

308423



**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**

ESCUELA DE INGENIERIA

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

9  
2e  
✓

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE PLANEACION A UNA OBRA  
DE CIMENTACION PROFUNDA, DENTRO DE LA  
INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA: INGENIERIA INDUSTRIAL**

**PRESENTA**

**SERGIO CARVALLO LEON**

**DIRECTOR: FIS. MARIANO ROMERO VALENZUELA**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**MEXICO, D. F., 1994.**



## **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.

## **DEDICATORIAS**

### **A DIOS**

Por su infinita bondad.

### **A MIS PADRES:**

Gracias por todo el apoyo y cariño que siempre me han brindado. La culminación de este trabajo es el comienzo de una nueva etapa profesional donde seguramente compartirán conmigo los éxitos futuros que no son míos sino de nosotros. A ustedes les debo lo que soy y lo que llegaré a ser. Gracias.

Mamá: Gracias por el cariño y amor que siempre me has dado, los valores que me has sabido inculcar los aprecio como el tesoro más valioso que puedo tener en la vida. Gracias por tu apoyo incondicional que me has dado siempre.

Papá: Gracias por todos tus consejos y apoyo que me has brindado, muchos de tus esfuerzos se han visto reflejados en lo que he logrado hoy en día. Gracias por tu cariño y tu soporte a lo largo de mi vida.

### **A MI HERMANO:**

Alejandro, gracias por todos los momentos en los que has estado conmigo y tu constante buen humor. Cuenta conmigo siempre, te deseo lo mejor en tu vida profesional y personal.

**A MIS ABUELITAS:**

Mamabita q.e.p.d. : Gracias por tus consejos y amor que siempre me diste, te prometí este trabajo el momento en que partiste, y hoy lo cumplo.

Tata: Tu vida siempre ha sido para mí un ejemplo a seguir. Gracias por tus sacrificios y amor para conmigo y toda nuestra familia.

**A MI FAMILIA:**

Gracias a todos y cada uno de mis tíos y primos por su cariño: Manolo, Morris, Ernesto, Chata, Morris, Jorge, Nora, Victor, Aida, Geny, Manuel, Eduardo, Ernesto, Alberto, Marina, Norita, Adi y Andrea.

Un agradecimiento especial a mi novia con la que siempre conte para la realización de este trabajo, por su amor y cariño.

**A MIS AMIGOS:**

Por su amistad y apoyo en todas nuestras actividades. Especialmente a Ricardo Sánchez S. por el soporte en la realización del presente trabajo.

**A MI UNIVERSIDAD:**

Por la excelente formación profesional y personal que me brindó.

# I N D I C E

## INTRODUCCION

### CAPITULO 1

<b>DIFERENTES PROCESOS DENTRO DE LA CIMENTACION</b>	<b>1</b>
1.1 Cimentaciones en General	2
1.2 Cimentaciones Profundas	4
1.2.1 En excavaciones abiertas	6
1.2.2 Dentro de ataguías	6
1.2.3 Con pilotes	7
1.2.4 Con pilas	8
1.2.5 Cilindros	9
1.2.6 Cajones profundos	10
1.3 Hundimiento General del Valle de México	10
1.4 Características Generales de los Pilotes	12
1.4.1 Clasificación de los pilotes	12
1.4.2 Pilotes de concreto	13
1.4.2.1 Precolados de 1 sola pieza	13
1.4.2.2 Precolados formados por varios seg.	14
1.4.2.3 Colados in situ	14

## **CAPITULO 2**

<b>DIFERENTES SISTEMAS DE PROGRAMACION</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Generalidades</b>	<b>18</b>
2.1.1 Tiempos óptimos	19
2.1.2 Rapidez	20
2.1.3 Costos	20
2.1.4 Programación de la mano de obra	21
2.1.5 Cambios en la dirección de la obra	22
<b>2.2 Gráficos de Gantt</b>	<b>24</b>
<b>2.3 Método Pert</b>	<b>27</b>
2.3.1 Empleo de Pert	29
2.3.2 Lenguaje de Pert	29
2.3.3 Lógica en Pert	31
<b>2.4 Método RAMPS</b>	<b>32</b>
<b>2.5 Método CPM</b>	<b>34</b>
2.5.1 Definición de CPM	37
2.5.2 Descripción general	38
2.5.2.1 Planeación	38
2.5.2.2 Programación	38
2.5.2.3 Determinación del Costo	39
2.5.2.4 Superposición de Costos	39

<b>CAPITULO 3</b>	
<b>ESTUDIOS PREVIOS</b>	<b>40</b>
1.1 Generalidades	40
3.2 Tipos de Estudios	43
3.2.1 Preliminares	44
3.2.1.1 Excavaciones a cielo abierto	44
3.2.1.2 Posteadora, barrena helicoidal	45
3.2.1.3 Método de lavado	46
3.2.1.4 Penetración cónica	47
3.2.1.5 Penetración estándar	48
3.2.1.6 Perforación de boleos y grava	49
3.2.2 Métodos Definitivos	50
3.2.2.1 Excavaciones a cielo abierto	50
3.2.2.2 Muestreo inalterado continuo en tubo de pared delgada	50
3.2.2.3 Perforación en roca	51
3.2.3 Métodos Geofísicos	51
3.2.3.1 Sísmicos	52
3.2.3.2 De resistividad eléctrica	52
3.2.3.3 Magnético y gravimétrico	52

## **CAPITULO 4**

<b>PILOTES FARROQUIA</b>	<b>53</b>
4.1 Generalidades	53
4.2 Particularidades	54
4.3 Resultados Arrojados	56
4.4 Equipo Utilizado	57
4.4.1 Para perforación	57
4.4.2 Para izado	58
4.4.3 Para hincado	59
4.5 Mano de Obra	63
4.6 Consumos	64
4.6.1 Cuadro final de la mano de obra	65
4.6.2 Análisis de combustibles y lubricantes	66
4.6.3 Consumos para pilotes de concreto	68
4.6.4 Seguros M Y E	70
4.6.5 Traslados	71
4.6.6 Seguro responsabilidad civil	71
4.6.7 Gastos Indirectos	72
4.6.8 Porcentaje de utilidad	73
4.6.9 Tabla final de cotización	74
4.6.10 Fletes	75

## **CAPITULO 5**

### **PLANEACION PRACTICA**

**77**

<b>5.1 Generalidades</b>	<b>77</b>
<b>5.2 Explicación del Método</b>	<b>78</b>
5.2.1 Obtención de actividades	78
5.2.2 Obtención de tiempos	79
5.2.3 Obtención de promedios	81
5.2.4 Tabla de programación	81
5.2.5 Fichas de actividades	83
5.2.6 Planeación de las actividades	84
5.2.7 Consideraciones	84
5.2.8 Esquema de Obra	85
5.2.9 Soldadura Pilotes 9 y 14	87
5.2.10 Resultados	88
<b>5.3 Aplicaciones en la Ciudad de México</b>	<b>93</b>
5.3.1 Zona lacustre	93
5.3.2 Zona aluvial	94
5.3.3 Zona pétreo	95
5.3.4 Zonas de transición	95
5.3.4.1 Progresiva	96
5.3.4.2 Interestratificada	96
5.3.4.3 Abrupta	97

5.4 Zonificación para aplicación de método	97
5.5 Determinación de costo unitario	99
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>101</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>104</b>

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

La situación del mundo actual, requiere que los hombres de negocios, directivos, ejecutivos y en general cualquier persona que realice una actividad productiva, elabore su trabajo mediante una planeación anticipada, que le permita ser competitivo. Es esto, lo que incita al presente trabajo, a diseñar un método que ayude a satisfacer esta necesidad para una empresa en particular.

En general, la Industria de la Construcción es una de las áreas que mayor requieren planear sus actividades para lograr obtener el máximo aprovechamiento del tiempo, y con esto lograr terminar obras de acuerdo a lo planeado o comprometido. En particular la empresa "Cimentaciones Auger, S.A. de C.V.", empresa dedicada a la Cimentación Profunda, y en donde se ha realizado el presente trabajo, se enfrenta continuamente a la tarea de planear sus actividades para cimentaciones, con el fin de proporcionar tiempos de entrega a sus clientes, así como elegir cuál será el orden en el cual deberán realizarse las actividades y reducir sus costos.

Los "tiempos de entrega" de trabajo dentro de la cimentación, y en general para la Industria de la Construcción, representan Horas-Hombre de trabajo, utilización de maquinaria y equipo, la falta de tiempo para realizar otros trabajos, etc., es decir, representa dinero. Es claro que debido a lo anteriormente planteado, se requiere de la elaboración de un método que resuelva de una manera efectiva esta necesidad.

Los directivos de la compañía generalmente tienen problemas al definir la secuencia de las actividades de cimentación para las obras o trabajos asignados a la misma.

El definir la manera en la cual deberá procederse en una obra en particular, en base a la experiencia de los directivos y ayudados de un método gráfico y sencillo que a su vez pueda transmitirse con facilidad a los supervisores y residentes, será una herramienta competitiva muy importante para el futuro desarrollo de la compañía, en cuanto a planeación de obra se refiere.

El presente trabajo tratará de ofrecer a la cía., un método efectivo, útil y además fácil de usar, para que cualquier persona pueda planear las actividades de que consta un tipo de cimentación, que realiza Cimentaciones Auger.

La manera en que se buscará el objetivo de diseñar dicho método, será buscando familiarizarnos con las cimentaciones en general, los métodos existentes de programación, la importancia de los estudios previos en cimentaciones y con la obra en la cual se realizó el presente trabajo, para así, conjuntando todo lograr lo anteriormente planteado como objetivo general de la tesis.

## C A P I T U L O    1

### DIFERENTES PROCESOS DENTRO DE LA CIMENTACION

El objeto de este capítulo es el familiarizarnos con los distintos procesos de cimentación, así como lo que son en sí las cimentaciones, a fin de realizar el estudio de las actividades críticas de una manera eficiente.

Podemos decir que las Cimentaciones, son "conexiones" entre las Obras Civiles y el sistema Tierra. Será función del Ingeniero de Cimentaciones el planear, diseñar y construir dichas cimentaciones.

Existen dos condiciones básicas que dichas "conexiones" deberán cumplir:

1. Que no se rompan
2. Que no se deformen excesivamente

Cuando las "conexiones" se realizan prácticamente en la superficie del terreno, se les llama "Cimentaciones Superficiales", por el contrario cuando dichas "conexiones" son apoyadas más abajo (como más adelante se detalla) debido a la calidad de los estratos superficiales o a que dichos estratos pueden ser socavados por el agua se denominan "Cimentaciones Profundas". Los esquemas de la figura 1.1 muestran gráficamente estos tipos de cimentación.

No existe un criterio único para separar las Cimentaciones Superficiales de las Profundas, sin embargo se acepta generalmente que cuando la relación entre la profundidad y el ancho del cimiento es mayor de 4m, se tienen cimientos profundos. Los esquemas de ancho del cimiento es mayor de 4m, se tienen cimientos profundos. Los esquemas de la fig. 1.1 muestran la importancia de una cimentación.

#### 1.1) CIMENTACIONES EN GENERAL

Con criterio simplista diremos que las cimentaciones las podemos clasificar en Superficiales y Profundas.

Al grupo de las Superficiales, pertenecen las zapatas aisladas y corridas, y las losas planas o rigidizadas con contratraves, que sirven para dar soporte a la cimentación, no se extenderá en definir este grupo, debido a que el presente trabajo se enfocará a cimentaciones profundas.

Las cimentaciones profundas a su vez, pueden subdividirse en las que son piloteadas y las que no son piloteadas.

Las cimentaciones llamadas "Cajones Flotantes", que sirven para compensar el peso de la estructura, mediante la extracción de un volumen considerable de suelo, pertenecen a los dos grupos, ya que son Superficiales atendiendo a su relación profundidad/ancho y al método de cálculo para valuar su capacidad de carga, pero son Profundas desde el punto de vista de procedimiento constructivo.

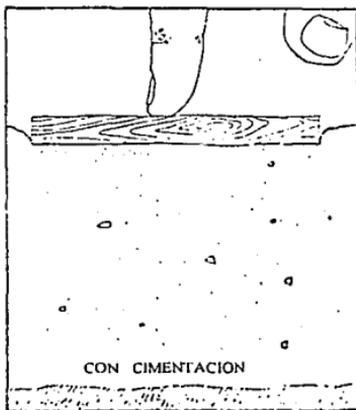
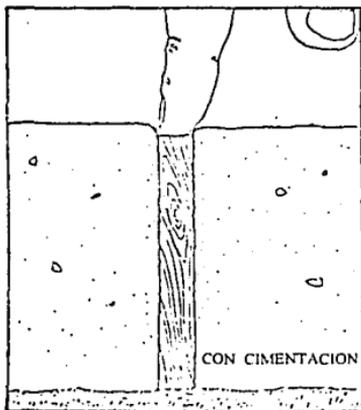
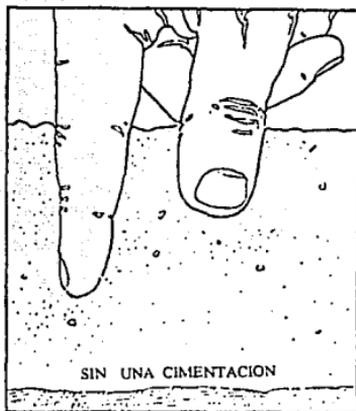
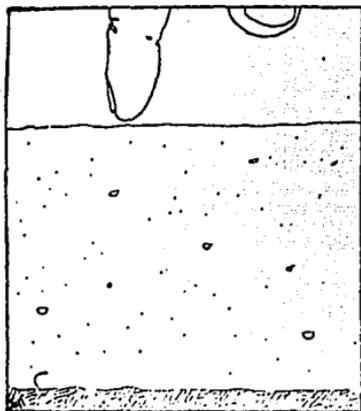


Fig.1.1 Esquemas explicativos de cimentación.

