

6  
28



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ACATLAN"

SELECCION DE LAS ALTERNATIVAS DE EXCAVACION  
SUBTERRANEA PARA LA CONSTRUCCION DE  
ESTACIONES EN LA AMPLIACION DE LA LINEA 3  
SUR DEL METRO DE LA CIUDAD DE MEXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A :  
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN, ESTADO DE MEXICO





Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"  
COORDINACIÓN DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA

CI/127/1987.

SR. TOMAS DE LA CRUZ GARCIA  
Alumno de la carrera de Ingeniería  
Civil.  
P r e s e n t e.

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 29 de octubre de 1981, me complace notificarle que esta Coordinación tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis: "Selección de las Alternativas de - Excavación Subterránea para la Construcción de Estaciones en la Ampliación de la Línea 3 Sur del Metro de la Ciudad de México", el cual se desarrollará como sigue:

- I.- Introducción.
- II.- Análisis.
- III.- Generación de Alternativas.
- IV.- Valuación de Alternativas.
- V.- Selección, Especificaciones y Control.
- VI.- Conclusiones y Recomendaciones.

Asimismo fue designado como Asesor de Tesis el señor Ing. Fernando Favela Lozoya, profesor de esta Escuela.

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

Atentamente,  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
Acatlán, Edo. de Méx., a 30 de julio de 1987.

ING. HERMENEGILDO ARCOS SERRANO  
Coordinador del Programa de  
Ingeniería.

# I N D I C E

## CAPITULO

### I.- INTRODUCCION.

DESCRIPCION DEL TRABAJO 1

### II.- ANALISIS.

1 DATOS DE PROYECTO. 4  
2 INTRODUCCION DEL PROYECTO Y LA PLANEACION. 5  
3 OBJETIVOS Y CRITERIOS (SELECCION). 8  
4 ESPECIFICACIONES. 12

### III.- GENERACION DE ALTERNATIVAS.

A) DIFERENTES ALTERNATIVAS DE EXCAVACION. 124

1 METODO CONVENCIONAL. 124

2 EXCAVACION CON MAQUINA ROZADORA. 145

3 EXCAVACION CON TOPO MECANICO. (MOLE). 148

B) ALTERNATIVAS DE REZAGA 152

1 VIA. 152

2 BANDA. 154

3 OTROS. 155

IV.- VALUACION DE ALTERNATIVAS. 159

1 DETERMINACION DE COSTOS. 160

2 DETERMINACION DE INVERSION. 270

3 OTROS PARAMETRO IMPORTANTES. 271

V.- SELECCION Y CONTROL 274

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. 276

BIBLIOGRAFIA. 278

## CAPITULO I.

## INTRODUCCION.

Por la creciente demanda de transportación masiva en el Area Metropolitana de la Ciudad de México y sin perder la inercia del proyecto de sus primeras dos etapas, se requiere de la ubicación de nuevas líneas del Sistema de Transporte Colectivo "Metro", para aumentar las condiciones de servicio y eficiencia operacional minimizando las inversiones.

Los estudios de planeación seleccionan la alternativa de ampliaciones, constituida por las líneas que a continuación se describen:

Línea 1.-Ampliación Oriente.- Partiendo del punto en donde se encuentra la zona de maniobras de Zaragoza al sur-este de la línea 1, terminando en Pantitlán. El trazo se localiza por: Calz. Ingancio Zaragoza hasta el cruce con Av. Río Churubusco, toma esta última avenida en dirección norte hasta el inicio de la Calle Adolfo López Mateos continuando por esta calle.

Línea 2.- Ampliación Poniente.- Descrita de oriente a poniente, su trazo es el siguiente: Se inicia en el muro tapón de la zona de maniobras de Tacuba y termina en los terrenos de Transmisiones Militares. El trazo se localiza por: Calz. México Tacuba, Calz. San Bartolo -- Naucalpan, cruza la avenida Ingenieros Militares, continúa por Bulevar Toluca y se interna en los terrenos de la Dirección General de Transmisiones de la Secretaría de la Defensa Nacional.

Línea 3.- Ampliación Sur.- Se inicia en el muro tapón de la zona de maniobras de la Estación Zapata y termina en la parte sureste de los terrenos de la Ciudad Universitaria. Su trazo es el siguiente: Avenida Universidad

hasta antes de Copilco, continúa en forma paralela a esta última calle por el estacionamiento de los condominios, cruza cerro del agua para tomar acacias y dalias - llegando a los terrenos de la Ciudad Universitaria.

Línea 7.- Descrita de norte a sur, principia en la Estación Tacuba y termina en el cruce de Ricardo Castro con Avenida Revolución. Su trazo va por las calles: Golfo de Adén, Loga Chiem, Lago Hielmar, Río San Joaquín, Lago - Omega, Arquimides, Calz. Chivatito, Calz. Molino del Rey, Avenida Parque Lira y Avenida Revolución.

#### L O N G I T U D .

Las longitudes totales de ampliación estimadas para las líneas descritas son:

Prolongación oriente de la línea 1	1,905 M
Prolongación poniente de la línea 2	3,374 M
Prolongación sur de la línea 3	6,633 M
Nueva línea 7	12,632 M

#### 1.- DESCRIPCION DEL TRABAJO.

El objetivo de ésta tesis es utilizar el método de decisión en la selección de un procedimiento de Construcción específico, discutiendo la importancia de la selección del criterio económico y las dificultades que implica la valuación de alternativas. Para desarrollar el trabajo tomaré la estación Miguel Angel de Quevedo de la ampliación de la línea 3 sur, debido a que de todas las estaciones en túnel, ésta presenta las características que requiero para llevar acabo mis objetivos.

En el Capítulo de análisis se presentan los datos de proyecto, in-

dicando la ubicación de la estación con respecto a toda la Línea, dimensiones y profundidad de las lumbreras, secciones de los túneles de andén, distribución, cambio de dirección, túneles de sub estación y accesos; en seguida se presentan los lineamientos a seguir para realizar los estudios de planeación de una estación de Metro y la parte última de este capítulo explica los pasos -- para determinar los objetivos y criterios de selección de -- las diferentes alternativas de excavación que estoy proponiendo. A continuación se presenta las especificaciones a seguir para la excavación, adorno y revestimiento definitivo de la estación.

En el capítulo III que trata de la generación de alternativas, se desarrollan las diferentes alternativas de excavación dentro de los cuales estoy proponiendo el Método Convencional para la excavación de túneles, la excavación con Máquina Rosadora y la excavación con Topo Mecánico ó (Mole) en inglés. En la segunda parte de este capítulo desarrollo las alternativas de rezaga por medio de vía, banda transportadora y otros métodos de rezaga.

En el capítulo de valuación de alternativas, como primer punto, obtengo los volúmenes de excavación, de concreto, de acero, así como los rendimientos de mano de obra y equipo para poder elaborar el programa de obra. En seguida realizó los costos horarios de los diferentes equipos de construcción y con esta información puedo elaborar los costos de la obra, para dos alternativas de -- construcción. En el punto dos, determinó la inversión para las dos alternativas de construcción que estoy proponiendo y analizó que es más conveniente, si rentar ó comprar el equipo. En el último punto de este capítulo expongo, otro tipo de parámetros que pueden influir en el costo y construcción de la obra.

En el capítulo V seleccionó la alternativa de excavación que más conviene para la construcción de la estación, teniendo en cuenta el criterio económico. También en este capítulo explicó la forma de poder llevar a cabo el control de la construcción de la obra.

Por último en el capítulo VI expongo mis conclusiones y recomendaciones que a mi forma de ver pueden servir para la construcción de estaciones del Metro a futuro.

C A P I T U L O   I I .

## ANALISIS.

## 1.- DATOS DE PROYECTO.

La estación Miguel Angel de Quevedo de la ampliación de línea 3 sur, del Metro de la ciudad de México, se encuentra ubicada en la intersección de la avenida Universidad y la avenida del mismo nombre de la estación, entre los cadenamientos 18+298 al 18+448 dirección norte - sur con respecto a toda la línea, cuenta para su construcción con dos -- lumbreras de 10.20m. de diámetro libre y una profundidad -- aproximada de 30 m. en ambos lados de la avenida Universidad, y consta de dos túneles de 8.64 m. de diámetro y una longitud de 150 m. cada uno para andenes, dos túneles de -- distribución para el pasaje de 6.35 m. de diámetro y una -- longitud total de 92 m., un túnel de unión, entre las lumbreras oriente y poniente que servirá para que los pasajeros realicen el cambio de dirección, dos contra-túneles -- uno en cada lumbrera de 15 m. de longitud, que funcionaran como vestíbulo de la estación, tres túneles para alojar dos subestaciones y un cuarto técnico, los cuales se iniciarán desde los túneles de andén con un diámetro de 6.35 m. y -- una longitud de 21 m. los de subestación y 10 m. el de cuarto técnico, así también cuenta con dos rampas para accesos a la estación, un del lado oriente y otra del lado poniente, ver figura II.1 y II.2.

Esta estructura estará alojada sobre un suelo limo arcilloso, con bajo contenido de agua y lentes de basalto relativamente grandes y lentes de arena muy pequeñas como se muestra en la figura II.2b

## 2.- PLANEACION DE LA ESTACION.

La planeación de una estación del metro, en este caso la estación Miguel Angel de Quevedo se lleva a cabo en báse a los siguientes Lineamientos.

- I.- Densidad de población de la zona de influencia.
- II.- Afectaciones.
- III.- Alimentación Perpendicular.
  - Captación Zonal
  - Captación Perpendicular
- IV.- Diversificación de Actividades.
- V.- Latitud de la Calle.
- VI.- Interestaciones.

I.- Para determinar la densidad de población de la estación - Miguel Angel de Quevedo se tomó un zona de influencia de 500 mts., de radio, ya que es una distancia comoda para - que una persona pueda llegar caminando a la estación.

Esta zona está muy densamente poblada, por la gran cantidad de condominios que ahí se construyeron.

II.- Al planear una estación del metro se deben de tener muy en cuenta el número de afectaciones, ya que de estas depende de que el costo se eleve o se minimice, así mismo se tienen que evitar a lo máximo las afectaciones a zonas de un estrato social bajo. En el caso de la estación Miguel Angel de Quevedo se afectó del lado oriente el predio de la RENAULT y una pequeña área del predio de AVON y del lado poniente se afectó una zona del estacionamiento del VIPS.

III.- Además de la captación de la estación debida a su zona de influencia, se debe de analizar también el número de - usuarios que llegan a ésta por medio de la transportación colectiva de superficie que alimentan la estación perpendicularmente. En este caso la estación será alimentada --

perpendicularmente por la Avenida Miguel Angel de Quevedo hacia el oriente y poniente. En base a estudios realizados se ha comprobado que la captación zonal anda entre un 15 y un 20 por ciento y la captación perpendicular anda entre un 80 y un 85 por ciento.

#### IV.- Diversificación de Actividades.

Para analizar este punto, se identifican a aquellos corredores cuya actividad económica, comercial y de servicios, coincida con el trazo de la línea, provocando un uso más racional de la misma a cualquier hora del día; - lo que no sucede cuando el trazo de las líneas se localizan sobre zonas esencialmente habitacionales, ésta localización da únicamente una captación pendular, o sea que el sistema se saturaría por las mañanas y tardes y estaría subutilizada el resto del día.

#### V.- Latitud de la Calle.

Este punto se refiere esencialmente a el ancho de la calle, ya que dependiendo de éste será el número de afectaciones. Una Calle de un ancho mayor será siempre preferible a una Calle angosta. Esto se debe a que los accesos de la estación podrían localizarse en las aceras de la calle, mientras que en una calle agosta se tendrían que hacer afectaciones para localizarlos.

#### VI.- Interestaciones.

Este punto es bien importante, debido a que el sistema de trenes sobre neumáticos fue previsto en su conjunto para con interestaciones entre 600 y 1200 mts., considerando-se como límite máximo recomendable de manera puntual. -- 1500 mts.

Los inconvenientes que se presentan en las interestaciones que rebasan los límites recomendados, si se opera a

las velocidades máximas previstas que requieren los inter  
valos mínimos son:

- 1.- Calentamiento adicional en los neumáticos, lo que por un lado desminuye su vida útil, y por otro aumenta la frecuencia de las ponchaduras.
- 2.- Calentamiento adicional de los motores, lo que acorta su vida útil.
- 3.- Mayor consumo de energía, para evitar la presencia de frecuencia de resonancia en el equipo rodante, lo que agrava aún más, los efectos mencionados en los puntos 1 y 2.
- 4.- En el caso de un incidente en el túnel, el tiempo requerido para proporcionar auxilio es mayor.

### 3.- OBJETIVOS Y CRITERIOS DE SELECCION.

El ingeniero que se ocupa del movimiento de tierras tiene que planear el equipo a utilizarse en el proceso. Esto lo hace seleccionado varios tipos de máquinas, en ciertas combinaciones que él sabe le producirán la obra de acuerdo con el diseño. - Se le presentan pues, varias alternativas, una de las cuales escogerá para realizar las obras. Esto constituye a la toma de una decisión. Una decisión es simplemente una selección entre dos o más cursos de acción. Podemos decir pues que la selección del equipo en movimiento de tierras es un caso de la toma de decisión.

#### OBJETIVOS.

Si queremos hacer la selección de una máquina entre varias -- que se presentan y que solucionarán el problema, tendremos en alguna forma que comparar las posibles soluciones. Se presenta el problema de como compararlas, en función de que, como valuarlas, El ingeniero deberá, consecuentemente, determinar un objetivo que le servirán para valuar dichas vías de acción o maquinarias alternativas.

La labor del ingeniero está orientada por la economía, es decir, tiene como objetivo fundamental adecuar el costo con la satisfacción de una necesidad. Aún cuando no es raro que en su labor el ingeniero se enfrente a problemas con objetivos - contradictorios, en el caso de la selección de equipo sus decisiones están orientadas por el criterio "económico".

La valuación de las alternativas será entonces una valuación de tipo económico, habrá que determinar el costo de las entradas a lo largo del tiempo y el beneficio que proporcionará la salida, también a lo largo del tiempo, para cada alternativa. De la comparación de estos costos beneficios saldrá una manera de comparar las alternativas en que se basará el ingeniero para formar su decisión. El ingeniero deberá, por lo tanto, tener un conocimiento profundo de los costos, y deberá poder de

finir los costos físicamente generado para el uso de su alternativa, así como los derivados al usar la solución propuesta por él.

La selección dependerá, pues, del criterio económico. La valuación de las alternativas podría tomar la forma de:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}} = \frac{\text{Ingreso}}{\text{Costo}}$$

También puede decirse que lo que busca el ingeniero es hacer máximas las utilidades.

