

26  
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ARAGON"

Fricción Negativa en  
Pilotes de Cimentación

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A  
ALEJANDRO MARIO LOPEZ ORTIZ

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



MEXICO, D. F.

1992



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## FRICCION NEGATIVA EN PILOTES DE CIMENTACION

### I N T R O D U C C I O N

#### 1. TIPOS DE PILOTES PARA CIMENTACION

- 1.1. Pilotes por punta
- 1.2. Pilotes por adherencia y/o fricción
- 1.3. Pilotes mixtos

#### 2. CAUSAS DE LA FRICCION NEGATIVA

- 2.1. ¿Que es la fricción negativa?
- 2.2. Origen de la fricción negativa
- 2.3. Investigación sobre la fricción negativa

#### 3. EFECTOS DE LA FRICCION NEGATIVA

- 3.1. Influencia de la fricción negativa en la resistencia real de la cimentación.
- 3.2. Consideración de la fricción negativa en el diseño de cimentaciones.
- 3.3. Solución al problema de la fricción negativa.

#### 4. LEGISLACION REFERENTE A CIMENTACIONES PROFUNDAS

- 4.1. Diseño

## INTRODUCCION

Desde que el Valle de México se convirtió en un punto de desarrollo urbano en la zona del lago, con los aztecas primero y los españoles después, el problema principal al cual han tenido que hacer frente los pobladores, es la dificultad para regular las construcciones necesarias en su crecimiento; la forma en que se presenta dicha dificultad ha ido variando con el tiempo; la cual parte desde construir sobre el agua, en tiempo de los aztecas, hasta nuestra época en que se manifiesta con la presencia de fenómenos interrelacionados como asentamientos regionales, consolidación general y local, muy baja resistencia del suelo, la emisión de estructuras, asentamientos diferenciales, entre otras.

Las soluciones dadas a cada problema han sido acordes al nivel tecnológico de la época; así los aztecas idearon la forma de construir con el método de las "CHINAMPAS" complementado con estacas para fijarlas a un sitio determinado. Cuando se requirió una construcción grande e importante; el palacio de Moctezuma o el Templo Mayor por ejemplo; las estacas no funcionaron como fijación de la chinampa, aquí pasaron a ser parte fundamental de la estructura que sirvió de soporte a la edificación, pues se usaron árboles, Sáuces generalmente que se apoyaban en el lecho del lago y daban la resistencia necesaria para construir.

Después de la llegada de los españoles, y hasta fines del siglo XIX y principios del XX, las formas para realizar cimentaciones fueron mucho muy variadas y con un apoyo tecnológico mínimo, ya que un suelo con las condiciones de la zona del Ex-lago de México no se había presentado en la tecnología europea que llegó a Tenochtitlán, por lo tanto, la mayoría de las veces el conocimiento era totalmente empírico.

No obstante, a mediados del siglo XIX, después de cuatro siglos de ingeniería empírica se puede decir que existen criterios generalizados en la construcción de cimentaciones los cuales manejan conceptos como: resistencia del suelo, asentamientos por peso excesivo de la estructura, ampliación en la base de sustentación, uso de "EMPARRILLADOS" como soporte, entre otros. Además de lo anterior se evitaba el uso de pilotes como elementos de cimentación, debido al irregular comportamiento que las estructuras presentaban y a una incipiente tecnología para calcular la resistencia que se tendría con este sistema de cimentación.

En la época actual la forma de atacar los problemas que implica cimentar estructuras cada vez más altas y pesadas, considerando los fenómenos colaterales mencionados anteriormente, obligan a la Ingeniería a usar métodos de cálculo, diseño y procedimientos de construcción y mantenimiento que garanticen un eficiente funcionamiento, a la vez que se tenga un costo -

razonable. La complejidad del problema, se podrá disminuir, si se relaciona correctamente el sistema de cimentación con el suelo que la contendrá y el comportamiento de la superestructura. Para el caso de la superestructura el análisis del comportamiento se realiza con aceptable aproximación, pues existen teorías y modelos matemáticos muy estudiados y desarrollados; lo cual, no sucede para la relación suelo-cimentación que presenta desarrollos teóricos limitados a la vez que una variedad de parámetros del suelo y su interacción poco estudiada.

Todo lo anterior es más complejo en las cimentaciones profundas donde su diseño y comportamiento se evalúan con teorías las cuales, aunque seguras, generan un alto costo en la cimentación.

Una evaluación eficiente del comportamiento de una cimentación profunda, redundará en mayor seguridad y menor costo, para evaluar dicho comportamiento es necesario entender los fenómenos que se presentan en el suelo, de los cuales la **FRICCIÓN NEGATIVA** es uno de los que produce efectos considerables en las sub-estructuras.

En este trabajo se presentan las bases teóricas desarrolladas para comprender y cuantificar la fricción negativa en las cimentaciones, así como la interacción que ésta representa en el comportamiento de una cimentación profunda, se revisa la forma en que el Reglamento de Construcciones del D.F. aborda el fenómeno, y los lineamientos que obliga a seguir para garantizar la seguridad de las estructuras. Debido a la característica que se tiene en las fórmulas para la evaluación de la fricción negativa que se genera en la cimentación, se presenta la forma de preparar los datos para calcularla usando el paquete ESTRACIM para computadora y se resuelve un ejemplo con este paquete.

En forma de anexos se presentan diferentes criterios para el diseño de una cimentación, propuestos por la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos (S.M.M.S.); los procedimientos de construcción más comunes y las descripciones de algunas formas de realizar las pruebas de carga que ordena ejecutar el Reglamento de Construcciones del Departamento de D.F.

razonable. La complejidad del problema, se podrá disminuir, si se relaciona correctamente el sistema de cimentación con el suelo que la contendrá y el comportamiento de la super-estructura. Para el caso de la super-estructura el análisis del comportamiento se realiza con aceptable aproximación, -- pues existen teorías y modelos matemáticos muy estudiados y desarrollados; lo cual, no sucede para la relación suelo-cimentación que presenta desarrollos teóricos limitados a la vez que una variedad de parámetros del suelo y su interacción poco estudiada.

Todo lo anterior es más complejo en las cimentaciones profundas donde su diseño y comportamiento se evalúan con teorías las cuales, aunque seguras, generan un alto costo en la cimentación.

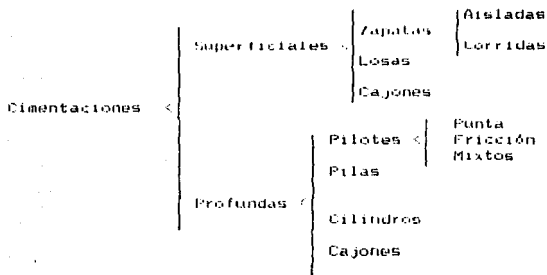
Una evaluación eficiente del comportamiento de una cimentación profunda, redundará en mayor seguridad y menor costo, -- para evaluar dicho comportamiento es necesario entender los fenómenos que se presentan en el suelo, de los cuales la -- **FRICCIÓN NEGATIVA** es uno de los que produce efectos considerables en las sub-estructura.

En este trabajo se presentan las bases teóricas desarrolladas para comprender y cuantificar la fricción negativa en las cimentaciones, así como la interacción que ésta representa en el comportamiento de una cimentación profunda, se revisa la forma en que el Reglamento de Construcciones del D.F. aborda el fenómeno, y los lineamientos que obliga a seguir para garantizar la seguridad de las estructuras. Debido a la característica que se tiene en las fórmulas para la evaluación de la fricción negativa que se genera en la cimentación, se presenta la forma de preparar los datos para calcularla usando el paquete ESTRACIM para computadora y se resuelve un ejemplo con este paquete.

En forma de anexos se presentan diferentes criterios para el diseño de una cimentación, propuestos por la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos (S.M.M.S.); los procedimientos de construcción más comunes y las descripciones de algunas formas de realizar las pruebas de carga que ordena ejecutar el Reglamento de Construcciones del Departamento de D.F.

## 1. TIPOS DE PILOTES PARA CIMENTACIONES.

En ingeniería las cimentaciones se pueden clasificar por la profundidad de desplante en la siguiente forma :



Este trabajo se enfocará sólo al estudio de cimentaciones con pilotes.

Los pilotes mixtos son la combinación de pilotes por punta y pilotes por adherencia y/o fricción.

Esta clasificación de pilotes, se basa en la forma de transmitir la carga de la estructura a el sub-suelo, don de se desplantará la misma.

A continuación se mencionarán las formas y métodos tradicionales para determinar la capacidad de carga de pilotes, según el caso.



### 1.1. PILOTES POR PUNTA.

Este tipo de pilotes se distinguen porque la carga se transmite al sub-suelo (estrato resistente) en forma directa, por el área de la punta del pilote sin considerar la carga que pueda transmitirse por el contacto del área del fuste con el material que lo rodea.

Para calcular la capacidad de carga se puede usar la teoría de Meyerhof que está dada por la siguiente ecuación:

$$Q_c = q_c \cdot A_p \quad \text{--- (EC. 1.1)}$$

donde:

$$q_c = C \cdot N'_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q' \quad \text{--- (EC. 1.2)}$$

$A_p$  = Área del pilote en sección.

En la teoría de Meyerhof, se hace una consideración referente a la longitud de penetración mínima, que debe tener el pilote en el estrato resistente para usar la EC. 1.2. Esta longitud de penetración se determina con la ecuación.

$$D' = 4 \cdot B \cdot \tan \left( 45^\circ + \frac{\phi'}{2} \right) \quad \text{--- (EC. 1.3)}$$

La forma esquemática se presenta en la figura 1.1.

Si la longitud  $L$ , que es la penetración real del pilote en el estrato resistente, es mayor o igual a la distancia  $D'$ , es posible aplicar la EC. 1.2 directamente, pero si  $L$  es menor que  $D'$ , se hace necesario cambiar los valores de  $N_c'$  y  $N_q'$  de la siguiente forma:

$$N_c \text{ trab.} = N_c + \frac{N_c' - N_c}{D'} \cdot h \quad \text{--- (EC. 1.4)}$$

$$N_q \text{ trab.} = N_q + \frac{N_q' - N_q}{D'} \cdot h \quad \text{--- (EC. 1.5)}$$

Donde h es la longitud de penetración del pilote, menor a la longitud D'.

En las tres ecuaciones, (1.2) (1.4) y (1.5), los valores de Nc', Nc, Nq', Nq se representan en la figura No. 1.2 y están en función del ángulo  $\phi$  del estrato resistente

Otra teoría muy común para calcular la capacidad de carga es la presentada por Skempton, que se presenta por la siguiente fórmula y es usada para suelos cohesivos exclusivamente.

$$q_c = C N_c + \gamma D_f \quad \text{(EC. 1.6)}$$

En donde Nc es un factor que se obtiene de la figura 1.3 que está en función, únicamente, de la penetración real del pilote en el estrato resistente y de su diámetro o - su dimensión B.

## 1.2. PILOTES POR ADHERENCIA Y/O FRICCIÓN.

En este tipo de cimentación profunda la carga se transmite al sub-suelo por el contacto entre el pilote y el material que lo rodea; en este contacto es donde se presenta la adherencia (arcillas) y/o la fricción (arena) del pilote y el suelo.

Existe la ecuación que en forma general, que nos determina la capacidad de carga de un pilote por fricción y/o adherencia :

$$D_f = n (C_a + E_o \frac{\gamma D_f}{2} \tan \delta) A_L \quad \text{(EC. 1.6)}$$

donde :

C<sub>a</sub> Coef. de adherencia entre suelo y pilote.

K<sub>o</sub> Coef. de empuje de tierras en reposo (suelos friccionantes). Varía de 0.4 a 0.6, se usa 0.5

n Número de pilotes.

$\frac{\gamma D_f}{2}$  Presión que se tiene a la mitad del estrato penetrado.

$\delta$  Angulo de fricción entre pilote y suelo, con un rango entre los valores:

$$\frac{\phi}{2} < \delta < \frac{2}{3} \phi, \text{ siendo } \phi \text{ el Angulo de}$$

fricción interna de la arena en el estrato en estudio.

AL Área lateral del pilote.

Los valores de  $C$  están en función de la cohesión de la arcilla, mediante investigaciones y pruebas, Tomlinson propone los valores presentados en la tabla F.1.1.

### 1.3. PILOTES MIXTOS.

Este tipo de pilotes es una combinación de los descritos anteriormente, se usan cuando en el estrato de apoyo del pilote (Estrato No. 0 Fig. 1.1) no se tiene la resistencia necesaria para absorber totalmente la descarga de cada pilote y se tiene el peligro de penetración de pilote en dicho estrato. Es en estos casos cuando se analiza el pilote en ambas formas, punta y fricción, para poder determinar si cumple los requerimientos de carga.

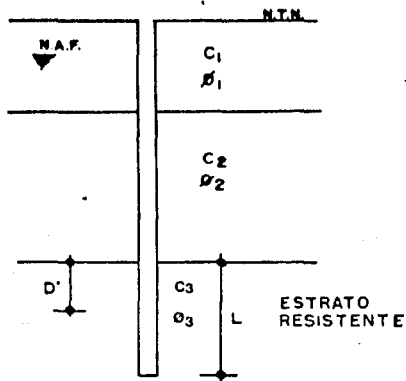


FIGURA I.I

MATERIAL DEL PILOTE	CONSISTENCIA DE LA ARCILLA	CONYSION C. Ton/m <sup>2</sup>		ADHERENCIA f. Ton/m <sup>2</sup>	
CONCRETO y MADERA	BLANDA	0	4	0	3.5
	FIRME	4	8	3.5	4.5
	DURA	8	15	4.5	7
ACERO	BLANDA	0	4	0	3
	FIRME	4	8	3	4
	DURA	8	15	Sin Datos	

TABLA T.I.I

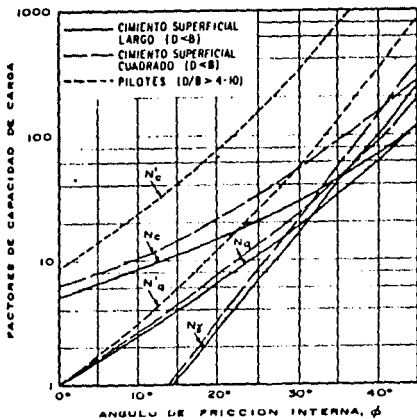


FIGURA 1.2

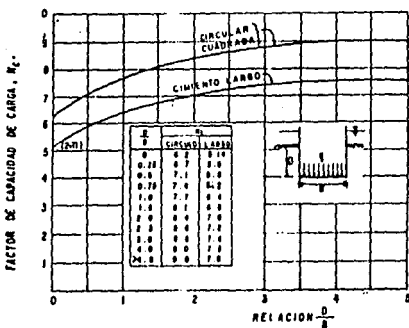


FIGURA 1.3

## 2. CAUSAS DE LA FRICCIÓN NEGATIVA

Cuando el diseño de las cimentaciones de estructuras, requiere o hace necesario el uso de un sistema de cimentación con pilotes, y además por medio del estudio del sub suelo se detecta la presencia de estratos arcillosos, debe considerarse en el mismo análisis de la cimentación, un fenómeno que puede causar a largo plazo problemas, - los cuales son desde movimientos verticales no previstos hasta la reducción de la capacidad de carga en la cimentación y por consiguiente, en un caso extremo, el posible colapso de la misma. Este fenómeno es el conocido como fricción negativa, el cual afecta en manera determinante el comportamiento de la cimentación durante su vida útil.

A continuación se presenta una semblanza del desarrollo del fenómeno.

### 2.1. ¿QUE ES LA FRICCIÓN NEGATIVA?

Cuando una cimentación piloteada se desplanta en material consolidable, y debido al cambio de las condiciones en las presiones iniciales el material sufre asentamientos, se adhiere y prácticamente se cuelga del pilote alrededor del fuste, presentándose el fenómeno conocido como fricción negativa, este hecho ocasiona fuerzas de arrastre en cada uno de los pilotes y en los muros perimetrales de la subestructura, siendo su valor, en ciertos casos, tan alto que genera en los pilotes perimetrales fuerzas de tensión.

Si se presenta en pilotes por punta el problema puede causar desde la emersión de la estructura, disminución en la capacidad de carga, hasta penetración de las puntas en la capa del apoyo, si es el caso de pilotes por fricción, se ocasionan hundimientos imprevistos y disminución de la longitud efectiva de trabajo por pilote.

### 2.2. ORIGEN DE LA FRICCIÓN NEGATIVA.

El origen de la fricción negativa, como se mencionó anteriormente, es básicamente la consolidación del suelo que

circunda a los pilotes. Esta consolidación se debe a varios factores, entre otros podemos mencionar los siguientes :

- Rellenos recientes
- Sobrecarga superficial
- Abatimiento del nivel freático por causas naturales.
- Bombeo del agua en los acuíferos subterráneos.

Los factores mencionados inducen a la consolidación general (regional), pues sus efectos se presentan en una amplia zona, como es el caso de la Ciudad de México. Los que ocasionan la consolidación local del lugar de la cimentación son principalmente :

- Peso propio de la cimentación
- Remoldeo del suelo ocasionado por el hincado de los pilotes.

Con la superposición de los efectos mencionados tendremos un panorama más amplio del origen de la fricción negativa.

El fenómeno de consolidación local y/o general que se mencionó, ocasiona movimientos del suelo con respecto al nivel de desplante de los pilotes; la penetración que sufren los mismos es constante por ser rígidos en relación al suelo, si es considerado el hundimiento del suelo desde la punta del pilote, el movimiento es mayor hacia la superficie, por lo que existe un nivel del suelo en el cual se tiene una velocidad de hundimiento igual a la del pilote, este nivel fue definido por Terzaghi como "Punto Neutro", ya que el movimiento relativo entre el pilote y suelo es nulo, de éste nivel hacia arriba, la velocidad de hundimiento del suelo es mayor que la del pilote y es la causa de que el suelo genere fuerzas de arrastre a los pilotes, la llamada **FRICCIÓN NEGATIVA**; desde el "nivel neutro" hacia abajo, la fricción es positiva, es decir el pilote transmite la carga por fricción al suelo por ser su velocidad de movimiento mayor.

En el caso de pilotes por punta el nivel neutro se en-

cuenta cercano al apoyo, debido a que los movimientos de los mismos son muy pequeños y por lo tanto la mayor parte del fuste, sino es que toda su longitud, se verá sometida a fricción negativa.

En el caso de pilotes por fricción, este nivel no se puede determinar en forma directa porque los pilotes no están fijos con respecto a su nivel de desplante.

Para su determinación se establece una condición de equilibrio y su solución se calculará por tanteos, hasta que se obtenga el valor de  $Z_0$  que satisfaga la siguiente ecuación :

$$Q - C_p = \begin{matrix} + \\ C \\ f \end{matrix} \left| \begin{matrix} Z_p \\ \\ Z_0 \end{matrix} \right. - \begin{matrix} - \\ C \\ f \end{matrix} \left| \begin{matrix} Z_0 \\ \\ D_f \end{matrix} \right. \quad \text{--- (EC.2.1)}$$

donde :

$Q$  Carga total transmitida por la Sub-estructura.

$C_p$  Capacidad de carga por punta del pilote.

$\begin{matrix} + \\ C \\ f \end{matrix} \left| \begin{matrix} Z_p \\ \\ Z_0 \end{matrix} \right.$  Fricción positiva desarrollada del punto neutro hasta la punta del pilote.

$\begin{matrix} - \\ C \\ f \end{matrix} \left| \begin{matrix} Z_0 \\ \\ D_f \end{matrix} \right.$  Fricción negativa que se desarrolla desde el nivel de la cabeza de los pilotes hasta el nivel de punto neutro.

En la figura 2.1 se hace en forma gráfica la presentación de los conceptos arriba mencionados.



### 2.3. INVESTIGACION SOBRE LA FRICCIÓN NEGATIVA.

La evaluación cuantitativa de la fricción negativa está dependiente en forma total de la fricción lateral que se genera entre pilote y suelo, para determinar tal valor se han propuesto métodos y fórmulas que van desde las recomendaciones empíricas como las presentadas por TOMLINSON, en la tabla 1.1, hasta métodos elaborados con un análisis detallado como se parte.

Actualmente existen varios enfoques para la evaluación de la fricción lateral, los cuales se presentan a continuación.

- 2.3.1 El primero de estos enfoques se plantea (Hornel 1965, de Mello 1973) proponiendo que para pilotes hundidos, el valor de la fricción "f" está en relación de la siguiente fórmula, con la cohesión no drenada  $c_u$ , obtenida con la prueba de compresión no confinada, ensayos triaxiales no consolidados, no drenados (U U).

$$f = \alpha C_u \quad (EC. 2.2)$$

El valor de  $\alpha$  varía según sea el cambio que sufre  $C_u$ . Originalmente estaba en un rango de 1.0 a 0.5, disminuyendo conforme aumenta el valor de  $c_u$ ; debido a que estos factores son conservadores cuando se tiene la presencia de la fricción negativa, y en base a pruebas, se ha modificado el rango, siendo los límites de 1.35 y 0.5 para el caso de arcillas blandas y arcillas firmes preconsolidadas respectivamente, el segundo valor se reduce a la mitad si se trata de pilotes colados en el lugar, con arcillas duras.

- 2.3.2 El segundo enfoque planteado (Burland 1973, Vesic 1975) establece que para pilotes en arcilla blandas, la fricción es:

$$f = f(\%) K q'v \quad (EC. 2.3)$$

donde :

q'v Esfuerzo efectivo vertical en el terreno a la profundidad considerada, antes de colocar el pilote.

K Relación entre q'h y q'v, después de instalar el pilote.

$\phi$  ángulo

q'h Esfuerzo efectivo horizontal después de instalar el pilote.

En esta fórmula, el valor de q'v se considerará constante después de colocar el pilote, además de ser tomado como la componente vertical del esfuerzo en un plano horizontal.

Después de pruebas realizadas, se ha determinado que el valor de K es igual a :

$$K = \frac{q'h}{q'v} = \frac{1 - \text{sen}^2 \phi}{1 + \text{sen}^2 \phi} \quad \text{--- (EC.2.3.1)}$$

Debido a tales resultados se tienen para este segundo enfoque dos ecuaciones para calcular la fricción, las que son :

$$\frac{f}{q'v} = \frac{1 - \text{sen}^2 \phi}{1 + \text{sen}^2 \phi} \tan \phi \quad \text{--- (EC.2.4)}$$

$$\frac{f}{q'v} = (2 - \text{sen}^2 \phi) \frac{\text{sen}^2 \phi}{4} \quad \text{--- (EC.2.5)}$$

Las variaciones que se tienen en los resultados con estas dos ecuaciones, no son de importancia como se ve en la figura 2.2 y además los resultados de pruebas de campo, tienen un alto rango de aceptación con respecto a las ecuaciones mencionadas.

2.3.3 Existe un tercer enfoque (Meyerhof 1975, Bjerrum 1960), el cual en base a observaciones en arcillas normalmente consolidadas, el valor de k es función de  $C_u/q'v$  y tiene el rango de valores siguiente :

$$1.5 \frac{C_u}{q'v} \leq k < 2 \frac{C_u}{q'v} \quad (E0.2.5.1)$$

Si consideramos que  $f(\phi)$  es igual a  $\tan \phi$ , se tendrá sustituyendo en la ecuación 2.3:

para arcillas plásticas;

$$f = 1.5 C_u \tan \phi \quad (E0.2.6)$$

para arcillas de baja plasticidad;

$$f = 2 C_u \tan \phi \quad (E0.2.7)$$

Por lo que haciendo una similitud con la ecuación 2.2 se tiene que:

$$\alpha = \frac{f}{C_u} \quad \text{y su rango será de } 1.5 \tan \phi \text{ a } 2 \tan \phi$$

Aunque tal valor varía en forma contraria de lo ocurrido experimentalmente.

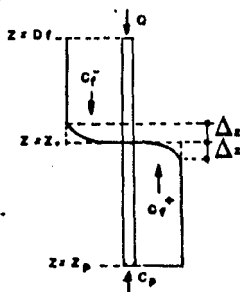
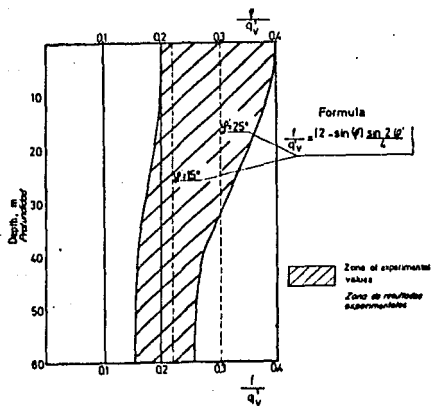


FIGURA 2.1



Valores experimentales de  $f/q_v$  para pilotes cilíndricos en arcillas blandas y medianas. Según Vesic (1973) y Meyerhof (1973)

FIGURA 2.2

### 3. EFECTOS DE LA FRICCIÓN NEGATIVA

Como se mencionó anteriormente, el efecto de la fricción negativa que se presenta en el fuste de los pilotes y en muros perimetrales de la cimentación, es un problema que en forma determinante afecta el comportamiento de la misma. La manera de que dicho efecto repercuta en la cimentación es variable según se trate de pilotes de fricción o de punta, siendo en los primeros un hundimiento no previsto por estar sometidos los mismos a cargas adicionales, y en los segundos la disminución de la capacidad de carga por la pérdida parcial de las cargas que confinan el estrato de apoyo. Estos conceptos se presentan de manera gráfica en las figuras 3.1.a y 3.1.b.

#### 3.1. INFLUENCIA DE LA FRICCIÓN NEGATIVA EN LA RESISTENCIA REAL DE LA CIMENTACION.

A continuación se analizará la forma en que afecta la fricción negativa la resistencia de la cimentación, según se trate de pilotes de fricción o de punta.

##### 3.1.1 Pilotes de fricción.

Este tipo de pilotes deben su resistencia a la longitud de contacto entre pilote y suelo (Inciso 4.1.1.), al presentarse la fricción negativa en los pilotes esta longitud de contacto se debe considerar desde el nivel neutro (Inciso 2.2.), hacia la punta del pilote, porque es la longitud en que realmente se produce la transferencia de carga del pilote al suelo.

El mismo fenómeno de fricción negativa, además de lo anteriormente señalado, genera cargas adicionales a la cimentación, que en el caso de no ser consideradas al hacer el análisis provocarán fuertes hundimientos.

En la práctica común de diseño, además de la capacidad de los pilotes, a la losa de fondo le es asignada una parte de la carga total a transmitir, en base a la re-

sistencia del suelo, con lo que se tiene una cimentación que aprovecha en un alto porcentaje la capacidad de carga del suelo, ocasionando con esto una cimentación funcional y económica.

Para el cálculo de los hundimientos, con esta última alternativa, es necesario un análisis que interrelacione los esfuerzos entre pilote - suelo y losa - suelo, los cuales varían con el tiempo según el grado de consolidación que se tenga en el suelo, tanto general como localmente.

Se han determinado métodos y formulaciones (Feséndiz, - Auvinet 1972,) para el cálculo de tales hundimientos - considerando la interacción mencionada, aunque en un principio se puede considerar tardado dicho cálculo, - con la ayuda de la computadora tal trabajo se facilita.

### 3.1.2 Pilotes por punta.

En este tipo de pilotes, debido a que su capacidad de carga está relacionada a la presión vertical en el estrato de desplante (inciso 4.1.2.), es determinante la influencia de la fricción negativa, ya que ocasiona la variación de las presiones verticales que se aplican en el subsuelo. Tal variación es debida a la consolidación del suelo compresible, y también a la disminución de los esfuerzos efectivos por el efecto de transferencia de carga a los pilotes, al "colgarse" el suelo de ellos (Fig. 3.2).

La superposición de ambos factores, reducción de la presión de confinamiento al desplante y sobrecarga a los pilotes por fricción negativa, generalmente ocasionan que las puntas de los pilotes penetren en el estrato de apoyo, presentándose consecuentemente hundimientos en la estructura.