Debido a que la presente tesis se realizó con base en una empresa que se dedica a la realización de cimentaciones profundas, enfocaremos el estudio de los procesos a este tipo de cimentaciones.

## 1.2) CIMENTACIONES PROFUNDAS

De acuerdo con el criterio de A. Little<sup>0</sup>, cimentaciones profundas son aquéllas que pueden construirse:

1. En excavaciones abiertas
  2. Dentro de ataguías
  3. Con pilotes
  4. Con pilas
  5. Con cilindros
  6. Con cajones profundos
- y que más adelante detallaremos.

Cuando las capas superficiales son compresibles, se recurre generalmente a una cimentación compensada (quitar el peso equivalente de la estructura al suelo del estrato). Sin embargo cuando la profundidad de la excavación requerida para compensar el peso de una construcción excede de unos 5 m aproximadamente, (esta excavación corresponde a un edificio de 8 6 9 pisos ubicado

---

<sup>0</sup>. LITTLE A.L., "Foundations", Edward Arnold (Publishers), Ltd London. (1961), p.125

ubicado en la Cd. de México) se recurre a una cimentación piloteada (que consiste en introducir pilotes o conexiones en el manto terrestre, a una cierta profundidad y sobre los cuales descansar una edificación).

Lo anterior está justificado desde el punto de vista económico, pues una excavación muy profunda requiere de una serie de elementos de protección como tablaestaca y troquesles que aseguren la estabilidad de los cortes así como de un bombeo continuo y un procedimiento de construcción muy cuidadoso. Todo esto tiene un costo elevado y requiere generalmente de mayor tiempo de ejecución que el que se necesita para hincar un cierto número de pilotes.

En otros casos será justificable el empleo de pilotes, aún en construcciones de pocos pisos, cuando las características de los mantos superficiales sean de naturaleza errática como en el caso de las zonas minadas o en terrenos donde exista un manto de roca volcánica muy fisurada o cavernosa. De igual manera en construcciones marinas (muelles) se emplean pilotes que llevan las cargas de la estructura a través del agua hasta el fondo del mar.

A continuación describiremos brevemente los distintos tipos de cimentación:

**1.2.1) En excavaciones abiertas**

Es el caso típico de los cajones flotantes, que se construyen en áreas abiertas, donde no existen restricciones de espacio en el perímetro de la obra y los taludes de la excavación, pueden tenerse tanto como lo requiera la estabilidad del suelo.

En todo momento se deberán tomar en cuenta los problemas constructivos relacionados con el suelo y el agua freática, tales como estabilidad de taludes, hundimientos del fondo de la excavación y abatimiento del nivel freático principalmente.

**1.2.2.) Dentro de Ataguías**

Quando no existe amplitud suficiente para tener taludes, se emplean Ataguías las cuales son estructuras temporales fabricadas de madera, concreto, acero o inclusive tierra. Se instalan alrededor del área por excavar con la finalidad específica de excluir el suelo y/o el agua de la excavación<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>. TOMLISON M.S., "Diseño y construcción de cimientos", Ediciones Urmo. Bilbao, España. (1963), p.42

En este proceso constructivo deben cuidarse los problemas de falla de fondo, de empuje de tierras sobre las ataguías, de troquelamiento, de abatimiento del nivel freático y hufamientos del fondo, principalmente.

Tanto el caso 1.2.1 como el 1.2.2 permiten construir cajones flotantes como cimentación de edificios.

Un cajón flotante de cimentación compensa una porción importante del peso de la estructura, mediante extracción correspondiente del suelo.

Cuando el peso de la estructura incluyendo su cimentación es igual al peso del suelo desalojado se dice que el cajón flotante tiene "Compensación Total".

Si el peso del suelo desalojado es menor que el del edificio se tiene "Compensación Parcial" y finalmente la inversa provoca "Sobrecompensación".

### 1.2.3) Con Pilotes

Es el tipo de cimentación profunda más utilizado en nuestro medio. Pueden ser prefabricados o formados en el lugar.

De acuerdo a su funcionamiento pueden ser de fricción, de punta o mixtos.

En relación al material de fabricación pueden ser de madera, concreto reforzado (o preesforzado) en secciones circulares, octagonales, ochavados, cuadrados, triangulares o hache, o de acero, en secciones H o I, que pueden ser hincados, empujados, chifloneados o con combinación de estos métodos.

Cuando son formados en lugar total o parcialmente, existe un gran número de posibilidades constructivas. Generalmente se preexcavan deteniendo las paredes con lodo o con ademe metálico o bien se hincan empleando una camisa delgada perdible, mas alma de acero recuperable, o bien robusta recuperable.

#### 1.2.4) Con Pilas

Se forman en el lugar con secciones transversales circulares, cuyo diámetro es mayor de 60cm. (24"), en general son macizas<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup>. CHELLIS R.D., "Pile Foundations", Mac Graw-Hill Inc., New York. (1961), p.173

Cuando no hay agua freática o bien el flujo de agua en el suelo es pequeño, es el método más económico de cimentación profunda. Pueden transmitir cargas concentradas procedentes de la superestructura y mediante procedimientos constructivos sencillos pueden ampliar su base.

También pueden emplearse perforadoras de gran diámetro tipo Benoto, Caldwell, Watson, Williams, etc., que abaratan el proceso y permiten la construcción de pilas bajo el nivel freático en combinación con lodo bentonítico para estabilizar paredes.

#### 1.2.5) Cilindros

Su diámetro es mayor que las pilas pero menor de 3m. (10ft) pueden ser de concreto, o de acero y en alguna época se hicieron de hierro fundido.

Generalmente son huecos durante su colocación y posteriormente es posible llenarlos si las necesidades del proyecto así lo requieren.

### **1.2.6) Cajones Profundos**

Cuando la profundidad del agua es demasiado grande para emplear ataguías y las descargas estructurales a la cimentación son demasiado altas para emplear pilotes, pilas, o cilindros se emplean los cajones profundos. En general se construyen total o parcialmente fuera de su posición final y son arrastrados posteriormente (generalmente flotando en agua) hasta ser colados en la vertical de su posición y a continuación hundidos paulatinamente en varias etapas hasta su apoyo final.

En base a su procedimiento constructivo pueden ser cerrados, abiertos, neumáticos o monolito.

Este tipo de cimentación es usual emplearlo en puentes con grandes claros y concentraciones elevadas de carga.

### **1.3) HUNDIMIENTO GENERAL DEL VALLE DE MEXICO**

Es mundialmente conocido el hecho, de que la Ciudad de México, descansa sobre un subsuelo blando y compresible formado predominantemente por arcillas de origen volcánico con 60% de contenido natural de agua y relación de vacíos de 7 en promedio.

La extracción del agua en el subsuelo para fines de abastecimiento urbano, provoca enjuntamiento de los mantos compresibles y ello causa hundimientos de la superficie del terreno, que en algunos puntos han sido cercanos a 10 m.

Las arcillas blandas y compresibles del subsuelo de la ciudad han provocado que edificios pesados como el Palacio de Bellas Artes se hundan y que otros, como el Palacio de Minería, se onduelen.

Cuando se intenta soportar las estructuras mediante pilotes apoyados de punta, se empieza a observar el fenómeno inverso, debido al hundimiento general del Valle, ya que los edificios tienden a "emerger".

En uno y otro caso las construcciones vecinas a cuerpos que se hundan o emergen, se fracturan por efecto de asentamientos diferenciales y en muchos casos se tienen que demoler.

Esta situación prevaleciente en la ciudad aguza el ingenio de los constructores, para diseñar y construir cimentaciones que cumplan con el doble requisito de reducir a valores aceptables el hundimiento de las estructuras y evitar su emergimiento en relación al terreno vecino inmediato.

#### **1.4) CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS PILOTES**

Debido a que en la obra en la cual se basa el presente trabajo se utilizaron pilotes, es de vital importancia el familiarizarnos especialmente con este tipo de cimentación a fin de comprender de manera efectiva el procedimiento y la secuencia de la obra.

Los Pilotes son elementos que transmiten las cargas a estratos más resistentes o bien distribuyen los esfuerzos a lo largo de capas de cierta longitud.

##### **1.4.1) Clasificación de Pilotes**

Desde el punto de vista de la transmisión de carga pueden ser:

- a) De Punta
- b) De fricción
- c) Mixtos

Según el material de que están hechos, se tienen pilotes de:

- a) Concreto
- b) Madera
- c) Acero
- d) Mixtos

#### 1.4.2) Pilotes de Concreto

Analizaremos detalladamente este tipo de cimentación debido a que fue la utilizada en la obra que tratará el presente trabajo.

Los pilotes de concreto, que son los más empleados en la actualidad pueden ser:

1.4.2.1) Precolados de una sola pieza o dos con una junta reforzados o presforzados. En este caso el diseño en general queda gobernado por los requisitos de izado y manejo especialmente si el pilote es largo, es decir el manejo y traslado del pilote.

Se hincan con un martillo especial con o sin perforación previa. Tienen el inconveniente de no poderse garantizar en ellos una verticalidad perfecta a menos que se haga perforación previa. Si son de punta pueden quedar cortos o largos de acuerdo con las variaciones de la capa resistente.

Tienen el riesgo de romperse durante el hincado. Necesitan hincarse antes de realizar la excavación. Si son muy largos requieren una junta difícil de ejecutar.

Tienen la ventaja que se puede controlar la calidad del concreto y la posición del armado.

1.4.2.2) Precolados formados por varios segmentos cortos. Este tipo de pilotes consiste en una serie de cilindros de 1.50 a 2.00 m de longitud con un agujero en el centro por el cual se puede introducir una plomada óptica a fin de checar la verticalidad. Se pueden hincar con presión ( sin golpeo ) aún después de construir el edificio. Tienen ventajas en cuanto a control de calidad de los materiales y transporte. Tienen el inconveniente de la gran cantidad de juntas por lo que es recomendable añadirles unos alambres que se preesfuerzan a fin de tener un trabajo más adecuado. Tienen la desventaja de requerir un gran lastre para su hincado.

1.4.2.3) Colados in situ. Se requiere una excavación previa y en la mayor parte de los casos una camisa que sirve de ademe de protección de la excavación. Esta camisa en algunos casos se extrae durante el colado del pilote, en otros forma parte de él y queda ahogada.

Tienen la ventaja de que se controla perfectamente la verticalidad y la profundidad de desplante. En cambio se requiere una supervisión especial para evitar que el concreto se mezcle con la arcilla o el agua, o bien que se mueva el armado durante el colado.

En algunos casos en este sistema se emplea una punta especial precolada de concreto que se hinca en la perforación previa de la misma manera que un pilote precolado y sobre esta punta se hace el colado de la parte restante del pilote (pilotes button bottom). En otros casos se realiza una ampliación en la base del pilote en forma de cono truncado lo cual aumenta considerablemente su capacidad.

De acuerdo con su sección transversal se tienen:



fig.1.2 Diferentes secciones transversales de pilotes.

Una pila no es más que un pilote cuya sección transversal es grande con respecto a su longitud.

En la siguiente tabla se presenta un comparativo de las características de los pilotes:

TIPO	CAPACIDAD (TON)	VENTAJAS	DESVENTAJAS	USOS
Madera	20 - 25	Bajo costo	Baja capacidad Vida corta Deterioro	Estructuras Provisionales Se usan en la emergencia
Concreto Precolado	80 - 100		Debien reforzarse para su uso en de estado y manejo  Requieren espacio para su almacenam- iento y colado  Requieren de un tiempo previo a su uso  Requieren equipo pesado para su ma- nejo y colocada  Pueden quedar desechados  Su longitud esta limitada por el medio de transporte  En este caso, el uso puede ser limitado	Se usan en es- trucciones de permanencia  Edificios, muelles, etc.

Fig.1.3 Tabla comparativa de las características de los pilotes.

colado in situ		<p>carga especímen- te se tienen ampliación en la base</p> <p>garantía de verti- calidad</p> <p>Evitar la diver- sidad del hincado</p>	<p>excavación previa</p> <p>pueden requerir alzar</p> <p>Pueden requerir colado bajo el agua</p>	Misma aplicacio- nes que los pre- colados
Acero	100	<p>Buena capacidad</p> <p>Facilidad de pene- tración</p>	<p>Dato por corro- sion</p> <p>Costo elevado</p> <p>Poco efectiva por fricción</p>	Construcciones que admiten pilotes de punta se emplean para disminuir las hundimientos de un suelo compresible
aliso		Combinan la ventaja y desventaja de los anteriores		Los más particula- res

Fig. 1.3 Tabla comparativa de las características de los pilotes  
(Continuación).

## CAPITULO 2

### DIFERENTES SISTEMAS DE PROGRAMACION

La Industria de la Cimentación, ha presentado dificultad de unificar algun método para programarla debido a las variables que intervienen en ella. El presente capítulo trata de revisar los distintos métodos de programación a fin de encontrar alguno de estos métodos o combinación de ellos aplicable a la Industria de la Construcción.

#### 2.1) GENERALIDADES

Algunas preguntas como son:

¿Cuándo se debe ordenar la compra de ciertos materiales?

¿Cuáles actividades se afectarán por el retraso en un momento dado y por cuánto tiempo?

¿Cuándo pueden desplazarse ciertos trabajos?

¿Puede terminarse la obra para una fecha tal?

La respuesta a estas y otras preguntas involucra forzosamente el análisis tanto de la duración de cada una de las actividades como de las características básicas de la obra.