#### PROCEDIMIENTO PARA TOMAR DECISIONES.

Definido el problema deberá hacerse un análisis del mismo, en esta fase se recaba toda la información que nos de un conocimiento profundo y completo del problema, con el objeto de poder definir y valuar el mismo, lo que traerá como consecuencia una selección más depurada de las distintas alternativas solución que se formulará en la siguiente etapa de la toma de decisión. Esta definición y valuación del problema se hará tomando en cuenta el objetivo.

En la siguiente fase se toman todas las alternativas posibles o cursos alternativos de acción.

En este caso es muy importante para escoger las alternativas posibles, la preparación técnica del ingeniero.

La tercera fase consiste en comparar estos posibles cursos de acción, en función del objetivo y al final de esta fase - podremos tomar ya una decisión que vaya guiada al propuesto.

Por último se considera una última fase de especificación, - en la cual se hace una descripción completa de la solución elegida y su funcionamiento.

## CERTEZA - RIESGO - INCERTIDUMBRE.

Se dice que una decisión se toma bajo certeza cuando el ingeniero conoce y considera todas las alternativas posibles y conoce todos los estados futuros de la situación consecuencia de tomar dichas alternativas, y a cada alternativa corresponde un solo estado futuro.

Se dice que una decisión se toma bajo riesgo si a cada una de las alternativas corresponden diversos estados futuros, pero el ingeniero conoce la probabilidad de que se presente cada uno de ellos.

Se dice que la decisión se toma bajo incertidumbre si el ingeniero no conoce las características probabilísticas de las variables.

## PROCESO - SISTEMAS.

Al analizar el proceso constructivo y planearlo nos encontramos que en realidad estamos encontrando el grupo de decisiones que permitirán el logro de nuestros objetivos.

Para estudiar este proceso será indispensable analizar todas las variables o las más importantes que intervienen en él, - las relaciones entre ellas y como una variación en cada una de ellas influye en que el resultado final se acerque más o menos a nuestro objetivo. Esto en realidad equivale a considerar la totalidad de cursos alternativos de acción en función del objetivo.

Normalmente las variables tienen limitaciones. Podremos tener limitaciones en tiempo, en recursos, en sumas mensuales a gas tar, etc.

Muchas veces los cursos alternativos de acción son muy grandes en número, y por esto es conveniente para compararlos con facilidad, encontrar como cada valor de variable influye en

la salida del proceso.

#### RESTRICCIONES.

En la fase de análisis se fiján normalmente las restricciones o limitaciones. Estas pueden provenir de las especificaciones del diseñador, de limitaciones propias de la empresa, o restricciones externas.

Es muy conveniente que el ingeniero no se crée restricciones ficticias, que le limitará la aplicación.

#### SELECCION DE VARIABLES.

No es facil de encontrar todas las variables; por otro lado no todas influirán importantemente en el proceso, es -- pues conveniente definir las variables significativas, esto es las que modifiquen importantemente la salida valuada en función del objetivo. Las variables pueden ser:

- a) Controlables, aquellas que podremos variar a nuestro antojo.
- b) Las que no pueden ser controladas o manipuladas en el proceso, pero que influyen en la salida.

#### 4.- ESPECIFICACIONES.

Especificación general para la excavación y construcción de las lumbreras.

Con el fin de extraer la rezaga producto de la excavación y poder introducir el equipo necesario para construir el túnel que formará parte de la línea 3 sur, será necesario construir 2 lumbreras localizadas como se indica en la figura No. II 3.

Las dimensiones generales de las lumbreras y el proceso constructivo de la misma se indican a continuación:

##### I.- DIMENSIONES GENERALES DE LA LUMBRERA.

La lumbrera será de sección circular con un diámetro libre de -- 10.20m.; la sección excavada tendrá un diámetro aproximado de -- 11.00m y la estructura de retención estará constituida por marcos de acero con retaque de madera y/o concreto lanzando, los que funcionarán como ademe provisional; el definitivo será a base de concreto reforzado; la profundidad de excavación de estas lumbreras será de 28.60m.

Las dimensiones generales de la lumbrera se muestran en la figura No. II.4.

##### II.- ABATIMIENTO DEL NIVEL FREATICO.

Con el fin de controlar las filtraciones en el interior de la lumbrera durante el proceso de excavación, será necesario construir cárcamos de 0.30 X 0.30m., comunicados entre si por medio de zanjas, desde donde se extraerá el agua producto de las filtraciones por medio de un bombeo de achique.

Este procedimiento se seguirá en cada tramo de excavación.

Cuando el bombeo de achique resulte insuficiente para abatir el agua producto de las filtraciones, se utilizará bombeo en la forma como se indica a continuación:

Con el fin de evitar filtraciones de agua en el interior de la lumbrera durante el proceso de excavación, será necesario abatir el nivel freático mediante la instalación de pozos de bombeo, para lo cual se deberán seguir los siguientes lineamientos:

## 1) Profundidad de pozos de bombeo.

La profundidad a la que se perforan los pozos de bombeo será de 43.60 m.

## 2) Perforación de los pozos de bombeo.

Los pozos tendrán un diámetro de 22" y se perforan con broca tricónica o broca de dientes. Con cualquiera de las dos herramientas que se use, se deberá utilizar en el lavado y limpieza de la perforación exclusivamente agua a presión; en ningún caso se empleará en la perforación herramienta que no utilice agua a presión en el lavado.

## 3) Limpieza de las perforaciones.

Para tener las perforaciones en estado de poder instalar el ademe, se la vará la perforación con agua a presión; se considera limpia esta, hasta que el agua retorne libre de partículas.

## 4) Ademe de los pozos de bombeo.

Antes de ademar la perforación, será necesario mantenerla llena de agua hasta rebosar, para evitar que sus paredes se cierren. Los ademes de los pozos de bombeo serán tubos de fierro de 12" de diámetro, lisos, de 0.00 m a 12.0 m y ranurados, de 12.00 a 37.00 m de profundidad. El ademe será a base de rejilla filmont.

## 5) Ranurado de los ademes.

Los ademes se deberán suministrar ranurados con el objeto de que el agua por bombear penetre libremente a su interior. Las ranuras serán del tipo de rejilla de 30 cm. de longitud y 3 mm. de ancho.

## 6) Filtro.

Entre las paredes del pozo y las del ademe, se colocará un filtro de arena comprendida entre la malla 4 y la malla 10, el cual debe quedar entre las curvas indicadas en la figura No. II.8.

El material empleado deberá contener partículas de todos los tamaños intermedio y deberá estar libre de finos con un porcentaje máximo del 5%.

## 7) Desarrollo del flujo hidráulico.

Con el fin de establecer el flujo hidráulico en el pozo y hacer con ellos más eficaz el bombeo, después de colocado el ademe y el filtro, se sifoneará el interior del ademe con el sistema de aire lift (doble tubería).

## 8) Bombas.

Las bombas que se emplearán serán del tipo sumergible KSB del diámetro necesario y con capacidad suficiente para abatir a 36 m. durante la operación, en base a electroniveles.

## 9) Operación de las bombas.

Las bombas se operan de tal forma que el bombeo mantenga la mayor continuidad posible durante el abatimiento, controlando con válvulas en la salida.

## 10) Control.

Para el control de abatimiento del nivel freático, se registrarán en cada turno, el gasto de extracción y el nivel dinámico en cada pozo, y con los datos registrados se elaboran graficas tiempo Vs. Gasto extraído y tiempo Vs. Nivel dinámico.

## 11) Tiempo de bombeo.

El inicio del bombeo será simultaneo a la excavación del núcleo de la lumbrera. La ubicación y número de pozos se encuentra indicado en la figura No. II.4 El bombeo se suspenderá cuando se cuele la losa de piso de la lumbrera. Este bombeo se usará cuando sea necesario.

## III. EXCAVACIÓN

La excavación para la construcción de las lumbreras se efectuará a cielo abierto, utilizando una estructura de contención, la cual se podrá formar con cualquiera de las tres alternativas propuestas a continuación.

- A. Anillos metálicos.
- B. Concreto lanzado.
- C. Mixta.

Cualquiera de las tres alternativas de ademado indicadas anteriormente se podrá utilizar; la selección de cualquiera de estas se hará en campo, basandose en la estabilidad de la excavación.

## III.1. Construcción del brocal.

Una vez que sobre el terreno, se haya definido el trazo de la lumbrera, se excavará a mano o con maquinaria hasta una profundidad de 2.50m y en un ancho de 2.0m, donde quedarán construidos los faldones del brocal, los cuales se colocarán por medio de una cimbra apoyada contra el terreno de la excavación.

La rama horizontal del brocal (alero), constituye una pequeña losa, la cual servirá para que la máquina de excavación pueda rodar libremente, sin peligro de que se produzca algún caído en la superficie de la lumbrera.

Este brocal se construirá únicamente en el perímetro exterior de la lumbrera. La sección del brocal se indica en las figuras -- II.5 y II.6.

Con el fin de poder extraer la roca que se localiza en esta zona será necesario emplear explosivos, los que se usarán antes de -- iniciar la excavación; el diagrama de barrenación para los explosivos se indican en las figuras II.9 y II.10 y en las tablas adjuntas se detalla el tipo y número de barrenos a usar.

**TABLA DE CARGA**

**DATOS:**

PRIMERA VOLADURA

AREA = 18m<sup>2</sup>.

AVANCE ESTIMADO POR VOLADURA = 2.10 m

VOLUMEN POR VOLADURA = 18 X 2.10 = 37.8 m<sup>3</sup>

EXPLOSIVO: GELAMEZ 2, 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.150 Kg.

TIPO DE BARRENOS	ESTOPIN No.	No. DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8"			CARGA TOTAL		FACTOR DE REDUCCION
			CON	SIN		KG	KG	
			RETAQUE	RETAQUE				
CUÑA	INST	1	1	8	9	1.35	1.35	1
CUÑA	MS 25	2	1	8	9	1.35	2.70	1
CUÑA	MS 50	2	1	8	9	1.35	2.70	1/2
CUÑA	MS 75	2	3	7	10	1.50	3.00	1/2
CUÑA	MS 100	2	3	7	10	1.50	3.00	1/3
ASYASENTE	MS 125	4	3	6	9	1.35	5.40	1/3
"	MS 150	4	3	6	9	1.35	5.40	1/3
"	MS 200	2	10	-	10	1.50	3.00	1/3
"	MS 175	2	10	-	10	1.50	3.00	1/3
"	MS 250	4	10	-	10	1.50	6.00	1/6
"	MS 300	4	10	-	10	1.50	6.00	1/6
PARED	AC 1	8	12	-	12	1.80	14.40	1/12
PARED	AC 2	4	4	-	12	0.50	2.40	1/12
TOTAL		41					58.35	
		4 VACIOS						
		COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{58.35}{37.80} = 1.54 \text{ kg/m}^3$						
		CARGA DIMENSIONANTE = 2.70 Kg (MS 125 Y MS 150)						

## TABLA DE CARGA

## DATOS:

## SEGUNDA VOLADURA

DIAMETRO = 11,0 m. AREA = 77m<sup>2</sup>

AVANCE ESTIMADO POR VOLADURA = 2.10 m.

VOLUMEN POR VOLADURA = 77 X 2.10 = 161.7m<sup>3</sup>

EXPLOSIVO: GELAMEX 2, 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.150 kg. y GELAMEX -  
2.7/8" (BARRENOS PERIMETRALES).

PESO POR CARTUCHO = 0.095 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	No. DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8" CON RETAQUE CART	CARGA SIN RETAQUE CART	CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION	
					KG	KG	
INTERIORES	INST	2	10	-	10	1.5 3.0	1
"	MS 25	4	10	-	10	1.5 6.0	1
"	MS 50	4	10	-	10	1.5 6.0	1/2
"	MS 75	4	10	-	10	1.5 6.0	1/2
"	MS 100	4	10	-	10	1.5 6.0	1/3
"	MS 125	4	10	-	10	1.5 6.0	1/3
"	MS 150	6	10	-	10	1.5 9.0	1/3
"	MS 175	4	10	-	10	1.5 6.0	1/3
"	MS 200	4	10	-	10	1.5 6.0	1/3
"	MS 250	4	10	-	10	1.5 6.0	1/6
"	MS 300	4	10	-	10	1.5 6.0	1/6
"	Ac 1	16	10	-	10	1.5 24.0	1/12
			GELAMEX 2, 7/8"				
PARED	Ac 2	14	1	8	9	0.85 11.90	1/12
"	Ac 3	14	1	8	9	0.85 11.90	1/12
"	Ac 4	14	1	8	9	0.85 11.90	1/12
"	Ac 5	14	1	8	9	0.85 11.90	1/12
TOTAL		116				137.00	
COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{137.00}{161.7} = 0.85 \text{ Kg/M}^3$							
CARGA DIMENSIONANTE = 3.00 Kg.							

### III.2 Excavación y colocación de los anillos metálicos.

Se iniciará la excavación de núcleo de la lumbrera hasta alcanzar un metro por debajo del nivel de desplante del brocal. Inmediatamente después de haber alcanzado este nivel se procederá a colocar tablones de madera de 2" de espesor y encima de estos, se colocarán tres segmentos de viguetas I-6" las cuales se acunarán y soldarán de acuerdo a lo indicado en los planos estructurales. Una vez fijado el primer anillo, se continuará colocando los tablones y los anillos siguientes, de la misma forma como se coloca el primero.

En caso de que se presente algún problema con la colocación de los anillos, estos se anclarán al terreno por medio de varillas de 5/8", soldándolas a la parte inferior del patin del anillo.

El número de varillas de fijaciones será de 8 y se colocarán viguetas I-4" soldadas en el alma de las viguetas I-6" separadas 3.00m entre sí alrededor de todo el anillo, las cuales funcionarán como sujetadores.

### III.2 Excavación y colocación del concreto lanzado.

Los tramos de excavación para esta zona serán de 2.0m de profundidad, ademandando inmediatamente con concreto lanzado en combinación con una malla electroforjada del tipo 6X6 - 6/16. El espesor del concreto lanzado será de 15.00 cm.

Las características y propiedades del concreto lanzado se indican en especificación independiente.

Este procedimiento se suspenderá hasta alcanzar la profundidad de 29.20m, en donde se procederá de inmediato al colado de la plantilla de 0.20m y una vez que esta haya fraguado, se colará una losa de 1.00m de espesor.

En caso de que se haya utilizado el bombeo, este se suspenderá cuando se haya colado la plantilla.