Para la evaluación cuantitativa de dichos factores, se desarrollaron formulaciones (Zeevaert, 1969); las cuales tienen un rango aceptable de aproximación para el cálculo de la fricción negativa total; la fórmula utilizada es:

$$F_N = \int_0^h W S dz \quad \text{--- (EC. 3.1)}$$

donde:

- FN : fricción negativa total
- W : Perímetro de cada pilote
- S : Resistencia al esfuerzo cortante a lo largo del pilote.
- dz : diferencial de z

Proporcionando esta resistencia en función de la presión vertical (Pv) actuando la fricción negativa se tiene :

$$S = (E_o \tan \phi) \cdot P_v \quad \text{--- (EC. 3.2.0)}$$

donde:

- Eo : Relación de los esfuerzos efectivos horizontal y vertical; Ph/Pv.
- $\phi$  : Angulo de fricción interna de la arcilla remoldeada.

Haciendo  $m = n W E_o \tan \phi$  y substituyendo en la EC.3.1 tenemos :

$$FN = \frac{m}{n} \int_0^h P_v dz \quad \text{--- (EC. 3.3.)}$$

donde:

- n : Número de pilotes por unidad de superficie

La transferencia de presión con la profundidad se puede calcular por medio de la ecuación de equilibrio límite siguiente :

$$\frac{d(P_o - P_v)}{dz} = n W S \quad \text{--- (EC.3.4.)}$$

Cuya solución es la siguiente :

$$P_v = \sigma_{mz} = \int_0^z \sigma_{mz} \frac{1 - P_0}{\sigma_{mz}} dz + c \quad \text{--- (EC. 3.5.)}$$

donde:

$P_0$  Presión efectiva inicial en el subsuelo.

Conociendo el valor de  $\frac{1 - P_0}{\sigma_{mz}}$  se podrá conocer el valor de  $P_v$  a la profundidad  $z$ , que será la presión que confina el estrato de apoyo en presencia de la fricción negativa total actuante en la cimentación.

Cuando se tiene el caso de una excavación previa para alojar la subestructura y además la presión inicial con respecto a la profundidad,  $\frac{1 - P_0}{\sigma_{mz}}$ , no presenta un comportamiento constante, es posible calcular los valores de  $P_v$  y  $FN$  a la profundidad  $z$  por medio de iteraciones cuando las siguientes expresiones :

$$I) \quad S_z = \sigma_{mz} (P_v - \sigma_{mz} \tan \phi) \quad \text{--- (EC. 3.6.1)}$$

$$II) \quad \Delta(FN)_z = W S_z \Delta z \quad \text{--- (EC. 3.6.2)}$$

$$III) \quad P_v_z = P_0_z - \bar{n} \int_0^z \Delta(FN)_z \quad \text{--- (EC. 3.6.3)}$$

El cálculo se ejecuta suponiendo primero un valor de  $P_v$  entre 0 y  $P_0$ , sustituyéndolo en I); este segundo resultado se sustituye en II); se comprueba el valor supuesto con la fórmula III), tal proceso se repite hasta que el valor supuesto sea igual al calculado.



### 3.2. CONSIDERACIONES DE LA FRICCIÓN NEGATIVA EN EL DISEÑO DE CIMENTACIONES.

Como se ha visto, el fenómeno de la fricción negativa es un factor importante en el comportamiento de las cimentaciones, de donde se intuye que al realizar el análisis de las mismas es necesaria su consideración para evitar un comportamiento inadecuado de la estructura.

En cada tipo de pilotes (punta o fricción), los análisis mencionados difieren y se deben considerar los efectos de la fricción negativa en cada caso.

#### 3.2.1 Pilotes por fricción.

Para este tipo de cimentación el mayor problema reside en el cálculo de los asentamientos debido al incremento de cargas en los pilotes y la reducción en la longitud efectiva de trabajo.

El caso de la reducción en la longitud de trabajo se analiza en el inciso 3.1.1., para el incremento de las cargas, también se han expuesto la forma de evaluación, (Inciso 2.3), siendo el hundimiento, el único factor al que los métodos tradicionales no proporcionan una solución lo bastante confiable, ya que se basan en suposiciones totalmente empíricas y además no toman en cuenta la variación en las condiciones estratigráficas, distribución de pilotes y el proceso de fricción negativa, ha sido desarrollado un método (Reséndiz, Auvinet, 1973); el cual considera tanto las condiciones del suelo de apoyo, así como la interrelación suelo - subestructura, además es considerado el fenómeno de consolidación local y general, el cual ocasiona la fricción negativa.

El método se desarrolla, de forma concentrada, en los siguientes puntos :

- a) El desplazamiento vertical absoluto,  $\Delta e$ , de una estructura piloteada, es igual al de las cabezas de los pilotes.
- b) La compresibilidad del suelo es mayor que la deformación del pilote.

c) El desplazamiento vertical absoluto de la estructura, se puede considerar igual al de un punto a la profundidad  $Z = Z_0$ , (nivel neutro).

d) El desplazamiento  $\lambda_e$ , es debido al asentamiento por consolidación local abajo de la profundidad  $Z=Z_0$ ,  $\lambda_L^{Z=Z_0}$  además del producido por la consolidación regional en  $Z=Z_0$ , los mismos estratos  $\lambda_R^{Z=Z_0}$ , en donde tenemos:

$$\lambda_e = \lambda_L^{Z=Z_0} + \lambda_R^{Z=Z_0} \quad \text{--- (EC. 3.6)}$$

e) El desplazamiento de un punto fuera de la zona de consolidación local, será debido al efecto de consolidación regional; y se podrá representar como:

$$\lambda_o = \lambda_R^{Z=0} = \lambda_R^{Z=Z_0} + \lambda_R^{Z=Z_0} \quad \text{--- (EC. 3.7)}$$

f) El desplazamiento de un punto dentro de la zona de influencia de la consolidación local será :

$$\lambda_s = \lambda_L^{Z=0} + \lambda_R^{Z=0} \quad \text{--- (EC. 3.8)}$$

g) Los desplazamientos relativos de la estructura con respecto a puntos no afectados por la consolidación local se determinan por:

$$\lambda_g = \lambda_L^{Z=0} - \lambda_R^{Z=0} \quad \text{--- (EC. 3.9)}$$

Los desplazamientos por consolidación regional que se presentan en la EC. 3.9 ( $\lambda_R^{Z=0}$ ) se podrán evaluar, considerando la evolución que ha tenido y el que supone tendrá el abatimiento piezométrico regional, o mediante las observaciones que se han realizado sobre las deformaciones verticales en ciertos estratos.

Los asentamientos ocasionados por la consolidación local

$\epsilon_L$  <sup>2220</sup>

En  $\epsilon_L$ , se podrán calcular considerando los incrementos a los esfuerzos verticales dentro de los estratos compresibles. El cálculo de dichos incrementos se lleva a cabo mediante la integración numérica de la ecuación de Mindlin teniendo como fronteras los siguientes esfuerzos límite:

- a) La reducción de esfuerzos verticales reales debido a la descarga neta para alojar la subestructura.
- b1) La fricción negativa sobre el perímetro de la subestructura.
- b2) La fricción negativa actuando en los pilotes.
- b3) La fricción positiva actuando en los pilotes.
- c) La carga en la punta de los pilotes.

A continuación se presentan los resultados de integrar la solución de Mindlin para cada caso.

**3.2.1.3** Esfuerzos por carga en la punta de los pilotes, el planteamiento al problema se representa en la figura 3.3, cuya solución queda de la siguiente forma:

$$\sigma_z = \frac{q}{z} \left[ \frac{(1-2\mu)(z+c)}{R_1^3} + \frac{(1-2\mu)(z-c)}{R_2^3} - \frac{3c(z+c)}{R_1^5} + \frac{-3(3-4\mu)z(z+c) + 12c(2-\mu)(z+c)}{R_1^7} - \frac{3c(z-c)}{R_2^5} + \frac{-3(3-4\mu)z(z-c) + 12c(2-\mu)(z-c)}{R_2^7} \right] \quad (3.10)$$

donde  $\mu$  es la relación de Poisson y las otras literales se indican en la figura 3.3.

3.2.1.b Esfuerzos inducidos al subsuelo por las cargas, fricción, a lo largo de los pilotes y el perímetro de la subestructura. El problema se resuelve integrando la Ec. 3.10, suponiendo que las cargas se distribuyen en líneas verticales (fig. 3.4), a lo largo de cada pilote, para el caso de los muros en la subestructura, se suponen franjas verticales con cargas uniformemente distribuidas. La ecuación resultante es la siguiente:

$$\sigma_z = \frac{f}{z} + K_z \quad \text{--- (EC. 3.11)}$$

donde :

$f$  = Fricción por unidad de longitud

$L$  = Longitud sobre la cual la carga es distribuida

y  $K_z$  queda expresada en la siguiente manera:

$$K_z = \frac{1}{8n(1-\mu)} \left[ \frac{2(2-\mu)}{A} + (2(2-\mu) + 2(1-2\mu)) \frac{m}{n} \right. \\ \left. (m/n + 1/n) \right] / B - \frac{2(1-2\mu)(m/n)^2}{F} + \frac{2}{n^3} + \\ \left. \left( 4m^2 - 4(1+\mu)(m/n) m \right) / F^2 + (4m(1+\mu)(m+1) \right. \\ \left. (m/n + 1/n) - 6m^2 + n^2 \right) / B^2 + 6m \left\{ (m-n) / n \right\} / F^2 \\ \left. + 6m \left\{ mn - \frac{1}{2} (m+1) \right\} / B^2 \right\} \quad \text{--- (EC. 3.12)}$$

donde:

$$m = Z/L$$

$$n = r/L$$

$$A = n^2 + (m-1)^2$$

$$B = n^2 + (m+1)^2$$

$$F = n^2 + m^2$$

**2.2.1.1.5** Esfuerzos debido a cargas en la profundidad de desarrollo. Su evaluación es posible haciendo la integración de la Eq. 2.10 en toda la superficie en que se aplica la carga  $P$  a la profundidad  $Df$ , suponiendo un área circular con radio  $a$ , fig. 2.5, el esfuerzo vertical queda determinado por:

$$\sigma_z = \frac{P}{2\pi} \left[ \frac{3}{4(1-\mu)} \left( \frac{1}{(a^2 + (z-Df)^2)^{3/2}} - \frac{1}{z-Df} \right) \right] \quad (Eq. 2.13)$$

Donde los valores que se presentan con números romanos son los siguientes:

$$I = (z-Df) \left( \frac{3}{(a^2 + (z-Df)^2)^{3/2}} - \frac{1}{z-Df} \right)$$

$$II = (1-2\mu)(z-Df) \left( \frac{1}{(a^2 + (z+Df)^2)^{3/2}} - \frac{1}{z+Df} \right)$$

$$III = -(1-2\mu)(z-Df) \left( \frac{1}{(a^2 + (z+Df)^2)^{3/2}} - \frac{1}{z+Df} \right)$$

$$IV = (3-4\mu)(z+Df)^3 - 4(2-\mu)Df(z+Df)^2 + 6Df^2(z+Df)$$

$$\left( \frac{1}{(a^2 + (z+Df)^2)^{3/2}} - \frac{1}{(z+Df)^{5/2}} \right)$$

$$V = G z Df(z+Df) \left\{ \frac{1}{2} \frac{1}{(a + (z+Df))} + \frac{1}{2} \frac{1}{(z+Df)} \right\}$$

Como la influencia de los pilotes en la masa del suelo que los contiene, hace necesaria la superposición de los efectos de cada solución presentada por pilotes y a lo largo de cada uno, es necesario, para obtener los resultados finales, el manejar un importante número de resultados parciales, tal inconveniente se reduce con el empleo de una computadora como herramienta.

### 3.2.2. Pilotes por punta.

La correcta evaluación de los efectos que genera la fricción negativa en este tipo de pilotes, se hace necesaria si consideramos que la capacidad de carga se verá reducida, y es latente una falla del grupo de pilotes. En el inciso 3.1.2. se presenta una serie de formulaciones para evaluar, tanto la presión confinante ( $P_v$ ) en presencia de la fricción negativa como el valor de ésta última.

### 3.3 SOLUCION AL PROBLEMA DE LA FRICCION NEGATIVA

Como se ha podido ver, la fricción negativa es un problema que afecta, de manera significativa, el comportamiento de una estructura.

Debido a lo anterior, es necesario considerar acciones tanto preventivas como correctivas, al desarrollo de este fenómeno.

Acciones preventivas podrian ser algunas de las siguientes:

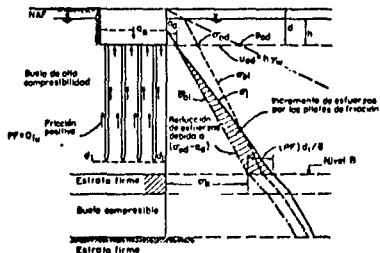
- a) Considerar la existencia de la fricción negativa en el diseño y comportamiento de la cimentación, tal como se presenta en los incisos 3.1 y 3.2 .
- b) Proponer métodos y materiales de construcción los cuales garanticen que la fricción suelo-pilote no se desarrollará, o al menos disminuirá; la aplicación de asfalto como recubrimiento al fuste de los pilotes con pre-excavaciones, por ejemplo.

- c) Aplicación periódica de corriente eléctrica, a pilotes metálicos, usando al pilote como cátodo.
- d) Construir los pilotes con una reducción gradual de la sección hacia la cabeza, consiguiendo con esto disminuir el área expuesta a la fricción negativa.

Las acciones correctivas serán las que en una cimentación ya construida, resuelvan los problemas que ha generado la fricción negativa.

Como la eliminación total y definitiva del fenómeno, es casi imposible, las soluciones que se propongan deberán enfocarse en lo posible, al funcionamiento integral del sistema, procurando que el fenómeno de fricción negativa presente un comportamiento similar a lo presentado en los muros 3.1 y 3.2.

Debido a que estas acciones serán particulares a cada caso, sólo se mencionará que el uso de pilotes de control ayuda a resolver este problema, pues permite mejorar la distribución de cargas en las cabezas de los pilotes y de esta manera lograr que el sistema que forma la cimentación, losa-pilotes, trabaje integralmente con el suelo.



Cimentación compensada con pilotes de fricción

FIGURA 3.1.a

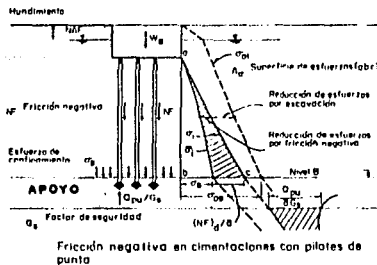


FIGURA 3.1.b



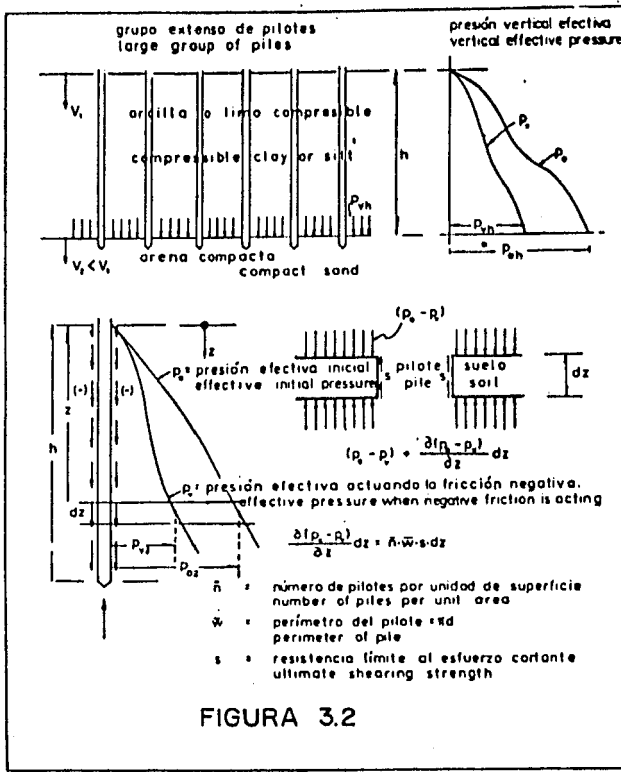


FIGURA 3.2

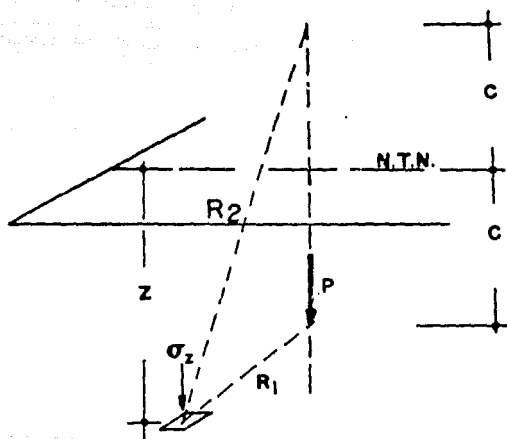
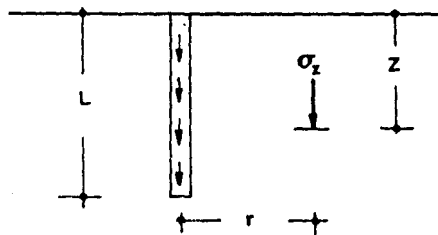


FIGURA 3.3



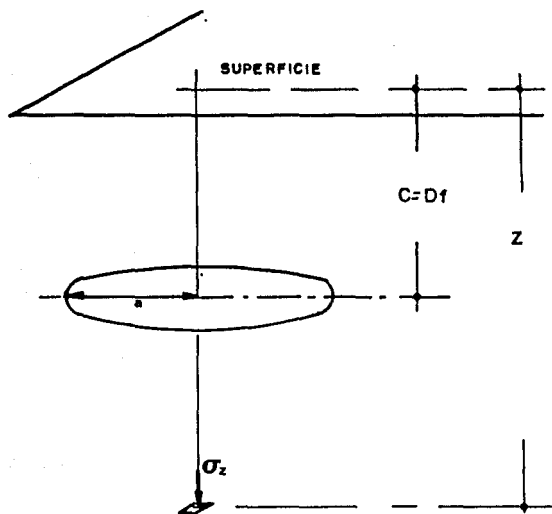


FIGURA 3.5

#### 4. LEGISLACION REFERENTE A CIMENTACIONES PROFUNDAS

Debido a las características del suelo en el Valle de México y a sus condiciones fuera de lo común en el comportamiento geotécnico, se ha hecho necesario el desarrollar una reglamentación para que tanto el diseño como la construcción de las obras proporcione seguridad y eficiencia en el funcionamiento, tanto a los edificios como a la vecindad del predio.

##### 4.1. DISEÑO.

La legislación que existe, en relación al diseño de las cimentaciones se tiene concentrada en dos publicaciones; el Reglamento de Construcciones para el D.F. (R.C.D.F.) y las Normas Técnicas Complementarias (NTC), las cuales proporcionan los lineamientos de análisis, diseño y construcción de cimentaciones.

En el primero de ellos quedan establecidas las zonas en que se divide el D.F., teniendo en cuenta las características geotécnicas del suelo, las que se presentan en la figura 4.1. Además, se proponen los criterios de seguridad para determinar los requisitos que deben cumplir los edificios de estudio, considerando la zona en que se encuentra ubicado el predio.

Otro aspecto que es considerado en el reglamento es la obligación del diseñador a justificar técnicamente la selección de la cimentación, así como el fijar el procedimiento constructivo que garantice el cumplimiento de las suposiciones de diseño y que proporcione seguridad a la obra durante y después de su ejecución.

El rango en que podrán variar los resultados, al hacer la revisión de la seguridad de las cimentaciones para los estados límite, tanto de falla como de servicio, es presentado en las Normas Técnicas; así como los valores de las constantes que se usan en las teorías de análisis

Para el caso de la revisión de los estados límite, se tienen desarrollados los casos en que se traten de pilotes por fricción o por punta.

A continuación se presentan los criterios y los valores considerados:

#### 4.1.1 Pilotes de fricción.

Son considerados pilotes de fricción aquellos que transmiten cargas al suelo por medio de su superficie lateral.

Al revisar los estados límites de falla, es necesario que se cumpla la siguiente desigualdad, para cualquier combinación de cargas consideradas:

$$E \leq F_c \leq R \quad \text{--- (EC. 4.1)}$$

en donde :

- E** =  $E \leq F_c$  Es la suma de los incrementos netos de carga, afectados por sus factores de carga. Deberá ser considerado el efecto de la fricción negativa que se pueda desarrollar en los pilotes o en su envolvente.
- R** Capacidad de carga del sistema constituido por pilotes de fricción más losa o zapatas de cimentación, siendo su valor el mayor de los siguientes:
- a) El del sistema suelo - zapata o suelo - losa de cimentación, sin considerar el efecto de los pilotes.
  - b) El del sistema suelo - pilotes de fricción, el cual se considerará como la suma de capacidades de carga por punta de los pilotes individuales más el menor de los siguientes valores :
    - b.1) Suma de las capacidades de adherencia de los pilotes individuales.
    - b.2) La capacidad de carga de una pila de forma igual a la envolvente del conjunto de pilotes.



### 4.1.2 Pilotes de punta.

Se clasifican como pilotes de punta a los que transmiten la mayor parte de la carga a un estrato resistente por medio de su punta. A los elementos que tengan más de 80 cm de diámetro y además sean colados previa perforación, se les llaman pilas.

La revisión de este tipo de cimentaciones, para un estado límite de falla, se efectúa considerando la capacidad presentada en la ecuación 4.1, pero donde E es la suma de las capacidades de carga individuales o de grupo o la global del conjunto de pilotes, la que resulte menor.

La capacidad de carga de los pilotes de punta es calculada con las siguientes ecuaciones, dependiendo si es suelo cohesivo o suelo friccionante respectivamente.

$$C_p = \sum C_u N_q + FR(PV + A_p) \quad (EC, 4.3)$$

$$C_p = \sum \overline{P_v} N_q + FR(PV + A_p) \quad (EC, 4.4)$$

donde :

- Cp Capacidad por punta, ton
- Ap Área transversal del pilote, m<sup>2</sup>
- Pv Presión vertical total debida al peso del suelo a la profundidad de desplante de los pilotes, t/m<sup>2</sup>.
- $\overline{P_v}$  Presión vertical efectiva a la misma profundidad, en t/m<sup>2</sup>
- Cu Cohesión, aparente, en t/m<sup>2</sup>, determinada en ensaye triaxial UU.

Nq\* Coeficiente de capacidad de carga deter-  
minada en la tabla T.4.2

Nq\* Coeficiente de capacidad de carga defi-  
nido por la expresión siguiente:

Cuando  $\frac{L_e}{B} \leq 4 \tan (45^\circ + \frac{\phi}{2})$  ;

$$Nq^* = N_{min} + L_e (N_{max} - N_{min}) \frac{N_{max} - N_{min}}{4 B \tan (45^\circ + \frac{\phi}{2})} \quad \text{--- (EC. 4.5)}$$

si:  $\frac{L_e}{B} > 4 \tan (45^\circ + \frac{\phi}{2})$

$$Nq^* = N_{max} \quad \text{--- (EC. 4.6)}$$

los valores de N<sub>max</sub>, N<sub>min</sub> se presentan  
en la tabla T.4.3.

L<sub>e</sub> Longitud empotrada del pilote en el es-  
trato resistente, m

B Ancho o diámetro de los pilotes, m.

φ Angulo de fricción interna, en grados,  
el cual está determinado por :

$$\text{ang tan } (\alpha \tan \phi^*) \quad \text{--- (EC. 4.7)}$$

φ\* Angulo de la envolvente de los círculos  
de Mohr.

α Coeficiente para suelos arenosos cuyo -  
valor es de 0.67 si la compacidad rela-



tiva es menor del 70%, para otros casos será igual a 1.

F Factor de resistencia igual a 0.25  
R

Para los pilotes con diámetro mayor a 0.50 m, el resultado anterior de  $C_p$  se afectará por el efecto de escala con el valor que se obtenga de la siguiente expresión:

$$FR = \frac{B \leq 0.5}{2B} \quad n \quad (4.4.10)$$

donde B Diámetro del pilote

n Exponente con el valor siguiente según el estado del suelo:

- 1 para suelo suelto
- 2 para suelo medianamente denso
- 3 para suelo denso

Estos valores serán para suelos friccionantes, para el tipo cohesivo firmes fisurados o validos en la misma configuración.

En esta variante de cimentación, la posible contribución que se pudiera tener del sistema suelo - boca de subestructura, no deberá ser tomado en ningún caso.

Si se está haciendo la revisión para estados límites de servicio, los asentamientos se calcularán considerando la deformación de los pilotes bajo las acciones a las que estén sometidos, debe incluirse la fricción negativa además de las contribuciones que se tengan en los estratos por debajo del nivel de apoyo de las puntas de los pilotes.

Se deberá realizar el análisis de una posible operación, debido a los hundimientos regionales, tomando en cuenta la posible aportación por consolidación del estrato entre la punta y la cabeza de los pilotes.

En el anexo "B" se exponen otros criterios y formulaciones para el cálculo de la capacidad de carga de los pilotes, para diferentes condiciones del sub suelo y considerando el procedimiento de construcción de los pilotes.

#### 4.2. PRUEBAS DE CARGA.

La incertidumbre que se tiene en el diseño de las cimentaciones pilotadas, debida a las condiciones en que se basan las teorías de cálculo y a las condiciones del sub suelo en cuanto a la heterogeneidad de sus componentes y características mecánicas, aun con el uso de los factores de seguridad, hacen necesario verificar en campo y a escala natural las capacidades de carga que desarrollan los pilotes en el medio donde van a ser usados como cimentación, esta verificación se lleva a cabo por medio de pruebas de campo, las cuales además de la capacidad del pilote de prueba, proporcionan información sobre el comportamiento que tendrá, con ciertas reservas, la cimentación ante las solicitaciones en su vida útil. Esta información varía según el tipo de prueba, método de ejecución, etc. Debido a lo anteriormente expuesto, el Reglamento de Construcción y las Normas Técnicas complementarias estipulan que se deberán realizar las pruebas en los pilotes siendo ensayados éstos:

"... hasta la falla o por lo menos hasta 1,5 - veces la resistencia de diseño..."

Se deberá presentar un informe de las pruebas en que se tengan los datos siguientes.

- Condiciones del subsuelo en el lugar de la prueba, características del pilote y observaciones durante su fincado.
- Descripción del sistema de carga y el método de prueba.
- Tabulación de cargas y deformaciones durante la carga y descarga del pilote.
- Gráfica de los resultados de la curva tiempo - asentamientos para cada incremento de carga.

- Observaciones e incidencias durante la instalación y la prueba del pilote.

En el anexo "C" se presentan diferentes criterios para llevar a cabo las pruebas mencionadas, así como los dispositivos empleados.

#### 4.3. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.

En las cimentaciones pilotadas, la forma de construcción juega un papel de suma importancia para que la cimentación tenga un eficiente funcionamiento, además de que debe buscarse la forma óptima en la utilización de áreas disponibles de trabajo, materiales de la zona, maquinaria, personal capacitado etc.

La colocación de los pilotes, deberá de garantizarse que no se ocasionen daños a las estructuras o instalaciones cercanas por vibración o desplazamientos verticales y horizontales. Las juntas de conexión deberán estar diseñadas y ejecutadas para que resistan las fuerzas de compresión, tensión y momentos. Mencionantes resultantes del análisis.

Si se trata de pilotes colados en el lugar, por medio de el estudio geotécnico se deberá definir si la excavación previa es estable naturalmente o será necesario estabilizarla por medio de algún método en particular.

Previo al colado de éstos elementos se deberán verificar las características del estrato de apoyo así como la ligazón de azolves.

