

01121  
48



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

---

---

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**"PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS PARA  
UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS"**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTAN:**

**JOSE LUIS GODINEZ VELASCO**

**JESUS VILLEGAS TREJO**



**ASESOR: M.I. HECTOR SANGINES GARCIA**

**ABRIL 2003**

a



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: JESUS VILLEGAS TREJO

FECHA: 9-ABRIL-2003

FIRMA: [Firma]

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/ 125/02

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Señores  
JOSE LUIS GODINEZ VELASCO  
JESÚS VILLEGAS TREJO  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. HECTOR SANGINES GARCÍA, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tema de tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**"PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS"**

- I. INTRODUCCIÓN
- II. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS
- III. DISEÑO DE ANCLAS
- IV. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE ANCLAJE
- V. PRECIOS UNITARIOS
- V. CONCLUSIONES

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de esta

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberán prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitario a 27 de agosto de 2002  
EL DIRECTOR [Firma]

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
[Firma]

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: JOSE LUIS

GODINEZ VELASCO

FECHA: 9-ABRIL-03

FIRMA: [Firma]

b

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Dedicada a mi esposa Norma, a mis padres,  
hermanos, amigos, profesores y  
compañeros del trabajo  
Pero principalmente a DIOS.

*José Luis Godínez*

9

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Para mis padres:

Apolonio Villegas †  
Juana Trejo †

Para mis hermanas:  
por todo su esfuerzo  
y apoyo

Para cada una  
de las personas que  
con su experiencia, intervinieron  
para culminar este proyecto:  
ingenieros, profesores,  
compañeros y amigos

Para todos  
Mil Gracias

*Jesús Villegas*

J

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	3
<b>CAPITULO I.- MECANICA DE SUELOS.</b>	
1.1. Estratigrafía del Suelo	6
1.2 Revisión de la seguridad del terreno ante las cargas que transmite la estructura.	7
1.3 Revisión de la seguridad de la excavacion.	7
1.4 Empuje de tierras	9
1.5 Procedimiento constructivo	10
1.6 Recomendaciones generales	10
Tablas de sondeos	12
<b>CAPITULO II.- DISEÑO DE ANCLAS</b>	
2.1 Consideraciones de diseño de un anclaje	16
2.2 Diseño particular de un anclaje	16
2.3 Capacidad resistente	21
2.4 Criterios de calculo de longitud libre y longitud adherida	24
2.5 Factores de seguridad utilizados en el diseño de anclas	26
<b>CAPÍTULO III.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.</b>	
3.1 Generalidades	28
3.2 Proyecto y ejecucion de sistemas anclados	28
3.3 Perforación	29
3.4 Tendón	32
3.5 Inyecciones	34
3.6 Cabeza de anclaje	39
3.7 Tensado	39
3.8 Obras complementarias	42
<b>CAPITULO IV.- PRECIOS UNITARIOS</b>	
4.1 Generalidades sobre precios unitarios	44
4.2 Materiales	46
4.3 Mano de obra	49
4.4 Equipo	52
4.5 Precios Unitarios	67
<b>CONCLUSIONES</b>	76
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	78

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS**

**INTRODUCCION**

## INTRODUCCION

Los anclajes constituyen en estos momentos un medio esencial para garantizar la estabilidad de estructuras muy diversas, lograndose utilizar los procedimientos y posibilidades que la tecnologia actual del soporte mediante anclajes que pone a nuestra disposición para aplicar la solución de cualquier situación en que se necesite la ayuda de la masa de suelo para soportar un determinado estado de tensiones o esfuerzos.

Esta tecnologia, que comenzo a aplicarse en vias terrestres, fue llevada a la construcción urbana, siendo el campo mas beneficiado el referente a la construcción de taludes en excavaciones.

El objetivo del sistema de anclas es contener el empuje del terreno en el talud. Una vez conocida la capacidad individual del ancla se debe analizar en conjunto para revisar su correcto funcionamiento y estabilidad.

Es así que teniendo en cuenta que la ciudad de México en sus alrededores predominan las zonas montañosas, estas se convierten en un primer obstaculo para el desarrollo y edificación de estas zonas.

Por lo que el presente trabajo muestra la solución de estabilidad de taludes para la construcción de un edificio corporativo en la zona de lomas mediante el sistema de anclas.

En le capítulo I abarca todo lo relativo al estudio de mecanica de suelos, para determinar las características físicas del lugar donde se efectuaran la construcción de las anclas.

En el capítulo II se mencionan todas y cada una de las consideraciones que se deben hacer para obtener el diseño de una ancla, tomando en cuenta la localización, longitud y cargas apropiadas, así como los factores de seguridad que se utilizan en el diseño.

En el capítulo III se refiere a la ejecución física de la construcción de las anclas, en el cual se hará referencia de cada uno de las actividades a seguir, pasando por el proceso de barrenación, colocación del tendón, sistemas de inyección, procedimientos de tensado y obras complementarias, así como los materiales y equipos que intervienen en las actividades del procedimiento constructivo de las anclas.

En el capítulo IV se presentan todos los elementos que intervienen en la elaboración de precios unitarios, así como todas las matrices de los conceptos que intervienen en el proceso constructivo del ancla, determinando la factibilidad económica de la construcción de la contención de del talud por este sistema.

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS**

**Estos son los aspectos que integran este trabajo, en los cuales se trato de abarcar todo lo que conforma la contención de taludes por medio de anclas para un edificio en la zona de lomas.**

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS**

**Capítulo I**  
**MECANICA DE SUELOS**

## Capítulo I

### MECANICA DE SUELOS

Con el firme objetivo de mostrar la seguridad del terreno de cimentación y de la excavación para alojar la subestructura de un edificio de 5 niveles que se pretende construir en zona de lomas en la Ciudad de México, se presentan las siguientes consideraciones y recomendaciones.

#### 1.1 Estratigrafía del suelo

La estratigrafía del suelo se obtuvo a partir de los resultados de un sondeo de penetración estandar (SPE-1) y de un pozo a cielo abierto (PCA-1) realizados en el estudio geotécnico, y de un pozo a cielo abierto adicional (PCA-2). La localización en planta de estos sondeos se muestra en la fig. 1.1, y la estratigrafía observada en ellos se exhibe en las tablas 1.1 a 1.3

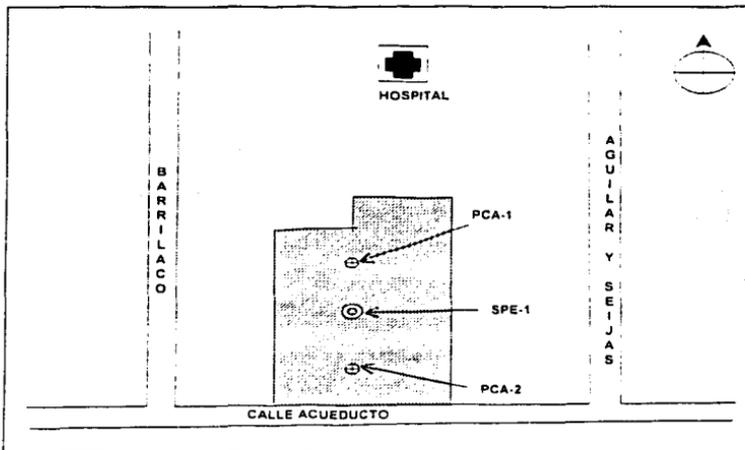


Figura 1.1

Puede observarse que en el sondeo SPE-1 existen estratos intercalados de arenas de compactidad media y alta hasta los 12 m de profundidad. Entre 12 y 16.80 m se encontró una arena de alta compactidad, y de los 16.80 m y hasta la máxima profundidad explorada se halló un conglomerado muy cementado de alta consistencia.

En los pozos PCA-1 y PCA-2 se encontraron arenas finas de mediana compactidad (hasta 2.40 m de profundidad en el PCA-1 y hasta 3.0 m de profundidad en el PCA-2). Bajo estas

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

arenas existen arenas cementadas en estado compacto, así como limos de consistencia muy firme a dura.

El nivel de agua freática (NAF) no se encontró en ningún sondeo.

## 1.2 Revisión de la seguridad del terreno ante las cargas que transmite la estructura.

### 1.2.1) Asentamiento del terreno

Para una presión de contacto de  $80 \text{ t/m}^2$ , con un módulo  $E=460 \text{ kg/cm}^2$ , obtenido de una prueba de placa sobre el terreno, con  $\nu = 0.25$ ,  $B=2\text{m}$ ,  $L=2\text{m}$ , espesor del estrato compresible  $H=6\text{m}$ , usando la fórmula de Steinbrenner se obtiene un asentamiento de  $3.1 \text{ cm}$ , el cual es tolerable para estructuras a base de concreto reforzado (Sowers 1962).

### 1.2.2) Capacidad de carga por resistencia al corte.

La capacidad de carga del terreno por resistencia al corte se puede revisar con el criterio de Meyerhof, que indica que la capacidad de carga última  $q_u$  (en  $\text{kg/cm}^2$ ) esta dada por

$$q_u = 4N$$

Siendo  $N$  el numero de golpes de la prueba de penetracion estandar.

Si el cimientto se apoya en el estrato 2 de arena limosa en estado compacto, con  $N=30$  golpes,  $q_u = 120 \text{ kg/cm}^2 = 1200 \text{ t/m}^2$ . Usando un factor de seguridad de 3,  $q_s = 400 \text{ t/m}^2$ , la cual es mayor que la presión recomendada de  $80 \text{ t/m}^2$ .

En consecuencia, no hay problema por capacidad de carga por resistencia al esfuerzo cortante del suelo. Sin embargo, es importante insistir que por deformaciones la presión de contacto no debe ser mayor que  $80 \text{ t/m}^2$ .

## 1.3 Revisión de la seguridad de la excavación.

Debido a que la excavacion del terreno se hará en una sola etapa, será necesario emplear anclas para soportar el empuje horizontal del terreno.

El cálculo de las anclas se llevo a cabo empleando el procedimiento de Mitchell y Katti (1981), en el que el factor de seguridad (FS) de un ancla vale

$$FS = \frac{\Sigma F_R}{\Sigma F_A}$$

Donde  $\Sigma F_R$  = sumatoria de fuerzas resistentes =  $Pi^*l_p$

$P$  = perimetro del ancla (incluyendo la zona de inyeccion de lechada)

$i^*$  = coeficiente de fricción

$l_p$  = longitud de anclaje en la zona resistente

$p_p$  = presión horizontal efectiva

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

$\Sigma F_A$  = sumatoria de fuerzas actuantes =  $p_h SV$

$P_h$  = presión horizontal =  $K_p$

$S$  = separación horizontal de las anclas

$H$  = separación vertical de las anclas

$K$  se toma igual a  $K_a$  en la superficie del terreno y va decreciendo linealmente hasta  $K_u$  a una profundidad de 6m. donde.

$K_a = 1 - \text{sen } \phi$

$Y K_u = \tan^2 (45^\circ - \phi/2)$

Para fines de cálculo, los materiales del subsuelo se pueden dividir en:

- Arenas limosas de mediana compacidad, hasta los 12 m de profundidad (sondeo SPE-1). Propiedades:  $N = 25$  golpes,  $\phi = 37^\circ$
- Arenas limosas ligeramente cementadas, en estado compacto, hasta la máxima profundidad explorada de 20.30 m (sondeo SPE-1). Propiedades:  $N = 30$  golpes,  $\phi = 40^\circ$  (tabla de Meyerhof)

Con las propiedades anteriores, se calcularon las características del sistema de anclaje, con los siguientes resultados:

Colindancia con la calle Acueducto

Profundidad (m)	Longitud del ancla (m)	Varilla No	Diametro varilla (cm)	Diametro del ancla (incluye zona inyectada) (cm)	Separacion horizontal (m)	Separacion vertical (m)	Factor de seguridad
0 a 6	8	6	1.91	12	1.8	1.5	1.42
6 a 10	8	8	2.54	12	2	1.5	1.68
10 a 14	8	12	3.81	12	3	2	1.60

Zona donde no hay estructuras colindantes

Profundidad (m)	Longitud del ancla (m)	Varilla No	Diametro varilla (cm)	Diametro del ancla (incluye zona)	Separacion horizontal (m)	Separacion vertical (m)	Factor de seguridad
-----------------	------------------------	------------	-----------------------	-----------------------------------	---------------------------	-------------------------	---------------------

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

				Inyectada (cm)			
0 a 2	8	6	1.91	12	2.2	1.5	1.20
2 a 6	8	8	2.54	12	2.2	1.5	1.17
6 a 10	8	10	3.18	12	3	1.5	1.23
10 a 14	8	12	3.81	12	3.5	2	1.37

Zona con estructura colindantes

Profundidad (m)	Longitud del ancla (m)	Varilla No.	Diametro varilla (cm)	Diametro del ancla (incluye zona inyectada (cm)	Separacion horizontal (m)	Separacion vertical (m)	Factor de seguridad
0 a 6	8	8	2.54	12	2.2	1.5	1.17
6 a 10	8	10	3.18	12	3	1.5	1.22
10 a 14	8	12	3.81	12	3.5	2	1.37

1.4 Empuje de tierras

El sistema de anclas toma prácticamente toda la presión horizontal del terreno, con factores de seguridad mínimos de 1.42 en la colindancia con la calle de Acueducto y de 1.17 en las otras colindancias.

Por lo anterior, usando un factor de seguridad de 2, conservadoramente se puede considerar que las anclas toman la mitad de la presión horizontal, y la otra mitad se tomara con resistencia estructural de los muros de concreto reforzado. En estas condiciones, las presiones horizontales sobre los muros, en condiciones de trabajo, serán:

Presión horizontal  $t \text{ m}^2$

Profundidad (m)	Calle Acueducto	Zonas con estructuras colindantes	Zonas sin Estructuras colindantes
0	0.40	0.80	0.30
2	1.08	1.47	0.98
4	1.75	2.15	1.65
6	2.43	2.83	2.33
8	2.79	3.14	2.70
10	3.39	3.74	3.30
12	4.00	4.36	3.91
14	4.61	4.97	4.52

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 1.5 Procedimiento constructivo

La excavación se realizará por etapas en dirección vertical, iniciando con la porción más alta del predio. Las etapas de excavación serán las siguientes:

- a) Excavación hasta 2m, protegiendo el corte con malla electrosoldada 6x6-10-10 y concreto lanzado de  $f'c = 150 \text{ kg cm}^2$ , espesor de 8cm. Sistema de anclas a 1.5 m de profundidad; elevación ancla -1.5 m.
- b) Excavación adicional de 1.5 m (total 3.5 m), siguiendo el mismo procedimiento del inciso (a); protección del corte con malla electrosoldada 6x6-10-10, y concreto lanzado de  $f'c = 150 \text{ kg cm}^2$ , espesor de 8 cm elevación ancla -3 m.
- c) Excavación adicional de 1.5 m (total 5 m), siguiendo el mismo procedimiento del inciso (a). Elevación ancla - 4.5 m.
- d) Excavación adicional de 1.5 m (total 6.5 m), siguiendo el mismo procedimiento del inciso (a). Elevación ancla - 6.0 m.
- e) Excavación adicional de 1.5 m (total 8 m), siguiendo el mismo procedimiento del inciso (a). Elevación ancla - 7.50 m.
- f) Excavación adicional de 1.5 m (total 9.5 m), siguiendo el mismo procedimiento del inciso (a). Elevación ancla - 9.0 m.
- g) Excavación adicional de 1.5 m (total 11.5 m), siguiendo el mismo procedimiento del inciso (a). Elevación ancla - 11.0 m.
- h) Excavación adicional de 1.5 m (total 14.0 m), siguiendo el mismo procedimiento del inciso (a). Elevación ancla - 13.5 m.

### 1.6 Recomendaciones generales

- a) En caso de que exista flujo de agua (por rotura de tuberías, agua pluvial, etc) a través de las paredes de la excavación, deberán dejarse drenes consistentes en tubos de 1.3 cm de diámetro, colocados en la capa de concreto lanzado, que permitan la salida de agua hacia la excavación, y el alivio de la presión hidráulica generada por el agua. Estos drenes se colocarán en medio de las anclas, a las mismas elevaciones que estas.
- b) Deberán llevarse a cabo nivelaciones de las estructuras colindantes, en puntos situados a una elevación 1.5 m arriba del nivel de banqueta. La separación horizontal de los puntos de medición será 4 m. La primera nivelación deberá hacerse antes del inicio de cualquier proceso (antes de la demolición de la casa actual). Las mediciones deberán hacerse cada 2 días durante la excavación del terreno. Una vez terminada la excavación las nivelaciones deberán hacerse cada semana. Hasta el término de la obra.

Además deberán llevarse a cabo nivelaciones después de terminada la construcción, pues las Normas de Cimentaciones establecen que "en las edificaciones con peso unitario medio mayor de  $5 \text{ tm}^2$  o que requieran una excavación de más de 2.5 m de profundidad, será obligatorio realizar nivelaciones después de la construcción, cada mes durante los primeros meses, cada seis meses durante un periodo mínimo de 5 años, para verificar el comportamiento previsto de las cimentaciones y sus alrededores".

- c) Es necesario verificar el estado actual de las construcciones vecinas (agrietamientos de muros o elementos estructurales, asentamientos diferenciales, desplomes, etc), para poder en un futuro apreciar la relación entre dicho estado actual y el estado de

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

las mismas durante la excavación y construcción del edificio nuevo. Es conveniente que la revisión de las estructuras vecinas se realice de común acuerdo con sus dueños, o si esto no es posible, con la presencia de un notario público. Los resultados de esta inspección se consignaran en un informe escrito, acompañado de fotografías que ilustren las condiciones actuales de las edificaciones colindantes.

