

65  
29



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DE LOS DIFERENTES  
TIPOS DE CIMENTACION EN LA EDIFICACION**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

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

**JESUS MANUEL GONZALEZ VALLARINO**

DIRECTOR DE TESIS :

**ING. ERNESTO R. MENDOZA SANCHEZ**



MEXICO, D. F.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1991



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.

## INDICE.

I	INTRODUCCION.	1
II	CONCEPTOS ELEMENTALES.	3
II.1	CLASIFICACION DE LAS CIMENTACIONES.	4
II.1.1	CIMENTACIONES SUPERFICIALES.	4
II.1.2	CIMENTACIONES COMPENSADAS.	6
II.1.3	CIMENTACIONES PROFUNDAS.	7
II.2	MAQUINARIA.	9
II.2.1	COMPACTADORES MANUALES.	9
II.2.2	EXCAVADORAS.	13
II.2.3	PALAS.	15
II.2.4	MARTINETES Y PILOTEADORAS.	16
II.2.5	ZANJADORAS.	19
II.2.6	TRANSPORTE.	21
III	CIMENTACIONES SUPERFICIALES.	25
III.1	EXCAVACIONES.	27
III.2	ZAPATAS.	28
III.3	LOSA DE CIMENTACION.	35
IV	CIMENTACIONES COMPENSADAS.	38
V	CIMENTACIONES PROFUNDAS.	50
V.1	PILOTES.	50
V.1.1	TIPOS DE PILOTEADO.	52

V.1.1.1	PILOTES DE PUNTA HINCADOS AL GOLPE.	52
V.1.1.2	PILOTES DE FRICCION HINCADOS AL GOLPE.	58
V.1.1.3	PILOTES COLADOS " IN SITU ".	62
V.1.1.4	PILOTES DE ACERO.	63
V.1.1.5	PILOTES FRANKI.	64
V.1.1.6	PILOTES PREEXCAVADOS.	65
V.1.1.7	PILOTES HINCADOS A PRESION.	67
V.1.1.8	PILOTES HINCADOS POR ROTACION.	67
V.1.2	TIPOS DE PILOTES.	70
V.1.2.1	HINCADOS A GOLPE.	70
V.1.2.2	PILOTE PRESFORZADO TIPO RAYMOND.	71
V.1.2.3	PILOTE HAWCUBE.	71
V.1.2.4	PILOTES GIGANTES.	72
V.1.2.5	PILOTES COLADOS " IN SITU "	72
V.1.2.6	PILOTE Mc ARTHUR DE CONCRETO COMPRIMIDO.	73
V.1.2.7	PILOTE WESTERN.	73
V.1.2.8	PILOTES DE CONCRETO COMPRIMIDO CON BASE AMPLIADA.	74
V.1.2.9	PILOTES SIMPLEX.	76
V.1.2.10	PILOTE VIBRO.	76
V.1.2.11	PILOTE BUTTON-BOTTON.	78
V.1.2.12	PILOTE RAYMOND CON ADEME METALICO DELGADO HINCADOS CON MANDRIL.	78
V.1.2.13	PILOTES HINCADOS A PRESION.	80
V.2	PILAS.	81
VI	COMENTARIOS Y CONCLUSIONES.	84

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

---

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

La unión entre una estructura con determinadas características y el suelo, debe asegurar el comportamiento adecuado de ambos elementos.

La cimentación es una parte importante en todo proyecto de ingeniería y por tanto debe tomarse en cuenta con detenimiento.

En este trabajo nos enfocaremos al procedimiento constructivo que como veremos está en función primordialmente, de las condiciones del suelo.

La elaboración de un buen procedimiento de construcción de la cimentación, debe considerarse como un factor importante y en ocasiones decisivo en la solución final de la cimentación que se adopte.

Entendemos por procedimiento constructivo a una secuencia lógica y ordenada de pasos a seguir donde propondremos el equipo y maquinaria específicos para el tipo de cimentación seleccionado.

Este será elegido en función de los siguientes parámetros:

- Conocimiento del proyecto: Magnitud, distribución y forma de transmisión de las cargas de la superestructura.
- Conocimiento del terreno: Principales características mecánicas del suelo de apoyo, y los posibles problemas que se puedan presentar durante la excavación.
- Tipo de cimentación: Seleccionar el tipo de cimentación más apropiada de acuerdo a las cargas esperadas y al tipo de terreno.

Este estudio no pretende profundizar en problemas sobre diseño de cimentaciones. Ya que para esto existe gran cantidad de literatura y textos de calidad reconocida. Más bien se trata de dar una visión general de los procesos constructivos que deben seguirse en el arte de cimentar una edificación.

**CAPITULO II**

**CONCEPTOS  
PRELIMINARES**



## CAPITULO II

### CONCEPTOS ELEMENTALES

En el más amplio sentido de la palabra, podemos decir que se entiende por cimentación, la parte de una edificación que soporta la estructura y las acciones permanentes o accidentales que en su momento actuen sobre ella, incluyendo no solo los elementos que transmiten las cargas al suelo, sino también el terreno influido por ellas.

Todo tipo de construcción tendrá que ser soportada por medio de una cimentación apropiada.

El artículo 218 del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (R.C.D.F.) establece que, " las construcciones no podrán en ningún caso ser desplantadas sobre tierra vegetal, suelos o rellenos sueltos o desechos. Sólo será aceptable cimentar sobre terreno natural competente o rellenos artificiales que no incluyan materiales degradables y hayan sido adecuadamente compactados ".

" El suelo de cimentación deberá protegerse contra deterioro por intemperismo, arrastre por flujo de aguas superficiales o subterráneas y secado localmente para la operación de calderas o equipos similares ".

## 11.1 CLASIFICACION DE LAS CIMENTACIONES.

En este capítulo buscamos un lenguaje para que en los siguientes, podamos hablar de una forma apropiada y ágil de los problemas por abordar, es por ello que a continuación mencionaremos los tipos de cimentaciones que existen.

Las cimentaciones pueden dividirse en tres grandes grupos que son, las cimentaciones poco profundas o superficiales, las cimentaciones compensadas y las cimentaciones profundas.

### 11.1.1 CIMENTACIONES SUPERFICIALES.

Las cimentaciones superficiales, se refieren a cimentaciones en las que la profundidad de despiante no es mayor que dos veces el ancho del cimiento, aunque no existe un límite preciso en la profundidad para clasificarla como profunda o no.

Los tipos de cimentaciones superficiales usados mas frecuentemente son las zapatas aisladas, las zapatas corridas y las losas de cimentación.

Una zapata es una ampliación de la base de una columna o muro, que tiene por objeto transmitir la carga al subsuelo a una presión adecuada a la capacidad de carga del suelo. Las zapatas que soportan una sola columna se llaman zapatas aisladas. Las zapatas que se construyen debajo de un muro se llaman zapatas corridas. Si una zapata soporta varias columnas se llama zapata combinada. (Ver fig 2.1).

Una losa de cimentación es una zapata combinada que cubre toda el área que queda debajo de la superestructura soportando todos los muros y columnas.

Esta solución se toma cuando las cargas de la edificación

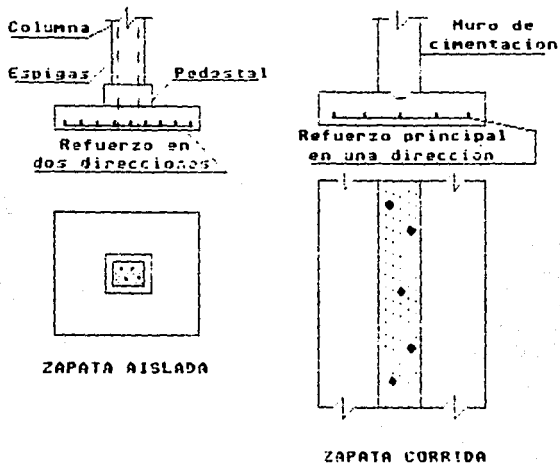


FIGURA 2.1

son tan pesadas o la presión admisible en el suelo es tan pequeña que las zapatas aisladas van a cubrir más de la mitad del área de la edificación, por lo que es muy probable que la losa de cimentación sea más económica que las zapatas.

### 11.1.2 CIMENTACIONES COMPENSADAS.

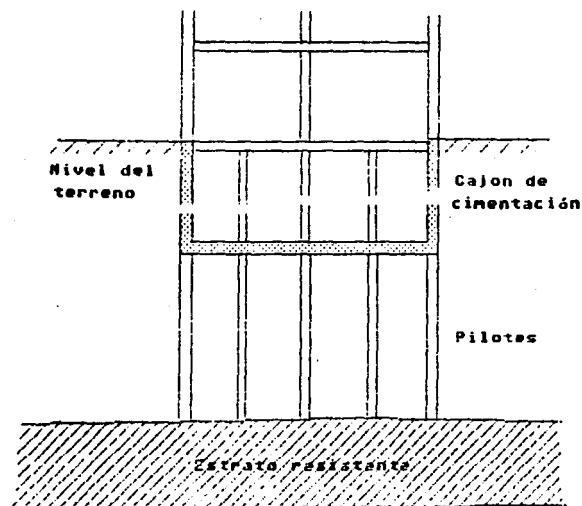
Una cimentación compensada, es aquella que se diseña de tal manera de obtener, primero, por medio de una profundidad de excavación, la presión total existente en el fondo de ésta, se substituye en parte o íntegramente por la carga unitaria que se aplica debido al peso de la construcción, reduciéndose en esta forma los hundimientos y obteniendo mas capacidad de carga en el subsuelo.

Segundo, que los asentamientos totales y diferenciales admisibles sean compatibles con la rigidez de la superestructura del edificio que se colocará sobre dicha cimentación y que no se dañen en su estabilidad las obras colindantes.

Una cimentación compensada, generalmente requiere una estructura de cimentación cubriendo la totalidad de la superficie y colocada en una excavación profunda. Por lo tanto, es necesario el entendimiento claro de todos los problemas que estén en conexión de la estabilidad y deformaciones que ocurren en excavaciones profundas y por la reaplicación de la carga en depósitos de arcilla de alta compresibilidad y expansión.

Las cimentaciones compensadas pueden usarse también en conjunto con pilotes. La combinación puede hacerse con pilotes de fricción, con pilotes trabajando a la fricción y con resistencia parcial en la punta o con pilotes apoyados totalmente en la punta. ( Ver fig 2.2 ).

este tipo de cimentaciones exige, que las excavaciones efectuadas no se rellenen posteriormente, lo cual se logra con cajones huecos en el lugar de cada zapata o con una losa corrida en toda el área de cimentación. El primer tipo es usual en puentes y el segundo en edificaciones compensadas.



**Fig 2.2**

### 11.1.3 CIMENTACIONES PROFUNDAS.

Cuando las condiciones del terreno no son apropiadas para permitir una cimentación superficial o de poca profundidad. Es

preciso buscar a mayor profundidad una resistencia adecuada del suelo para nuestra construcción. A este tipo de cimentaciones se les conoce con el nombre de cimentaciones profundas.

Los tipos de cimentaciones profundas, hoy en día se clasifican por su diametro o lado, según sea su sección, etc.

Los elementos con dimensiones transversales entre 0.30 y 1.00 m., se llaman pilotes, y el material de que están hechos puede ser de madera, concreto, acero o una combinación de estos.

Los que sobrepasan de 1.0 m. pero no exceden de 2.0 m. suelen llamarse pilas, aunque no se ha establecido un límite entre pilas y pilotes.

Las pilas para muchos es un elemento que, trabaja igual que una zapata, pero transmite cargas a mayor profundidad, según muchos especialistas se trata de una pila cuando la relación profundidad ancho es 4 o mayor. Cabe mencionar que para muchos ingenieros, pila es, en el lenguaje cotidiano cualquier apoyo intermedio de un puente. En cualquier caso las pilas se construyen de mampostería o de concreto.

Por último, muchas veces se necesitan elementos de mayor sección que los anteriores a los que se les da el nombre de cilindros, cuando son de esa forma geométrica o ajones de cimentación, cuando son paralelepípedos. Los diámetros de los primeros oscilan entre 3.0 y 6.0 m., se construyen huecos para ahorro de material y de peso, con un tapon en su punta y siempre

se hacen de concreto. Los cajones tienen anchos similares, son huecos por la misma razón y se construyen también de concreto. ( Ver fig 2.3 ).

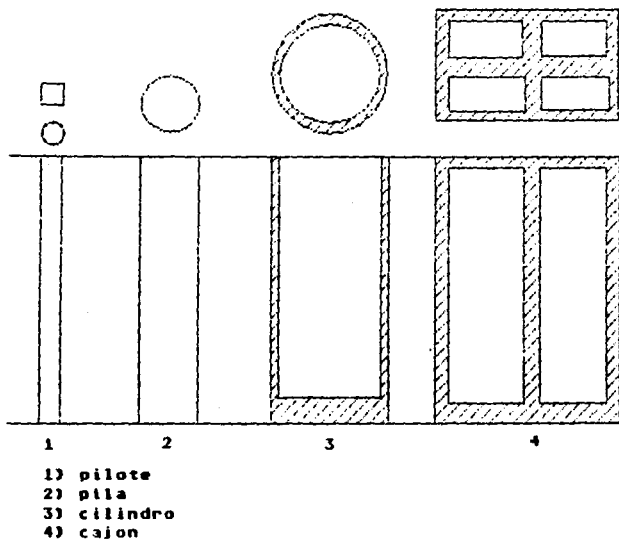


Fig 2.3

## 11.2 MAQUINARIA.

### 11.2.1 COMPACTADORES MANUALES.

Los compactadores manuales también son conocidos con el nombre de pisones, y son herramientas que nos sirven para compactar el suelo en lugares estrechos o pequeños donde por sus propias condiciones geométricas no pueden ser utilizadas máquinas

pesadas, o bien, tambien son usados donde el grado de compactación no es muy alto o no es necesario cumplir con una confinación requerida.