Para el caso de pilotes hincados, se debe definir si es necesario realizar una perforación preliminar para facilitar su hincado y/o disminuir el desplazamiento de los suelos blandos. Las condiciones que afectan la elección de los equipos para el hincado son las siguientes: la energía no será menor de 0.3 kg m por cada kg de peso del pilote y el peso del martillo golpeador no será menor del 30% del peso de pilote. En la Tabla 4.4 se presentan las características de los equipos comúnmente utilizados en México.

La tolerancia para la ubicación real de las cabezas de los pilotes, con respecto al proyecto no será más de 20 cm en la cuarta parte del ancho del elemento que se apoya en ella.

Será obligación el llevar un registro de cada pilote, en donde se establecerá su ubicación, geometría, fecha de hincado, nivel del terreno antes del hincado y el nivel de la cabeza inmediatamente después de la hinca, característica del material con que se protegió la cabeza del pilote y el equipo de colado; peso del martinete y su altura de caída.

Cuando el hincado se ejecute, a través de un manto compresible hasta un manto competente, se verificará si existe emersión de los pilotes por el hincado de los adyacentes, en cuyo caso se procederá a su rehincado.

Si se daña un pilote estructuralmente, o queda ubicado a una profundidad menor a la marcada en el proyecto, se deberán usar pilotes sustitutos.



**TABLA II**  
**LIMITES MAXIMOS PARA MOVIMIENTOS Y DEFORMACIONES**  
**ORIGINADOS EN LA CIMENTACION \***

a) *Movimientos verticales (hundimiento o emersión)*

Concepto		Limite	
Valor medio en el predio		Construcciones aisladas	30 cm**
	Asentamiento	Construcciones colindantes	15 cm
Velocidad del componente diferido	Emersión		30 cm** 1 cm/mesada

b) *Inclinación media*

Tipo de daño	Limite	Observaciones
Inclinación visible	100/(100 + 3i) por ciento	h = altura de la construcción, en m
Mal funcionamiento de grúas viajeras *	0.3 por ciento	En dirección longitudinal

c) *Deformaciones diferenciales en la propia estructura y sus vecinas*

Tipo de estructura	Variable que se limita	Limite
Marcos de acero	Relación entre el asentamiento diferencial y el claro	0.006
Marcos de concreto	Relación entre el asentamiento diferencial y el claro	0.004
Muros de carga de ladrillo recocido o bloque de cemento	Relación entre el asentamiento diferencial y el claro	0.002
Muros con acedados muy sensibles, como yeso, piedra ornamental, etc.	Relación entre el asentamiento diferencial y el claro	0.001 No tolerarán valores mayores en la medida en que la deformación ocurra antes de colapsar los acedados o antes se encuentren desligados de los muros
Paneles móviles o muros con arbotinos poco sensibles, como manoplaería con juntas secas	Relación entre el asentamiento diferencial y el claro	0.004
Tuberías de concreto con juntas	Cambios de pendiente en las juntas	0.015

\* Comprende la suma de movimientos debido a todas las combinaciones de carga que se especifican en el Reglamento y las Normas Técnicas Complementarias. Los valores de la tabla son sólo límites máximos y en cada caso habrá que revisar que no se cause ninguno de los daños mencionados en el artículo 221 del Reglamento.

\*\* En construcciones aisladas será aceptable un valor mayor si se toma en cuenta explícitamente en el diseño estructural de los pilotes y de sus conexiones con la subestructura.

**TABLA T.4.1**

$\varnothing_u$	0°	5°	10°
Nc*	7	9	13

$\varnothing_u$  Angulo de fricción aparente.

TABLA T.4.2

$\varnothing$	20°	25°	30°	35°	40°
Nmax	12.5	26	55	132	350
Nmin	7	11.5	20	39	78

$\varnothing$  Angulo de fricción interna.

TABLA T.4.3

Martillos piloteadores diesel usuales en México

Marca	Modelo	Peso del pistón kg	Energía por golpe kg-m	Peso máximo del pilote kg	Relación de pesos Pistón/Pilote	Peso del martillo Kg
DELMAG	D5	500	1250	1500	0.30	1240
DELMAG	D12	1250	3125	4000	0.31	2750
DELMAG	D22-13	2200	6700-3350	6000	0.37	5160
DELMAG	D30-13	3000	9100-4450	8000	0.38	5960
DELMAG	D36-13	3600	11500-5750	10000	0.36	8050
DELMAG	D46-13	4600	14600-7300	15000	0.31	9050
DELMAG	D62-12	6200	22320-11160	25000	0.25	12900
KOBE	K13	1300	3700	-		2900
KOBE	K25	2500	7500	-		5200
KOBE	K35	3500	10500	-		7500
KOBE	K45	4500	13500	-		10500
mitsubishi	MH15	1500	3900	3800	0.39	3800
mitsubishi	MH25	2500	6500	6300	0.40	6000
mitsubishi	MH35	3500	9100	8800	0.40	8400
mitsubishi	MH45	4500	11700	11300	0.44	11100

TABLA T.4.4



## 5. PROGRAMA PARA CALCULAR LOS ESFUERZOS

### 5.1 MANUAL DE UTILIZACION

El comportamiento de una estructura durante su vida útil depende fundamentalmente de la consolidación local que presentará el lugar de la cimentación, por lo cual es necesario realizar la evaluación de los esfuerzos que se ocasionarán al suelo, utilizando para esto las ecuaciones 3.10, 3.11 y 3.12, y de esta manera poder determinar los movimientos verticales que presentará la estructura.

Realizar de forma manual los cálculos es una actividad poco práctica, por ser necesario calcular los esfuerzos que cada pilote genera en los puntos de estudio por la carga en la punta, fricción positiva o negativa en el fuste, además de los esfuerzos que por fricción negativa producen los muros perimetrales de la subestructura, y los esfuerzos que la carga, o descarga, uniformemente repartida genera a la profundidad de desplante.

Por lo anterior se requiere el uso de una computadora para el proceso de cálculo, el cual, aunque basado en tres ecuaciones, es engorroso por la cantidad de operaciones que se deberán realizar.

A continuación se presenta el manual de operación del paquete de programas ESTRACIM, con el cual se evita casi totalmente el cálculo manual. Sólo se requiere sean definidas las características geotécnicas de cada propuesta que se hace de la cimentación.

El tiempo de proceso dependerá de varios factores como son: los datos de la zona de desplante, número de verticales de la cimentación, número de pilotes y del número de puntos en estudio, entre otros.

Al final del capítulo se presenta un listado del programa, el cual puede ser grabado en un equipo de cómputo de los comúnmente utilizados, compatible con los sistemas I.B.M..

## ESTRACIM

**DESCRIPCION:** ESTRACIM es un grupo de programas para calcular los esfuerzos que una cimentación transmite a un punto en el suelo.

La cimentación podrá ser de cualquier tipo entre:

LOGA  
LOGA CON PILOTES  
CAJON TOTALMENTE COMPENSADO  
CAJON PARCIALMENTE COMPENSADO  
CAJON SOBRECARGADO  
CAJON CON PILOTES

Los esfuerzos se calculan con las ecuaciones de la ELASTICIDAD formuladas por Mindlin. En revisada la interrelación que existe en la cimentación - cuando se presenta el proceso de consolidación local generando la **FRICCIÓN NEGATIVA** en los muros perimetrales y en los pilotes.

**OPERACION:** El paquete de programas opera basado en programas de uso específico controlados por una rutina principal; en forma concentrada la función de cada uno de los programas es la siguiente:

- DAGEQ:** Captura los datos geotécnicos de la zona en que se desplantará la estructura, se requiere conocer el número de perfiles diferentes de la zona para definir un "mapa" estratigráfico y poder ubicar cada pilote y cada muro de la cimentación, ver la Figura 5.1.  
En cada perfil se deberá conocer el número de estratos, el nivel inferior de cada estrato, referido al N.T.M. y la adherencia suelo-estructura.
- DAPUN:** Captura las coordenadas X<sub>i</sub>, Y<sub>i</sub> de los puntos en que se realizará el cálculo de la transmisión de esfuerzos.  
Las profundidades, Z<sub>i</sub>, serán las mismas para todos los puntos en estudio.
- DAEST:** Captura los datos geométricos y geotécnicos de la estructura en cada una de las alternativas que se propone para la cimentación.
- ESPUN:** Calcula los esfuerzos que ocasiona cada pilote, debido a su capacidad por punta, en los puntos de estudio.

**ESFRI:** Calcula los esfuerzos que por el efecto de fricción, positiva o negativa, pilotes y muros del cajón, generan en los puntos de estudio.

**ESCUR:** Calcula los esfuerzos que ocasiona la carga uniformemente repartida en la base de cimentación a la profundidad de desplante, en los puntos de estudio.

Se usó el lenguaje de programación BASIC, por ser de más costo para su utilización es necesario contar con un equipo de 256 kb de memoria, además de una impresora en línea, ya que los resultados se imprimen directamente sin presentarlos en la pantalla.

#### PREPARACION DE DATOS:

Los datos que el paquete requiere para su operación son incorporados al programa por medio de líneas de programa numeradas en forma continua empezando con el número 8000 y el mensaje DATA, se deben usar los anexos I, II, III, III.a y IV de este manual para preparar los datos correctamente.

Las 8 primeras líneas de datos se usan para identificar el problema, por lo que contendrán textos repartidos en 5 bloques por línea. Es necesario el colocar la totalidad de los bloques y líneas de datos para evitar errores en las lecturas de los datos posteriores.

Después de los textos de identificación se deberán de colocar los datos de la rutina DAGEO, los cuales serán:

```
B### DATA NS,NF,RF
B### DATA NE
B### DATA F1,AD,F1,AD,F1,AD,F1,AD, . . . (" NE " pares )
B### DATA NE
B### DATA F1,AD,F1,AD,F1,AD,F1,AD, . . . (" NE " pares )
B### DATA NE
B### DATA F1,AD,F1,AD,F1,AD,F1,AD, . . . (" NE " pares )
```

Después de estos datos se deben de proporcionar los datos del programa DAFUN, de la manera siguiente:

```
B### DATA NI,PE
B### DATA XE,YE,XE,YE, . . . (" NI " pares de coordenadas )
B### DATA ZE1,ZE2,ZE3,ZE4, . . . (" PE " datos )
```

A continuación de estos grupos de datos, que serán sobre los que se realizará el cálculo, se debe de fijar el número de alternativas que se proponen para la cimentación con las que se trabajan los esfuerzos que cada una, en forma independiente, le transmite a los puntos y las profundidades definidos en BARRI.

0000 B0

Propuesta DISE, a continuación del número de alternativas se deben de introducir las características que tendrá cada una de las B0 alternativas que se propusieron para la cimentación, la estructura general de estos datos será de la forma siguiente:

0000 DATA NP,EP,FP,PN,CP,ZN,DI,B0

```

0000 DATA XP1,YP1,SP1 -----
0000 DATA XP2,YP2,SP2
0000 DATA XP3,YP3,SP3
0000 DATA . . . " NP " renglones
0000 DATA . . . ( ver nota 1 )
0000 DATA . . .
0000 DATA . . .
0000 DATA . . .
0000 DATA . . .
0000 DATA XNpp,YNpp,SNpp -----

```

0000 DATA NV,PC

```

0000 DATA MC,XA,YA,XB,YB,ZC -----
0000 DATA . . . . .
0000 DATA . . . . . " PC " renglones
0000 DATA . . . . . ( ver nota 2 )
0000 DATA . . . . .
0000 DATA . . . . .
0000 DATA . . . . .
0000 DATA MC,XA,YA,XB,YB,ZC -----

```

```

0000 DATA XVI,YVI,SVI -----
0000 DATA . . .
0000 DATA . . .
0000 DATA . . . " NV " renglones
0000 DATA . . . (ver nota 3)
0000 DATA . . .
0000 DATA . . .
0000 DATA XVN,YNV,SVN -----

```

0001 A S:

1. Este bloque de datos se debe de incluir sólo si el valor de B0 es diferente de 0 (cero).
2. Si el valor de PC es igual a 0 (cero), no se debe de incluir este bloque de datos.
3. Estos datos deberán de estar formados cuando menos por 3 (tres) líneas.

El bloque de datos DEAST se debe de repetir  $NA$  veces cuando, necesario, sólo la primera vez, introducir las coordenadas de los pilotes; si existe cambio en las coordenadas, o en el número de pilotes, se deberán de leer de nuevo todos.

Después de los  $NA$  bloques de datos para DEAST se deberá proporcionar el valor de  $IF$ , que es un control para determinar si se va a procesar más información o es el fin del proceso. Este control se debe incluir aun cuando tenga un valor de 0 (cero).

#### ##### DATA IF

Esta línea puede ser la última de la serie de datos, si es su valor cero, o el principio de otra serie de datos desde el bloque de títulos, si vale uno. En el caso de ser  $IF$  igual a uno, la numeración de las líneas de datos continuará a partir del número de la línea con el control  $IF$ .

#### LIMITES PARA PROCESO:

Los valores límites de los parámetros para ESTE0-IM serán:

- NS  $\leq$  10 Perfiles diferentes.
- NE1  $\leq$  10 Estratos en el perfil 1.
- NI  $\leq$  10 Puntos en estudio.
- PE  $\leq$  15 Profundidades en estudio.
- NP  $\leq$  100 Pilotes en cada propuesta.
- $3 \leq NV \leq 10$  Número de vértices en la cimentación.
- PC  $\leq$  9 Muros comunes en total.

#### CONDICIONES DE ERROR

- 1) Valores fuera de límite. Se imprime el mensaje y se detiene la ejecución del paquete.
- 2) El nivel del estrato final de los perfiles estratigráficos, deberá estar más abajo que la punta de los pilotes. Se imprime el mensaje y se detiene la ejecución del paquete.
- 3) No definir el número de perfil, del "mapa" estratigráfico, en que está ubicado un muro y/o hilo de un pilote. Se imprime el mensaje, pero se continúa la ejecución del paquete, porque el programa define

## G L O S A R I O

AP	Área en planta de la cimentación.
AD(i),E	Adherencia suelo-cimentación en el perfil i del estrato E.
AP	Área de cada pilote en sección.
PA	Control para la lectura de las coordenadas de los pilotes y el sondos en que se ubican: = 1; si se leen los datos. = 0; no se leen los datos.
CF	Capacidad por fricción de cada pilote.
CP	Capacidad por punta de cada pilote.
DT	Profundidad de desplante de la losa de cimentación.
TI	Control para procesar más información: = 0; fin del proceso. = 1; se procesa más información.
I	Adherencia.
FC	Fricción total estructura-suelo en los muros perimetrales que no son colindantes con ninguna estructura.
F(i),E	Profundidad de la frontera inferior del estrato i, en el perfil de adherencias E.
LE	Longitud de la cimentación en la cual existe fricción estructura-suelo.
LP	Longitud de cada pilote.
MCOE	La pared colindante E, está en el muro MCOE de la cimentación.
MA	Número de alternativas propuestas.
MEOE	Número de estratos en el perfil i del "mapa" estratigráfico.
HF	Nivel freático.
HI	Número de puntos en que se requiere el cálculo de esfuerzos.
NP	Número de pilotes.

NS	Número de perfiles estratigráficos que forman el "mapa" estratigráfico, sobre el cual se debe plantear la cimentación.
NV	Número de vértices de la cimentación propuesta. La identificación de los vértices se realiza en sentido contrario al de las manecillas del reloj.
PC	Número de paredes colindantes.
PE	Número de profundidades en que se requiere el cálculo, son las mismas para los $PI$ pilotes.
PN	Presión neta, positiva o negativa, uniformemente distribuida, a la profundidad $D_i$ .
PR	Perímetro de cada pilote.
RP	Relación de Poisson del suelo, se considera igual para todos los perfiles estratigráficos del "mapa". Para fijar su valor se recomienda usar la tabla 5.1.
SP(k)	Número del perfil del "mapa" en que está ubicado el pilote $k$ .
SVC(i)	Número del perfil del "mapa" en que está ubicado el muro que empieza en el vértice $i$ .
U	Subpresión
W	Peso total de la estructura más la subestructura.
XAC(j), YAC(j)	Coordenadas de inicio del muro colindante $j$ .
XB(k), YB(k)	Coordenadas de fin del muro colindante $k$ .
XE(i), YE(i)	Coordenadas del punto en estudio $i$ .
XP(j), YP(j)	Coordenadas del pilote $j$ .
XV(k), YV(k)	Coordenadas del vértice $k$ .
ZC(i)	Profundidad del muro colindante $i$ .
ZE(j)	Profundidad $j$ donde se realiza el cálculo de esfuerzos.
ZN	Profundidad del nivel neutro.
$\gamma_m$	Peso volumétrico del suelo.

## 5.3 EJEMPLO NUMERICO

Se ejemplificará el uso del paquete ESTRACIM analizando la estructura de control del Río de la Compañía, ubicada entre los kms. 4 + 174.35 y 4 + 196.00 del río, el cual forma parte del Dren General del Valle.

La estructura se construyó sobre el antiguo cauce del río de la Compañía, el cual se dragó para su rectificación.

La estructura consiste en un cajón abierto de concreto armado. Agueda arriba y abajo de la estructura se construirán muros laterales de contención unidos de lado a lado del cauce por una losa de concreto, y unidos al cajón por puntos de construcción Fig.5.2

La estructura, además de contener las compuertas, permite el paso de maquinaria y equipo; además contendrá la tubería de conducción de aguas negras que van de la obra de toma del Río Chiriquí a la planta de tratamiento. Los niveles de obra y operación se presentan en la Fig.5.3.

Para preparar los datos del programa se usarán formatos tipo, con lo que se agiliza el manejo de la información.

Los datos geotécnicos se tomarán de la exploración previa ejecutada en la zona y de los resultados del laboratorio de Mecánica de Suelos.

En el lugar de la cimentación se realizó el sondeo número 511-PC, el perfil estratigráfico se presenta en la Fig.5.4.

Los datos para la rutina DAGEO se presentan en el formato correspondiente.

Los puntos en que se requiere el estudio están marcados en la Fig.5.5, y las profundidades serán determinadas -- por las profundidades a que se realizaron las pruebas -- de consolidación.

La revisión de la estructura se realizará con la condición normal de operación, canal lleno, y la condición extraordinaria de un vaciado rápido del canal.

Del proyecto general de la obra se tienen las cargas siguientes:



CONCEPTO	CANTIDAD	U	OBSERVACIONES
<b>CARGAS MUERTAS</b>			
Acero de Refuerzo	57 600	Kg	
Concreto	1 570 800	Kg	
Compuertas	20 040	Kg	Badalera, 4 pases.
Malacates	7 000	Kg	4 pases.
<b>S U M A</b>	<b>1 656 240</b>	<b>Kg</b>	

<b>CARGAS VIVAS</b>			
Maquinaria	109 305	Kg	Draga y equipo.
Rqto. de Const.	13 200	Kg	Art. 177,9, j)
Tirante de agua	1 514 768	Kg	Operación normal.
<b>S U M A</b>	<b>1 637 273</b>	<b>kg</b>	

El peso de la cimentación, pilotes, se considerará el 10% de la suma de las cargas muertas;

$$\text{SUMA} = 1656.240 + 1.637.273 + 165.624 = 3.459.137 \text{ Kg}$$

se usará ;

$$W = 3.460 \text{ Ton.}$$

La posible longitud que tendrá cada pilote se calcula de la siguiente manera;

Peso compensado por la excavación;

$$W_c = [1(1.50) + 4.65(1.18)](330.015) = 2.032 \text{ Ton.}$$

el peso neto a la profundidad Df es de;

$$W_n = 3.460 - 2.032 = 1.128 \text{ Ton.}$$

Para la capacidad de carga se usarán 20 pilotes considerando sólo la fricción;

$$C_f = A_l f$$

si se usan pilotes cuadrados de 40 X 40 cm, el perímetro tiene un valor igual a 1,6 m, la adherencia se considerará igual al 60% de la cohesión del suelo, determinada en pruebas triaxiales UU; el Reglamento de Construcciones autoriza usar el 100% por ser zona III. De lo anterior se tiene que;

$$f = 0.60(1.5) = 0.9 \text{ Ton/m}^2$$

por lo que:

$$Cf = 1.6 (0.9) L = 1.44 L$$

despejando tendremos:

$$L = \frac{1.128}{1.44 (0.9)} = 09.1 \text{ m}$$

Para poder ejemplificar el uso del programa y tener variantes en la presentación de los resultados, se usarán valores para  $L$  de 40 y 10 metros, en los análisis de la cimentación.

Además de lo anterior, se revisará la cimentación para la situación de un vaciado rápido del canal, en este caso el peso total de la estructura más la sub-estructura será de:

$$W = 1945 \text{ Ton}$$

Para todos los análisis tendremos que la longitud de muros en que se genera la fricción negativa, será igual a la longitud de los muros que están en contacto con el suelo:

$$LE = 22.45 + 22.45 = 44.90 \text{ m}$$

Debido a que los "muros" No. 2 y 4 (ver Fig.5.5) no están en contacto con el suelo, en los datos para el programa se consideraran muros colindantes.

En el presente análisis, la longitud de los pilotes es la que cambia, por lo cual, será necesario leer las coordenadas  $X_P$ ,  $Y_P$  solo en la primer alternativa.

Los cálculos previos para el proceso general, se realizarán utilizando los formatos diseñados para cada caso; en el Anexo I se resumen los datos que se obtienen del estudio de Mecánica de Suelos; con el Anexo II se definen los puntos y profundidades en donde se realizará el estudio, estos dos formatos se usarán una sola vez para cada serie de propuestas, ya que los estudios geotécnicos y los puntos en estudio son los mismos, siendo las características de la estructura y/o carga transmitir las que cambian para cada propuesta.

En el Anexo III se tiene el resumen de la información que para cada propuesta de la estructura se necesita en el programa, este formato se llena con los datos geométricos de proyecto y de carga que con el Anexo IV se calculan.

Estos dos formatos son para cada alternativa que de la cimentación se tenga.

En el Anexo III.a se tiene la ubicación de las cabezas de los pilotes, cuando la alternativa de cimentación sea con pilotes.

Se podrá cambiar el número y ubicación de los pilotes para cada alternativa, en caso de no existir cambios, el programa está diseñado para utilizar los datos proporcionados, de los pilotes, en todas las alternativas falladas.

Los resultados que se obtiene con el programa se presentan a continuación, siendo listados primero, para verificar, los datos geotécnicos y los puntos en estudio que se analizaron para cada alternativa.

Después se tienen los resultados para cada alternativa, primero se imprimen los datos de la estructura y a continuación los esfuerzos que se generan en cada punto con la cimentación propuesta, estos esfuerzos se imprimen en dos formas; una tabular donde se tienen:

La identificación del punto en estudio.

Los esfuerzos que cada acción particular genera en los puntos a la profundidad Z<sub>E</sub>, columnas números 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente.

El esfuerzo resultante, columna 6, de la superposición de los anteriores.

En la forma gráfica se tiene representados los esfuerzos tabulados, esta gráfica aun sin estar a escala exacta, permite visualizar el comportamiento de los esfuerzos, respecto a la profundidad, que cada acción genera en la masa de suelo.

El eje de las abscisas representa los esfuerzos en ton/m<sup>2</sup> y las ordenadas, las profundidades, a partir de la primer Z<sub>E</sub>, en este caso 0.55 m.

FORMATO PARA DATOS  
DE D A G E O

NS= <u>1</u>	NF= <u>1.30</u>	RP= <u>0.45</u>	
NE= <u>1</u> I AD 15 0.30	NE= _____ FI AD	NE= _____ FI AD	NE= _____ FI AD
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
IE= _____ FI AD	NE= _____ FI AD	NE= _____ FI AD	NE= _____ FI AD
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
IE= _____ FI AD	NE= _____ FI AD	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

# FORMATO PARA DATOS

## DE D A P U N

NI = 2

PE = 10

	XE	YE
1	0.00	0.00
2	<u>11.225</u>	<u>7.35</u>
3	_____	_____
4	_____	_____
5	_____	_____
6	_____	_____
7	_____	_____
8	_____	_____
9	_____	_____
10	_____	_____

	ZE
1	8.55
2	<u>12.05</u>
3	<u>15.950</u>
4	<u>21.050</u>
5	<u>27.050</u>
6	<u>31.050</u>
7	<u>39.050</u>
8	<u>48.000</u>
9	<u>48.000</u>
10	<u>50.000</u>
11	_____
12	_____
13	_____
14	_____
15	_____

# FORMATO PARA DATOS DE D A E S T

PROPUESTA N°: 1  
CADDL LLEN

NP = 20

LP = 40

PR = 1.6

<sup>1</sup>PN = -0.012

<sup>1</sup>CP = 10.36

<sup>1</sup>ZN = 5.65

DI = 5.65

<sup>2</sup>BA = 1

NV = 4

PC = 2

1 DATO DEL ANEXO IV

2 CONTROL DE LECTURA DE LAS C  
DENADAS DE LOS PILOTES.

3 SE PRESENTAN "PC" RENGLONE

4 SE PRESENTAN "NV" RENGLONE

	<sup>3</sup> MC	XA	YA	XB	YB	ZC
1	<u>2</u>	22.45	0.0	22.45	14.70	5.65
2	<u>4</u>	0.0	14.70	0.0	0.0	5.65
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

	<sup>4</sup> XV	YV	SV
1	0.0	0.0	1
2	22.45	0.0	1
3	22.45	14.70	1
4	0.0	14.70	1
5			
6			
7			
8			
9			
10			

PROPUESTA : 1

COORDENADAS DE LAS CABEZAS DE CADA PILOTE.

ESTE ANEXO SE USA SOLO CUANDO BA=1

	XP	YP	SP		XP	YP	SP
1	1.35	14.40	1	51			
2	4.85	14.40	1				
3	11.85	14.40	1				
4	20.05	14.40	1				
5	1.35	10.85	1				
6	1.85	10.85	1	55			
7	11.85	10.85	1				
8	20.05	10.85	1				
9	1.35	7.35	1				
10	4.85	7.35	1				
11	11.85	7.35	1	60			
12	20.05	7.35	1				
13	1.35	3.85	1				
14	4.85	3.85	1				
15	11.85	3.85	1				
16	20.05	3.85	1	65			
17	1.35	0.30	1				
18	4.85	0.30	1				
19	11.85	0.30	1				
20	20.05	0.30	1				
				70			
25				75			
30				80			
35				85			
40				90			
45				95			
50				100			



PROPUESTA: 1  
CAUDAL LLENO

DATOS:

$\gamma_w = 3.960$ TON	$\checkmark$	AP = 0.16	m <sup>2</sup>
$\gamma_m = 1.5$ T/m <sup>3</sup>	<sup>3</sup>	AC = 330.015	m <sup>2</sup>
Cu = 1.5 T/m <sup>2</sup>	<sup>2</sup>	LP = 90	m
f = 0.90 T/m <sup>2</sup>	<sup>2</sup>	PR = 1.60	m
N.F. = 1.30 m		LE = 44.20	m
DI = 5.65 m		NP = 20	Pies.

$U = (DI - N.F.) \cdot AC = (5.65 - 1.30) 330.015 = 1435.6$  Ton.

$C_p = (C_u \cdot N_q^* \cdot Fr + P_v) \cdot AP$  (COHESIVOS)

$C_p = (P_v \cdot N_q^* \cdot Fr + P_v) \cdot AP$  (FRICCIONANTES)

$N_q^* = 7$   $N_q^* = \dots$

$C_p = \frac{[1.5(7)(1) + 59.27] 0.16}{10.36}$  Ton.

$C_f = PR \cdot LP \cdot f = 1.6(40)0.90 = 57.60$  Ton.

$FC = LE \cdot D_f \cdot f = 44.9(5.65)(0.90) = 228.32$  Ton.

$Q_1 = W + FC - U = 3960 + 228 - 1436 = 2252$  Ton.

$Q_2 = (C_p + C_f) NP = (10.36 + 57.6) 20 = 1359$  Ton.

$Q = \text{Menor de } Q_1 \text{ y } Q_2 = 1359$  Ton.