- d) En el fondo de la excavación no se deberán alterar ni la estructura ni la humedad naturales del estrato de apoyo de la cimentación. En este sentido, conviene colar una plantilla de concreto pobre de  $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$ , de 5 cm de espesor, inmediatamente después de llegar al fondo del corte.
- e) La construcción de la excavación deberá realizarse en el menor tiempo posible, y no deberá permanecer abierta un lapso mayor de 50 días.
- f) La subestructura del edificio deberá quedar separada de las estructuras de cimentación de las colindancias, una distancia mínima de 10 cm, en el espacio entre las subestructuras se podrá colocar espuma de poliestireno.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

TABLA I-1  
SONDEO SPE-1  
ACUEDUCTO No. 28  
MEXICO, D.F.

Estrato	Profundidad (m)	Descripcion y propiedades
1	1.80	Relleno constituido por arcilla café grisáceo oscuro y cascoteo, en estado suelto $W = 20\%$ , $N = 3$
2	3.60	Toba; arena fina y media poco gruesa andesítica, angulosa, café verdoso muy cementada $W = 25\%$ , $N = 42$
3	5.30	Arena media y gruesa, poco fina, pumítica, limpia, gris claro, con algunas gravas hasta de 1/2 pulgadas de compactidad media $W = 63\%$ , $N = 22$
4	7.20	Arena fina y media, poco gruesa, pumítica y cuarzosa, con limo café verdoso claro, compactidad media a alta $W = 25\%$ , $N = 31$
5	12.00	Limo de baja plasticidad, con arena fina cuarzosa y pumítica, café verdoso claro, compactidad media a alta $W = 25\%$ , $N = 25$
6	16.80	Limo de baja plasticidad, con arena fina cuarzosa y pumítica, café verdoso claro, compactidad media a alta $W = 21\%$ , $N = 31$
7	18.70	Conglomerado formado por arena graduada andesítica y cuarzosa, angulosa, poco limosa, café rosáceo y algunas grava andesítica angulosas hasta de 1/2 pulgadas, muy cementado $W = 15\%$ , $N = 80$
8	20.30	Conglomerado formado por arena graduada andesítica y cuarzosa, angulosa, poco limosa, café grisáceo con fragmentos de roca caliche; muy cementado $W = 13\%$ , $N = 100$

Profundidad del nivel de agua freática (NAF): no se encontro

W = contenido natural de agua

N = numero de golpes en la prueba de penetracion estandar

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TABLA I-2  
 SONDEO PCA-1  
 ACUEDUCTO No. 28  
 MEXICO. D.F.

Estrato	Profundidad (m)	Descripción y propiedades
1	2.40	Limo café con arena fina y media cuarzosa y andesítica, con raíces de consistencia media $qu=2.25 \text{ kg cm}^2$
2	3.50	Limo café verdoso con arena fina y media cuarzosa y andesítica, con gravas angulosas, de consistencia muy firme $W = 22\%$ , $qu = 5 \text{ kg cm}^2$
3	4.00	Arcilla café oscuro con grumos del mismo material, de consistencia muy firme a dura $W = 25\%$ , $qu = 5 \text{ kg cm}^2$
4	8.00	Limo café oscuro de consistencia muy firme $W = 30\%$ , $qu = 5 \text{ kg cm}^2$

Profundidad del nivel de agua freática (NAF): no se encontró

W = contenido natural de agua

qu = resistencia a la compresión simple con penetrómetro manual

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

TABLA I-3  
SONDEO PCA-2  
ACUEDUCTO No. 28  
MEXICO, D.F.

Estrato	Profundidad (m)	Descripcion y propiedades
1	0.30	Relleno heterogeneo de fragmentos de roca, pedaceria de tabique, escombros, etc.
2	0.90	Limo poco arcilloso cate oscuro, de consistencia media a firme, con raices qu = 2.75 kg/cm <sup>2</sup>
3	1.60	Limo café claro poco cementado, de consistencia media a firme, con raices (toba de origen volcanico), de baja plasticidad, punitico qu = 1.75 kg/cm <sup>2</sup>
4	5.00	Arena fina limosa cate claro, de muy baja a baja plasticidad, de compactad media a alta, con pocas raicillas (muy intemperizable) W = 6%, qu = 3.5 kg/cm <sup>2</sup>
5	3.50	Conglomerado (material de consistencia muy alta), con lutita, estratificado qu = 5 kg/cm <sup>2</sup>
6	4.40	Limo arenoso cementado, de compacto a muy compacto, de baja plasticidad, poco fisurado qu = 5 kg/cm <sup>2</sup>

Profundidad del nivel de agua freática (NAF): no se encontro

W = contenido natural de agua

qu = resistencia a la compresion simple con penetrometro manual

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS**

**Capítulo II**

**DISEÑO DE ANCLAS**

## Capítulo II

### DISEÑO DE ANCLAS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 2.1 Consideraciones de diseño del sistema de anclaje.

La localización del ancla es tan importante como la capacidad de carga de la misma. El ancla debe construirse a una distancia mínima de la estructura a la que soporta pero, al mismo tiempo, debe de ser lo suficientemente larga para lograr un anclaje capaz de soportar las cargas a que estará sometida. La técnica de anclaje disponible se deberá ajustar al tipo de terreno.

En el diseño de anclas se deben tomar en consideración las anteriores recomendaciones, esto es localización, longitud y cargas apropiadas.

La longitud total del ancla es sumamente importante, una masa de suelo que ha sido reforzada por un ancla puede ser visualizada como un diagrama de cuerpo libre que debe de cumplir los requisitos de la estática. Las fuerzas externas actuantes en el sistema se determinan mediante las propiedades del suelo en cuestión. El principio de diseño consiste en localizar el ancla de tal manera que el sistema resulte estable, es decir, la suma de fuerzas en X, Y y Momentos debe ser igual a cero. Con el propósito de evitar deslizamientos, la suma de fuerzas horizontales resistentes debe ser mayor a las fuerzas que causan el movimiento del bloque. El cociente entre estas magnitudes es función directa del factor de seguridad que quiera emplearse. Para el caso del volteo, el bloque debe cumplir con un factor de seguridad semejante.

Para el caso de arenas en falla circular, la solución puede determinarse exactamente, pero dicho procedimiento puede resultar muy laborioso. La forma más sencilla de solución consiste en analizar al bloque como si fuera un cuerpo libre, basándose en el comportamiento del suelo y ubicando el ancla en el lugar que se suponga más adecuado. Si el bloque no posee un factor de seguridad adecuado, simplemente se altera la localización del ancla ya sea modificando su longitud, ángulo de inclinación o ambos. Cuando se modifica el ángulo de inclinación y la longitud del ancla debe tenerse especial cuidado en no situar el ancla en suelos que no pueden desarrollar los esfuerzos de trabajo a los que serán sometidos.

#### 2.2 Diseño particular de un anclaje.

En cualquier sistema de anclaje se identifican los siguientes elementos (Fig. II-1):

- a) Fuerzas exteriores a soportar
- b) Elementos coercitivos consistentes en:
  - 1) Unidad de anclaje al terreno con una longitud libre  $L_f$  y una longitud adherente  $l_b$ .
  - 2) Otros elementos estructurales que requieren ser anclados
  - 3) Bulbo de inyección de longitud  $L_g$

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

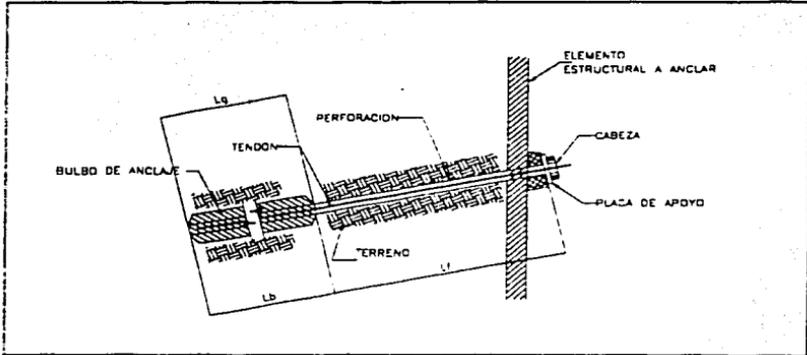


Fig. II-1 Elementos de un sistema de anclaje.

En la figura II-2 muestra las ventajas de postensar un anclaje en terreno antes de que actúen las cargas exteriores aplicadas a través de otros elementos estructurales.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

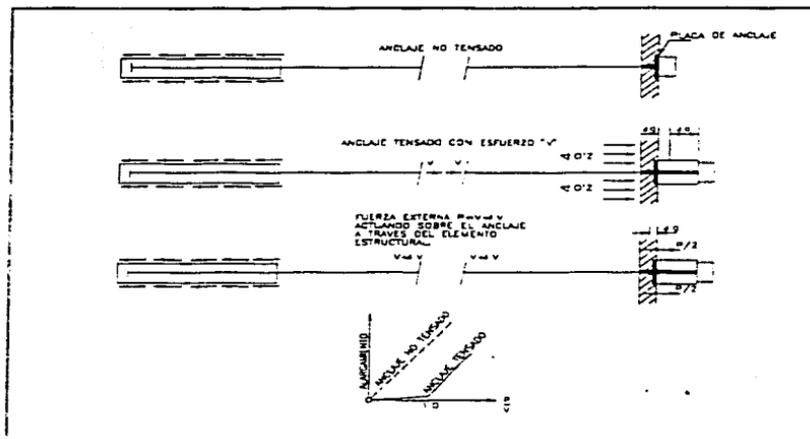


Fig. II-2 Ventajas de postensar un anclaje.

Al postensar un anclaje con una fuerza  $V$  contra el terreno, se produce por compresión un desplazamiento de la placa de anclaje,  $\Delta g$  y un alargamiento elástico de la longitud libre del tendón  $l$ ,  $\Delta a$ . El valor de  $\Delta g$  es función de la distribución de tensiones  $\sigma z$  inducida en el terreno y las características elásticas y plásticas del mismo, y es generalmente pequeño comparado con el desplazamiento  $\Delta a$ . Cuando la fuerza exterior  $P$  actúa a través de los elementos estructurales, las deformaciones resultantes corresponden al sistema conjunto del terreno comprimido y del anclaje tensionado. Este comportamiento subsiste hasta el punto en que el terreno queda descargado de sus tensiones iniciales. A partir de ese punto el desplazamiento de la placa de anclaje es  $\Delta g$  y corresponde a un pequeño  $\Delta V$  de la fuerza de anclaje dado que  $\Delta a$  es grande comparado con  $\Delta g$ .

Este requerimiento muestra la necesidad de una adecuada longitud libre. Para valores de  $P$  mayores que los de  $V$  las deformaciones siguen la curva característica del tendón.

---Diseño de anclas de sección constante con inyección a baja presión.

Fueron las primeras en desarrollarse, se utilizan donde el suelo permite que la perforación no se cierre después de retirado el barreno. Posteriormente se coloca el elemento de acero y se vierte algún tipo de lechada de alta resistencia a través de la oquedad sin ninguna presión de inyección.

La capacidad de carga de este tipo de anclas se determina de la siguiente manera.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

$$P_s = (A_b) (F_s) \dots\dots\dots(1)$$

Donde :

- P<sub>s</sub> : Es la capacidad del ancla en t.
- A<sub>b</sub> : Área de contacto del barreno perforado en m<sup>2</sup>
- F<sub>s</sub> : Adherencia del suelo en t/m<sup>2</sup>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Que también se puede expresar:

$$P_s = \pi(d_a)(l_a) (F_s) \dots\dots\dots(2)$$

- d<sub>a</sub> : Diámetro del ancla
- l<sub>a</sub> : Longitud anclada.
- F<sub>s</sub> : Adherencia del suelo en t/m<sup>2</sup>

La experiencia ha demostrado que en general se puede dar un valor de adherencia al suelo de 5 t / m<sup>2</sup> excepto en materiales arcillosos blandos.

La siguiente tabla nos muestra los valores típicos de adherencia para este tipo de material.

Tipo de suelo	Resistencia a la penetración estándar (golpe / 30 cm.)	Esfuerzo de adherencia (t / m <sup>2</sup> )
Arcilla limosa	3-6	2.44-4.89
Arcilla arenosa	3-6	3.67-4.89
Arcilla media	4-8	3.67-6.11
Arcilla firme	Más de 8	4.89-7.33

Tabla II-A

---Diseño de anclas acampanadas con lechadas inyectados a baja presión

El procedimiento de barrenación para este tipo de anclas es muy sencillo. Primero se barrena hasta la profundidad deseada con seccion constante, posteriormente se utiliza una herramienta especial para acampanar la seccion. El tendón se coloca con una placa en su extremo y la lechada es vertida, con o sin presión hacia la campana.

La lechada debe llenar tanto la campana como una parte de la sección constante. La capacidad del ancla es obtenida a partir de la capacidad de carga sobre el área de la campana y el esfuerzo cortante originado en la sección de lechada. Esto se expresa:

$$P_s = [(A_c)(q)] + [(A_b)(F_s)] \dots \dots \dots (3)$$

de la ecuación 3 se obtiene:

$$P_s = \pi/4 (D^2 - d_a^2)(N_c) (c) - \pi(d_a)(l_a)(F_s) \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

- $P_s$  = Capacidad del ancla acampanada en t
- $A_c$  = Área de la sección acampanada, en  $m^2$
- $q$  = Capacidad de carga del suelo,  $t/m^2$
- $A_b$  = Área del barrenado de sección constante, en  $m^2$
- $F_s$  = Adherencia de suelo, en  $t/m^2$
- $D$  = Diámetro de la campana, en m.
- $d_a$  = Diámetro de la sección constante, en m.
- $N_c$  = Factor de capacidad de carga, por lo general 9 para anclas Profundas.
- $c$  = Cohesión del suelo a la altura de la campana, en  $t/m^2$
- $l_a$  = Longitud anclada, sin incluir la campana, en m.

Generalmente la campana es cotada con lechada o mortero, su análisis es sumamente complejo y en la práctica, se diseña basándose únicamente en la experiencia.

Los dos tipos de anclas hasta ahora expuestas, únicamente pueden utilizarse en suelos estables o perfectamente conocidos en los cuales no existen incertidumbre por agrietamiento o discontinuidad de la estratigrafía.

La máxima capacidad de carga de estas anclas está determinada por las mediciones in situ de la resistencia del suelo.

#### ---Diseño de anclajes con lechadas inyectadas a alta presión

Los sistemas modernos de anclaje emplean inyecciones a alta presión, con la finalidad de incrementar la capacidad del ancla a base del mejoramiento del suelo. Mediante la inyección a alta presión se puede reducir la longitud del ancla, ya que la variación de la capacidad de carga del suelo en función de su longitud es pequeña. Esto es debido a que el esfuerzo de adherencia,  $F_s$ , se incrementa grandemente en los suelos friccionantes, ya que el esfuerzo cortante  $s$  en la ecuación:  $s = [\sigma] \tan[\phi]$ , donde  $s$  se ve incrementado por el esfuerzo  $\sigma$  producido por la presión de inyección.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Entonces la capacidad del anclaje es : Área x Longitud de bulbo x esfuerzo de adherencia.

El área del barrenado es el diámetro de la perforación  $\times \pi$ , la longitud del bulbo es la incógnita por encontrar y el esfuerzo de adherencia se define como  $C$  (cohesión) +  $\sigma_i$  (Presión de inyección)  $\times \tan \phi$ .

$$P_s = (D)(\pi)(L)(c + \sigma_i \tan \phi) \dots \dots \dots (5)$$

Así que el esfuerzo inducido mediante la inyección a alta presión  $\sigma_i$ , incrementa importantemente la resistencia al corte del sistema ancla – suelo.

La aplicación de estas fórmulas se debe hacer con las consideraciones y las reservas debidas ya que según el Bureau de seguridad de Francia, no es posible calcular la fuerza que se produce en el anclaje en la obra. La única manera de conocer esta fuerza es realizando experimentos, a través de experiencias previas obtenidas en obras similares o por medio de pruebas de extracción.

### 2.3 Capacidad resistente.

Teniendo en cuenta que un ancla trabaja a tensión y una vez entendidas las partes fundamentales de la misma, se proceda a explicar los diferentes esfuerzos que intervienen en una ancla.

La capacidad resistente de los anclajes se determina por la resistencia de la armadura y la resistencia de la zona de anclaje en la que se transmiten los esfuerzos al terreno.

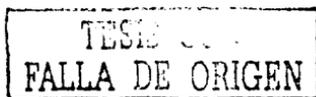
La resistencia de la zona de anclaje viene determinada, en primer lugar, por la adherencia entre el acero y la lechada de cemento. En segundo lugar, por la posibilidad del deslizamiento entre el bulbo de anclaje y el terreno que lo rodea.

Existen diversos estudios teóricos y experimentales para tratar de definir a priori la resistencia de zona de anclaje, pero su aplicación, en el caso de anclajes inyectados, tropieza con la dificultad de definir la presión residual de inyección (presión neta a la que quedo sujeto el anclaje) y la forma real del bulbo según el tipo de terreno.

Tratándose de rocas sanas, la sección transversal del bulbo es igual, aproximadamente, a la teoría de perforación y la resistencia corresponde en general a la adherencia entre la roca y la lechada de cemento. Cuando la zona de anclaje se sitúa en terreno suelto se obtienen secciones mayores e irregulares por las siguientes causas:

- El terreno es permeable a la lechada
- El terreno se rompe debido a la presión de inyección.

A continuación y con carácter ilustrativo, se exponen algunos valores de la resistencia media del deslizamiento de bulbos inyectados en distintos tipos de terreno.



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

TIPO DE TERRENO	Resistencia media al deslizamiento (Kg. / cm <sup>2</sup> )
Rocas dura ( granito. caliza )	10 a 25
Roca floja	3 a 10
Gravas y arenas gruesas	7 a 10
Arenas medias y finas	3 a 6
Arcillas con resistencia a compresion simple:	
> 4 kg./cm <sup>2</sup>	> 8
1 a 4 kg./cm <sup>2</sup>	4.0 a 8.0
0.5 a 1 kg./cm <sup>2</sup>	2.5 a 4.0

Tabla II-B

Básicamente los esfuerzos que se tienen que analizar partiendo de un diagrama de cuerpo libre son tres:

- El esfuerzo de tensión creado al nervio o alma de acero, que es producido en el momento del tensado y que es absorbido por el mismo.
- El esfuerzo de adherencia (deslizamiento) entre el acero y la lechada.
- El esfuerzo de adherencia (cortante) entre la lechada y el suelo en cuestión, tomando como esfuerzo de adherencia de suelo. Es decir, la longitud anclada  $l_g$  deberá ser suficiente para transmitir la carga del anclaje al terreno a través del rozamiento a lo largo de la superficie interior de la columna.