#### CLASIFICACION:

- a) Pisones de mano.
- b) Pisones de impacto o mecánicos
- c) Compactador de rodillos vibratorios.

a) Pisones de mano.- Estos normalmente son hechos en obra y consisten en una placa de acero rectangular o cuadrada, con una varilla o tubo soldado a la parte superior del cuerpo del apisonador. El funcionamiento de este es muy sencillo, solo se levanta y se deja caer sobre el suelo tantas veces como se requiera ( Ver fig 2.4 ).

b) Pisones de impacto o mecánicos.- Este equipo tiene la misma función que el anterior pero substituye el trabajo de levantar y dejar caer una masa, por un motor de gasolina, eléctrico o mediante aire comprimido, que va conectado a una placa metálica esta, se coloca en contacto con el terreno, y logra la compactación, por vibración, por combinación de vibración y martilleo, o por caída de peso ( Ver fig 2.5 ).

c) Compactador de rodillos vibratorios.- Estos aparatos son más sofisticados que los anteriores, cuentan con un sistema de autopropulsión y son de acción vibratoria, ambas funciones son



producidas por un motor de gasolina, el rodillo vibratorio consiste en un tambor liso que produce un impacto hasta 21 toneladas. En la parte posterior se encuentra un brazo inclinado que se apoya en una rueda con llanta neumatica. Su control se

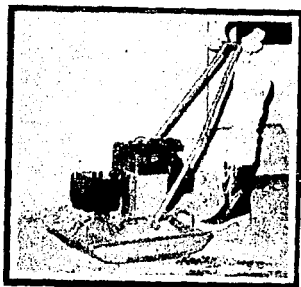
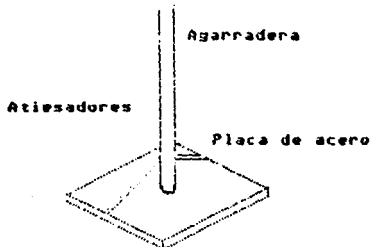


Fig 2.5



lleva a cabo por medio de un brazo metalico horizontal que termina en una agarradera. Consta de dos frenos uno de servicio y otro de estacionamiento y la direccíon se lleva a base de un sistema hidrúulico. Este tipo de maquinaria es utilizada

principalmente en lugares como: Fondos de zanjas, dentro de  
endaduras muy angostas, en la compactación de rellenos, así como  
en la compactación de suelos granulados sueltos, gravas limpias,  
roca triturada, cimentaciones y taludes ( Ver fig 2.6 ).



PISON DE MANO

Fig. 2.4

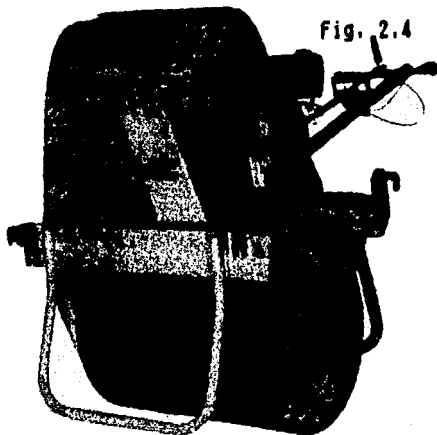


fig 2.6

## 11.2.2 EXCAVADORAS.

El nombre y forma de ataque de las excavadoras depende del equipo utilice.

Dependiendo del tipo de equipo, su accionamiento se hace a base de dos o tres malacates. Uno de ellos hace que la pluma baje dentro de los límites que restringe sus condiciones de equilibrio. Otro pasa a través de la pluma que levanta o baja el equipo adaptado. El tercero sirve para controlar los movimientos propios del equipo.

Los diversos equipos adaptables a este tipo de máquina y los más comunes son:

a) Cucharón de almeja.

Está formado por la pluma y su bote que semeja a una concha de almeja, esta diseñada en forma tal que al cerrarse, las piezas empalman perfectamente.

Usualmente se utiliza en excavación de materiales sueltos tales como la arena, grava, roca triturada, materiales suaves. En cimentaciones profundas y de espacio reducido.

Es aplicable para la excavación vertical en lumbreras, pilas para puentes para descargar en tolvas o silos a gran altura, etc. ( Ver fig 2.7 ).

b) Cucharón de gajos de naranja.

Está formado por una pluma y un cucharón compuesto de cuatro secciones, en forma de gajos de naranja, reforzado en sus extremidades. Es usual para excavar en pozos profundos y para cargar rocas ( Ver fig 2.8 ).

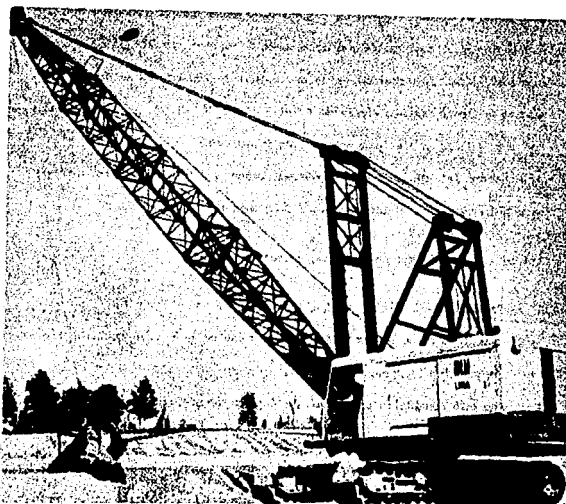


fig 2.7

c) Grúa.

Este equipo esta formado por una pluma, como las anteriores, sin embargo existen diseños apropiados para plumas de grúa con sección cuadrada a base de placas, con una o dos extensiones alojadas en la primera parte, está provista de embolos hidráulicos, contrapesos y barras estabilizadoras.

Su uso es muy común en edificaciones y cimentaciones profundas, en estibados portuarios, etc. ( Ver fig 2.9 ).



Cucharón de Tirante Central  
o de brazo de palanca.



Cucharón de Garfios o de  
Gejos de Naranja.

### 11.2.3 PALAS.

Está compuesta por una pluma, un aguilón y su vara de ataque o dipper. Este ultimo está articulado a la mitad del aguilón con movimiento giratorio y deslizante. también tiene su cucharón reforzado y dientes forrados, el cual es la parte de ataque.

Su forma de ataque es frontal y descarga por debajo del cubo mediante una compuerta.

Su uso general es a cielo abierto en excavaciones de zanjas a poca profundidad ( Ver fig 2.10 ).

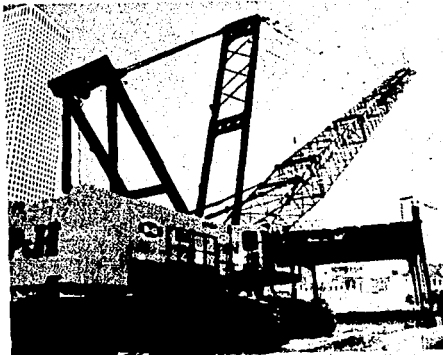


fig 2.9

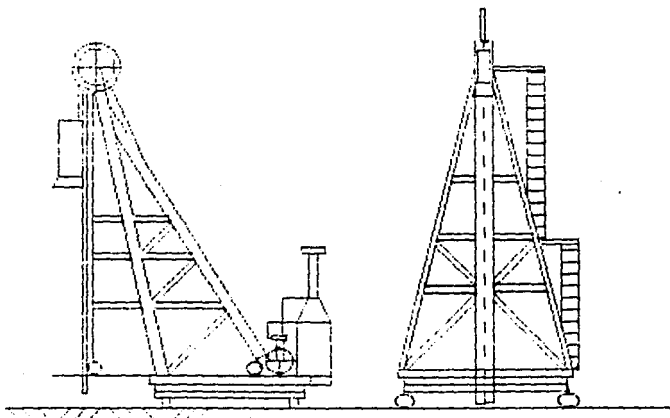
#### 11.2.4 MARTINETES Y PILOTEADORAS.

Según la clase de energía de accionamiento, se distinguen los martinets de mano, de vapor, de combustión y electricos.

De acuerdo con la transmisión de la energía a la masa o pilón, se tienen:

- a) Martinets de acción indirecta .

La energía de accionamiento actúa sobre un torno que eleva el pilón, por ejemplo, martinete de mano para pilón de 400 a 700 Kg., de 3 m. de altura de caída, servidos por cuatro hombres. Martinetes con cable de elevación del pilón y carrillo de descenso ( ver Fig. 2.11 ). El pilón, independientemente del cable, queda sujeto con el carrillo y cae libremente.



MARTINETE

fig 2.11

b) Martinetes de acción directa.

La energía actúa directamente sobre el pilón ( martinetes de percusión ). Son máquinas de gran potencia, que dan mayor número de golpes que los martinetes de acción indirecta.

Según la máquina se distinguen.

1.- Martinetes pequeños de vapor, de aire comprimido o diesel. Estos son para pesos de pilón hasta 500 Kg. El arrazón del martinete tiene forma de tripode, con torno para elevar el pilón.

2.- Martinetes trasladables ( para inca de pilotes en fila ). Estos son de acción directa e indirecta. el bastidor del martinete lleva el manantial de energía, así como los tornos del pilón y del pilote, y el arrazón con las guías para una altura máxima de 17 m. de elevación. el peso del pilón puede ser hasta de 2000 Kg. Estos martinetes son trasladables sobre vía y con cambios de dirección con plataformas giratorias.

3.- Martinetes giratorios y trasladables. Utilizados para la inca de pilotes en círculos y alineados. Bastidor inferior trasladable por cable de tracción y bastidor superior que puede girarse hasta 360°, también maniobrado por cable, y que constituye el asiento del martinete. Arrazón para las mismas alturas de elevación y pesos de pilón que los martinetes trasladables, en general es inclinable hacia adelante 1:10 y hacia atrás 1:3.



4.- Martinete universal para pilotes de concreto. Este cuenta con bastidor inferior automovil, bastidor superior autogiratorio y armazón retráctil de tubos e inclinable mecánicamente hacia adelante 1:10 y hacia atrás 1:3. Corrimiento del pie de el armazón para pilotes desviados, y hundimiento de las guías hasta de 4 m.; para poder dar golpes a nivel inferior al de la explanada. La altura de elevación puede ser hasta de 24 m., y 4000 Kg. de peso del pilón.

5.- Formas especiales. Para diversos fines, por ejemplo, combinación de grúa y martinete, martinetes flotantes para obras hidráulicas, etc. Las dimensiones y pesos, se dan en la tabla II.1.

#### II.2.5 ZANJADORAS

Consta específicamente de un tractor, sobre el cual están el brazo o rueda y cadena de los cangilones, adquiere diversas formas, las más comunes son las de rueda o brazo de cangilones. Si es rueda, va colocada atrás del tractor; si es brazo, en la parte delantera.

Los cangilones, varían de forma, que va desde paletas o aspás hasta cucharones en forma de bote.

El producto excavado es descargado sobre una banda transportadora, que desaloja el material a un lado de la zanja.

Se usa en materiales suaves, en excavación y relleno en

TAMAÑO	PESO DEL PILON	FUERZA PORTANTE MINIMA	ALTURA UTIL	DIST. ENTRE RUEDAS	INCLINACION MIN. HACIA		CORRIMIENTO DEL PIE DE LA GUIA	MARTINETES DIST. DE LA CARA ANT. DE LAS GUIAS AL CENTRO DEL PILON
					ADELAN.	ATRAS		
	Kg.	Kg.	m.	m.			mm.	mm.
3.0	300	1,350	6.50	2.00	1:10	1:6	-	-
4.5	450	1,900	7.50	2.00	1:10	1:6	-	-
6.0	600	2,700	10.00	2.00	1:10	1:6	-	-
8.0	800	3,200	13.00	2.95	1:10	1:3	400	230
12.5	1,250	4,000	15.00	2.95	1:10	1:3	500	260
20.0	2,000	6,200	17.00	3.40	1:10	1:3	600	300
30.0	3,000	9,500	20.00	3.80	1:10	1:3	700	350
45.0	4,500	14,000	24.00	4.50	1:10	1:3	800	400
67.5	6,750	22,000	28.00	5.20	1:10	1:3	1,000	400

zanjas para conducción de agua, gas, oleoductos, drenaje, cables telefónicos, cepas para cimientos, etc. ( Ver fig 2.12 ).

#### II.2.6 TRANSPORTE

Estos son vehículos montados sobre neumáticos, son utilizados para acarrear a distancias largas grandes cargas a



**fig 2.10**

altas velocidades. El transporte será seleccionado de acuerdo al tipo de carga y a las condiciones del terreno.

Los podemos clasificar en dos formas: los primeros son los que circulan sobre carretera y los segundos los que circulan fuera de ella.

a) Volteos.

Existen dos tipos: los camiones ligeros y los de tipo pesado, en los primeros, estan los de caja metálica compacta, de

volteo trasero, accionada con embolos hidráulicos para la descarga. Son usuales en tipos de construcción, donde es necesario el acarreo, tal es el caso de las edificaciones, para transportar arena, grava, etc. En obras de campo, como en carreteras, presas, canales y minas. ( Ver fig 2.13 ).

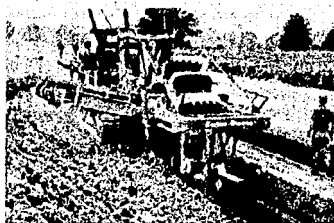


fig 2.12

Los de tipo pesado, son máquinas de tractor, robustas, con la caja de aluminio, más grande y reforzada, para soportar grandes toneladas de acarreo.

Este tipo se ocupa casi siempre para el transporte de roca y algunas veces para el acarreo de material suelto. Circulan fuera de la carretera. ( Ver fig 2.14 ).