Una vez colada la losa de piso de la lumbrera, se iniciará la colocación del ademe definitivo, el cual consistirá en recubrimiento de concreto armado y colado con cimbra convencional o con cimbra deslizante.

NOTA 1. En el caso de que se utilicen viguetas I-6" como primer ademe, estas se colocarán de acuerdo con lo que a continuación se indica:

P R O F U N D I D A D		SEPARACIÓN SOBRE UNO Y -- OTRO ANILLO.
de 0.00	a 5.00	1.00m
de 5.00	a 10.00	0.70m

de 10.00 a 28.00 0.40m.

NOTA 2. Cuando se observen signos de inestabilidad en las paredes de la lumbrera a medida que avance la excavación, deberán colocarse anillos metálicos constituidos por viguetas I-6" separadas, como se indica en la tabla anterior, de acuerdo con los detalles que se indican en esta misma especificación.

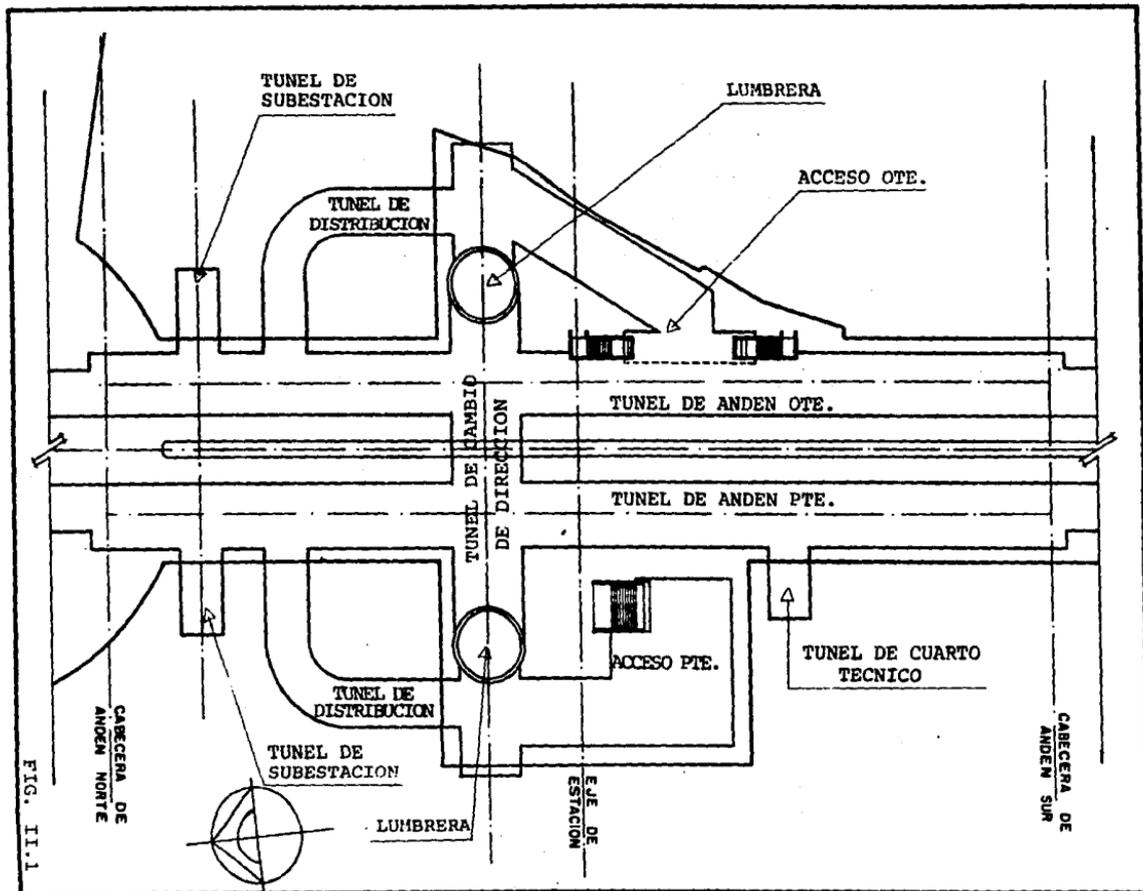
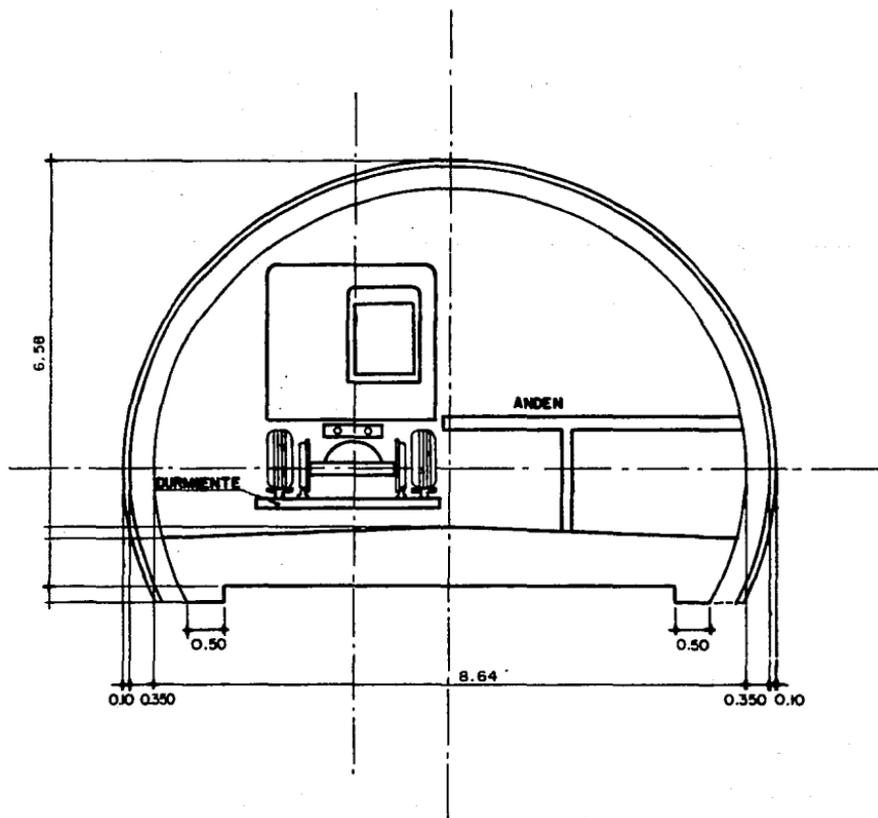


FIG. II.1



**SECCION TUNEL DE ANDEN  
ESTACION M.A. DE QUEVEDO**

ESCALA 1:75

UNAM - ENEP ACATLAN

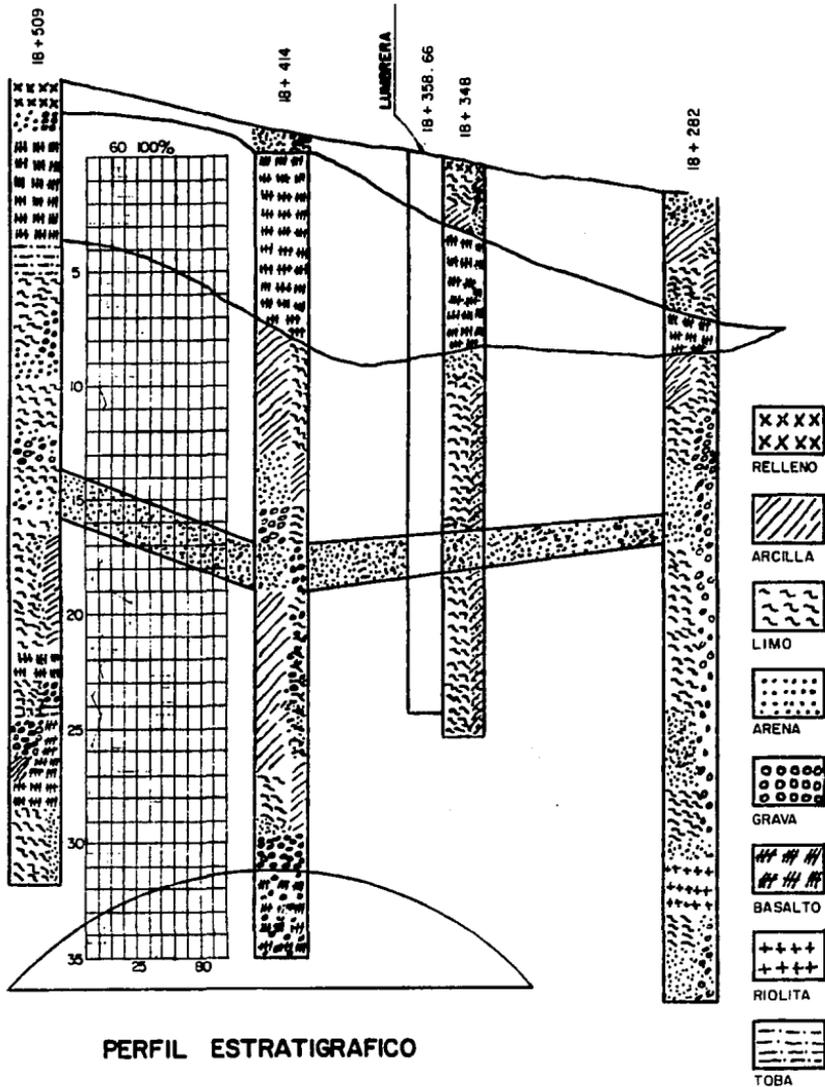
TESIS PROFESIONAL

INGENIERIA CIVIL

TONAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987

FIG. II. 2



UNAM - ENEP ACATLAN

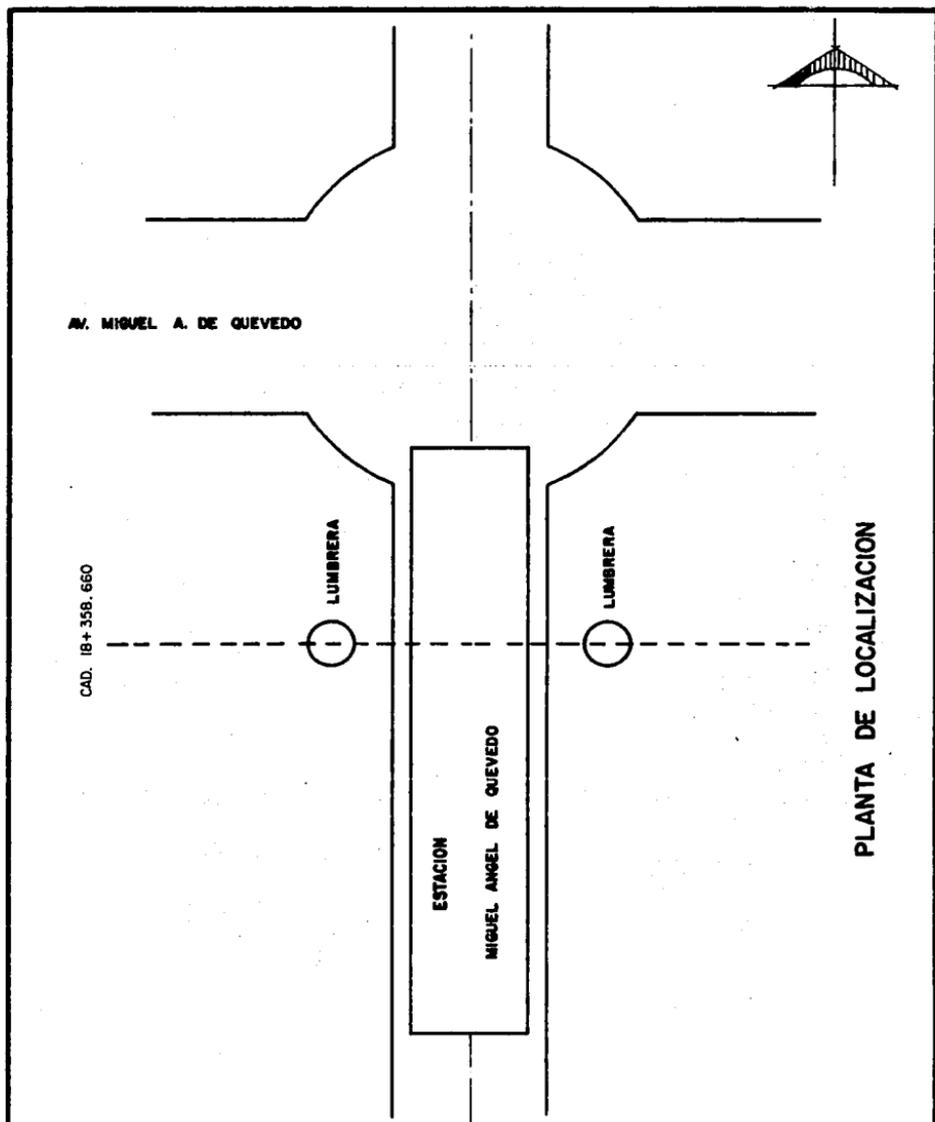
TESIS PROFESIONAL

INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

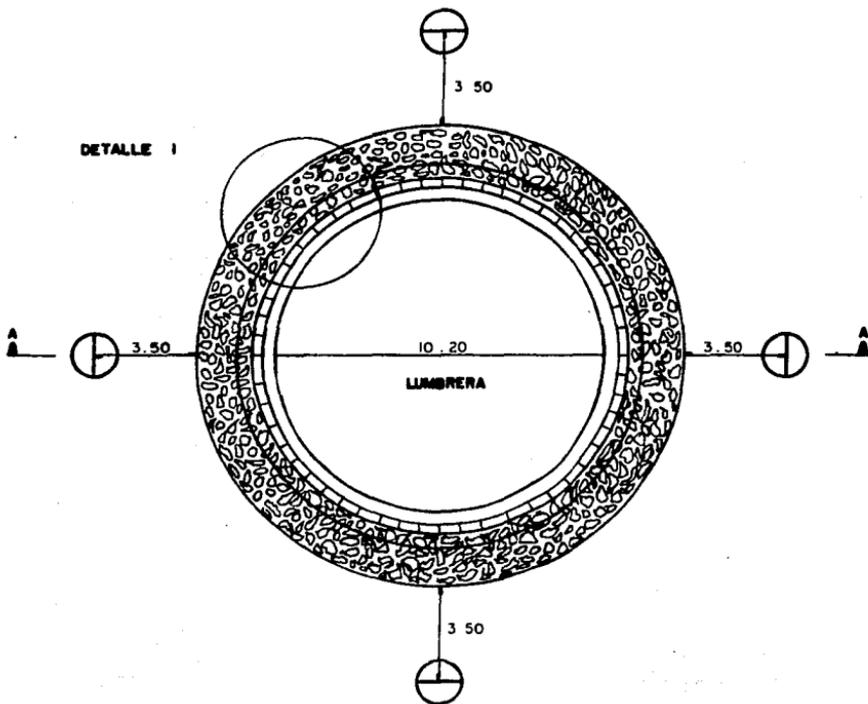
ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987