**El esfuerzo de tensión.**

Para su determinación solamente interviene la fuerza exterior "T" ( tensión ) y la resistencia que opone el acero (esfuerzo maximo permisible por el area del acero en cuestion). Es asi que se tiene:

$$T_u = (f_y)(A_s)$$

De la ecuacion anterior se obtiene:

$$T_u = (f_s)(T_{lim})$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Donde:

- Tu = Carga limite  
 Ta = Carga admisible  
 fs = Factor de seguridad del sistema (depende del carácter ≤ que deban tener los anclajes, y de la confianza de las hipótesis y método de cálculo utilizado para la determinación de esfuerzos. Se puede utilizar un valor de 0.6 en el caso de anclajes permanente o provisionales con un plazo de utilización superior a 2 años, y un valor de 0.75 para anclajes provisionales con periodo de servicio inferior a un año.)  
 fy = Esfuerzo máximo permisible por el acero.  
 As = Área de la sección de acero.

#### El esfuerzo de adherencia

En este caso hay que diferenciar dos tipos de acero, el acero de alta resistencia con un  $f_y = 19,014 \text{ kg/cm}^2$  y el acero de refuerzo con  $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$ .

En el primer caso, utilizando torones de alta resistencia, la longitud de desarrollo en centímetros no deberá ser menor que:

$$L_d \geq \left\lceil \frac{1}{70} \left[ \left( \frac{f_{ps}}{f_y} \right) - \frac{2}{3} \left( \frac{t_s}{c} \right) \right] (db) \right\rceil$$

Donde:

- db Es el diámetro nominal en centímetros  
 f<sub>ps</sub> Esfuerzo calculado en el acero de preesfuerzo en kg/cm<sup>2</sup>  
 f<sub>se</sub> Esfuerzo efectivo en el acero de preesfuerzo en kg/cm<sup>2</sup>

Esta longitud de desarrollo podrá ser sustituida con la creación de bulbos en la zona de anclaje.

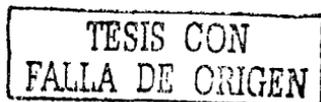
En el acero de refuerzo son varias las teorías para conocer la longitud de anclaje, pero se tomarán en cuenta las proporcionadas por el reglamento del ACI. Es así como se tiene:

Varillas num. 11 o menores:

$$0.06 \left[ \frac{(db)(f_y)}{f'_c} \right]$$

Pero no menor que

$$0.0057(db)(f_y)$$



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

Varillas num. 14

$$0.8 \left[ \frac{(f_y)}{f'_c} \right]$$

Varillas num. 18

$$0.11 \left[ \frac{(db)(f_y)}{f'_c} \right]$$

**El esfuerzo de adherencia (cortante)**

Este esfuerzo se calcula:

$$T < (Fs)(Pb)(La)(A)$$

Donde:

- T = Tensión (kg)
- Fs = Factor de seguridad ( 0.9 )
- Pb = Perimetro del barreno en cm.
- La = Longitud anclada en cm.
- A = Adherencia del suelo en kg./cm<sup>2</sup>

**2.4 Criterios de Calculo de la longitud libre y de la longitud de anclaje:**

La longitud de anclaje  $l_g$  se escoge generalmente según experiencias anteriores para cargas similares en terrenos de características dadas. Basado en ello se ha formado la siguiente tabla:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

	Roca		Gravas		Arenas	
Fuerza anclaje (tf)	Ligeramente fisurada (m)	Fuertemente fisurada (m)	Densamente compactada (m)	Ligeramente compactada (m)	Densamente compactadas (m)	Ligeramente compactadas (m)
20	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	4-7
30	3-5	3-5	3-5	4-7	4-7	6-10
50	3-5	3-5	4-7	6-10	6-10	-----
100	3-5	3-5	6-10	8-12	-----	-----
200	4-7	4-7	8-12	10-15	-----	-----
300	4-8	6-10	-----	-----	-----	-----

Tabla II-C

Si no existe experiencia en terrenos similares, deberá llevarse a cabo un ensayo in situ. Si  $P_u$  es la carga última obtenida en el ensayo, el valor de  $P$  permisible será igual a:

$$\frac{P_u}{f_s}$$

Siendo  $f_s$  un factor de seguridad cuyo valor depende del tipo de falla durante el ensayo de campo, de si se trata de anclajes temporales o permanentes, etc.

La longitud libre de tendón  $l_f$  deberá escogerse de forma que:

- Las cargas de anclaje sean impuestas en el estrato capaz de soportarlas.
- El alargamiento elástico del tendón sea suficientemente grande comparado con el desplazamiento de la placa de apoyo.
- La masa de terreno afectada por el anclaje tensado, sea estable.

Otra restricción que debe conocer el constructor es la que se presenta ante la expulsión del suelo, esta revisión se realiza para que durante el inyectado la presión obtenida no expulse el suelo que tiene por encima del bulbo de anclaje. Es así que para garantizar que esto no ocurra, el peso del suelo sobre el bulbo debe ser mayor que la presión de inyección por el área longitudinal del barrenado. Por ejemplo supongamos la figura II-3, y revisemos si habrá expulsión en el suelo, tomemos los datos mostrados:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

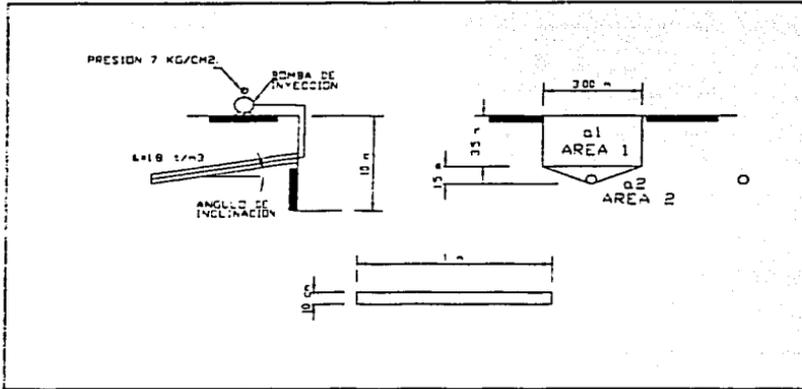


Fig. II-3 Revisión ante la expulsión del suelo.

$$\begin{aligned} \text{Peso del suelo} &= (a1 \times a2) \gamma_s \\ &= [(10.5) \times (2.25)] (1) \\ &= 23.625 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\text{Presión de inyección} = 7 \text{ kg/cm}^2 = 70 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Area longitudinal del barreno} = 0.1 \times 1.00 = 0.10 \text{ m}^2$$

$$\text{Presión} = 70 \text{ t/m}^2 \times 0.10 \text{ m}^2 = 7 \text{ t}$$

23.625 t > 7 t Por lo tanto el suelo no es expulsado.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 2.5 Factores de seguridad utilizados en el diseño de anclas.

Anclas temporales:

Estado estático.-  $F_s = 1.3$

Estado sísmico.-  $F_s = 1.1$

Anclas permanentes:

Estado estático.-  $F_s = 1.5$

Estado sísmico.-  $F_s = 1.1$ .

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**Capítulo III**

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO**

## Capítulo III

### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

#### 3.1 Generalidades.

Durante la construcción del anclaje existe tres operaciones que pueden afectar su capacidad, éstas son:

- El proceso de barrenación, que puede ser con o sin inyección a presión de aire o agua.
- La colocación del tendón.
- El sistema utilizado para la inyección de el anclaje.

La construcción del anclaje se debe llevar a cabo de manera que las suposiciones del diseño se mantengan en la practica. La forma de barrenar y de inyectar debiera ser especifica antes de empezar a realizar los trabajos. El trabajo de anclaje es especializado y siempre debiera ser supervisado por ingenieros con experiencia en la materia.

#### 3.2 Proyecto y ejecución de sistemas anclados.

El proyecto y ejecución de cualquier sistema de anclado requiere no sólo de toda las comprobaciones de estabilidad precisas, sino tambien del análisis del tipo de anclaje mas conveniente y una disposicion adecuada que permita a la buena ejecución y su correcto funcionamiento.

Como en cualquier problema de ingeniería, la información básica es fundamental que, en el caso concreto que nos ocupa, la naturaleza del esfuerzo a absorber por la características del movimiento al que haran de hacer frente a los anclajes pueden determinar el tipo mas adecuado por su funcionamiento (anclaje activo que es donde se aplica la fuerza del tensado, pasivo que es el anclaje donde no se aplica tensado es decir queda ahogado en el concreto o mixto), y la rigidez o flexibilidad del mismo. En general los anclajes activos postensados se comportan como si actuara una fuerza casi constante, y ponen en el juego una mayor resistencia del terreno al limitar los movimientos; pero cuando se trata de estabilizar deslizamientos con componentes de movimientos difíciles de definir, pueden ser mas convenientes los anclajes mixtos.

La ubicación de las zonas de anclaje en el terreno debe elegirse en función de las características del mismo, estudiando la estabilidad del conjunto mediante el análisis de posibles superficies de falla, hasta encontrar la envolvente de aquellas que posean el coeficiente de seguridad adecuado.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

El número y la disposición de los anclajes no deben basarse exclusivamente en el estudio del conjunto de la obra una vez realizada, si no deben considerar las diversas fases de ejecución, tratando de que con el trabajo de una de ellas se facilite en los de la siguientes. Otros factores a considerar son: la separación entre anclajes, su orientación, tanto en planta como en alzado y en ocasiones, el orden más conveniente del tensado.

La separación entre anclajes no es solo una cuestión de optimización económica, sino que está condicionada por la capacidad de trabajo de cada ancla. Por razones constructivas se aconsejan distancias comprendidas entre 2 y 5 m.

En cuanto a la orientación de los anclajes en planta y alzado, debe establecerse buscando la mayor eficiencia y economía. Por razones constructivas es conveniente que los anclajes desciendan a partir de la cabeza, con una inclinación de 10 o 15 grados.

Como complemento, en el proyecto conviene examinar la necesidad de efectuar o no ensayos de adecuación, prever sistemas de protección en el caso de anclajes permanentes y establecer métodos de control no solo de la ejecución sino también del comportamiento posterior del sistema anclado.

### 3.3 Perforación.

Las perforaciones mas comunes para alojar anclas suelen tener diámetros que oscilan entre 75 y 125 mm., y se efectúan utilizando diversas técnicas según la naturaleza y las características del terreno a penetrar, usualmente se utiliza maquinaria para perforación. El proyectista deberá procurar diseñar con cierta flexibilidad, con el propósito de facilitar al constructor tanto la perforación como posibles desviaciones angulares durante la misma sin alterar la estabilidad de la estructura.



Fig. III-1-Maquinaria de perforación durante la excavación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

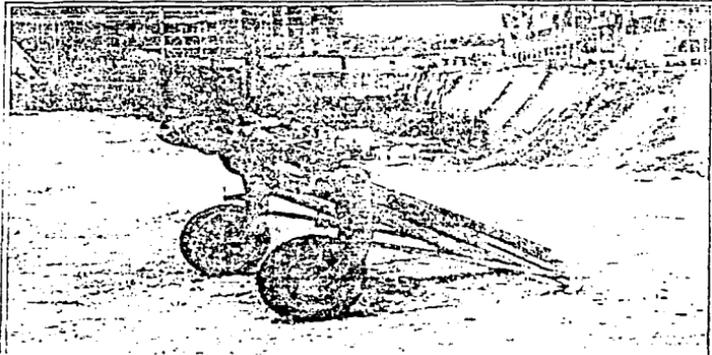


Fig. III-2 Maquinaria de perforación para taludes.

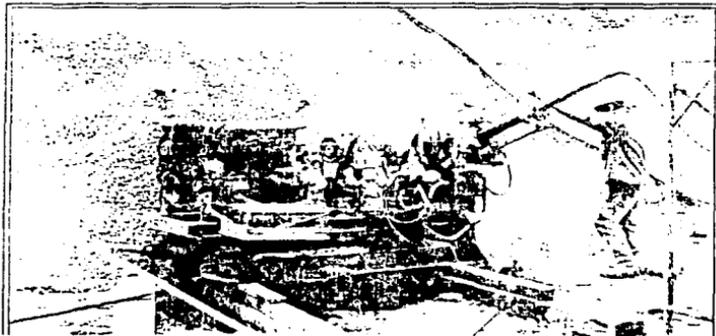


Fig. III-3 Maquinaria de perforación para terrenos muy inestables.

El objetivo del proceso de barrenación a emplear es mantener libre de obstrucciones el barreno, lo que permitirá colocar de manera sencilla el tendón. El proceso de barrenado modifica el suelo por lo que el método escogido deberá alterarlo lo menos posible, tratando de que estas modificaciones beneficien la capacidad del anclaje.

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

Para minimizar el riesgo de hidrofractura, las presiones de aire o agua durante la barrenación no deben de ser muy elevadas, particularmente donde los sistemas de anclaje quedan por debajo de construcciones aledañas. Es por esto que para limitar la presión es necesario ir introduciendo y retirando la herramienta de barrenación, permitiendo así recuperarla fácilmente. Es conveniente monitorear los cambios en el tipo de suelo encontrados durante la barrenación.

Generalmente los cortes se revisan cuando se añade una extensión a la herramienta de barrenación (las barras más comunmente utilizadas tienen una longitud de 3 m)

La tolerancia permitida en la ubicación del punto inicial de un barreno es de mas menos 75 mm. A menos que el proyecto especifique lo contrario. El diametro del barreno no deberá ser menor al especificado en el proyecto, algunas veces el diametro real efectivo del barreno puede crecer si el barreno va a ser trabajado durante varias horas, por ejemplo, en estratos de arenas.

Los anclajes deberán tener un angulo minimo de  $10^\circ$  respecto a la horizontal para facilitar la inyección y quedar perpendiculares al plano de falla.

La tolerancia respecto al angulo de inclinación horizontal o vertical indicado en el proyecto es de mas menos  $2.5^\circ$ . Esta tolerancia puede ser reducida en el caso de tener anclajes con poca separación, en los cuales pueda haber una interferencia de las zonas ancladas, es por esto que se recomienda distribuirlos alternadamente (distribución de tresbolillo)

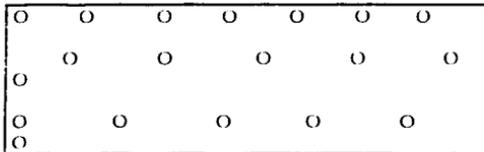


Fig. III-4 Esquema de  
distribución de anclas  
(tresbolillo)

En ocasiones, las condiciones del terreno dictan la holgura a esta tolerancia para barrenos descendentes es probable que la desviación lateral sea mayor a la horizontal.

Despues de realizar cada barreno es necesario recorrerlo nuevamente lavandolo con aire o agua para remover el material suelto que podria impedir la colocacion del tendón. Es necesario ademars el suelo que presente condiciones de inestabilidad ya que de lo contrario al retirar el elemento de barrenación el barreno se cerraria y esto impediria la instalacion del tendón.

Las formas de ademar el barreno se limitan a la utilizacion de barro, inyección de lechada durante la perforacion o a la colocacion de un tubo de P.V.C. en la zona libre, donde el tendón pudiera rasgar el barreno provocando caidos durante la colocacion. Esto sucede frecuentemente en estratos arenosos.

La utilizacion de lodo bentonitico para ademar el barreno no es recomendable ya que crea una capa de falla entre la lechada y el suelo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La colocación del tendón y el inyectado del mismo deberán hacerse el mismo día en el que el barreno fue realizado, de lo contrario se pueden presentar problemas de caídos en el barreno debido a la intemperización y deterioro del suelo.

Durante las operaciones de barrenación todos los cambios en el tipo de suelo deberán ser registrados conjuntamente con los niveles de agua, rendimientos al barrenar y obstrucciones encontradas. En el caso de encontrar una obstrucción durante la barrenación, deberá ubicarse el punto inicial del nuevo barreno una vez inyectada la pertoración inconclusa.

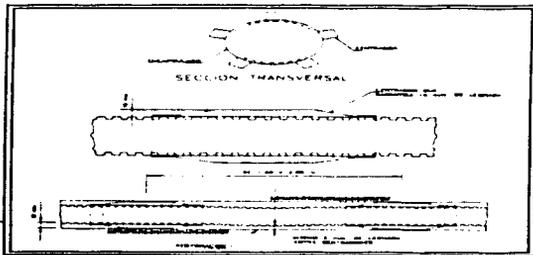
Los rendimientos de la perforación varían de acuerdo al diámetro del barreno, así, para un barreno con un diámetro pequeño los rendimientos son mayores que para uno de diámetro mayor. Es necesario mantener el equipo de barrenación en buenas condiciones dándole mantenimiento preventivo para evitar posibles retrasos en el proceso de barrenación que repercutan en el programa de obra.

### 3.4 Tendón.

Los tendones de acero no revestidos deberán ser almacenados en bodega con condiciones de limpieza y ventilación. En el caso de no contar con algún almacén el acero deberá ser cubierto con una lona impermeable evitando también su contacto con el terreno natural por medio de un soporte que permita la circulación de aire impidiendo así la condensación de agua que podría corroerlo.

Los tendones cubiertos o revestidos no deberán ser arrastrados sobre superficies abrasivas o sobre la superficie del terreno. Es recomendable que para levantar los tendones revestidos se utilice una cuerda de fibra o una lona para evitar daños al tendón. Durante la colocación, los tendones dañados o seriamente doblados deberán ser rechazados porque sus características de esfuerzo - deformación podrían ser afectadas y su vulnerabilidad ante la corrosión es mayor.