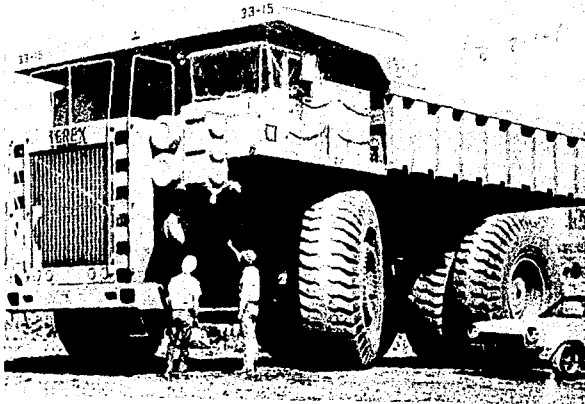
b) Volquetes.

Tienen bastante similitud con la forma de una motoescrepa, pero en estos la caja metálica es de una pieza, accionada por embolos hidráulicos para efectuar la descarga trasera.



**fig 2.13**

Tiene la cualidad de girar hacia sus lados. Los motores consumen diesel y circulan fuera de carretera. ( Ver fig 2.15 ).



**fig 2.14**

c) Vagonetas.

Son unidades parecidas a los trailers. Su caja es alargada, más ancha en su parte superior que en su base.

Su descarga la hace por un sistema de compuertas en el fondo o por descarga lateral. Circulan fuera de carretera, se puede formar un tren de dos o tres vagonetas.

Usualmente se ocupan para acarreo de grandes volúmenes de agregados para presas y caminos. ( Ver fig 2.16 ).

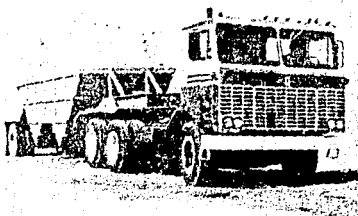
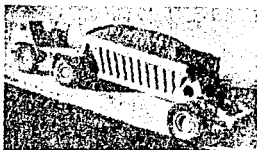


fig 2.15

fig 2.16

# **CAPITULO III**

## **CIMENTACIONES SUPERFICIALES**

---

## CAPITULO III

### CIMENTACIONES SUPERFICIALES

En la actualidad, los métodos de construcción de cimentaciones implican un alto grado de mecanización, para así poder optimizar tanto maquinaria y hombres como material.

La cimentación de edificaciones siempre tendrá que ver con áreas urbanas, por lo que la preparación del lugar de construcción deberá empezar con un pequeño estudio de la localización y clara identificación de los cables telefónicos y tuberías de agua y drenaje. Esto es importante, por el hecho de que si se llegara a presentar un accidente con los cables representaría un costo muy elevado y una pérdida de tiempo que podría alargarse hasta por varios meses, una situación similar aunque sin el costo tan elevado se presenta con las tuberías.

Una vez hecho este estudio se procede a calcular el volumen de excavación para poder decir en función de éste, si es económicamente factible el uso de maquinaria y el tipo adecuado de ésta. Normalmente en la construcción de cimentaciones superficiales las excavaciones se realizan con pico y pala en terrenos de las zonas I y II (terrenos blandos y de transición respectivamente), y con equipo ligero en terrenos de la zona III



( terreno rocoso ), esto se debe a que el volumen excavado es relativamente pequeño, y el uso de maquinaria no se justifica.

El Reglamento de construcciones para el Distrito Federal en sus Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de cimentaciones en el inciso 7.1.1 Cimentaciones de contacto, nos dice:

" El desplante de cualquier cimentación se hará a la profundidad señalada en el estudio de mecánica de suelos. Sin embargo, deberá tenerse en cuenta cualquier discrepancia entre las características del suelo encontradas a esta profundidad y las consideradas en el proyecto, para que, de ser necesario, se hagan los ajustes correspondientes. Se tomarán todas las medidas necesarias para evitar que en la superficie de apoyo de la cimentación se presente alteración del suelo durante la construcción por saturación y remoldeo. Las superficies de desplante estarán libres de cuerpos extraños o sueltos ".

" En el caso de elementos de cimentación de concreto reforzado se aplicarán procedimientos de construcción que garanticen el recubrimiento requerido para proteger el acero de refuerzo. Se tomarán las medidas necesarias para evitar que el propio o cualquier líquido o gas contenido en él puedan atacar el concreto o el acero. Así mismo, en el momento del colado se evitará que el concreto se mezcle o contamine con partículas de suelo o con agua freática, que puedan afectar sus características de resistencia o durabilidad ".

### III.1 EXCAVACIONES.

Las excavaciones poco profundas pueden hacerse sin sostener el material circunvecino, si existe el espacio adecuado para construir taludes que puedan soportar el material. La inclinación de los taludes es función del tipo y carácter del suelo o roca; de las condiciones climáticas; de la profundidad de la excavación y del tiempo que la excavación vaya a permanecer abierta.

Como regla, los taludes se hacen tan parados como el material lo permita, porque la ocurrencia de pequeños derrumbes generalmente no tiene importancia. El costo de extraer el material afectado por los derrumbes puede ser considerablemente menor que el de la excavación adicional, necesaria para tener taludes menos inclinados.

Los taludes menos inclinados en una excavación se determina por experiencia. La mayor parte de las arenas tienen parte de material cementante en muy pequeña proporción, o aparentan un cierto monto de cohesión debido a la humedad que contienen. Esta cementación o cohesión no garantiza la seguridad de los taludes expuestos permanentemente, aunque suelen ser útiles, mientras la excavación está abierta. Los taludes permanentes en suelos arenosos rara vez son más escarpados que 1.5 por 1, y en construcciones provisionales el talud es de 1 por 1.

El talud máximo en suelos arcillosos está en función de la profundidad del corte y de la resistencia al esfuerzo cortante de

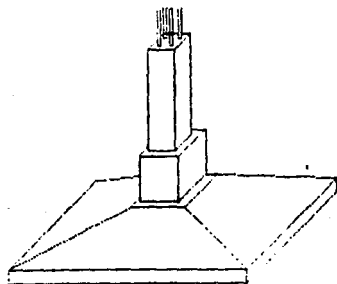
la arcilla. Si la arcilla es blanda, abajo del nivel de la base de la excavación, pueden ser necesarios taludes más inclinados para evitar el bufamiento del fondo. Además, las arcillas rígidas o duras normalmente poseen o desarrollan grietas cerca de la superficie del terreno, si estas grietas se llenan de agua, la presión hidrostática reduce mucho el factor de seguridad y puede producir fallas en los taludes, esto sin mencionar que el agua en las grietas reblandece a la arcilla progresivamente y así es probable que la seguridad del talud disminuya con el tiempo. Por estas razones, se usa con frecuencia el apuntalamiento para soportar los frentes de las excavaciones en la arcilla, aunque pueda sostenerse por poco tiempo la arcilla a la altura necesaria sin apoyo lateral.

### III.2 ZAPATAS.

La excavación para una zapata debe mantenerse seca, en especial si se trata de una zapata de concreto reforzado, para poder colocar el refuerzo y sostenerlo en su posición correcta mientras se cura el concreto. Para hacer esto en los suelos que contienen agua puede ser necesario bombear, ya sea de cárcamos o de un sistema de drenes instalado previamente, se considera que es necesario utilizar un sistema de drenaje, cuando la profundidad de la excavación sea mayor que la distancia a la superficie libre del agua en un suelo permeable que tenga un coeficiente de permeabilidad mayor que aproximadamente  $10^{-3}$  cm/seg. el suelo debe desaguarse para que permita la construcción de las cimentaciones en seco. Si el coeficiente de permeabilidad

del suelo está comprendido entre  $10^{-3}$  y  $10^{-5}$  cm/seg, la cantidad de agua que fluya hacia dentro de la excavación puede ser pequeña, pero todavía puede requerirse drenaje para mantener la estabilidad de los taludes y del fondo de la excavación. Si el coeficiente de permeabilidad es menor que  $10^{-7}$  cm/seg, es probable que el suelo posea suficiente cohesión para vencer la influencia de las fuerzas de filtración y puede no ser necesario el drenaje, aunque la excavación se extienda a considerable profundidad abajo del nivel del agua freática.

**ZAPATAS AISLADAS:** se utilizan cuando las cargas a transmitir no son excesivamente grandes y la capacidad del suelo es alta. Se colocan para recibir cargas concentradas y transmitirlas a un área mayor, lo que las hace adecuadas como ampliación de columnas ( ver fig. 3.1 )

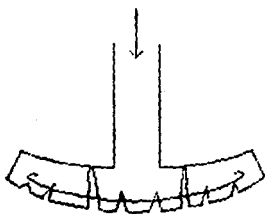


**ZAPATA AISLADA.**  
**fig. 3.1**

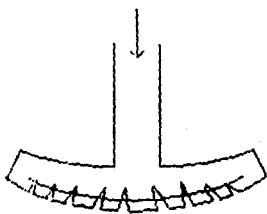
El cálculo de una zapata debe de considerar:

- Esfuerzos a flexión
- Esfuerzos cortantes
- Adherencia

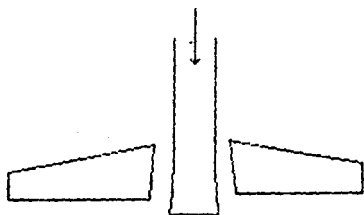
Especial cuidado merecen en el cálculo, la falla por penetración entre columna y zapata, la falla por cortante en el suelo por penetración de la zapata, la falla a flexión y la falla por adherencia ( ver fig. 3.2 ).



FALLA POR FLEXION



FALLA POR ADHERENCIA



FALLA POR CORTANTE

TIPOS DE FALLA  
fig. 3.2

La losa de la zapata se armará con varillas ortogonales entre sí, con amarres de alambre recocido en cada uno de los cruces, y la terminación de cada varilla sera en forma de gancho con un desarrollo de 180°.

Los materiales más comunmente usados son, el concreto siaple y el concreto armado.

**RECOMENDACIONES:** Dejar al acero un recubrimiento minimo de 5 cm. Anciar las varillas del acero principal de la columna al acero de la zapata formando una escuadra con un desarrollo de no menos de 40 diámetros. No olvidar la construcción del dado, que no es otra cosa que la ampliación de la sección de la columna.

Los casos en que se recomienda usar este tipo de cimentación es en suelos con alta capacidad de carga, y cuando no se esperen hundimientos diferenciales.

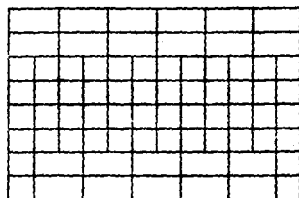
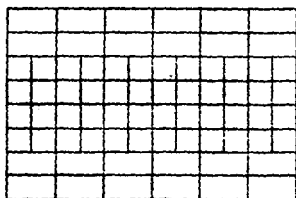
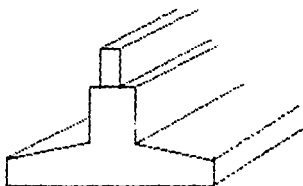
**ZAPATAS CORRIDAS:** Se trata de una zapata muy similar a la aislada, pero uno de sus lados se alarga mucho más que el otro, por lo que es adecuada para transmitir al suelo carga de muros.

Al igual que en las zapatas aisladas el armado de la losa se hará con varillas ortogonales entre sí, pero con dos posibilidades de armado. ( ver fig 3.3 ). Es necesario ligar las zapatas con contratraves o cadenas de liga.

Los cimientos y muros de piedra deben ser construidos de acuerdo con las dimensiones que den los cálculos y con piedra braza limpia, sin labrar; por ningún motivo debe usarse aquella demasiado porosa. Con respecto a la forma de la piedra, debe

rechazarse la que tenga forma de laja.

Este tipo de cimentación se emplea generalmente para construcciones de carga reducida, la profundidad del desplante

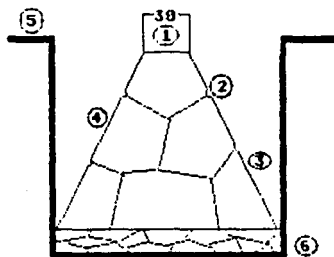


### TIPOS DE ARMADO

fig 3.3

del cimiento debe ser por lo menos de 60 cm. para construcciones ligeras y 50 cm. para bardas, considerando que ya se quitó la capa de terreno vegetal que cubre el terreno firme. En cuanto al ancho del cimiento en la parte inferior ( base ) no es aconsejable construirlos mayores de 1.20 m. debido a que se incrementará demasiado el peso propio del cimiento, perjudicando

la capacidad de carga del terreno, por lo cual es aconsejable emplear en estos casos otro tipo de cimentación. El ancho del cimiento en la parte superior ( corona ) no deberá ser menor de 0.30 m. y dependerá del espesor del muro o cadena que vaya a soportar ( Ver fig 3.3.a ); las cepas se excavarán 10 cm. más anchas que las dimensiones de los cimientos para que los albañiles puedan trabajar sin dificultad. En terrenos duros puede ignorarse esta recomendación. En terrenos con pendiente las cepas se harán escalonadas y a nivel.



- 1 CORONA DEL CIMIENTO
- 2 JUNTA DE MORTERO
- 3 ESCARPIO
- 4 PIEDRA BRAZA
- 5 NIVEL DEL TERRENO
- 6 PLANTILLA DE PEDACER DE TABIQUE

### CIMIENTO DE PIEDRA

fig 3.3.a

Al comenzar los cimientos deberá exigirse que se moje la piedra para que; esta no absorba la humedad del mortero; de la misma manera, deberá vigilarse el perfecto cuatraperco para obtener un amarre correcto.



La mayor dimensión de las piedras deberá de ir colocada en sentido transversal del eje del cimiento, procurando que toda la piedra grande quede en la parte inferior y la chica en la superior. Deben eliminarse todos aquellos huecos que queden entre piedra y piedra, haciéndolas quedar sólidamente unidas con mortero fresco y metiendo piedra chica que sirva de cuña donde se necesite.

