | 93.000 | 39.000 | 18.385 | 2.7273 |
| 85 | 80.000 | 40.000 | 31.048 | 2.9704 |
| 86 | 81.000 | 40.000 | 30.083 | 2.6110 |
| 87 | 82.000 | 40.000 | 29.120 | 2.2192 |
| 88 | 83.000 | 40.000 | 28.160 | 2.2151 |
| 89 | 84.000 | 40.000 | 27.203 | 2.1071 |
| 90 | 85.000 | 40.000 | 26.249 | 2.0176 |
| 91 | 86.000 | 40.000 | 25.298 | 1.9488 |
| 92 | 87.000 | 40.000 | 24.352 | 1.9045 |
| 93 | 88.000 | 40.000 | 23.409 | 1.8917 |
| 94 | 89.000 | 40.000 | 22.472 | 1.9214 |
| 95 | 90.000 | 40.000 | 21.541 | 2.0110 |
| 96 | 91.000 | 40.000 | 20.616 | 2.1880 |
| 97 | 92.000 | 40.000 | 19.698 | 2.4288 |
| 98 | 93.000 | 40.000 | 18.788 | 2.7514 |

\*\* Si FS = 10000; Este no pudo calcularse con el programa, debido a que su peso es muy pequeño o bien los círculos caen fuera del área de control del talud.

RESUMEN DE FS PARA ESTE ARREGLO:

El Circulo N 1 tiene un factor de seguridad, FS, de 1.892  
 y corresponde al Mínimo de la malla planteada, siendo JJ = 98 +++++

RESUMEN DE FS PARA ESTE ARREGLO:

Punto de Incidencia, ENTX, ENTY = 100.0000 32.0000

| Cir N°: | Cx     | Cy     | R dio  | FS     |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| 1       | 80.000 | 34.000 | 20.100 | 1.7889 |
| 2       | 81.000 | 34.000 | 19.105 | 1.6178 |
| 3       | 82.000 | 34.000 | 18.111 | 1.4690 |
| 4       | 83.000 | 34.000 | 17.117 | 1.3490 |
| 5       | 84.000 | 34.000 | 16.125 | 1.2631 |
| 6       | 85.000 | 34.000 | 15.133 | 1.2246 |
| 7       | 86.000 | 34.000 | 14.142 | 1.2582 |
| 8       | 87.000 | 34.000 | 13.153 | 1.3573 |
| 9       | 88.000 | 34.000 | 12.166 | 1.4854 |
| 10      | 89.000 | 34.000 | 11.180 | 1.6579 |
| 11      | 90.000 | 34.000 | 10.198 | 1.9046 |
| 12      | 91.000 | 34.000 | 9.220  | 2.2538 |
| 13      | 92.000 | 34.000 | 8.246  | 2.9107 |
| 14      | 93.000 | 34.000 | 7.280  | 4.3912 |
| 15      | 80.000 | 35.000 | 20.224 | 1.6424 |
| 16      | 81.000 | 35.000 | 19.235 | 1.4819 |
| 17      | 82.000 | 35.000 | 18.248 | 1.3461 |
| 18      | 83.000 | 35.000 | 17.263 | 1.2414 |
| 19      | 84.000 | 35.000 | 16.279 | 1.1770 |
| 20      | 85.000 | 35.000 | 15.297 | 1.1736 |
| 21      | 86.000 | 35.000 | 14.318 | 1.2491 |
| 22      | 87.000 | 35.000 | 13.342 | 1.3491 |
| 23      | 88.000 | 35.000 | 12.369 | 1.4781 |
| 24      | 89.000 | 35.000 | 11.402 | 1.6517 |
| 25      | 90.000 | 35.000 | 10.440 | 1.8923 |
| 26      | 91.000 | 35.000 | 9.487  | 2.2420 |
| 27      | 92.000 | 35.000 | 8.544  | 2.9110 |
| 28      | 93.000 | 35.000 | 7.616  | 4.3771 |
| 29      | 80.000 | 36.000 | 20.396 | 1.5114 |
| 30      | 81.000 | 36.000 | 19.416 | 1.3617 |
| 31      | 82.000 | 36.000 | 18.439 | 1.2396 |
| 32      | 83.000 | 36.000 | 17.464 | 1.1531 |
| 33      | 84.000 | 36.000 | 16.492 | 1.1175 |
| 34      | 85.000 | 36.000 | 15.524 | 1.1655 |
| 35      | 86.000 | 36.000 | 14.560 | 1.2469 |
| 36      | 87.000 | 36.000 | 13.601 | 1.3488 |
| 37      | 88.000 | 36.000 | 12.649 | 1.4802 |
| 38      | 89.000 | 36.000 | 11.705 | 1.6546 |
| 39      | 90.000 | 36.000 | 10.770 | 1.8776 |
| 40      | 91.000 | 36.000 | 9.849  | 2.2659 |
| 41      | 92.000 | 36.000 | 8.944  | 2.9482 |
| 42      | 93.000 | 36.000 | 8.062  | 4.4310 |
| 43      | 80.000 | 37.000 | 20.616 | 1.3930 |
| 44      | 81.000 | 37.000 | 19.647 | 1.2555 |
| 45      | 82.000 | 37.000 | 18.682 | 1.1491 |
| 46      | 83.000 | 37.000 | 17.720 | 1.0857 |
| 47      | 84.000 | 37.000 | 16.763 | 1.0996 |
| 48      | 85.000 | 37.000 | 15.811 | 1.1677 |
| 49      | 86.000 | 37.000 | 14.866 | 1.2512 |
| 50      | 87.000 | 37.000 | 13.928 | 1.3559 |
| 51      | 88.000 | 37.000 | 13.000 | 1.4898 |
| 52      | 89.000 | 37.000 | 12.083 | 1.6470 |
| 53      | 90.000 | 37.000 | 11.180 | 1.9084 |
| 54      | 91.000 | 37.000 | 10.296 | 2.3110 |