En la longitud anclada, el tendón (ya sea de barra de acero o formado por cables) y el tubo corrugado deberán ser centrados a lo largo del barreno para garantizar una cubierta mínima de lechada de 5 mm. de espesor entre los centradores y de 10 mm., en cada centrador.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fig. III-5 Sección transversal y longitudinal de centradores sobre el ducto corrugado.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

En el caso de que el tendón este formado por varios cables, en la longitud anclada, se colocarán espaciadores para provocar nodos, resultando así una mayor adherencia entre los cables y la lechada. La separación mínima entre cables deberá ser de 5 mm. y es permisible un contacto ocasional.

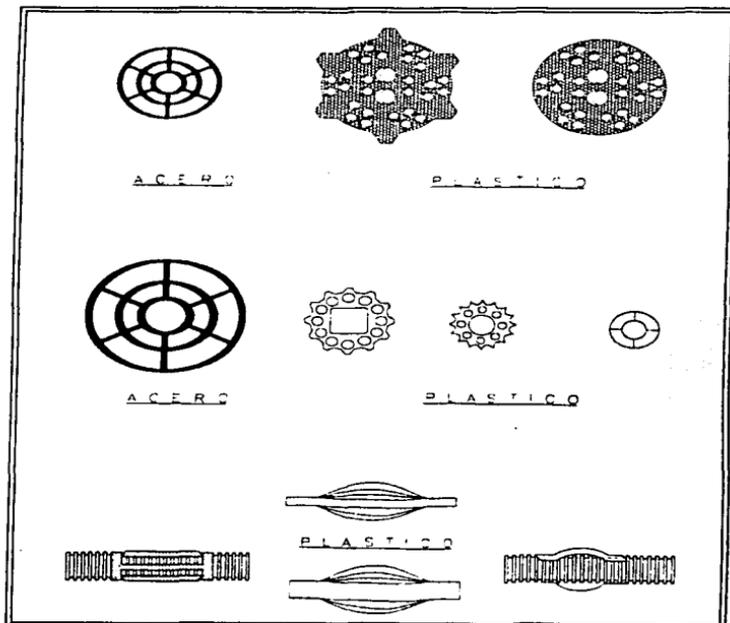


Fig. III-6 Centradores y separadores.

Deberá colocarse un mínimo de tres espaciadores en cada longitud anclada que junto con los centradores garantizaran el mínimo recubrimiento de lechada durante la inyección. En la punta del tendón se recomienda utilizar una guía que minimice el riesgo de daño al tendón o al barrero durante la colocación.

Justamente antes de la instalación, el tendón deberá ser cuidadosamente inspeccionado para localizar posibles daños a los componentes y detectar posibles focos de corrosión. Para la colocación de tendones muy pesados (200 kg. En adelante) es recomendable utilizar un equipo mecánico ya que manualmente resultaría difícil y peligroso. El uso de un embudo del barreno ayuda a evitar daños al barreno y al tendón.

En ocasiones, al iniciar la colocación, el tendón deberá ser aislado para verificar la eficiencia de los centradores y espaciadores y también para observar daños y distorsiones. Si se observan distorsiones, será necesario colocar centradores adicionales para garantizar mejores resultados.

### 3.5 Inyecciones.

#### Generalidades.

En la Ingeniería Civil el procedimiento de inyecciones data de principios del siglo XX. Con el tiempo la inyección ha venido cobrando adeptos entre los ingenieros de modo que actualmente, ha pasado a ser esencial en la construcción de presas. Desde sus principios, la inyección ha sido considerada como un arte, cualquier consideración matemática que intente explicar el proceso resulta siempre discutible, por lo que es el método prueba - error y la experiencia del Ingeniero lo que determina el buen éxito de la inyección.

El ingeniero Cambefort, notable especialista en el área, afirma que ningún cálculo puede justificar el comportamiento de la inyección. Es por ello que esta sección lejos de pretender explicar el proceso de inyección en forma exhaustiva, se limita a presentar una semblanza general de las inyecciones.

En términos generales puede decirse sin temor a equivocarse, que el empotramiento de cables o barras en sistemas de anclaje está ligado a la inyección más que nada por la composición de las lechadas. Resulta pues inútil querer calcular la longitud de un anclaje multiplicando su superficie lateral por la resistencia al corte de lechada endurecida. El producto utilizado en el relleno debe soportar esfuerzos considerables sin sufrir deformaciones.

#### Lechadas de inyección

Las características físicas más importantes que deben cuidarse en las lechadas de inyección son: la viscosidad y la distribución granulométrica. Conforme más fino es un suelo la inyección tiende a ser más líquida. La mayoría de las veces, es recomendable añadir a la lechada un aditivo retardante y o aditivo fluidizante, lo que asegura que no se bloqueará la oquedad durante el inyectado y garantiza que la lechada penetra hasta la zona de anclaje del sistema.

Es necesario distinguir entre dos tipos de lechadas, las cuales se diferencian de acuerdo a su relación cemento - agua (c/a), la primera llamada estable, con relación c/a >

1.00, si ésta se coloca en un recipiente sin movimiento por un tiempo, no se segrega, la segunda se denomina inestable, con relación  $c/a < 1.00$  la cual bajo las mismas circunstancias presenta el problema de segregación.

Generalmente, las lechadas utilizadas en las inyecciones tienen una relación cemento / agua (c/a) de 1.5 a 2.

### Injectado

Dado que los materiales de la lechada solo son homogéneos cuando son agitados, es necesario que durante la inyección se garantice dicho estado, esto se logra por medio de una mezcladora que mantenga al fluido en movimiento para evitar su sedimentación.

Es necesario analizar también la velocidad del inyectado, ya que de ser muy pequeña, puede obstruirse el conducto por el que se inyecta. Es recomendable limpiar el equipo de mezcla e inyectado después de cada uso para que no se presenten problemas de obstrucción. Estas inyecciones se realizarán a través de tuberías de P.V.C., equipadas en algunos casos en la zona de anclaje, con válvulas antirretorno, que permiten obtener a distintas profundidades y conseguir una buena materialización del bulbo de anclaje, esta operación se vuelve un poco más delicada cuando se trata de terrenos sueltos.

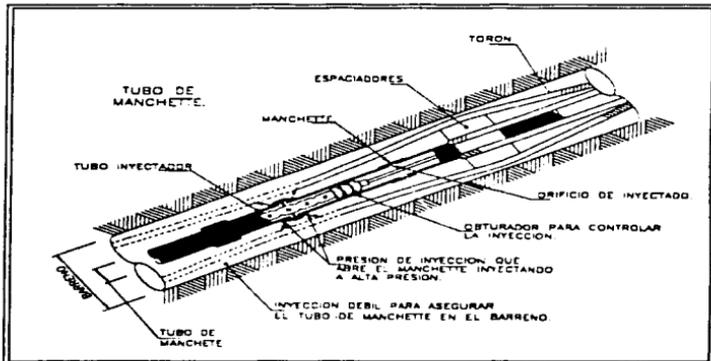


Fig. III-7 Detalle de tubo "Manchette" para controlar la presión de inyección.

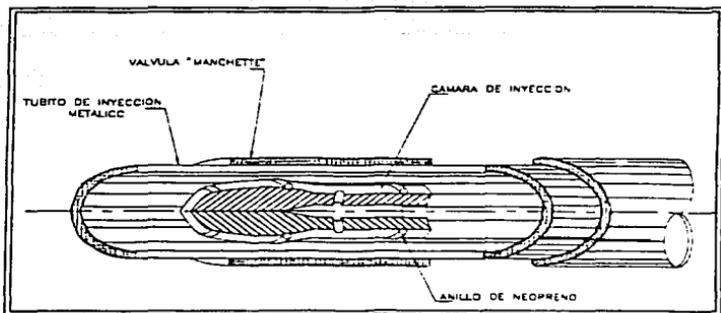


Fig. III-8 Obturador para inyección a distintas longitudes.

El diverso diseño de los anclajes permite independizar la zona de anclaje de la zona libre, algunos sistemas permiten, incluso repetir la inyección en diversas épocas de año.

El proceso más importante para el buen funcionamiento del anclaje es la inyección. Es por esto que deberá ser supervisada continuamente para garantizar un correcto funcionamiento.

Las funciones de la inyección se reducen a una o más de las siguientes:

- Formar la zona anclada, encargada de transmitir la carga aplicada del tendón al suelo circundante.
- Aumentar la protección al tendón contra la corrosión.
- Reforzar el suelo adyacente a la zona anclada aumentando así la capacidad del ancla. Esta función se puede complementar con pre - inyectado.

Es necesario conocer el volumen teórico aproximado de lechada en la zona anclada y compararlo con el volumen real de inyección. En caso de existir una diferencia considerable, es posible que se estén presentando fugas por lo que se suspendería la inyección, llevando a cabo otra inyección después de un tiempo con objeto de tapar la fuga.

Al preparar la lechada, los materiales secos se deberán revolver en cantidades considerables y la mezcla se deberá realizar en forma mecánica durante un tiempo mínimo de dos minutos para garantizar una mezcla homogénea. A partir de esto, la lechada deberá mantenerse en movimiento continuo, es decir, con una agitación lenta en un tanque de almacenamiento para evitar segregaciones. Al terminar el proceso de mezclado, la lechada

deberá ser bombeada de manera inmediata a su posición final para evitar su fraguado en el tanque de almacenamiento.

Existen en el mercado inyectoras que cumplen con éstas características, cuentan con una tolva de mezclado en la cual se vierten los componentes de la lechada y los aditivos en proporciones que especifica el proyecto, una vez mezclados, se abre la válvula que permite el vaciado de dicha tolva al tanque de almacenamiento el cual continúa proporcionando agitación a la lechada. Cuando se ha captado suficiente volumen en el tanque, se comienza a bombear la lechada al anclaje por medio de una bomba de alta presión, teniendo la oportunidad de preparar otra lechada en la tolva para lograr una producción continua. Para garantizar la presión de la inyección en el anclaje, es necesaria la utilización de un manómetro que se coloca antes del tubo de inyección.

Como ya se había mencionado, en barrenos poco estables es necesario reducir el tiempo entre la barrenación y el inyectado para evitar posibles caídos en el barreno lo que dificultaría su inyección, por esto es recomendable la utilización de un aditivo que proporcione un tapón resistente a corto plazo para elevar y mantener la presión durante el inyectado una vez cerrados los respiraderos. Una relación adecuada entre yeso y cemento cumple esta recomendación.

En resumen, el proceso de inyección se realiza por medio de una bomba que se alimenta del tanque de almacenamiento de lechada, la bomba eleva la presión en la lechada y la inyecta por medio de un tubo instalado anteriormente en el anclaje, asegurando así la formación de la longitud anclada. Una vez terminada dicha formación, la lechada excedente es expulsada por unos tubos de respiración lo cual indica que el anclaje ha sido inyectado totalmente. Posteriormente se bloquean los respiraderos y como consecuencia la presión en el manómetro aumenta, esta presión se deberá mantener por algunos minutos para asegurarse de que no existen fugas. Para mantener dicha presión una vez retirada la manguera de inyección, es necesaria la implementación de una válvula de paso la cual se recupera al fraguar la lechada.

Las presiones de inyección varían, se propone que la presión de inyección sea entre 1 y 15 kg/cm<sup>2</sup>. Para agilizar el proceso de inyección algunas veces se utiliza un aditivo que proporciona mayor fluidez a la lechada sin restarle resistencia.

Es necesario tener un control de calidad de la lechada antes de la inyección. Como rutina se toman muestras de densidad, viscosidad y resistencia. Estas muestras consisten en cubos que son probados a los 7 y 28 días de edad.

Estas muestras no representan la resistencia real de la lechada dentro del anclaje, ya que durante el proceso de inyección intervienen varios factores como la pérdida de agua y la mezcla contaminante con el suelo.

#### Presión de inyección.

Nuevamente, la discusión de presiones de inyección provoca opiniones divididas, dado, que las consideraciones teóricas no siempre coinciden con la experiencia práctica. La

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

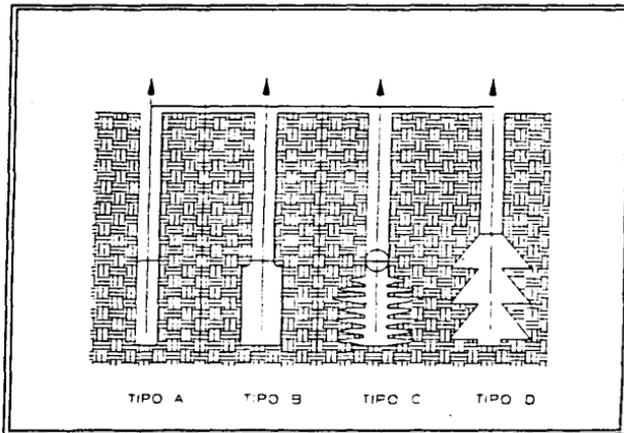
presión medida en el dispositivo de inyección es siempre mayor que los esfuerzos provocados en la periferia del punto donde se inyecta. De esta forma, si no se aplican presiones mayores a las requeridas en el punto a inyectar, el resultado final será un fracaso.

Manteniendo constante el rango de presiones de inyección, el valor que debe asignarse a la misma dependerá de tres factores fundamentales que son:

- La relación de vacíos del suelo (permeabilidad)
- La viscosidad de la lechada y sus variaciones con el tiempo.
- Los obstáculos que deben vencerse para alcanzar el punto que se quiere inyectar.

Es necesario controlar estos aspectos durante la inyección para garantizar su correcto funcionamiento, el proyectista es el encargado de proporcionar al constructor las especificaciones en lo referente a la lechada.

En la figura se presentan los tipos de inyección típicos en suelos:



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fig. III-9 Principales tipos de inyección de lechada en anclajes.

Tipo A.- Inyección con bajas o nulas presiones.

Tipo B.- Inyección con alta presión en suelos cohesivos.

Tipo C.- Inyección con alta presión en suelos friccionante.

Tipo D.- Inyección en perforación acampanada.

Es recomendable registrar y compilar las características de la inyección como son: presión, temperatura ambiente, cantidad de lechada inyectada y detalles de las pruebas.

### 3.6 Cabeza del Anclaje.

La cabeza del anclaje y la placa de apoyo deberán ser montadas concéntricamente con el tendón, con una tolerancia de mas de 10 minutos y la desviación angular no deberá ser mayor a 5°.

Después de la inyección final y una vez realizada la prueba de tensión satisfactoriamente, debiera cortarse el tendón por medio de una cortadora de disco evitando la utilización de un soplete evitando así modificar las características del acero por medio de calor. La distancia minima de la cuña o tuerca hacia el punto de corte nunca deberá ser menor a dos veces el diámetro del tendón.

Es necesario proteger los cables antes y después del tensado evitando posibles daños que afecten al anclaje. Esta protección no es comun en la practica y deberan eliminarse tendones individuales que presenten fallas por doblez.

### 3.7 Tensado.

El tensado deberá cumplir principalmente con dos funciones:

- Tensar el tendón y consecuentemente el anclaje asegurando su carga.
- Comprobar y registrar el comportamiento del anclaje para compararlo con el comportamiento de anclajes controlados sujetos a pruebas convenientes.

El proceso de tensado involucra el montaje del gato en la cabeza del anclaje, la carga o descarga del anclaje incluyendo cargas ciclicas cuando se especifica y finalmente la sustracción del gato de la cabeza del anclaje.

El tensado y registro de los anclajes debiera ser realizado por personal experto bajo el control de un supervisor calificado ya que cualquier variación en el procedimiento por insignificante que ésta sea, puede invalidar la comparacion con los anclajes de control.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

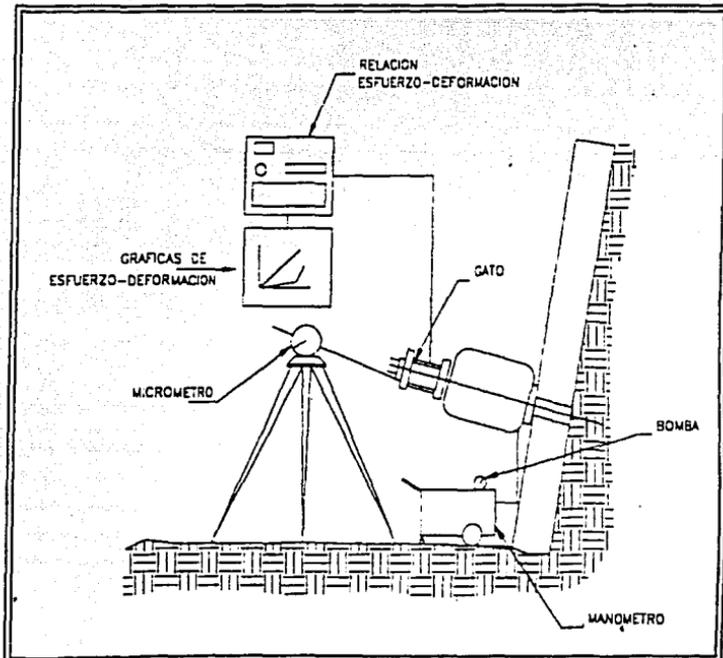


Fig. III-10 Método para medición del desplazamiento de la zona libre ante la carga aplicada.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

Es de vital importancia la calibración del manómetro ya que de éste dependen las lecturas tomadas en la obra. Los gatos deberán ser calibrados al menos una vez al año utilizando equipo de alta precisión. Los manómetros deberán ser calibrados cada 200 operaciones de tensado o cada 60 días de uso (lo que resulte menor) a menos que se use otro indicador de presión simultáneamente que indique una variación insignificante, en este caso el intervalo entre calibraciones deberá ser extendido a un año como máximo. Los indicadores de presión deberán ser calibrados regularmente cada 100 operaciones de tensado o después de 30 días, lo que ocurra primero.

En el proyecto deberá especificarse la secuencia del proceso de tensado y ajustes en el método de tensado. Generalmente ningún tendón deberá ser esforzado más allá del 80% de su capacidad. El proceso de tensado en anclas inyectadas con lechada no especificada a la compresión, determinando desde el proyecto el tiempo mínimo que deberá transcurrir entre la inyección y el tensado del anclaje.