Sin embargo, el uso de cuñas deberá evitarse en lo posible, pues constituye un defecto de construcción; la buena mampostería es aquella donde la piedra asienta una sobre otra en todo su lecho, estableciendo una junta de mortero de buena calidad, en cantidad indispensable y suficiente. ( Ver fig 3.3.b ). Para lograr una adherencia perfecta las juntas no deberán ser mayores de 2.5 cm.

En aquellas partes donde pase un tubo de albañal por la mampostería, es indispensable hacer cajas con la misma piedra, para evitar que cualquier asentamiento rompa el albañal. Se puede lograr lo anterior dejando espacio libre entre tubo y piedra.

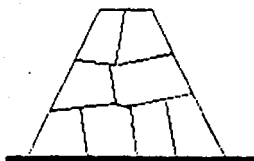
Deberán vigilarse los ángulos de las caras inclinadas. Con respecto a la horizontal no serán nunca menores de  $45^\circ$  o de  $60^\circ$  si el mortero que se usa en el mamposteo es cemento-arena o calhidra-arena respectivamente.

Teóricamente el ángulo de  $45^\circ$  es suficiente, siempre y cuando el mortero utilizado sea a base de cemento, pero se le evita por el peligro de que el ángulo de asiento haga fallar por esfuerzo cortante, siendo generalmente adoptado el de  $60^\circ$ .

Los materiales más comunes en la construcción de zapatas corridas son, el concreto armado y la mampostería de piedra.



**FORMA CORRECTA, NO HAY CONTINUIDAD DE JUNTAS Y LAS PIEDRAS PERMANECEN EN SU SITIO.**



**FORMA INCORRECTA, HAY CONTINUIDAD DE JUNTAS Y LAS PIEDRAS TIENDEN A SALIRSE DE SU SITIO ORIGINAL.**

### **CIMENTOS DEFECTUOSOS**

**fig 3.3.b**

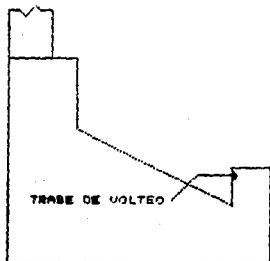
**RECOMENDACIONES:** En zapatas de colindancia que tienen escarpio en un solo lado revisar por volteo y si es necesario, construir sobre ella una trabe de volteo ( ver fig 3.4 ).

#### **III.3 LOSA DE CIMENTACION**

Cuando es necesario soportar mayores cargas se aumenta el ancho de las zapatas hasta que es más económico juntar las losas

de las zapatas y nos lleva a una losa de cimentación.

La losa al apoyarse perimetralmente en traveses cambia la forma de trabajo haciéndola que se apoye en sus extremos en lugar de estar en cantiliver.

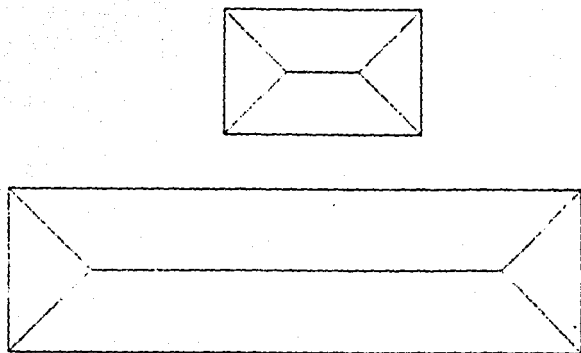


### ZAPATA DE COLINDANCIA

fig 3.4

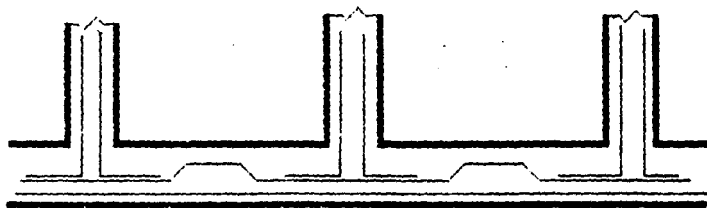
El cálculo de una losa de cimentación es similar al de las losas de techo solo que en lugar de soportar una carga lo hace con una presión que empuja de abajo hacia arriba en forma uniforme.

Es conveniente subdividir las áreas de manera que sean pequeñas y apoyadas en nervaduras. ( ver fig 3.5 ) y ( ver fig 3.6 ).



**AREAS TRIBUTARIAS**

**fig 3.5**



**ARMADO DE UNA LOSA DE CIMENTACION.**

**fig 3.6**

**CAPITULO IV**  
**CIMENTACIONES**  
**COMPENSADAS**

## CAPITULO IV

### CIMENTACIONES COMPENSADAS

Al igual que con las cimentaciones superficiales se deberá empezar con un estudio de la localización e identificación de cables telefónicos, tuberías de agua y tuberías de drenaje.

Hecho lo anterior procedemos a la elección de la maquinaria, porque cabe mencionar que en estos casos, el uso de maquinaria es obligado. La gama de equipo a elegir va desde una pequeña retroexcavadora hasta una excavadora respetable.

Normalmente las cimentaciones compensadas se realizan en terrenos de las zonas I y II ( terrenos blandos y de transición respectivamente ), debido a que lo que se busca es reducir el esfuerzo transmitido al suelo, que en estas zonas la capacidad de carga del suelo es baja comparada con el esfuerzo transmitido al mismo por la edificación, en ocasiones se presentan excavaciones de este tipo en roca, pero esto se debe al deseo de ocupar el espacio de la excavación por algunos niveles de la edificación y no a un problema de capacidad de carga.

Por lo regular el área del edificio a construir se prolonga hasta los linderos de la propiedad o son adyacentes a otros en

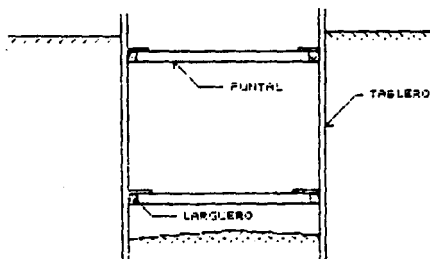
los que ya existen estructuras. Bajo estas circunstancias, los frentes de excavación deben hacerse verticales y usualmente requieren ademe.

Si la profundidad de la excavación no es mayor de 4 m., comúnmente se acostumbra hincar tablonces verticales alrededor del límite de la excavación propuesta, a los que se llama forro. La profundidad a la que se inca el forro se mantiene cerca del fondo al avanzar la excavación. El forro se mantiene en su lugar por medio de vigas horizontales llamadas largueros, que a su vez están soportados generalmente por puntales horizontales que se extienden de costado a costado de la excavación. Los puntales son usualmente de madera, pero, si la excavación no tiene más de aproximadamente 1.5 m. de anchura, se usan comúnmente tubos metálicos que se pueden alargar llamados puntales para cepas. Si la excavación es demasiado ancha para poder usar puntales que se extiendan a lo largo de todo lo ancho, los largueros pueden apoyarse en puntales inclinados llamados rastrillos o rastras. Para su uso se requiere que el suelo en la base de la excavación sea lo suficientemente firme para que dé el soporte adecuado a los miembros inclinados. ( ver fig 4.1 ) y ( ver fig 4.2 ).

Cuando la profundidad de la excavación es mayor que 6 m., el uso de forros de madera se hace antieconómico y se emplean comúnmente otros métodos para entibar y apuntalar. De acuerdo con uno de los procedimientos, se hincan tablestacas de acero alrededor del límite de la excavación. Al ir extrayendo el suelo del recinto formado por las tablestacas, se insertan largueros y

puntales.

Los tipos de tabiestacas que comúnmente se usan para este objeto son los mostrados en la ( fig 4.3 ). La resistencia y rigidez del tipo (b) que tiene el alma en forma de arco, excede a la de alma plana (a); mientras que las tabiestacas con alma en forma de Z son las que tienen mayor resistencia. En consecuencia, se usan los tipos (a) y (b) en excavaciones de poca profundidad y el tipo (c) para las excavaciones más profundas, o para aquellas en que se espera tener presiones muy grandes.



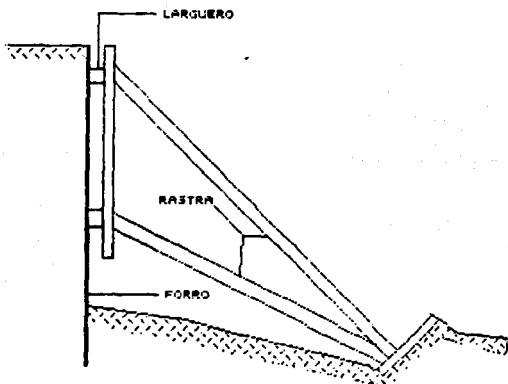
### APUNTALAMIENTO DE UNA EXCAVACION

fig 4.1

Cuando la excavación se ha profundizado unos cuantos metros, se insertan largueros y puntales, como se muestra en la ( fig 4.4 ). Los largueros comúnmente son de acero, y los



puntales pueden ser de acero o de madera. Prosigue luego la excavación a un nivel inferior, y se instala otro juego de largueros y puntales. Este proceso continúa hasta que se termina la excavación. En la mayor parte de los suelos es aconsejable hincar las tabiestacas varios metros abajo del fondo de la



### APUNTALAMIENTO DE UNA EXCAVACION

fig 4.2

excavación para evitar los bufamientos locales. En algunos casos, con la porción hincada se elimina la necesidad de instalar un puntal en el fondo del corte. Es importante proporcionar apoyo vertical al apuntalamiento. Esto puede hacerse manteniendo postes abajo del sistema de apuntalamiento para que transmitan su peso

al suelo inferior o sujetando el apuntalamiento a vigas que se extiendan a través del borde superior del corte.

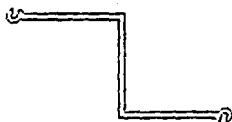
En la mayor parte de los suelos, puede exponerse una cara vertical de varios metros cuadrados sin peligro de que el terreno sufra colapso. Entonces, puede ser posible eliminar las



a) DE ALMA PLANA



b) DE ALMA CURVA



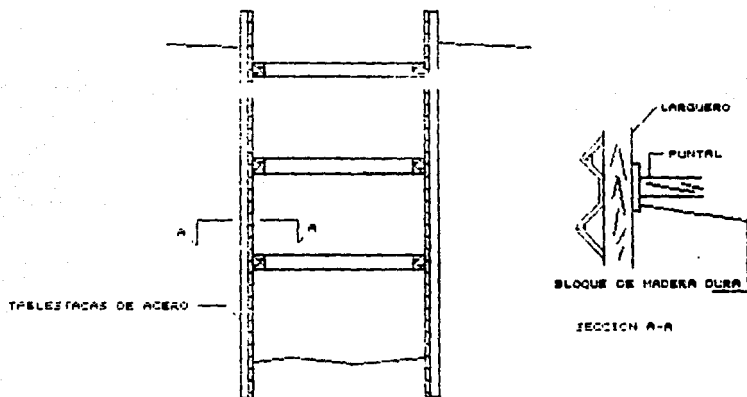
c) CON FORMA DE Z

### TIPOS DE TABLESTACAS

fig 4.3

tablestacas para reemplazarlas por una serie de pilotes en H colocados con una separación de 1 a 3 m. Estos pilotes verticales, se hincan con sus patines paralelos a los costados de la excavación como se muestra en la figura ( Ver fig. 4.5 ). Al quitar el suelo cercano a los pilotes, se introducen tablas como

se muestra en la figura y se acufian contr el suelo que está fuera del corte. En general, al avanzar la profundidad de la excavación de un nivel a otro, se insertan largueros y puntales de la misma manera que para el forro de metal.



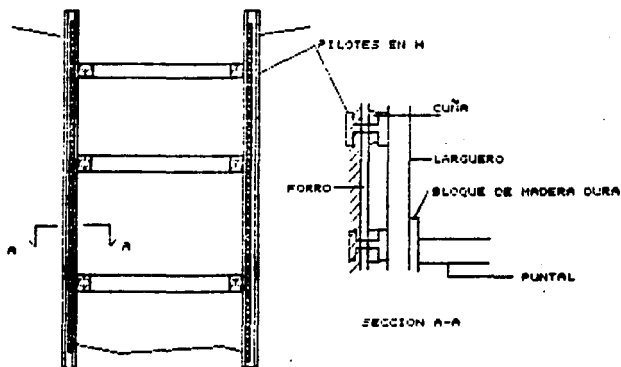
### FRENTE ENTIBADO CON TABLESTACA DE ACERO

fig 4.4

Si el ancho de una excavación profunda es demasiado grande para que permita el uso económico de puntales a través de toda la excavación, pueden usarse puntales inclinados, siempre que exista el apoyo adecuado para ellos. En algunos casos, es posible excavar la porción central del lugar a su máxima profundidad y colar parte de la cimentación. Después, la parte terminada de la

cimentación sirve de apoyo a los puntales inclinados o rastras que se requieren cuando se excava el resto. ( Ver fig 4.6 ).

Como alternativa del apuntalamiento transversal o de los puntales inclinados, con frecuencia se usan tirantes. De acuerdo al siguiente sistema, se hacen agujeros inclinados en el suelo



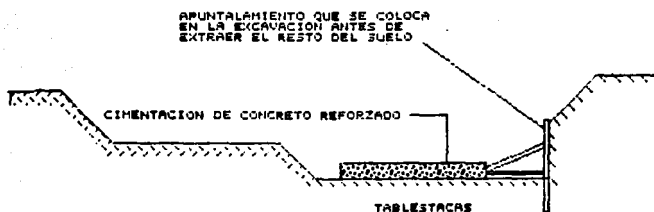
**FRENTE RETENIDO POR PILOTES H**

**fig 4.5**

fuera del ademe o de los pilotes H; en terreno favorable se hace una ampliación o campana en el extremo del agujero. Luego se coloca el refuerzo que va a trabajar a la tensión acto seguido se llena de concreto la perforación. Usualmente, cada tirante se preesfuerza antes de aumentar la profundidad de la excavación.