$R = W + FC - U - Q_2 = 3960 + 228 - 1436 - 1359 = 893$

si  $R < 0$  :  $PN = \gamma_m \cdot DI - (DI - N.F.)$

si  $R \geq 0$  :  $PN = \frac{W + FC - U - Q - AC \cdot D_f \cdot \gamma_m}{AC - AP \cdot NP}$

$PN = \frac{3960 + 228 - 1436 - 1359 - 897}{330.015 - (0.16)(20)} = -0.012$  Ton/m<sup>2</sup>

$ZN = \frac{NP(C_p + C_f) - Q}{2 \cdot f \cdot PR \cdot NP} \cdot DI = \frac{20(10.36 + 57.6) - 1359}{2(0.9)(1.6)20} \cdot 5.65 = 5.65$  m

$AC \text{ Di } \gamma_m = [10(1.58) + 0.3(1.18) + 4.35(0.18)] 330.015 = 896.6$

$P_v = \frac{1(1.58) + 44.65(1.18)}{59.27} T/m^2$

$P_v = \dots$

# FORMATO PARA DATOS DE D A E S T

PROPUESTA N°: 2

*CRUDL VDCIO*

NP = 20

LP = 40

PR = 1.6

<sup>1</sup>PN = -1.63

<sup>1</sup>CP = 10.36

<sup>1</sup>ZN = 16.95

DI = 5.65

<sup>2</sup>BA = 0

NV = 4

PC = 2

- 1 DATO DEL ANEXO IV
- 2 CONTROL DE LECTURA DE LAS COORDENADAS DE LOS PILOTES.
- 3 SE PRESENTAN "PC" RENGLONES.
- 4 SE PRESENTAN "NV" RENGLONES.

	<sup>3</sup> MC	XA	YA	XB	YB	ZC
1	2	22.45	0.0	22.45	14.70	5.65
2	4	0.0	14.70	0.0	0.0	5.65
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

	<sup>4</sup> XV	YV	SV
1	0	0	1
2	22.45	0	1
3	22.45	14.70	1
4	0	14.70	1
5			
6			
7			
8			
9			
10			

DATOS:

PROPUESTA: 2  
CANAL VACIO

$$\begin{aligned} \gamma_m &= \underline{1945} \text{ TON} \\ \text{Cu} &= \underline{1.50} \text{ T/m}^3 \\ f &= \underline{0.90} \text{ T/m}^2 \\ \text{N.F.} &= \underline{1.30} \text{ m} \\ \text{Df} &= \underline{5.65} \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AP} &= \underline{0.16} \text{ m}^2 \\ \text{AC} &= \underline{330.015} \text{ m}^2 \\ \text{LP} &= \underline{40.0} \text{ m} \\ \text{PR} &= \underline{1.6} \text{ m} \\ \text{LE} &= \underline{44.90} \text{ m} \\ \text{NP} &= \underline{20} \text{ Pies.} \end{aligned}$$

$$U = (\text{Df} - \text{N.F.}) \cdot \text{AC} = (5.65 - 1.30) 330.015 = \underline{1435.6} \text{ Ton.}$$

$$C_p = (\text{Cu} \cdot \text{Nq}^* \cdot \text{Fr} + \text{Pv}) \cdot \text{AP} \quad (\text{COHESIVOS})$$

$$C_p = (\text{Fv} \cdot \text{Nq}^* \cdot \text{Fr} + \text{Pv}) \cdot \text{AP} \quad (\text{FRICCIONANTES})$$

$$\text{Nq}^* = \underline{7}$$

$$\text{Nq}^* = \underline{\quad\quad}$$

$$C_p = [1.5(7)(1) + 59.27] 0.16 = \underline{10.36} \text{ Ton.}$$

$$C_f = \text{PR} \cdot \text{LP} \cdot f = 1.6(40)(0.90) = \underline{57.6} \text{ Ton.}$$

$$\text{FC} = \text{LE} \cdot \text{Df} \cdot f = 44.9(5.65)(0.90) = \underline{228.3} \text{ Ton.}$$

$$Q_1 = W + \text{FC} - U = 1945 + 228 - 1436 = \underline{737} \text{ Ton.}$$

$$Q_2 = (C_p + C_f) \text{NP} = (10.36 + 57.6) 20 = \underline{1359} \text{ Ton.}$$

$$Q = \text{Menor de } Q_1 \text{ y } Q_2 = \underline{737} \text{ Ton.}$$

$$R = W + \text{FC} - U - Q_2 = 1945 + 228 - 1436 - 1359 = \underline{-622}$$

$$\text{si } R < 0: -\text{PN} = \gamma_m \cdot \text{Df} - (\text{Df} - \text{N.F.})$$

$$\text{si } R \geq 0: \text{PN} = \frac{W + \text{FC} - U - Q - \text{AC} \cdot \text{Df} \cdot \gamma_m'}{\text{AC} - \text{AP} \cdot \text{NP}}$$

$$-\text{PN} = [2.72 - (5.65 - 1.3)] = \underline{-1.63} \text{ Ton/m}^2$$

$$\text{ZN} = \frac{\text{NP}(C_p + C_f) - Q}{2 \cdot f \cdot \text{PR} \cdot \text{NP}} \cdot \text{Df} = \frac{20(10.36 + 57.6) - 737}{2(0.90)(1.6)(20)} \cdot 5.65 = \underline{16.95} \text{ m}$$

$$\text{Df } \gamma_m' = 1(1.58) + 0.3(1.18) + 4.35(0.18) = 2.72 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Pv} = 1(1.58) + 44.65(1.18) = 59.27 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Fv} = \underline{\quad\quad}$$

# FORMATO PARA DATOS DE D A E S T

PROPUESTA N°: 3  
CÁMERA WEDO

NP = 20  
 LP = 18  
 PR = 1.6  
<sup>1</sup>PN = 2.18  
<sup>1</sup>CP = 6.21  
<sup>1</sup>ZN = 5.65  
 DI = 5.65  
<sup>2</sup>BA = 0  
  
 NV = 4  
 PC = 2

- 1 DATO DEL ANEXO IV
- 2 CONTROL DE LECTURA DE LAS COORDENADAS DE LOS PILOTES.
- 3 SE PRESENTAN "PC" RENGLONES.
- 4 SE PRESENTAN "NV" RENGLONES.

	<sup>3</sup> MC	XA	YA	XB	YB	ZC
1		22.45	0	22.45	19.70	5.65
2	<u>2</u>	0	19.70	0	0	5.65
3	_____					
4	_____					
5	_____					
6	_____					
7	_____					
8	_____					
9	_____					
10	_____					

	<sup>4</sup> XV	YV	SV
1	0	0	1
2	<u>22.45</u>	0	1
3	<u>22.45</u>	19.70	1
4	0	19.70	1
5	_____		
6	_____		
7	_____		
8	_____		
9	_____		
10	_____		

DATOS:

PROPUESTA: 3  
CANAL LLENO

$$\begin{aligned} W &= 3460 \text{ TON} \\ \gamma_m &= \text{---} \text{ T/m}^3 \\ Cu &= 1.50 \text{ T/m}^2 \\ f &= 0.90 \text{ T/m}^2 \\ N.F. &= 1.30 \text{ m} \\ DI &= 5.65 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AP &= 0.16 \text{ m}^2 \\ AC &= 330.015 \text{ m}^2 \\ LP &= 1.80 \text{ m} \\ PR &= 1.60 \text{ m} \\ LE &= 49.90 \text{ m} \\ NP &= 20 \text{ Pies.} \end{aligned}$$

$$U = (DI - N.F.) \cdot AC = (5.65 - 1.30) 330.015 = 1435.6 \text{ Ton.}$$

$$C_p = (Cu \cdot N_q^* \cdot Fr + Pv) \cdot AP \quad (\text{COHESIVOS})$$

$$C_p = (\bar{P}v \cdot N_q^* \cdot Fr + Pv) \cdot AP \quad (\text{FRICCIONANTES})$$

$$N_q^* = 7$$

$$N_q^* = \text{---}$$

$$C_p = [1.5(7)(1) + 28.31] 0.16 = 6.21 \text{ Ton.}$$

$$C_f = PR \cdot LP \cdot f = 1.6(1.8)(0.9) = 25.92 \text{ Ton.}$$

$$FC = LE \cdot D \cdot f = 49.9(5.65)(0.9) = 228.3 \text{ Ton.}$$

$$Q_1 = W + FC - U = 3460 + 228 - 1436 = 2252 \text{ Ton.}$$

$$Q_2 = (C_p + C_f) NP = (6.21 + 25.92) 20 = 642.6 \text{ Ton.}$$

$$Q = \text{Menor de } Q_1 \text{ y } Q_2 = 643 \text{ Ton.}$$

$$R = W + FC - U - Q_2 = 3460 + 228 - 1436 - 643 = 1609$$

$$\text{si } R < 0: PN = \gamma_m \cdot DI - (DI - N.F.)$$

$$\text{si } R \geq 0: PN = \frac{W + FC - U - Q - AC \cdot DI \cdot \gamma_m'}{AC - AP \cdot NP}$$

$$PN = \frac{3460 + 228 - 1436 - 643 - 897}{330.015 - (0.16)(20)} = 2.18 \text{ Ton/m}^2$$

$$ZN = \frac{NP(C_p + C_f) - Q}{2 \cdot f \cdot PR \cdot NP} \cdot DI = \frac{20(6.21 + 25.92) - 643}{2(1.5)(1.6)(20)} + 5.65 = 5.65 \text{ m}$$

$$AC \text{ DI } \gamma_m' = [1(1.58) + 3(1.18) + 4.35(0.18)] 330.015 = 896.6 \text{ TON}$$

$$P_v = 1(1.58) + 22.65(1.18) = 28.31 \text{ T/m}^2$$

$$\bar{P}_v = \text{---}$$

# FORMATO PARA DATOS DE D A E S T

PROPUESTA N°: 4  
CAUSAL VACIO

NP: 20  
 LP: 18  
 PR: 1.60  
<sup>1</sup>PN: -2.96  
<sup>1</sup>CP: 6.21  
<sup>1</sup>ZN: 5.65  
 DI: 5.65  
<sup>2</sup>BA: 0  
  
 NV: 4  
 PC: 2

- 1 DATO DEL ANEXO IV
- 2 CONTROL DE LECTURA DE LAS COORDENADAS DE LOS PILOTES.
- 3 SE PRESENTAN "PC" RENGLONES.
- 4 SE PRESENTAN "NV" RENGLONES.

	<sup>3</sup> MC	XA	YA	XB	YB	ZC
1	2	22.95	0	22.95	14.70	5.65
2	4	0	14.70	0	0	5.65
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

	<sup>4</sup> XV	YV	SV
1	0	0	1
2	22.95	0	1
3	22.95	14.70	1
4	0	14.70	1
5			
6			
7			
8			
9			
10			

DATOS:

PROPUESTA: 4  
CANAL VACÍO

$$\begin{aligned} \gamma_m &= \frac{1995}{1} \text{ TON} \\ C_u &= \frac{1.5}{1} \text{ T/m}^3 \\ f &= \frac{0.9}{1} \text{ T/m}^2 \\ N.F. &= \frac{1.30}{1} \text{ m} \\ Df &= \frac{5.65}{1} \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AP &= \frac{0.16}{1} \text{ m}^2 \\ AC &= \frac{330.015}{1} \text{ m}^2 \\ LP &= \frac{18.0}{1} \text{ m} \\ PR &= \frac{1.60}{1} \text{ m} \\ LE &= \frac{44.90}{1} \text{ m} \\ NP &= \frac{20}{1} \text{ Pisos} \end{aligned}$$

$$U = (Df - N.F.) \cdot AC = (5.65 - 1.30) \cdot 330.015 = 1435.6 \text{ Ton.}$$

$$C_p = (C_u \cdot N_d^* \cdot Fr + P_v) \cdot AP \quad (\text{COHESIVOS})$$

$$C_p = (F_v \cdot N_d^* \cdot Fr + P_v) \cdot AP \quad (\text{FRICCIONANTES})$$

$$N_d^* = \underline{7}$$

$$N_d^* = \underline{\quad\quad}$$

$$C_p = \frac{[1.5(7)(1) + 28.31](0.16)}{1} = \underline{6.21} \text{ Ton.}$$

$$C_f = PR \cdot LP \cdot f = \frac{1.6(18)(0.9)}{1} = \underline{25.92} \text{ Ton.}$$

$$FC = LE \cdot Df \cdot f = \frac{44.90(5.65)(0.9)}{1} = \underline{228.3} \text{ Ton.}$$

$$Q_1 = W \cdot FC - U = \frac{1995 + 228 - 1436}{1} = \underline{737} \text{ Ton.}$$

$$Q_2 = (C_p + C_f) \cdot NP = \frac{(6.21 + 25.92)20}{1} = \underline{642.6} \text{ Ton.}$$

$$Q = \text{Menor de } Q_1 \text{ y } Q_2 = \underline{643} \text{ Ton.}$$

$$R = W \cdot FC - U - Q_2 = \frac{1995 + 228 - 1436 - 643}{1} = \underline{94}$$

$$\text{si } R < 0: \quad PN = \gamma_m \cdot Df - (Df - N.F.)$$

$$\text{si } R \geq 0: \quad PN = \frac{W \cdot FC - U - Q - AC \cdot Df \cdot \gamma_m'}{AC - AP \cdot NP}$$

$$PN = \frac{1995 + 228 - 1436 - 643 - 897}{330.015 - (0.16)(20)} = \underline{-2.46} \text{ Ton/m}^2$$

$$ZN = \frac{NP(C_p + C_f) \cdot Q}{2 \cdot f \cdot PR \cdot NP} \cdot Df = \frac{20(6.21 + 25.92) \cdot 647.6}{2(1.6)(20)} + 5.65 = \underline{5.65} \text{ m}$$

$$AC \cdot Df \cdot \gamma_m' \cdot [1(1.58) + 0.3(1.18) + 1.35(0.18)] (330.015) = 896.7 \text{ TON}$$

$$P_v = \frac{1(1.58) + 22.65(1.18)}{1} = 28.31 \text{ T/m}^2$$

$$F_v = \underline{\quad\quad}$$

```

0000 DATA *** S.,. 0.,. 1.,. 11., ***
0001 DATA F,164,1,060,D,E,1,0,0,0
0002 DATA COM151,06,DE,1,1,060,D,1,17X,C0C0
0003 DATA C1E160,1,060,D,E,C0160,0L,DE,1
0004 DATA F1,0,0,1,0,1,0,0,0,0,0,0
0005 DATA DE1,0,0,0,1,0,0,1,0,0,0,0
0006 DATA .....
0007 DATA .....
0008 DATA 1,1,0,0,0,0
0009 DATA 1
0010 DATA 05,0,0,0
0011 DATA 0,1,0
0012 DATA 0,0,0,1,1,0,0,0,0,0
0013 DATA 0,0,0,0,1,0,0,1,0,0,1,0,0,0,27,0,0
0014 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0015 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
0016 DATA 0
0017 DATA 0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1
0018 DATA 1,0,0,1,1,1,1,1,0,0,1,1,1,1
0019 DATA 11,0,0,1,1,1,1,1,0,0,0,1,1,1,1
0020 DATA 1,0,0,1,0,0,0,1,1,0,0,0,1,0,0,1
0021 DATA 11,0,0,1,0,0,0,1,1,0,0,0,1,0,0,1
0022 DATA 1,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0,1
0023 DATA 11,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0,1
0024 DATA 1,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0,1
0025 DATA 11,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0,1
0026 DATA 1,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0,1
0027 DATA 11,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0,0,1
0028 DATA 0,0
0029 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,14,7,5,65
0030 DATA 0,0,14,7,0,0,0,5,65
0031 DATA 0,0,0,1,0,0,0,0,1
0032 DATA 0,0,0,14,7,1,0,0,14,7,1
0033 DATA 0,0,0,1,0,0,0,1,0,0,16,0,0,16,0,0,5,65,0
0034 DATA 1,0
0035 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,14,7,5,65
0036 DATA 0,0,14,7,0,0,0,5,65
0037 DATA 0,0,1,0,0,0,0,0,1
0038 DATA 0,0,0,14,7,1,0,0,14,7,1
0039 DATA 0,0,0,1,0,0,0,1,0,0,16,0,0,16,0,0,5,65,0
0040 DATA 0,0
0041 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,14,7,5,65
0042 DATA 0,0,14,7,0,0,0,5,65
0043 DATA 0,0,1,0,0,0,0,0,1
0044 DATA 0,0,0,14,7,1,0,0,14,7,1
0045 DATA 0,0,0,1,0,0,0,1,0,0,16,0,0,16,0,0,5,65,0
0046 DATA 1,0
0047 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,14,7,5,65
0048 DATA 0,0,14,7,0,0,0,5,65
0049 DATA 0,0,1,0,0,0,0,0,1
0050 DATA 0,0,0,14,7,0,1,0,0,14,7,1
0051 DATA

```



EEEEEEEE	SSSSSS	TTTTTT	RRRRRR	AAAA	CCCCC	IIIIII	MM	MM
EEEEEEEE	SSSSSS	T	RRRRRR	AAAA	CCCCC	IIIIII	MM	MM
EE	SS	T	RR RR	AA AA	CC	II	MM	MM
EE	SS	T	RR RR	AA AA	CC	II	MM	MM
EE	SS	T	RR RR	AA AA	CC	II	MM	MM
EEEEEE	SSSSSS	T	RRRRRR	AAAAAA	CC	II	MM	MM
EE	SSSSSS	T	RRRRRR	AAAAAA	CC	II	MM	MM
EE	SS	T	RR RR	AA AA	CC	II	MM	MM
EE	SS	T	RR RR	AA AA	CC	II	MM	MM
EE	SS	T	RR RR	AA AA	CC	II	MM	MM
EEEEEEEE	SSSSSS	T	RR RR	AA AA	CCCCC	IIIIII	MM	MM
EEEEEEEE	SSSSS	T	RR RR	AA AA	CCCCC	IIIIII	MM	MM

### Esfuerzos Transmitidos por una Cimentacion

DESCRIPCION: ESTRACIM es grupo de programas para calcular los esfuerzos que una cimentacion transmite a un punto en el suelo. La cimentacion podra ser en la forma de:

- LOSA
- LOSA CON PILOTES
- CAJON TOTALMENTE COMPENSADO
- CAJON PARCIALMENTE COMPENSADO
- CAJON CON PILOTES

Los esfuerzos se calculan con las ecuaciones de la ELASTICIDAD formuladas por Mindlin.

Es realizada la interrelacion que existe en la cimentacion cuando se presenta el proceso de consolidacion, produciendo la FRICCION NEGATIVA en los puntos perimetrales y en los pilotes.

1971 A.M.  
1971 B.M.  
ARABON  
1971 C.M.  
1971 D.M.

DATE: OCTBER 11, 1977

Selecion de Escason 0.450  
Nivel Frecu. 1.200

REFIL No. 1	NIVEL	ADHERENCIA
ESTRADO		
1	45.000	0.900

CO. DE NIVEL DE TERRENO EN ESTUDIO 1

COORDENADAS

X Y

0.000 0.000

11.025 7.750

Profundidades en estudio 10

Son las mismas para los 2 puntos.

Se consideran a partir del Nivel de Terreno Natural.

PROFUNDIDAD NIVEL

1 8.550

2 12.050

3 15.950

4 21.050

5 27.050

6 31.050

7 34.050

8 40.000

9 48.000

10 50.000

No. de alternativas 4

Alternativa No. 1

DATOS DE LA ESTRUCTURA

No. DE PILOTES	20	FIEJAS
LONGITUD DE C./FILOTE	40	METROS
PERIMETRO DE C./FILOTE	1.5	METROS
PRESION NETA AL DESPLANTE	-1.012	TON/M2
CAPACIDAD POR PUNTA	10.26	TON.
PROFUNDIDAD DEL NIVEL NEUTRO	5.65	METROS
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (Df)	5.65	METROS

COORDENADAS DE LAS CABEZAS DE LOS FILOTES

X1	Y1	X2	Y2
X3	Y3	X4	Y4
X5	Y5	X6	Y6
1.350/	14.400/	4.850/	14.400/
11.850/	14.400/	20.050/	14.400/
1.350/	10.850/	4.850/	10.850/
11.850/	10.850/	20.050/	10.850/
1.350/	7.350/	4.850/	7.350/
11.850/	7.350/	20.050/	7.350/
1.350/	3.850/	4.850/	3.850/
11.850/	3.850/	20.050/	3.850/
1.350/	0.300/	4.850/	0.300/
11.850/	0.300/	20.050/	0.300/

Coordenadas de los vertices de la cimentacion

VERTICE	X	Y
1	0.000/	0.000/
2	22.450/	0.000/
3	22.450/	14.700/
4	0.000/	14.700/

No. de paredes comunes: 2

La PRIMERA pared común esta en el punto de encuentro de los vertices 1 y 2  
 COORDENADAS DE INICIO: X= 0.000 Y= 0.000  
 COORDENADAS DE FIN: X= 22.450 Y= 0.000  
 PROFUNDIDAD DE FONDO: 5.650

La SEGUNDA pared común esta en el punto de encuentro de los vertices 3 y 4  
 COORDENADAS DE INICIO: X= 22.450 Y= 14.700  
 COORDENADAS DE FIN: X= 0.000 Y= 14.700  
 PROFUNDIDAD DE FONDO: 5.650

UNIDAD DE ESFUERZOS (Ton/m<sup>2</sup>)

Los valores de cada columna y en la grafica son:

PUNTA DE LOS PILOTES  
FRICCION POSITIVA EN PILOTES  
FRICCION NEGATIVA EN PILOTES  
FRICCION NEGATIVA EN MUROS  
CARGA UNIF. REPARTIDA EN LA PROF. Df  
RESULTANTE

Coordenadas del punto 1 en estudio

X = 0.000E+00  
Y = 0.000E+00  
ZE = Profundidad en estudio

ZE	1	2	3	4	5	6
8.55	-5.05E-03	-4.29E-02	0.00E+00	-2.43E-01	-3.01E-03	-2.94E-01
12.05	-9.34E-03	2.23E-02	0.00E+00	-1.56E-01	-2.98E-03	-1.46E-01
15.95	-1.54E-02	6.99E-02	0.00E+00	-1.12E-01	-2.85E-03	-6.03E-02
21.05	-2.57E-02	1.20E-01	0.00E+00	-8.10E-02	-2.52E-03	1.09E-02
27.05	-4.23E-02	1.78E-01	0.00E+00	-6.07E-02	-2.05E-03	7.34E-02
31.05	-5.74E-02	2.22E-01	0.00E+00	-5.11E-02	-1.75E-03	1.11E-01
34.05	-7.22E-02	2.59E-01	0.00E+00	-4.57E-02	-1.55E-03	1.40E-01
40.00	-1.24E-01	3.58E-01	0.00E+00	-3.73E-02	-1.22E-03	1.95E-01
48.00	2.40E-01	4.11E-01	0.00E+00	-2.94E-02	-8.99E-04	6.21E-01
50.00	1.69E-01	3.64E-01	0.00E+00	-2.78E-02	-8.36E-04	5.05E-01



SAFIDA DE ESFUERZOS (Ton/m2)

Los valores de distribución y en la grafico son:

- 1 PUNTA DE LOS PILOTES
- 2 FRICCION POSITIVA EN PILOTES
- 3 FRICCION NEGATIVA EN PILOTES
- 4 FRICCION NEGATIVA EN MUROS
- 5 CARGA UNIF. REPARTIDA EN LA PROF. Df
- 6 RESULTANTE

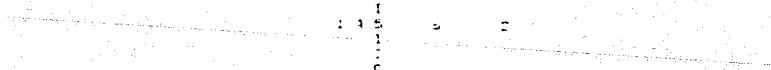
Coordenadas del punto 2 en estudio

X = 1.123E+01  
 Y = 7.350E+00  
 ZE = Profundidad en estudio

ZE	1	2	3	4	5	6
8.55	-7.27E-03	-7.14E-02	0.00E+00	-1.03E-01	-1.16E-02	-1.93E-01
12.05	-1.35E-02	9.90E-03	0.00E+00	-1.27E-01	-1.06E-02	-1.41E-01
15.95	-2.28E-02	6.98E-02	0.00E+00	-1.24E-01	-8.94E-03	-8.59E-02
21.05	-3.93E-02	1.38E-01	0.00E+00	-1.04E-01	-6.22E-03	-1.16E-02
27.05	-6.84E-02	2.21E-01	0.00E+00	-8.16E-02	-3.92E-03	6.68E-02
31.05	-9.59E-02	2.86E-01	0.00E+00	-6.93E-02	-2.95E-03	1.18E-01
34.05	-1.21E-01	3.44E-01	0.00E+00	-6.16E-02	-2.43E-03	1.59E-01
40.00	-1.86E-01	4.92E-01	0.00E+00	-4.92E-02	-1.71E-03	2.55E-01
48.00	4.26E-01	5.67E-01	0.00E+00	-3.75E-02	-1.14E-03	9.54E-01
50.00	2.41E-01	4.98E-01	0.00E+00	-3.52E-02	-1.04E-03	7.03E-01

-4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5

4 5 10 2  
4 10 2  
4 5 2  
14 5 6 2  
1 3 5 9 11





Alternativa No. 2

DATOS DE LA ESTRUCTURA

NO. DE PILOTES	20	PIEZAS
LONGITUD DE C./PILOTE	40	METROS
PERIMETRO DE C./PILOTE	1.6	METROS
PRESION NETA AL DESPLANTE	-1.63	TON/M2
CAPACIDAD POR PUNTA	10.36	TON.
PROFUNDIDAD DEL NIVEL NEUTRO	16.45	METROS
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (Df)	5.65	METROS

COORDENADAS DE LAS CABEZAS DE LOS PILOTES

X1	Y1	X2	Y2
X3	Y3	X4	Y4
X5	Y5	X6	...
1.350'	14.400'	4.850'	14.400'
11.850'	14.400'	20.050'	14.400'
1.350'	10.850'	4.850'	10.850'
11.850'	10.850'	20.050'	10.850'
1.350'	7.350'	4.850'	7.350'
11.850'	7.350'	20.050'	7.350'
1.350'	3.850'	4.850'	3.850'
11.850'	3.850'	20.050'	3.850'
1.350'	0.300'	4.850'	0.300'
11.850'	0.300'	20.050'	0.300'

Coordenadas de los vertices de la cimentación

VERTICE	X	Y
1	0.000'	0.000'
2	20.450'	0.000'
3	20.450'	14.700'
4	0.000'	14.700'

No. de paredes conectadas

LA CIMENTACION DE LA PARED 1 ESTÁ A 90 METROS DEL EMPUJE EN EL VERTICE 1  
 COORDENADAS DE DISEÑO : 0.000' 0.000'  
 COORDENADAS DE PUNTO : 0.000' 0.000'  
 COORDENADAS DE PUNTO : 0.000' 0.000'

LA CIMENTACION DE LA PARED 2 ESTÁ A 90 METROS DEL EMPUJE EN EL VERTICE 2  
 COORDENADAS DE DISEÑO : 20.450' 0.000'  
 COORDENADAS DE PUNTO : 20.450' 0.000'  
 COORDENADAS DE PUNTO : 20.450' 0.000'

SALIDA DE ESPERADOS (Continúa)

Las columnas de la columna y en la grafica son:

- 1 PUNTA DE LOS PILOTES
- 2 FRICCION POSITIVA EN PILOTES
- 3 FRICCION NEGATIVA EN PILOTES
- 4 FRICCION NEGATIVA EN MURDS
- 5 CARGA UNIF. REPARTIDA EN LA PROF. Df
- 6 RESULTANTE