Suponiendo que se conozcan éstas, debemos analizar la duración de las actividades que incluyen las obras. De la secuencia y duración de las actividades, podemos determinar sus fechas de iniciación y terminación, y con esta información obtenemos la fecha de terminación de la obra.

#### 2.1.1) Tiempos Optimos

Lo usual es que cuando se dispone de tiempo limitado el trabajo se ejecuta febrilmente sea esto o no una garantía de eficiencia. Teóricamente al menos, todos los trabajos se terminarán en el mínimo absoluto de tiempo.

No tiene sentido contratar mayor número de personal y enviarlo a determinado lugar y hora, si su llegada va a ser prematura, tampoco tiene sentido movilizar maquinaria si no se va a proceder a su inmediata utilización. No hay razón para trabajar intensamente, a menos que tal ritmo sea absolutamente necesario.

Generalmente hay una fecha óptima para iniciar y para terminar cada una de las actividades pero esta fecha no siempre se conoce.

### 2.1.2) Rapidez

Cuando una obra no avanza con el ritmo planeado, se impone la necesidad de activarla. La tendencia general consiste en acelerar todos los trabajos al máximo posible, hasta lograr que la obra se ajuste a lo establecido en el programa. Aunque no sea fácil encontrar la fórmula, se puede demostrar que si se activan solamente determinados trabajos críticos, la obra puede ponerse dentro del programa.

### 2.1.3) Costos

Siempre existe una relación entre el costo de una actividad o trabajo y la velocidad a la cual se ejecuta. Si se ejecuta en menor tiempo el costo se eleva, pero:

¿Cuándo?

¿En qué punto el costo llega a ser excesivo?

Es difícil y casi imposible determinar la curva de costo tiempo para una mano de obra, con los elementos de que actualmente se dispone.

#### **2.1.4) Programación de la Mano de Obra**

En obras de cierta magnitud, es a menudo muy difícil programar la mano de obra de manera que haya una variación gradual y económica al pasar de un trabajo a otro. Generalmente la abundancia de mano de obra y la escasez se alterna, y es casi imposible predecir con precisión cual será el nivel de mano de obra en un momento dado.

Para la mayor parte de los trabajos, hay una cierta cantidad de tiempo libre del que se puede disponer, es decir, el tiempo disponible para ejecutar un trabajo es mayor que el que se requiere para realizarlo. Un programa eficiente de mano de obra la ordenaría en forma tal, que aquellos trabajos que necesitan el mismo tiempo de operarios se ejecute en secuencia, en vez de hacerlo simultáneamente; utilizaría, así, el tiempo libre de cada uno de los trabajos para desplazarlos, y para hacer los arreglos convenientes al programa.

### 2.1.5) Cambios en la Dirección de la Obra

Es posible que se presente la necesidad de desplazar al o a los encargados de la obra y sustituirlos por otros. Algunas veces, sin haber sido enterados suficientemente por su antecesor, un supervisor tiene que hacerse cargo de una obra en plena actividad. Sin haber tenido oportunidad de familiarizarse con los problemas, el supervisor tiene que seguir con un plan trazado y ejecutado parcialmente. En estas condiciones no puede tener un conocimiento detallado de la situación, necesario para poder ejercer un control efectivo y total.

El trabajo del nuevo supervisor se facilitaría enormemente, si recibiera de su predecesor una especie de modelo de la obra, mostrando al detalle la planeación y el estado del avance de todas las actividades; con ese modelo, él podría captar rápidamente la magnitud del problema y la función exacta de todos los integrantes de la obra. Podría captar, también, cuáles actividades tienen dificultad en determinado momento y necesitarán, por consiguiente una atención especial. Con un modelo o instrumento de este tipo es probable que los cambios de personal directivo de las obras se puedan efectuar en menor tiempo y con el menor perjuicio posible en la marcha de los trabajos.

La elaboración de programas de trabajo así como su planeación metódica y profunda, ha tomado dentro de la industria de la construcción una importancia especial, de tal manera que en la actualidad no se concibe la construcción de una obra sin un concepto sistemático de planeación.

Una red de actividades se define como un diagrama de flujo, en donde se representan gráficamente las relaciones de dependencia que existen entre las actividades que forman un proyecto determinado.

Para desarrollar cualquier clase de programación detallada, el proyecto se debe dividir primero en el número de operaciones necesarias para su ejecución y terminación. La representación de esta división puede llamarse un "modelo" . Cuando el modelo indica las relaciones encadenadas de estas operaciones, se constituye una "red" o "sistema". De ahí que el término "sistema modelo" se use para describir la tabla en que se muestran las diversas actividades de un proyecto. La perfecta comprensión, visualización y preparación de este sistema modelo, constituye el paso más importante, y es probablemente la parte más difícil de los métodos de programación, no solamente en el caso de utilizar la ayuda de computadoras, sino también en el de procedimientos manuales.

Existen varios métodos que estudian detenidamente estos conceptos, con resultados verdaderamente prácticos y eficaces. A continuación haremos mención de dichos métodos de una manera práctica tratando de dar una visión general de ellos.

## 2.2) GRAFICOS DE GANTT

Un gráfico de Gantt, es esencialmente un diagrama de barras que demuestra esquemáticamente, las relaciones entre las actividades, sobre la escala de tiempo.<sup>3</sup>

Las actividades del proyecto se incluyen en una lista en sentido vertical y la escala de tiempo en sentido horizontal.

Algunos de los símbolos más empleados en los gráficos de Gantt son los que se muestran en la fig. 2.1:

---

<sup>3</sup>. ADAM E. & EBERT R., "Administración de la Producción y las Operaciones", Ed. Prentice Hall, 1987, p.473

Símbolo	Significado de símbolo
[	Comienzo de una actividad
]	Fin de una actividad
[-----]	Progreso actual de la actividad
v	Punto en tiempo en el cual se encuentra el proyecto en el momento.

Fig. 2.1 Símbolos empleados en los gráficos de Gantt.

Un ejemplo del uso de éste método es el siguiente:

Suponiendo que se deben realizar los 5 capítulos de que consta una tesis, y la cual se planea realizar en un tiempo determinado, se puede ver a continuación la utilidad de este método, en la fig. 2.2

ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
CAPITULO I	[-----	- ]		
CAPITULO II		[-----	-- ]	
CAPITULO III			[ ]	
CAPITULO IV	[-----			
CAPITULO V				[ ]

Fig 2.2 gráficos de Gantt a un proyecto de tesis.

Como puede verse en el ejemplo anterior el capítulo I debe empezarse a principios del primer mes y terminarse a mediados del segundo, sin embargo se puede ver que va retrasado aproximadamente una semana de acuerdo al proyecto, en cambio el capítulo II, va adelantado 3 semanas con respecto a proyecto. El Capítulo III no tiene ningún problema debido a que aún no se debe de empezar sino hasta principios de la tercera semana, en cambio el Capítulo IV lleva un severo retraso de tiempo de aproximadamente 2 semanas. El Capítulo V, al igual que el tres no tiene retraso alguno.

La gráfica anterior nos muestra que el estudiante deberá acelerar el trabajo en los capítulos I y IV, y suspender momentáneamente los trabajos del capítulo II.

Al igual que este ejemplo, en la industria de la construcción se puede utilizar este método para la planeación de obras y saber en cuáles actividades se debe acelerar el trabajo y en cuáles no para terminar la obra en el tiempo pactado.

### 2.3) METODO PERT

Es una técnica para la evaluación y revisión de proyectos.

La característica fundamental del sistema PERT es la inclusión del factor tiempo en la red de actividades. Con esto se logra una información sumamente útil para fines de control, siendo posible presentar programas de construcción donde se determinan con precisión las operaciones básicas y la mayor o menor importancia de las actividades constitutivas de la red, así como también la duración total del proyecto y la holgura o margen en tiempo de las demás operaciones.

El método PERT fue iniciado y desarrollado por Willar Fazar, de la oficina de Proyectos Especiales de la Marina de los E.U.A., para controlar y cuantificar el progreso del programa del proyectil dirigido Polaris. Se comprobó de esta manera la validez de los planos y los tiempos programados para lograr los objetivos deseados, así como la cuantificación de los efectos producidos por los cambios que pudieran surgir en los planes ya definidos.

Este programa se descompuso en 23 partes, de 3,000 actividades o trabajos. Se dice que la utilización de este método en el proyecto dió resultados excelentes, permitiendo acortar en dos años la duración del mismo.

Nociones de la técnica PERT, se dieron en el año 1959, completándose la información en Septiembre del mismo año. En esta última se explica con cierta claridad la aplicación a componentes específicos de Polaris, los diagramas de bloque para la programación en la computadora NORC y se estiman, en cierta forma, las probabilidades de completar el proyecto en el tiempo previsto.

La industria de la construcción fue una de las que primeramente ensayaron este sistema en la elaboración de programas de trabajo, logrando bastante éxito, ya que el tener una idea más precisa de la duración y terminación de un proyecto, da por resultado no apoyarse en bases únicamente teóricas, sino reales, lo que se refleja en un conocimiento más práctico y verdadero de los elementos que de una u otra forma influyen en la ejecución de una determinada actividad, apreciándose al fin un ahorro considerable en el costo total de la obra.

El sistema PERT es susceptible de aplicarse a un sinúmero de proyectos de diferente índole, permitiendo su elevada elasticidad adaptarse convenientemente al problema específico requerido.

### **2.3.1) Empleo de PERT**

Se deberá contar con las siguientes características:

Primero.- El problema de programación debe estar relacionado con un proyecto con actividades identificables.

Segundo.- Tanto el proyecto como las actividades deben tener claramente definidos los puntos de iniciación y de terminación.

Tercero.- PERT produce los mayores beneficios en proyectos complicados por el hecho de tener muchas actividades interrelacionadas.

Cuarto.- PERT es bueno en el caso de proyectos que tengan organizaciones alternativas posibles y también alternativas en la secuencia de las actividades y en los tiempos de duración.

### **2.3.2) Lenguaje de PERT**

El lenguaje de PERT es básicamente, una interpretación de símbolos simples. En la fig 2.3 se muestran dichos símbolos, el término y el significado:

Símbolo	Término	Significado
	PERT	Técnica para la evaluación y revisión de programas (Program Evaluation and Review Technique)
—	Actividad	Un componente de trabajo que debe llevarse a cabo una tarea dentro de un proyecto general que tiene un punto definido de iniciación y otro también definido de terminación. La actividad consume tiempo. No se tiene escala para una actividad. La longitud de la flecha no tiene ningún significado. Un arco de una red.
○	Evento	Un nudo en la red que designa la iniciación y la terminación de las actividades. Un punto en tiempo.
○—○	Red	Una combinación de nudos y de arcos que describe la lógica de un proyecto. Existe un punto definido para la iniciación y otro para la terminación del proyecto total.
	Ruta crítica	La ruta a lo largo de la red conformada por varias actividades cuya duración o tiempo total es mayor que el de todas las demás rutas posibles. La ruta que más presiona, que es más peligrosa y riesgosa a lo largo de la red. Se indica por lo general, con líneas sólidas o interrumpidas que unen las actividades que conforman esa ruta.
	Tiempo de la ruta crítica	Tiempo total acumulado de todas las actividades que conforman la ruta crítica.
$t_e$	Tiempo o duración esperado de una actividad	El tiempo esperado para la terminación de una actividad. El tiempo estimado que tiene una posibilidad de 50-50 de ser sobre o sublogrado. El tiempo promedio o duración promedio de la actividad.
$t_o$	Tiempo optimista	Estimativo de tiempo con el cual se lograría una terminación más rápida de la actividad. Se tiene una mínima posibilidad (digase 1 en 100) de terminar la actividad en un tiempo menor a éste. Ocurrirá únicamente en condiciones muy favorables que se presentan muy rara vez.
$t_p$	Tiempo pesimista	Tiempo estimado con el cual se tiene muy poca posibilidad (digase 1 en 100) de terminar la actividad en un tiempo mayor que éste. Ocurrirá únicamente en condiciones muy desfavorables que se presentan muy rara vez.
$t_m$	Tiempo más probable	Tiempo estimado que constituye la mejor suposición sobre la duración de la actividad. Es el "modo" de la distribución de los tiempos de duración de las actividades, el tiempo más probable.
$T_p$	Tiempo esperado más próximo	Suma de todos los tiempos $t_e$ hasta el evento considerado. Se calcula en un evento tiempo más próximo en que se espera terminar todas las actividades previas o el tiempo más próximo en que puede ocurrir un evento.
$T_l$	Tiempo permitido más lejano	El tiempo más lejano en que puede iniciarse una actividad pero permitiendo aun que el proyecto culmine a tiempo. Se calcula en un evento que designa el comienzo de una actividad.
$T_n$	Tiempo de holgura	La diferencia entre $T_p$ y $T_l$ , la cantidad de libertad o lealtud disponible al decidir en qué momento iniciar una actividad sin arriesgar el tiempo de terminación del proyecto total. $T_n = T_l - T_p$ .

Fig. 2.3 Glosario de Pert.

### **2.3.3) Lógica en PERT**

PERT trabaja siguiendo los pasos que se enumeran a continuación:

1. Todas las actividades del proyecto deben estar claramente identificadas.
2. Los requerimientos de secuencia entre las actividades deben estar determinados.
3. Debe construirse un diagrama que refleje las relaciones de secuencia.
4. Deben obtenerse estimativos de tiempo para la realización de cada actividad.
5. La red se evalúa calculando la ruta crítica y otras variables similares de decisión. La evaluación la constituye el programa y el plan para el control subsecuente.
6. A medida que el tiempo pasa y se acumula experiencia, se revisa y se reevalúa el programa.