Las fuerzas que se producen en los elementos de contención de la tensión, que en el caso de los torones son cuñas, se presentan en la figura III.11.

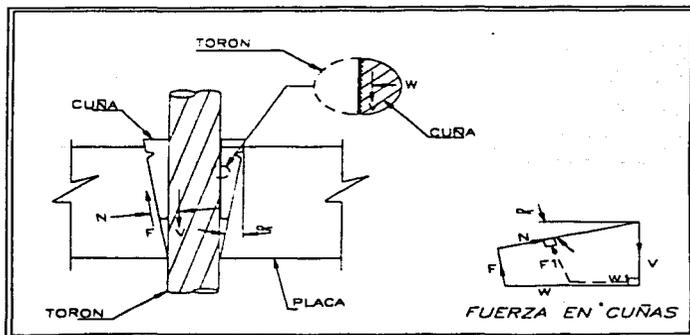


Fig. III-11 Fuerzas que actúan sobre las cuñas en los anclajes de torón.

En cada anclaje se deberán registrar las presiones, fuerzas obtenidas, desplazamientos, asentamientos y otras pérdidas observadas durante el proceso de tensado, así como la fecha en que estas operaciones fueron realizadas.

Es necesario resaltar que la operación de tensado es la actividad crucial para registrar posibles fallas en los anclajes. El buen resultado de un anclaje tensado dependerá de la

correcta inyección de lechada en las proporciones estipuladas en el proyecto y de una adecuada presión de inyección.

### 3.8 Obras complementarias.

#### Drenaje en los sistemas de anclajes.

Dado que los sistemas de anclaje se utilizan algunas veces en estratos permeables (estratos de arenas), es necesario proyectar también un sistema de drenaje efectivo para mantener los anclajes en condiciones favorables para su correcto funcionamiento. Generalmente, los sistemas de drenaje se colocan entre las líneas horizontales de las anclas para captar el agua que se pudiera filtrar entre el suelo.

La construcción de los drenes puede ser realizada en el campo.

Utilizando algún equipo de perforación, se realizan barrenos ascendentes según el diámetro que marca el proyecto, una vez libre de obstrucciones se inserta el dren.

El dren consiste en un tubo de P.V.C. con un diámetro variable con perforaciones forradas en su totalidad por un geotextil (ver sig.fig) las perforaciones solamente se realizan en la zona superior del dren dejando la inferior para el escurrimiento del agua captada. El geotextil se utiliza para evitar que los materiales finos tapen las perforaciones y garantiza el continuo flujo del agua. Los productos geotextiles dependiendo del terreno pueden ser de 100 a 200 gr. / m<sup>2</sup>.

Los pendientes ascendentes de los drenes oscilan entre 2 y 10° dependiendo de los estratos que se desee drenar.

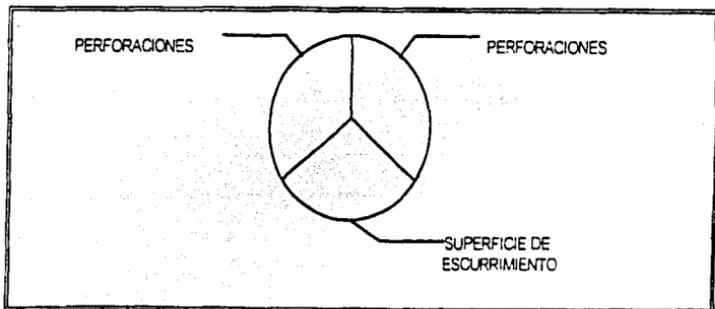


Fig.III.12 Corte transversal de un drenaje.

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS**

**Capítulo IV**  
**PRECIOS UNITARIOS**

## Capítulo IV

### PRECIOS UNITARIOS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.1 Generalidades sobre precios unitarios

En los inicios de la construcción, el éxito de un constructor frecuentemente dependía de su habilidad para manejar, guiado únicamente por la intuición y sus experiencias personales: elemento humano, materiales y equipo, en función de ejecutar la obra en el menor tiempo al más bajo costo. Hoy en día, este sistema ha sido reemplazado casi en su totalidad por la planeación minuciosa de cada paso de la obra antes de que esta inicie, escogiendo los recursos idóneos para realizar un proyecto definido, previo análisis exhaustivo del mismo, se determinan así, los mejores métodos constructivos para su correcta ejecución, manteniendo controles adecuados mediante reportes periódicos del avance de la obra, de los costos presupuestados y, en general, de parámetros que puedan ayudar a corregir desviaciones y a perfeccionar al plan original.

Si un método se puede ejecutar siguiendo dos métodos distintos, o usando dos equipos diferentes, el método y el equipo más económico para realizar la obra, serán los adecuados. Lo anterior nos lleva a incrementar el número de análisis de costos para determinar que método y que recursos debemos de emplear.

Dentro de los múltiples problemas que se presentan en el ramo de la construcción, el establecimiento de los precios unitarios equitativos a que debe pagarse un trabajo, ha sido tradicionalmente un punto de divergencia de opiniones entre las empresas contratistas y los órganos oficiales o particulares encargados de la realización de obras, lo que ha constituido motivo de discusiones, creando en muchos casos fricciones entre el personal encargado de los trabajos, originando pérdidas de tiempo y dinero que entorpecen el desarrollo de las obras.

Cuando con anticipación se establecen en forma perfectamente definidas las normas, especificaciones y criterios generales que servirán de base para el cálculo de los precios unitarios, los puntos de divergencia pueden reducirse al mínimo.

La elaboración de los precios unitarios, no es más que una etapa dentro del proceso constructivo general, que se inicia con la investigación o estudio de la factibilidad de realizar una obra, y que termina con la construcción de la misma.

No es posible calcular precios unitarios sin el apoyo de las especificaciones, ya que son éstas precisamente las que definen la obra que se requiere y la manera en que debe ejecutarse, lo que indudablemente constituye la base para determinar los precios unitarios de los conceptos de esa obra.

Previo a la elaboración de estos precios unitarios, es absolutamente indispensable, conocer a fondo la naturaleza de los recursos, tanto humanos, como de maquinaria y materiales, así como la disponibilidad de los mismos.

Antes de exponer los elementos que integran un precio unitario, es necesario establecer las siguientes definiciones:

**PRECIO UNITARIO**, es la remuneración o pago en moneda, que el contratante cubre al contratista, por unidad de obra y por concepto de trabajo que ejecute, de acuerdo a las especificaciones.

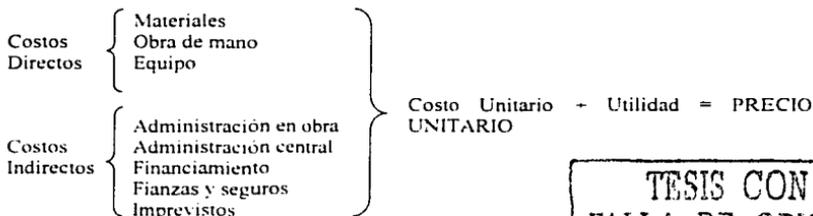
**UNIDAD DE OBRA**, es la unidad de medición señalada en las especificaciones, para cuantificar el concepto de trabajo con fines de medición y pago.

**CONCEPTO DE TRABAJO**, es el conjunto de operaciones manuales y mecánicas que el contratista realiza durante la ejecución de la obra, de acuerdo a planos y especificaciones, divididas convencionalmente para fines de medición y pago; incluyendo el suministro de los materiales correspondientes cuando estos sean necesarios.

**ESPECIFICACIONES**, son el conjunto de requerimientos exigidos en los proyectos y presupuestos para definir con precisión y claridad el alcance de los conceptos de trabajo. Las especificaciones de un concepto en particular, deben contener las siguientes definiciones:

- Descripción del concepto
- Materiales que intervienen, y su calidad
- Alcance de la ejecución del concepto
- Mediciones para fines de pago
- Cargos que incluyen los precios unitarios

En términos generales, los elementos que componen un precio unitario son:



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Esto es, podemos clasificar dentro de los costos directos de un concepto de trabajo, todas aquellas derogaciones efectuadas exclusivamente para realizar dicho concepto de trabajo; y todos aquellos gastos generales, necesarios para la construcción del proyecto, que no han sido considerados dentro de los costos directos, clasificados, como costos indirectos. La suma de ambos será el costo unitario de dicho concepto.

La utilidad será entonces, la ganancia que debe considerar cada empresa contratista, como resultado a sus esfuerzos técnicos, administrativos y económicos, para cumplir con la realización de un proyecto. La suma del costo unitario más la utilidad será el precio unitario de un concepto de obra.

Existen variaciones de criterio en cuanto a la forma de integrar tanto los costos directos como los costos indirectos, con respecto al criterio establecido en la tabla anterior. Se comentarán dichas variaciones cuando se analice cada uno de los factores de integración.

De la tabla, concluimos que, tanto los elementos que integran los costos directos, los costos indirectos y el elemento utilidad, son los que permiten valorizar el precio unitario, razón por la que en conjunto, constituyen los llamados "factores de consistencia de los precios unitarios".

## 4.2 Materiales

### 4.2.1 Generalidades

Es requisito indispensable del ingeniero constructor, el conocer ampliamente los materiales en todos sus aspectos. Este conocimiento le sera de enorme utilidad para seleccionar los materiales optimos, adecuados a las condiciones de trabajo, de servicio (calidad) y acordes con sus limitaciones economicas.

Existen varias maneras de clasificar los materiales: por ejemplo, en cuanto a su origen (naturales, elaborados, artificiales); en cuanto a su composicion, resistencia, calidad, etc. Sin embargo, independientemente de la clasificacion que se emplee, el conocimiento de sus propiedades caracteristicas y aplicaciones, resulta particularmente importante para el ingeniero civil dedicado a la construccion.

### 4.2.2 Precio de adquisicion

El costo de material que se toma como base para integrar el precio unitario de un concepto, es el "costo del material en obra", el cual esta integrado por el precio de adquisicion en fabrica (lugar de origen), mas el costo de transporte incluyendo carga y descarga, mas los desperdicios tanto en la transportacion y maniobras como en su utilizacion.

Existe gran variedad de precios de adquisicion de un mismo tipo de material: en base a la calidad (por ejemplo, block de concreto con distintas calidades debido a su diferente composicion o proceso de fabricacion) cercania del consumidor con respecto a la fuente de origen del material (lejana tal de la fuente que convenga fabricarlo), volumen de compras del consumidor (un constructor con consumos elevados, obtiene mejores precios y condiciones de pago). De lo anterior, deducimos la necesidad que tiene el ingeniero constructor de conocer y estar al tanto de los precios de adquisicion en el mercado de los distintos materiales, de los distintos fabricantes y de los nuevos productos que aparezcan en el mismo, con el fin de aprovechar al maximo las mejores condiciones de oferta en el mercado cada momento, adquiriendo el material mas adecuado y economico dentro de la calidad especificada, realizando dicha adquisicion en el momento oportuno.

### 4.2.3 Abundancia y escasez

La abundancia y escasez dependen directamente de la demanda en el mercado.

Un material puede ser escaso porque la demanda sea muy elevada y muy ocasional (no conviene en general emplear materiales "raros").

Un material puede ser muy abundante o muy escaso en un determinado lugar dependiendo de la abundancia o escasez de la materia prima o ingredientes que la compongan (de aqui la conveniencia de utilizar materiales de la localidad).

La abundancia o escasez de materiales basicos en la localidad es determinante para la seleccion de procedimientos y tipos de construccion; en base a los materiales disponibles en las cercanias, sin detrimento de considerar otros factores.

### 4.2.4 Fluctuaciones

Es evidente que existe en el mercado la fluctuacion tanto del precio de adquisicion, como de la disponibilidad misma de un material.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Puede suceder que la fluctuación de precio se deba a fluctuaciones en las existencias de un material. La existencia de un material a su vez, puede fluctuar por diversas causas: condiciones climáticas, problemas laborales que afectan a la producción, escasez periódica de materia prima, etc.

El precio fluctua generalmente con las variaciones de la oferta y la demanda.

#### 4.2.5 Transporte, carga y descarga de materiales.

El monto del costo de las operaciones de carga, descarga y transportación (flete), dependen primordialmente de la distancia de la fuente productora a la fuente de consumo del material, y de los procedimientos que se sigan para la carga y descarga del mismo.

Este costo debe integrarse al precio de adquisición para obtener el costo de material en obra. El costo del flete puede estar dentro del precio de venta del fabricante cuando este es "precio de material puesto en obra", o puede ser cargado al consumidor por separado mediante ciertas tarifas, que pueden estar basadas en volumen, peso o número de piezas por kilómetro, o bien por "flete cerrado", como es el caso de materiales de naturaleza delicada o de difícil transportación, tales como elementos de concreto reforzado, transformadores, etc.

Existe transportación externa (de la fuente de producción al sitio de la obra), y transportación interna o local. El suministro de materiales a la obra puede hacerse por medio de ferrocarril, camiones, etc. La transportación local o los comúnmente llamados "acarreos", pueden ser horizontales o verticales. Los acarreos horizontales pueden llevarse a cabo con vagonetas, bandas transportadoras, vógenes, carretillas, camiones y camionetas y los verticales con malacates, gruas, torres elevadoras y camilones.

Debe tenerse en cuenta para efectos de determinar el costo de material en obra (que posteriormente integrará el precio unitario), el efecto que en el mismo pueden tener los desperdicios en todas estas etapas de transportación. Estos desperdicios se expresan como un porcentaje del costo del material, se determinan por experiencias anteriores o análisis directo de las condiciones particulares de transportación, y dependen fundamentalmente del tipo de material, del tipo de transporte y de las condiciones en que deben realizarse las operaciones de carga, descarga y transportación propiamente dichas.

#### 4.2.6 Derechos y regalías

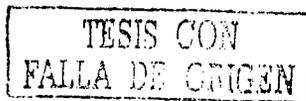
Ocasionalmente y por diversas circunstancias, el costo de un material se ve afectado del pago de ciertos derechos y regalías, como pueden ser: derechos de importación, derechos de pago y regalías de explotación.

Así, por ejemplo, habrá que pagar los derechos de importación correspondientes por la utilización de materiales del extranjero. En el caso de querer explotar y extraer cierto material localizado en una propiedad privada, habrá de pagar "regalías de explotación" al propietario de dicho predio.

Generalmente, el monto de los derechos y regalías está regido por normas o lineamientos legales o por leyes fiscales vigentes.

#### 4.2.7 Almacenamiento de Materiales

El costo que origina el concepto "almacenamiento de materiales" debe aplicarse a los costos indirectos, y dentro de ellos, específicamente al aspecto "administración de obra", y no ser



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

aplicado al costo del material ya que, el costo en sí, de almacenes o bodegas, tanto en el caso de que alberguen varios materiales o inclusive en el caso de almacenar uno solo, tendrían que prorratearse entre todos estos, o afectar a todos los conceptos en que este o estos materiales fuesen utilizados, lo cual además de muy laborioso, sería impráctico o inexacto. Sin embargo, cabe mencionar, que podría darse el caso en que por circunstancias especiales, fuese conveniente considerar el costo de almacenamiento incluido dentro del costo del material. No debemos olvidar que hay ciertos materiales que requieren para su conservación y correcta utilización, condiciones especiales de almacenamiento, adquiriendo este aspecto importancia capital en estos casos.

#### 4.2.8 Riesgos

Los diversos materiales que se emplean en una obra, están sujetos a distintos riesgos durante las diferentes etapas, desde su transportación hasta su utilización. El riesgo generalmente se traduce en un mayor desperdicio que el normal, considerando las condiciones de empleo de un material.

Los riesgos podemos clasificarlos en dos grupos: normales y extraordinarios.

Los riesgos normales se reflejan en un desperdicio del material considerado aceptable. Se expresan como un porcentaje del costo del material y de las condiciones de su utilización. Afectan directamente al costo del material.

Los riesgos extraordinarios se traducen en un desperdicio mayor que el considerado como normal, como puede ser la pérdida total o parcial, o el deterioro de un material. Son cubiertos generalmente por seguros específicos, cuyo costo debe ser cargado directamente al costo del material. Uno de los ejemplos más comunes de este tipo de seguros lo constituye el seguro de transportación, que cubre cualquier percance al material durante esta etapa. En caso de suceder un percance y no estar cubierto el riesgo por un seguro, se reducirá el importe de la utilidad considerada por el constructor.

#### 4.2.9 El IVA en los costos de materiales

En la integración del costo directo por concepto de materiales, no se incluyen los importes acumulados por pago de IVA en las diferentes etapas de dicha integración (adquisición, fletes, manejos, almacenamiento, etc.)

EL importe del impuesto al valor agregado (IVA) pagado por el constructor a sus prestadores de servicios, se manejan contablemente en cuentas especiales que registran: IVA pagado (por acreditar), IVA trasladado al cliente (adicional al precio unitario pero no integrado a él) e IVA enterado a la Secretaría de Hacienda.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 4.3 Mano de obra

#### 4.3.1 Generalidades

La orientación que se dará al estudio de la mano de obra, se enfocará hacia la obtención de todos aquellos datos que por el renglón de mano de obra puedan afectar directa o indirectamente a la integración de los precios unitarios.

Los sistemas que en la industria de la construcción se siguen para cubrir al trabajador el importe de su trabajo son comunmente los siguientes:

- a) Por día
- b) Por destajo
- c) Por tarea

Será "por día", cuando debe darse al trabajador una cantidad fija por jornada normal de trabajo. Será "por destajo", si la remuneración se valoriza en base a las unidades de trabajo ejecutadas por el trabajador y afectadas en un precio previamente acordado. El sistema "por tarea", consiste en la asignación de un trabajo determinado por día, y al ejecutar el trabajador la tarea asignada, podrá retirarse, recibiendo su jornal diario completo.