Coordenadas del punto 1 en estudio

X = 0.000E+00  
 Y = 0.000E+00  
 ZE = Profundidad en estudio

ZE	1	2	3	4	5	6
8.55	-5.05E-03	-6.65E-02	-1.99E-01	-2.42E-01	-4.09E-01	-9.22E-01
12.05	-9.74E-03	-1.26E-01	-1.52E-01	-1.56E-01	-4.05E-01	-8.48E-01
15.95	-1.54E-02	-2.26E-01	-1.20E-01	-1.12E-01	-3.67E-01	-8.61E-01
21.05	-2.57E-02	-1.05E-01	-9.14E-02	-8.10E-02	-3.43E-01	-8.45E-01
27.05	-4.23E-02	1.80E-02	-6.83E-02	-6.03E-02	-2.78E-01	-8.31E-01
31.05	-5.74E-02	8.97E-02	-5.69E-02	-5.11E-02	-2.27E-01	-8.17E-01
34.05	-7.22E-02	1.44E-01	-5.00E-02	-4.57E-02	-2.10E-01	-8.14E-01
40.00	-1.24E-01	2.89E-01	-1.93E-02	-3.73E-02	-1.86E-01	-8.07E-01
48.00	2.40E-01	3.45E-01	-2.97E-02	-2.94E-02	-1.22E-01	-8.05E-01
59.00	1.89E-01	3.04E-01	-2.70E-02	-2.73E-02	-1.14E-01	-8.04E-01

5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5  
 0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0

6

5

42

6

5

2

34

11

6

5

24

11

6

5

34

12

6

5

4

11

2

65

14

2

516

41

2

5

41

1

2

3

0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0  
 0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0  
 0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0  
 0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0-0

**SALIDA DE ESFUERZOS (Ton/m2)**

Los valores de 2 columnas ver la grafica adj. 1

- 1 JUNTA DE LOS PILOTES
- 2 FRICCION POSITIVA EN PILOTES
- 3 FRICCION NEGATIVA EN PILOTES
- 4 FRICCION NEGATIVA EN MUROS
- 5 CARGA UNIF. REPARTIDA EN LA PROF. D'
- 6 RESULTANTE

Coordenadas del punto 2 en estudio

X = 1.127E+01  
 Y = 7.350E+00  
 ZE = Profundidad en estudio

ZE	1	2	3	4	5	6
8.55	-7.27E-03	-1.20E-01	-3.05E-01	-1.03E-01	-1.58E+00	-2.11E+00
12.05	-1.35E-02	-2.14E-01	-2.39E-01	-1.27E-01	-1.45E+00	-2.04E+00
15.95	-2.28E-02	-4.97E-01	-1.87E-01	-1.24E-01	-1.21E+00	-2.05E+00
21.05	-3.93E-02	-1.97E-01	-1.74E-01	-1.04E-01	-8.45E-01	-1.32E+00
27.05	-6.84E-02	-9.22E-02	-9.22E-02	-8.16E-02	-5.33E-01	-7.84E-01
31.05	-9.59E-02	1.05E-01	-7.35E-02	-6.92E-02	-4.01E-01	-5.35E-01
34.05	-1.21E-01	1.92E-01	-6.27E-02	-6.16E-02	-3.29E-01	-3.82E-01
40.00	-1.82E-01	3.81E-01	-4.70E-01	-4.92E-01	-2.32E-01	-1.34E-01
43.00	4.02E-01	4.90E-01	-3.14E-02	-3.75E-01	-1.55E-01	6.90E-01
50.00	2.17E-01	4.23E-01	-3.09E-02	-3.52E-02	-1.42E-01	4.61E-01



Alternativa No. 3

DATOS DE LA ESTRUCTURA

NO. DE FILOTES	04	PIEZAS
LONGITUD DE C./FILOTE	16	METROS
PERIMETRO DE C./FILOTE	1.6	METROS
PRESION NETA AL DESPLANTE	2.18	TON/M2
CAPACIDAD POR PUNTA	6.21	TON.
PROFUNDIDAD DEL NIVEL NEUTRO	5.65	METROS
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (D)	5.65	METROS

COORDENADAS DE LAS CABEZAS DE LOS FILOTES

X1	Y1	X2	Y2
X3	Y3	X4	Y4
X5	Y5	X6	...
1.350	14.400	4.850	14.400
11.850	14.400	20.050	14.400
1.350	10.850	4.850	10.850
11.850	10.850	20.050	10.850
1.350	7.350	4.850	7.350
11.850	7.350	20.050	7.350
1.350	3.850	4.850	3.850
11.850	3.850	20.050	3.850
1.350	0.300	4.850	0.300
11.850	0.300	20.050	0.300

Coordenadas de los vertices de la cimentación

VERTICE	X	Y
1	0.000	0.000
2	22.450	0.000
3	22.450	14.700
4	0.000	14.700

No. de paredes comunes: 2

LA PARED COMÚN DE LA CIMENTACIÓN EN EL VERTICE 2 SE ANALIZA EN EL VERTICE 2  
 COORDENADAS DE FIN DE PARED: 22.450 0.000  
 COORDENADAS DE FIN DE PARED: 22.450 14.700  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL: 5.65

LA PARED COMÚN DE LA CIMENTACIÓN EN EL VERTICE 4 SE ANALIZA EN EL VERTICE 4  
 COORDENADAS DE FIN DE PARED: 0.000 14.700  
 COORDENADAS DE FIN DE PARED: 22.450 14.700  
 PROFUNDIDAD DEL NIVEL: 5.65

SALIDA DE ESFUERZOS (11/11/82)

Los valores de columna y en la grafica son:

- 1 PUNTA DE LOS FILOTES
- 2 FRICCION POSITIVA EN FILOTES
- 3 FRICCION NEGATIVA EN FILOTES
- 4 FRICCION NEGATIVA EN MUROS
- 5 CARGA UNIF. REPARTIDA EN LA PROF. Df
- 6 RESULTANTE

Coordenadas del punto 1 en estudio

X = 0.000E+00  
 Y = 0.000E+00  
 ZE = Profundidad en estudio

ZE	1	2	3	4	5	6
8.55	-1.36E-02	-8.61E-03	0.00E+00	-2.43E-01	5.46E-01	2.81E-01
12.05	-2.52E-02	8.52E-02	0.00E+00	-1.56E-01	5.42E-01	4.46E-01
15.95	-4.40E-02	1.75E-01	0.00E+00	-1.12E-01	5.18E-01	5.37E-01
21.05	-1.11E-01	3.13E-01	0.00E+00	-8.10E-02	4.58E-01	5.79E-01
27.05	1.29E-01	3.16E-01	0.00E+00	-6.02E-02	3.72E-01	7.56E-01
31.05	8.39E-02	2.49E-01	0.00E+00	-5.11E-02	3.17E-01	5.99E-01
34.05	6.88E-02	2.14E-01	0.00E+00	-4.57E-02	2.81E-01	5.19E-01
40.00	5.01E-02	1.52E-01	0.00E+00	-2.72E-02	2.21E-01	3.78E-01
48.00	3.48E-02	1.18E-01	0.00E+00	-2.64E-02	1.67E-01	2.87E-01
50.00	3.21E-02	1.09E-01	0.00E+00	-2.78E-02	1.52E-01	2.88E-01





SALIDA DE ESPLETTOS (Topo 2)

Los valores de 3 columna y en la grafica son:

- 1 PUNTA DE LOS PILOTES
- 2 FRICCION POSITIVA EN PILOTES
- 3 FRICCION NEGATIVA EN PILOTES
- 4 FRICCION NEGATIVA EN MUROS
- 5 CARGA UNIF. REPARTIDA EN LA PROF. Df
- 6 RESULTANTE

Coordenadas del punto 2 en estudio

X = 1.123E+01  
 Y = 7.350E+00  
 ZE = Profundidad en estudio

ZE	1	2	3	4	5	6
8.55	-2.67E-02	-1.06E-02	0.00E+00	-1.03E-01	2.11E+00	1.97E+00
12.05	-4.71E-02	1.21E-01	0.00E+00	-1.27E-01	1.92E+00	1.88E+00
15.95	-7.31E-02	2.52E-01	0.00E+00	-1.24E-01	1.82E+00	1.69E+00
21.05	-1.96E-01	4.56E-01	0.00E+00	-1.04E-01	1.13E+00	1.26E+00
27.05	1.87E-01	4.55E-01	0.00E+00	-6.16E-02	7.12E-01	1.27E+00
31.05	1.22E-01	3.54E-01	0.00E+00	-2.93E-02	5.26E-01	9.43E-01
34.05	1.02E-01	2.97E-01	0.00E+00	-2.16E-02	4.41E-01	7.79E-01
40.00	7.18E-02	2.12E-01	0.00E+00	-4.92E-02	3.11E-01	5.13E-01
46.00	4.51E-02	1.42E-01	0.00E+00	-7.75E-02	2.07E-01	3.57E-01
50.00	4.06E-02	1.32E-01	0.00E+00	-7.52E-02	1.89E-01	3.25E-01



Alternative No. 4

DATOS DE LA ESTRUCTURA

No. DE PILOTES	20	PIEZAS
LONGITUD DE C./PILOTE	18	METROS
PERIMETRO DE C./PILOTE	1.6	METROS
PRESION NETA AL DESPLANTE	-2.46	TON/M2
CAPACIDAD POR PUNTA	6.21	TON.
PROFUNDIDAD DEL NIVEL NEUTRO	5.65	METROS
PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (Df)	5.55	METROS

COORDENADAS DE LAS CAREZAS DE LOS PILOTES

X1	Y1	X2	Y2
X3	Y3	X4	Y4
X5	Y5	X6	...
1.750	14.400	4.850	14.400
11.850	14.400	20.050	14.400
1.750	10.850	4.850	10.850
11.850	10.850	20.050	10.850
1.350	7.350	4.850	7.350
11.850	7.350	20.050	7.350
1.350	3.850	4.850	3.850
11.850	3.850	20.050	3.850
1.750	0.300	4.850	0.300
11.850	0.300	20.050	0.300

Coordenadas de los vertices de la cimentacion

VERTICE	X	Y
1	0.000	1.000
2	22.450	0.000
3	22.450	14.700
4	0.000	14.700

No. de paredes comunes: 2

1. PRIMERA pared común esta en el muro que empieza en el vertice 1  
 COORDENADAS DE INICIO: X= 22.450, Y= 0.000  
 COORDENADAS DE FIN: X= 22.450, Y= 14.700  
 PROFUNDIDAD DEL MURO: 5.650

2. SEGUNDA pared común esta en el muro que empieza en el vertice 4  
 COORDENADAS DE INICIO: X= 0.000, Y= 14.700  
 COORDENADAS DE FIN: X= 0.000, Y= 0.300  
 PROFUNDIDAD DEL MURO: 5.650

SALIDA DE ESFUERZOS TUN. m.c.

Los valores de cada columna, en la grafica son:

- 1 FUNTA DE LOS PILOTES
- 2 FRICCION POSITIVA EN PILOTES
- 3 FRICCION NEGATIVA EN PILOTES
- 4 FRICCION NEGATIVA EN MUROS
- 5 CARGA UNIF. REPARTIDA EN LA PROF. Df
- 6 RESULTANTE

Coordenadas del punto 1 en estudio

X = 0.000E+00  
 Y = 0.000E+00  
 ZE = Profundidad en estudio

ZE	1	2	3	4	5	6
8.55	-1.36E-02	-8.61E-03	0.00E+00	-2.43E-01	-6.17E-01	-8.81E-01
12.05	-2.52E-02	8.52E-02	0.00E+00	-1.56E-01	-6.11E-01	-7.07E-01
15.95	-4.40E-02	1.75E-01	0.00E+00	-1.12E-01	-5.85E-01	-5.65E-01
21.05	-1.11E-01	3.13E-01	0.00E+00	-8.10E-02	-5.17E-01	-3.96E-01
27.05	1.29E-01	3.16E-01	0.00E+00	-6.02E-02	-4.19E-01	-3.48E-02
31.05	8.39E-02	2.49E-01	0.00E+00	-5.11E-02	-3.58E-01	-2.61E-02
34.05	6.88E-02	2.14E-01	0.00E+00	-4.57E-02	-3.17E-01	-2.99E-02
40.00	5.01E-02	1.62E-01	0.00E+00	-3.73E-02	-2.50E-01	-2.37E-02
48.00	3.48E-02	1.16E-01	0.00E+00	-2.94E-02	-1.84E-01	-1.98E-02
50.00	3.21E-02	1.09E-01	0.00E+00	-2.78E-02	-1.71E-01	-1.77E-02



LISTA DE ESFUERZOS (Ton/m<sup>2</sup>)

Los valores de cada columna y en la grafica son:

- 1 PUNTA DE LOS PILOTES
- 2 FRICCION POSITIVA EN PILOTES
- 3 FRICCION NEGATIVA EN PILOTES
- 4 FRICCION NEGATIVA EN MUROS
- 5 CARGA UNIF. REPARTIDA EN LA PROF. D
- 6 RESULTANTE

Coordenadas del punto 2 en estudio

X = 1.123E+01  
 Y = 7.350E+00  
 ZE = Profundidad en estudio

ZE	1	2	3	4	5	6
8.55	-2.67E-02	-1.06E-02	0.00E+00	-1.03E-01	-2.38E+00	-2.52E+00
12.05	-4.71E-02	1.21E-01	0.00E+00	-1.27E-01	-2.18E+00	-2.24E+00
15.95	-7.31E-02	2.52E-01	0.00E+00	-1.24E-01	-1.83E+00	-1.78E+00
21.05	-1.96E-01	4.56E-01	0.00E+00	-1.04E-01	-1.27E+00	-1.12E+00
27.05	1.87E-01	4.55E-01	0.00E+00	-8.16E-02	-8.04E-01	-2.43E-01
31.05	1.22E-01	3.54E-01	0.00E+00	-8.97E-02	-6.05E-01	-1.99E-01
34.05	1.03E-01	2.97E-01	0.00E+00	-8.16E-02	-4.97E-01	-1.59E-01
40.00	7.19E-02	2.13E-01	0.00E+00	-4.93E-02	-3.50E-01	-1.15E-01
48.00	4.51E-02	1.42E-01	0.00E+00	-3.75E-02	-2.74E-01	-8.40E-02
51.00	4.06E-02	1.30E-01	0.00E+00	-3.52E-02	-2.14E-01	-7.82E-02

-5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5  
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

60

41 2

6

41 2

5 6

1 4 2

5

6 4 3 1 2

5

6 4 3 1 2

5

6 4 3 1 2

5

6 4 3 1 2

5 6 4 3 1 2

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0  
 SCALE VERTICAL IS 7.12E-01 (x) SCALE HORIZONTAL IS 5.04E-01 (Ten x)

### CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

MATERIAL	U
ARCILLA HUMEDA	0.10 - 0.30
ARCILLA AMENOSA	0.20 - 0.35
ARCILLA SATURADA	0.15 - 0.25
LIMO	0.05 - 0.25
LIMO SATURADO	0.15 - 0.30
ARENA SUELTA	0.20 - 0.35
ARENA Densa	0.30 - 0.40
ARENA Fina	0.25
ARENA GRUESA	0.15
ROCA	0.15 - 0.25
LUNGS	0.10 - 0.30
CONCRETO	0.15 - 0.25
ACERO	0.20 - 0.31

T A B L A T.5.1



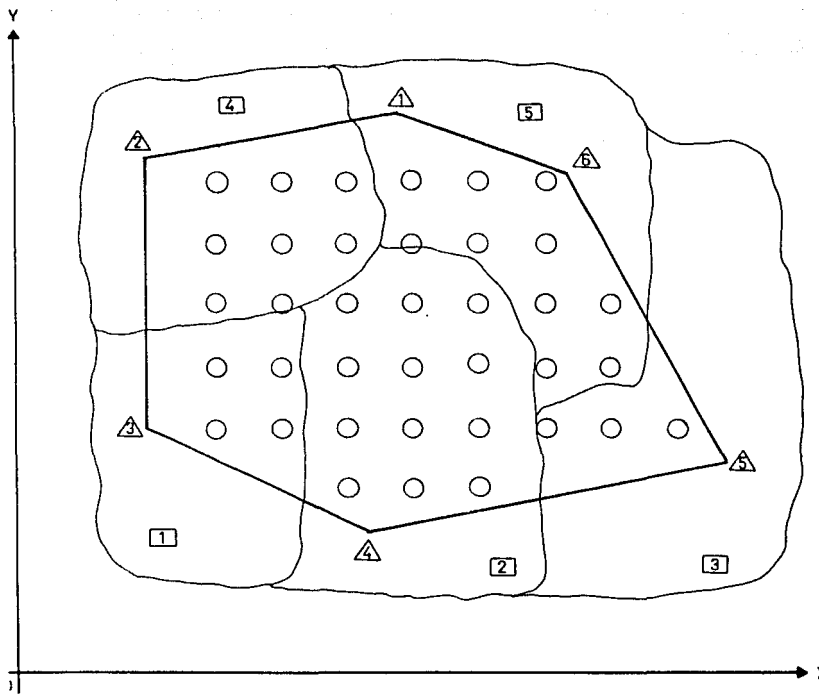
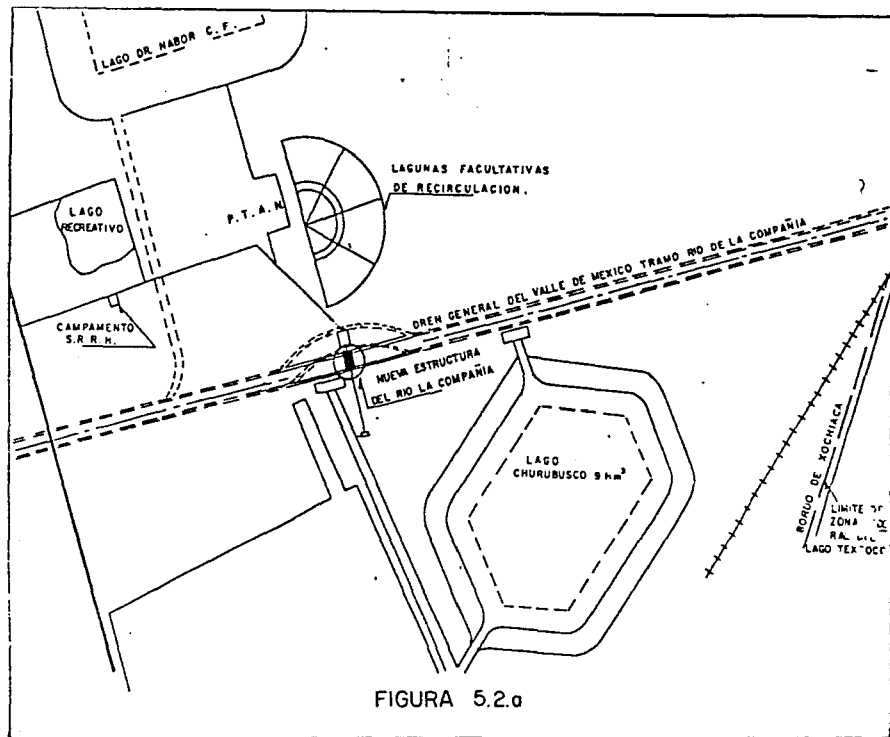


FIGURA 5.1

- PILOTE
- △ VERTICE
- SONDEO



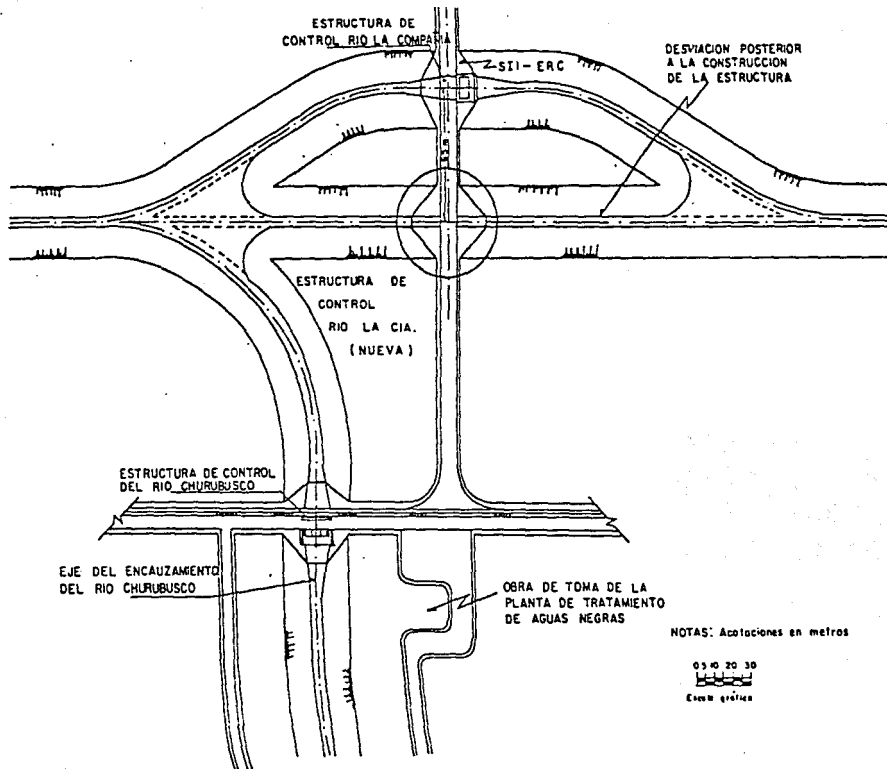
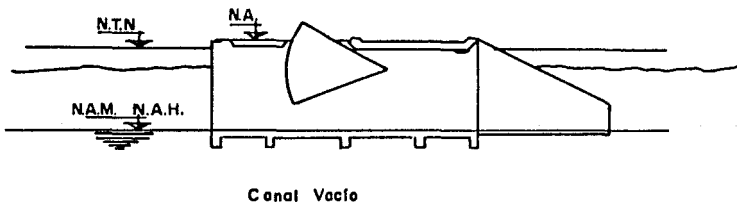
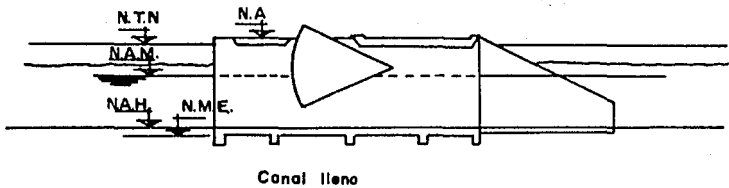
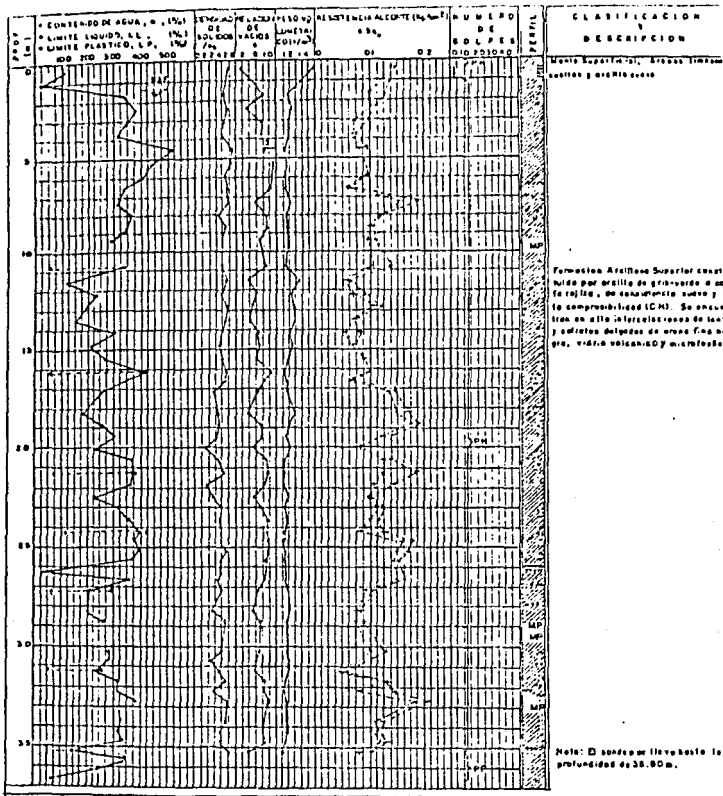


FIGURA 5.2.b



N.A	Nivel Andador	2234.52
N.T.N.	Nivel Terreno Nat.	2234.00
N.A.M.	Nivel Aguas Max.	2233.29
N.A.H.	Nivel Arrastre Hid.	2228.70
N.M.E.	Nivel Max. Excavacion	2228.35

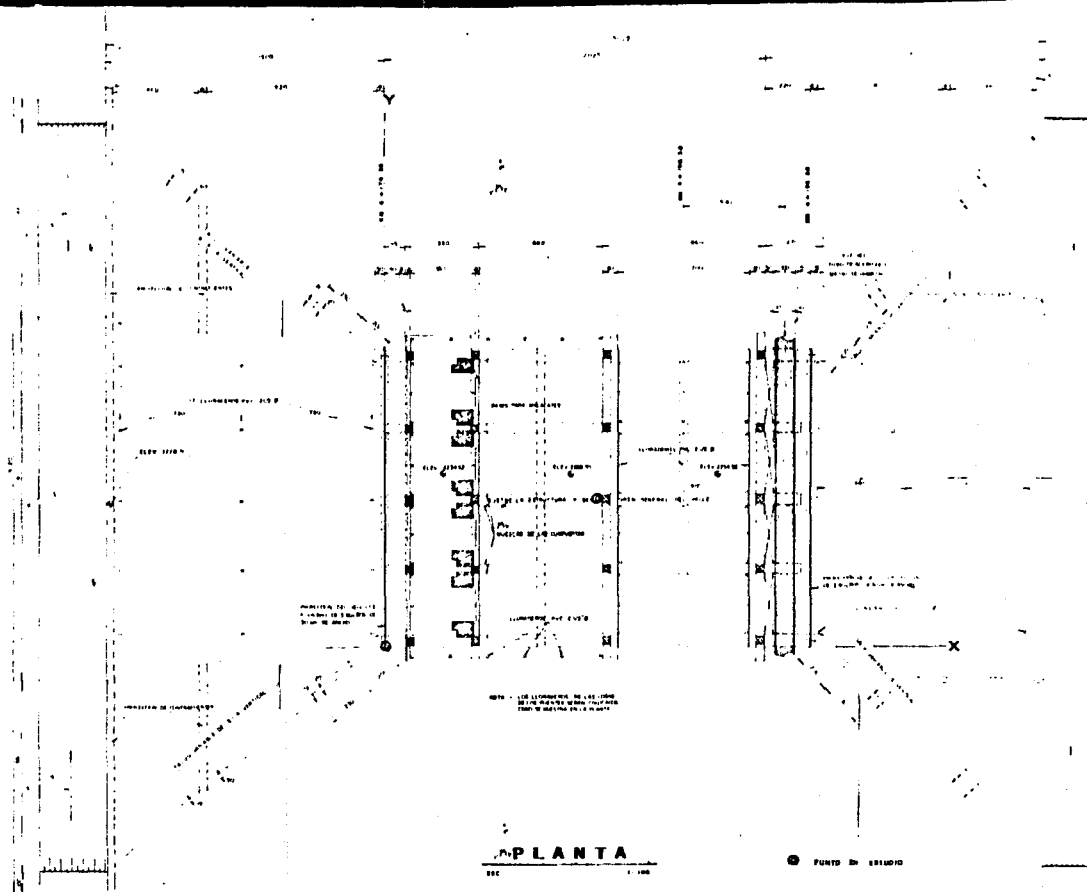
**FIGURA 5.3**



**SÍMBOLOS:**

	Arena	R <sub>c</sub> Resistencia al corte en compresión de confesión
	Limo	PM: Pasaon Microsieve
	Arcilla	PP: Pasa Propto
	Pasillos	R: Resistencia a la penetración.
	Vidrio volc.	MP: Muestra Perforada