Los estimativos del tiempo se obtienen bien de datos históricos o de la experiencia de aquéllos que tienen bajo su responsabilidad llevar a cabo la realización del trabajo. En algunos casos los tiempos serán simplemente corazonadas educadas de la administración. Deben estimarse tiempos optimistas ( $t_o$ ), pesimistas ( $t_p$ ) y los más posibles ( $t_m$ ) con el fin de que pueda calcularse con la siguiente ecuación, el tiempo esperado (promedio) de cada actividad:

$$t_e = (t_o + 4t_m + t_p) / 6$$

#### **2.4) METODO RAMPS**

Este método llamado Sistematización de Proyectos Múltiples y Asignación de Recursos, es un método que fue ideado para cuando se presenta el caso de varios proyectos total o parcialmente simultáneos. Se basa en los métodos anteriores, introduciendo conceptos de competencia entre varias actividades que utilizan los mismos recursos, y permite tener un conocimiento de los costos de varias alternativas en diferentes proyectos, comparando sus características y ventajas.

El sistema RAMPS fue elaborado por una compañía industrial, con el fin de obtener soluciones para los diversos problemas de programación y para el manejo de sus recursos aplicados a proyectos de construcción, expansión, investigación y desarrollo.

En principio se utilizaron varias técnicas, tales como la Programación Lineal, Programación Dinámica, Enfoques Combinatorios, y algunas otras, pero todo aquello sin resultado alguno. Finalmente se llegó a la conclusión de que se requería una técnica con características propias, lo que se logró a fines de 1961, y se dió a la publicidad.

En suma, este sistema permite, con el uso de computadoras, conocer y valorizar el progreso y las perspectivas de trabajo en el momento en que se requiera.

## 2.5) METODO "CPM":

El método "Critical Path Method", abreviado "C.P.M.", es un método basado en el sistema PERT, que sigue las características del mismo, incluyendo costos de operación en cada una de las actividades constitutivas de un proyecto.

Su objeto principal es valorizar cada una de las actividades que componen una red y obtener un costo directo mínimo para una duración determinada del proyecto, , o para definir la duración del proyecto total. Esta es una fase difícil de resolver y ha sido poco aplicada. Sin embargo, la utilidad que representa significa las mayores posibilidades de una reducción apreciable en los costos.

El sistema CPM fue utilizado por primera vez en el año de 1957, por la Compañía DuPont, con el objeto de perfeccionar los métodos de planeación existentes. En 1959 y en 1961 se publicaron varios trabajos , en los cuales sus autores , J. E. Kelley Jr. , M.R. Walker y el Dr. R. L. Martino, de la empresa constructora Mauchly Asociados, lograron un desarrollo completo del método, introduciendo bases matemáticas para su elaboración.

Walker fue el autor de la lógica de la técnica mientras que Kelley formuló y desarrollo el aspecto matemático; el Dr. Martino trabajó posteriormente en los refinamientos de la técnica original, aplicándolo en la programación del nivel de la mano de obra.

Es importante señalar las ventajas que representa el conocimiento del factor tiempo - costo, pues permite seleccionar aquellas actividades de la red, que al sufrir alguna aceleración, reducen el tiempo total del proyecto, con un incremento mínimo del costo directo total.

Sin embargo, para efectuar los cálculos matemáticos indispensables en el desarrollo de este método, se deberá disponer de la ayuda de máquinas computadoras para su ejecución, ya que los numerosos factores simultáneos de que consta, hacen imposible su cálculo manual, más aún tratándose de redes de actividades extensas.

Este método proporciona entre otras ventajas las siguientes:

- 1) Coordina las diferentes actividades de los grupos de trabajo que intervienen en la ejecución de una obra, precisando rigurosamente la dependencia e interrelación entre las diferentes actividades, y la influencia de unas actividades sobre otras.

2) Permite prever, con suficiente anticipación, las dificultades que pudieran presentarse en la ejecución de la obra y fija las responsabilidades a quien corresponda.

3) Da una idea muy clara de la magnitud e importancia del problema así como del conjunto de actividades.

4) Hace posible la dirección por objetivos, esto es, permite enfocar la atención sobre aquellas actividades que presentan mayor dificultad y que, por consiguiente requieren de una mejor supervisión, tanto administrativa como de obra, por ser determinantes en la duración de ésta, permite a la vez, ciertas libertades en otras actividades secundarias.

5) Cuando ocurren cambios en el personal directivo de una obra, tanto administrativa como de producción, este método facilita la información a cualquier nuevo dirigente.

6) Señala los tiempos óptimos, tanto para las iniciaciones, como para la terminación de todas y cada una de las actividades que intervienen en una obra.

7) En todo momento proporciona una visión clara y además gráfica de la amplitud y magnitud del proyecto en la que puede ser comprendido sin esfuerzo en los diferentes niveles de la organización.

#### 2.5.1) Definición de CPM

El método del Camino Crítico o Ruta Crítica es un proceso administrativo de planeación, programación ejecución y control de las actividades componentes de un proyecto a desarrollarse dentro de un tiempo crítico y un costo óptimo<sup>4</sup>.

En general, puede decirse que el objetivo de esta técnica es la identificación de los pasos o fases esenciales de un proyecto, la presentación de su secuencia lógica en forma de red, así como la estimación del tiempo de terminación esperado, estableciendo la duración del proyecto en conjunto así como su costo de realización.

---

4. SUAREZ SALAZAR C., "Costo y Tiempo en Edificación", p.65

### 2.5.2) Descripción General de CPM

El método del camino crítico es una técnica que puede dividirse en cuatro fases.

Se pueden ir obteniendo ventajas en forma progresiva con la aplicación sucesiva de cada una de ellas.

2.5.2.1) Planeación.- Consiste en establecer y listar todas las actividades que intervienen en una obra, para ponerlas en secuencia apropiada, esto es, en el orden en que se va sucediendo o puedan ocurrir, tomando en cuenta la dependencia rigurosa entre ellas, así como posible simultaneidad en su ejecución.

La planeación se efectúa o deberá efectuarse prescindiendo del tiempo en que se ejecuten las diferentes actividades.

2.5.2.2) Programación.- Consiste en incorporar el tiempo para la ejecución de cada una de las actividades. La estimación de la duración de cada uno de los trabajos o actividades, debe efectuarse haciendo uso de la mejor información posible, requisito indispensable para aprovechar íntegramente los beneficios de esta técnica.

**2.5.2.3) Determinación del Costo.-** La tercera fase consiste en determinar el costo directo de cada una de las actividades.

Deben estudiarse las variaciones del costo en función del tiempo de ejecución, esto es, con miras a obtener el costo más conveniente de la obra para diferentes plazos.

**2.5.2.4) Superposición de Costos.-** La cuarta fase de la técnica consiste en la superposición de costos; esta superposición se efectúa tomando en cuenta las pérdidas por el retraso en la terminación de la obra y como elemento indispensable los costos indirectos de la obra.

La combinación de los elementos anteriores con el costo directo de la obra, para diferentes plazos de ejecución nos proporciona, el plazo y costo total óptimos para la obra.

## CAPITULO 3

### ESTUDIOS PREVIOS

#### 3.1 GENERALIDADES

Cualquier problema de ingeniería necesita estudios previos para la realización de un proyecto adecuado. Los estudios previos permiten, en primer lugar, adquirir una idea de la naturaleza del problema, para ubicar la experiencia precedente del proyectista, en segundo, mediante la extracción de las muestras del suelo y la ejecución de las muestras del suelo y la ejecución de las pruebas de laboratorio adecuadas, determinar los parámetros de comportamiento para la aplicación de la teoría.

Por otra parte es necesario considerar que los suelos se presentan en la naturaleza en una gran variedad, con propiedades mecánicas también diferentes, pues aún en los suelos homogéneos éstas varían de punto a punto. Lo anterior trae consigo la necesidad de aplicar métodos de perforación distintos para obtener el tipo de muestra adecuado a la naturaleza del suelo y lleva también a la ejecución de pruebas de laboratorio diferentes, cuya elección depende de las propiedades que sea de

interés conocer, lo que a su vez depende del problema de ingeniería cuyo proyecto se realiza y de las condiciones del propio suelo. El tipo de muestra que se obtenga está pues relacionado con el fin que se pretenda lograr al realizar el estudio.

En general, puede decirse que las propiedades mecánicas de más interés para el ingeniero que estudia el problema de una cimentación son la resistencia del suelo, su compresibilidad y sus características esfuerzo - deformación. En algunos problemas específicos será necesario conocer las características de permeabilidad (flujo de agua) de flexibilidad (pavimentos) y la resistencia que presenta un suelo ante la acción de los agentes del intemperismo (erosión de suelos).

La naturaleza del suelo y las características propias de la obra son determinantes para la elección del método de perforación, pues el conocimiento de las propiedades mecánicas del suelo que fundamentalmente sea necesario determinar, obligan a que el método de exploración permita obtener una muestra adecuada, que podrá ser "inalterada", si conserva todas las características que el suelo tiene "in situ", es decir sin alterar su estructuración, contenido de agua, etc., que condicionan su resistencia, compresibilidad y demás propiedades, propias del suelo en el estado en que se encuentre en la naturaleza. En otras ocasiones

no será necesario obtener muestras inalteradas, por ejemplo cuando el suelo se vaya a emplear para la construcción de una presa o del terraplén de una carretera, en cuyo caso la estructuración que tiene "in situ" será destruida y el conocimiento de las propiedades del suelo en estado inalterado carece de sentido. En este caso será necesaria la obtención de muestras representativas, es decir, muestras que conserven todos los elementos constituyentes del suelo tal como se encuentra en la naturaleza, incluyendo el agua contenida en sus vacíos. Ambos tipos de muestra deberán ser protegidos para que conserven su contenido de agua original y, en el caso de la muestra inalterada, también para que no se altere su estructura. Estas deberán enviarse al laboratorio dentro de cajas de madera, empacándolas con aserrín o papel, de tal manera que durante su transporte no sufran golpes que puedan alterarlas.

Puede decirse que en realidad las muestras "inalteradas" no existen pues las operaciones propias del muestreo, independientemente de que sea realizado cuidadosamente y empleando los muestradores más convenientes, siempre causarán un cierto grado de alteración a la muestra del suelo. Además, la muestra ha sido extraída de una cierta profundidad donde estaba sujeta a unas ciertas condiciones de esfuerzo, debidas al peso de los materiales sobreyacentes.

Al extraerla se cambiaron las condiciones arriba mencionadas y esto, indudablemente, causará un cierto grado de alteración a la muestra de suelo, por la liberación de esfuerzo que causó su extracción, sobre todo en sondeos muy profundos. Puede decirse que una muestra "inalterada" es pues una muestra que ha sido lograda con un grado de alteración mínimo, que depende principalmente de la forma y cuidados que se hayan tenido en su obtención.

Para estudiar cualquier tipo de cimentación es necesario elaborar un programa de exploración, que permita obtener muestras alteradas o inalteradas según se ha comentado. Dicho programa puede incluir la realización de sondeos de tipo preliminar y de tipo definitivo.

### 3.2 TIPOS DE ESTUDIO

Los tipos principales de sondeos que pueden utilizarse para la realización de los estudios de Mecánica de suelos son:

#### 1) Preliminares:

- a) Excavaciones a cielo abierto
- b) Perforaciones con barrenos helicoidales o posteadora.
- c) Métodos de lavado.
- d) Penetración cónica.
- e) Penetración estándar
- f) Perforación en boleos y gravas.

2) Definitivos:

- a) Excavaciones a cielo abierto.
- b) Métodos de tubo de pared delgada.
- c) Métodos rotatorios para rocas.

3) Métodos Geofísicos:

- a) Sísmico.
- b) De resistividad eléctrica.
- c) Magnético y gravimétrico.

A continuación definiremos brevemente los métodos arriba mencionados:

3.2.1) Preliminares

3.2.1.1) Excavaciones a Cielo Abierto

Este tipo de exploración es útil cuando el terreno presenta buenas condiciones de cimentación y cuando la estructura es de poca importancia; en este caso los esfuerzos inducidos por la cimentación serán pequeños y fácilmente soportados por el subsuelo. El pozo a cielo abierto permite también obtener muestras inalteradas con un grado mínimo de alteración tomadas de las paredes de la excavación.

Este método permite observar directamente la estratigrafía del subsuelo, con objeto de apreciar las condiciones de cimentación (angulosidad y trabazón de las partículas que constituyen el estrato, etc.), información muy útil cuando no es posible obtener muestras inalteradas, como en el caso de arenas o suelos con grandes cantidades de boleos y gravas. Su profundidad está limitada por la dificultad creciente que existe para avanzar dentro del pozo ya que es necesario tomar en cuenta el traspaleo, la aparición del nivel de aguas freáticas o el derrumbe de las paredes del pozo en materiales sin cohesión. Generalmente los pozos a cielo abierto pueden efectuarse hasta 4 ó 5 m de profundidad sin tener que ademarlos.

#### 3.2.1.2) Posteadora, Barrena Helicoidal

Con el objeto de obtener muestras alteradas hasta una profundidad del orden de los 15 m que den una información preliminar de las características del subsuelo en formaciones geológicas suaves, es conveniente emplear estas herramientas.

También se emplean con objeto de determinar la profundidad del nivel freático, profundizar excavaciones a cielo abierto y limpiar los sondeos que se efectúen por otros métodos.

Generalmente con una pala se inicia un pequeño agujero para poder introducir la herramienta en él y por medio de giros aplicados por uno o dos hombres en el mineral, se hace avanzar la herramienta en el terreno, quedando aprisionada la muestra entre las hojas de lámina curvadas.