| CIRCULO | TALUD | F. SOB. |
|---------|-------|---------|
| C1      | 0.5:1 | 3.78    |
| C2      | 0.5:1 | 2.73    |

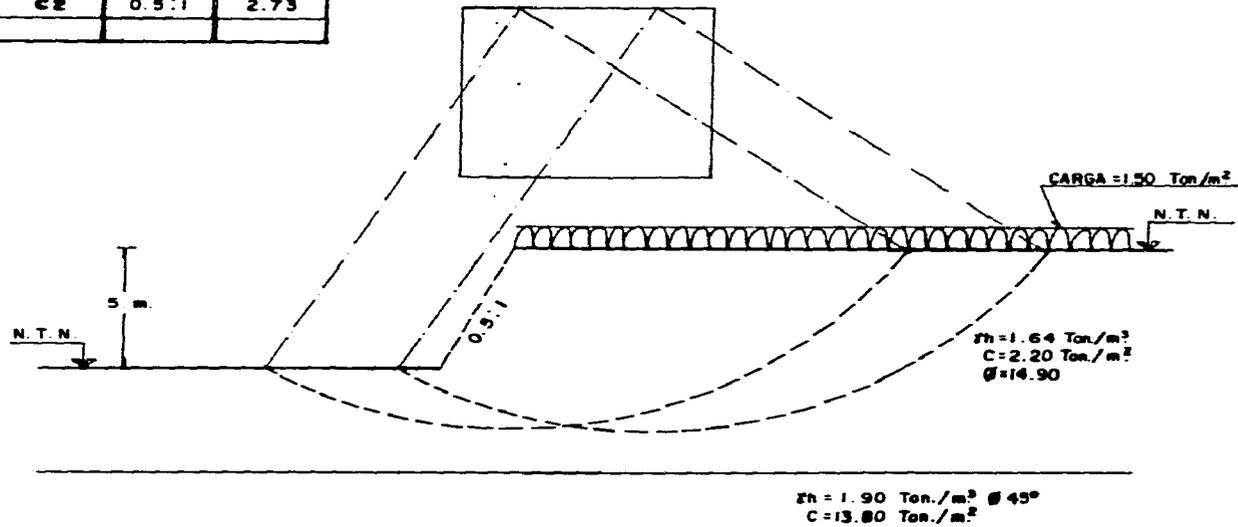


Fig. 47

ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES, PARA LAS EXCAVACIONES,  
CON LA ESTRATIGRAFIA DEL SONDEO SM 4



```

oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo
oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo
oo                               oo
oo SLOPE -- ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES oo
oo METODO DE BISHOP SIMPLIFICADO oo
oo                               oo
oo                               oo
oo T E S I S EDIFICIO DE 5 NIVELES oo
oo E.N.E.P. Acatlán Ing.Civil oo
oo                               oo
oo HP-VECTRA RS/20 oo
oo (doc. GESC/B22/1994) oo
oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo
oooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooooo

```

SANTA FE 5 NIVELES TALUD 0.5:1 SM4

En este proceso se empleó el archivo de datos --> fe20.inp

DATOS GENERALES:

```

*****
N de líneas = 5           N de nodos o intersec. = 8
N de suelos = 2         N de estratos externos = 3
N X-incret. = 9
N Y-incret. = 7

```

```

-----
DIMEN      = 50           Código tipo de Muro      = 0
                          Código grietas Tensión    = 0
                          Código suelo agrietado     = 0
                          Código agua en grietas      = 0

```

Lista de resultados = 0

```

-----
* Ancho Inicial Dovela,           SWIDTH = .5 m
* Plano de deslizamiento del suelo, FALLIN = 0
* Nivel del Agua Freática,        TWELEV = .0 m
* Carga Piezométrica en el agua, PPELEV = .0 m
-----

```

\*\*\* Sobrecarga = 14.711 X-Izq. = 80.000 X-Der. = 110.000

GEOMETRIA DEL TALUD (MATRIZ DE COORDEHADAS):

```

*****
Línea  X1      Y1      X2      Y2      Talud Intersección
N                               N
1.     50.00   16.00   77.50   16.00   .0000E+00 1 2
2.     77.50   16.00   80.00   21.00   2.000E+00 2 3
3.     80.00   21.00   150.00  21.00   .0000E+00 3 4
4.     50.00   11.70   150.00  11.70   .0000E+00 5 6
5.     50.00   3.50    150.00  3.50    .0000E+00 7 8

```

MATRIZ DE INTERSECCIONES:

```

*****
Int N      X      Y
1         50.00   16.00
2         77.50   16.00
3         80.00   21.00
4        150.00   21.00
5         50.00   11.70
6        150.00   11.70
7         50.00   3.50
8        150.00   3.50

```

Estrato N = 1 Líneas N = 1 2 3 4  
 Estrato N = 2 Líneas N = 4 5

ARREGLO ESTRATIGRAFICO:  
 .....

| N Est. | PVN    | Phi, Deg | Cohesión | Cod. Sat |
|--------|--------|----------|----------|----------|
| 1      | 16.084 | 14.90    | 21.580   | .0       |
| 2      | 18.630 | 45.00    | 135.340  | .0       |

\*\*\* Unidades: Si PVN = Lb/Ft<sup>3</sup> --> Cohesión = psf  
 Si PVN = K/Ft<sup>3</sup> --> = Ksf  
 Si PVN = KN/mt<sup>3</sup> --> = KPa

RESUMEN DE FS PARA ESTE ARREGLO:

.....  
 Punto de Incidencia, ENTX, ENTY = 100.0000 21.0000

| Cir Nl | Cx     | Cy     | R dio  | FS      |
|--------|--------|--------|--------|---------|
| 1      | 78.000 | 24.000 | 22.204 | 18.1151 |
| 2      | 79.000 | 24.000 | 21.213 | 17.2332 |
| 3      | 80.000 | 24.000 | 20.224 | 16.4451 |
| 4      | 81.000 | 24.000 | 19.235 | 15.5559 |
| 5      | 82.000 | 24.000 | 18.248 | 14.9769 |
| 6      | 83.000 | 24.000 | 17.263 | 14.4289 |
| 7      | 84.000 | 24.000 | 16.279 | 14.0802 |
| 8      | 85.000 | 24.000 | 15.297 | 14.0053 |
| 9      | 86.000 | 24.000 | 14.318 | 14.3719 |
| 10     | 78.000 | 25.000 | 22.361 | 17.0440 |
| 11     | 79.000 | 25.000 | 21.378 | 16.2291 |
| 12     | 80.000 | 25.000 | 20.396 | 15.3597 |
| 13     | 81.000 | 25.000 | 19.416 | 14.5641 |
| 14     | 82.000 | 25.000 | 18.439 | 13.8720 |
| 15     | 83.000 | 25.000 | 17.464 | 13.2882 |
| 16     | 84.000 | 25.000 | 16.492 | 12.8570 |
| 17     | 85.000 | 25.000 | 15.524 | 12.6134 |
| 18     | 86.000 | 25.000 | 14.560 | 12.4035 |
| 19     | 78.000 | 26.000 | 22.561 | 16.1829 |
| 20     | 79.000 | 26.000 | 21.587 | 15.2553 |
| 21     | 80.000 | 26.000 | 20.616 | 14.3938 |
| 22     | 81.000 | 26.000 | 19.647 | 13.6004 |
| 23     | 82.000 | 26.000 | 18.682 | 12.8834 |
| 24     | 83.000 | 26.000 | 17.720 | 12.2531 |
| 25     | 84.000 | 26.000 | 16.763 | 11.7110 |
| 26     | 85.000 | 26.000 | 15.811 | 11.2140 |
| 27     | 86.000 | 26.000 | 14.866 | 9.9026  |
| 28     | 78.000 | 27.000 | 22.804 | 15.3018 |
| 29     | 79.000 | 27.000 | 21.840 | 14.3868 |
| 30     | 80.000 | 27.000 | 20.881 | 13.5274 |
| 31     | 81.000 | 27.000 | 19.925 | 12.7280 |
| 32     | 82.000 | 27.000 | 18.974 | 11.9841 |
| 33     | 83.000 | 27.000 | 18.028 | 11.2858 |
| 34     | 84.000 | 27.000 | 17.088 | 10.5921 |
| 35     | 85.000 | 27.000 | 16.155 | 9.5533  |
| 36     | 86.000 | 27.000 | 15.232 | 4.5169  |
| 37     | 78.000 | 28.000 | 23.087 | 14.5120 |
| 38     | 79.000 | 28.000 | 22.136 | 13.6039 |
| 39     | 80.000 | 28.000 | 21.190 | 12.7505 |
| 40     | 81.000 | 28.000 | 20.248 | 11.9305 |
| 41     | 82.000 | 28.000 | 19.313 | 11.1426 |
| 42     | 83.000 | 28.000 | 18.385 | 10.3455 |
| 43     | 84.000 | 28.000 | 17.464 | 9.4029  |
| 44     | 85.000 | 28.000 | 16.553 | 7.0343  |
| 45     | 86.000 | 28.000 | 15.652 | 4.4802  |
| 46     | 78.000 | 29.000 | 23.409 | 13.7922 |

|    |        |        |        |         |
|----|--------|--------|--------|---------|
| 47 | 79.000 | 29.000 | 22.472 | 12.8930 |
| 48 | 80.000 | 29.000 | 21.541 | 12.0291 |
| 49 | 81.000 | 29.000 | 20.616 | 11.1834 |
| 50 | 82.000 | 29.000 | 19.698 | 10.3300 |
| 51 | 83.000 | 29.000 | 18.788 | 9.3753  |
| 52 | 84.000 | 29.000 | 17.889 | 7.8831  |
| 53 | 85.000 | 29.000 | 17.000 | 3.7957  |
| 54 | 86.000 | 29.000 | 16.125 | 4.4853  |
| 55 | 78.000 | 30.000 | 23.770 | 13.1373 |
| 56 | 79.000 | 30.000 | 22.847 | 12.2374 |
| 57 | 80.000 | 30.000 | 21.932 | 11.3534 |
| 58 | 81.000 | 30.000 | 21.024 | 10.4657 |
| 59 | 82.000 | 30.000 | 20.125 | 9.5082  |
| 60 | 83.000 | 30.000 | 19.235 | 8.2926  |
| 61 | 84.000 | 30.000 | 18.358 | 4.8929  |
| 62 | 85.000 | 30.000 | 17.493 | 3.7774  |
| 63 | 86.000 | 30.000 | 16.643 | 4.5297  |

\*\* Si FS = 10000; Este no pudo calcularse con el programa, debido a que su peso es muy pequeño o bien los círculos caen fuera del área de control del talud.

\*\* DESGLOSE:

\*\*\*\*\*

El Círculo N 1 tiene un factor de seguridad, FS, de 3.777 y corresponde al Mínimo de la malla planteada, siendo JJ = 61 \*\*\*\*\*

RESUMEN DE FS PARA ESTE ARREGLO:

\*\*\*\*\*

Punto de Incidencia, ENTX, ENTY = 95.0000 21.0000

| Cir N° | Cx     | Cy     | R dio  | FS      |
|--------|--------|--------|--------|---------|
| 1      | 78.000 | 24.000 | 17.263 | 12.8954 |
| 2      | 79.000 | 24.000 | 16.279 | 11.7864 |
| 3      | 80.000 | 24.000 | 15.297 | 10.7061 |
| 4      | 81.000 | 24.000 | 14.318 | 9.6080  |
| 5      | 82.000 | 24.000 | 13.342 | 8.3345  |
| 6      | 83.000 | 24.000 | 12.369 | 5.0750  |
| 7      | 84.000 | 24.000 | 11.402 | 4.0521  |
| 8      | 85.000 | 24.000 | 10.440 | 5.6877  |
| 9      | 86.000 | 24.000 | 9.487  | 10.9953 |
| 10     | 78.000 | 25.000 | 17.464 | 11.7942 |
| 11     | 79.000 | 25.000 | 16.492 | 10.6564 |
| 12     | 80.000 | 25.000 | 15.524 | 9.4960  |
| 13     | 81.000 | 25.000 | 14.560 | 8.1920  |
| 14     | 82.000 | 25.000 | 13.601 | 6.0680  |
| 15     | 83.000 | 25.000 | 12.649 | 3.3788  |
| 16     | 84.000 | 25.000 | 11.705 | 3.9428  |
| 17     | 85.000 | 25.000 | 10.770 | 5.7258  |
| 18     | 86.000 | 25.000 | 9.849  | 11.0130 |
| 19     | 78.000 | 26.000 | 17.720 | 10.7928 |
| 20     | 79.000 | 26.000 | 16.763 | 9.5989  |
| 21     | 80.000 | 26.000 | 15.811 | 8.2976  |
| 22     | 81.000 | 26.000 | 14.866 | 6.5490  |
| 23     | 82.000 | 26.000 | 13.928 | 3.0564  |
| 24     | 83.000 | 26.000 | 13.000 | 3.2829  |
| 25     | 84.000 | 26.000 | 12.083 | 3.9129  |
| 26     | 85.000 | 26.000 | 11.180 | 5.8339  |
| 27     | 86.000 | 26.000 | 10.296 | 11.1863 |
| 28     | 78.000 | 27.000 | 18.028 | 9.8528  |
| 29     | 79.000 | 27.000 | 17.088 | 8.5620  |
| 30     | 80.000 | 27.000 | 16.155 | 6.9842  |
| 31     | 81.000 | 27.000 | 15.232 | 2.8982  |
| 32     | 82.000 | 27.000 | 14.318 | 2.9742  |
| 33     | 83.000 | 27.000 | 13.416 | 3.2361  |