FIG. II.2b



PLANTA DE LOCALIZACION

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. II.3



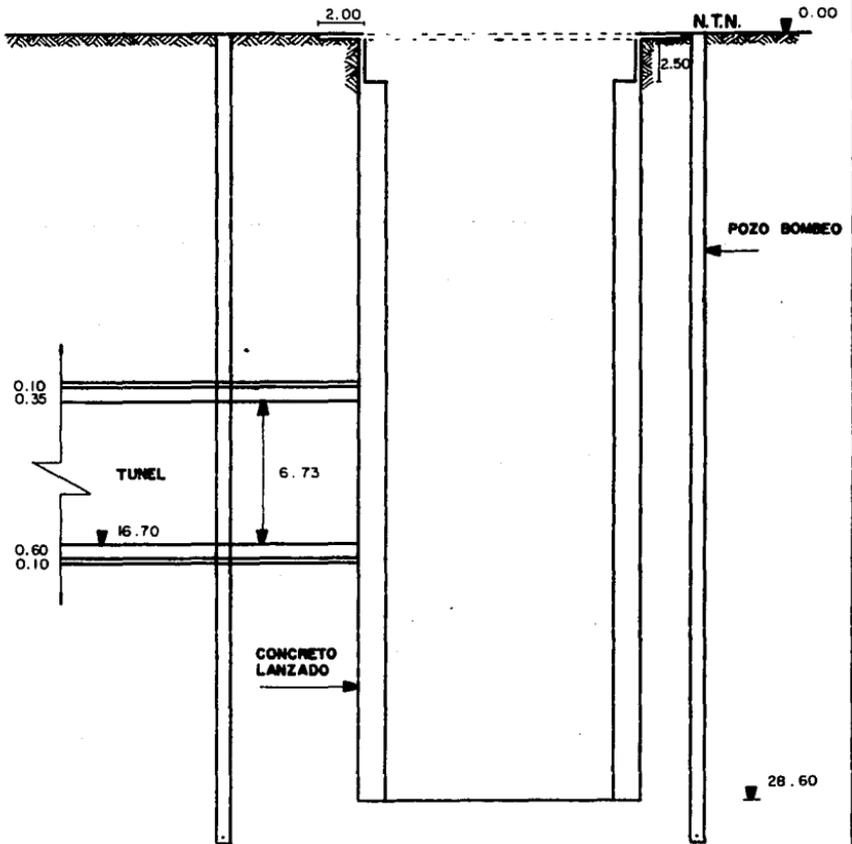
ACOTACIONES EN METROS

⊕ POZO DE BOMBEO

**LUMBRERA  
DIMENSIONES GENERALES**

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II.4

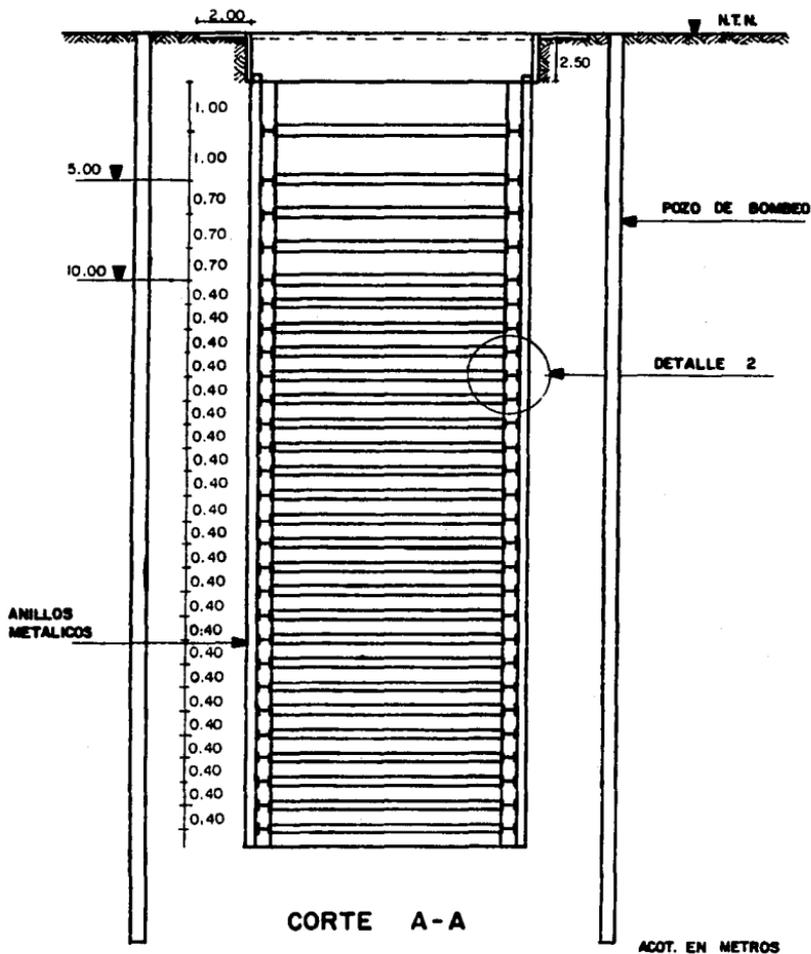
## DIMENSIONES DEL BROCAL



**CORTE A-A**

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II.5

## ADEME CON ANILLOS METALICOS



UNAM - ENEP ACATLAN

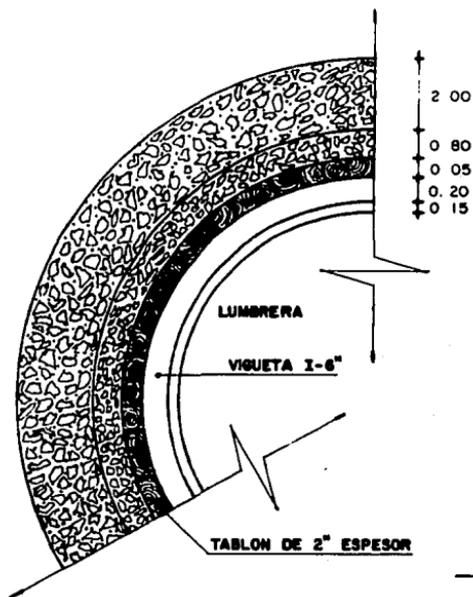
TESIS PROFESIONAL

INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987

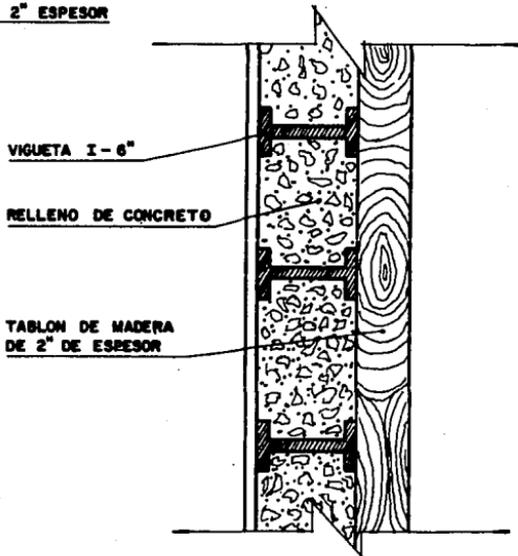
FIG. II.6



2 00  
 0 80  
 0 05  
 0 20  
 0 15

**DETALLE I**

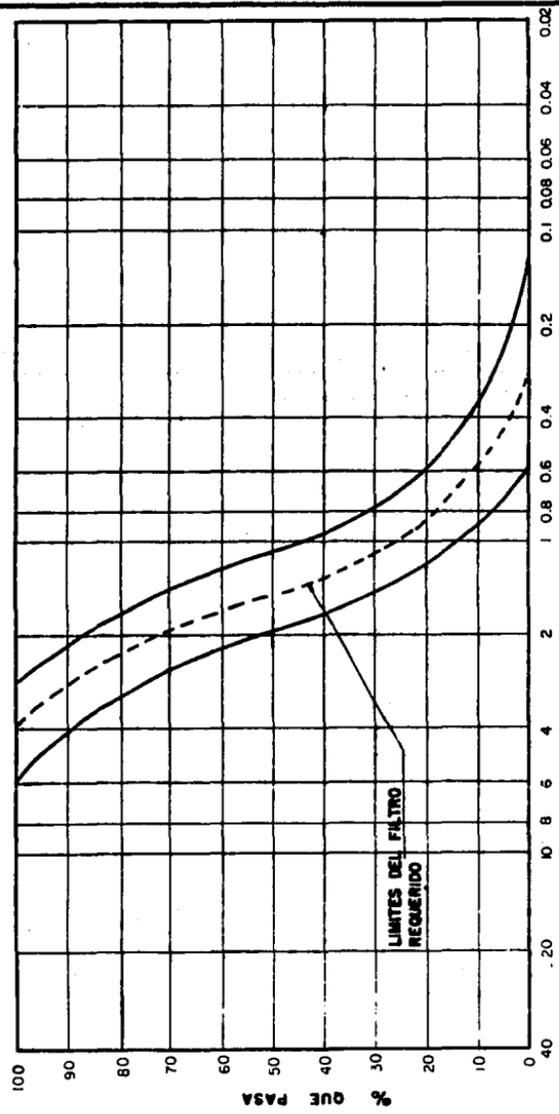
**DETALLE 2**



VIGUETA 1-6"  
 RELLENO DE CONCRETO  
 TABLON DE MADERA  
 DE 2" DE ESPESOR

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN FTO. DE MEXICO 1987	FIG. II. 7

**CURVA GRANULOMETRICA PARA FILTROS  
EN POZOS DE BOMBEO**

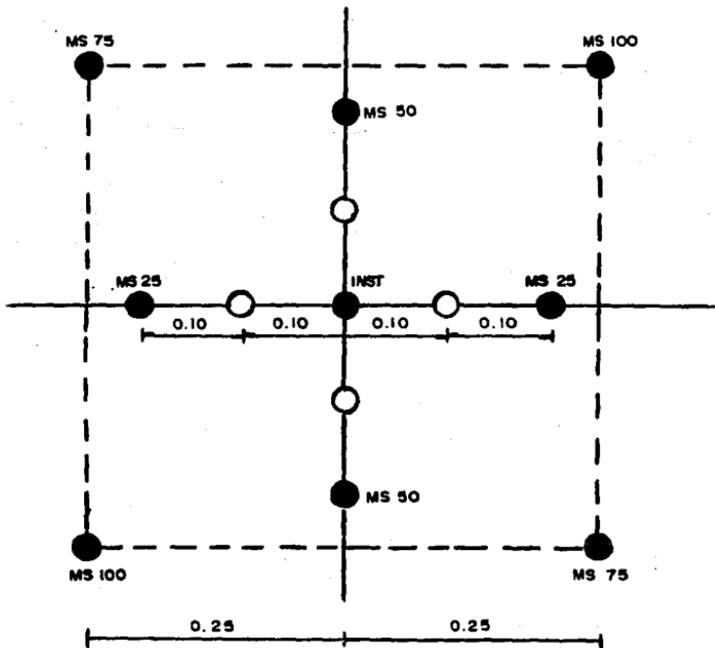


**DIAMETRO DE LAS PARTICULAS EN MILIMETROS**

UNAM - FNEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. II.8



# DETALLE DE CUÑA GRONLUND



○ VACIO  
● CARGADO

ACOTACIONES EN METROS  
ESCALA 1:5

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II.10

Especificaciones del procedimiento constructivo para la excavación y construcción del túnel de unión entre la lumbrera poniente y el túnel de la estación.

La comunicación entre la lumbrera poniente y la estación M. A. Quevedo está concebida mediante la construcción de una sección en túnel, cuyas características geométricas se indican en forma aproximada en la figura N° II.11.

Sobre el túnel de comunicación se localiza un cárcamo de bombeo, por lo que deberá realizarse una excavación adicional para alojar dicha estructura.

### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

La excavación para el túnel de unión, se iniciará en la lumbrera que se encuentra ubicada en el lado poniente de la estación, según se muestra en la figura No. II.12.

El ataque del túnel se hará en tres secciones, según se ilustra en la figura No. II.13.

La excavación del túnel tendrá un soporte o ademe provisional a base de concreto lanzado reforzado con malla electrosoldada, posteriormente se procederá a colocar el ademe definitivo, el cual estará constituido por un muro de concreto lanzado reforzado con acero.

La secuencia de excavación y colocación de la estructura de soporte provisional se hará de acuerdo a los lineamientos que se exponen a continuación.

### I. CICLO DE TRABAJO.

Después de construido el revestimiento definitivo de la lumbrera se procederá a descubrir en el interior de la misma el área correspondiente a la sección del túnel y una vez descubierta dicha área, se deberá colocar un emportalamiento, y una vez colocado éste se construirá una trabe de borde de concreto lanzado y reforzado con acero y en todo el perímetro del túnel.

Por necesidades de procedimiento constructivo la sección del túnel que se descubrirá en el revestimiento definitivo de la lumbrera para iniciar la excavación del túnel, será de sección menor que la definitiva, aproximadamente de 9.14 mts. de diámetro, como se ilustra en la figura II.14.

Especificaciones del procedimiento constructivo para la excavación y construcción del túnel de unión entre la lumbrera poniente y el túnel de la estación.

La comunicación entre la lumbrera poniente y la estación M. A. Quevedo está concebida mediante la construcción de una sección en túnel, cuyas características geométricas se indican en forma aproximada en la figura N° II.11.

Sobre el túnel de comunicación se localiza un cárcamo de bombeo, por lo que deberá realizarse una excavación adicional para alojar dicha estructura.

#### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

La excavación para el túnel de unión, se iniciará en la lumbrera que se encuentra ubicada en el lado poniente de la estación, según se muestra en la figura No. II.12.

El ataque del túnel se hará en tres secciones, según se ilustra en la figura No. II.13.

La excavación del túnel tendrá un soporte o ademe provisional a base de concreto lanzado reforzado con malla electrosoldada, posteriormente se procederá a colocar el ademe definitivo, el cual estará constituido por un muro de concreto lanzado reforzado con acero.

La secuencia de excavación y colocación de la estructura de soporte provisional se hará de acuerdo a los lineamientos que se exponen a continuación.