La muestra obtenida se coloca en frascos, colocándoles las etiquetas respectivas. El procedimiento se repite para profundizar el pozo, agregando tramos de tubería.

### 3.2.1.3) Método de Lavado

Es un procedimiento exploratorio rápido y económico que se utiliza para conocer aproximadamente la estratigrafía del subsuelo.

Para iniciar una perforación se instala el tripie y se hinca en el terreno un tramo de ademe. En seguida se coloca un trépano con una varilla de perforación dentro del ademe y en la parte superior de la varilla se conecta el Swivel, por el que se inyecta agua a presión, golpeando y girando la varilla con objeto de ir desalojando el material que se encuentra dentro del tubo de ademe; por el espacio entre éste y la varilla de perforación sale al exterior la mezcla de agua y material en suspensión, misma que

se recoge en un recipiente para examinarla. Una vez que se ha llegado al extremo inferior del tubo de ademe, se suspende la inyección de agua y se repite el proceso. El ademe se hinca a golpes con un martinete, ayudando a penetrarlo en el suelo con giros.

#### 3.2.1.4) Penetración Cónica

El procedimiento constituye un método de exploración hasta cierto punto sencillo, que necesita de perforaciones de control para determinar la naturaleza del suelo y con esto deducir su comportamiento posterior, ya que en su ejecución no se obtienen muestras. La máxima eficiencia de este método se logra donde la geología del lugar es errática pues proporciona registros continuos verticales, que por su bajo costo se pueden situar cercanos. El método se basa en la variación observada de la resistencia a la penetración cuando cambian las características de los suelos.

De los datos de esta prueba se obtiene una gráfica de número de golpes contra profundidades, que nos da idea en forma cualitativa de las características mecánicas del subsuelo.

### 3.2.1.5) Penetración Estándar

Es una prueba "in situ" que permite determinar la compacidad de las arenas, relacionándola con la resistencia ofrecida al hincado de un muestreador estándar de media caña de dimensiones perfectamente definidas como se muestra en la fig. 3.1.

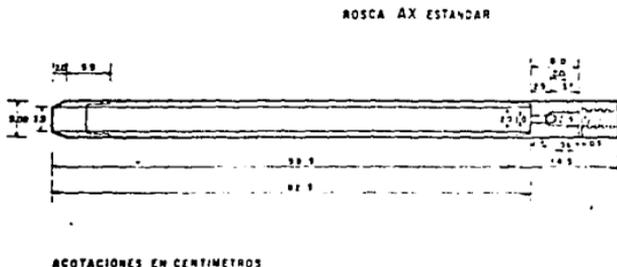


Fig. 3.1 Muestreador de Media Caña.

Tiene ventajas sobre otras pruebas de penetración, pues al mismo tiempo que dá a conocer aproximadamente la compacidad de los suelos, permite obtener muestras de los mismos que sirven para ejecutar en ellas algunos ensayos.

La prueba de penetración estándar se efectúa con un martinete de 63.5 Kg (140 lb) el cual se deja caer libremente 76 cm (30") contando el número de golpes necesarios para introducir 30 cm ( 1 pie) un muestreador de medidas específicas.

#### 3.2.1.6) Perforación en Boleos y Grava

Se pueden presentar dos casos:

1.- Cuando estos depósitos se encuentran a poca profundidad es conveniente efectuar pozos a cielo abierto para observar los porcentajes de boleos, gravas y arenas y la trabazón, angulosidad y tamaño de partículas. Se determina también el espesor del estrato.

2.- Cuando los mantos están profundos es necesario atravesarlos con objeto de investigar si existen capas subyacentes más débiles que puedan perjudicar la estructura. En este caso puede realizarse la perforación de dos maneras, dependiendo del tamaño del boleo. Si éste es pequeño se puede desalojar o romper con los trépanos y chiflón de agua, girando con la mano las barras de perforación y levantándolas al mismo tiempo, con ayuda del malacate, para golpear con el trépano los boleos. Después se hinca el ademe por medio de golpes del martinete. Si el boleo es grande se efectuará una perforación en el mismo usando el taladro de la perforadora para después alojar ahí un cartucho de dinamita; el sondeo se sella con arena y se retira el ademe

aproximadamente 1.50 m, para no perjudicarlo al explotar el cartucho. Después se vuelve a bajar el ademe y empleando el trépano se avanza en la forma anteriormente descrita.

### 3.2.2) Métodos Definitivos

#### 3.2.2.1) Excavaciones a Cielo Abierto.

Este método ya fue descrito con anterioridad.

#### 3.2.2.2) Muestreo Inalterado Continuo' en Tubo de Pared Delgada

Cuando el material del subsuelo está constituido por arcillas blandas compresibles, es necesario obtener muestras inalteradas en tubos de pared delgada de 4" como mínimo, para efectuar ensayos de consolidación en el laboratorio y calcular los asentamientos de terraplenes o edificios. Estas muestras también se utilizan con objeto de efectuar pruebas triaxiales y de compresión simple, aunque para éstas es suficiente con obtener muestras de 2" como mínimo.

### 3.2.2.3) Perforación En Roca

El objeto de este tipo de perforación es obtener muestras de la roca sobre la que se pretende apoyar alguna estructura y comprobar con un examen visual y, en algunos casos petrográfico, el tipo de roca, su grado de alteración o fracturamiento, etc., y efectuar en los núcleos pruebas de compresión simple para determinar su resistencia. Para extraer la muestra se baja la broca hasta la profundidad a la que se encuentra la roca y se inicia la perforación, para la cual es indispensable disponer de una máquina perforadora. El éxito de la perforación dependerá de los siguientes factores:

- a) La velocidad de rotación
- b) La presión adecuada del agua
- c) La presión ejercida sobre la roca

### 3.2.3) Metodos Geofísicos

Estos métodos son útiles para conocer los contactos entre materiales de características que acusen un marcado contraste, por ejemplo permiten determinar fronteras entre suelos arcillosos y los mantos de roca que pudieran subyacerlos. Son adecuados también cuando se requiere explorar superficies de gran extensión. No proporcionan muestras ni valores cuantitativos de las propiedades mecánicas de los suelos (pueden dar idea del tipo

de material del subsuelo, pero siempre será necesario calibrar sus resultados con sondeos directos), es por esto que no se detallarán los distintos tipos de estudios que comprende este grupo como son:

3.2.3.1) Sísmico

3.2.3.2) De resistividad eléctrica

3.2.3.3) Magnético y gravimétrico

**CAPITULO 4**  
**PILOTES PARROQUIA**

**4.1) GENERALIDADES**

La obra en la cual se realizó la presente tesis es llamada "Pilotes Parroquia". Dicha obra está ubicada en el Centro Comercial Plaza Universidad y particularmente en la Tienda Suburbia. La dirección es la esquina de la calle Parroquia con Av. México.

El objetivo de la obra era el de ampliar la bodega de la tienda debido a la insuficiencia que presentaba la bodega anterior.

Se encomendó dicha tarea por concurso, el cual ganó Constructora Dabro S.A. de C.V., a su vez Constructora Dabro presentó un presupuesto, en donde, Cimentaciones Auger S.A. de C.V. presentó a Constructora Dabro, el presupuesto más económico para la cimentación de la obra. La fecha de inicio de la obra fue el 7 de Octubre de 1992.

#### 4.2) PARTICULARIDADES

Se pretendía que la estructura descansara en 14 columnas debido a las condiciones del subsuelo se requería cimentación profunda.

En la ciudad de México se encuentran principalmente 3 zonas que a continuación mencionaremos:

1) Zona de Lago: "Esta región, se caracteriza por tener un subsuelo de espesor grande de arcilla lacustre volcánica, muy compresible, de baja resistencia al corte y de contenido de humedad alto."<sup>5</sup> De esto se concluye que cuando se pretenda construir aquí, la cimentación profunda es indispensable y debe realizarse muy cuidadosamente y sin extremar precauciones.

2) Zona de Lomas: "Esta zona formada por materiales de origen volcánico, particularmente abanicos, corrientes lávicas y suelos, producto de la meteorización de los primeros."<sup>6</sup> Sus materiales son de mayor resistencia al corte y de menor compresibilidad. En esta región se presentan además otros problemas generados por el hombre, tales como minas de arena, el subsuelo es caprichoso y varias regiones están rellenas de material arenoso en estado

---

<sup>5</sup>. PORTILLO MARTIN, Francisco, "Cimentaciones en la ciudad de México", Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México 1973, p.3

<sup>6</sup>. Idem n.6

suelto. La experiencia indica que esta región puede causar problemas en la cimentación por las razones anteriormente mencionadas.

3) Zona de Transición: "Esta región está localizada entre las dos anteriores y presenta lo que se llama una "estigrafía errática", lo que significa que los materiales del subsuelo tendrán composiciones muy variadas. Está constituida por el estrato de suelos arcillosos del mismo origen que la zona de lago, pero de menor espesor, intercalados con depósitos casi siempre lenticulares de suelos aluviales en esta zona".<sup>7</sup>. Si bien no requiere tanto cuidado como la zona de lago, es más complicado que construir en la zona de lomas.

La presente obra se encuentra en la tercera opción que es la Zona de Transición.

En toda obra es recomendable realizar un estudio previo de mecánica de suelos para definir el tipo de cimentación requerida en base al peso de la obra y el tipo de suelo.

---

<sup>7</sup>. Ibid n.6, p.4

#### 4.3) RESULTADOS ARROJADOS

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron del estudio de mecánica de suelos, se determinó que sería necesario apoyar la estructura sobre 14 pilotes.

Como se vió con anterioridad los pilotes pueden ser de dos tipos:

- 1) De concreto
- 2) Tubulares o electromecánicos

Se determinó que fueran del primer tipo, es decir, de concreto debido a que éstos soportan más carga.

Los pilotes de concreto son a su vez de dos tipos, los que trabajan :

- 1) A fricción (se adhieren al subsuelo)
- 2) Por punta (transmiten la carga a una superficie capaz de resistir la carga)

El manto de apoyo (arena) se encontró a aproximadamente 13.50m. Debido a esto se pretendía introducir los pilotes a una profundidad de 15.50 o 16.0 m. aproximadamente, para apoyarlos.

#### **4.4) EQUIPO UTILIZADO**

En la presente obra se requirió de equipo para realizar la cimentación, de acuerdo a las necesidades de ésta.

El equipo que se utilizó en la cimentación, dependiendo de la actividad es el siguiente:

##### **4.4.1) Para Perforación**

- Grúa marca Bucyrus Mod. B25

Es una grúa de 25 ton. de capacidad, acondicionada con unas guías triangulares, sobre la cual se desliza el impulsor hidráulico accionado con una unidad de fuerza Cummins.

- Unidad de fuerza Cummins 250

Es una unidad fuerza que trabaja con Diesel y su función es provocar un flujo cerrado a alta presión de aceite hidráulico para enviarlo al impulsor.

- Brocas en diferentes longitudes, con sus respectivas extensiones (barretón).

- Mangueras hidráulicas de varios diámetros y longitudes

- Centrador

Se amordaza a las guías y sirve para que la broca quede vertical.

- Trampa: Herramienta para cambiar brocas durante la perforación.

- Impulsor: Equipo para desarrollar la perforación. Recibe el aceite hidráulico de la unidad de fuerza a gran presión y genera un par que provoca que las brocas perforen.

#### 4.4.2) Para Izado

- Cable

- Polines

- Estrobo

- Abrazaderas

- Perros

- Grúa

#### 4.4.3) Para Hincado

- Martillo Cobe K22

Es un martillo que trabaja a diesel y es enfriado por agua.

Su función es aplicar grandes cargas verticales al pilote para hacerlo penetrar.

- Disparador de martillo: Herramienta para accionar el martillo.

- Golpeador

Es un cilindro de hierro relleno de polines de madera para golpear al pilote sin dañarlo.

En todo momento se usaron plomadas, así como también la guía siempre esta montada en la grúa.

Las siguientes fotografías de las figuras 4.1 a 4.6, muestran algunos de los equipos utilizados en la presente obra, así como el armado de los pilotes de concreto.