|    |        |        |        |         |
|----|--------|--------|--------|---------|
| 34 | 84.000 | 27.000 | 12.530 | 3.9672  |
| 35 | 85.000 | 27.000 | 11.662 | 6.0002  |
| 36 | 86.000 | 27.000 | 10.817 | 11.4874 |
| 37 | 78.000 | 28.000 | 18.385 | 8.9371  |
| 38 | 79.000 | 28.000 | 17.464 | 7.4657  |
| 39 | 80.000 | 28.000 | 16.553 | 5.1611  |
| 40 | 81.000 | 28.000 | 15.652 | 2.8265  |
| 41 | 82.000 | 28.000 | 14.765 | 2.9265  |
| 42 | 83.000 | 28.000 | 13.892 | 3.2292  |
| 43 | 84.000 | 28.000 | 13.038 | 4.1204  |
| 44 | 85.000 | 28.000 | 12.207 | 6.2171  |
| 45 | 86.000 | 28.000 | 11.402 | 11.8997 |
| 46 | 78.000 | 29.000 | 18.788 | 7.9922  |
| 47 | 79.000 | 29.000 | 17.889 | 6.1568  |
| 48 | 80.000 | 29.000 | 17.000 | 2.7666  |
| 49 | 81.000 | 29.000 | 16.125 | 2.7805  |
| 50 | 82.000 | 29.000 | 15.264 | 2.9071  |
| 51 | 83.000 | 29.000 | 14.422 | 3.2551  |
| 52 | 84.000 | 29.000 | 13.601 | 4.2809  |
| 53 | 85.000 | 29.000 | 12.806 | 6.4775  |
| 54 | 86.000 | 29.000 | 12.042 | 12.3945 |
| 55 | 78.000 | 30.000 | 19.235 | 6.9411  |
| 56 | 79.000 | 30.000 | 18.358 | 3.8770  |
| 57 | 80.000 | 30.000 | 17.493 | 2.7230- |
| 58 | 81.000 | 30.000 | 16.643 | 2.7564  |
| 59 | 82.000 | 30.000 | 15.811 | 2.9108  |
| 60 | 83.000 | 30.000 | 15.000 | 3.3154  |
| 61 | 84.000 | 30.000 | 14.213 | 4.4661  |
| 62 | 85.000 | 30.000 | 13.454 | 6.7773  |
| 63 | 86.000 | 30.000 | 12.728 | 12.9635 |

\*\* Si FS = 10000; Este no pudo calcularse con el programa, debido a que su peso es muy pequeño o bien los círculos caen fuera del área de control del talud.

\*\* DESGLOSE;

\*\*\*\*\*

El Círculo N 2 tiene un factor de seguridad, FS, de 2.723 y corresponde al Mínimo de la malla planteada, siendo JJ = 63 \*\*\*\*\*

RESUMEN DE FS PARA ESTE ARREGLO:

\*\*\*\*\*

Punto de Incidencia, ENTX, ENT Y = 90.0000 21.0000

| Cir Nl | Cx     | Cy     | R dio  | FS      |
|--------|--------|--------|--------|---------|
| 1      | 78.000 | 24.000 | 12.369 | 3.8128  |
| 2      | 79.000 | 24.000 | 11.402 | 2.6418  |
| 3      | 80.000 | 24.000 | 10.440 | 2.6025  |
| 4      | 81.000 | 24.000 | 9.487  | 2.7126  |
| 5      | 82.000 | 24.000 | 8.544  | 3.4058  |
| 6      | 83.000 | 24.000 | 7.616  | 5.3148  |
| 7      | 84.000 | 24.000 | 6.708  | 12.1732 |
| 8      | 85.000 | 24.000 | 5.831  | *****   |
| 9      | 86.000 | 24.000 | 5.000  | *****   |
| 10     | 78.000 | 25.000 | 12.649 | 2.6072  |
| 11     | 79.000 | 25.000 | 11.705 | 2.5016  |
| 12     | 80.000 | 25.000 | 10.770 | 2.4913  |
| 13     | 81.000 | 25.000 | 9.849  | 2.6628  |
| 14     | 82.000 | 25.000 | 8.944  | 3.5027  |
| 15     | 83.000 | 25.000 | 8.062  | 5.4914  |
| 16     | 84.000 | 25.000 | 7.211  | 12.5263 |
| 17     | 85.000 | 25.000 | 6.403  | *****   |
| 18     | 86.000 | 25.000 | 5.657  | *****   |
| 19     | 78.000 | 26.000 | 13.000 | 2.4920  |
| 20     | 79.000 | 26.000 | 12.083 | 2.4110  |

LC

|    |        |        |             |         |
|----|--------|--------|-------------|---------|
| 21 | 80.000 | 26.000 | 11.180      | 2.4304  |
| 22 | 81.000 | 26.000 | 10.296      | 2.7124  |
| 23 | 82.000 | 26.000 | 9.434       | 3.6557  |
| 24 | 83.000 | 26.000 | 8.602       | 5.7685  |
| 25 | 84.000 | 26.000 | 7.810       | 13.1552 |
| 26 | 85.000 | 26.000 | 7.071*****  |         |
| 27 | 86.000 | 26.000 | 6.403*****  |         |
| 28 | 78.000 | 27.000 | 13.416      | 2.4150  |
| 29 | 79.000 | 27.000 | 12.530      | 2.3580  |
| 30 | 80.000 | 27.000 | 11.662      | 2.4010  |
| 31 | 81.000 | 27.000 | 10.817      | 2.8398  |
| 32 | 82.000 | 27.000 | 10.000      | 3.8567  |
| 33 | 83.000 | 27.000 | 9.220       | 6.1282  |
| 34 | 84.000 | 27.000 | 8.485       | 13.9897 |
| 35 | 85.000 | 27.000 | 7.810*****  |         |
| 36 | 86.000 | 27.000 | 7.211*****  |         |
| 37 | 78.000 | 28.000 | 13.892      | 2.3675  |
| 38 | 79.000 | 28.000 | 13.038      | 2.3315  |
| 39 | 80.000 | 28.000 | 12.207      | 2.3877  |
| 40 | 81.000 | 28.000 | 11.402      | 2.9954  |
| 41 | 82.000 | 28.000 | 10.630      | 4.0977  |
| 42 | 83.000 | 28.000 | 9.899       | 6.5543  |
| 43 | 84.000 | 28.000 | 9.220       | 14.9799 |
| 44 | 85.000 | 28.000 | 8.602*****  |         |
| 45 | 86.000 | 28.000 | 8.062*****  |         |
| 46 | 78.000 | 29.000 | 14.422      | 2.3424  |
| 47 | 79.000 | 29.000 | 13.601      | 2.3183  |
| 48 | 80.000 | 29.000 | 12.806      | 2.5129  |
| 49 | 81.000 | 29.000 | 12.042      | 3.1739  |
| 50 | 82.000 | 29.000 | 11.314      | 4.3739  |
| 51 | 83.000 | 29.000 | 10.630      | 7.0382  |
| 52 | 84.000 | 29.000 | 10.000      | 16.1039 |
| 53 | 85.000 | 29.000 | 9.414*****  |         |
| 54 | 86.000 | 29.000 | 8.944*****  |         |
| 55 | 78.000 | 30.000 | 15.000      | 2.3325  |
| 56 | 79.000 | 30.000 | 14.213      | 2.2895  |
| 57 | 80.000 | 30.000 | 13.454      | 2.6537  |
| 58 | 81.000 | 30.000 | 12.728      | 3.3730  |
| 59 | 82.000 | 30.000 | 12.042      | 4.6773  |
| 60 | 83.000 | 30.000 | 11.402      | 7.5629  |
| 61 | 84.000 | 30.000 | 10.817      | 17.3053 |
| 62 | 85.000 | 30.000 | 10.296***** |         |
| 63 | 86.000 | 30.000 | 9.849*****  |         |