FIGURA 5.4



**PLANTA**  
 1:100

○ FUENTE EN ESTUDIO

**FIGURA 5.5**

```

1 TIME="00:00"
50 DIM ES(10,15,7),MW(60,71),ZE(15)
52 DIM NE(10),FI(10,10),AD(10,10)
58 DIM XP(100),YP(100),SP(100)
60 C(1)=1:"1";C(2)=2:"2";C(3)=3:"3";C(4)=4:"4";C(5)=5:"5";C(6)=6:"6"
65 P(1)=1:"PRIMERA";P(2)=2:"SEGUNDA";P(3)=3:"TERCERA";P(4)=4:"CUARTA"
67 P(5)=5:"QUINTA";P(6)=6:"SEXTA";P(7)=7:"SEPTIMA";P(8)=8:"OCTAVA"
69 P(9)=9:"NOVENA"
69 REM
90 REM *** E S T R A C I M ***
100 REM
108 REM
110 INPUT "QUIERE GRAFICAS SI/NO ";P#
112 IF P#="SI" THEN 122;IF P#="NO" THEN 122
114 PRINT "CONTESTE SI o NO ";:GOTO 110
120 REM lectura y escritura de TITULOS
122 LPRINT CHR$(140);LPRINT:LPRINT:LPRINT
124 GOSUB 7600;E=0
125 L1=0;L2=0:LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT
127 FOR I=1 TO B:LPRINT TAB(10) " "; FOR J=1 TO 5
130 READ T:LPRINT T;
140 NEXT J:LPRINT:NEXT I:LPRINT
142 LPRINT CHR$(140);LPRINT:LPRINT
150 GOSUB 4000; REM DAGE0
152 LPRINT CHR$(140);LPRINT
160 LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT
170 GOSUB 4500; REM DAFUN
180 READ NA
190 LPRINT " No. de alternativas ";NA :LPRINT:LPRINT:LPRINT
192 REM
200 FOR II=1 TO NA
202 LPRINT CHR$(140);LPRINT:LPRINT
205 LPRINT TAB(15);"Alternativa No. ";II:LPRINT:LPRINT:LPRINT
210 GOSUB 4800;REM DAEST
220 FOR IJ=1 TO NI
230 FOR II=1 TO FE
240 IF DE(1) =0 THEN 2500
245 Z=Z+(1)
247 C=DE(7)+(DE(2)
250 FOR IF=1 TO DE(1)
252 REM
254 REM ESFUERZOS POR PUNTA DE LOS PILOTES
256 REM
270 X=XE(IJ)+XP(IF);Z=Z+(1)
280 Y=YE(IJ)+YP(IF);C=DE(7)+(DE(2)
210 GOSUB 5400; REM ESFZOS POR PUNTA
210 ES(IJ,II),I)=ES(IJ,II,1)+E
250 REM
252 REM FRICCION NEGATIVA EN LOS PILOTES
260 REM
265 Z=Z-(1)
270 P=SF*(P+(II DE(6)+(DE(7) THEN 1100
272 IF P<0 THEN 375
274 PRINT"Existe incongruencia de datos para"
275 PRINT" definir estratos en friccion ."
276 PRINT" negativa, el programa decide."
278 P=1
279 L=NE(P)
280 L1=0;L2=0
290 FOR I=1 TO E
300 IF F1*(I) + DE(6) THEN L2=1
410 IF F1*(I) = DE(7) THEN L1=1

```

```

420 NEXT I : E=0
500 IF L1=0 THEN 700
510 IF L2=0 THEN 570
520 L=DE(6)
530 F=AD(P,1)*DE(3)
540 GOSUB 5700:E1=E
550 L=DE(7):GOSUB 5700
560 E=E1-E
570 GOTO 920
580 L=F1(F,1)
590 F=AD(P,1)*DE(3)
600 GOSUB 5700
610 E1=E:L=DE(7)
620 GOSUB 5700:E=E1-E
630 ES(IJ,II,3)=ES(IJ,II,3)+E
640 IF L2=1 THEN 650
650 FOR I=1 TO L2-1: F=AD(P,1+I)*DE(3)
660 L=F1(F,1)
670 GOSUB 5700
680 E1=E:L=F1(F,1+I)
690 GOSUB 5700
700 E=E-E1
710 ES(IJ,II,3)=ES(IJ,II,3)+E
720 NEXT I
730 F=AD(P,L2+1)*DE(3)
740 L=F1(F,L2)
750 GOSUB 5700
760 E2=E:L=DE(6)
770 GOSUB 5700
780 E=E-E2:GOTO 930
790 IF(L2-L1)=0 THEN 750
800 L=DE(6)
810 F=AD(P,2)*DE(3)
820 GOSUB 5700:E1=E
830 L=DE(7):GOSUB 5700:E=E1-E
840 ES(IJ,II,3)=ES(IJ,II,3)+E
850 L=DE(6):F=AD(P,L2+1)*DE(3)
860 GOSUB 5700
870 E1=E:L=F1(F,L2)
880 GOSUB 5700
890 E=E1-E:GOTO 930
900 L=F1(F,L1+1)
910 F=AD(P,L1+1)*DE(3)
920 GOSUB 5700:E1=E
930 L=DE(7):GOSUB 5700
940 E=E1-E
950 ES(IJ,II,3)=ES(IJ,II,3)+E
960 FOR I=L1+1 TO L2-1
970 F=AD(P,I+1)*DE(3)
980 L=F1(F,I+1)
990 GOSUB 5700
1000 E2=E:L=F1(F,I)
1010 GOSUB 5700
1020 E=E2-E
1030 ES(IJ,II,3)=ES(IJ,II,3)+E

```



```

870 NEXT I
900 F=AD(P,L2+1)*DE(3)
905 L=DE(6)
908 GOSUB 5700
910 E1=E:L=F1(P,L2)
914 GOSUB 5700
916 E2=E1-E:GOTO 920
918 GOSUB 5700
920 ES(IJ,I,2)=ES(IJ,I,2)+E
1100 REM
1102 REM FRICCION POSITIVA
1104 REM
1110 F=SF(I,F,P) THEN 1119
1114 PRINT"Existe incongruencia de datos"
1115 PRINT"para definir estratos en la"
1116 PRINT" FRICCION POSITIVA"
1117 PRINT"El programa decide"
1118 P=1
1119 E=NE(P+1)*L2=0
1120 FOR I=1 TO E
1124 IF F1(F,I)=DE(6) THEN L1=1
1126 L=DE(7)+DE(2)
1130 IF F1(F,I)=L THEN L2=I
1135 NEXT I
1150 IF L1=0 THEN 1250
1160 IF L2=0 THEN 1700
1170 L=DE(2)+DE(7): F=AD(P,L2+1)*DE(3)
1180 GOSUB 5700
1190 E1=E:L=DE(6)
1200 GOSUB 5700
1210 E=E1-E
1220 GOTO 2150
1250 IF (L2-L1)=1 THEN 1710
1260 IF (L2-L1)=2 THEN 1350
1270 IF (L2-L1)=0 THEN LPRINT "ERROR EN NIVELES DE LOS ESTRATOS":END
1280 GOTO 1170
1350 L=F1(F,L1+1)
1360 F=AD(P,L1+1)*DE(3)
1370 GOSUB 5700
1380 E1=E
1390 L=DE(6)
1400 GOSUB 5700
1410 E=E1-E
1420 ES(IJ,I,2)=ES(IJ,I,2)+E
1430 FOR I=L1+2 TO L2
1440 L=F1(F,I+1)
1450 F=AD(P,I)*DE(3)
1460 GOSUB 5700
1470 E1=E
1480 L=F1(F,I)
1490 GOSUB 5700
1500 E=E-E1
1510 ES(IJ,I,2)=ES(IJ,I,2)+E
1520 NEXT I
1530 GOTO 2050
1550 IF L2=1 THEN 1500
1560 L=F1(F,L2)
1570 F=AD(P,L2)*DE(3)
1580 GOSUB 5700
1590 E1=E
1600 L=DE(6)
1610 GOSUB 5700

```

```

1770 E=E1-E
1780 ES(IJ,II,2)=ES(IJ,II,2)+E
1790 GOTO 2080
1900 L=F1(F,1)
1910 F=AD(F,1)*DE(D)
1920 GOSUB 5700
1930 E1=E
1940 L=DE(6)
1950 GOSUB 5700
1960 E=E1-E
1970 ES(IJ,II,2)=ES(IJ,II,2)+E
1980 FDP I=2 TO L2
1990 L=F1(F,1-2)
2000 F=AD(F,1)*DE(D)
2010 GOSUB 5700
2020 E1=E
2030 L=F1(P,1)
2040 GOSUB 5700
2050 E=E-E1
2060 ES(IJ,II,2)=ES(IJ,II,2)+E
2070 NEXT I
2080 L=F1(P,L2)
2090 F=AD(P,L2)*DE(D)
2100 GOSUB 5700
2110 E1=E
2120 L=DE(2)+DE(7)
2130 GOSUB 5700
2140 E=E-E1
2150 ES(IJ,II,2)=ES(IJ,II,2)+E
2200 NEXT IP
2500 REM
2510 REM Se analizan las condiciones de
2520 REM edificios adyacentes y la exis_
2525 REM tencia o no de friccion negativa
2530 REM en los muros perimetrales.
2540 REM
2545 Z=ZE(I)
2545 IF DE(7)=0 THEN 2800
2550 FDP IV=1 TO NV
2560 I=IV+1; IC=0
2570 IF IV=NV THEN I=1
2580 P1=XV(IV);F2=YV(IV)
2590 P2=XV(I);F4=YV(I)
2600 IF P2=0 THEN 2640
2610 FDP IC=1 TO PC
2620 IF M(I,IC)=IV THEN 2650
2630 NEXT IC
2640 GOSUB 6000
2645 GOTO 2720
2649 REM
2650 REM SUBROUTINA F N F X
2651 REM
2660 IF XV(IV)=XA(IV) THEN 2690
2665 P1=XV(IV);F1=YV(IV)
2670 P2=XA(IV);F4=YV(IV)
2675 GOSUB 6000
2680 IF F2=0 THEN 2690
2685 GOTO 2720
2690 IC=1
2695 IF XV(I)=XB(IV) THEN 2720
2700 P1=XB(IV);F1=YB(IV)

```

```

2705 P3=XV*(1+1)*F4=YV*(1+1)
2710 GOTO 2675
2720 NEXT IV
2800 REM
2810 REM ANALISIS DE ESFUERZOS POR CARGAS
2820 REM UNIFORMEMENTE REPARTIDAS.
2830 REM
2840 P2=XE*(1+1)*F6=YX*(1+1)*Z1=ZE*(1+1)
2850 FOR IV=1 TO NV
2860 I=IV+1
2870 IF IV=NV THEN I=1
2880 P1=XV*(IV+1)*P2=YV*(IV)
2890 P3=XV*(1+1)*F4=YV*(1+1)
2910 X1=P1-P2;X2=P3-P5
2920 Y1=P2-P6;Y2=P4-P6
2930 F=X1+Y2-Y1*X2
2940 IF ABS(F) < .00001 THEN 3160
2945 IF F < 0 THEN F=-1
2950 IF F > 0 THEN F=1
2960 AX=P3;AY=F4
2970 FX=X1-X2;PY=Y1-Y2
2980 IF FX = 0 THEN 3000
2990 M=1;L=PY
2995 GOTO 3030
3000 IF PY < 0 THEN 3020
3005 M=0;L=PX
3010 GOTO 3030
3020 M=PY/PX;L=PX
3030 AL=L/10^EX
3040 FOR J=1 TO 10^EX
3050 IF PX=0 THEN BX=AX;GOTO 3070
3060 BX=AX+AL
3070 BY=AY+M*AL
3080 R2=SQR((P5-AX)^2+(P6-AY)^2)
3090 R1=SQR((P5-BX)^2+(P6-BY)^2)
3095 AB=SQR((AX-BX)^2+(BY-AY)^2)
3100 S=(R1+R2+AB)/2;A=(R1+R2)/2
3110 AN=2*ATN((S-R1)*(S-R2)/(S*(S-AB)))*.5)
3120 GOSUB 7000
3130 ES(I,J,I,5)=ES(I,J,I,5)+E
3140 AX=BX;AY=BY
3150 NEXT J
3160 NEXT IV
3170 NEXT I
3180 NEXT IJ
3184 FOR IJ=1 TO NJ
3186 FOR II=1 TO PE
3188 ES(IJ,II,3)=ES(IJ,II,3)+(-1)
3190 ES(IJ,II,4)=ES(IJ,II,4)+(-1)
3192 NEXT II;NEXT IJ
3200 REM
3205 FOR IJ=1 TO NI
3206 LPRINT CHR$(140);LPRINT;LPRINT;LPRINT
3210 LPRINT"SALIDA DE ESFUERZOS (Ton/m2)";LPRINT
3214 LPRINT"Los valores de c/columna y en la grafica son :";LPRINT
3215 LPRINT"1 PUNTA DE LOS FILOTES"
3216 LPRINT"2 FRICCION POSITIVA EN FILOTES"
3217 LPRINT"3 FRICCION NEGATIVA EN FILOTES"
3218 LPRINT"4 FRICCION NEGATIVA EN MUPOS"
3219 LPRINT"5 CARGA UNIF. REPARTIDA EN LA PROF. DI"
3220 LPRINT"6 RESULTANTE" ;LPRINT;LPRINT;LPRINT;LPRINT
3225 REM

```

```

3230 LPRINT:LPRINT"Coordenadas del punto";I;J;" en estudio":LPRINT
3234 LPRINT" X = ";:LPRINT USING"###.###";X(I);
3236 LPRINT" Y = ";:LPRINT USING"###.###";Y(I);
3237 LPRINT" ZE = Profundidad en estudio":LPRINT:LPRINT
3238 LPRINT" ZE";TAB(13);"1";TAB(22);"2";TAB(35);"3";TAB(45);"4";TAB(57);"5"
3239 LPRINT TAB(68);"6":LPRINT
3240 FOR I=1 TO FE
3241 LPRINT USING "###.##";Z(I);:LPRINT" ";
3242 FOR J=1 TO 5
3243 ES(I,J,I,6)=ES(I,J,I,6)+ES(I,J,I,J)
3244 LPRINT USING "###.##";ES(I,J,I,J);:LPRINT" ";
3246 NEXT J
3248 LPRINT USING"###.##";ES(I,J,I,J)
3249 NEXT I:LPRINT:LPRINT:IF F#="NO" THEN 3251
3250 GOSUB 3500
3251 FOR I=1 TO FE
3252 FOR J=1 TO 6:ES(I,J,I,J)=0:NEXT J
3254 NEXT I
3256 NEXT IJ
3258 NEXT II
3260 READ EF
3270 IF EF=0 THEN 125
3280 LPRINT:LPRINT:LPRINT TAB(15);" * * * F I N D E L P R O C E S O * * * "
3285 LPRINT:LPRINT:LPRINT" TIEMPO DE PROCESO: ";TIME$
3290 END
3500 REM G R A F I C A S
3501 LPRINT CHR$(140);
3502 LPRINT"-5";TAB(8);"-4";TAB(15);"-3";TAB(22);"-2";TAB(29);"-1";TAB(36);"
3504 LPRINT TAB(43);"1";TAB(50);"2";TAB(57);"3";TAB(64);"4";TAB(71);"5"
3514 MA=ABS(ES(I,J,1,1))
3515 FOR IK=1 TO FE
3520 FOR J=1 TO 6
3530 IF ABS(ES(IJ,IK,J))<= MA THEN 3550
3540 MA =ABS(ES(IJ,IK,J))
3550 NEXT J
3560 NEXT I
3564 FOR I=1 TO 60
3566 FOR I=1 TO 71:MW$(I,I)="":NEXT I
3568 NEXT I
3570 EH=MA/35:EV=(ABS(ZE(I)-ZE(FE))+1)/60
3580 FOR I=1 TO 71:MW$(I,I)="-":MW$(60,I)="--":INE#I
3590 FOR I=1 TO 60:MW$(I,36)="1":NEXT I
3600 FOR I=1 TO 71 STEP 7:MW$(I,I)="0":MW$(60,I)="0":NEXT I
3610 FOR I=10 TO 60 STEP 10:MW$(I,36)="0":NEXT I
3620 FOR IK=1 TO FE
3630 RW%=(ZE(I)-ZE(I-1))/EV+2
3640 FOR J=1 TO 6
3650 CW%=(36+ES(IJ,I,J))/EH
3660 MW$(RW%,CW%)=C$(J):NEXT J
3665 NEXT I
3670 FOR I=1 TO 60
3680 FOR I=1 TO 71:LPRINT MW$(I,I);:NEXT I:LPRINT
3695 NEXT I
3700 LPRINT" ESCALA VERTICAL 1:";
3710 LPRINT USING"###.##";EV;:LPRINT" [m]";
3720 LPRINT" ESCALA HORIZONTAL 1:";
3726 LPRINT USING"###.##";EH*7;:LPRINT" [Ton/m2]"
3730 RETURN
4000 REM
4005 REM FUTINA PARA CAPTURA DE LOS DATOS
4010 REM G E O T E C N I C O S
4039 REM

```

```

4100 READ NS,NF,FF
4103 IF NS>10 THEN LPRINT"ERROR EN DAGEO":END
4104 LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT"DATOS GEOTECNICOS":LPRINT:LPRINT
4106 LPRINT"Relacion de Poisson ";;LPRINT USING"###.###";FF
4108 LPRINT"Nivel Freatico ";;LPRINT USING"###.###";NF:LPRINT
4110 FOR I=1 TO NS:READ NE(I)
4112 LPRINT"PROFIL No. ";I
4114 IF NE(I) > 10 THEN LPRINT"ERROR EN DAGEO":END
4116 LPRINT"ESTRATO","NIVEL","DEPENDENCIA":LPRINT
4118 FOR J=1 TO NE(I):READ FI(I,J),AD(I,J)
4120 LPRINT I,LPRINT USING "###.### " ;FI(I,J),AD(I,J)
4125 NEXT J:NEXT I
4130 RETURN
4500 REM
4502 REM SUBROUTINA D A F U N
4504 REM
4506 REM SE CAPTURAN LOS DATOS DE LOS PUNTOS
4508 REM EN ESTUDIO DE ESFUERZOS.
4510 REM
4520 REM
4550 READ NI,PE
4555 IF NI<=10 THEN 4560
4558 LPRINT"ERROR EN DAFUN":END
4560 IF PE<15 THEN 4558
4570 LPRINT"NO. DE PUNTOS EN ESTUDIO ";NI
4575 LPRINT" COORDENADAS "LPRINT" X ","Y":LPRINT
4580 FOR K=1 TO NI
4585 READ XE(K),YE(K)
4590 LPRINT USING"###.### " ;XE(K),YE(K):NEXT K
4600 LPRINT:LPRINT"Profundidades en estudio";PE:LPRINT
4605 LPRINT"Son las mismas para los ";NI;" puntos."
4606 LPRINT"Se consideran a partir del Nivel de Terreno Natural."LPRINT
4607 LPRINT"PROFUNDIDAD"," NIVEL":LPRINT
4610 FOR K=1 TO PE:READ ZE(K):NEXT K
4620 FOR J=1 TO PE-1
4622 FOR I=J+1 TO PE
4624 IF ZE(J) > ZE(I) THEN 4626
4626 T=ZE(J):ZE(J)=ZE(I):ZE(I)=T
4628 NEXT I
4630 NEXT J
4640 FOR I=1 TO PE
4642 LPRINT I,LPRINT USING "###.###";ZE(I):NEXT I
4644 LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT
4650 RETURN
4800 REM
4802 REM SUBROUTINA D A E S T
4850 REM
4852 REM
4860 REM
4900 FOR I=1 TO B:READ DE(I):NEXT I
4910 IF DE(B)=0 THEN 4940
4920 FOR J=1 TO DE(I)
4925 READ XE(I,J),YE(I,J),SE(I,J)
4930 NEXT J
4940 READ NV,FC
4945 IF NV<3 THEN LPRINT"ERROR EN DAEST":END
4950 IF FC<3 THEN LPRINT"ERROR EN DAEST":END
4955 IF FC=0 THEN 4980
4960 FOR I=1 TO FC
4965 READ MC(I,J),YRMC(I,J),YBMC(I,J),XCMC(I,J),YBMC(I,J),ZCMC(I,J)
4970 NEXT J
4980 FOR I=1 TO NV

```

```

4985 READ XV(I),YV(I),SV(I)
4990 NEXT I
5000 LPRINT "DATOS DE LA ESTRUCTURA":LFFINT:LFRINT
5005 LPRINT "No. DE PILOTE          ";DE(1);PIEZAS"
5010 LPRINT "LONGITUD DE C./PILOTE   ";DE(2);METROS"
5015 LPRINT "PERIMETRO DE C./PILOTE  ";DE(3);METROS"
5020 LPRINT "EFESION META AL DESPLANTE";DE(4);TON.M"
5025 LPRINT "CAPACIDAD POR FONTO     ";DE(5);TON."
5030 LPRINT "PROFUNDIDAD DEL NIVEL NEUTRO";DE(6);METROS"
5040 LPRINT "PROFUNDIDAD DE DESPLANTE (D)";DE(7);METROS"
5045 LPRINT:LFRINT:IF DE(1)=0 THEN 5110
5050 LPRINT "COORDENADAS DE LAS CABEZAS DE LOS PILOTES":LFRINT:
5057 LPRINT "X1","Y1","X2","Y2"
5058 LPRINT "X3","Y3","X4","Y4"
5059 LPRINT "X5","Y5","X6","Y6":LFRINT
5060 FOR K=1 TO DE(1) STEP 2
5070 LPRINT USING "###.###" ;(X(F(I)),Y(F(I)),
5080 L=F+1:IF L>DE(1) THEN 5105
5090 LPRINT USING "###.###" ;(X(F(L)),Y(F(L))
5105 NEXT I:LFRINT:LFRINT
5110 LPRINT "Coordenadas de los vertices de la cimentacion":LFRINT
5115 LPRINT "VERTICE"," X"," Y":LFRINT
5120 FOR I=1 TO NV
5125 LPRINT I,LFRINT USING "###.###" ;(XV(I),YV(I))
5130 NEXT I:LFRINT
5140 IF FC=0 THEN 5200
5150 LPRINT:LFRINT:LFRINT"No. de paredes comunes: ";FC:LFRINT
5160 FOR I=1 TO PC:LFRINT
5162 LPRINT("La ";F(I);" pared común está en el muro que empieza en el ver
";MC(I))
5170 LPRINT "COORDENADAS DE INICIO X,Y ";:LFRINT USING "###.###";(XA(MC(I)),
NT" , ";:LFRINT USING "###.###";(YA(MC(I)),
5180 LPRINT "COORDENADAS DE FIN X,Y ";:LFRINT USING "###.###";(XB(MC(I)),
NT" , ";:LFRINT USING "###.###";(YB(MC(I)),
5190 LPRINT "PROFUNDIDAD DEL MURO ";:LFRINT USING "###.###";(ZC(MC(I)),
5200 LPRINT:NEXT I
5200 RETURN
5400 F=SDR*(X+2*Y+Z)
5410 R1=SDR*(R+Z+Z-C)*Z
5420 P=SDR*(R+Z+Z-C)*Z
5425 IF F=0 AND R1 =.42 THEN E=1:GOTO 5430
5430 E=(1-2*FP)*(Z-C)/R2+3
5440 E=(1-2*RP)*(Z-C)/R1+3
5460 E=3*(Z-C)/R1+5
5470 E=(3*(B+4*RP)*Z+(Z+C)*Z-C*(Z+C)*(B+2-C))/R2+5
5480 E=30*C*Z+(2+C)/R2+7
5490 E=(1-DE*(5)/(B+C*.141592*(1-FF)))
5500 RETURN
5700 IF L=0 OR F=0 THEN LPRINT"ERROE EN ESPRINT":END
5705 IF L=0 THEN E=0:GOTO 5830
5710 F=SDR*(X+2*Y+Z)
5716 N=R/L:M=Z/L
5718 IF N =.001 AND M = 1 GOTO 5900
5719 IF N =.001 AND M=1 THEN E=1:GOTO 5830
5720 F1=SDR*(N+2*M+Z)
5730 A=SDR*(N+2*M+1)*Z
5740 B=SDR*(N+2*M+1)*Z
5750 E=2*(2-FF)
5760 E=(1+2*(1-2*FF)*M/N*(M-N)/N)
5790 L=L/B+2*(1-FF)/A
5800 E=(1-2*FF)*(2*(M/N)+2/F)

```

```

5810 E=C*(D/A) D
5820 E=E+(4*M) D-4*(1/FP)*(M/N) D*M D/2/PI D
5830 F=4*M*(1+FP)*(M+1)*(M/N+1/N) D
5840 E=E+(F-4*M) D+N D/2/PI D
5850 E=E+4*M D*(M-4-N) D/2/PI D
5860 F=M*N D-1/N D*(M+1) D
5870 E=E+F*D*M D 5
5880 E=E*(1+D*B) D-1+1592*(1-F) D D
5890 RETURN
5900 E=(4*(1-FF)) D-2*(2-FF)/(M+1)
5910 E=E+2*(2-FF)/(M+1)
5920 E=E+4*M*(2-FF)/(M+1) D
5930 E=E-4*M D/(M+1) D
5940 GOTO 5880
6000 REM
6005 REM SUBROUTINA PARA EVALUAR LA
6010 REM F R I C C I O N N E G A T I V A
6015 REM EN MUROS (FNM)
6016 REM
6020 FX=F1-F0:PY=PC-F4
6025 IF FX=0 THEN MP=1:GOTO 6050
6030 IF PY=0 THEN MP=0:GOTO 6050
6040 MP=PY/PX:AN=ATN(MP)
6050 LF=SDR(PX+PY) D
6060 CF=INT(LF+1) D:LF=LF/CF
6065 S=SV(IV):IF S=0 THEN 6069
6066 S=1:PRINT "EXISTE INCONGRUENCIA DE DATOS"
6067 PRINT "PARA DEFINIR ESTRATOS EN LA FRICCION"
6068 PRINT " SOBRE LOS MUROS. EL PROGRAMA DECIDE"
6069 E=NE(S) D:L1=0
6070 FOR J=1 TO E
6075 IF F1(S,J) DE(7) THEN 6080
6080 L1=J
6085 NEXT J
6090 X1=F1(Y1)=P2
6100 FOR J=1 TO CF
6105 IF MP=1 THEN 6120
6110 IF MP=0 THEN 6150
6115 X2=X1+LF*(COS(AN)) Y2=Y1+LF*(SIN(AN))
6120 GOTO 6160
6130 X2=X1+Y2+Y1*LF
6140 GOTO 6160
6150 X2=X1+LF(Y2=Y1)
6160 AM=(X1+X2)/2:YM=(Y2+Y1)/2
6165 X=XM-XE(1) J
6170 Y=YM-YE(1) J
6175 Z=ZC(1) J
6180 IF L1=1 THEN 6200
6190 LE=LE+7:IF FAD(S,1)*LF
6200 GOSUB 5700
6210 ES(1) J,1,4)=ES(1) J,1,4)+E
6220 GOTO 6400
6230 IF L1=1 THEN 6200
6240 LE=F1(S,1) D:FAD(S,1)*LF
6245 GOSUB 5700
6250 ES(1) J,1,4)=ES(1) J,1,4)+E
6255 FAD(S,2)*LF
6260 GOSUB 5700
6265 E1=EN+DE(7)
6270 GOSUB 5700
6275 DE=0
6280 E=E1-E1

```

```

6285 ES(IJ,II,4)=ES(IJ,II,4)+E
6290 GOTO 6430
6300 L=FI(S,1)+F=AD(S,1)*LF
6310 GOSUB 5700
6315 ES(IJ,II,4)=ES(IJ,II,4)+E
6320 FOR I=1 TO LI-1
6325 F=AD(S,I+1)*LF
6330 L=FI(S,I)
6335 GOSUB 5700
6340 E1=E+L=FI(S,I+1)
6345 GOSUB 5700
6350 E=E-E1
6355 ES(IJ,II,4)=ES(IJ,II,4)+E
6360 NEXT I
6365 L=DE(7)
6370 F=AD(S,LI+1)*LF
6380 GOSUB 5700
6385 E1=E
6390 L=FI(S,LI)
6400 GOSUB 5700
6410 E1=E
6415 E=EC-E1
6420 ES(IJ,II,4)=ES(IJ,II,4)+E
6430 X1=X2;Y1=Y2
6440 NEXT J
6450 RETURN
7000 REM
7010 REM SUBROUTINA E S C U R
7020 REM ESFUERZOS POR CARGAS UNIFORMEMENTE
7030 REM REPARTIDAS
7040 Z=Z1-DE(7);IF ABS(Z) < .001 THEN E=0;GOTO 7110
7050 MA=Z+DE(7);ME=Z-DE(7)
7060 E=-6*DE(7)*Z*MA^3/(A^2+MA^2) 1.5
7070 E=E-(1-4*FF)*MA^2*Z-DE(7)*MA*(5*Z-DE(7))/(A^2+MA^2) 1.5
7080 E=E-(1-2*FF)*ME/(A^2+MA^2) 1.5
7090 E=E-(ME^3)/(A^2+ME^2) 1.5
7100 E=E-(1-2*FF)*ME/(A^2+ME^2) 1.5
7110 E=E+4*(1-FF)
7120 E=E*DE(4)*AN*1/14*(1-FF)*2*3.1415927
7130 RETURN
7600 LPRINT "EEEEEE SSSSSS TTTTTT FFFFFFFF GGGGGG OOOOOO IIII
MM MM
7601 LPRINT "EEEEEE SSSSSSSS T FFFFFFFF GGGGGGGG OOOOOO
MM MM
7602 LPRINT "EE SS T FF FF GG AA AA OO
MM MM
7603 LPRINT "EE SS T FF FF GG AA AA OO
MMM MMM
7604 LPRINT "EE SS T FF FF GG AA AA OO
MMMM MMMM
7605 LPRINT "EEEEEE SSSSSSSS T FFFFFFFF GGGGGGGG OOOOOO
MM MM MM
7606 LPRINT "EE SSSSSSSS T FFFFFFFF GGGGGGGG GG
MM MM MM
7607 LPRINT "EE SS T FF FF GG GG OO
MM MM MM
7608 LPRINT "EE SS T FF FF GG GG OO
MM MM MM
7609 LPRINT "EE SS T FF FF GG GG OO
MM MM MM

```



```

7610 LPRINT "EEEEEEEE SSSSSSSS T FF FF AA AA CCCCCC 1
MM MM"
7611 LPRINT "EEEEEEEE SSSSSS T FF FF AA AA CCCCCC 1111
MM MM"
7612 LPRINT:LPRINT:LPRINT
7613 LPRINT"Esfuerzos Transmitidos por una Cimentacion"
7614 LPRINT:LPRINT
7615 LPRINT"DESCRIPCION: ESTFACIM es grupo de programas para calcular los"
7616 LPRINT"esfuerzos que una cimentacion transmite a un punto en el sue-"
7617 LPRINT"lo. La cimentacion podra ser en la forma de:"LPRINT
7618 LPRINT" LOSA"
7619 LPRINT" LOSA CON PILOTES"
7620 LPRINT" CAJON TOTALMENTE COMPENSADO"
7621 LPRINT" CAJON PARCIALMENTE COMPENSADO"
7622 LPRINT" CAJON CON PILOTES" LPRINT
7623 LPRINT"Los esfuerzos se calculan con las ecuaciones de la ELASTICIDAD"
7624 LPRINT"formuladas por Mindlin."
7625 LPRINT"Es realizada la interrelacion que existe en la cimentacion "
7626 LPRINT"cuando se presenta el proceso de consolidacion local generando"
7627 LPRINT"la FRICCION NEGATIVA en los muros perimetrales y en los pilotes."
7628 LPRINT:LPRINT
7629 LPRINT" U.N.A.M."
7630 LPRINT" E.N.E.F."
7631 LPRINT" AFAGON"
7632 LPRINT" A.M.L.O."
7633 LPRINT" 1 9 8 9"
7634 LPRINT:LPRINT:LPRINT
7688 RETURN

```

## 6. CONCLUSIONES

De lo anteriormente expuesto, se puede ver que la fricción negativa es un fenómeno al cual es necesario considerar en todos los análisis de cimentaciones pilotes, cuando se tenga material comprimito en la masa de suelo de soporte.