( Ver fig 4.7 ).

Algunas veces, es preferible completar los muros exteriores de una estructura antes de quitar el material en el espacio ocupado por los sótanos. Los muros se construyen en zanjas angostas apuntaladas, ( Ver fig 4.8 ). Después, cuando se han

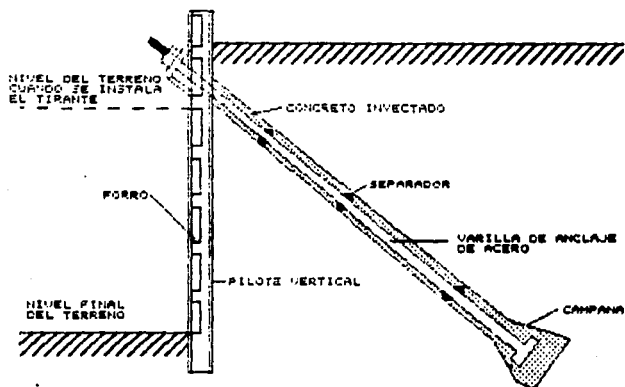


### APUNTALAMIENTO EN EXCAVACIONES ANCHAS

fig 4.6

terminado los muros y el sistema de piso se ha construido arriba, puede excavar el bloque de suelo que queda entre las paredes. El piso proporciona el apuntalamiento para la parte superior de las paredes y puede insertarse el apuntalamiento adicional necesario cuando la excavación progrese.

Ocasionalmente, los muros exteriores se construyen en una zanja llena de lodo o de un líquido denso de arcilla en suspensión semejante al lodo de barrenación. El lodo estabiliza las paredes de la zanja y permite la excavación sin necesidad de



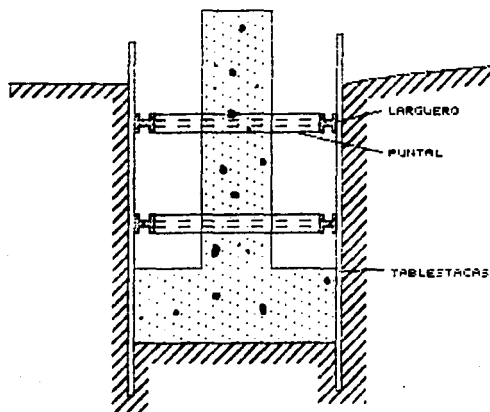
**SISTEMA DE TIRANTES PARA SOPORTAR  
FRENTE VERTICALES DE CORTE**

**fig 4.7**

ademe o de apuntalamiento. Las armaduras del refuerzo se bajan en el lodo que se desplaza con concreto colado con trompa de elefante. Este sistema tiene una variante que permite un avance rápido, en lugar de colar los muros en la zanja, se utilizan muros prefabricados, con un sistema de macho-hembra, los cuales

al momento de ser colocados en la zanja desplazaran al lodo.  
( Ver fig 4.9 ).

Cuando las excavaciones son realizadas por debajo del nivel de aguas freáticas, controlaremos la subpresión y la estabilidad del corte mediante: Bombeo, Inyecciones de lechadas de cemento para formar macizos, Criogenia o congelación del suelo mediante la inyección de algún gas.



**CONSTRUCCION DE MUROS ANTES DE  
HACER LA EXCAVACION GENERAL.**

**fig 4.3**

Dependiendo del tipo de material y del peligro de expansiones del fondo de la excavación será el tamaño del área

que atacaremos simultáneamente.

En arcillas y limos plásticos es conveniente trazar una retícula sobre el terreno con cuadros no mayores de 6 m. por lado y excavarlos alternadamente en forma de tablero de ajedrés,

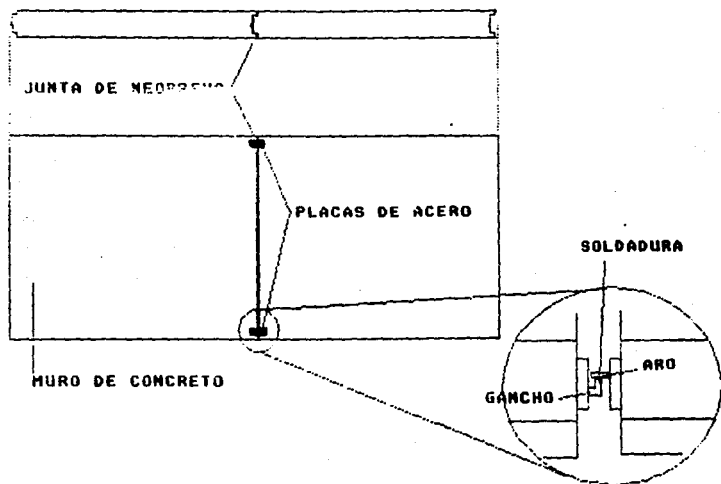


fig 4.9

primero los cuadros de un color y luego los de otro. La longitud de los cuadros a excavar será tal que al construir la cimentación pueda haber una celda completa más un quinto de otra a fin de cumplir con la recomendación de hacer coincidir las juntas de



colado con los puntos de momento flexionante mínimo.

Terminando la construcción de esta parte de la cimentación conviene lastrarla con arena con el propósito de reintegrar al suelo la carga que tenía. Se recomienda no iniciar la excavación del cuadro colindante mientras el suelo de esta parte no esté en condiciones similares de carga a las prevalecientes originalmente.

Al terminar la excavación de un cuadro como inicio del proceso construcción se colará una plantilla de concreto pobre de 5 a 6 cm. de espesor. Si hubiera drenes se rellenaran con tezontle o grava gruesa a fin de permitir el paso del agua.

Sobre la plantilla se armará el acero de la losa y se dejará anclado a él el de muros y columnas. Posteriormente se cimbrarán las fronteras de la losa o bien se colocará la cimbra de los muros y los dados de las columnas hasta la altura que se desee colar monolíticamente con ella.

En caso de que se haya decidido colar parte o la totalidad de un elemento vertical conjuntamente con la losa iniciar el colado por dichos elementos e inmediatamente después hacerlo con la losa.

Cuando el nivel freático cubra parcial o totalmente la cimentación conviene que aquellas juntas de colado que vayan a quedar bajo agua, contengan una banda de neopreno colocada en forma tal que una mitad de su ancho quede ahogada en el concreto viejo y la otra mitad en el nuevo.

# **CAPITULO V**

## **CIMENTACIONES PROFUNDAS**

## CAPITULO V

### CIMENTACIONES PROFUNDAS

Quando las condiciones del terreno no son apropiadas para permitir una cimentación superficial ó de poca profundidad, las cargas se transmiten a material más adecuado a mayor profundidad por medio de pilotes o pilas.

#### V.1 PILOTES

Se usan pilotes en las cimentaciones cuando se requiere:

- 1.- Transmitir la carga, a través de un espesor de suelo blando o a través de agua, hasta un estrato resistente.
- 2.- Transmitir la carga a un cierto espesor de suelo blando, utilizando para ello la fricción lateral que se produce entre suelo y pilote.
- 3.- Compactar suelos granulares, con el fin de generar mayor capacidad de carga.
- 4.- Proporcionar el debido anclaje lateral a ciertas estructuras ( como tablestacas ) o resistir las fuerzas laterales que se ejerzan sobre ellas.

- 5.- Proporcionar anclaje a estructuras sujetas a subpresiones, momentos de volcadura o cualquier efecto que trate de levantar la estructura. Estos son pilotes de tensión.
- 6.- Alcanzar con la cimentación profundidades ya no sujetas a erosión, socavaciones u otros efectos nocivos.
- 7.- Proteger estructuras marítimas, tales como muelles, atracaderos, etc., contra el impacto de barcos u objetos flotantes.

Los pilotes pueden ser clasificados, por su forma de trabajo en, de punta, de fricción y mixtos. Los pilotes de punta desarrollan su capacidad de carga con apoyo directo en un estrato resistente. Los pilotes de fricción desarrollan su resistencia por la fricción lateral que generan contra el suelo que los rodea. Los pilotes mixtos aprovechan a la vez estos dos efectos.

Los pilotes pueden estar hechos de madera, de concreto, de acero o de una combinación de estos materiales. Los pilotes de madera ya se usan muy poco en trabajos de importancia y han quedado prácticamente circunscritos a estructuras provisionales o a funciones de compactación de arenas. Los pilotes de concreto son los más ampliamente usados en la actualidad; pueden ser de concreto reforzado común o presforzado; aunque la mayoría son de sección llena. Últimamente se ha desarrollado el uso de pilotes

huecos de menor peso. Los pilotes de acero son de gran utilidad en aquellos casos en que la hincada de los pilotes de concreto se dificulta por la relativa resistencia del suelo, pues tiene mayor resistencia a los golpes del martinete y mayor facilidad de penetración; suelen usarse secciones H o secciones tubulares, con tapón en la punta o sin él.

Según el procedimiento de construcción y de colocación, los pilotes de concreto pueden ser prefabricados e hincados a golpes o a presión o colados en el lugar ( colados in situ ). En una excavación realizada con anterioridad a la construcción del pilote. Para los hincados a golpe, existen tres tipos principales de martinetes de hincado. El de caída libre, que es de poco uso en la actualidad debido a su lentitud y que consiste en una masa guiada, que se eleva por medio de un malacate y se deja caer de cierta altura especificada; El de vapor de acción sencilla, que utiliza la energía del vapor para levantar la masa golpeante, para después dejarla caer por acción de la gravedad y el de vapor de doble efecto, en el que la energía del vapor eleva la masa y en su caída la impulsa y acelera.

#### V.1.1 TIPOS DE PILOTEADO

##### V.1.1.1 PILOTES DE PUNTA HINCADOS AL GOLPE:

Son aquellos pilotes prefabricados que se hincan en el terreno por medio de golpes dados por el martillo de una piloteadora o martinete. Consideremos que el material de los pilotes es de concreto.

Se determina la capacidad de carga de estos pilotes, realizando previamente un estudio de campo, despues se realizan pruebas de laboratorio que nos den las constantes de resistencia, para poder aplicar asi una teoria de capacidad de carga adecuada. Los pilotes de punta, en especial, se apoyan en un estrato de suelo resistente, cuyo espesor y características han de ser verificadas en todas partes, pues cambios no previstos en espesor y resistencia han sido causas de numerosas fallas.

Existen otros problemas que afectan la colocación y el funcionamiento de los pilotes de punta hincados al golpe.

Antiguamente era costumbre hincar los pilotes hasta que ya no era posible introducirlos a mayor profundidad bajo los golpes de un martinete. Este criterio era conocido como criterio de rechazo para la hinca de los pilotes. Considerado así, como fundamental para definir el desplante del conjunto de pilotes de la cimentación, este criterio es muy defectuoso y puede inducir a graves errores de trascendencia. Consideremos el caso en el cual hay lentes resistentes con capacidad de producir el rechazo en los pilotes ( ver fig 5.1 ). Como se ve los pilotes quedaran apoyados a diferentes profundidades, con la consecuencia de que con el tiempo los pilotes apoyados en la roca permaneceran totalmente fijos, en tanto los apoyados en los lentes sufriran asentamientos diferenciales debido a ser distintos los espesores de material compresible que hay debajo de cada lente.

Otro peligro de un pilote hincado al rechazo es que cualquier sobrecarga que el pilote reciba o cualquier disminución de resistencia en el suelo a lo largo del tiempo, puede hacer penetrar al pilote a un estrato de resistencia menor, el cual hubiera presentado buenas condiciones en el momento de la hincada. La profundidad a la cual se va a apoyar un pilote debe establecerse

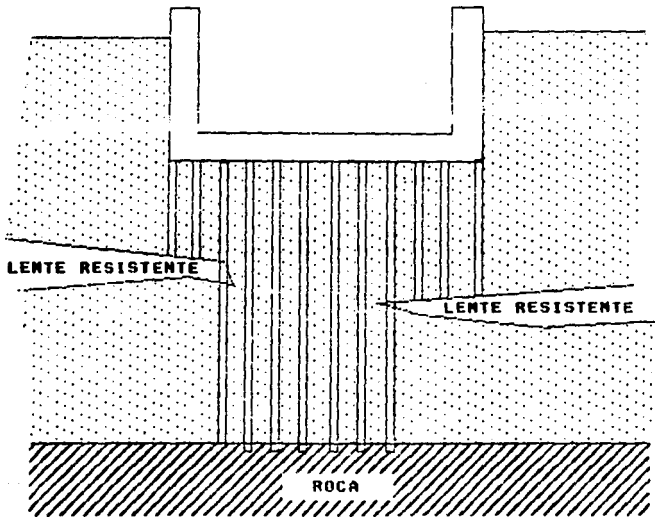


fig 5.1

con base en el conocimiento del suelo por medio de la exploración, conocida así la profundidad del estrato resistente, el criterio de rechazo es una buena comprobación de haber alcanzado el estrato deseado. Hay ocasiones en que el estrato de

apoyo es de resistencia variable, dentro de los límites razonables, en profundidad y extensión; este es otro caso en que una aplicación inteligente del criterio de rechazo garantiza el buen apoyo. Un criterio de rechazo también es aplicable para no sobre-incar los pilotes, por lo que se entiende que el dar un número excesivo de golpes sin conseguir avance daña estructuralmente el pilote.

Para un buen apoyo y evitar un sobre hincado es frecuente aceptar en la práctica un criterio de rechazo, según el de las condiciones del pilote son aceptables si con los últimos 3 a 5 golpes el pilote no se hinca más de 1 cm. y siempre que esta situación en los últimos 3 a 5 cm.