#### I. CICLO DE TRABAJO.

Después de construido el revestimiento definitivo de la lumbrera se procederá a descubrir en el interior de la misma el área correspondiente a la sección del túnel y una vez descubierta dicha área, se deberá colocar un emportalamiento, y una vez colocado éste se construirá una trabe de borde de concreto lanzado y reforzado con acero y en todo el perímetro del túnel.

Por necesidades de procedimiento constructivo la sección del túnel que se descubrirá en el revestimiento definitivo de la lumbrera para iniciar la excavación del túnel, será de sección menor que la definitiva, aproximadamente de 9.14 mts. de diámetro, como se ilustra en la figura II.14.

Especificaciones del procedimiento constructivo para la excavación y construcción del túnel de unión entre la lumbrera poniente y el túnel de la estación.

La comunicación entre la lumbrera poniente y la estación M. A. Quevedo está concebida mediante la construcción de una sección en túnel, cuyas características geométricas se indican en forma aproximada en la figura N° II.11.

Sobre el túnel de comunicación se localiza un cárcamo de bombeo, por lo que deberá realizarse una excavación adicional para alojar dicha estructura.

#### PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

La excavación para el túnel de unión, se iniciará en la lumbrera que se encuentra ubicada en el lado poniente de la estación, según se muestra en la figura No. II.12.

El ataque del túnel se hará en tres secciones, según se ilustra en la figura No. II.13.

La excavación del túnel tendrá un soporte o ademe provisional a base de concreto lanzado reforzado con malla electrosoldada, posteriormente se procederá a colocar el ademe definitivo, el cual estará constituido por un muro de concreto lanzado reforzado con acero.

La secuencia de excavación y colocación de la estructura de soporte provisional se hará de acuerdo a los lineamientos que se exponen a continuación.

#### I. CICLO DE TRABAJO.

Después de construido el revestimiento definitivo de la lumbrera se procederá a descubrir en el interior de la misma el área correspondiente a la sección del túnel y una vez descubierta dicha área, se deberá colocar un emportalamiento, y una vez colocado éste se construirá una trabe de borde de concreto lanzado y reforzado con acero y en todo el perímetro del túnel.

Por necesidades de procedimiento constructivo la sección del túnel que se descubrirá en el revestimiento definitivo de la lumbrera para iniciar la excavación del túnel, será de sección menor que la definitiva, aproximadamente de 9.14 mts. de diámetro, como se ilustra en la figura II.14.

Teniendo descubierta en la lumbrera la sección del túnel se iniciará el ciclo de trabajo, el cual comprende las actividades -- enumeradas a continuación.

1. Excavación de la sección del túnel.
2. Extracción de la Rezaga.
3. Colocación del concreto lanzado.
4. Colocación de anclas.
5. Colocación del revestimiento definitivo.

1. Excavación de la sección del túnel.

La excavación se iniciará en la parte superior de la sección -- del túnel desde la entrada sobre la lumbrera poniente hasta la intersección con la lumbrera oriente y en tramos de 3.0 mts. de longitud, según se indica en la figura No. II.13.

El talud del frente de la excavación será vertical y la longitud de ataque podrá incrementarse, basándose en la estabilidad del terreno.

Descubierto cada tramo de 3.0 mts. de longitud se deberá de colocar inmediatamente el ademe provisional de concreto lanzado y posteriormente el revestimiento definitivo.

Durante la excavación de cada tramo del tercio de sección, se deberá sobre excavar una muesca en la parte inferior de la sección sobre la cual se apoyará el muro del revestimiento definitivo, como se muestra en la figura II.15.

Cuando se haya terminado de excavar y colocar el ademe provisional y el recubrimiento definitivo de el tercio superior, se continuará con el tercio intermedio y en la misma forma como se indicó para el tercio superior el cual una vez terminado se podrá continuar con el tercio inferior y en la misma forma que los anteriores, con la única diferencia que en la parte inferior de éste no se construirá ninguna muesca, ya que el muro del recubrimiento definitivo se apoyará directamente sobre el piso de la sección del túnel.

En vista de que el arranque de la excavación del túnel se hará a partir de una sección menor que la del proyecto definitivo, -- será necesario hacer una zona de cambio en una longitud de 1.0m hasta lograr excavar la sección definitiva que será de aproximadamente 11.40 mts. de gálibo horizontal exterior, según se indica en la figura No. 14.

## 2.- Rezaga del material producto de la excavación.

Conforme se vaya atacando el frente de la excavación, el material de rezaga se irá depositando en camiones, ya sea directamente a través de un cargador frontal o mediante tolva, los que transportarán el material hasta el frente de la lumbrera donde se procederá a vaciarlo en las tolvas receptoras.

## 3.- Colocación del concreto lanzado.

Esta actividad consiste en colocar el concreto en las paredes de la excavación mediante máquinas "Lanzadoras" las cuales lo aplican utilizando aire comprimido inyectado a la máquina y a través de una manguera se inyecta el agua para formar la mezcla, a la cual se le agregan aditivos acelerantes de fraguado.

Previo a la colocación de la primera capa de concreto lanzado, se deberá de colocar un emboquillado con manguera de P.V.C. de 2" diámetro en los sitios de colocación de las anclas de soporte, cuya longitud deberá ser tal que permita librar el espesor total del recubrimiento definitivo.

Estas mangueras deberán taparse para evitar la entrada del concreto en ellas.

Las anclas se colocarán una vez colocado el espesor total del recubrimiento provisional.

Conforme se vayan descubriendo tramos de 3.00 m. de longitud - en cada una de las secciones de ataque se deberá ir colocando una malla electrosoldada del tipo 6X6-6/6 e inmediatamente después lanzar una primera capa de concreto de 5.0cm. de espesor.

Cuando la capa de concreto lanzado haya fraguado, inmediatamente se deberá colocar una segunda capa de 10 cm. de espesor, quedando así constituido el recubrimiento provisional de 15cm. de espesor.

## 4.- Colocación de las anclas de soporte.

Este sistema adicional de soporte está constituido por anclas de acero en la forma que se describe a continuación.

I .- Se realizarán en una misma sección doce perforaciones de 2" de diámetro sobre las paredes del túnel en los sitios de preparaciones indicadas anteriormente y con la distribución que se indica en la figura No. II.15. La profundidad de las perforaciones será de 6.00 mts.

II.- Una vez realizada la perforación se colocará una ancla en cada una de ellas, la cual estará constituida por una varilla de 1" de diámetro ( $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ ).

Posteriormente se procederá a inyectar ésta zona con mezcla de agua-cemento en una proporción de dos partes de cemento por una de agua.

III.- Cuando la ancla haya quedado fijada al terreno, se colocará una placa metálica en la punta de las varillas para posteriormente fijarlas a esta por medio de una tuerca o soldadura, como se indica en la figura No. II.15.

Estas anclas se colocarán en secciones separadas a cada dos metros, salvo cuando las características del material requieren otra separación.

IV.- Una vez colocadas las anclas en los sitios indicados se estará en posibilidad de iniciar el colado del revestimiento definitivo.

5.- Colocación del recubrimiento definitivo.

Una vez recubiertas las paredes del túnel mediante concreto lanzado y colocadas las anclas de soporte se iniciará el armado y colado del revestimiento definitivo.

El colado del revestimiento definitivo se realizará mediante concreto lanzado o con cimbra convencional.

El colado de la losa de piso se realizará hasta el último, de tal forma que no se tenga interferencia con el sistema de transporte de la reza.

#### ZONA DE CARCAMO.

Entre las secciones de los túneles de metro y sobre el túnel de comunicación descrito en la presente especificación, se localiza un cárcamo de bombeo, el cual se excavará y construirá de acuerdo a la descripción siguiente:

Construido el túnel de comunicación en toda su longitud de desarrollo, se iniciará la excavación y construcción del cárcamo de bombeo el cual deberá atacarse en tramos de 3 mts. de longitud y hasta su nivel de profundidad, colándose inmediatamente el revestimiento provisional constituido por una capa de concreto lanzado reforzado con malla electrosoldada y anclas de acero, lo cual se realizará en la misma forma como se indicó para las paredes de la sección del túnel.

Colocando el revestimiento provisional se continuará la excavación del siguiente tramo debiéndose repetir los eventos mencionados en párrafos anteriores hasta descubrir en su totalidad la zona para alojar la estructura del cárcamo.

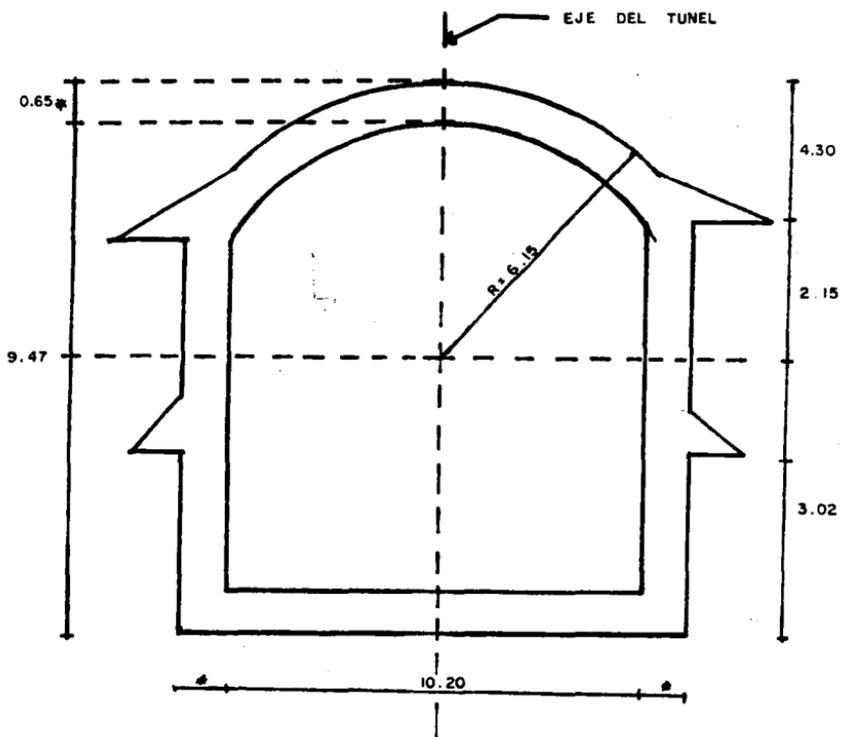
Realizada la excavación inmediatamente se deberá de colar una plantilla de concreto simple de 10 cm. de espesor provista de acelerante de fraguado; dos horas despues de colada esta se deberá armar y colar la losa de fondo de dicho cárcamo en lo cual se deberán de dejar las preparaciones necesarias para ligarse con los muros estructurales.

La losa de fondo se colará en un tiempo máximo de 18 hrs., con sideradas a partir de la terminación del colado de la plantilla. Veinticuatro horas despues de colada la losa de fondo se deberán de armar y colar los muros estructurales, en los cuales se deberán de dejar las preparaciones necesarias para unirse con el armado de la losa superior de dicho cárcamo.

Alcanzada la resistencia de proyecto de los muros estructurales se procedera a colar la losa superior del cárcamo, debiendo unir con la losa de piso del túnel de comunicación.

#### NOTAS:

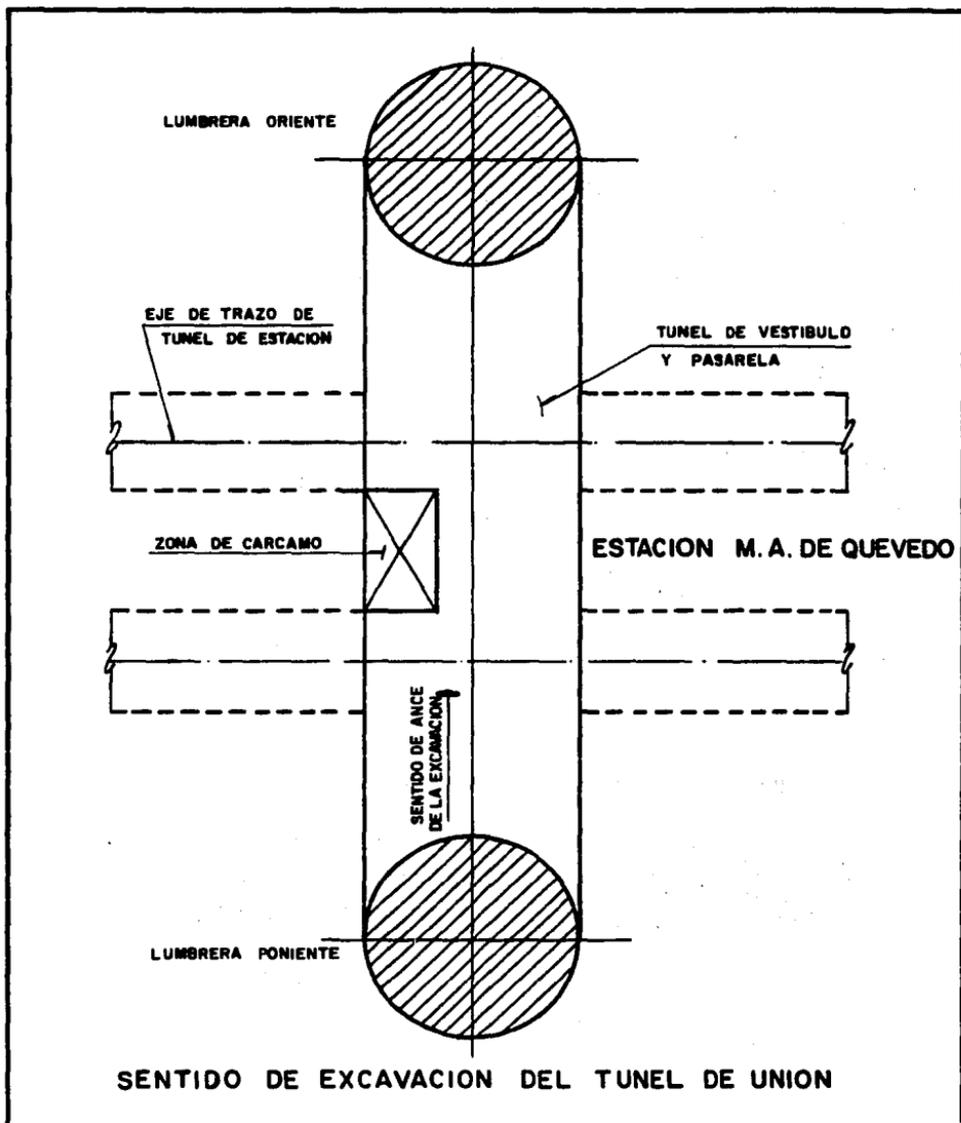
- 1.- Si durante la excvación del frente del túnel se observan - filtraciones de agua, producto del nivel freático y si las mediciones piezometricas indican presiones hiraúlicas que disminuyan la seguridad de la estabilidad, será necesario - para la excavación del frente colocar concreto lanzado y - proceder de inmediato a la construcción de los pozos de bombeo.
- 2.- Se podra iniciar la excavación del túnel, sin haber colado la trabe de borde, pero esta excavación del frente, no deberá tener una longitud mayor de 10.0m., sin haber colado dicha trabe.
- 3.- Dentro del ciclo de trabajo, las actividades de excavación de la sección, extracción de la rezaga, colocación de concreto lanzado, colocación de anclas y colado del revestimiento definitivo, son validos también para los túneles de andén, distribución, subestación y/o cuarto técnico, así como para los túneles inclinados de los accesos; varian do unicamente la longitud de avance, tipo de banqueo y distribución de anclas.