También nos podemos dar cuenta que aún siendo bastante peligrosa su omisión, en el análisis, la legislación va dando en lo de la importancia debida, ya que deja en absoluta libertad del diseñador los criterios a considerar para introducir el fenómeno en el diseño y funcionamiento de la cimentación, quedando limitado por la experiencia y conocimientos que del tema tenga el proyectista.

Esto es ocasionado por la escasa divulgación de las investigaciones que sobre el tema se hacen actualmente, y que servirían para realizar diseños de cimentaciones seguras, funcionales, y relativamente económicas.

Otro aspecto que también se debe tener presente, es la poca o casi nula instrumentación que se tiene en estructuras, a escala natural y en condiciones reales de trabajo con la presencia de fricción negativa.

Es necesario incrementarla en lo posible, ya que con la instrumentación, las teorías de cálculo y evaluación de la fricción negativa se van a poder depurar y hacer de fácil acceso y difusión.

## B I B L I O G R A F I A

- (1) "ANALYSIS OF PILE FOUNDATIONS IN CONSOLIDATING SOIL"  
RESENDIZ, D.; ADVINET, G.  
NO. E - 7 ; 1973  
U.N.A.M. INSTITUTO DE INGENIERIA  
MEXICO, D. F.
- (2) "CALCULO DE ASENTAMIENTOS DE CIMENTACIONES SOBRE PILES  
DE FRICCION".  
LEON, J. L.; RESENDIZ, D.  
NO. 420 ; 1979  
U.N.A.M. INSTITUTO DE INGENIERIA  
MEXICO, D.F.
- (3) "CALCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL".  
GRANVILLE; SMITH; LONGLEY  
2A. EDICION ; 1974  
U.T.E.H.A.  
MEXICO, D.F.
- (4) "ELASTIC SOLUTIONS FOR SOIL AND ROCK MECHANICS"  
POULOS, H. G.; DAVIS, E. H.  
2A. EDICION, 1974  
JOHN WILEY AND SONS INC.
- (5) ESPECIFICACIONES PARA EL PROYECTO Y CONSTRUCCION DE LAS  
LINEAS DEL METRO DE LA CD. DE MEXICO. VOLUMEN 2, CAPITULO  
3; CONSTRUCCIONES E INSTRUMENTACION.  
COMISION DE VIALIDAD Y TRANSPORTE URBANO (COVITUR)  
1A. EDICION; 1967  
D.D.F.  
MEXICO, D.F.
- (6) "FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN"  
E. BOWLES, J.  
3A. EDICION; 1984  
MC. GRAW HILL INTERNATIONAL BOOK COMPANY.

- 008 "FOUNDATION ENGINEERING FOR DIFFICULT SUBSOIL CONDITION"  
ZEMVALET, F.  
1A. EDICION; 1983  
VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY.
- 009 "ALONGADO ZEMVALET, VOLUMEN COMPLEMENTIVO"  
ZEMVALET, F. (COORDINADOR DE TRABAJOS)  
1A. EDICION; 1984  
S.M.M.S.  
MEXICO, D.F.
- 009 MANUAL DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PILAS Y PILOTES  
INSTITUTO DE INGENIERIA; S.M.M.S.; SOLUM S.A.  
1A. EDICION; 1985  
S.M.M.S.  
MEXICO, D.F.
- 010 MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES. GEOTECNICA, D.S.A.  
CIENTIFICOS EN SUELOS  
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD (C.F.E.)  
1981  
MEXICO, D.F.
- 011 "MECANICA DE SUELOS EN LA INGENIERIA PRACTICA"  
TEZARZI, L.; PULI, F.  
2A. EDICION; 1973  
EL ATENEO  
ARGENTINA; BUENOS AIRES.
- 012 "MECANICA DE SUELOS", TOMO II  
JUANES, R; FICO, R.  
2A. EDICION; 1982  
LINUSA  
MEXICO, D.F.
- 013 NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CIMENTACIONES.  
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL (D.D.F.)  
1987  
MEXICO, D.F.

014) REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA LA D.F.  
DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL (D.D.F.)  
1987  
MEXICO, D.F.

015) SEPTIMA CONFERENCIA NADUR CARRELO  
ZIEVAERT, I.  
1984  
S.M.M.S.  
MEXICO, D.F.

016) TERCER CONFERENCIA NADUR CARRELO  
BEZDI, A.  
1976  
S.M.M.S.  
MEXICO, D.F.

Relación de Figuras y referencias de donde fueron tomadas

FIGURA	REFERENCIA
1.1	12
1.2	12
2.1	1
2.2	16
3.1,3A	15
3.1,6	15
3.2	8
3.3	1
3.4	1
3.5	1
4.1	13
1.9.1	12
1.9.2	13
1.9.3	13
1.9.4	9
1.0.1	9
1.0.2	9
1.0.3	9
1.0.4	9
6.1	9
A.2	9
B.2 (SUPERIOR)	16
B.2 (INFERIOR)	12
B.3	12
B.4	12
C.1	9
C.3	5
C.4	5
C.5	5







### 0.1.2. Pilotes hundidos en roca.

En el diseño de estas cimentaciones, los problemas principales que se tienen son la incertidumbre sobre las características de la roca de desplante y la profundidad de penetración del pilote en la roca. Debido a lo anterior, la capacidad de carga en este caso es poco fiable de calcular por los métodos teóricos tradicionales, quedando ésta determinada por las observaciones durante el hundido, especialmente en trabajos similares, y complementando tanto lo anterior, pruebas de carga.

En el caso de que se deseara utilizar este tipo de pilotes, se requerirá determinar las características del mismo, así como del refuerzo necesario en la punta. Para tal caso, se presenta en la tabla 0.2 las características de las diferentes rocas.

## **0.2 CIMENTACIONES PROFUNDAS EN SUELOS GRANULARES.**

En este tipo de cimentaciones, los criterios a seguir difieren dependiendo de la características que presente el suelo, así como los enfoques de análisis.

Para el caso de ser suelos granulares, totalmente homogéneos, los cuates estén sustentados por materiales más resistentes, la capacidad de carga se obtiene de la resistencia por punta y por fricción lateral.

Los diferentes criterios y fórmulas para determinar la capacidad de carga son los siguientes :

### 0.2.1. Penetración estándar

La capacidad de carga de un pilote, en este caso se determina con los resultados de la prueba de penetración estándar, relacionándolos con la fórmula siguiente:

$$Q_u = 40 N A_p + 0.2 \sum A_s \dots \dots \dots (0.1) \quad (0.2)$$

donde:

- Du Carga última del pilote, ton.
- N No. de golpes promedio a la elevación de la punta del pilote.
- Ap Área de la sección transversal de la punta del pilote, m<sup>2</sup>.
- ñ No. de golpes promedio a lo largo del fuste del pilote, No. de golpes / 30 cm.
- As Área del fuste del pilote, m<sup>2</sup>.

Debido a que la prueba de penetración estándar está sujeta a errores se usan factores de seguridad muy altos para definir la carga permisible quedando:

$$Q_a = \frac{D_u}{4}$$

#### A.2.2. Teoría de la plasticidad

Con este nombre se le llama al criterio según el cual la capacidad de carga permisible de un pilote, se determina tomando como base la resistencia al corte  $\phi$  (Ángulo de fricción interna del suelo), y planteando una teoría sobre el mecanismo de falla en el sistema pilote - suelo, en el desarrollo de la teoría se acepta que la capacidad de carga se compone por dos partes, una capacidad por punta y otra por fricción lateral, las cuales se evalúan separadamente y después son agrupadas para dar el resultado final; la expresión que plantea tal teoría es la siguiente:

$$Q = q_p A_p + f_s A_s \quad \text{--- (EC. A.4)}$$

donde:

- As Área lateral del pilote.
- Ap Área de contacto de la punta.
- qp Resistencia última por punta.
- fs Fricción lateral del pilote.

Para evaluar la resistencia por punta se presentan varias teorías, las cuales se resumen a la siguiente fórmula:

$$q_p = P_o B^2 q \quad (E.C. A.5)$$

donde:

$P_o$  Presión vertical inicial efectiva

$N^*q$  Factor de capacidad de carga.

Varios autores han desarrollado series de valores para  $N^*q$ , pero el que ha obtenido resultados aceptables es Meyerhof, el cual plantea el valor de  $N^*q$  en una relación entre el ángulo  $\phi'$  y las relaciones de apoyo  $D_b/B$ :

donde :

$B$  Es el ancho del pilote

$D_b$  Profundidad de penetración en el estrato resistente.

En la figura A.1 se presentan las curvas por las cuales se obtienen los factores de capacidad de carga.

Para evaluar la fricción lateral se emplea la ecuación:

$$f_s = K_s P_s \tan \delta \quad (E.C.A.6)$$

donde:

$K_s$  Coeficiente de fricción lateral (coeficiente de empuje de tierra sobre el pilote).

$\tan \delta$  Coeficiente de fricción entre el material del pilote y la arena

$P_s$  Presión por sobrecarga efectiva promedio.

En la tabla A.4 se presentan valores para  $K_s$  y  $\delta$  para pilotes hincados.

### A.2.3. Penetración estática con cono.

La capacidad de carga con este enfoque se determina a partir de los resultados que se obtienen por medio de las pruebas de penetración estática con el cono holandés.

La característica de la penetración estática es que reproduce, aunque a escala, el comportamiento de un pilote siempre que el suelo sea un material granular homogéneo.

Aunado a lo anterior y debido a la alta confiabilidad de la prueba, es posible usar factores de seguridad bajos, siempre y cuando los resultados de las pruebas no tengan una variación mayor al 10% del promedio.

El cálculo de la capacidad de carga última se realiza con la siguiente expresión :

$$Q_u = q_c A_p + 2f_s A_s \quad \text{--- (EC. A.7)}$$

donde:

- $Q_u$  Capacidad de carga última, ton.
- $q_c$  Resistencia promedio por punta de pruebas de conos, t/m<sup>2</sup>
- $A_p$  Área de la sección transversal de la punta del pilote, m<sup>2</sup>
- $f_s$  Fricción lateral promedio medida en prueba de cono, t/m<sup>2</sup>
- $A_s$  Área del fuste del pilote, m<sup>2</sup>

Cuando el diámetro de los pilotes usados sea mayor a 50 cm, se recomienda utilizar el valor menor de  $q_c$ .

### A.3. CIMENTACIONES PROFUNDAS EN SUELOS COHESIVOS

Para el caso de suelos cohesivos, las condiciones que se toman en cuenta son, además de la estratigrafía y características geotécnicas del suelo; los procedimientos y tiempos de construcción, tanto de la cimentación como de la superestructura; ya que ambos conceptos, tiempo y métodos de construcción, alteran en forma significativa los rangos de resistencia que del suelo, con los estudios de mecánica de suelos se habían previsto.

En forma general la Sociedad Mexicana de Ingenieros de Suelos considera como básico, en lo que a resistencia se refiere, el resultado de la prueba para determinar la resistencia al corte no drenada (CU), esto es, el cálculo se realiza con el enfoque de esfuerzos totales, aunque también se acepta el criterio de esfuerzos efectivos como otra alternativa; debido a que las relaciones que presenta el método de esfuerzos totales a pesar de ser aceptado en la mayoría de los casos de diseño, se desarrolló con relaciones empíricas.

A continuación se presentan ambas alternativas para el cálculo de la capacidad de carga:

#### A.3.1. Cuando $CU < 10 \text{ ton/m}^2$

En arcillas cuyo valor de CU es menor de  $10 \text{ ton/m}^2$ , la capacidad de carga es totalmente por la adherencia o fricción lateral.

##### A.3.1.1. Teoría de esfuerzos totales

El valor de la capacidad de carga se obtiene con la siguiente fórmula:

$$Q_u = \alpha C_u A_s \quad \text{--- (Ec. A.8)}$$

donde:

$Q_u$  Capacidad de carga última, ton.

- o Factor de adherencia.
- Cu Resistencia al corte no drenada promedio a lo largo del fuste.
- As Area lateral del fuste del pilote, m<sup>2</sup>.

Debido a que el valor de  $\alpha$  varía según las condiciones estratigráficas del área de hundido, en la figura A.2 se presentan las gráficas para determinar su valor.

### A.3.1.2. Teoría de los esfuerzos efectivos

Debido a que durante la construcción de la cimentación se presenta el efecto de remoldeo en las arcillas, la resistencia va a tener cambios significativos que ocasionan el tener que depender prácticamente del ángulo de fricción  $\phi'$  entre el pilote y la arcilla remoldeada; la carga última se calcula con la expresión:

$$Q_u = A_s (T_s) p \quad \text{--- (EC. A.9)}$$

donde :

$A_s$  Area lateral del fuste del pilote, m<sup>2</sup>

$(T_s)p$  fricción lateral efectiva promedio a lo largo del fuste, ton/m<sup>2</sup>.

El valor de  $T_s$  se calcula a diferentes profundidades a lo largo del fuste, con la siguiente expresión:

$$T_s = P_o' K_o \text{ Tan } \phi' \quad \text{--- (EC. A.10)}$$

donde :

$P_o'$  Presión efectiva por sobrecarga

$K_o$  Coeficiente de empuje de tierra

En base a pruebas, se ha podido determinar el valor en que fluctúa el factor  $K_o \text{ Tan } \phi'$ , el cual tiene un rango entre 0.25 y 0.4 para arcillas con un  $C_u$  menor a 10 t/m<sup>2</sup>. Para fines de diseño se considera como bueno un valor de 0.3.

### A.3.2. Capacidad de carga en arcillas con $EU \geq 10 \text{ ton/m}^2$

La característica de un suelo cuya resistencia al corte no drenada sea mayor a  $10 \text{ ton/m}^2$  es que la capacidad de carga se obtiene a la vez, de la adherencia así como de la capacidad por punta.

Debido a los pocos estudios que se tienen a la fecha, la S.M.M.S. plantea el cálculo de la resistencia por fricción, de una manera similar a la planteada en el inciso A.3.1.1. de este trabajo, y la resistencia por punta por medio de las expresiones o formas con que se calculan en las cimentaciones superficiales en arcillas.

### **A.4. CAPACIDAD DE CARGA EN DEPOSITOS ESTRATIFICADOS**

Para este caso, es aceptable utilizar los criterios antes presentados para calcular la capacidad de carga, haciendo una revisión de la forma en que la afectan los siguientes conceptos :

- La rigidez relativa y resistencia de las capas que penetran los pilotes y el probable incremento de la capacidad por tal efecto.
- Las características del suelo subyacente de la punta de los pilotes y su participación en una probable falla de estabilidad y/o asentamiento en el grupo de pilotes.





Propiedades de distintas rocas como materiales de cimentación

Tipo	Roca	Peso volú- mico espe- cífico t/cm <sup>3</sup>	Intervalo de coeficiente del módulo de elasticidad 10 <sup>6</sup> t/cm <sup>2</sup>	Intervalo de variación en la resistencia a la compresión t/cm <sup>2</sup>	Características estructurales	
IGNEA:	Granito (de grano grueso)	Granito (de grano grueso)	2652	181 a 192	793 a 1750	Generalmente se encuentran como rocas macizas de una gran masa. Pueden presentar un sistema de fracturamiento débil, excepto cuando el contenido de agua ha afectado a la estructura de la roca. Pueden haber desarrollado facciones profusas en la laboración de sistemas principales de fracturamiento.
		Diorita (zona cuarcosa)	2629	211 a 242		
		Granito (zona cuarcosa)	2664	492 a 644	1051 a 2100	
IGNEA (de grano fino)	Granito (de grano fino)	Granito (de grano fino)	2595	311 a 342		En forma de cuerpos laminados caracterizados por un tipo de sistema de juntas, más o menos en forma de un sistema de juntas, más o menos en forma de un sistema de juntas, más o menos en forma de un sistema de juntas.
		Andesita (zona cuarcosa)	2550	422 a 533	793 a 1750	
	Diorita	Granito (de grano fino)	2652	492 a 533	1750 a 2012	En las estructuras de flujos puede ser muy variable.
		Diorita	2743	70 a 791	143 a 342	
		Fono	1642	14 a 70	14 a 70	
METAMÓRFICA:	Gneiss micáceo (de grano medio)	Gneiss micáceo (de grano medio)	2675	143 a 151	791 a 1055	A menudo muy pliegado y distorsionado. Los principales fracturamientos, principalmente, se originan en la erosión profunda en zonas de relieve muy elevado. El comportamiento promedio es muy variable.
		Pizarra oscura (de grano fino)	2691	211 a 342	793 a 1400	
	Gneiss (de grano grueso)	Gneiss (de grano grueso)	2707	201 a 342	793 a 1400	Hay distorsión que en las rocas muy falladas. El sistema de la deformación es muy variable.
MAGMÁTICA	Diorita (de grano grueso)	Diorita (de grano grueso)	2690	422 a 542	1051 a 2101	La estructura y el nivel pueden ser muy altos y con un sistema de fracturas finas, a menudo, se puede encontrar con juntas a gran profundidad.
		Andesita (de grano grueso)	2693	492 a 793	844 a 2100	
		Diorita (de grano medio)	2533	70 a 211	70 a 793	
SEDIMENTARIA:	Gneiss (de grano grueso)	Gneiss (de grano grueso)	2662 a 2743	70 a 143	87 a 233	Gran variación en las principales propiedades de las rocas. Generalmente son macizas y presentan un sistema de fracturamiento débil. Los sistemas de fracturamiento son muy variables y dependen del tipo de roca y del tipo de roca.
		Andesita (de grano grueso)	2743	70 a 211	211 a 1055	
		Andesita (de grano medio)	2555	70 a 211	793 a 844	
SEDIMENTARIA:	Gneiss (de grano grueso)	Gneiss (de grano grueso)	2662 a 2743	70 a 143	87 a 233	Gran variación en las principales propiedades de las rocas. Generalmente son macizas y presentan un sistema de fracturamiento débil. Los sistemas de fracturamiento son muy variables y dependen del tipo de roca y del tipo de roca.
		Andesita (de grano grueso)	2743	70 a 211	211 a 1055	
		Andesita (de grano medio)	2555	70 a 211	793 a 844	
SEDIMENTARIA:	Gneiss (de grano grueso)	Gneiss (de grano grueso)	2662 a 2743	70 a 143	87 a 233	Gran variación en las principales propiedades de las rocas. Generalmente son macizas y presentan un sistema de fracturamiento débil. Los sistemas de fracturamiento son muy variables y dependen del tipo de roca y del tipo de roca.
		Andesita (de grano grueso)	2743	70 a 211	211 a 1055	
		Andesita (de grano medio)	2555	70 a 211	793 a 844	
SEDIMENTARIA:	Gneiss (de grano grueso)	Gneiss (de grano grueso)	2662 a 2743	70 a 143	87 a 233	Gran variación en las principales propiedades de las rocas. Generalmente son macizas y presentan un sistema de fracturamiento débil. Los sistemas de fracturamiento son muy variables y dependen del tipo de roca y del tipo de roca.
		Andesita (de grano grueso)	2743	70 a 211	211 a 1055	
		Andesita (de grano medio)	2555	70 a 211	793 a 844	

NOTA: Los valores de propiedades mecánicas corresponden a especímenes (cubos y en forma de cilindros) de rocas que se han sometido a un ensayo de compresión uniaxial. La elasticidad y resistencia dependen de la naturaleza y de la estructura de la roca y de la posición de las fracturas principales. Los valores de elasticidad y resistencia de especímenes de rocas que se han sometido a un ensayo de compresión uniaxial, en forma de cubos y cilindros, no se muestran en esta tabla.

TABLA T.A.3

MATERIAL DEL PILOTE	K <sub>s</sub>		δ
	ARENA SUELTA	ARENA DENSA	
CONCRETO	1.0	2.0	3/4 ∅
ACERO	0.5	1.0	20°

TABLA T.A.4

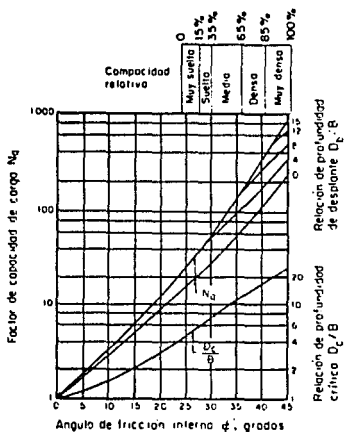
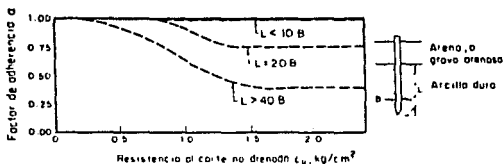
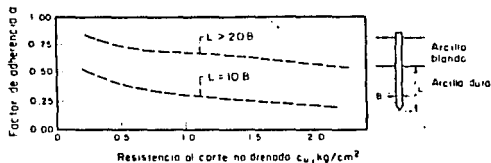


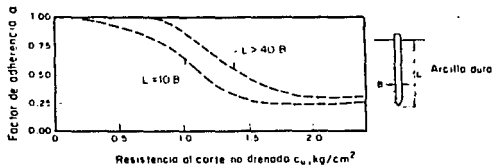
FIGURA A.1



a) Pilotes hincados a través de arenas o gravas arenosas hasta la arcilla dura



b) Pilotes hincados a través de arcilla blanda hasta la arcilla dura



c) Pilotes sin estratos arriba de la arcilla dura

**NOTAS:**

1. Las gráficas no son aplicables a secciones H o en cruz ni a pilotes colados in situ hincados o escavados
2. El factor de seguridad no deberá ser menor de 2.5 excepto para diseños basados en resultados confiables de pruebas de carga

**FIGURA A.2**

## ANEXO "B"

### Procedimientos constructivos de pilotes.

Existen dos formas generales para la construcción de pilotes por medio del hincado o los colados en sitio, se presenta una breve descripción de cada uno de los métodos:

#### B.1. PILOTES HINCADOS

El hincado de los elementos precolados se efectúa mediante sistemas mecánicos (martillos, piloteadores, vibradores) los cuales transmiten una fuerza en la cabeza de los pilotes, con la cual prácticamente clavan el pilote en el suelo. Este hincado puede llevarse a cabo con excavación previa o sin ella, la finalidad de esta es evitar que la masa del suelo adyacente sufra movimientos considerables y que el pilote alcance los estratos de apoyo de una manera más rápida.

Los pilotes deben ser diseñados para resistir los esfuerzos a que estarán sometidos durante su fabricación, así como en el manejo para su hincado y durante el hincado mismo. De igual forma se proveerán las características que deben tener las juntas entre tramo y tramo de pilote precolado para garantizar la resistencia del mismo, en la figura B.1 se presentan algunos tipos de dicha junta. Otro aspecto que se deberá considerar para el hincado es el tipo de maquinaria que ha de usarse durante el hincado y las maniobras de los pilotes, esto es para no tener una sub-utilización de los equipos y para que el hincado se ejecute de la manera más eficiente. El equipo que se usará para el hincado se deberá revisar cuidadosamente pues un martillo de muy alto peso puede ocasionar daños a todo el pilote y por el contrario uno muy ligero redundaría en la necesidad de más golpes para el hincado lo que podría dañar la cabeza del pilote, además de correrse el riesgo de no alcanzar la capacidad de carga con que fue diseñado.

## B.2 PILOTES COLADOS EN SITIO

En este tipo de pilotes se ejecuta la actividad de colado de los mismos en su lugar final, después de haber sido ejecutada previamente la excavación, las variantes de esta forma de construcción radican entre otras en la forma de ademar las paredes de la excavación, o la ausencia del ademe en ciertos casos, ya que ésta puede ser : lodo bentonítico, tubo metálico recuperable o tubo metálico - perdido etc. Cuando se usa el lodo bentonítico como estabilizador, es necesario implementar los métodos de colado para evitar que el concreto se mezcle con el lodo.