Fig. 4.1 Grúa Bucyrus Mod. B25

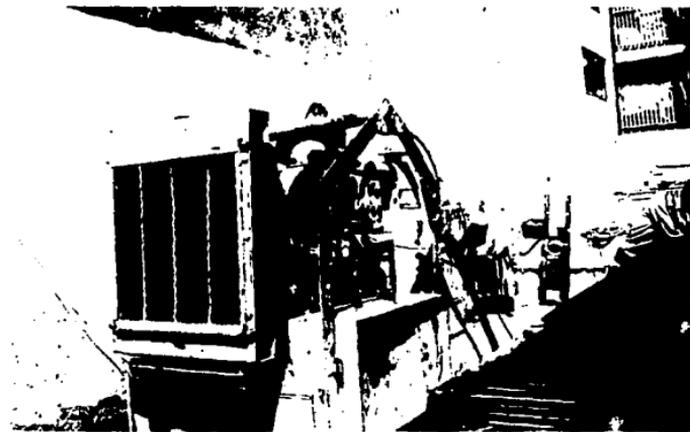


Fig. 4.2 Unidad de Fuerza Cummins 250

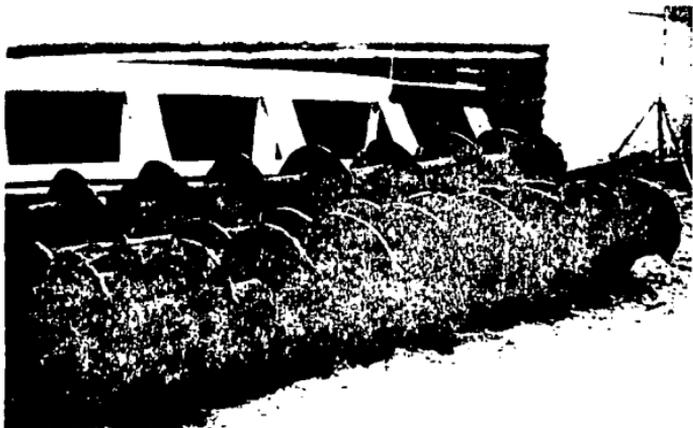


Fig. 4.3 Brocas para perforación

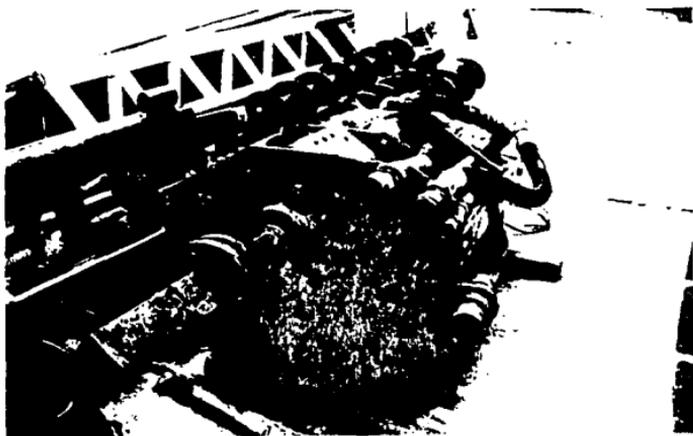


Fig. 4.4 Impulsor



Fig. 4.5 Martillo Cobe K22



Fig. 4.6 Armado de los pilotes de concreto

#### 4.5) MANO DE OBRA

En la Industria de la Construcción, la mano de obra representa uno de los recursos más importantes en cualquier tipo de trabajo.

Particularmente en el ramo de la Cimentación Profunda, es vital que el personal que labore en la obra, sea personal calificado, debido a que un error humano, puede causar un grave accidente, que podría costar la vida, a cualquiera de los trabajadores.

La mano de obra que se empleó en la obra fue:

- 1 Supervisor
- 1 Residente de Obra
- 1 Operador tipo A
- 1 Soldador
- 1 Operador tipo B
- 2 Maniobristas

#### 4.6) CONSUMOS

La Cía. Cimentaciones Auger, cuenta actualmente con un programa de cómputo, en el cual se pueden conocer los consumos y salarios que cada obra en particular puede arrojar. Este programa permite cotizar de una manera rápida y más confiable a lo que se venía realizando con anterioridad, que era en bases estimativas y de experiencia.

A continuación se presentan los resultados arrojados por el programa para la obra: "Pilotes Parroquia":

El equipo elegido es:	(NS)
- Grúa B - 25 .....	\$ 4,500
- Martinete K-22 .....	\$ 4,500
- Gufa triangular pesada .....	\$ 2,250
- Broca H-90 Diámetro 40 cm .....	\$ 600
- Broca(s) Turz. Diámetro 30 cm .....	\$ 900
- Broca(s) Turz. Diámetro 40 cm .....	\$ 1,200
- Camioneta Dodge .....	\$ 1,125

---

SUMATORIA CARGOS POR MAQUINARIA:(semanal)      \$ 15,075

**4.6.1) Cuadro Final de la Mano de Obra seleccionada**

# TRABAJ.	LABOR	EGRESO	H. EXTRAS	SIGU.	TOTALES
1	A	420	0	0	0
2	B	720	0	0	0
1	SOLDADOR	400	0	0	0
2	MANIOB.	360	0	0	0
6		1900	0	0	0

=====  
El total semanal egresado por mano de obra puede ser de: N\$ 1900  
=====

4.6.2) Análisis de los consumos de Combustibles y

Lubricantes

---

CONSUMO POR CADA GRUA:

(NS)

- \* ) DIESEL: 200 lts/sem a \$ 0.705 lt. ....\$ 141 sem
- \* ) ACEITE HDX-40: 1 cubeta/mes = 19 lts./mes,  
es decir, 4.75 lts./sem, a \$ 90 cubeta....\$ 22.50 sem
- \* ) ACEITE HIDRAULICO: 5 lts/sem, 1 tambo = 200 lts  
a \$650 tambo, es decir a \$3.25 lt.....\$ 16.25 sem
- \* ) GRASAS: 1 cubeta/mes, cubeta = 19 lts.  
es decir, 4.5 lts./semana, a \$ 90.00 cubeta  
el litro cuesta \$ 4.73 entonces.....\$ 22.50 sem
- \* ) ACEITE DE LA TRANSMISION GP140:  
media cubeta cada 6 meses, a \$ 120.00.....\$ 2.30sem
- \* ) FILTROS:  
GMC: se puede optar por:  
1.- G33, G1173 Y 61174 sus precios son: 25, 9 y 15  
2.- Gp53, GP92 y GP93 sus precios son: 60,22 y 20

SELECCIONE QUE FILTROS SE DESEAN CARGAR: ? 1

El cargo semanal por estos filtros puede ser de...\$ 12.25

LOS CARGOS MOSTRADOS SON PARA UNA GRUA Y DEBIDO A QUE LA

REALIZACION DE LA OBRA, SE HABIA SELECCIONADO 1 GRUA, EL

CARGO POR CONSUMO DE COMBUSTIBLES, LUBRICANTES Y FILTROS ES

DE:

\$ 216.80 semanales

---

CONSUMO POR CADA MARTINETE:

- \*) DIESEL: 80 lts./sem, a \$ 705 lt.....N\$ 56.40 sem
  - \*) ACEITE LK-680:
    - 6 lts./sem a 150 cubeta .....N\$ 47.36 sem
  - \*) GRASAS: 1 cubeta/mes, cubeta = 19 lts.
    - es decir, 4.5 lts./sem, a \$90 la cubeta,
    - el litro cuesta \$ 4.73 entonces.....N\$ 22.50 sem
- LOS CARGOS MOSTRADOS SON PARA CADA MARTILLO, Y DEBIDO A QUE PARA LA REALIZACION DE LA OBRA, SE HABIAN SELECCIONADO 1 MARTILLO, EL CARGO POR CONSUMO DE COMBUSTIBLES, LUBRICANTES Y FILTROS ES DE: N\$126.26 sem
- 

LOS CONSUMOS PARA LAS CAMIONETAS SON:

- \*) Gasolina: 100 lts/sem ..... N\$ 110.00
  - \*) Aceites y Filtros: ..... N\$ 4.58
- EL TOTAL DE CONSUMOS DE COMBUSTIBLES, FILTROS Y LUBRICANTES PARA LA(S) CAMIONETA(S) ASCIENDE A: N\$ 114.58
-

**4.6.3) Consumos para pilotes de concreto**

---

**1.- MADERA GOLPEADOR:**

7 polines para cada 200 m.l. , a N\$ 15 cada polín  
El Cargo por POLINES para la obra es ...N\$ 106.57

---

**2.- CABLE GRUA:**

65 m y se cambia cada 500 m.l., cuesta \$ 20 el m.  
El Cargo po CABLE GRUA es de.....N\$ 527.80

---

**3.- SOLDADURA:**

Para el tipo de pilote seleccionado,de dimensiones  
40 x40  
se necesitan 16 varillas de soldadura en cada junta.  
El Cargo por SOLDADURA es de .....N\$ 403.20

---

**4.- IMPLEMENTOS DE SOLDADOR: CARETA Y PETO**

El cargo por IMPLEMENTOS es de.....N\$ 50.00

---

**5.- GUANTES:**

El cargo por guantes es de .....N\$ 40.60

---

6.- BOTAS E IMPERMEABLES:

1 juego de cada cosa por obra

El Cargo por BOTAS E IMPERMEABLES es de ...N\$ 50.00

---

EL TOTAL DE CARGOS POR MATERIALES PARA LA PRESENTE OBRA DE  
PILOTES DE CONCRETO SEGUN SUS PROPIAS CARACTERIATICAS  
ASCIENDE A:

N\$1,428.10

---

EL CARGO POR CONCEPTO DE FLETES PARA LA PRESENTE OBRA  
ASCIENDE A: .....N\$ 2,100.00

**4.6.4) Seguros M Y E**

---

Anote las semanas que se estima durará la obra: 3

Debido a que la obra durará menos de 3 meses, la prima de seguros para la maquinaria tiene un promedio de : .0020666

El cargo por seguros puede hacerse variar en función del interés que se tenga en obtener una cotización alta, mediana o baja. Para esto, considerando el valor de los equipos al 100%, se obtuvieron los siguientes resultados:

MAQUINARIA Y/O EQUIPO (Que se asegura)	Cargo Semanal por Seguro (Nuevos pesos)
Grúa B-25	247.992
Martinete K-22	247.992
<hr/>	
TOTAL SEGUROS M Y E ES DE .....	N\$ 495.98

**4.6.5) Traslados**

El total de los traslados fue de :        N\$ 1080.00

**4.6.6) Seguro de responsabilidad civil.**

---

El seguro de Responsabilidad Civil está en función de la sumatoria de Cargos acumulados para la obra hasta este punto, la tasa que más comúnmente se maneja es de 0.26%, manejando este dato se obtuvieron las siguientes cifras:

Siguiendo este porcentaje, el cargo mensual por el seguro de Responsabilidad Civil es de: ..... N\$ 12.43

Debido a que la obra dura 3 semanas, el cargo total por Responsabilidad Civil es de: .....N\$ 9.32

EL TOTAL DE CARGOS HASTA ESTE PUNTO SUMA: .....N\$

5.741147E+04

Y DEBIDO A QUE SE HA SELECCIONADO UNA OBRA  
PILOTES DE CONCRETO, EN QUE SE VAN A HINCAR  
203 METROS LINEALES,  
EL COSTO UNITARIO POR METRO LINEAL ES DE:..... N\$ 282.81

4.6.7) Gastos indirectos

---

El porcentaje que se suele aplicar por concepto de gastos indirectos, es del 30% . Al utilizar dicho porcentaje se obtuvo lo siguiente:

El precio unitario que se tenía era de: N\$ 282.81 por unidad de obra.

Que afectandolo con el porcentaje  
de gastos indirectos se eleva a:                    N\$ 367.65

---

#### 4.6.8) Porcentaje de utilidad.

---

El porcentaje que se suele aplicar por concepto de utilidad es de un 8% sin embargo, se puede manejar otro. A fines prácticos se utilizará este porcentaje.

El precio unitario que se tenía después de  
cargar los gastos indirectos ascendía a:      N\$ 367.65  
Al aplicar el % de utilidad, éste aumenta a    N\$ 397.07

4.6.9) Tabla final de la cotización.

		( NS )
I. MAQUINARIA Y EQUIPO	:	\$ 4.52225E+04
II. MANO DE OBRA	:	\$ 5700.00
III. CONSUMOS	:	\$ 1372.97
IV. OTROS MATERIALES	:	\$ 1428.17
V. FLETES	:	\$ 2100.00
VI. SEGUROS M Y E	:	\$ 495.98
VII. TRASLADOS	:	\$ 1080.00
<hr/>		
SUBTOTAL	:	\$ 5.740214 E+04
VIII. SEGURO RESP. CIVIL	:	\$ 9.32
<hr/>		
TOTAL ANTES DE G.I.	:	\$ 5.741147E+04
COSTO UNITARIO POR M.L.	:	\$ 282.81
GASTOS INDIRECTOS	:	\$ 84.84
<hr/>		
COSTO UNITARIO SIN U.	:	\$ 367.65
CARGO POR UTILIDAD	:	\$ 29.41
<hr/>		
PRECIO UNITARIO	:	\$ 397.07

#### 4.6.10) Fletes

El transporte del equipo representa una tarea de vital importancia, esto es debido a que es un equipo muy pesado y muy costoso. Se requiere de un adecuado medio de transporte para trasladar el equipo al lugar de la obra. Dependiendo del equipo a trasladar se usó un medio diferente.

El transporte que se empleó fue:

- 1) Cama baja

Este transporta la draga o grúa, principalmente son utilizados para transportar este tipo de equipo.

La fig. 4.6 muestra la forma de este transporte:

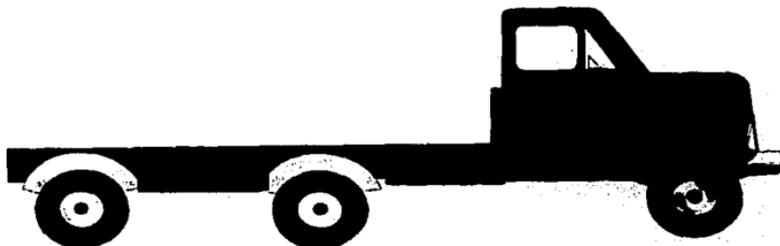


Fig 4.6 transporte tipo Cama Baja

## 2) Plataforma

Este transporte se utilizó para trasladar todo el equipo restante utilizado en la obra como es: el martillo, el impulsor, la unidad de fuerza, etc.

La fig. 4.7 muestra la forma de dicho transporte.

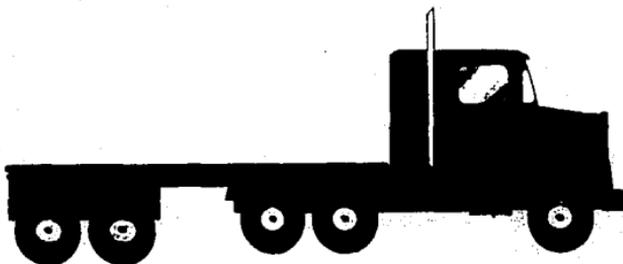


Fig. 4.7 Transporte tipo plataforma.