\*\* Si FS = 10000; Este no pudo calcularse con el programa, debido a que su peso es muy pequeño o bien los círculos caen fuera del área de control del talud.

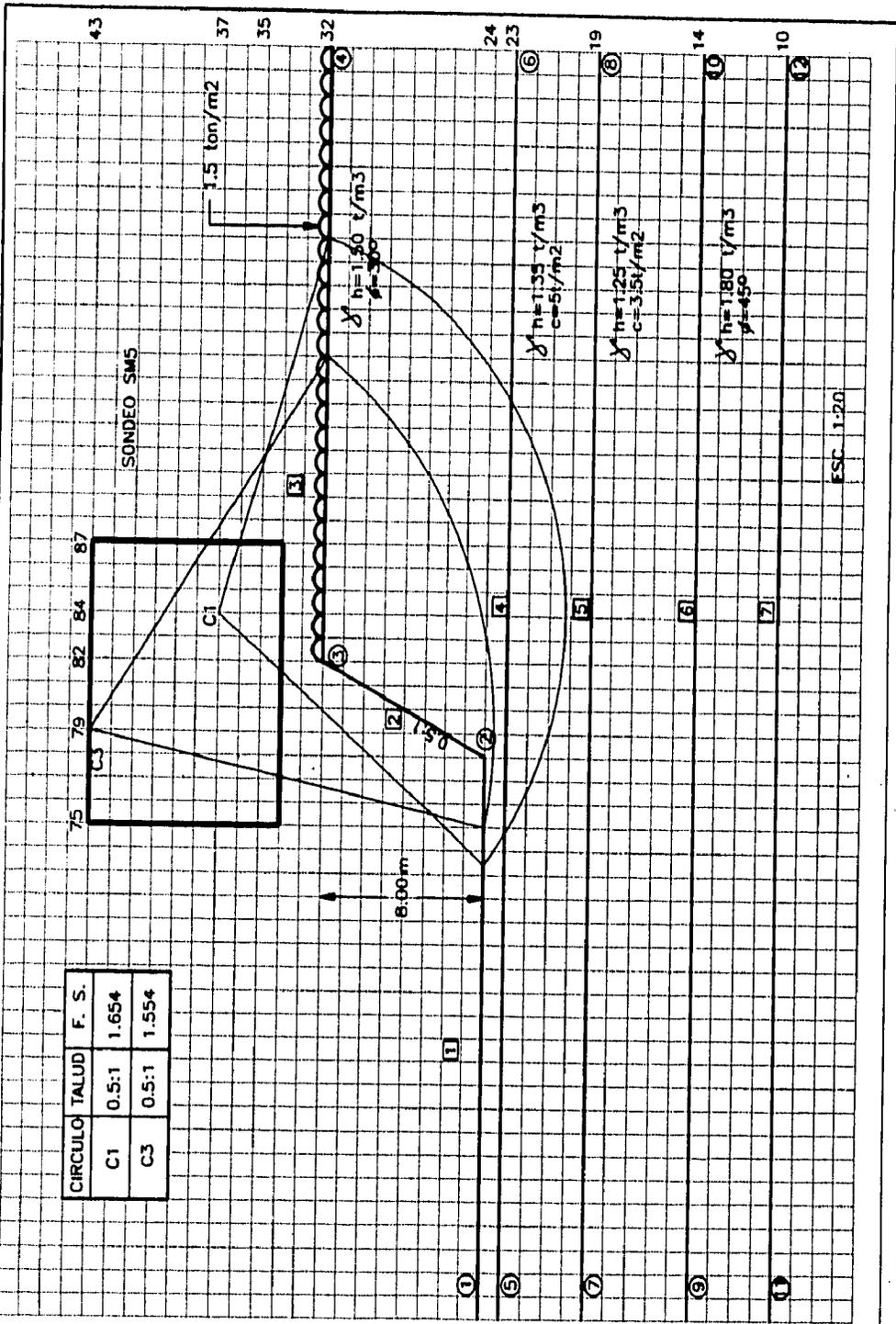
\*\* DESGLOSE:

\*\*\*\*\*

El Círculo N 3 tiene un factor de seguridad, FS, de\*\*\*\*\* y corresponde al Mínimo de la malla planteada, siendo JJ = 63 \*\*\*\*\*

-----  
HUEVO PROBLEMA

| CIRCULO | TALUD | F. S. |
|---------|-------|-------|
| C1      | 0.5:1 | 1.654 |
| C3      | 0.5:1 | 1.554 |



```

cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
oo
oo SLOPE -- ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES oo
oo METODO DE BISHOP SIMPLIFICADO oo
oo
oo
oo GEOVISA, S. A. de C. V. oo
oo Ingeniería Geotécnica oo
oo
oo HP-VECTRA RS/20 oo
oo (doc. GESC/B22/1994) oo
cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc

```

SANTA FE EDIFICIO DE 5 NIVELES talud 0.50:1

En este proceso se empleó el archivo de datos --> fe02.inp

DATOS GENERALES:

```

*****
N de líneas = 7          N de nodos o intersec. = 12
N de suelos = 4         N de estratos externos = 3
N X-incrét. = 10
N Y-incrét. = 10

```

```

-----
DIMEN          = 50          Código tipo de Muro = 0
                              Código grietas Tensión = 0
                              Código suelo agrietado = 0
                              Código agua en grietas = 0

```

Lista de resultados = 0

```

-----
* Ancho Inicial Dovela,          SWIDTH = .5 m
* Plano de deslizamiento del suelo, FALLIN = 0
* Nivel del Agua Freática,       TWELEV = .0 m
* Carga Piezométrica en el agua, PPELEV = .0 m
-----

```

\*\*\* Sobrecarga = 14.711 X-Izq. = 82.000 X-Der. = 100.000

GEOMETRIA DEL TALUD (MATRIZ DE COORDENADAS):

```

*****
Linea  X1      Y1      X2      Y2      Talud Intersección
N
1.     50.00   24.00   78.00   24.00   .0000E+00 1 2
2.     78.00   24.00   82.00   32.00   2.000    2 3
3.     82.00   32.00   200.00  32.00   .0000E+00 3 4
4.     50.00   23.00   200.00  23.00   .0000E+00 5 6
5.     50.00   19.00   200.00  19.00   .0000E+00 7 8
6.     50.00   14.00   200.00  14.00   .0000E+00 9 10
7.     50.00   10.00   200.00  10.00   .0000E+00 11 12

```

MATRIZ DE INTERSECCIONES:

```

*****
Int N    X      Y
1        50.00  24.00
2        78.00  24.00
3        82.00  32.00
4        200.00 32.00
5        50.00  23.00
6        200.00 23.00
7        50.00  19.00
8        200.00 19.00
9        50.00  14.00

```

|    |        |       |
|----|--------|-------|
| 10 | 200.00 | 14.00 |
| 11 | 50.00  | 10.00 |
| 12 | 200.00 | 10.00 |

|               |              |   |   |   |
|---------------|--------------|---|---|---|
| Estrato N = 1 | Lineas N = 1 | 2 | 3 | 4 |
| Estrato N = 2 | Lineas N = 4 | 5 |   |   |
| Estrato N = 3 | Lineas N = 5 | 6 |   |   |
| Estrato N = 4 | Lineas N = 6 | 7 |   |   |

ARREGLO ESTRATIGRAFICO:

\*\*\*\*\*

| N Est. | PVN    | Phi, Deg | Cohesión | Ced. Sat |
|--------|--------|----------|----------|----------|
| 1      | 14.710 | 30.00    | .000     | .0       |
| 2      | 13.240 | .00      | 49.044   | .0       |
| 3      | 12.259 | .00      | 34.330   | .0       |
| 4      | 17.653 | 45.00    | .000     | .0       |

\*\*\* Unidades: Si PVN = Lb/Ft<sup>3</sup> --> Cohesión = psf  
 Si PVN = K/Ft<sup>3</sup> --> = Ksf  
 Si PVN = KN/mt<sup>3</sup> --> = KPa

RESUMEN DE FS PARA ESTE ARREGLO:

\*\*\*\*\*

Punto de Incidencia, ENTX, ENTY = 100.0000 32.0000

| Cir N°: | Cx     | Cy     | R dia  | FS     |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| 1       | 78.000 | 34.000 | 22.091 | 4.2846 |
| 2       | 79.000 | 34.000 | 21.095 | 3.5003 |
| 3       | 80.000 | 34.000 | 20.100 | 2.2865 |
| 4       | 81.000 | 34.000 | 19.105 | 1.8065 |
| 5       | 82.000 | 34.000 | 18.111 | 1.7880 |
| 6       | 83.000 | 34.000 | 17.117 | 1.8162 |
| 7       | 84.000 | 34.000 | 16.125 | 1.9137 |
| 8       | 85.000 | 34.000 | 15.133 | 2.1169 |
| 9       | 86.000 | 34.000 | 14.142 | 2.3618 |
| 10      | 87.000 | 34.000 | 13.153 | 2.8415 |
| 11      | 78.000 | 35.000 | 22.204 | 3.5186 |
| 12      | 79.000 | 35.000 | 21.213 | 2.4274 |
| 13      | 80.000 | 35.000 | 20.224 | 1.7811 |
| 14      | 81.000 | 35.000 | 19.235 | 1.7515 |
| 15      | 82.000 | 35.000 | 18.248 | 1.7613 |
| 16      | 83.000 | 35.000 | 17.263 | 1.8087 |
| 17      | 84.000 | 35.000 | 16.279 | 1.9523 |
| 18      | 85.000 | 35.000 | 15.297 | 2.1331 |
| 19      | 86.000 | 35.000 | 14.318 | 2.3204 |
| 20      | 87.000 | 35.000 | 13.342 | 2.9650 |
| 21      | 78.000 | 36.000 | 22.361 | 2.5321 |
| 22      | 79.000 | 36.000 | 21.378 | 1.7532 |
| 23      | 80.000 | 36.000 | 20.396 | 1.7542 |
| 24      | 81.000 | 36.000 | 19.416 | 1.7499 |
| 25      | 82.000 | 36.000 | 18.439 | 1.7586 |
| 26      | 83.000 | 36.000 | 17.464 | 1.8446 |
| 27      | 84.000 | 36.000 | 16.492 | 2.0128 |
| 28      | 85.000 | 36.000 | 15.524 | 2.0960 |
| 29      | 86.000 | 36.000 | 14.560 | 2.3369 |
| 30      | 87.000 | 36.000 | 13.601 | 3.2893 |
| 31      | 78.000 | 37.000 | 22.561 | 1.7746 |
| 32      | 79.000 | 37.000 | 21.587 | 1.7315 |
| 33      | 80.000 | 37.000 | 20.616 | 1.7212 |
| 34      | 81.000 | 37.000 | 19.647 | 1.7478 |
| 35      | 82.000 | 37.000 | 18.682 | 1.7981 |
| 36      | 83.000 | 37.000 | 17.720 | 1.9532 |
| 37      | 84.000 | 37.000 | 16.763 | 1.6536 |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 38  | 85.000 | 37.000 | 15.811 | 2.0753 |
| 39  | 86.000 | 37.000 | 14.866 | 2.4616 |
| 40  | 87.000 | 37.000 | 13.928 | 4.1434 |
| 41  | 78.000 | 38.000 | 22.804 | 1.7388 |
| 42  | 79.000 | 38.000 | 21.840 | 1.7410 |
| 43  | 80.000 | 38.000 | 20.881 | 1.7250 |
| 44  | 81.000 | 38.000 | 19.925 | 1.7580 |
| 45  | 82.000 | 38.000 | 18.974 | 1.9310 |
| 46  | 83.000 | 38.000 | 18.028 | 1.9256 |
| 47  | 84.000 | 38.000 | 17.088 | 1.9653 |
| 48  | 85.000 | 38.000 | 16.155 | 2.0812 |
| 49  | 86.000 | 38.000 | 15.232 | 2.8312 |
| 50  | 87.000 | 38.000 | 14.318 | 4.1658 |
| 51  | 78.000 | 39.000 | 23.087 | 1.7520 |
| 52  | 79.000 | 39.000 | 22.136 | 1.7285 |
| 53  | 80.000 | 39.000 | 21.190 | 1.7469 |
| 54  | 81.000 | 39.000 | 20.248 | 1.8299 |
| 55  | 82.000 | 39.000 | 19.313 | 1.9130 |
| 56  | 83.000 | 39.000 | 18.385 | 1.9165 |
| 57  | 84.000 | 39.000 | 17.464 | 1.9572 |
| 58  | 85.000 | 39.000 | 16.553 | 2.1893 |
| 59  | 86.000 | 39.000 | 15.652 | 3.3269 |
| 60  | 87.000 | 39.000 | 14.765 | 4.2046 |
| 61  | 78.000 | 40.000 | 23.409 | 1.7416 |
| 62  | 79.000 | 40.000 | 22.472 | 1.7494 |
| 63  | 80.000 | 40.000 | 21.541 | 1.7967 |
| 64  | 81.000 | 40.000 | 20.616 | 1.9193 |
| 65  | 82.000 | 40.000 | 19.698 | 1.9039 |
| 66  | 83.000 | 40.000 | 18.788 | 1.9115 |
| 67  | 84.000 | 40.000 | 17.889 | 1.9564 |
| 68  | 85.000 | 40.000 | 17.000 | 2.6093 |
| 69  | 86.000 | 40.000 | 16.126 | 3.3677 |
| 70  | 87.000 | 40.000 | 15.264 | 4.2584 |
| 71  | 78.000 | 41.000 | 23.770 | 1.7783 |
| 72  | 79.000 | 41.000 | 22.847 | 1.7895 |
| 73  | 80.000 | 41.000 | 21.932 | 1.9419 |
| 74  | 81.000 | 41.000 | 21.024 | 1.9142 |
| 75  | 82.000 | 41.000 | 20.125 | 1.9021 |
| 76  | 83.000 | 41.000 | 19.235 | 1.9116 |
| 77  | 84.000 | 41.000 | 18.358 | 2.0369 |
| 78  | 85.000 | 41.000 | 17.493 | 2.8487 |
| 79  | 86.000 | 41.000 | 16.643 | 3.4185 |
| 80  | 87.000 | 41.000 | 15.811 | 4.3262 |
| 81  | 78.000 | 42.000 | 24.166 | 1.8129 |
| 82  | 79.000 | 42.000 | 23.259 | 1.8661 |
| 83  | 80.000 | 42.000 | 22.361 | 1.9401 |
| 84  | 81.000 | 42.000 | 21.471 | 1.9157 |
| 85  | 82.000 | 42.000 | 20.591 | 1.9056 |
| 86  | 83.000 | 42.000 | 19.723 | 1.9124 |
| 87  | 84.000 | 42.000 | 18.868 | 2.4975 |
| 88  | 85.000 | 42.000 | 18.028 | 2.8953 |
| 89  | 86.000 | 42.000 | 17.205 | 3.4785 |
| 90  | 87.000 | 42.000 | 16.401 | 4.4052 |
| 91  | 78.000 | 43.000 | 24.597 | 1.8679 |
| 92  | 79.000 | 43.000 | 23.707 | 1.9770 |
| 93  | 80.000 | 43.000 | 22.825 | 1.9443 |
| 94  | 81.000 | 43.000 | 21.954 | 1.9221 |
| 95  | 82.000 | 43.000 | 21.095 | 1.9117 |
| 96  | 83.000 | 43.000 | 20.248 | 1.9558 |
| 97  | 84.000 | 43.000 | 19.416 | 2.5397 |
| 98  | 85.000 | 43.000 | 18.601 | 2.9481 |
| 99  | 86.000 | 43.000 | 17.804 | 3.5461 |
| 100 | 87.000 | 43.000 | 17.029 | 4.4946 |



\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

El Círculo N 1 tiene un factor de seguridad, FS, de 1.054  
y corresponde al Mínimo de la malla planteada, siendo JJ = 100 \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*