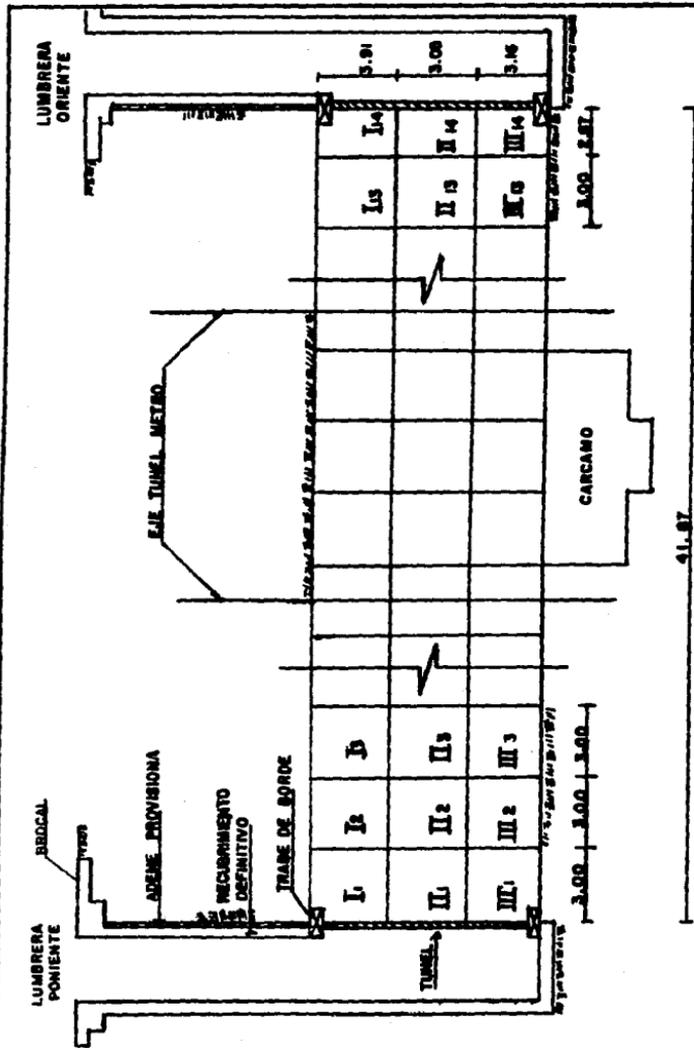
ACOT. EN MTS.

SECCION DEL TUNEL DE COMUNICACION EN LA LUMBRERA PONIENTE  
CON EL TUNEL DEL METRO EN ESTACION MIGUEL ANGEL DE QUEVEDO

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II.11

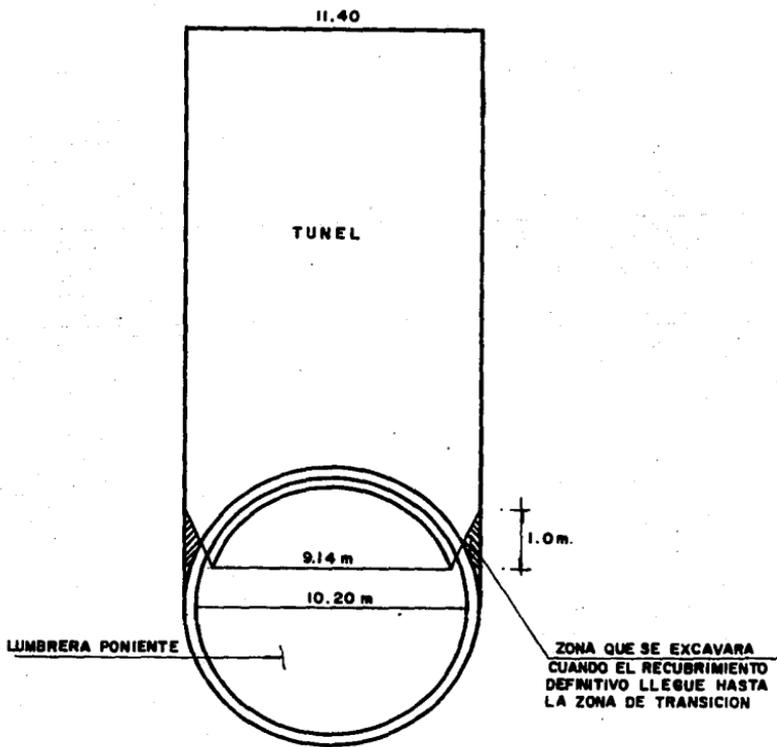


UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II.12



SECUENCIA DE EXCAVACION EN EL TUNEL

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TONAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. II.13



**TRANSICION ENTRE EL DIAMETRO DE LA LUMBRERA Y EL TUNEL DE UNION**

UNAM - ENEP ACATLAN

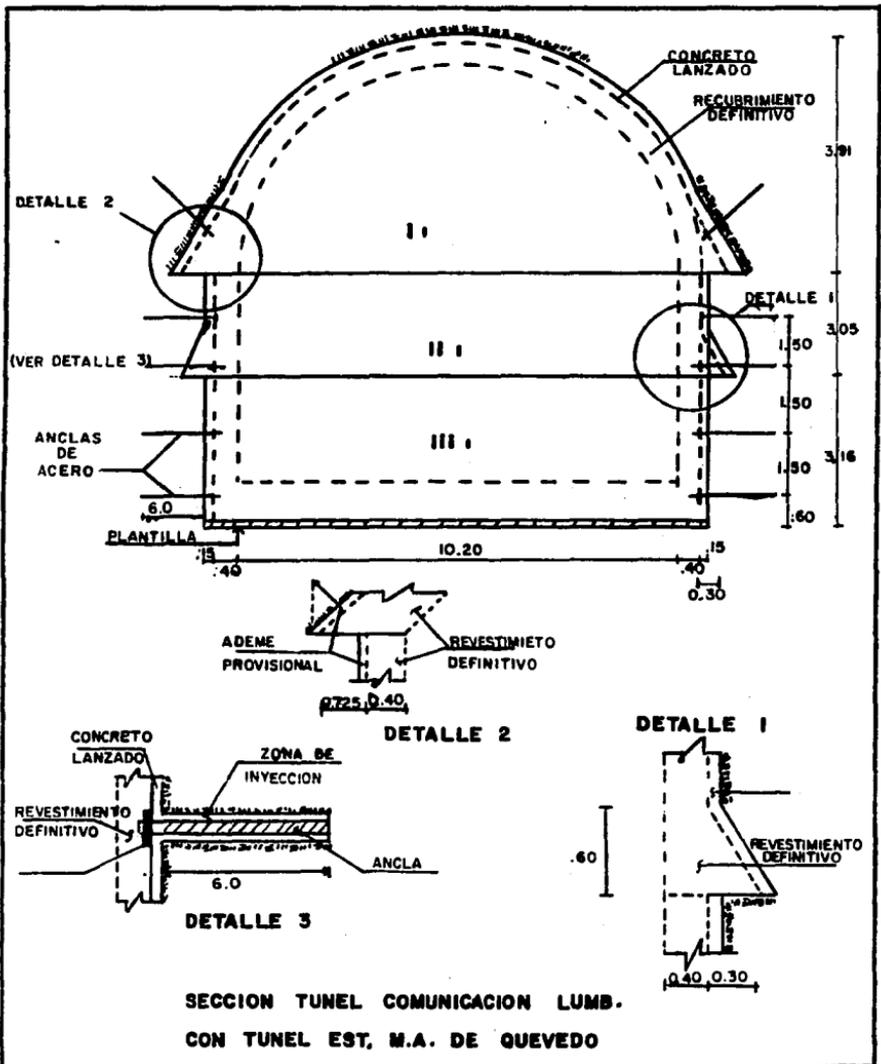
TESIS PROFESIONAL

INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.

FIG. II.14



UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. II.15

Procedimiento constructivo para la excavación y construcción de los túneles de andén.

El andén de la estación M.A. de Quevedo, está concebido en dos túneles gemelos cuya sección transversal se indica en forma aproximada en la figura No. II.16. La excavación de los túneles dará comienzo en el interior del túnel de unión.

#### CICLO DE TRABAJO.

Se procederá a descubrir dentro del revestimiento del túnel de unión el área correspondiente a la sección del túnel; una vez descubierta ésta área se procederá a colocar un emportalamiento y una vez colocado el emportalamiento se construirá una trabe de borde en todo el perímetro del túnel.

Teniendo descubierta la sección del túnel se iniciará el ciclo de trabajo, el cual comprende las actividades enumeradas a continuación.

- 1.- Excavación de la sección.
- 2.- Extracción de la rezaga.
- 3.- Colocación del concreto lanzado.
- 4.- Colocación de anclas.
- 5.- Colocación del revestimiento definitivo.

La descripción del ciclo de trabajo mencionado se expone a continuación.

- 1.- Excavación de la sección.

La excavación se iniciará en la mitad superior del frente de ataque, siguiendo la secuencia indicada en la figura No. II.17 este ataque irá formado un banqueo cuya longitud máxima de avance será de 2.0m.; y dependiendo de las condiciones de estabilidad del terreno; la excavación del frente de ataque será vertical.

- 2.- Rezaga del material producto de la excavación.

Esta actividad se hará conforme a los lineamientos indicados anteriormente.

- 3.- Colocación del concreto lanzado.

Conforme se vayan descubriendo tramos de 2.0., de longitud, en cada una de las secciones de ataque, se ira colocando una primera capa de concreto de 5 cm., de espesor. Posteriormente, despues de lanzar una segunda y ultima capa de concreto lanzado de 10 cm., de espesor.

Si no se requieren marcos metálicos, el espesor del recubrimiento del concreto lanzado mencionado anteriormente, será de 15 cm.

#### 4.- Concreto lanzado con anclas de soporte.

Durante la excavación del túnel habrá zonas donde la estabilidad de las paredes requerirá la colocación de anclas en la forma como se describió en la especificación del túnel de unión, realizando en una misma sección siete perforaciones de 2" de diámetro, con la distribución que se indica en la figura. II.19, y a una profundidad de 3.50 m. Hecho lo anterior se procederá con el colocado de las varillas, inyección de la lechada y sujeción de las varillas, con forme a lo indicado anteriormente.

Estas anclas se colocarán en secciones separadas a cada dos metros, salvo cuando las características del material requieren otra separación.

#### 5.- Colocación del recubrimiento definitivo

Una vez recubiertas las paredes del túnel mediante concreto lanzado, se iniciará el colado en forma convencional, de la guarnición del túnel. Habiendo colado las guarniciones, se procederá a colar el resto del área, lo cual se hará los fines de semana o hasta el final.

Se recomienda que el recubrimiento definitivo del túnel se lleve 2.00 m., atrás del frente de ataque, ésta condición no es limitante.

El colado de la losa de piso se realizará al último, de tal manera que no se tenga interferencia con el sistema de transporte de la rezaqa.

#### NOTAS IMPORTANTES.

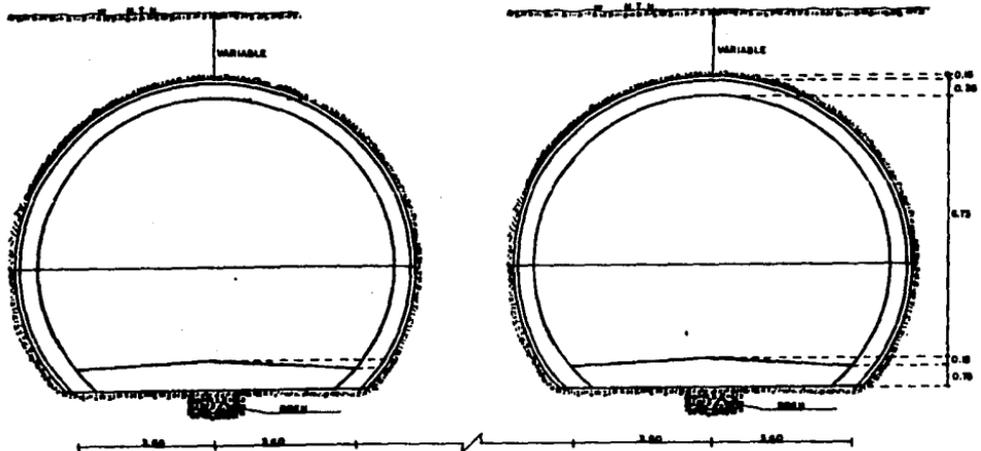
1.- Concreto lanzado con malla de acero, el primer sistema de refuerzo consistirá en adicionarle al concreto lanzado un refuerzo de malla de acero de 6X6 6/6; debiendo de proporcionarsele un recubrimiento de 10 cm.

2.- Las varillas para las anclas que tomarán el coceo de los marcos tendrán un diámetro de 2".

3.- Los barrenos de las anclas que tomarán el coceo de los marcos tendrán un diámetro de 2 1/4"; una estructura que también podrá usarse para el coceo, será la formada por tornapuntas.

4.- Se podrá iniciar la excavación del túnel, sin haber colocado la trabe de borde, pero ésta excavación del frente, no deberá tener una longitud mayor de 30 m., sin haber colado dicha trabe.