## CAPITULO 5

### PLANEACION PRACTICA

#### 5.1 GENERALIDADES.

La industria de la Construcción y en particular la Industria de la Cimentación, debido a su gran variedad entre uno y otro trabajo, han sido especialmente difíciles de programar unificando algún método para todas y cada una de las cimentaciones. Esta dificultad es debida a las diferentes variables que intervienen dentro de la cimentación como podemos mencionar: el tipo de suelo o área geográfica, el tipo de cimentación (pilas, pilotes, etc.), entre otras. Es así como el presente trabajo trata de dar una solución práctica, a la planeación de una de estas tareas de Cimentación.

La presente solución será aplicable a cimentaciones profundas, realizadas con pilotes de concreto, dentro del distrito federal y en zona de transición.

## 5.2) EXPLICACION DEL METODO:

La manera en que se buscó una solución a dicha tarea, fue siempre buscando un método que fuera práctico, fácil de usar y que sobre todo sea útil para la compañía en cimentaciones futuras.

El orden en que se generó la información fue el siguiente:

### 5.2.1) Obtención de Actividades

Esta tarea se basa en definir las actividades que intervienen dentro del proceso de cimentación de la obra en cuestión.

En base a lo observado podemos dividir dichas actividades en 11 principales y que son:

- Acercar Unidad de Fuerza
- Subir Turcillo
- Centrado de Máquina
- Perforación
- Bajar Equipo de Perforación
- Izado de Pilote
- Sembrado de Pilote

- Subir Martillo
- Encender Martillo
- Hincado de Pilote
- Bajar Martillo
- Comida
- Traslados (10 ó 20 min.)
- Soldadura.

Estas son las actividades principales en las cuales podemos dividir la operación total.

Cabe hacer notar que aunque no sea considerada como una actividad propiamente de la obra, el tiempo para comer se debe considerar dentro de las actividades para lograr una satisfactoria programación de las actividades anteriormente mencionadas.

#### **5.2.2) Obtención de Tiempos**

Es básico el obtener los tiempos de duración promedio de cada actividad, para que al programar la obra, se pueda asignar un período de tiempo a cada una de las actividades.

En base a la bitácora de obra que se logró obtener, durante el período en que duró la cimentación, se obtuvieron los resultados que se mencionan en la Fig 5.1.

Fig. 5.1 Bitácora de tiempos a actividades de "Cimentaciones Parroquia".

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	PROM	APROX
ACERCAR UNIDAD DE LEZA	18														18	18
SUBIR TURCILLO	35		38			40				30					35.75	36
CENTRADO MAQUINA			16	45	16	25	26	26							25.667	26
PERFORACION		70	102	134	98	108	143	120	77			88	135		107.5	108
BAJAR EQUIPO PERFORACION		20							27						23.5	23
IZADO DE PILOTE		49	30	53	28	36	40	12	14				7	10	27.9	28
SEMBRADO DE PILOTE		73	40	24	25	6	5	7	7				5	8	20	20
SUBIR MARTILLO		76	34			60									56.667	57
ENCENDER MARTILLO		10	10	36		9									16.25	16
ENCENDIDO PILOTE		22	41	21	35	14	11	12	13	19	22				21	21
BAJAR MARTILLO									19						19	19

### 5.2.3) Obtención de Promedios

Una vez obtenidos los tiempos de la bitácora de obra, de los 14 pilotes, se dispuso obtener los promedios de dichos tiempos y sacarlos para cada actividad, como se mostró en la Fig. 5.1.

### 5.2.4) Tabla de Programación

Se realizó una tabla la cual se colocó sobre una base metálica, con el fin de obtener una manera visual de dividir las horas de trabajo.

Dicha tabla está dividida por días laborables, las cuales a su vez se dividen en horas , que a su vez están divididas en 6 períodos de 10 minutos cada una.

Se tomaron 6 días debido a que la compañía trabaja incluso los Sábados.

A continuación se muestra la tabla utilizada para el programa de la cimentación en la Fig 5.2.



### 5.2.5) Fichas de Actividades

Con el fin de lograr un método práctico y gráfico de la programación, se elaboraron fichas de cada una de las actividades, cada una de ellas diferenciada mediante un color, y un tamaño que representa el tiempo promedio de duración de la actividad.

Los colores asignados a cada una de las actividades fueron los siguientes:

<u>ACTIVIDAD</u>	<u>COLOR</u>
Acercar unidad de Fuerza	Gris
Subir Turcillo	Rojo
Centrado de Máquina	Verde Agua
Perforación	Azul Turquesa
Bajar Equipo de Perforación	Rosa
Izado de Pilote	Durazno
Sembrado de Pilote	Naranja
Subir Martillo	Café
Encender Martillo	Amarillo
Hincado de Pilote	Morado
Bajar Martillo	Azul Cielo
Comida	Blanco
tiempo de traslado 20 min.	Negro
tiempo de traslado 10 min.	puntos
soldadura	amarillo c/puntos

#### **5.2.6) Planeación de las Actividades**

La planeación en sí de las actividades, se logra al ir colocando las fichas en una secuencia lógica, tratando de optimizar el tiempo total de cimentación.

Es necesario que en la secuencia de las actividades se tome en consideración el tiempo de comida de los trabajadores, para lo cual de igual manera que las actividades, se debe elaborar una ficha de tamaño equivalente a 60 minutos, para programar también dicha actividad.

#### **5.2.7) Consideraciones**

Es necesario aclarar que al realizar la cimentación de la obra en cuestión, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1.- La hora de la comida será de 13:00 a 14:00 hrs., sin embargo es preferible que en caso de tener actividades realizándose a esa hora, recorrer la hora de la comida unos minutos después de las 13:00 hrs.

2.- Una vez realizada una perforación no se podrá dejar pasar más de 24 hrs. sin sembrar el pilote, ya que se corre el riesgo de que se deslave y tape la perforación.

3.- Los pilotes 13 y 14 serán colocados en 2 tramos, por lo que se deberá considerar un tiempo de soldadura, para unirlos.

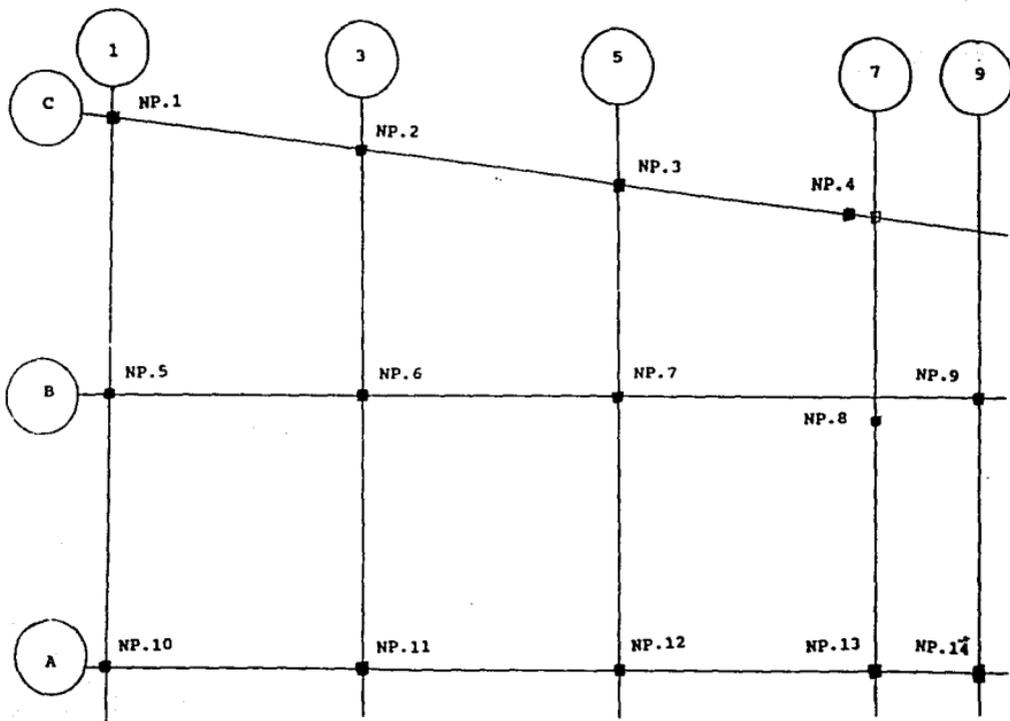
4.- Existirá un tiempo adicional de 7hrs. aproximadamente debido a las labores para pasar la grúa por debajo del puente de acceso al estacionamiento que obstruye el paso libre de la grúa para ponerla a punto.

#### 5.2.8) Esquema de Obra

La obra "Pilotes Parroquia", como se mencionó anteriormente fue programada para cimentar 14 pilotes, dos de ellos en 2 tramos unidos por soldadura. Existe una rampa de acceso al estacionamiento la cual presentó problemas al pasar la grúa por debajo de ella y poder cimentar los pilotes.

La fig. 5.3 muestra un esquema de la localización de los pilotes así como los lugares en los cuales se cimentaron los pilotes:

Fig. 5.3 Plano de localización de los pilotes.



### 5.2.9) Soldadura de Pilotes 9 y 14

Los pilotes 9 y 14 fueron elaborados en dos partes, para lo cual se utilizó soldadura. En las Fig. 5.4 y 5.5 se muestra el detalle de la soldadura, así como el corte:

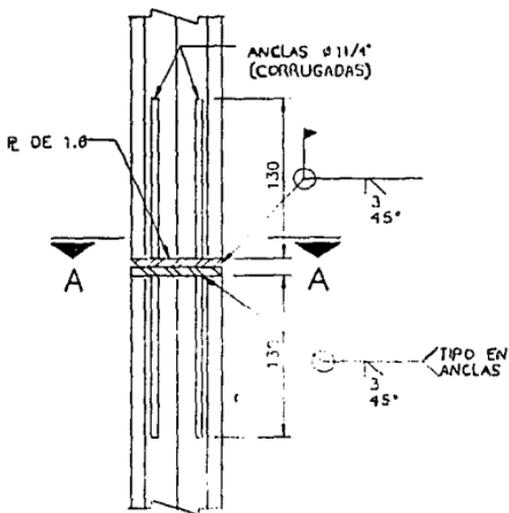


Fig. 5.4 Soldadura de pilotes en dos tramos.

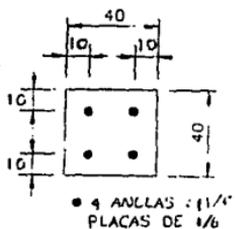


Fig. 5.5 Corte a pilotes para placas y anclas.

#### 5.2.10) Resultados

Después de desarrollar la labor de programación en la tabla de programa, se logró llegar a los resultados que a continuación se ilustran en la Fig. 5.6 y 5.7:

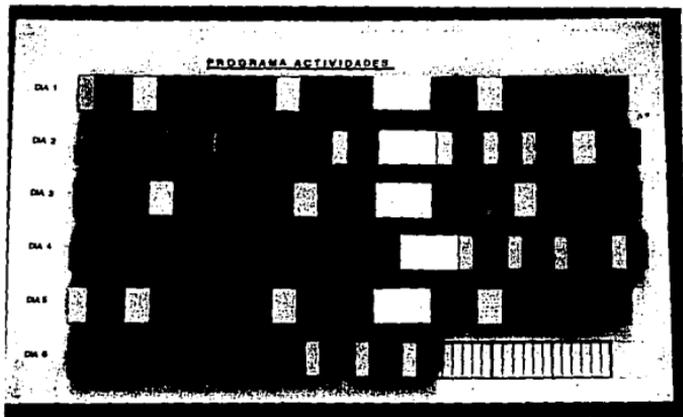


Fig. 5.6 resultados de planeación de obra "Pilotes Parroquia"  
 semana 1

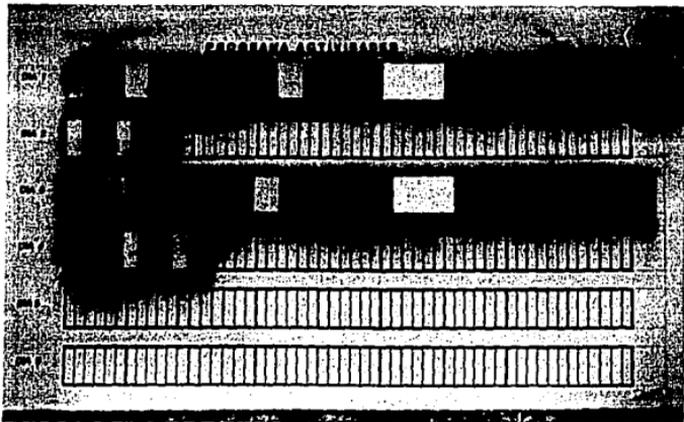


Fig. 5.7 Resultados de planeación de obra "Pilotes Parroquia"  
semana 2.

Como podemos observar se puede planear la obra de las siguiente manera:

día 1: perforación de los primeros 3 pilotes.

día 2: hincado de 3 pilotes y comienzo de perforación del 4.

día 3: Se termina de perforar el 4o., así como del 5o. al 7o.

día 4: Se hincan los 4 pilotes siguientes.

día 5: Perforación para los pilotes 8, 9 y 10o.

día 6: Hincado de los 3 pilotes. (1/2 día)

día 7: Perforación de pilotes 11 y 12.

día 8: Hincado de los pilotes 11 y 12 así como desarmado y armado de la grúa para trasladarla por debajo del puente.

día 9: Perforación para pilotes 13 y 14, así como soldar los mismos (ya que se colaron en 2 tramos)

día 10: Hincado de los pilotes 13 y 14. (Termina cimentación).