El criterio anterior, es aceptable sólo cuando se aplica dentro de las normas de un proyecto, para afirmarlo, en el cual la posición y la profundidad de desplante de cada pilote se determinó con base en exploraciones. Si el rechazo se hace lejos de las condiciones de proyecto, debe verificarse cuidadosamente el proyecto ó el método de hincado.

La necesidad de llevar pilotes a profundidades de desplante previamente establecidas y correspondientes a estratos de plena garantía para el apoyo, plantea el problema de atravesar estratos de cierta resistencia, que dificultan la hinca, y que no son un apoyo permanente. Cuando estos estratos no son de naturaleza friccionante suele ser de buen resultado ayudar a la hinca a golpes con la inyección de agua a presión. Los inyectores de agua

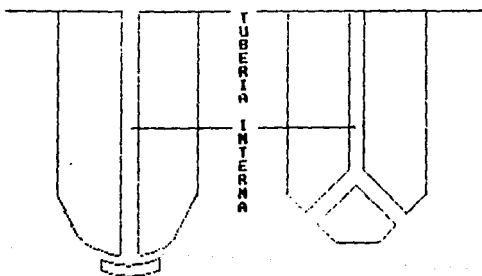


o chiflones han de ser previstos y dispuestos con anticipación en el mismo pilote, antes de construirlo.

Los inyectores son tubos de 5 a 7.5 cm. de diámetro, con estrechamiento en su extremo.

Los arreglos con un solo inyector en la punta del pilote son indeseables ya que se tapan y además, tienden a formar un tapón compacto bajo el pilote, dificultando el hincado.

En el mejor arreglo, los chiflones deben salir lateralmente y dirigidos ligeramente hacia arriba ( Ver fig 5.2 ). El número de salidas de agua debe ser tal que produzca dispositivos simétricos en torno al pilote, pues de otro modo éste no baja vertical o se desvía de cualquier dirección que se desee.



PILOTES  
fig 5.2

Se dice que la inyección de agua no es efectiva para atravesar mantos de arcilla o de suelos finos plásticos en general. Sin embargo, la experiencia ha dado buenos resultados en estos casos, siempre y cuando en torno al pilote no se cierre el espacio que permita la salida del agua hacia el exterior.

La operación de la inyección debe suspenderse por lo menos un metro sobre el nivel de desplante definitivo del pilote, pues de otro modo se corre el riesgo de aflojar el nivel de apoyo, disminuyendo su resistencia.

Cuando se hincan pilotes en arcillas blandas, se desplaza un volumen de suelo que puede ser tan grande como el volumen de los pilotes. Esto produce en el terreno un lomo que levanta las estructuras adyacentes o los pilotes vecinos; puede también suceder que los pilotes ya incados se separen del estrato resistente en que se apoyaban bajo la arcilla.

Esto puede remediarse rehincando los pilotes, pero en ocasiones la adherencia entre arcilla y pilotes crece de tal manera con el tiempo, que esta operación se hace muy difícil o imposible. Ocurre también cuando se analizan movimientos laterales de los pilotes y que son indeseables.

Todos los problemas anteriores pueden reducirse o eliminarse removiendo parte del suelo que el pilote va a desplazar. Esta operación es denominada proexcavación y se realiza con multitud

de herramientas cortadoras y rotatorias, desarrolladas para tal efecto.

La preexcavación es útil también cuando a profundidades no muy grandes se presentan estratos cohesivos más o menos duros, los cuales han de ser atravesados en la hincas, pero que la dificultarían.

#### V.1.1.2 PILOTES DE FRICCIÓN HINCADOS AL GOLPE:

Se denomina pilotes de fricción a aquellos que están totalmente embebidos en material blando, de modo que su resistencia proviene total o casi totalmente de la adherencia que se desarrolla en el fuste, esto es el caso de los suelos cohesivos, de fricción entre suelo y pilote, y el de suelos friccionantes. La resistencia por punta la consideramos muy pequeña o despreciable para esta parte.

La hincas de estos pilotes en arcilla blanda produce remoldeo, el cual disminuye su resistencia al esfuerzo cortante cuanto más senciible sea; sin embargo, con el paso del tiempo la resistencia se va recuperando. Esto es debido a que los esfuerzos y deformaciones tangenciales de hincas perturban la estructura de la arcilla, generando presiones neutrales que disminuyen los esfuerzos efectivos y, por ello, la resistencia al esfuerzo cortante; esto es más notable cuanto más senciible sea la estructura de la arcilla. Así es frecuente que en arcillas muy sencibles, los pilotes bajen por su propio peso. Con el paso del tiempo, se disipan las presiones en el agua en exceso de las

hidrostaticas y se regenera la resistencia al esfuerzo cortante en el suelo, es por lo menos, del mismo orden que la resistencia inicial y aún pueden ser mayores, debido a la consolidación que se induce durante la disipación de presiones neutrales.

Para calcular la capacidad de carga de los pilotes de fricción en arcillas blandas hay dos procedimientos practicables a partir de los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante del suelo o a partir de los datos de una prueba de carga.

La experiencia ha demostrado que en arcillas blandas saturadas es satisfactorio suponer que la adherencia entre el fuste del pilote y la arcilla es igual a la cohesión de ésta, calculada en prueba rápida o aún en base a una prueba de compresión simple, aquí es conveniente reducir su valor a la mitad para efectos de diseño, lo que equivale a utilizar un factor de seguridad de dos.

Así, si  $f_a$  es la adherencia entre pilote y suelo se tiene:

$$f_a = c = qu/2, \text{ ó } f_{at} = c/2 = qu/4$$

( a la falla )      ( de trabajo )

Teniendo la adherencia, la capacidad total del pilote se obtiene multiplicando ésta por el área del pilote en contacto con el terreno..

Segun Tomlinson, con base en numerosas pruebas ha propuesto esta tabla de adherencia, comparada con la cohesión en diferentes arcillas.

MATERIAL DEL PILOTE	CONSISTENCIA DE LA ARCILLA	COHESION C TUN/M2	ADHERENCIA fa TON/M2
concreto y madera	blanda	0 - 4	0 - 3.5
	firme	4 - 8	3.5 - 4.5
	dura	8 - 15	4.5 - 7.0
acero	blanda	0 - 4	0 - 3
	firme	4 - 8	3 - 4
	dura	8 - 15	?

Nótese que la correspondencia entre la adherencia y la cohesión, muy aproximada en arcillas blandas, se hace menos cuanto más dura es la arcilla en la que se hinca el pilote. Esto es debido a que al hincar un pilote en arcilla más o menos dura tienden a formarse pequeños espacios huecos entre suelo y pilote, con lo que la adherencia promedio disminuye; este efecto, por supuesto, no se tiene en arcillas blandas. Además, en arcillas muy firmes, saturadas, fuertemente preconsolidadas, la distorsión producida por el hincado induce tensión en el agua por los vacíos, por lo que la arcilla en la vecindad del pilote tiende a expandirse con la disminución de la resistencia al corte. Los valores de la tabla anterior han probado ser bastante confiables en la práctica para arcillas duras.

La capacidad de carga de pilotes de fricción hincados en arenas sueltas es aún más difícil de estimar actualmente. En estos casos los pilotes nunca trabajan únicamente por fricción lateral y la capacidad de carga por punta siempre juega un papel

importante. La hincada de los pilotes tiene un efecto compactador en la arena, por lo que, a pesar de tener un manto originalmente suelto, puede volverse muy difícil y aún imposible hincar un pilote cuando en su vecindad se han hincado previamente otros.

La estimación de la capacidad de carga de los pilotes por fricción, hincados en arenas, es un problema prácticamente no resuelto en el campo teórico. Algunos autores suponen que la fricción lateral sigue una ley lineal a lo largo del fuste, aumentando la fricción con la profundidad, esta fricción se expresa como una fracción de la presión normal por peso propio del suelo que exista en un nivel determinado.

Las experiencias han demostrado que la ley lineal de distribución para la fricción lateral puede ser muy discordante con la realidad. En la fig 5.3 se recogen experiencias en modelos de pilotes, hechas por Florentin, L'Heriteau, y Farhi, en las que puede verse como la ley de distribución de la fricción se aparta de la lineal en gran medida, aquí se acerca a ella cada vez más, según la carga del pilote se acerca a la de la falla.

Se ha visto también que la resistencia de un pilote por fricción lateral en arena varía con muchos factores de influencia muy difíciles de cuantificar en un caso dado, de los que los principales son la compactación y otras características del suelo, la posición del nivel freático y las perturbaciones que se induzcan sobre el pilote, como son la hincada de otros, nuevas excavaciones, etc.

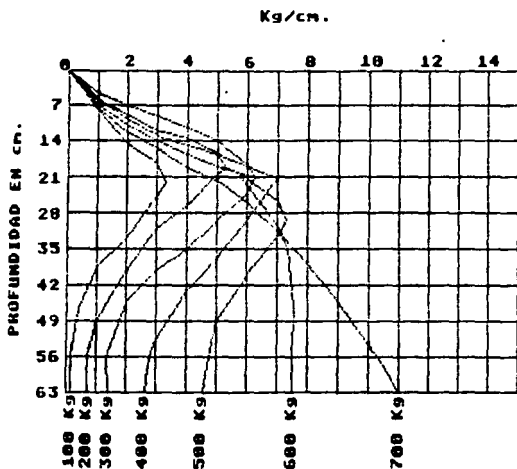


fig 5.3

### V.1.1.3 PILOTES COLADOS " IN SITU ":

Existe una gran variedad de pilotes que se construyen directamente en el lugar en que definitivamente va a cumplir su cometido; pilotes que no se construyen en otra parte para después ser incados a golpes hasta su posición definitiva como los que hasta ahora se ha venido hablando.

Estos pilotes se distinguen y clasifican por los procedimientos que sirven para construirlos; éstos son sumamente variados y comprenden la excavación de perforaciones, además ó

no, que después se rellenan de concreto; gatos que hacen penetrar los ademes a presión; chiflones que permiten hacer llegar los trabajos al nivel deseado o métodos que involucran la utilización de explosivos.

Muchos de los tipos de pilotes colados in situ de uso normal son patentes comerciales que difieren entre sí relativamente poco, esta competencia de carácter puramente comercial ha complicado el campo produciendo un gran número de variantes, respecto a unos tipos básicos.

#### V.1.1.4 PILOTES DE ACERO:

Se llaman así los pilotes en que el material básico o único es el acero. Estos se construyen con secciones H o secciones de tubo.

Los pilotes de acero de sección H, debido a su pequeña área transversal y a su gran resistencia son apropiados para penetrar en materiales duros, en el que otros tipos de pilotes darían problemas en el hincado. Son adecuados cuando no se quiere tener fuerte desplazamiento del suelo a causa del hincado. Soportan muy fuertes cargas, cuando el apoyo es bueno.

Los pilotes de acero de sección tubular se colocan en el terreno hincándolos y presionándolos y pueden tener la punta tapada o abierta. Los pilotes suelen rellenarse de concreto una vez alcanzada la profundidad de desplante. Es muy común que sean compuestos por secciones unidas entre sí por juntas especiales o



soldadas; con esto se logra ventaja de maniobrabilidad y menor espacio para la colocación.

Estos pilotes son apropiados para ser hincados a golpes a través de suelos más o menos duros en los que es difícil el hincado de pilotes de concreto, aún con la ayuda de chiflones.

Los tubos cerrados en su extremo resultan tan difíciles de hincar como un pilote de concreto, si bien resiste más y más enérgicos golpes de un martinete, en los tubos abiertos, en suelos algo duros, el material que va penetrando durante el hincado dificulta gradualmente también esta operación.

Los pilotes de sección tubular son buenos para soportar cargas grandes, ahorrando así muchos pilotes en estructuras pesadas en que se estudian como solución alternativa a los de concreto. Cuando exista ataque por corrosión, los pilotes deberán protegerse por algún método apropiado.

#### V.1.1.5 PILOTES FRANKI:

Estos pilotes tienen la ventaja de poseer una base ampliada, de modo que transmiten esfuerzos menores, a misma carga, lo que es conveniente si el estrato resistente no es de mucho espesor. Otra ventaja radica en que no se precisa gran espacio de maniobra, pues el martillo que hinca corre solo dentro del tubo que sirve de ademe al pilote.

El procedimiento de construcción es el siguiente:

En primer lugar se coloca la primera sección del tubo de

hinca sobre la superficie del suelo, parcialmente lleno con una carga de concreto seco. A continuación se golpea el concreto con un martillo de caída libre, haciendolo penetrar en el suelo, seguido del tubo.

Una vez que se ha alcanzado un nivel un poco por encima del de deplante, se fija el tubo por medio de cables y, por medio del martillo, se fuerza al tapón de concreto hacia abajo y hacia afuera del tubo, colocando más concreto, siempre golpeando con el martillo; así se forma una base ampliada del pilote.

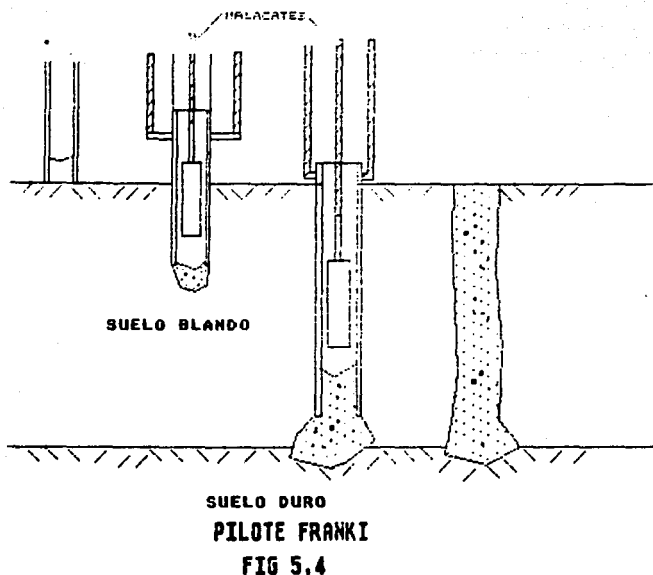
Formada la base, se va vaciando concreto dentro del tubo, golpeando con el martillo, a la vez que se extrae lentamente el tubo, ( Ver fig 5.4 ).