En este tipo de trabajos se deberá tener un cuidado especial en el proceso de excavación para evitar posibles derrumbes en las paredes de la excavación, este problema se puede evitar con el uso de los ademes que se han mencionado anteriormente.

## B.3. TIPOS DE PILOTES

A continuación se mencionan los diferentes tipos de pilotes usados en cimentaciones profundas en función de su procedimiento constructivo:

### B.3.1 Pilotes hincados

PILOTES FRAGMENTADOS

PILOTE TIPO HAWCUBE

PILOTE TIPO MISA

PILOTE GIGANTE

PILOTE PREESFORZADO TIPO RAYMOND

B.3.2 Pilotes colados

PILOTE FRANKI

PILOTE TIPO AGUJA

PILOTE MC. ARTHUR

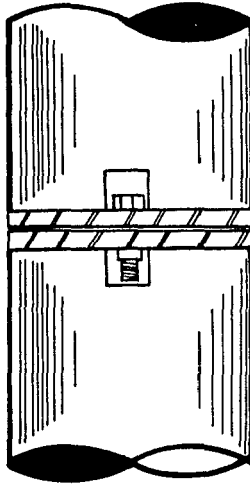
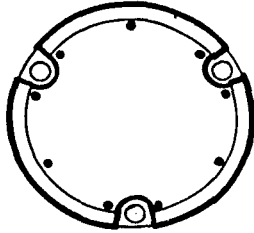
PILOTE DE BASE AMPLIA

PILOTE BUTTON-BUTTON

PILOTE TIPO RAYMOND

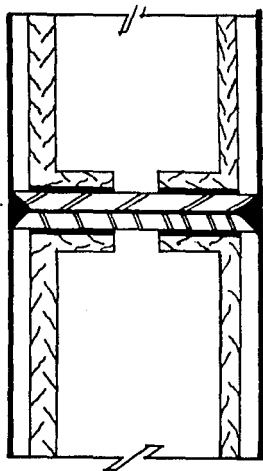
PILOTE SIMPLEX

PILOTE TIPO VIBRO



JUNTA DE  
TORNILLOS

FIGURA B.1.a



JUNTA  
SOLDADA

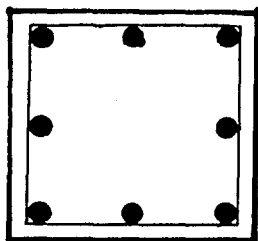
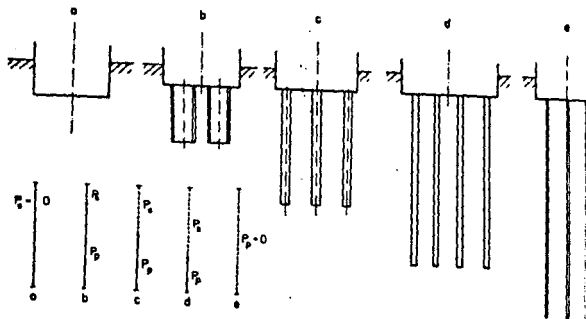


FIGURA B.1.b





Tipos de cimentaciones Distribución de la fricción lateral  $P_s$  y de la resistencia por punta  $P_p$ ; a) zapata aislada (cero fricción lateral), b) pilas huecas, c) pilotes comunes, d) pilotes esbeltos (generalmente huecos), e) "pilotes de azule" (puramente friccionantes)

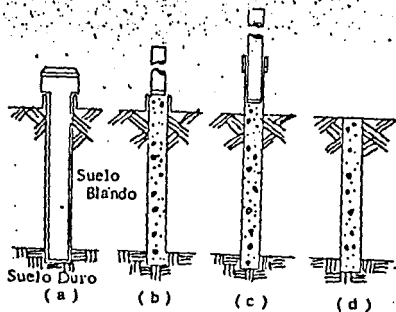


FIG. VIII. 2 PILOTE McARTHUR.

FIGURA B.2

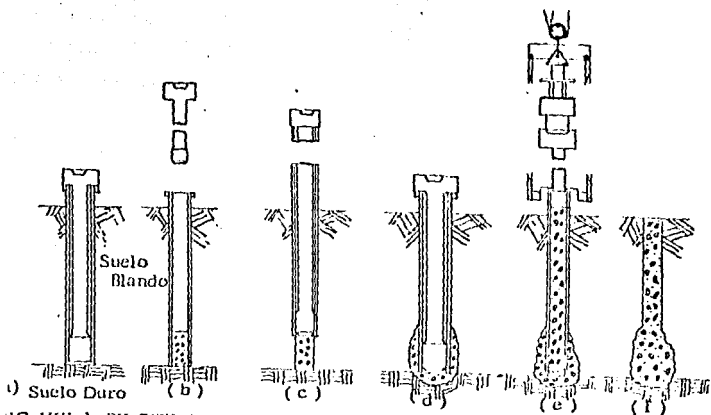


FIG. VIII.1 PILOTE DE CONCRETO COMPRIMIDO DE BASE AMPLIADA.  
 B) Pilotes Mc Arthur de concreto comprimido.

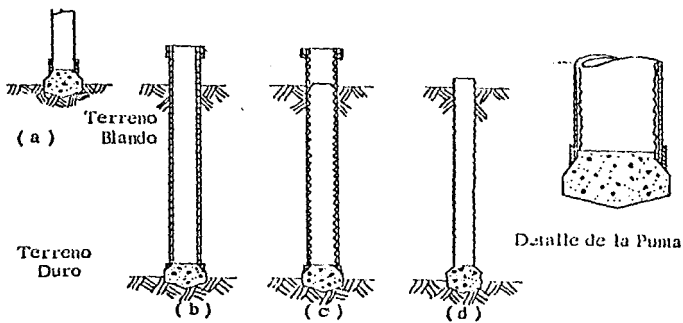


FIG. VIII.4 PILOTE BUTTON-BOTTOM.

FIGURA B.3

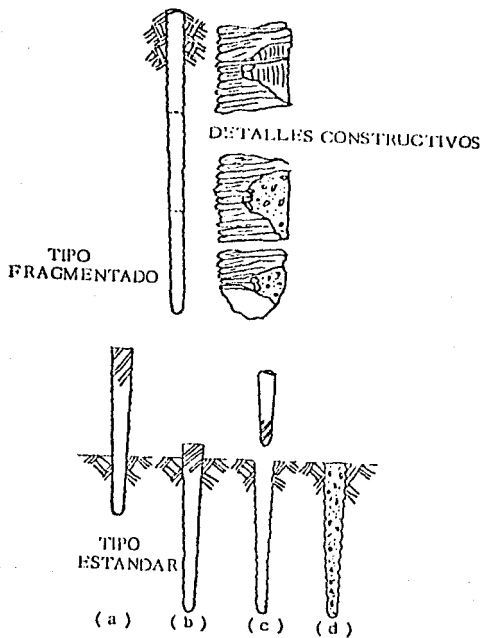


FIG. VIII.5 PILOTE RAYMOND.

FIGURA B.4

## ANEXO "C"

### PRUEBAS DE CARGA

A continuación se presentan algunos métodos para llevar a cabo las pruebas de carga especificadas en el Reglamento de Construcciones y las Normas Técnicas Complementarias, la diversidad de los tipos de las mismas es principalmente ocasionada por las siguientes condiciones :

- Grado en que se reproducen con las pruebas las condiciones de trabajo de la estructura.
- Frecuencia asignada
- Tiempo disponible para la ejecución
- Dificultad en la ejecución

Así como están condicionados los métodos de las pruebas por varios aspectos, también la selección del método para ejecutar la prueba se condiciona a los datos que son necesarios para la revisión de las teorías de análisis.

#### **C.1. METODO DE CARGA CONTROLADA**

Es el método más generalizado, por el cual se define la carga última que soporta un pilote, siendo ésta aplicada en incrementos. El ritmo de aplicación de la carga se definirá por uno de los siguientes criterios:

##### C.1.1 Rapidez de asentamiento mínimo

Los incrementos de carga se aplican cuando la rapidez del asentamiento generado por el último incremento de carga, se reduzca a un valor mínimo establecido comúnmente en 0.25 mm/hr; la magnitud de la carga es costumbre que sea del 25% de la  $Q_d$  con un factor de seguridad de 3

La carga mínima de la prueba debe ser por lo menos la carga de diseño  $S_d$ , la cual es mantenida por lo menos 2 horas, después de tal tiempo, se procederá a realizar la descarga que se realizará con el retiro de la carga, 2%  $D_{max}$  cada 20 minutos, en la recuperación de los asentamientos, se tomarán lecturas a los 5, 15, 30 minutos después de haberse retirado por completo la carga.

### C.1.2. Incrementos de carga a tiempos constantes

En este método, la carga se aplica en períodos de tiempo constante, generalmente de 15 minutos, y la magnitud de la carga es del 5% de la capacidad de carga última del pilote. Esta forma de prueba se aplica cuando el tiempo es el factor determinante. La descarga se realiza de manera semejante a la presentada en el inciso C.1.1 de este trabajo.

### C.1.3. Cargas cíclicas

Con esta prueba se puede determinar la carga de fluencia de un pilote bajo ciclos repetidos de carga y descarga, comprendidos en un intervalo, en donde la relación de cargas máximas y mínimas es 2. Cada nivel de carga se mantiene durante el tiempo necesario para que el pilote deje de asentarse o recuperarse. Los valores de la carga y el mantenimiento respectivo se registran cada 2 minutos.

El procedimiento se repite con el aumento de la carga, conservando siempre la relación mencionada.

Para cada uno de los rangos de carga inicial se hacen 10 ciclos, aumentando a 15 y en la última se realizan 20 ciclos.

La limitante principal es la necesidad de contar con el sistema de carga-descarga que sea rápido y preciso.

## C.2 METODO CON DESPLAZAMIENTOS CONTROLADOS

Estos métodos se hicieron necesarios para disminuir el tiempo en que se pueda determinar la capacidad de carga de los pilotes.

### C.2.1 Con control de asentamientos

Se desarrolla aplicando la carga necesaria para producir en el elemento a prueba incrementos de asentamiento de  $\pm 0.01D$ , siendo  $D$  el diámetro del área equivalente (ver tabla C.1), hasta alcanzar un asentamiento total de  $0.10 D$ . La magnitud de la carga necesaria para producir los incrementos de asentamiento constante es variable con el tiempo, por lo que el criterio de la prueba consiste en aplicarlos cuando la variación de carga para mantener el asentamiento anterior sea menor que el 0.1% de la carga total  $Q_1$  aplicada por hora ( $0.001 Q_1/hr$ ) hasta ese momento, la interpretación gráfica se presenta en la figura C.1.

La descarga se realiza en decrementos constantes con un valor del 2% del valor de la carga máxima a intervalos de 20 minutos, se debe tomar lectura de la recuperación a los 5, 15 y 30 minutos de haber sido descargada la estructura.

### C.2.2 Con rapidez de penetración constante

Se deberá aplicar una carga que va aumentando de manera que el pilote penetre con una velocidad constante de  $\pm 0.25$  mm/min a  $1.25$  mm/min en suelos cohesivos y de  $0.75$  a  $2.5$  mm/min en granulares, cuando la penetración total es del 15% del diámetro del pilote se procederá a realizar la descarga en forma similar al inciso C.2.1. Las lecturas se deben hacer en el momento de las cargas y descargas a cada dos minutos como mínimo, siendo necesario un mayor control si las cargas tienen una variación importante.

### C.3 METODOS PROPUESTOS POR COVITUR

Para poder llevar a cabo las pruebas se deberá cumplir con los siguientes puntos :

- Para realizar la prueba de carga los pilotes deberán tener como mínimo un mes de fundados a la profundidad señalada por el proyecto.
- Excepto que el proyecto indique lo contrario, la carga aproximada de prueba que se le aplicará a cada pilote será de 1323 kN (300 ton); sin embargo, será necesario aplicar la carga de falla, considerada como aquella que produzca una deformación del pilote de 20 mm como mínimo.
- Terminada la ejecución de la prueba de carga se procederá a rellenar las excavaciones efectuadas con un material arenolimoso; el espesor compacto será de 30 cm como máximo y se compactará al 90% de su peso volumétrico seco máximo con respecto a la prueba Proctor estándar.
- Cuando se haya empleado brocal de mampostería, éste deberá demolerse hasta la profundidad que se desplantó.
- Salvo que el proyecto indique otro proceso, la prueba de carga en las líneas elevadas o en otras edificaciones, podrá realizarse de acuerdo a los dos sistemas siguientes:

#### C.3.1. Anclaje con pilotes electromecánicos

- 1.1 Este sistema de carga a utilizar estará constituido por una plataforma de carga lastrada, en combinación con una viga maestra para reacción, apoyada en sus extremos sobre seis pilotes electromecánicos en la forma similar a la indicada en la fig. C.3. La carga máxima a emplear, proveniente de la viga de reacción, será del 50 por ciento del valor de la carga aproximada de prueba. Los pilotes electromecánicos serán de tubo de acero de 22.5 m de longitud efectiva y 6.35 cm (2 1/2") de diámetro exterior. El tipo de tratamiento eléctrico será de d h y el

gradiente de potencial podrá variar de 0.2 a 0.3 volts/cm.

- 1.2 La prueba de carga se efectuará en una excavación de 2.20 m de profundidad, debiéndose colocar en el fondo una plantilla de concreto pobre de 7 cm de espesor, en los lados longitudinales de la excavación se deberá construir un brocal de mampostería, figura 1.4.
- 1.3 Una vez demolido el cabezal del pilote y libre de partículas sueltas, se colocará un zuncho perimetral de acero que servirá como cámara confinante a la capa de azufre que se empleará para encasar la cabeza del pilote y de esta forma por una superficie uniforme de soporte, sobre la cual se colocará una placa de acero de 2.54 cm (1") de espesor y de 50 x 50 cm en planta. El gato se colocará centrado y directamente sobre la placa. La altura de la demolición del pilote será de 30 centímetros.
- 1.4 La carga se aplicará en cuatro incrementos iniciales de 1/10 de la carga aproximada de prueba a intervalos de 24 h y seis incrementos de 1/10 de dicha carga con una duración tal que las deformaciones registradas sean menores de 1.0 mm a los 20 min, pero sin exceder de un período de 72 h, lo que ocurra primero. En ningún caso la duración de estos incrementos será menor de 12 horas.
- 1.5 Deberán instalarse cuatro micrómetros con precisión de 0.1 mm para llevar el control de las deformaciones referidas a puntos fijos, colocados en estructuras independientes al sistema de carga. La zona de micrómetros deberá protegerse adecuadamente para aislarse de cambios de temperatura.
- 1.6 Con objeto de registrar cualquier excentricidad en el sistema de carga, deberán colocarse dos micrómetros horizontales y ortogonales entre sí. Estos se registrarán al mismo tiempo que se hagan lecturas en los micrómetros verticales. Si las lecturas de uno de estos micrómetros alcanza 1.0 cm, deberá suspenderse la prueba y reiniciarse después de haber nivelado el equipo.



- 1.7 Aplicado cada incremento de carga, se tomarán lecturas de deformación a intervalos de 1, 2, 4, 8, 14, 30 y 60 min y posteriormente a los intervalos necesarios para definir satisfactoriamente la curva deformación-tiempo. Las lecturas de deformación se continuarán hasta 24 h después de aplicado el último incremento de carga como mínimo y 72 h como máximo.
- 1.8 Con los datos recabados se construirán gráficas deformación-tiempo, una para cada micrómetro, en escala semi-logarítmica. Un juego de estas gráficas se dibujará para cada incremento de carga y simultáneamente a la ejecución de la prueba. Con la deformación máxima registrada para cada incremento de carga, se construirá una gráfica carga-deformación para cada micrómetro.
- 1.9 Durante la descarga la recuperación de la deformación será medida cuando la carga restante en el pilote sea de 75, 50, 25, 10 y 0 por ciento de la carga máxima de prueba, la duración de cada decremento será de 12 h. La recuperación final será registrada 24 h después de que se haya retirado la totalidad de la carga de prueba. Con las deformaciones medidas y el porcentaje de carga respectivo, se construirá la rama de descarga en la misma hoja utilizada para la rama de carga de la gráfica carga-deformación.
- 1.10 Todo el equipo utilizado para la ejecución de la prueba deberá ser calibrado. La capacidad del gato no deberá ser menor de 200 toneladas.
- 1.11 Durante la ejecución de la prueba deberá nivelarse tres veces al día la unión de los pilotes electrometálicos y la viga de reacción, así como los extremos de la estructura de sujeción de los micrómetros. La nivelación se hará a partir de un banco de nivel que se encuentre lo suficientemente alejado tanto del área de influencia de la prueba como de la obra general.

### C.3.2 Anclaje con pilotes de concreto.

- 2.1 Este sistema consiste en utilizar una armadura como estructura para transmitir carga tanto a los pilotes de apoyo como al de prueba; las cabezas de éstos se descubrirán con excavaciones locales. La ubicación de los pilotes, así como las excavaciones se indican en la fig. C.5.
- 2.2 Los pilotes que servirán de apoyo a la estructura de reacción serán de concreto de 20 m de longitud y de sección cuadrada de 50 cm por lado. Serán hincados en el terreno dejando el nivel de la cabeza de los pilotes a 1.0 m de profundidad con respecto a la superficie del terreno.
- 2.3 Los pilotes de apoyo se demolerán en su parte superior hasta descubrir por lo menos 20 cm de longitud de las varillas de refuerzo; los estrizos que se descubran serán retirados. La sección del pilote a la elevación de corte será escalada para tener una superficie uniforme.
- 2.4 La armadura se colocará sobre el terreno natural, centrada con respecto al pilote de prueba y se deberá fijar a los pilotes de reacción, soldando las varillas descubiertas de los pilotes a los dispositivos de unión provistos en la armadura.
- 2.5 Incrementos de carga. La carga en el pilote central será transmitida en incrementos de 196 kN (20 t).
- 2.6 Decrementos en la descarga. Después de alcanzar la capacidad última del pilote de prueba, la carga residual será disminuida hasta cero en decrementos no mayores de 294 kN (30 t).
- 2.7 Observaciones de comportamiento. Al variar la carga aplicada se registrarán las deformaciones sufridas en el pilote central de prueba y en los de reacción, tomando lecturas en los micrómetros a los siguientes tiempos después de variar la carga: 1, 2, 4, 8, 15 y 30 min y a cada hora posteriormente; podrá realizarse un nuevo

incremento de carga en un tiempo mínimo de 6 h; sin embargo, no se aplicará otro incremento si antes no se ha verificado que las deformaciones registradas son menores de 1.0 mm dentro de un lapso de 20 minutos.

- 2.8 Observaciones en la carga última.** Al alcanzar la capacidad última del pilote central de prueba, se presentará una penetración súbita del pilote, la cual deberá ser registrada mediante los micrómetros; asimismo, deberá definirse la carga remanente sobre el pilote. Inmediatamente después del registro citado se procederá a incrementar la carga, registrando las deformaciones provocadas por cada 22.11 kN de incremento de carga, hasta que se presente una nueva penetración súbita del pilote. Esta secuencia se repetirá tres veces después de cumplir la primera penetración bajo la carga última.
- 2.9** Durante la realización de la prueba de carga de berán medirse las deformaciones que sufre el pilote central de prueba y los pilotes extremos de reacción.
- 2.10** A los lados del pilote central y de cada par de pilotes de reacción, a 5 cm de separación se colocarán dos perfiles metálicos de 8 m de largo, en sentido perpendicular a la armadura de carga; estos perfiles metálicos de 8 m de largo, en sentido perpendicular a la armadura de carga; estos perfiles serán canales o viguetas "1" de peralte no menor de 20.2 cm (8") y deberán protegerse con tela de fibra de vidrio y papel aluminio para protegerlas de los cambios de temperatura. Estos perfiles se apoyarán en cada extremo sobre un tramo de viguetas "1" de peralte de 15.2 cm (6") hincados en el terreno hasta a 1.50 m de profundidad; no deberán quedar en contacto con el terreno ni con elemento alguno.
- 2.11** En el pilote central de prueba y en cada pilote de reacción se colocarán tres micrómetros con precisión no menor de 0.001 pulg ó 0.02 mm. Los micrómetros se sujetarán a los perfiles metálicos de referencia y se colocarán sobre elementos pulidos situados en las cabezas de los

pilotes, con una distribución tal que el centro geométrico de los micrómetros coincida aproximadamente con el centro del pilote en que se colocan.

- 2.12 El gato se colocará centrado sobre el pilote de prueba y sobre el vástago se colocará una rótula esférica, este conjunto deberá estar centrado con respecto al apoyo transmisor de carga de la armadura. La capacidad del gato no deberá ser menor de 1961 kN (120 t).

SECCION	DIMENSION SIGNIFICATIVA	K
CIRCULAR	DIAMETRO	1
CUADRADA		1.13
TRIANGULAR EQUILATERA	LADO	0.56
OCTAGONAL		2.48

D = Diametro equivalente

$$D = K \cdot (\text{Dimension significativa})$$

TABLA T.C.I

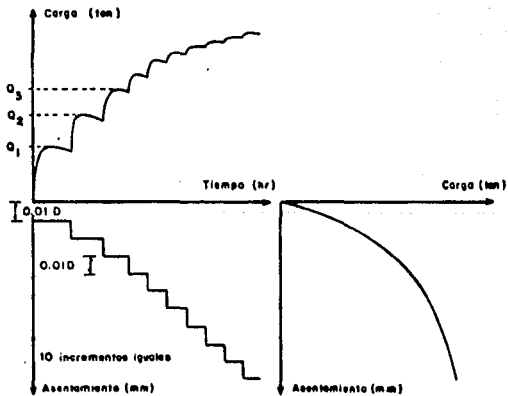
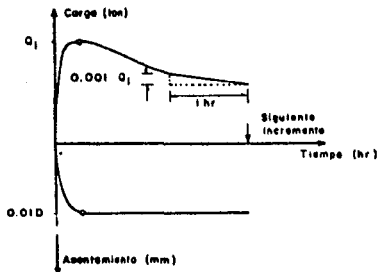


FIGURA C.1

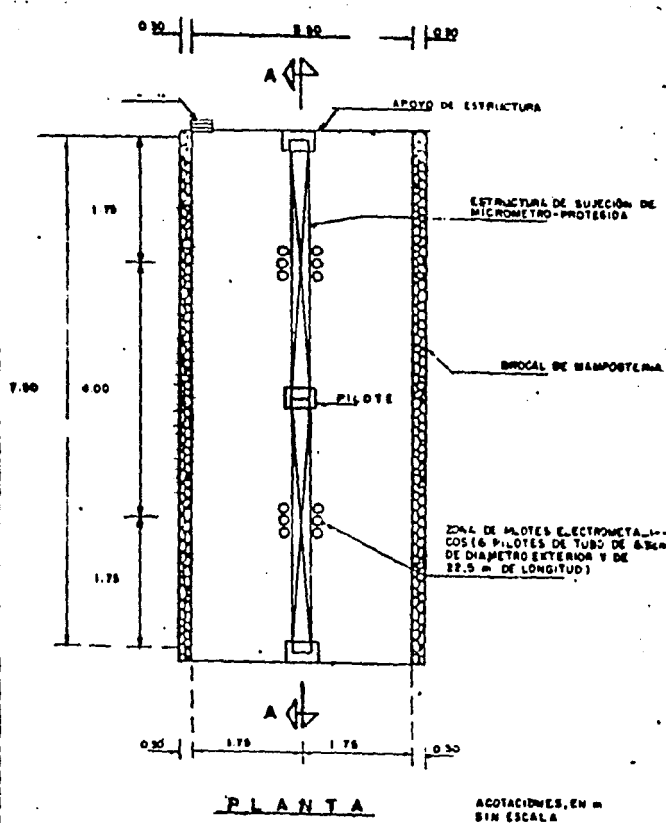


Fig 006-1 Zona en planta para pruebas de carga con pilotes electromecánicos  
C.S

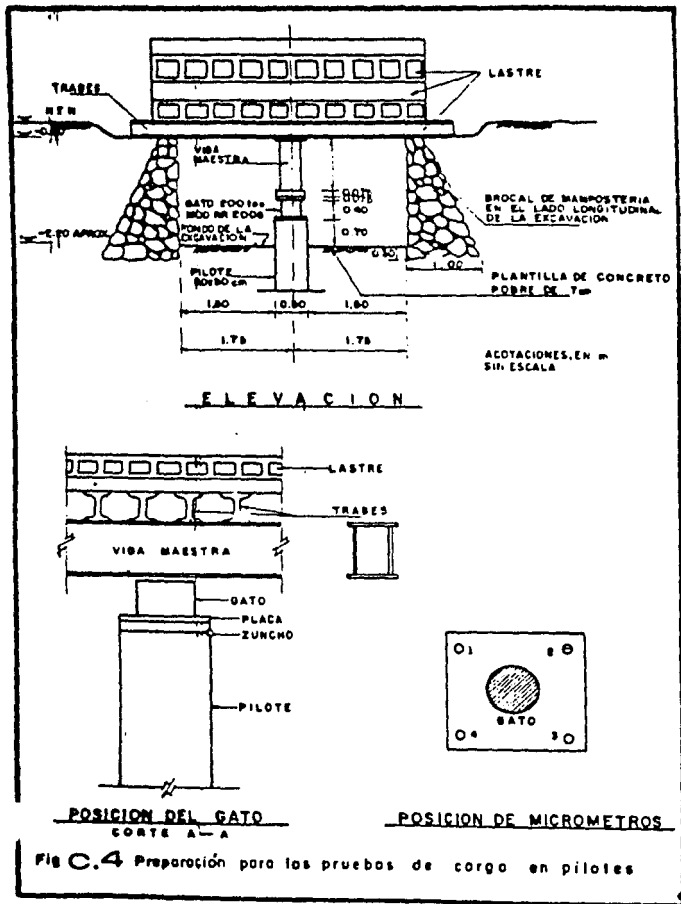


Fig C.4 Preparación para las pruebas de carga en pilotes



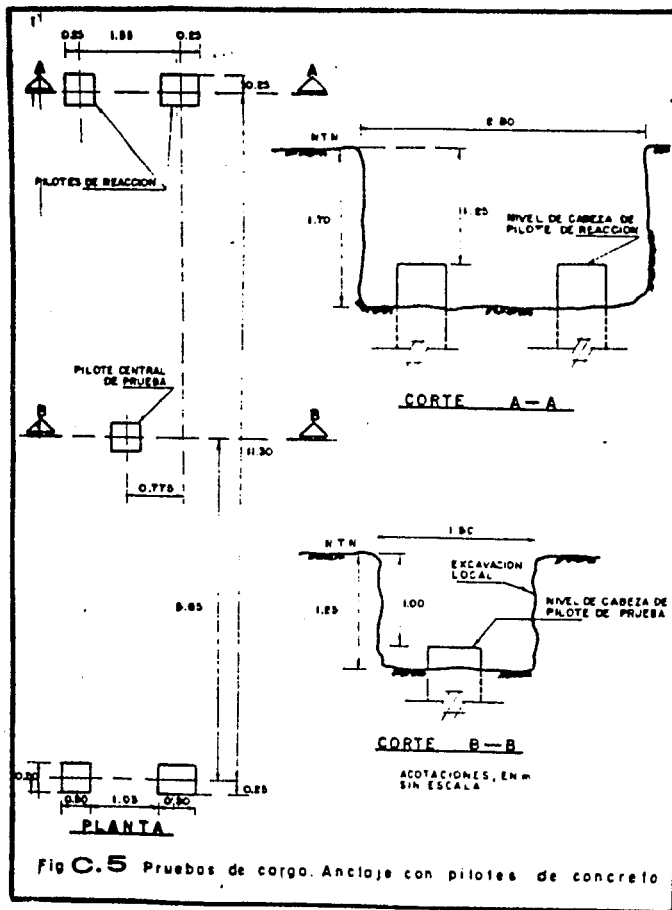


Fig C.5 Pruebas de carga. Anclaje con pilotes de concreto