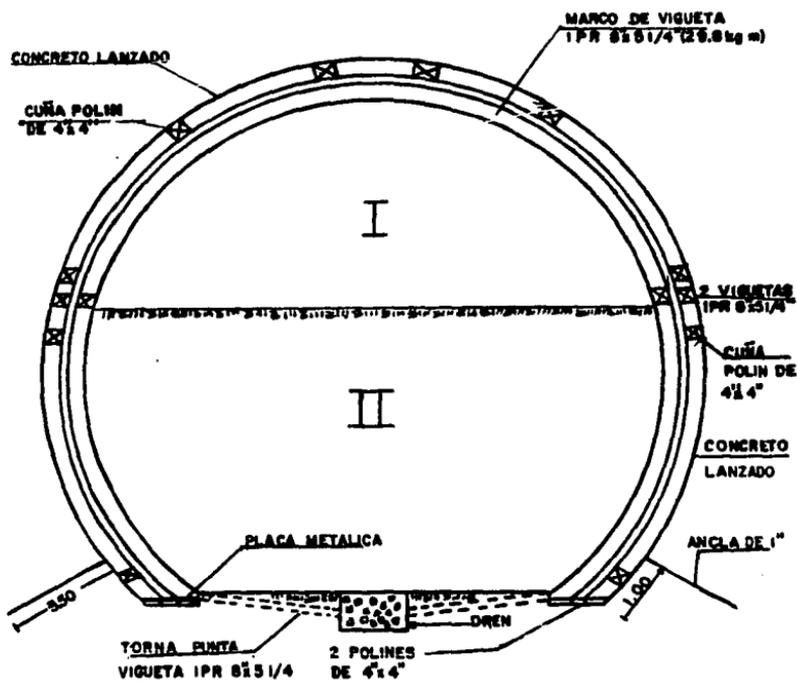
## SECCION TRANSVERSAL DE LA ESTACION



## GEOMETRIA DE LOS TUNELES

SIN ESCALA  
ACOT. EN METROS

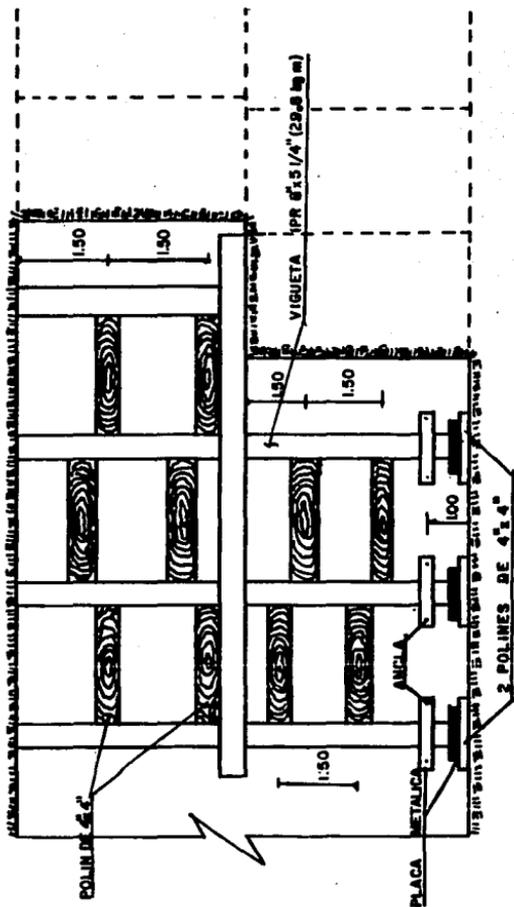
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	UNAM - ENEP ACATLIAN
ACATLIAN EDO. DE MEXICO 1987,	TESIS PROFESIONAL
FIG. II . 16	INGENIERIA CIVIL.



**COLOCACION DE MARCOS**

SIN ESCALA  
ACOT. EN METROS

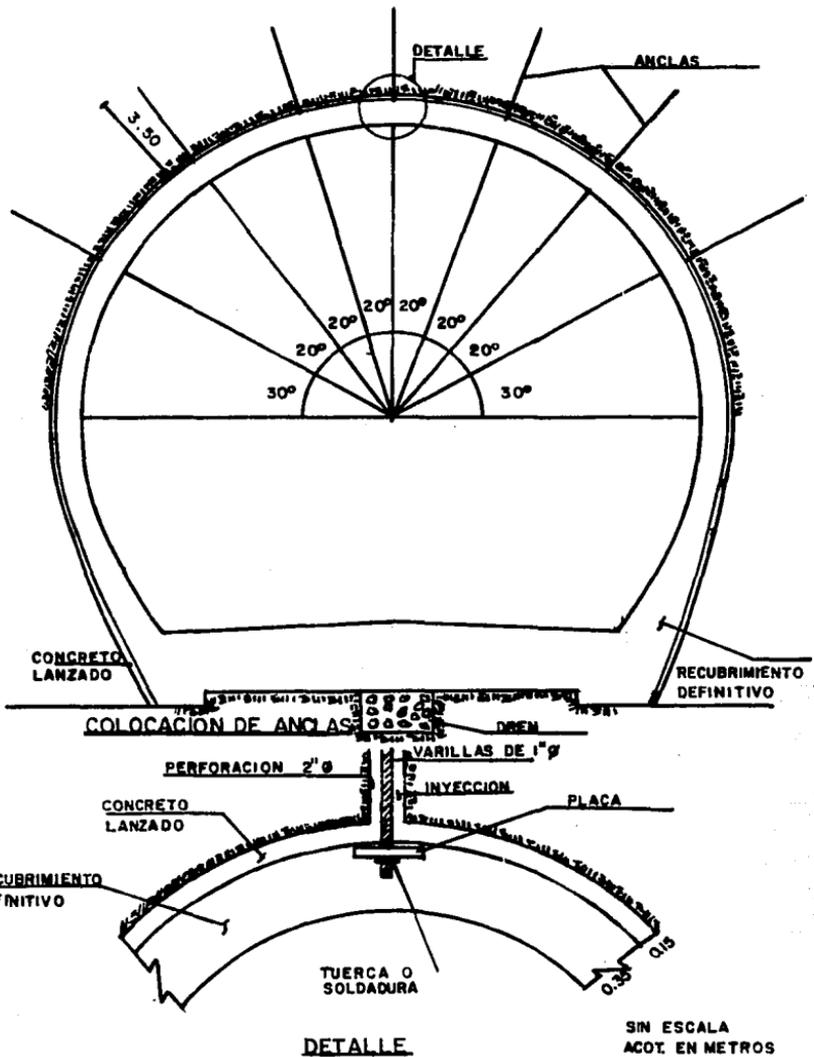
UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II.17



CORTE LONGITUDINAL

SIN ESCALA  
ACOT. EN METROS

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II.18



COLOCACION DE ANCLAS TUNEL DE ANDEN

INGENIERIA CIVIL

UNAM ENP ACATLAN

FIG. II.19

Procedimiento constructivo para la excavación y construcción de las subestaciones y túneles de comunicación entre accesos y andén.

La excavación de los túneles de comunicación iniciará en el contratúnel de las lumbreras y las subestaciones en los túneles de andén, como se muestra en la figura No. II.20.

Tanto los túneles de comunicación como las subestaciones tendrán la sección mostrada en la figura No. II.21. El procedimiento constructivo se indica a continuación:

### 1. EMPORTALAMIENTO.

Antes de iniciar la excavación de los túneles deberá colocarse un emportalamiento a base de anclas, con objeto de tener una mayor estabilidad en el terreno al inicio de la excavación. El emportalamiento se realizará de acuerdo a lo siguiente.

Se realizarán perforaciones de 2" de diámetro en la parte media superior de la sección del túnel que dará inicio. Estas perforaciones servirán para alojar anclas y se realizarán desde el interior del contratúnel de la lumbrera y/o túnel de andén, según sea el caso, se harán a cada 0.75m. de separación con una profundidad de 5.0 m y se colocarán del perímetro de la excavación a 0.20 mts. de distancia, con una inclinación de 15° con respecto al eje del túnel, ver figura N° II. 22.

Estas perforaciones también se realizarán en la parte media superior del contratúnel y/o túnel de andén, con la distribución que se muestra en la figura No. II. 23 con una inclinación de 90° con respecto al eje del túnel y en una sección de 9.0m. de longitud, ver figura - No. II.23.

En las perforaciones antes mencionadas se colocarán varillas de 1" de diámetro y posteriormente se procederá a inyectar con una lechada en una proporción de dos partes de cemento por una de agua y a una presión de 4 Kg /cm<sup>2</sup>.

### II. CICLO DE TRABAJO.

Se procederá a descubrir dentro del recubrimiento de concreto lanzado el área correspondiente a la sección del túnel que inicia. El ciclo de trabajo comprende las siguientes actividades.

- 1). Excavación de la sección.
- 2). Extracción de la rezaga.
- 3). Colocación de concreto lanzado.
- 4). Colocación de anclas.
- 5). Colocación de marcos metálicos.
- 6). Colocación del recubrimiento definitivo.

Una descripción del ciclo antes mencionado se expone a continuación.

1.) Excavación de la sección.

La excavación se iniciará en la mitad superior del frente de ataque siguiendo la secuencia indicada en la figura No. II.21 este ataque irá formando un banqueo cuya longitud máxima de avance será de 2.0m; Dependiendo de las condiciones de estabilidad del terreno esta longitud podrá incrementarse.

2.) Rezaga del material producto de la excavación.

Esta actividad se realizará siguiendo los lineamientos indicados para los túneles de unión y andén.

3.) Colocación del concreto lanzado.

Conforme se vayan descubriendo tramos de 2.0 mts. de longitud en cada una de las secciones de ataque, se irá colocando una primera capa de concreto lanzado de 5 cm. de espesor posteriormente se procederá a lanzar una segunda y última capa de 10 cm. de espesor. Entre las dos capas de concreto lanzado deberá colocarse un refuerzo de malla de acero tipo 6x6 6/6.

4.) La colocación de las anclas se hará de acuerdo a lo que se mencionó anteriormente.

5.) Colocación de marcos metálicos.

Este sistema adicional de ademe se colocará en los 5.0 m iniciales de los túneles y se constituye por marcos de acero con retaque de madera; generalmente los marcos están seccionados en cuatro partes; el proceso de colocación es el siguiente:

1a. Etapa. Se iniciará la excavación de la parte media superior, en una longitud de 2.0 mts. Posteriormente se procederá a colocar la primera capa de concreto lanzado con una espesor de 5 cm. cubriendo toda la pared como ya se mencionó.

2a. Etapa. Una vez colocada la primera capa de concreto lanzado se colocará una rastra formada por dos viquetas IPR 10" x5 3/4" (47.4 kg/m) soldadas con patin en las paredes del túnel, ya que servirán de apoyo para la colocación de la parte superior del marco.

3a. Etapa. Una vez instaladas las rastras se colocará la parte superior del marco, el cual estará formado por dos viquetas IPR 8"x5 1/4" (29.8 kg/m) soldadas en sus tres puntos de unión. Esta media sección se acuará contra el concreto lanzado por medio de polines de madera, tal que permitan una holgura entre el marco y el concreto lanzado de 10 cm.

4a. Etapa. Se continuará con la excavación de la parte inferior del túnel en la longitud máxima de 2.0 mts. y se colocará la primera capa

de concreto lanzado de 5 cm. de espesor, posteriormente se colocarán dos anclas a los extremos del marco de 4.0 mts. de longitud -- separadas entre sí 35 cm. con respecto al centro de la vigueta, -- que servirá para tomar las fuerzas horizontales de coceo del marco.

Otra forma de fijar las patas de los marcos será el de colocar -- una rastra formada por una vigueta IPR 8" x 5 1/4" con una contra flecha de 5 cm. al centro y hacia abajo, tal como se indica -- en la figura No. II.24.

5a. Etapa. Una vez colocadas las anclas, se procederá a colocar -- en la parte inferior de los marcos unas rastras constituidas por -- dos polines de madera de 4" X 4" y sobre estos se colocará una -- placa metálica que servirá de apoyo a la sección del marco.

6a. Etapa. Instaladas las rastras, se colocarán las dos partes -- restantes del marco, las cuales se soldarán en sus puntos de -- apoyo.

7a. Etapa. Cuando haya quedado instalado el marco, se procederá a colocar una placa metálica entre las dos anclas, de tal forma que sirvan de apoyo al marco, y proporcionen la reacción horizontal -- del marco.

8a. Etapa. Una vez colocado el primer marco, se continuará colo-- cando los demás en la misma forma como se indicó anteriormente.-- La separación entre cada marco será de un 1.0 m.

9a. Etapa. Entre un marco y otro se colocarán largueros formados -- por polines de 4" X 4" separados entre sí 1.50 m. La colocación -- de los largueros entre cada marco quedará desfasada 0.50 m. como se indica en la figura No. II.24. Estos largueros se apoyarán so-- bre varillas colocadas en la vigueta, por lo que será necesario -- hacer perforaciones con el fin de colocar varillas de 3/8" de diá -- metro en el alma de las viguetas.

10a. Etapa. Colocados los largueros, se procederá a fijar una ma-- lla de acero de 6X6 6/6, en la primera capa de concreto sobre -- la que se procederá a lanzar la segunda capa de concreto lanzado -- de 10 cm. de espesor.

11a. Etapa. Una vez colocada la segunda capa de concreto lanzado, se estará en posibilidad de iniciar el colado del revestimiento -- definitivo. Este revestimiento sobresaldrá de los marcos 25 cm.

#### 6) Colocación del recubrimiento definitivo.

Una vez recubiertas las paredes del túnel mediante concreto lanza-- do, se iniciará el colado en forma convencional, de las guarnició-- nes del túnel. Habiendo colado las guarniciones, se procederá a -- colar el resto del arco.