Los tres sistemas anteriores tienen ventajas y desventajas; para determinar cuál es el más adecuado en cada caso, habrá que estudiar y analizar las condiciones y tipo de trabajo por realizar. En una misma obra podrán emplearse diferentes sistemas simultáneamente. Sin embargo, en terminos generales, podemos hacer notar que en los trabajos realizados "a destajo", se tendrá un mayor rendimiento pero menor calidad que en los trabajos ejecutados "por día", ya que estando a "destajo", el trabajador tratara de incrementar su productividad en detrimento de la calidad, de lo anterior resulta para el ingeniero, la necesidad de mantener una mejor y mayor vigilancia sobre los trabajos que se realicen bajo este sistema. La experiencia demuestra que si existe una adecuada vigilancia y un estricto control de calidad laborando "por día", pueden obtenerse óptimos resultados a un bajo costo. El sistema "por tareas" es el menos empleado y su utilización esta restringida a aquellos trabajos en los que el riesgo y la calidad requerida sean mínimos, como pueden ser: excavaciones menores, acarreos locales y estibado de madera y varilla.

En nuestro medio, el personal que labora en la industria de la construcción, esta organizado en diversos niveles jerárquicos cuyas principales categorías son las de: maestro, oficial, y ayudante o peon, las que a su vez, dependiendo del tipo y magnitud de la obra, se dividen en otras tantas subcategorías, como pueden ser: oficial de primera, segunda, cabo, etc.

La mano de obra interviene en la determinación del precio unitario, dentro de los costos directos, y es el resultado de prorratear el pago de los salarios al personal individual o por cuadrilla, cuando participan única y exclusivamente en forma directa en la ejecución del trabajo de que se trate, entre las unidades de producción ejecutadas en el tiempo para el cual se ha calculado dicho pago.

Existe el caso particular de la mano de obra de operación de equipo, la cual se involucra dentro del costo hora-maquina, ya que el operador depende directamente del número de horas que trabaja la maquina.

Debemos hacer mención de la importancia que tiene para el ingeniero encargado de la elaboración de los precios unitarios, el conocer en forma integral y profunda la obra por valorizar, para que, dentro del aspecto particular de la mano de obra, pueda prever todos los factores que afectan tanto al salario base de los obreros como a su capacidad de producción.

#### 4.3.2 Salario

Llamamos salario, en general, a la retribución que se hace al trabajador por su trabajo realizado. El monto de este salario se determina en base al tiempo trabajado, al tipo de trabajo realizado, a las condiciones de su realización y a la capacidad y preparación del trabajador.

Con el fin de dar protección a los estratos menos favorecidos socialmente, en nuestro medio existen leyes que regulan las relaciones laborales; por lo que para efectos de análisis y determinación de costos por mano de obra, es indispensable conocer a fondo las obligaciones legales contraídas por todo constructor al contratar personal obrero, ya que tales obligaciones tienen repercusiones económicas muy importantes, en la evaluación de la erogación real por concepto de salarios.

En la práctica común en el medio de la construcción y para efecto de análisis de costos directos por obra de mano, llamaremos:

- a) Salario diario, salario base o salario nominal. Al que se paga en efectivo al trabajador por día transcurrido (incluyendo domingos, vacaciones y días festivos) mientras dura la relación laboral, y por el cual fue contratado.
- b) Salario mínimo. Al establecido por la Comisión Nacional de Salarios Mínimos como salario diario mínimo obligatorio, para las vigencias, zonas y categorías de trabajadores que ella misma establece. En algunas regiones y por los problemas económicos locales, los sindicatos o asociaciones gremiales establecen salarios mínimos diferentes a los que la mencionada Comisión, por lo que el ingeniero deberá considerar en sus análisis los salarios realmente vigentes en la localidad donde se ejecutará la obra.
- c) Salario Real. A la erogación total del patron por día trabajado, que incluye pagos directos al trabajador, prestaciones en efectivo y en especie, pagos al gobierno por concepto de impuestos y pagos a instituciones de beneficio social.

A continuación, se presentan los artículos y disposiciones de nuestras leyes de trabajo, cuya consideración deberá ser de primordial importancia en el cálculo del salario real del trabajador.

Ley Federal de Trabajo

Art. 20. Se entiende por relación de trabajo, cualquiera que sea el acto que le de origen, la prestación de un trabajo personal subordinado a una persona mediante el pago de un salario.

Art. 35. Las relaciones de trabajo pueden ser por obra o tiempo determinado o indeterminado. A falta de estipulaciones expresas, la relación será por tiempo indeterminado.

Art. 58. Jornada de trabajo es el tiempo durante el cual el trabajador está a disposición del patron para prestar su trabajo.

Art. 61. La duración máxima de la jornada será: ocho horas la diurna, siete la nocturna y siete horas y media la mixta.

Art. 66. Podrá prolongarse la jornada de trabajo por circunstancias extraordinarias, sin exceder nunca de tres horas diarias ni de tres veces en una semana.

Art. 67. Las horas de trabajo extraordinario se pagaran con un ciento por ciento más del salario que corresponda a las horas de la jornada.

Art. 68. La prolongación del tiempo extraordinario que exceda de nueve horas a la semana, obliga al patron a pagar al trabajador el tiempo excedente con un doscientos por

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

ciento más del salario que corresponda a las horas de la jornada, sin perjuicio de las sanciones establecidas en esta Ley.

Art. 69. Por cada seis días de trabajo disfrutará el trabajador de un día de descanso, por lo menos, con goce de salario íntegro.

Art. 71. Los trabajadores que presten servicio en día domingo tendrán derecho a una prima adicional de un veinticinco por ciento, por lo menos, sobre el salario de los días ordinarios de trabajo.

Art. 73. Los trabajadores no están obligados a prestar sus servicios en sus días de descanso. Si se quebranta esta disposición el patrón pagará al trabajador independientemente del salario que le corresponda por el descanso un salario doble por el servicio prestado.

Art. 74. Son días de descanso obligatorio: 1° de enero, 5 de febrero, 21 de marzo, 1° de mayo, 16 de septiembre, 20 de noviembre y 25 de diciembre.

Art. 75. En los casos del artículo anterior los trabajadores y los patrones determinarán el número de trabajadores que deban prestar sus servicios.

Los trabajadores quedarán obligados a prestar los servicios y tendrán derecho a que se les pague, independientemente del salario que les corresponda por el descanso obligatorio, un salario doble por el servicio prestado.

Art. 76. Los trabajadores que tengan más de un año de servicios disfrutaran de un periodo anual de vacaciones pagadas, que en ningún caso podrá ser inferior de seis días laborables, y que aumentará en dos días laborables hasta llegar a doce, por cada año subsiguiente de servicios. Después del cuarto año, el periodo de vacaciones se aumentará en dos días por cada cinco de servicios.

Art. 80. Los trabajadores tendrán derecho a una prima no menor de veinticinco por ciento sobre los salarios que les correspondan durante el periodo de vacaciones.

Art. 82. Salario es la retribución que debe pagar el patrón al trabajador por su trabajo.

Art. 83. El salario puede fijarse por unidad de tiempo, por unidad de obra, por comisión, a precio alzado o de cualquier otra manera.

Cuando el salario se fija por unidad de obra, además de especificarse la naturaleza de esta, se hará constar la cantidad y calidad del material, el estado de la herramienta y útiles que el patrón en su caso, proporcione para ejecutar la obra, y el tiempo por el que los pondrá a disposición del trabajador, sin que pueda exigir cantidad alguna por concepto del desgaste natural que sufra la herramienta como consecuencia del trabajo.

Art. 84. El salario se integra con los pagos hechos en efectivo por cuota diaria, gratificaciones, percepciones, habitación, primas, comisiones, prestaciones en especie y cualquier otra cantidad o prestación que se entregue al trabajador por su trabajo.

Art. 85. El salario debe ser remunerador y nunca menor al fijado como mínimo de acuerdo con las disposiciones de la ley. Para fijar el importe del salario se tomarán en consideración la cantidad y calidad del trabajo.

En el salario por unidad de obra, la retribución que se pague será tal, que para un trabajo normal, en una jornada de ocho horas, se pague el monto del salario mínimo, por lo menos.

Art. 87. Los trabajadores tendrán derecho a un aguinaldo anual que deberá pagarse antes del día veinte de diciembre, equivalente a quince días de salario, por lo menos.

Los que no hayan cumplido el año de servicios, independientemente de que se encuentren laborando o no en la fecha de liquidación del aguinaldo, tendrán derecho a que se les pague la parte proporcional del mismo, conforme el tiempo que hubieran trabajado, cualquiera que fuere este.

TESORO  
FALLA DE ORIGEN

Art. 90 Salario mínimo es la cantidad menor que debe recibir en efectivo el trabajador por los servicios prestados en una jornada de trabajo. Se considera de utilidad social el establecimiento de instituciones y medidas que protejan la capacidad adquisitiva del salario y faciliten el acceso de los trabajadores a la obtención de satisfactores.

Art. 94 Los salarios mínimos serán fijados por las Comisiones Regionales y serán sometidos por su ratificación o modificación por la entidad encargada.

Art. 136 Toda empresa agrícola, industrial, minera o de cualquier otra clase de trabajo, esta obligada a proporcionar a los trabajadores habitaciones cómodas e higiénicas. Para dar cumplimiento a esta obligación las empresas deberán aportar al Fondo Nacional de la Vivienda el cinco por ciento sobre los salarios ordinarios de los trabajadores a su servicio.

Art. 137 El Fondo Nacional de la Vivienda tendrá por objeto crear sistemas de financiamiento que permitan adquirir en propiedad habitaciones cómodas e higiénicas para la construcción, reparación, o mejoras de sus casas habitación y para el pago de pasivos adquiridos por estos conceptos.

#### 4.4 Equipo

##### 4.4.1 Generalidades

Una obra cualquiera, puede ser ejecutada mediante diversos procedimientos de construcción y empleando diferentes equipos.

Lógicamente para ejecutar determinado trabajo, siempre existirá algún procedimiento y determinado equipo por medio de los cuales las operaciones del contratista sean realizadas en forma óptima desde el punto de vista de la economía. El tiempo de utilización del equipo en relación con factores de tipo económico, han generado los conceptos de vida útil y vida económica.

##### 4.4.2 Vida útil de la maquinaria

En todas las máquinas, tanto en los tiempos de utilización, como durante los periodos en que se encuentra ociosa, sus diversas partes y mecanismos van sufriendo desgastes y deterioros, por lo que con cierta frecuencia más o menos determinada y predecible, dichas partes deben ser reparadas o sustituidas

para que la máquina esté constantemente habilitada para trabajar y producir con eficiencia y economía. Sin embargo en el transcurso del tiempo, irremediamente toda máquina llega a encontrarse en un estado tal de desgaste y deterioro, que su posesión y trabajo en vez de constituir un bien de producción, significa un gravamen para su propietario, lo cual ocurre cuando los gastos que se requieren para que la máquina produzca, excedan a los rendimientos económicos obtenidos con la misma, en otras palabras, la operación y posesión de tal máquina reportan pérdidas económicas y/o riesgos irracionales.

Vida útil de una máquina es el lapso durante el cual el equipo está en condiciones de realizar trabajo, sin que los gastos de su posesión excedan los rendimientos económicos obtenidos por el mismo, por mínimos que estos sean.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La vida útil de una máquina depende de múltiples y complejos factores, que pueden ser: fallas de fabricación, falta de protección contra los agentes atmosféricos, desgastes excesivos debido a uso anormal, vibraciones y fricción de sus partes móviles, manejo de diferentes operadores e irresponsabilidad de los mismos, descuidos técnicos, etc.

#### 4.4.3 Vida económica del equipo

Se entiende por vida económica de una máquina el periodo durante el cual puede esta operar eficientemente, realizando un trabajo económico, satisfactorio y oportuno, siempre y cuando la máquina sea correctamente conservada y mantenida.

A medida que aumenta la vida y el uso de la máquina, la productividad de la misma tiende a disminuir y sus costos de operación van en constante aumento como consecuencia de los gastos cada vez mayores de conservación y mantenimiento: así como averías cada vez más frecuentes que sufre, mismas que van aumentando sus tiempos muertos o improductivos, reduciendo por tanto su "disponibilidad" llegando incluso a afectar la productividad de otras máquinas que se encuentran abasteciendo a la primera o trabajando conjuntamente con ella en la ejecución de cierto trabajo.

De la observación de "registros cuidadosos y detallados" de los costos de operación y mantenimiento de una máquina, fácilmente se determinará que, después de ciertos periodos cuando los costos por hora de operación de la misma son cada vez mayores que el promedio de costos obtenidos durante sus operaciones anteriores, la máquina habrá llegado al fin de su periodo de vida económica, a partir del cual su operación resultara antieconómica.

Al finalizar el periodo de vida económica de una máquina solamente podrán presentarse cualquiera de los tres casos alternos siguientes:

- a) Por su estado, la máquina debe ser desechada, debiéndose vender para obtener algún rescate por la misma, ya que sea cual fuere su deterioro, siempre tendrá un valor de rescate, por infimo que este pueda ser.
- b) Que por el esmero puesto en su cuidado y operación, la máquina se encuentra en condiciones aceptables y capaz de continuar trabajando, aunque sujeta a ciertas limitaciones, especialmente en lo que respecta a su eficiencia, potencia y por ende, productividad y operación económica por lo que, indudablemente, se encontrará en condiciones desventajosas con respecto al equipo de los competidores, a más de que, con su empleo, se correrán riesgos derivados e imprevisibles y súbitas averías que eventualmente podrán ocurrir, con lo que la máquina en cuestión tendrá que parar, y aún podría darse el caso de que la forzada inactividad de esta, afectase la productividad de todo el conjunto de maquinaria que se encontrará trabajando conjugada y armónicamente con la misma, en la ejecución de un trabajo.
- c) Que por razones de orden presupuestal o financiero, el poseedor de la máquina, independientemente del estado de la misma, se encuentra en imposibilidad de sustituirla, por lo que aun a costa de sus utilidades, se ve en la necesidad de

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

continuar empleando la máquina "obsoleta" en las operaciones de construcción. De proceder así, se estará "alargando" la vida útil de la máquina más allá del término de su vida económica.

En síntesis, las definiciones que giran en torno a la llamada vida económica de las máquinas señalan que es un periodo durante el cual se deben obtener los máximos beneficios durante su operación, pues el equipo puede continuar trabajando por más tiempo aunque las utilidades tenderán a disminuir, siguiendo sin embargo, dentro de su vida útil, de modo que la fecha de terminación de la vida económica puede ser elástica en función de la política de ganancia que fije el dueño.

Se entiende que una máquina ya es económicamente obsoleta, cuando ha alcanzado el término de su vida económica, quedando además totalmente amortizada la inversión del capital empleado en su adquisición. Sin embargo, el concepto de obsolescencia es relativo, ya que puede suceder que mientras para un constructor cierto equipo resulta obsoleto, para otro, en distintas condiciones financieras y de trabajo, no lo es.

#### 4.4.4 Criterio para la determinación de la vida económica

Huelga mencionar que existen numerosos criterios fundados en especulaciones más o menos sólidas, destinadas a la determinación de la vida económica de una máquina. El criterio de determinación más empleado es el estadístico, siendo en nuestro medio las estadísticas norteamericanas las más comúnmente aceptadas, debido fundamentalmente a que la mayoría de la maquinaria disponible en nuestro mercado es obtenida de nuestro vecino país. Sin embargo, no debemos olvidar que en toda la América Latina, se presentan factores de orden económico, social y cultural, que influyen profundamente en la eficiencia, número y economía de los trabajos de construcción en general y que difieren en muchos a los factores determinantes de las vidas económicas de los equipos en el medio norteamericano: tales factores harán que nuestros constructores tengan que seguir prácticas tendientes a crear estadísticas más fieles de nuestra realidad, y a unificar la diversidad de criterios de vidas económicas existentes en nuestro país.

La tabla siguiente muestra la vida económica en años y horas de algunos de los equipos más usuales de la industria de la construcción. De acuerdo a los valores que proporciona nos da la idea de la necesidad de crear una estadística más apegada a nuestra realidad.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

MAQUINA	SHCP	ASOC.DE PALAS Y DRAGAS	LIBRO AMARILLO	SARH	PEURIPOY	C N I C	S A H O P
CAMIONES DE 5 TONS MOTOR DE GASOLINA	5 AÑOS	---	5 AÑOS 7040 HRS.	5 10 000 HRS	5 AÑOS 10 000 HRS	5 AÑOS 8000 HRS	8000 HRS
CARGADOR FRONTAL SOBRE ORUGAS DE MAS DE 85 HP	5 AÑOS	---	5 AÑOS 5280 HRS	5 AÑOS 10 000 HRS	5 AÑOS 7 000 HRS	5 AÑOS 6000 HRS	10 000 HRS
COMPACTADORES VIBRATORIOS AUTOPROPULSADOS	5 AÑOS	---	4 AÑOS	---	---	5 AÑOS 6400 HRS	10 000 HRS
COMPRESORES PORTATILES 210-1200 P.C.M	5 AÑOS	---	5 AÑOS 6000 HRS.	5 AÑOS 6000 HRS	5 AÑOS 6000 HRS	5 AÑOS 6000 HRS	8.600 HRS
DRAGAS 2-3 YD3	5 AÑOS	16 AÑOS 28.000 HRS.	6.25 AÑOS 7700 HRS.	8 AÑOS 16000 HRS	5 88 AÑOS 9408 HRS	6 25 AÑOS 8750 HRS	13 400 HRS
MOTOCONFORMADORAS	5 AÑOS	---	5 AÑOS 7400 HRS.	5 AÑOS 10 000 HRS	5 AÑOS 10 000 HRS	5 AÑOS 8000 HRS	10 000 HRS.
MOTOESCREPAS	5 AÑOS	---	5 AÑOS 7040 HRS.	5 AÑOS 10 000 HRS	5 AÑOS 10 000 HRS	5 AÑOS 8000 HRS	12 000 HRS.
TRACTOR ORUGAS	5 AÑOS	---	5 AÑOS 6160 HRS.	5 AÑOS 10.000 HRS	5 AÑOS 10 000 HRS.	5 AÑOS 7000 HRS.	12.000 HRS.