Punto de Incidencia, ENTX, ENTY = 95.0000 32.0000

| Cir N° | Cx     | Cy     | R dio  | FS     |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1      | 78.000 | 34.000 | 17.117 | 1.7945 |
| 2      | 79.000 | 34.000 | 16.125 | 1.7758 |
| 3      | 80.000 | 34.000 | 15.133 | 1.8448 |
| 4      | 81.000 | 34.000 | 14.142 | 1.8438 |
| 5      | 82.000 | 34.000 | 13.153 | 1.8019 |
| 6      | 83.000 | 34.000 | 12.166 | 1.8048 |
| 7      | 84.000 | 34.000 | 11.180 | 2.2277 |
| 8      | 85.000 | 34.000 | 10.198 | 3.3018 |
| 9      | 86.000 | 34.000 | 9.220  | 4.7016 |
| 10     | 87.000 | 34.000 | 8.246  | 8.4634 |
| 11     | 78.000 | 35.000 | 17.263 | 1.7864 |
| 12     | 79.000 | 35.000 | 16.279 | 1.8158 |
| 13     | 80.000 | 35.000 | 15.297 | 1.8478 |
| 14     | 81.000 | 35.000 | 14.318 | 1.7837 |
| 15     | 82.000 | 35.000 | 13.342 | 1.7432 |
| 16     | 83.000 | 35.000 | 12.369 | 1.9087 |
| 17     | 84.000 | 35.000 | 11.402 | 2.5815 |
| 18     | 85.000 | 35.000 | 10.440 | 3.2804 |
| 19     | 86.000 | 35.000 | 9.487  | 4.6534 |
| 20     | 87.000 | 35.000 | 8.544  | 8.2945 |
| 21     | 78.000 | 36.000 | 17.464 | 1.8377 |
| 22     | 79.000 | 36.000 | 16.492 | 1.8785 |
| 23     | 80.000 | 36.000 | 15.524 | 1.8027 |
| 24     | 81.000 | 36.000 | 14.560 | 1.7398 |
| 25     | 82.000 | 36.000 | 13.601 | 1.6920 |
| 26     | 83.000 | 36.000 | 12.649 | 2.1661 |
| 27     | 84.000 | 36.000 | 11.705 | 2.5863 |
| 28     | 85.000 | 36.000 | 10.770 | 3.2858 |
| 29     | 86.000 | 36.000 | 9.849  | 4.6529 |
| 30     | 87.000 | 36.000 | 8.944  | 8.2299 |
| 31     | 78.000 | 37.000 | 17.720 | 1.9277 |
| 32     | 79.000 | 37.000 | 16.763 | 1.8450 |
| 33     | 80.000 | 37.000 | 15.811 | 1.7708 |
| 34     | 81.000 | 37.000 | 14.866 | 1.7039 |
| 35     | 82.000 | 37.000 | 13.928 | 1.9027 |
| 36     | 83.000 | 37.000 | 13.000 | 2.1819 |
| 37     | 84.000 | 37.000 | 12.083 | 2.6087 |
| 38     | 85.000 | 37.000 | 11.180 | 3.3168 |
| 39     | 86.000 | 37.000 | 10.296 | 4.6925 |
| 40     | 87.000 | 37.000 | 9.434  | 8.2560 |
| 41     | 78.000 | 38.000 | 18.028 | 1.9036 |
| 42     | 79.000 | 38.000 | 17.088 | 1.8229 |
| 43     | 80.000 | 38.000 | 16.155 | 1.7468 |
| 44     | 81.000 | 38.000 | 15.232 | 1.6631 |
| 45     | 82.000 | 38.000 | 14.318 | 1.9175 |
| 46     | 83.000 | 38.000 | 13.416 | 2.2095 |
| 47     | 84.000 | 38.000 | 12.530 | 2.6464 |
| 48     | 85.000 | 38.000 | 11.662 | 3.3696 |
| 49     | 86.000 | 38.000 | 10.817 | 4.7677 |
| 50     | 87.000 | 38.000 | 10.000 | 8.3610 |
| 51     | 78.000 | 39.000 | 18.365 | 1.8896 |

|     |        |        |        |        |
|-----|--------|--------|--------|--------|
| 52  | 79.000 | 39.000 | 17.464 | 1.8090 |
| 53  | 80.000 | 39.000 | 16.553 | 1.7239 |
| 54  | 81.000 | 39.000 | 15.652 | 1.7376 |
| 55  | 82.000 | 39.000 | 14.765 | 1.9463 |
| 56  | 83.000 | 39.000 | 13.892 | 2.2476 |
| 57  | 84.000 | 39.000 | 13.038 | 2.6978 |
| 58  | 85.000 | 39.000 | 12.207 | 3.4414 |
| 59  | 86.000 | 39.000 | 11.402 | 4.8741 |
| 60  | 87.000 | 39.000 | 10.630 | 5.5210 |
| 61  | 78.000 | 40.000 | 13.788 | 1.8936 |
| 62  | 79.000 | 40.000 | 17.889 | 1.7988 |
| 63  | 80.000 | 40.000 | 17.000 | 1.6344 |
| 64  | 81.000 | 40.000 | 16.125 | 1.7584 |
| 65  | 82.000 | 40.000 | 15.264 | 1.9827 |
| 66  | 83.000 | 40.000 | 14.422 | 2.2951 |
| 67  | 84.000 | 40.000 | 13.601 | 2.7615 |
| 68  | 85.000 | 40.000 | 12.806 | 3.5300 |
| 69  | 86.000 | 40.000 | 12.042 | 5.0034 |
| 70  | 87.000 | 40.000 | 11.314 | 8.7286 |
| 71  | 78.000 | 41.000 | 19.235 | 1.8826 |
| 72  | 79.000 | 41.000 | 18.358 | 1.7836 |
| 73  | 80.000 | 41.000 | 17.493 | 1.6275 |
| 74  | 81.000 | 41.000 | 16.643 | 1.7925 |
| 75  | 82.000 | 41.000 | 15.811 | 2.0258 |
| 76  | 83.000 | 41.000 | 15.000 | 2.3507 |
| 77  | 84.000 | 41.000 | 14.213 | 2.8351 |
| 78  | 85.000 | 41.000 | 13.454 | 3.6316 |
| 79  | 86.000 | 41.000 | 12.728 | 5.1526 |
| 80  | 87.000 | 41.000 | 12.042 | 8.9735 |
| 81  | 78.000 | 42.000 | 19.723 | 1.8821 |
| 82  | 79.000 | 42.000 | 18.868 | 1.5584 |
| 83  | 80.000 | 42.000 | 18.028 | 1.6487 |
| 84  | 81.000 | 42.000 | 17.205 | 1.8317 |
| 85  | 82.000 | 42.000 | 16.401 | 2.0749 |
| 86  | 83.000 | 42.000 | 15.620 | 2.4133 |
| 87  | 84.000 | 42.000 | 14.866 | 2.9174 |
| 88  | 85.000 | 42.000 | 14.142 | 3.7444 |
| 89  | 86.000 | 42.000 | 13.454 | 5.3180 |
| 90  | 87.000 | 42.000 | 12.806 | 9.2476 |
| 91  | 78.000 | 43.000 | 20.248 | 1.8500 |
| 92  | 79.000 | 43.000 | 19.416 | 1.5513 |
| 93  | 80.000 | 43.000 | 18.601 | 1.6846 |
| 94  | 81.000 | 43.000 | 17.804 | 1.8756 |
| 95  | 82.000 | 43.000 | 17.029 | 2.1293 |
| 96  | 83.000 | 43.000 | 16.279 | 2.4824 |
| 97  | 84.000 | 43.000 | 15.556 | 3.0071 |
| 98  | 85.000 | 43.000 | 14.866 | 3.8666 |
| 99  | 86.000 | 43.000 | 14.213 | 5.4963 |
| 100 | 87.000 | 43.000 | 13.601 | 9.5445 |

\*\* Si FS = 10000; Este no pudo calcularse con el programa, debido a que su peso es muy pequeño o bien los círculos caen fuera del área de control del talud.

\*\* DESGLOSE:

\*\*\*\*\*

El Círculo N 2 tiene un factor de seguridad, FS, de 1.551 y corresponde al Mínimo de la malla planteada, siendo JJ = 100 \*\*\*\*\*

-----  
 NUEVO PROBLEMA