Se puede observar que el total de días en que teóricamente se puede programar la obra, sería de 10 días hábiles, es importante hacer notar que el 6o. día es sábado y que se trabaja hasta las 13:00 hrs. y que el 10o. día se terminaría la cimentación a las 10:20 horas.

En la fig. 5.8 se muestra el registro real de la obra para realizar un comparativo con la programación teórica:

## REGISTRO GENERAL DE OBRA

* PERFORACION							
ORD. PERF.	1	2	3	4	5	6	7
NO. PLANO	3	11	4	7	2	6	5
LOCALIZACION	5C	5A	7C	5B	3C	3B	1B
DIAMETRO	40 cm	60/40 cm	60/40 cm	60/40 cm	45/40 cm	45/40 cm	45/40 cm
LONGITUD	14.60 m	14.50 m	14.50 m	14.50 m	14.60 m	14.60 m	14.60 m
FECHA	10 OCT.	12 OCT.	12 OCT.	12 OCT.	14 OCT.	14 OCT.	14 OCT.
* HINCADO							
ORD. HINCADO	1	2	3	4	5	6	7
NO. PLANO	3	11	4	7	6	2	5
LOCALIZACION	6C	6A	7C	6B	3B	3C	1B
LONGITUD	16.90 m	16.69 m	16.88 m	16.80 m	16.70 m	16.86 m	16 m
FECHA	10 OCT	13 OCT	13 OCT	13 OCT	15 OCT	15 OCT	15 OCT.

* PERFORACION							
ORD. PERF.	8	9	10	11	12	13	14
NO. PLANO	1	9	10	12	8	12	13
LOCALIZACION	1C	1A	3A	7A	7B	9A	9B
DIAMETRO	45/40 cm.	45/40 cm.	45/40 cm.	45/40 cm.	45/40 cm.	45/40 cm.	45/40 cm.
LONGITUD	14.50 m	14.50 m	14.50 m	14.50 m	14.50 m	14.50 m	14.60 m
FECHA	16 OCT.	16 OCT.	16 OCT.	19 OCT.	19 OCT.	22 OCT.	22 OCT.
* HINCADO							
ORD. HINCADO	8	9	10	11	12	13	14
NO. PLANO	1	9	10	12	8	12	13
LOCALIZACION	1C	1A	3A	7A	7B	9A	9B
LONGITUD	16.85 m	16.65 m.	16.78 m.	16.06 m.	16.00 m.	16.96 m.	16.84 m.
FECHA	15 OCT.	16 OCT.	16 OCT.	20/21 OCT.	20/21 OCT.	23 OCT.	24 OCT.

El registro real de la obra muestra una duración desde:

sábado 10 oct. hasta el sábado 24 de oct., es decir 13 días hábiles.

Podemos observar un ahorro de 3 días hábiles, los cuales en la industria de la construcción representan un ahorro importante tanto en personal como en tiempo de entrega de obras.

### 5.3) APLICACIONES EN LA CIUDAD DE MEXICO

El Valle de México presenta 3 tipos de zonas y que definiremos con el nombre de: lacustre, aluvial y pétreo. A las zonas localizadas en las fronteras de las formaciones pétreo, lacustre y aluvial se les denomina de transición.

#### 5.3.1) Zona Lacustre

Debido a la magnitud e importancia de las construcciones existentes en la Ciudad de México, existe información estratigráfica y propiedades mecánicas confiables. De esta zona deben esperarse las siguientes características: 1) asentamientos importantes por consolidación cuando se aplican sobrecargas que exceden la carga de preconsolidación y 2) hundimientos regionales inducidos por el abatimiento de la presión piezométrica de los acuíferos. Por tratarse de formaciones blandas, la capacidad de

carga pueda ser determinante del diseño de cimentaciones superficiales. La ubicación de capas duras y la composición de la formación subyacente es vital para proyectar cimentaciones piloteadas.

### 5.3.2) Zona Aluvial

La característica destacada de los depósitos de esta zona es la heterogeneidad de los suelos, que pueden estar dispuestos en estratos o en forma lenticular. Dependiendo del espesor de la cubierta superficial y la dureza de los suelos, será aconsejable el pozo a cielo abierto para explorar y muestrear <sup>§</sup>.

Por la heterogeneidad de estas formaciones aluviales, en general, deberá aumentarse el número de sondeos y el de ensayos de laboratorio. Los problemas asociados a ellas son principalmente de asentamiento diferencial, y en menor grado, de capacidad de carga. Las cimentaciones en esta zona están condicionadas, además, por la disposición de los estratos y pueden ser zapatas aisladas o continuas, pilas o pilotes.

---

<sup>§</sup> S.M.M.S., "El Subsuelo y la Ingeniería de Cimentaciones en el Valle de México", Ed. Juan Mario Rdz., (1978) . p. 7

### 5.3.3) Zona Pétreá

La exploración con pozos a cielo abierto, complementada por barrenos con extracción de muestras, en caso necesario, es la usual en esta zona<sup>9</sup>. Generalmente la compresibilidad es despreciable y la capacidad de carga alta. La cimentación de zapatas aisladas es en general la solución obvia.

Esta zona es muy cambiante por los diferentes tipos de rocas que pueden identificarse en las partes altas del valle (tobas, lavas, tezontles, etc.), se caracteriza por presentar problemas mejor definidos en cuanto a la ingeniería de cimentaciones, excepto en los terrenos afectados por la explotación de minas de arena y grava.

### 5.3.4) Zonas de Transición

La variedad de condiciones que pueden encontrarse en estas zonas de transición entre las formaciones lacustre, aluvial y pétreá, hacen poco menos que imposible la elección anticipada del tipo de exploración y muestreo requerido. Los equipos a usar deben ser versátiles en cuanto a herramienta y capacidad

---

<sup>9</sup>. Idem No. 8

propulsora; el pozo a cielo abierto es la alternativa viable hasta una profundidad de 10 m. La observación de campo con fines de localizar grietas; y el asentamiento diferencial en transiciones abruptas, pueden ser aspectos determinantes del diseño de la cimentación.

En las zonas de Transición se han reconocido 3 condiciones típicas:

#### 5.3.4.1) Progresiva

En que la formación rocosa aparece cubierta por depósitos de origen aluvial, a su vez subyacentes a las capas más recientes de arcilla lacustre.

#### 5.3.4.2) Interestratificada

Las fases aluvial y lacustre se suceden en forma alternada, dando lugar a la intercalación de mantos blandos arcillosos con otros de matriz granular contaminados por finos, generalmente duros y más resistentes.

#### 5.3.4.3) Abrupta

Los depósitos lacustres están en contacto con la formación rocosa , tapizada por derrubios o suelo residual. Puede clasificarse también dentro de la condición 2, el caso de derrames de lava sobre arcillas o suelos aluviales, cubiertos por otras capas más recientes de la formación lacustre o acarrees fluviales; esta disposición se ha encontrado en algunos lugares circundantes al Cerro de la Estrella.

#### 5.4 ZONIFICACION PARA APLICACION DEL METODO

Con el fin de ubicar las zonas en las cuales se podrá aplicar el método de Planeación de Obra propuesto se presenta la la fig. 5.9 un mapa con la zonificación de los distintos tipos de suelo existentes en la Ciudad de México.

Como pudimos observar con anterioridad, la ubicación de la Obra "Pilotes Parroquia", se encuentra dentro de las zonas de transición , por lo que los tiempos de las actividades propuestas para este trabajo, podrán ser aplicados en este tipo de zona.



## 5.5 DETERMINACION DE COSTO UNITARIO

Con el fin de determinar un costo unitario aproximado, para futuras cotizaciones a cimentaciones profundas con pilotes de concreto en zonas de transición, determinaremos en base a una bitácora de obras similares a la discutida en la presente tesis, como se muestra en la Fig. 5.10. Es necesario aclarar que se tomaron cotizaciones realizadas por la compañía durante el año de 1992 en este tipo de zonas y en la Ciudad de México por considerar representativo el período de tiempo en el cual se realizó la cimentación "Cimentaciones Parroquia".

<u>Ubicación</u>	<u>No. pilotes</u>	<u>Cotización</u> (N\$)	<u>Costo unitario</u> (N\$)
1. Parroquia s/n	14	57,779.12	4,127.08
2. Martín Mendalde #1794	4	18,535.00	4,633.75
3. General León #59	16	57,600.00	3,600.00
4. Insurgentes Sur #645	8	34,138.48	4,267.31
5. Pitágoras #1752	12	48,315.84	4,026.32

Fig. 5.10 Bitácora de cotizaciones a cimentaciones con pilotes de concreto en zonas de transición durante 1992.

Como podemos observar las cotizaciones a obras realizadas en zonas de transición con cimentación piloteada durante 1992 tienen los siguientes límites:

Límite superior: N\$ 4,633.75

Límite inferior: N\$ 3,600.00

El promedio de las cotizaciones es:

Promedio: N\$ 4,130.89

Debido a los resultados arrojados por estas cotizaciones podemos concluir que el costo unitario para la cimentación de un pilote de concreto en zona de transición, en la Ciudad de México durante el año de 1992 podría estimarse dentro de los límites superior e inferior anteriormente mencionados, considerando como promedio N\$ 4,130.89.

En caso de requerir cotizaciones para años posteriores será necesario aplicar a los costos algún factor financiero de inflación que relacione 1992 con el año requerido.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos presentados en la introducción de la presente tesis y acorde a lo desarrollado en el cuerpo de trabajo, obtenemos las siguientes conclusiones.

1. Hemos realizado una explicación de lo que son y la importancia que tienen las cimentaciones o "conexiones" entre las obras civiles y el sistema tierra. Es tarea del Ingeniero de obras el correcto desempeño de las mismas, pues de ello dependerá el desarrollo desde una pequeña casa habitación hasta los enormes edificios de la actualidad. La vida agitada y competitiva que vivimos requiere que los directivos y cualquier persona que realice una actividad productiva posean el mayor número de herramientas para una adecuada toma de decisiones, de una manera rápida y eficiente. Para la industria de la construcción en general y en particular para la empresa Cimentaciones Auger, S.A. de C.V. uno de los problemas detectados fue la unificación de criterios al planear la secuencia de actividades para realizar trabajos de cimentación. Es por esto que el método desarrollado en la presente tesis, propuso una alternativa viable para resolver dicha necesidad, de una manera práctica y efectiva.

2. No descartamos la posibilidad de usar o complementar el método propuesto con los expuestos a lo largo del capítulo 2, como son Gráfico de Gantt, Pert, CPM, etc. Estos métodos podrán utilizarse de acuerdo a las necesidades específicas de cada proyecto.

3. El éxito en la utilización del método, dependerá en gran medida de la veracidad de los resultados de los estudios previos. El presente trabajo ilustra la aplicación del método propuesto de acuerdo a un tipo de suelo encontrado en una zona específica (transición) y de acuerdo a un tipo de cimentación (pilotes de concreto), es decir, que será aplicable a suelos similares y con el tipo de cimentación anteriormente mencionada.

4. En caso de querer aplicar el método a otro tipo de suelo y/o tipo de cimentación, bastará con crear una tabla de tiempos de acuerdo a una o varias bitácoras de obra pasadas, y formar las fichas con el código de colores propuesto para aplicar de igual manera el método propuesto.

Una de las características principales de la ingeniería industrial es la de detectar un problema o proceso inadecuado en alguna organización, y a través de la observación, recopilación de datos y desarrollo de alguna solución, dar una alternativa viable ya sea para mejorar o para solucionar por completo dicho problema o proceso.

La conjunción de las materias que componen la carrera de ingeniería industrial, permiten al ingeniero contar con herramientas así como obtener una visión amplia de los diferentes departamentos que componen las organizaciones y así poder plantear métodos que como el desarrollado en la presente tesis, propongan soluciones prácticas a un problema o proceso en particular.

## BIBLIOGRAFIA

1. Little A. L.  
"Foundations"  
Edward Arnold (publishers)  
Ltd London. (1961)
2. Tomlison M.S.  
"Diseño y Construcción de Cimientos"  
Ed. Urmo  
Bilbao, España. (1963)
3. Chellis R.D.  
"Pile Foundations"  
Ed. Mac Graw-Hill  
New York (1961)
4. Adam E. & Ebert R.  
"Administración de la Producción y  
las Operaciones"  
Ed. Prentice Hall  
1a. Edición en Español  
México, D.F. (1987)

5. Suárez Salazar C.  
"Costo y Tiempo en Edificación"  
Ed. Mac-Graw Hill  
México, D.F. (1972)
  
6. Portillo Martín, Francisco  
"Cimentaciones en la Ciudad de México"  
Tesis Universidad Autónoma de S.L.P.  
México (1973)
  
7. Alcachel Corkidni, Alberto  
"El Uso de Pilotes en México como Técnica  
de Cimentación"  
Tesis Profesional UNAM  
México. (1956)
  
8. Peck Brazelton, Ralph  
"Ingeniería de Cimentaciones"  
Ed. Mac-Graw Hill  
México. (1978)
  
9. Granados Granados, Raúl  
"Diseño Estructural de Cimentaciones"  
Cursos Abiertos (U.N.A.M.)  
Mayo 1992

10. Schmitter Martín del Campo, Juan Jacobo  
"Clasificación de Cimentaciones"  
Cursos Abiertos (U.N.A.M.)
  
11. Moreno Pecero, Gabriel  
"La Influencia de las Condiciones Locales de las  
Formaciones Naturales en el Riesgo Sísmico"  
Cursos Abiertos (U.N.A.M.)  
Mayo 1992
  
12. Juárez Badillo, Rico  
"Mecánica de Suelos"  
Ed. Limusa  
México. 1984
  
13. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos  
"Simposio 10 de Marzo de 1978"  
Ed. Juan Mario Rodríguez  
México (1978)