#### V.1.1.6 PILOTES PREEXCAVADOS:

Estos pilotes son sumamente ventajosos cuando se trabaja con un suelo blando que se desplace lateralmente durante la hincada de un pilote, perjudicando así a otros ya hincados, también lo son cuando hay un gran número de pilotes muy próximos y que hay peligro de levantar alguno con la hincada de otro vecino. Estos pilotes preexcavados son ventajosos cuando se trata de construir pilotes de gran diámetro.

Estos pilotes se construyen siguiendo estos pasos:

Se hinca el tubo de acero con punta biselada hasta el estrato de apoyo, se extrae el tubo con el material que quedo en su interior. El material se vacía elevando el tubo y colocando un



mandril fijo en el extremo superior el cual impide que el material suba con el tubo. Después se vuelve a meter el cilindro con el mandril en su interior hasta el nivel de apoyo, se extrae el mandril y se llena el cilindro de concreto; en seguida se presiona el mandril sobre el concreto y se extrae el tubo.

Si el hueco de la excavación se cierra al sacar el tubo o si hay dificultades de hincado al tratar de meter el tubo de una vez, puede trabajarse con dos tubos, uno dentro del otro, retirando en tramos el interior, vaciándolo y volviéndolo a

hincar otra fracción; durante estas operaciones, el tubo exterior sirve como ademe, que puede finalmente retirarse o ser dejado permanentemente.

#### V.1.1.7 PILOTES HINCADOS A PRESION:

El método de construcción consiste en hacer una pequeña excavación en cuyo fondo se coloca la primera sección del pilote con punta metálica, que se presiona con un gato para lograr su hincado; en trabajos de recimentación, la reacción del gato la da la estructura ya existente.

Hincada la primera sección, se le une una segunda, por medio de un collar de acero, repitiéndose esta operación el número de veces que sea necesario.

#### V.1.1.8 PILOTES HINCADOS POR ROTACION:

Estos son pilotes de concreto con agujero longitudinal en el que se aloja una barra, en cuyo extremo inferior, fuera del pilote va una hélice de diámetro mayor que el del pilote. Por rotación, el pilote alcanza el nivel deseado, tras lo cual se retira la barra y se rellena el agujero del pilote con concreto. La hélice se pierde en cada pilote.

#### VENTAJAS DE PILOTES DE MADERA:

Entre las ventajas de los pilotes de madera están las siguientes:

- 1.- Las longitudes y tamaños más populares pueden

encontrarse con prontitud.

2.- Son economicos en costo.

3.- Pueden manejarse fácilmente, con poco peligro de que se rompan.

4.- Pueden sacarse fácilmente en el caso de que sea necesario quitarlos.

#### DESVENTAJAS DE LOS PILOTES DE MADERA:

Entre las desventajas de los pilotes de madera están las siguientes:

1.- Puede ser difícil obtener pilotes lo suficientemente largos y derechos para algunas obras.

2.- Puede ser difícil o imposible hincarlos en algunas formaciones duras.

3.- Es difícil unirlos para incrementar su longitud.

4.- A pesar de que son satisfactorios cuando se utilizan como pilotes de fricción, no son adecuados para usarse como pilotes de apoyo por la punta para resistir cargas pesadas.

5.- La vida útil puede ser corta a no ser que se traten con algún preservador.

#### VENTAJAS DE LOS PILOTES DE CONCRETO PRECOLADO:

Entre las ventajas de los pilotes de concreto precolado

están las siguientes:

1.- Alta resistencia a los ataques químicos y biológicos.

2.- Alta resistencia.

3.- Puede instalarse un tubo a lo largo del centro del pilote para facilitar la excavación hidráulica del agujero.

#### DESVENTAJAS DE LOS PILOTES DE CONCRETO PRECOLADO.

Entre las desventajas de los pilotes de concreto precolado están las siguientes.

1.- Es difícil reducir o aumentar su longitud.

2.- Los tamaños grandes requieren para su manejo de equipos pesados y costosos.

3.- La escasez de pilotes puede demorar la fecha de iniciación de un obra.

#### VENTAJAS DE LOS PILOTES COLADOS IN SITU:

Entre las ventajas de los pilotes colados in situ, están las siguientes:

1.- Los cascarones ligeros pueden manejarse e hincarse con facilidad.

2.- Las variaciones en longitud no presentan un problema serio. La longitud del cascarón puede aumentarse o

disminuirse con facilidad.

3.- Los cascarones pueden embarcarse en longitudes cortas y ensamblarse en la obra.

4.- Se elimina el exceso de refuerzo que se pone sólo para resistir los esfuerzos de manejo.

5.- Se elimina el peligro de romper el pilote al estarlo hincando.

6.- Pueden proporcionarse rápidamente los pilotes adicionales que se necesiten.

#### DESVENTAJAS DE LOS PILOTES COLADOS IN SITU:

Entre las desventajas de los pilotes colados in situ, están las siguientes:

1.- Un ligero movimiento de la tierra alrededor de un pilote sin refuerzo, puede romperlo.

2.- Una fuerza ascendente, actuando sobre el fuste de un pilote no encamisado y sin refuerzo, puede ocasionar su falla por tensión.

3.- El botón de un pilote de pedestal puede quedar asimétrico.

#### V.1.2 TIPOS DE PILOTES

##### V.1.2.1 HINCADOS A GOLPE:

Los pilotes de concreto apropiados para ser hincados a golpes suelen ser rectangulares o circulares, con calibres usualmente entre 30 y 60 cm.; sus longitudes oscilan entre 5 o 10 m. como límite inferior y 30 m. o algo más, como superior. Estos pilotes requieren lugar de colado, tiempo para curado, lugar para almacenaje y equipo especial para izado y manejo. Estos se cuelan en tramos manejables que se unen en el hincado por juntas cuya resistencia garantice ampliamente la del conjunto.

A continuación describo algunos tipos especiales de pilotes que han sido usados en la práctica.

#### V.1.2.2 PILOTE PRESFORZADO TIPO RAYMOND:

Estos son apropiados para grandes longitudes de pilotes que han de soportar grandes cargas. Los pilotes se hacen de secciones de concreto con armado longitudinal y espiral de 5 m. de longitud, aproximadamente. A lo largo de todo el pilote, coincidiendo en todas las secciones, existen perforaciones próximas a la periferia de calibre suficiente para contener a los alambres longitudinales de presfuerzo, los que, armado el pilote, se tensan con gatos y se sujetan relleno las perforaciones con mortero de cemento. Estos pilotes pueden llegar a diámetros de un metro aproximadamente.

#### V.1.2.3 PILOTES HAUCUBE:

Estos pilotes son de patente inglesa. Consisten en tramos de concreto precolado de 1.5 a 3 m. de longitud, que se van hincando



y uniendo por machihembrado ayudado por mortero. Contribuyen a evitar difíciles maniobras de manejo, inevitables en pilotes grandes.

#### V.1.2.4 PILOTES GIGANTES:

Estos son de concreto protegido por canales de acero que hacen de camisa.

Los canales protegen al pilote de los golpes del martinete, absorbiendo una gran parte de la energía del impacto.

Además embonan con una zapata de acero que cubre la punta del pilote, lo que sirve para transmitir la energía del impacto directamente a la punta, con lo que se logra mayor eficiencia de hincado y los pilotes pueden alcanzar mayores profundidades o pueden usarse eficientemente martinetes de menor energía de hincado. El golpe da en una cabeza de acero directamente conectada a la armadura de los canales. Al término del hincado se extraen los canales jalándolos; el hincado de pilotes adyacentes elimina posteriormente el espacio vacío dejado por la remoción de los canales.

#### V.1.2.5 PILOTES COLADOS IN SITU:

Estos pueden construirse con ademe o sin él; estos últimos se usan donde no se derrumbe o cierre la excavación previa que se haga para la construcción del pilote, en donde el agua no anegue a la misma y en donde no se perjudique un pilote recién construido al efectuar las excavaciones para los pilotes vecinos.

Estos tipos de pilotes tienen ventajas como: espacio de almacenaje, equipo para manejarlo; además no están sujetos a daños por maniobras de manejo o por hincado.

A continuación describo brevemente los tipos más comunes de estos pilotes sin ademe permanente.

#### V.1.2.6 PILOTE Mc ARTHUR DE CONCRETO COMPRIMIDO:

Este pilote puede construirse hasta un diámetro del orden de 60 cm. en forma satisfactoria a través de cualquier suelo, siempre que no ceda lateralmente cuando el concreto sea presionado.

El equipo de construcción comprende un ademe tubular y un ñbolo que ajusta bastante bien en su interior. El procedimiento de construcción es el siguiente:

En primer lugar se hinca el ademe circular con el ñbolo bajado hasta su parte inferior; logrado el nivel deseado, se retira el ñbolo y se rellena el ademe de concreto; enseguida se extrae el ademe por tracción, asegurando al concreto con el peso del ñbolo, para evitar que sea arrastrado hacia afuera, ( Ver fig 5.5 ).

#### V.1.2.7 PILOTE WESTERN:

Estos son una variante de los anteriores en los que se acciona el ñbolo con un mecanismo de poleas, de modo que al ser extraído el ademe utilizando el martinete de hinca, dicho

mecanismo hace el embolo presione al concreto para garantizar que

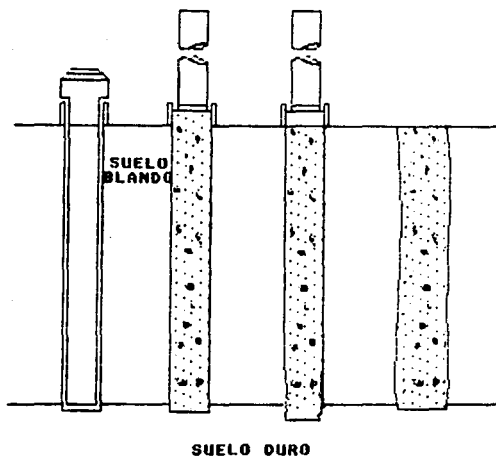


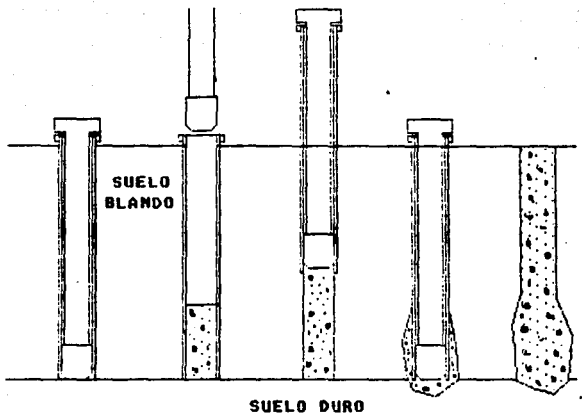
fig 5.5

este quede en posición dentro del ademe, sin arquear y sin arrastre, cuando este es extraído.

#### V.1.2.8 PILOTES DE CONCRETO COMPRIMIDO CON BASE AMPLIADA:

Estos son usados cuando el manto resistente es delgado y no es muy profundo, la base ampliada da menores esfuerzos de contacto, como si fuera una zapata, para cuando el apoyo es un estrato de roca muy inclinada, son muy útiles estos pilotes.

En la construcción de estos pilotes se utiliza un ademe



**PILOTE DE CONCRETO COMPRIMIDO CON BASE AMPLIADA**

**fig 5.6**

tubular hueco, con un émbolo interior que ajuste bien con él. La operación para formar al pilote es la siguiente:

Se hince el ademe con el émbolo metido hasta el fondo, a continuación se levanta el émbolo hasta retirarlo del ademe y se llena éste hasta cierta altura, asegurando el concreto con el émbolo y se rehince el ademe, con el émbolo de nuevo llevado hasta el fondo, a través del concreto fresco, con el que se produce la ampliación de base característica de estos pilotes. Se retira ahora otra vez el émbolo y se rellena el ademe todo de

concreto. Finalmente se retira el ademe con presión hacia arriba, a la vez que con el embolo se da sobre el concreto la suficiente contrapresión hacia abajo para garantizar que el concreto no sea arrastrado y que el pilote resulte bien conformado.

Las operaciones anteriores y la calidad del suelo condicionan la ampliación que se obtenga, las formas alargadas son preferibles si el pilote ha de penetrar algo en el estrato resistente, formas aplanadas dan buen resultado para apoyo en roca, ( Ver fig 5.6 ).

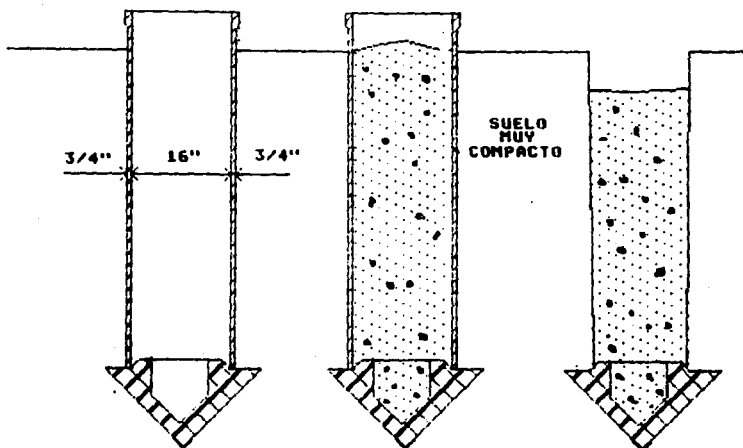
#### V.1.2.9 PILOTES SIMPLEX:

Este tipo de pilotes se puede hincar a través de suelos blandos o relativamente duros. se requiere que al retirar el ademe quede un buen molde para el vaciado de concreto, por lo que deberá colocarse un ademe interior ligero en el caso de que la consistencia del suelo no garantice dicho molde.