#### 4.4.5 Valor de rescate

Antes de entrar a la teoría de los costos del equipo, es necesario hablar de su valor de adquisición y su valor de rescate.

Se ha llamado valor de adquisición de una máquina a su precio promedio actual en el mercado, pagado de contado.

Cuando el valor de la adquisición de la maquinaria incluye el valor de las llantas y otros accesorios de desgaste rapido, estos valores deberán ser descontados del valor de adquisición original.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Se entiende por valor de rescate de una máquina, el valor que tiene la misma al final de su vida económica.

Toda máquina usada, aún en el caso de que sólo amerite considerarse como chatarra, tiene siempre un cierto valor de rescate. Se acostumbra considerar el valor de rescate, como un porcentaje del valor de adquisición de la maquina, que puede variar ente 5% y 20%.

Para efectos de obtención del costo-horario de operación de una maquina, existe también el criterio de considerar que, al finalizar el periodo de su vida económica, el equipo está totalmente depreciado, considerandose entonces nulo su valor de rescate.

#### 4.4.6 Costo horario de operacion de maquinaria

La práctica de muchos años, ha enseñado la conveniencia de estructurar todos los análisis de costos sobre la base de operación por hora de las maquinas y demás elementos que concurren a la ejecución de un trabajo, ya que a su vez los rendimientos de las máquinas, siempre se expresan en función de cada hora de trabajo.

El costo-horario por equipo, es el que se deriva del uso correcto de las máquinas adecuadas y necesarias para la ejecución de los conceptos de trabajo, conforme a lo estipulado en las especificaciones y en el contrato. Se integra mediante los siguientes cargos:

- 4.4.6.1 Cargos fijos
- 4.4.6.2 Cargos por consumo
- 4.4.6.3 Cargos por operación

Calculados por hora efectiva de trabajo y en su caso el " cargo de transporte"

#### 4.4.6.1 Cargos fijos

Son los que se derivan de los correspondientes a:

- 4.4.6.1.1 Cargo por depreciación
- 4.4.6.1.2 Cargo por inversion
- 4.4.6.1.3 Cargo por seguros
- 4.4.6.1.4 Cargo por mantenimiento mayor menor

#### 4.4.6.1.1 Cargo por depreciación

es el que resulta por la disminución en el valor original de la maquinaria, como consecuencia de uso durante el tiempo de su vida económica. Existen muchas formas para valorar este concepto, pero el mas empleado es el sistema lineal, es decir, que la maquinaria se deprecia la misma cantidad por unidad de tiempo.

Se representa por la siguiente ecuacion:

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

$$D = \frac{V_a - V_r}{V_e}$$

En donde:

D: Depreciación por hora efectiva de trabajo

V<sub>a</sub>: Representa el valor inicial de la máquina considerándose como tal el precio comercial de adquisición de la máquina nueva en el mercado nacional, descontándose el valor de las llantas en su caso.

V<sub>r</sub>: Representa el valor de rescate de la máquina

V<sub>e</sub>: Representa la vida económica de la máquina expresada en horas de trabajo.

En la actualidad, en el medio de la construcción, la legislación fiscal considera que la depreciación total del equipo de construcción se completa en un periodo de cinco años, lo cual significa una depreciación anual del 20% del costo de adquisición de la máquina, siguiendo el criterio de depreciación lineal.

#### 4.4.6.1.2 Cargo por inversión

Cualquier organización, para comprar una máquina, adquiere los fondos necesarios en los bancos o mercados de capitales, pagando por ellos los intereses correspondientes, o bien, si el empresario dispone de fondos suficientes de capital propio hace la inversión directamente, esperando que la máquina reditue en cualquier momento en proporción con la inversión no amortizada hasta ese momento. En síntesis podemos decir, que el "cargo por inversión", es el cargo equivalente a los intereses correspondientes al capital invertido en maquinaria.

Esta representado por la ecuación:

$$I = \frac{V_a + V_r}{2Ha} \cdot i$$

En donde:

I : Cargo por inversión por hora efectiva de trabajo

V<sub>a</sub>: valor inicial de la máquina

V<sub>r</sub>: Valor de rescate de la máquina

$\frac{V_a + V_r}{2}$  : Valor Medio de la máquina durante su vida económica

Ha : número de horas efectivas que el equipo trabaja durante el año

i : tasa de interés anuales en vigor

Podemos decir que la tasa de interés varía entre 42 y 48 %

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.4.6.1.3. Cargo por seguros.

Se entiende como "cargo por seguros", el necesario para cubrir los riesgos a que está sujeta la maquinaria de construcción durante su vida económica y por accidentes que sufra. Este cargo existe tanto en el caso de que la maquinaria se asegure con una compañía de seguros, como en el caso de que la empresa constructora decida hacer frente, con sus propios recursos, a los posibles riesgos de la maquinaria (autoaseguramiento)

Este cargo está representado por:

$$S = \frac{V_a + V_r}{2H_a} s$$

S : Cargo por seguros por hora efectiva de trabajo

V<sub>a</sub> : valor inicial de la máquina

V<sub>r</sub> : valor de rescate de la máquina

$\frac{V_a + V_r}{2}$  : valor medio de la máquina durante su vida económica

H<sub>a</sub> : número de horas efectivas que el equipo trabaja durante el año

s : prima anual promedio expresada en por ciento del valor de la máquina.

#### 4.4.6.1.4 Cargos por mantenimiento

Son los originados por todas las erogaciones necesarias para conservar la maquinaria en buenas condiciones, a efecto de que trabaje con rendimiento normal durante su vida económica. Se divide en mayor y menor. En el mantenimiento mayor se consideran todas las erogaciones necesarias para efectuar reparaciones a la maquinaria en talleres especializados, o aquellas que pueden realizarse en el campo, empleando personas especialistas, y que requieren retirar la maquinaria de los frentes de trabajo por un tiempo considerable. Incluye: obra de mano, repuestos y renovaciones de partes de la maquinaria, así como otros materiales necesarios. En el mantenimiento menor se consideran todas las erogaciones necesarias para efectuar los ajustes rutinarios, reparaciones y cambios de repuestos que se efectúan en las propias obras, así como cambios de líquidos hidráulicos, aceites de transmisión, filtros, grasas y estopas. Incluye el personal y equipo auxiliar que realizan estas operaciones de mantenimiento, los repuestos y otros materiales que sean necesarios.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

Está representado por:

$$M = QD$$

En la presente ecuación:

M: cargo por mantenimiento mayor y menor por hora efectiva de trabajo

Q: representa un coeficiente que incluye tanto el mantenimiento mayor como el menor. Se calculara con base en experiencias estadísticas; varia para cada tipo de maquina y las distintas características del trabajo.

D: representa la depreciación de la máquina

Coefficientes de mantenimiento:

Q=1.0	Apisonadora Automovil Banda colocadora Barredora mecanica Bomba de agua Bomba de concreto Bomba de mortero Caldera Combi Compresor criba	equipo de inyeccion equipo de buceo esparcidor estabilizadora finisher grúa s/neumaticos grúa s/orugas malacate perforadora planta de luz pluma	planta trituradora planta concreto asfáltico revolvedora sand blast silo de 90 ton. silo de 50 ton. soldadora tanque almacén vibrador neumatico vibrado electrico vogee wagon drill
Q=0.9	Almeja guiada Auto tanque cemento Autobus para personal Caja de volteo Camion engrase Camion revolvedor	cama baja camion c/grúa camion de redilas camion de volteo camion roquero compresor XA-120	petrolizadora pick-up-1-1/2 ton pipa tanque 40 m3 track-drill
Q=0.8	Aplanadora de tres rodillos Compactador autopulsado Compactador vibratorio Draga Motoconformadora	motoescrpa planta concreto plataforma 30 ton retroexcavadora tractor c/ripper Traxevo	
Q=0.75	Camion de redilas mediano		
Q=0.70	Retroexcavadora 555		
Q=0.50	Herramienta electrica de mano Herramienta neumatica		

#### 4.4.6.2. Cargos por consumo

Las máquinas empleadas en la construcción de las obras, generalmente son accionadas por motores de combustión interna, bien sean de gasolina o diesel. Para que las máquinas puedan operar, se requiere de un constante abastecimiento de los combustibles y lubricantes consumidos por las mismas.

Sabido es que el consumo de combustible de una máquina de combustión interna es proporcional a la potencia desarrollada por la misma, la que generalmente siempre opera desarrollando solamente una fracción de su potencia nominal total, por ejemplo, un camión requerirá del máximo de su potencia nominal únicamente cuando se este acelerando, pero una vez lograda su velocidad de régimen o de trabajo sólo requerirá de una fracción de la potencia nominal de su motor. De igual forma toda máquina al operar en condiciones normales, solamente necesita de un porcentaje de su potencia nominal total, lo cual se expresa aplicando a la potencia nominal, máxima o intermitente, un coeficiente llamado "factor de operación" el cual varía entre 50% y 90% con respecto a la potencia nominal máxima intermitente.

La altura con respecto al nivel del mar, las variaciones de temperatura y las diversas condiciones climáticas, ejercen influencias adversas sobre el consumo de combustibles en las máquinas de combustión interna, ya que disminuyen la potencia del motor. Esta disminución se considera involucrada para efecto del cálculo en el factor de operación.

Los cargos por consumos son los que se derivan de las erogaciones que resulten por el uso de:

- 4.4.6.2.1 Combustibles
- 4.4.6.2.2 Otras fuentes de energía
- 4.4.6.2.3 Lubricantes
- 4.4.6.2.4 Llantas
- 4.4.6.2.5 Piezas especiales de desgaste rápido

#### 4.4.6.2.1. cargo por consumo de combustibles

Es el derivado de todas las erogaciones originadas por los consumos de gasolina o diesel para que los motores produzcan la energía que utilizan al desarrollar trabajo.

Está representado por:

$$E = e P_c$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la presente ecuación:

E : cargo por consumo de combustibles, por hora efectiva de trabajo

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

e representa la cantidad de combustible necesaria, por hora efectiva de trabajo, para alimentar los motores de las máquinas a fin de que desarrollen su trabajo dentro de las condiciones medias de operación de las mismas. Se determina en función de la potencia del motor, del factor de operación de la máquina y de un coeficiente determinado por la experiencia, que variará de acuerdo con el combustible que se utilice.

Pe: representa el precio de combustible que consume la máquina.

Para maquinaria de construcción dotada de motores de combustión interna, por procedimientos esencialmente estadísticos, se ha determinado que tienen los siguientes consumos promedio de combustible, por cada hora de operación (op) y referidos al nivel del mar:

**Motor diesel:** 0.20 litros por H.P. op/hora

**Motores de gasolina.** 0.24 litros por H.P op/hora

Así por ejemplo, una máquina con motor diesel de 100 H.P., cuyo factor de operación sea 0.70 (promedio), tendrá un consumo de combustible de :

$$0.20 \text{ litros} \times 100 \text{ HP.} \times 0.70 = 14.0 \text{ litros / hora}$$

#### 4.4.6.2.2 cargo por consumo de otras fuentes de energía

Es el derivado de las erogaciones originadas por los consumos de energía eléctrica o de energéticos diferentes de los combustibles señalados en el punto anterior, y representa el costo que tenga la energía consumida en la unidad de tiempo considerada.

El consumo de energía de un motor eléctrico depende fundamentalmente de su eficiencia para convertir la energía eléctrica que recibe, en energía mecánica que nos proporciona, para ser utilizada. La ecuación fundamental que nos ayuda a determinar el costo de estos consumos es:

$$E_c = N \times E_m \times P_e$$

En la que:

Ec: energía consumida

N: eficiencia del motor eléctrico

Em: energía mecánica utilizada

Pe: precio de la unidad de energía eléctrica suministrada

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los factores que determinan la eficiencia de un motor eléctrico son muy variados y un estudio de la influencia de cada uno de ellos sería demasiado extenso y conduciría a resultados imprácticos.

En la práctica nos encontramos con la dificultad de que los fabricantes de motores eléctricos proporcionan la potencia nominal en caballos de potencia (H.P.) pero la compañía suministradora de energía eléctrica la vende en kilowatt-hora (KWH). Para obtener el consumo horario de energía de un motor eléctrico en una hora de operación, utilizaremos la fórmula.

$$E_c = 0.653 \text{ H.P.} \times P_e$$

Donde:

$E_c$  : energía eléctrica consumida en KWH

H.P. : Potencia nominal del motor

$P_e$  : Precio de kilowatt-hora puesto en la máquina

#### 4.4.6.2.3 Cargo por consumo de lubricantes.

Es el derivado de las erogaciones originadas por los consumos y cambios periódicos de aceites; incluye las erogaciones necesarias para suministrarlos en la máquina

Este cargo está representado por:

$$L = a P_e$$

Donde:

L : Representa el cargo por consumo de lubricantes por hora efectiva de trabajo.

A : Representa la cantidad de aceite necesaria por hora efectiva de trabajo, de acuerdo con las condiciones medias de operación. Está determinada por la capacidad de los recipientes, los tiempos entre cambios sucesivos de aceites, la potencia del motor, el factor de opresión de la máquina y un coeficiente determinado por la experiencia.

$P_e$  : Representa el precio de los aceites que consumen las máquinas

Los consumos de aceite, incluyendo los cambios periódicos del mismo, se pueden determinar a partir de las siguientes fórmulas obtenidas por medio de observaciones estadísticas.

Para máquinas con potencia de placa igual o menor de 100 H.P.

$$a = C \cdot t = 0.0030 \times \text{H.P. op.}$$

Para máquinas con potencia de placa mayor de 100 H.P.

$$a = C \cdot t = 0.0035 \times \text{H.P. op.}$$

En las ecuaciones anteriores

a : cantidad de aceite necesaria por hora efectiva de trabajo, en litros

C : capacidad del carter en litros

t : número de horas transcurridas entre dos cambios de aceite (generalmente  $t = 100$  horas. Cuando abunda el polvo,  $t = 70$  horas)

H.P. : potencia de operación (potencia de placa del motor por el factor de opresión)

op :

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.4.6.2.4 Cargo por consumo de llantas

Las llantas del equipo de construcción, al igual que el propio equipo, sufren de mérito derivado del uso de las mismas por lo que es necesario, además de repararlas y renovarlas periódicamente, reemplazarlas cuando han llegado al fin del periodo de su vida económica.

La vida económica de las llantas varia en función de las condiciones de uso a que sean sometidas, del cuidado y mantenimiento que se les imparta, de las cargas a que operen y de las condiciones de las superficies de rodamiento de los caminos en que trabajen.

Para llantas de equipo de construcción, que generalmente trabajan en caminos que presentan condiciones muy severas y adversas, resulta práctico expresar su vida económica en horas de trabajo.

Se considerará este cargo sólo para aquella maquinaria en la cual, al calcular se deprecia, se haya reducido al valor de las llantas del valor inicial de la misma

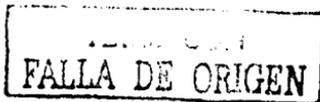
Este cargo está representado por:

$$LI = VII / Hv$$

Donde:

- LI : representa el cargo por consumo de llantas, por hora efectiva de trabajo  
VII : representa el valor de adquisición de las llantas, considerando el precio para llantas nuevas de las características indicadas por el fabricante de la máquina  
Hv : representa las horas de vida económica de las llantas tomando en cuenta las condiciones de trabajo impuestas a las mismas. Se determina de acuerdo con la experiencia, considerando los factores siguientes: velocidades máximas de trabajo, condiciones relativas al camino en que transitan, tales como pendientes, curvaturas, rodamiento, posición en la máquina, cargas que soportan y climas en que operan.

Estudios estadísticos sobre la observación del equipo de construcción pesada en presas, carreteras, canteras y minas, han establecido que la vida económica aproximada de una llanta es del orden de 80.000 kilómetros o 5.000 horas de operación normal. Pero por otra parte, solamente en condiciones de obra muy excepcionales se presentan los factores más favorables a la vida óptima de las llantas, razón por la que, para determinar la vida económica real, es necesario introducir los factores indicados en la siguiente tabla, los que están en función de las condiciones que priven en las obras.



**FACTORES PARA DETERMINAR LA VIDA ECONOMICA DE LAS LLANTAS  
 CONDICIONES FACTOR**

**1. DE MANTENIMIENTO**

Excelentes	1.00
Medias	0.90
Deficientes	0.70

**2. VELOCIDAD DE TRANSITO: (máxima)**

16 km por hora	1.00
32 km por hora	0.80
48 km por hora	0.60

**3. CONDICIONES DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO**

Tierra suave sin roca	1.00
Tierra suave incluyendo roca	0.90
Caminos bien conservados con superficie de grava compactada	0.70
Caminos mal conservados con superficie de grava compactada	0.70

**4. POSICION DE LAS LLANTAS:**

En los ejes traseros	1.00
En los ejes delanteros	0.90
En el eje de traccion	
vehiculos de descarga trasera	0.80
vehiculos de descarga de fondo	0.70
motoescrapas y similares	0.60

**5. CARGA DE OPERACION:**

Dentro del limite especificado por los fabricantes	1.00
Con 20 % de sobrecarga	0.80
Con 40 % de sobrecarga	0.50

**6. DENSIDAD Y GRADO DE CURVAS EN EL CAMINO:**

No existen	1.00
Condiciones medias	0.90
Condiciones severas	0.80

**7. PENDIENTES DE LOS CAMINOS:**

(aplicables a las llantas del eje tractor)

A nivel	1.00
5% como máximo	0.90
10% como máximo	0.80
15% como máximo	0.70

**8. OTRAS CONDICIONES DIVERSAS:**

Inexistentes	1.00
Medias	0.90
Adversas	0.80

**TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN**

#### 4.4.6.2.5 Consumos por piezas de desgaste rápido

Finalmente, el último cargo por consumos, es el relativo a piezas sujetas a continuas fuerzas abrasivas, a variaciones súbitas de presión, etc. Y cuya vida económica es menor al resto del equipo. Se calcula mediante la expresión:

$$Pe = Vp / Hr$$

Donde:

- Pe: Costo por piezas de desgaste rápido, por hora de operación del equipo.  
Vp: Valor de adquisición de piezas especiales de desgaste rápido  
Hr: Horas de vida económica de las piezas especiales de desgaste rápido

Para tener en cuenta este cargo se debe considerar que no haya sido incluido en los cargos fijos, y que las piezas especiales estén sujetas a condiciones severas de trabajo que produzcan un deterioro superior al normal, como pudieran ser acero de barrenación para equipos de perforación, bandas de hule, etc. Siempre que estos elementos no hayan sido considerados en el precio unitario como consumo de materiales, o mantenimiento del propio equipo.