En la fig 5.7, se muestra esquemáticamente la operación de construcción, en la que debe notarse que la punta del dispositivo de hincado se pierde en cada pilote.

#### V.1.2.10 PILOTE VIBRO:

Estos pilotes son construidos a través de un suelo que, aún siendo blando tenga la consistencia necesaria para que el concreto no se difunda lateralmente. Estos se hacen de concreto reforzado, con un armado que es objeto de especificación previa. La fabricación es análoga a la de los pilotes Simplex; la



PILOTE SIMPLEX

fig 5.7

extracción del tubo y la formación del pilote se logran por medio de golpes del martillo hacia arriba y hacia abajo. en el golpe hacia arriba, el ademe sube algo y una parte del concreto que lo llena fluye hacia abajo y lateralmente para llenar el espacio anular dejado por la parte del ademe que se movió; se supone que en ese golpe hacia arriba el peso de la columna de concreto es suficiente para que no haya arrastre de material; durante el golpe hacia abajo, el ademe y la columna de concreto actúan como un pistón que compacta al concreto a nivel inferior. El golpe

hacia abajo se da con menor carrera que el ascendente, con lo que resulta un desplazamiento neto del ademe hacia arriba.

Estos pilotes resultan, al fin de la construcción, de superficie lateral corrugada y logra una buena adherencia con el suelo circundante.

A continuación se describen brevemente algunos tipos de pilotes colados in situ que requieren ademado permanente. El ademe permanente es generalmente de lamina delgada corrugada y va colocado dentro del ademe de hinca, que posteriormente se remueve.

#### V.1.2.11 PILOTES BUTTON-BOTTOM:

Se utilizan cuando se desea un incremento en el área de apoyo del pilote. Se han llevado a profundidades de 30 m. con facilidad, soportando cargas de 50 toneladas o algo mayores.

Hincado el ademe exterior hasta la profundidad deseada, llevando en su extremo inferior una zapata independiente de concreto precolado que se pierde en cada pilote, se introduce el ademe corrugado hasta el fondo; este ademe se fija a la zapata por medio de un dispositivo que atornilla ambas partes. Realizada esta operación el ademe se rellena de concreto y se extrae el tubo de hinca sin peligro, gracias a la fijación del ademe interior, ( Ver fig 5.8 ).

#### V.1.2.12 PILOTES RAYMOND CON ADEME METALICO DELGADO HINCADOS CON MANDRIL:

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Estos pilotes pueden usarse para trabajar por punta como por fricción y en cualquier tipo de suelo. El ademe corrugado es

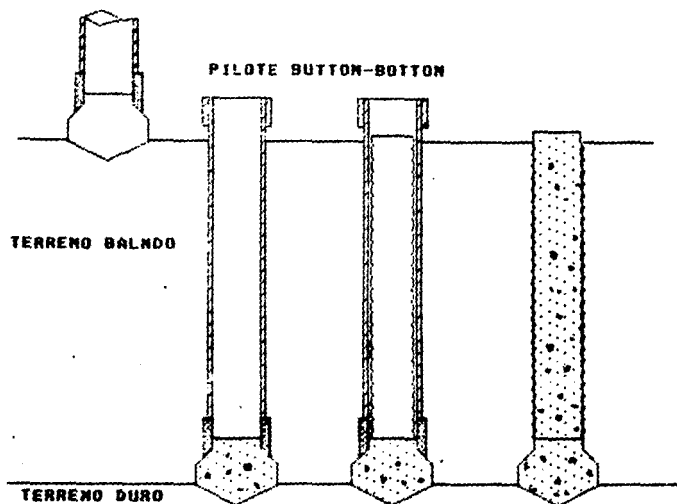


fig 5.8

hincado por medio de una pieza denominada mandril, que penetra en su interior, adoptando su forma y que se extrae una vez alcanzada la profundidad deseada.

El ademe puede ser inspeccionado una vez colocado y antes de ser relleno de concreto, que puede ser simple o reforzado.

Se ha utilizado una variante del pilote, en el que se adopta una forma telescópica para el ademe y para el mandril interior.



con tramos de diámetro cada vez menor según se desciende a lo largo del fuste del pilote. ( Ver fig 5.9 ).

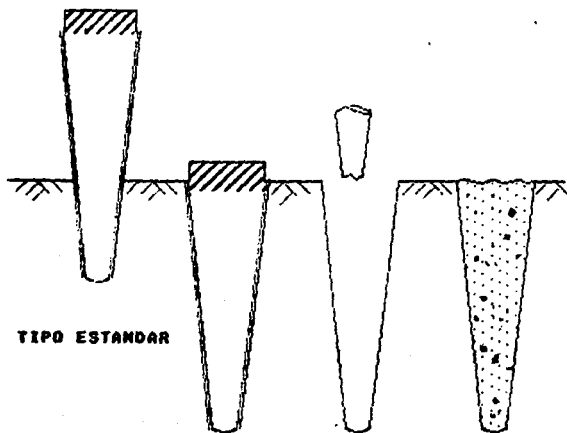


fig 5.9

#### V.1.2.13 PILOTES HINCADOS A PRESION:

##### PILOTES HIGA:

Estos pilotes hincados a presión en pequeños tramos de unos 50 cm. de longitud. Son muy útiles para trabajos de recimentación en que se disponga de poco espacio de maniobra.

Las secciones son generalmente cuadradas o circulares.

tienen un hueco en el centro de unos 8 cm. de diámetro; este hueco sirve tanto para verificar la construcción del pilote, como para armarlo al fin del hincado.

## V.2 PILAS.

Los métodos para construir pilas se dividen en dos grupos principales. En uno, se excava un agujero hasta el nivel de desplante de la cimentación y se construye la pila dentro del mismo. Usualmente, los lados de la excavación deben ademarse y apuntalarse para evitar el derrumbamiento. Estas perforaciones se dicen ademadas o entibadas, lo que depende de que el ademe se forme con forros metálicos cilíndricos o sea de tableros o tablестасas. Algunas veces, se estabiliza la perforación por medio de un líquido espeso en vez de ademe. Si la superficie del terreno está debajo del agua, la estructura que encierra el terreno que va ocupar la pila se llama atagüa. Bajo la protección de la atagüa se hace la excavación hasta el nivel deseado y se construye la pila.

El otro método para construir pilas es utilizando cajones. Los cajones son cajas o cilindros que se incan hasta su posición y constituyen la parte exterior de la pila de cimentación terminada. Para facilitar el hincado, el borde inferior del cajón está provisto con una cuchilla. El material que está dentro del cajón se extrae por medio de dragado a través de la apertura en su extremo superior, o excavando a mano, el extremo inferior del cajón puede construirse formando una cámara hermética y llenarse

de aire comprimido para expulsar el agua de un espacio donde los obreros puedan trabajar, permite quitar los obstáculos que quedan debajo de la cuchilla y facilita la limpieza del fondo de la excavación. Sin embargo, es un riesgo para la salud de los trabajadores y debe evitarse en la medida de lo posible.

No debe intentarse formar bocinas o campanas para la ampliación de la base de las pilas, a menos que el suelo sea lo suficientemente cohesivo para permitir que el techo no se desplome durante el tiempo de la excavación, la limpieza del fondo y el colado del concreto dentro de la propia campana. Por la dificultad de satisfacer esta condición, en muchos lugares es preferible prolongar la pila recta hasta encajarla suficientemente en los materiales firmes para que pueda soportar la carga por fricción lateral.

En el colado normalmente se deja caer libremente el concreto desde la superficie del terreno. Puede ocurrir una segregación perjudicial del cemento y del agregado, si el concreto cae contra los lados de la excavación; por lo tanto, si el diámetro es pequeño, usualmente se coloca un tubo vertical corto como guía en el centro de la perforación donde se introduce el concreto. Usualmente, solo se requiere vibración en los 2 ó 3 m. superiores de la perforación, en los que el impacto del concreto al caer es inefectivo. El refuerzo puede introducirse dándole la forma de una armadura cilíndrica por la cual puede caer el concreto libremente. El revendimiento del concreto depende de las dimensiones de la pila, de que haya ademe, de que sea o no

necesario extraerlo y del refuerzo. En la mayor parte de los casos resulta adecuado un revendimiento de 15 cm., pero pueden usarse mayores en las pilas muy reforzadas y en las de diámetro pequeño, en las que haya que extraer el ademe.

# **CAPITULO VI**

**COMENTARIOS**

**Y**

**CONCLUSIONES**

## CAPITULO VI

### COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

En la época en que el arte de la construcción se inició como industria, el éxito de una obra y su realización al menor costo posible, dependía con frecuencia de la capacidad y habilidad del ingeniero en el manejo de hombres, animales y maquinaria.

En la actualidad se requiere de un análisis cuidadoso de cada uno de los pasos del proyecto y la selección de los mejores métodos de construcción, unidos a un control riguroso de los informes de trabajo y de costos, para seguir con precisión la marcha de la obra.

Como podemos ver a lo largo de los capítulos de esta tesis, el tipo de cimentación más adecuado para una estructura dada, depende de varios factores, como su función, las cargas que debe soportar, las condiciones del subsuelo y el costo de la cimentación comparado con el de la superestructura. Puede ser que sea necesario hacer otras consideraciones, pero las anteriores son las principales.

Debido a las relaciones existentes entre estos varios factores, usualmente podemos observar que para un mismo problema se obtienen varias soluciones aceptables. Cuando varios

ingenieros estudian una situación dada pueden llegar a conclusiones algo diferentes. Por lo tanto, el criterio juega un papel muy importante en la ingeniería de cimentaciones. Por lo anterior me atrevo a decir que, va a ser muy difícil que alguna vez pueda elaborarse un procedimiento estrictamente científico para un proyecto de cimentaciones, aunque los progresos científicos han contribuido mucho al perfeccionamiento de la técnica.

Después de haber leído la presente tesis, cuando estudiemos un proyecto de cimentación nueva, podremos, casi instintivamente desechar los tipos inadecuados de cimentación y así concretarnos al estudio de los más prometedores. Cuando la elección se ha reducido a unas cuantas alternativas que se adaptan bien a las condiciones del subsuelo y la función de la estructura, se estudia la economía relativa de estas selecciones, antes de tomar la decisión final.

Podemos decir, que al elegir el tipo de cimentación, se deben de contemplar los siguientes pasos.

1.- Obtener cuando menos, información aproximada con respecto a la naturaleza de la superestructura y de las cargas que se van a transmitir a la cimentación.

2.- Determinar las condiciones del subsuelo en forma general.

3.- Considerar cada uno de los tipos

acostumbrados de cimentación, para juzgar si pueden construirse en las condiciones prevalecientes; si serian capaces, de soportar las cargas del proyecto, y que tipo de asentamientos pudieran presentarse, y si estos son o no admisibles por el proyecto. En esta etapa preliminar se eliminan los tipos evidentemente inadecuados.

4.- Hacer estudios más detallados y aún anteproyectos de las alternativas más prometedoras. Para hacer estos estudios puede ser necesario obtener información adicional con respecto a las cargas y condiciones del subsuelo, y generalmente será necesario determinar el tamaño aproximado de las zapatas o pilas, o la longitud aproximada y el número de pilotes necesarios. También hacer estimaciones de los asentamientos, para predecir el asentamiento de la estructura.

5.- Elegir el proceso constructivo más adecuado así como elaborar un programa de obra en cada alternativa, incluyendo: equipo a utilizar, cantidad de personal, tiempo estimado de realización de la obra, etc.

6.- Utilizar procedimientos de control de calidad, tales como, inspecciones a materiales, equipo, mano de obra, supervisión de la elaboración de los concretos, morteros, etc., de acuerdo a lo estipulado por el proyecto.



7.- Tener una supervisión de obra, para con esto poder controlar los tiempos y calidad de los trabajos realizados en la misma, en cuanto al avance, tipo de terminado, resistencia del material, etc.

8.- Preparar una estimación del costo de cada alternativa viable de cimentación, y elegir el tipo que represente la solución más aceptable, tomando en cuenta el funcionamiento y el costo.

**BIBLIOGRAFIA.**

**E. JUAREZ BADILLO, A. RICO**  
**MECANICA DE SUELOS, TOMO I Y II**  
**EDITORIAL LIMUSA.**

**KARL TERZAGHI, RALPH B. PECK**  
**MECANICA DE SUELOS EN LA INGENIERIA PRACTICA**  
**EDITORIAL LIMUSA**

**R. L. PEURIFOY**  
**METODOS PLANEACION Y EQUIPO DE CONSTRUCCION**

**REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL**  
**CENTRO DE ACTUALIZACION PROFESIONAL**

**NORMAS TECNICAS COMPLEMENTARIAS DEL REGLAMENTO PARA EL**  
**DISTRITO FEDERAL**  
**CENTRO DE ACTUALIZACION PROFESIONAL**

CHAVARRI MALDONADO CARLOS M.

BREVE DESCRIPCION DEL EQUIPO USUAL DE CONSTRUCCION

EDITORIAL U.N.A.M FACULTAD DE INGENIERIA

CRESPO VILLALAZ CARLOS

MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

EDITORIAL LIMUSA

DEMENEGLI AGUSTIN

APUNTES DE LA MATERIA " CIMENTACIONES "

DIAZ INFANTE LUIS A.

APUNTES DE LA MATERIA " CIMENTACIONES "