#### 4.4.6.2 Cargos por operación

Es el que se deriva de las erogaciones que hace el contratista por concepto del pago de salario al personal encargado de la operación de la máquina, por hora efectiva de la misma.

Este cargo esta representado por:

$$O = St / H$$

En la presente ecuación:

- O : Cargo por operación del equipo por hora efectiva de trabajo  
St : Representa los salarios por turno del personal necesario para operar la máquina. Los salarios deberán comprender: salario base, cuotas patronales por seguro social, impuesto sobre remuneraciones pagadas, días festivos, vacaciones y aguinaldo, o sea el salario real de este personal.  
H : Representa las horas efectivas de trabajo que se consideren para la máquina, dentro del turno

El salario a que se refiere el factor "St", es aquel señalado en el tabulador vigente para operadores de maquinaria, atendiendo a la clase de máquina, capacidad y responsabilidad delegada al operador y condiciones generales de trabajo, sin olvidar que dicho salario base estará indudablemente afectado por la Ley de la oferta y la demanda.

#### 4.4.7 Cargo por transporte

En términos generales, el transporte de la maquinaria se considera como cargo indirecto, pero cuando sea conveniente a juicio del constructor, podrá tomarse en cuenta dentro de los cargos directos o como un concepto de trabajo específico.

#### 4.4.8 El IVA en los costos del equipo

El cargo por IVA no deberá incluirse en la estructuración de los costos horarios de equipo.

En el momento que el constructor adquiere un equipo ya sea en el mercado nacional o de importación, debe pagar el IVA correspondiente al proveedor; por lo que en toda obra

#### 4.4.6.2.5 Consumos por piezas de desgaste rápido

Finalmente, el último cargo por consumos, es el relativo a piezas sujetas a continuas fuerzas abrasivas, a variaciones súbitas de presión, etc. Y cuya vida económica es menor al resto del equipo. Se calcula mediante la expresión:

$$Pe = Vp / Hr$$

Donde:

- Pe: Costo por piezas de desgaste rápido, por hora de operación del equipo.
- Vp: Valor de adquisición de piezas especiales de desgaste rápido
- Hr: Horas de vida económica de las piezas especiales de desgaste rápido

Para tener en cuenta este cargo se debe considerar que no haya sido incluido en los cargos fijos, y que las piezas especiales estén sujetas a condiciones severas de trabajo que produzcan un deterioro superior al normal, como pudieran ser acero de barrenación para equipos de perforación, bandas de hule, etc. Siempre que estos elementos no hayan sido considerados en el precio unitario como consumo de materiales, o mantenimiento del propio equipo.

#### 4.4.6.2 Cargos por operación

Es el que se deriva de las erogaciones que hace el contratista por concepto del pago de salario al personal encargado de la operación de la máquina, por hora efectiva de la misma.

Este cargo está representado por:

$$O = St / H$$

En la presente ecuación:

- O: Cargo por operación del equipo por hora efectiva de trabajo
- St: Representa los salarios por turno del personal necesario para operar la máquina. Los salarios deberán comprender: salario base, cuotas patronales por seguro social, impuesto sobre remuneraciones pagadas, días festivos, vacaciones y aguinaldo, o sea el salario real de este personal.
- H: Representa las horas efectivas de trabajo que se consideren para la máquina, dentro del turno

El salario a que se refiere el factor "St", es aquel señalado en el tabulador vigente para operadores de maquinaria, atendiendo a la clase de máquina, capacidad y responsabilidad delegada al operador y condiciones generales de trabajo, sin olvidar que dicho salario base estará indudablemente afectado por la Ley de la oferta y la demanda.

#### 4.4.7 Cargo por transporte

En términos generales, el transporte de la maquinaria se considera como cargo indirecto, pero cuando sea conveniente a juicio del constructor, podrá tomarse en cuenta dentro de los cargos directos o como un concepto de trabajo específico.

#### 4.4.8 El IVA en los costos del equipo

El cargo por IVA no deberá incluirse en la estructuración de los costos horarios de equipo.

En el momento que el constructor adquiere un equipo ya sea en el mercado nacional o de importación, debe pagar el IVA correspondiente al proveedor; por lo que en toda obra

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

gravada, deberá manejarse el pago del IVA a los proveedores de equipo, su traslado a clientes por obra ejecutada y el acreditamiento en forma contable, sin repercutirlo dentro de los costos o en el precio de venta.

4.4.9 Cargo unitario por maquinaria

Se expresa como el cociente del costo directo por hora máquina entre el rendimiento horario de dicha máquina.

Este cargo está representado por:

$$CM = HMD / RM$$

En donde:

- |      |   |
|------|---|
| CM : | Representa el cargo unitario por maquinaria                 |
| HMD: | Costo directo de hora – máquina                             |
| RM:  | Rendimiento horario, expresado en la unidad de que se trate |

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

4.5 Análisis de Precios Unitarios

PERFORACION, COLOCACION DE MALLA Y CONCRETO LANZADO

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
<b>ANCLAS Y CONCRETO LANZADO</b>					
0001	Perforacion por medios neumaticos de 4" de diametro a 20 0 m de profundidad promedio	m <sup>l</sup>	1 820 00	\$ 233 34	\$ 424 670 35
0002	Habilitado y colocacion de malla electrosoldada en talud de 20 m de altura	m <sup>2</sup>	950 00	\$ 31 98	\$ 30 379 97
0003	Colocacion de concreto lanzado de 5 cm de espesor no incluye alire de talud	m <sup>2</sup>	950 00	\$ 86 29	\$ 81 974 94
0004	Colocacion de concreto lanzado en traves entre anclas de 0 40 x 0 40 m de seccion	ml	140 00	\$ 355 14	\$ 49 719 44
0005	Conformacion y lanzado de concreto en caja para zapata de anclas de 0 50 x 0 50 x 0 20 m Incluye colocacion de doble malla electrosoldada	ml	140 00	\$ 233 38	\$ 32 672 86
<b>TOTAL DE PRESUPUESTO</b>					<b>\$ 619.417.56</b>



Excavacion de taludes

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

Análisis de Precio Unitario

<b>Descripción</b> Perforación por medios neumáticos de 4" de diámetro a 20.0 m de profundidad promedio:	<b>Unidad :</b> Cantidad :	<b>mi</b> 1 820 00
---	-------------------------------	-----------------------

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
<b>Materiales</b>					
MAT-1	Broca Stenuick	pza	0 00152	\$ 4 500 00	\$ 8 19
MAT-2	Martillo Drico Tools Topo de 3 1/2" diam	pza	0 00049	\$ 25 380 00	\$ 12 44
MAT-3	Sistema TOPEX	lge	0 00020	\$ 42 000 00	\$ 8 40
MAT-4	Lote de mangueras de 1 1/2" diam	lge	0 00067	\$ 8 000 00	\$ 5 36
MAT-5	Lote de barras de perforación de 70 mm de diam y 2.0 m de longitud	lge	0 00056	\$ 15 000 00	\$ 8 40
<b>Total de materiales</b>					<b>\$ 42.79</b>
<b>Mano de Obra</b>					
MO-1	Cabo	lor	0 01235	\$ 327 81	\$ 4 05
MO-2	Oficial perforista	lor	0 05262	\$ 291 43	\$ 15 34
MO-4	Ayudante general	lor	0 15790	\$ 182 14	\$ 28 76
<b>Total de mano de obra</b>					<b>\$ 48.15</b>
<b>Equipo y herramienta</b>					
HERR-1	Herramienta menor	%	0 03000	\$ 48 15	\$ 1 44
EQPO-1	Compresor 750 PCM	nr	0 21053	\$ 287 88	\$ 60 61
EQPO-2	Perforadora Stenuick	hr	0 42105	\$ 80 00	\$ 33 68
<b>Total de equipo y herramienta</b>					<b>\$ 95.74</b>
<b>Costo Directo</b>					<b>\$ 186.67</b>
<b>Indirecto</b>					<b>\$ 28.00</b>
<b>Utilidad</b>					<b>\$ 18.67</b>
<b>Precio Unitario</b>					<b>\$ 233.34</b>

\*\*\* DOSCIENTOS TREINTA Y TRES PESOS 34/100 M N \*\*\*



Equipo de inyección y perforado

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

Análisis de Precio Unitario

<b>Descripción</b> Habilitado y colocación de malla electrosoldada en talud de 20 m de altura	<b>Unidad :</b> <b>Cantidad :</b>	<b>m<sup>2</sup></b> <b>950 00</b>
--	--------------------------------------	---------------------------------------

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
<b>Mano de Obra</b>					
MO-1	Cabo	jor	0 00505	\$ 327 81	\$ 1 66
MO-2	Oficial lanzador	jor	0 02273	\$ 291 43	\$ 6 62
MO-4	Ayudante general	jor	0 09091	\$ 182 14	\$ 16 56
Total de mano de obra					\$ 24 84
<b>Equipo y herramienta</b>					
HERR-1	Herramienta menor	%	0 03000	\$ 24 84	\$ 0 75
Total de equipo y herramienta					\$ 0 75
				<b>Costo Directo</b>	<b>\$ 25 58</b>
				<b>Indirecto</b>	<b>\$ 3 84</b>
				<b>Utilidad</b>	<b>\$ 2 56</b>
				<b>Precio Unitario</b>	<b>\$ 31 98</b>

\*\* TREINTA Y UN PESOS 98/100 M.N. \*\*



Pertoración y colado de trabes

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

Análisis de Precio Unitario

Descripción	Unidad :	m <sup>2</sup>
Colocación de concreto lanzado de 5 cm de espesor. no incluye afine de talud	Cantidad :	950.00

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
<b>Materiales</b>					
MAT-6	Lote de mangueras para concreto lanzado	lte	0.00067	\$ 12.000.00	\$ 8.04
<b>Total de materiales</b>					\$ 8.04
<b>Mano de Obra</b>					
MO-1	Cabo	jor	0.00556	\$ 327.81	\$ 1.82
MO-2	Oficial lanzador	jor	0.01250	\$ 291.43	\$ 3.64
MO-4	Ayudante general	jor	0.07502	\$ 182.14	\$ 13.66
<b>Total de mano de obra</b>					\$ 19.13
<b>Equipo y herramienta</b>					
HERR-1	Herramienta menor	%	0.03000	\$ 19.13	\$ 0.57
EQPO-1	Compresor 750 PCM	hr	0.10000	\$ 287.88	\$ 28.79
EQPO-3	Lanzadora de concreto en seco	hr	0.10000	\$ 70.00	\$ 7.00
EQPO-2	Perforadora Steniuck	hr	0.10000	\$ 55.00	\$ 5.50
<b>Total de equipo y herramienta</b>					\$ 41.86
				<b>Costo Directo</b>	\$ 69.03
				<b>Indirecto</b>	\$ 10.35
				<b>Utilidad</b>	\$ 6.90
				<b>Precio Unitario</b>	\$ 86.29

\*\* OCHENTA Y SEIS PESOS 29/100 M.N. \*\*



Bomba hidráulica

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS



Inyección de ancla

Análisis de Precio Unitario

Descripción		Unidad			mi
Colocación de concreto lanzado en traves entre anclas de 0.40 x 0.40 m de sección no incluye excavación de zanja		Cantidad			140.00
Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
<b>Materiales</b>					
MAT-6	Lote de mangueras para concreto lanzado	lte	0.0019	\$ 12.000.00	\$ 23.64
<b>Total de materiales</b>					<b>\$ 23.64</b>
<b>Mano de Obra</b>					
MO-1	Cabo	jor	0.01429	\$ 327.81	\$ 4.68
MO-3	Oficial lanzador	jor	0.05405	\$ 291.43	\$ 15.75
MO-4	Ayudante general	jor	0.32436	\$ 182.14	\$ 59.08
<b>Total de mano de obra</b>					<b>\$ 79.52</b>
<b>Equipo y herramienta</b>					
HERR-1	Herramienta menor	%	0.03000	\$ 79.52	\$ 2.39
EQPO-1	Compresor 750 PCM	hr	0.43253	\$ 287.86	\$ 124.52
EQPO-3	Lanzadora de concreto en seco	hr	0.43243	\$ 70.00	\$ 30.27
EQPO-2	Perforadora Stenluck	hr	0.43243	\$ 55.00	\$ 23.78
<b>Total de equipo y herramienta</b>					<b>\$ 180.96</b>
				<b>Costo Directo</b>	<b>\$ 284.11</b>
				Indirecto	\$ 42.62
				Utilidad	\$ 28.41
				<b>Precio Unitario</b>	<b>\$ 355.14</b>

\*\* TRESCIENTOS CINCUENTA Y CINCO PESOS 14/100 M.N. \*\*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS**

**Análisis de Precio Unitario**

<b>Descripción</b>	<b>Unidad :</b> m
Conformación y lanzamiento de concreto en caja para zapala de anclas, de 0 50 x 0 50 x 0 20 m	<b>Cantidad :</b> 140 00
Incluye colocación de doble malla electrosoldada	

Clave	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
<b>Mano de Obra</b>					
MO-1	Cabo	jor	0 01429	\$ 327 81	\$ 4 68
MO-3	Oficial lanzador	jor	0 03846	\$ 291 43	\$ 11 21
MO-4	Ayudante general	jor	0 23077	\$ 182 14	\$ 42 03
<b>Total de mano de obra</b>					<b>\$ 57.93</b>
<b>Equipo y herramienta</b>					
HERR-1	Herramienta menor	%	0 03000	\$ 57 93	\$ 1 74
EQPO-1	Compresor 750 PCM	hr	0 30769	\$ 287 88	\$ 88 58
EQPO-3	Lanzadora de concreto en seco	hr	0 30769	\$ 70 00	\$ 21 54
EQPO-4	Bomba moyno 3L6	hr	0 30769	\$ 55 00	\$ 16 92
<b>Total de equipo y herramienta</b>					<b>\$ 128.78</b>
				<b>Costo Directo \$</b>	<b>186.70</b>
				<b>Indirecto \$</b>	<b>28.01</b>
				<b>Utilidad \$</b>	<b>18.67</b>
				<b>Precio Unitario \$</b>	<b>233.38</b>

\*\* DOSCIENTOS TREINTA Y TRES PESOS 38/100 M.N. \*\*



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS

HABILITADO DE MATERIALES PARA ANCLAS



Fusibles de anclas



Puntas de bala de anclas

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS



Anclas habilitadas

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS**

**CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

En la ciudad de México en la zona de lomas existe la problemática en muchos casos al inicio de una obra de edificación debido a la estabilidad de taludes, se estudiaran diversas propuestas para resolver dicha problemática, de la cual se elegirá la opción más óptima, en cuanto a costo y funcionalidad, para este caso se tomó la decisión del sistema de anclas.

Debido a que el proyecto de los sistemas de anclaje se basa en los estudios del suelo previamente realizados, se deberá tener especial cuidado en presentar los resultados con la mayor certeza posible.

El objetivo de este estudio se enfocó básicamente al proceso constructivo y al costo, presentando las técnicas básicas para la realización de este tipo de proyectos.

Las aplicaciones de los sistemas de anclaje dependen del ingenio del proyectista, es por esto que las aplicaciones aquí presentadas no deben constituir una limitación.

Es recomendable que los supervisores de estos sistemas conozcan el comportamiento de un sistema de anclaje, es fundamental para su correcta construcción y supervisión.

Ya que gran parte del avance en este tipo de sistemas depende de la perforación, el mantenimiento de estos equipos deberá ser frecuente para evitar posibles fallas que atrasen el programa de obra.

Tomando en cuenta la experiencia adquirida durante algunas obras ejecutadas, un correcto funcionamiento del anclaje depende de una correcta inyección y presión en el mismo en caso de que el proyecto así lo especifique.

También fue elaborado el estudio de factibilidad para determinar si es viable o no en cuanto a costo para la construcción del anclaje, siendo para este caso factible.

En conclusión, la buena ejecución de un sistema de anclajes en cuanto a su diseño, construcción y factibilidad económica, conjuga un buen proyecto, una excelente construcción y una rigurosa supervisión continua, así como un buen mantenimiento que verifique su buen comportamiento a corto y largo plazo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS ANCLAS  
PARA UN EDIFICIO CORPORATIVO EN ZONA DE LOMAS**

**BIBLIOGRAFIA**

## BIBLIOGRAFIA

- JIMENEZ SALAS, J.A. MUZAS, F.  
Geotecnia y Cimientos III.  
Editorial Rueda, 1980.
- FITZGERALD, ROBERT W.  
Resistencia de Materiales.  
Representaciones y Servicios de Ingenieria, S.A.  
México, 1970.
- SCHNABEL, HARRY  
Tiebacks in foundation engineering and construction.  
Mc Graw Hill  
New York, 1982.
- LITTLE JOHN, G.S.  
The practical applications of ground anchorages.  
Proc. 9<sup>th</sup> FIP congress, Stockholm 1982.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION.  
Code of practice for site investigations.  
London 1970.
- MITCHELL, W.F.  
Some experiences with ground anchors in London  
London 1975.
- RECOMMENDATIONS FOR ROCK AND SOIL ANCHORS.  
Post-Tensioning Institute U.S.A. 1986.
- HANNA, T.H.  
Foundations in Tension. Ground Anchors.  
Mc Graw Hill  
Book Co  
New York 1982

FALLA DE ORIGEN