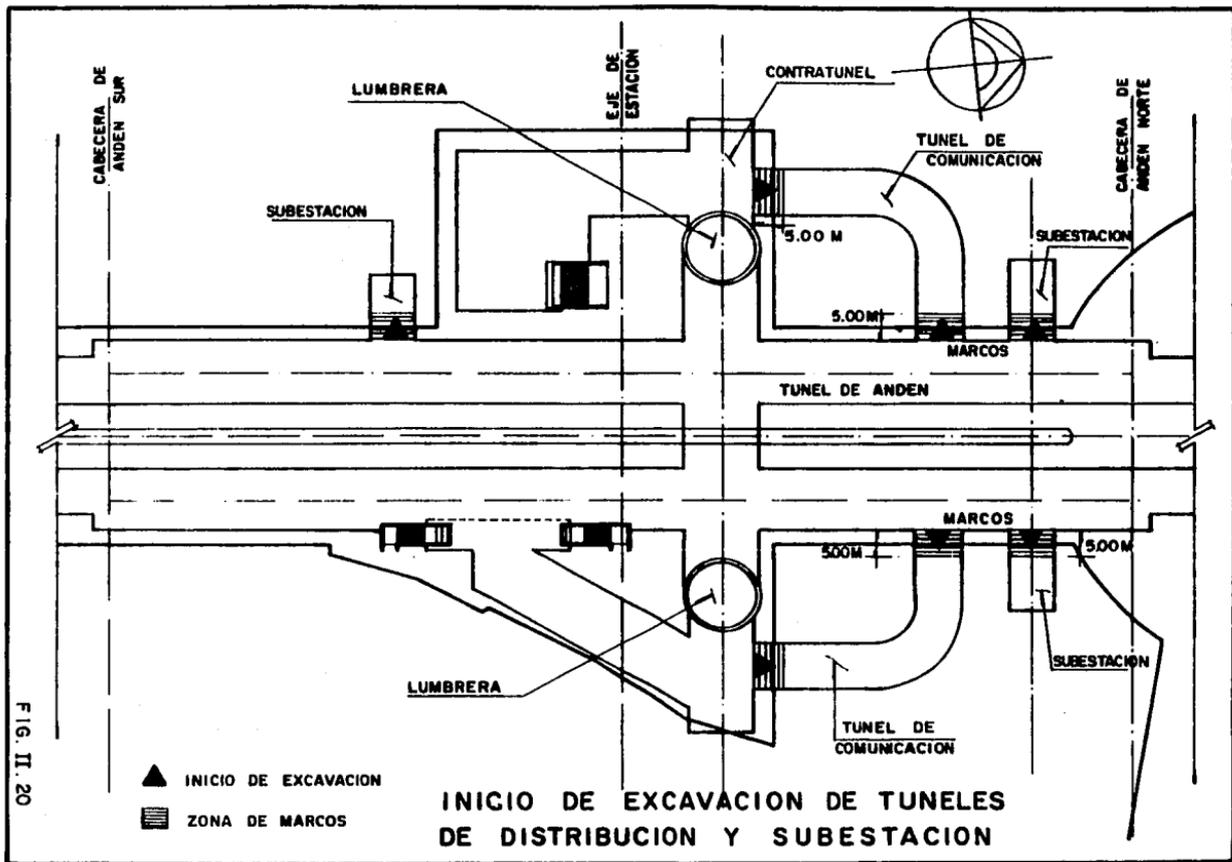
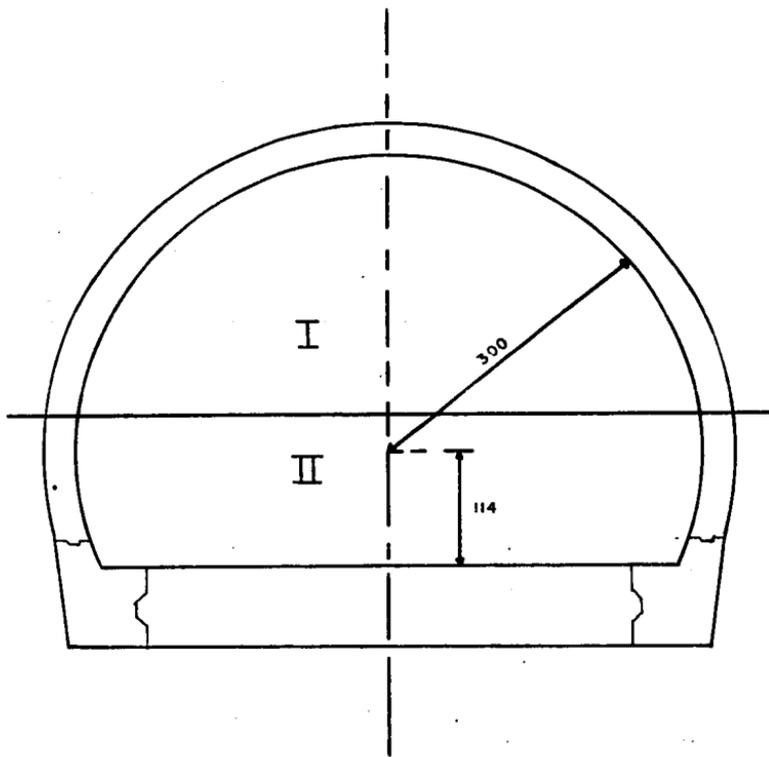
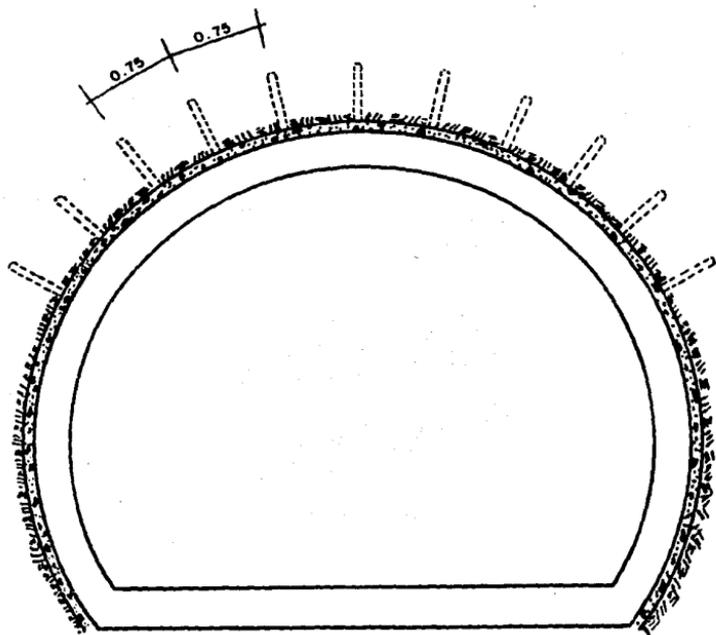


FIG. II. 20



SECCION DE LOS TUNELES DE  
DISTRIBUCION Y SUBESTACION

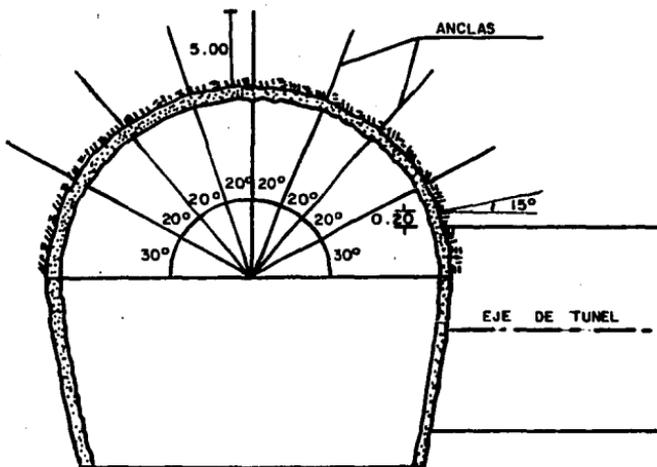
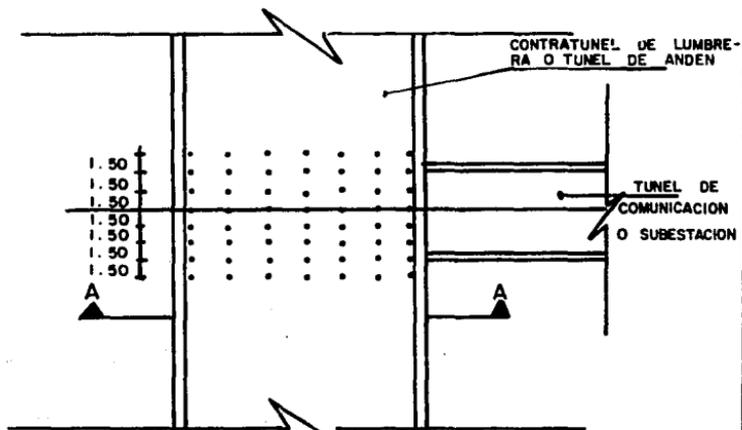
UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. II.21



CORTE TRANSVERSAL

EXCAVACION PARA ALOJAR ANCLAS  
EN TUNEL DE DISTRIBUCION Y SUBESTACION

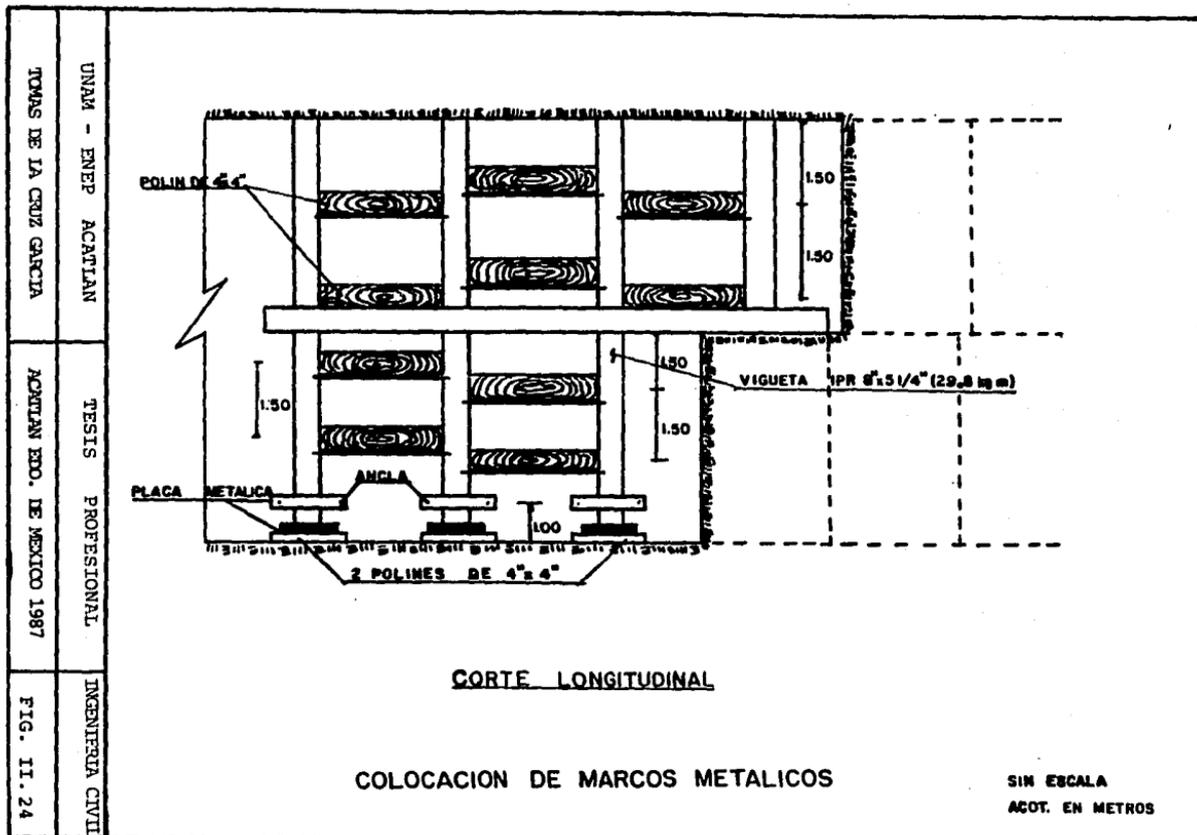
UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. II.22



CORTE A-A

LOCALIZACION DE ANCLAS

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. II.23



Especificaciones para el procedimiento constructivo de excavación de los accesos.

Con el fin de llevar a cabo la construcción de los accesos de la estación M.A.Q. de la línea 3 sur, será necesario seguir los lineamientos indicados a continuación.

La ubicación de estos se pueden observar en la figura No. II.25.

En el acceso poniente la excavación en los primeros 6.5 mts. aproximadamente, será a base de explosivos, y en el acceso oriente la excavación con explosivos será en los primeros 8 mts.

#### I. Voladuras.

##### A. Vibraciones Permisibles del terreno.

Para evitar dañar las estructuras aledañas a la excavación, la vibración del terreno no debe exceder de 30 mm./seg.

##### B. Explosivo a emplear.

El explosivo a emplear en la excavación en roca será GELAMEX 2 de 1 1/8" con un peso por cartucho de 0.15 kg.

##### C. Diámetro de los Barrenos.

El diámetro recomendable a emplear de los barrenos en todos los trabajos será de 38 mm., se empleará aceró integral.

##### D. Medidas de seguridad.

Uno de los factores más importantes para evitar el lanzamiento de piedras es el tamaño y calidad del retaque del barreno.

Para el retaque se usará exclusivamente arena o gravilla clasificada, en ningún caso deberá usarse suelo arcilloso o limo arenoso. Para la protección superficial contra lanzamiento de piedra se recomienda usar esteras de neumáticos.

##### E. Ciclo de trabajo.

El ciclo de trabajo comprende el conjunto de actividades elementales que se realizan para obtener un determinado avance.

El ciclo de trabajo para la excavación en roca, comprenderá las siguientes actividades.

- 1ª Barrenación según diagrama.
- 2ª Limpieza de barrenación.
- 3ª Carga de explosivos.
- 4ª Conexiones eléctricas.
- 5ª Retiro de equipo y personal.
- 6ª Voladura.

7ª Rezaga.

8ª Movimiento de equipo y topografía.

Descripción de las actividades que componen el ciclo de trabajo.

1ª Barrenación según diagrama: Esta actividad consiste en efectuar las perforaciones necesarias en el frente de trabajo, de acuerdo a un diagrama de barrenación previamente elaborado.

El equipo de barrenación estará constituido por perforadoras neumáticas (automáticas con brazo hidráulico ó perforadores de brazo).

2ª Limpieza de barrenación: Consiste en limpiar las perforaciones, inmediatamente después de terminar todas las perforaciones indicadas en el diagrama de barrenación.

Para limpiar los barrenos se empleará aire comprimido, utilizando un "soplador"; en los casos de derrumbe de barrenos se empleará "Cucharillas" para desalojar estos.

3ª Carga de explosivos: Esta actividad es una de las importantes en el ciclo de trabajo y comprende desde el manejo de explosivos hasta conexiones eléctricas.

En términos generales para cargar un frente se llevarán a cabo las siguientes operaciones.

### 3.1. Manejo de los explosivos hasta el frente de trabajo.

Los cartuchos de dinamita y estopines nunca deberán manejarse en forma conjunta.

El carro que transporte los explosivos deberá tener dos compartimientos, uno para los cartuchos y otro para los estopines, ambos compartimientos deben estar forrados de madera.

### 3.2. Preparación y carga de los explosivos en los barrenos.

Previamente deberán ser preparadas todas las cargas, de acuerdo con el diagrama de barrenación.

No podrán iniciarse la carga de los barrenos hasta que no hayan sido limpiadas todas las perforaciones.

Para insertar el estopín en el cartucho deberá perforarse este, con un punzón de madera y hacer la lazada firmemente.

La carga de los barrenos se realizará introduciendo previamente un cartucho de "Asiento" y después otro con el "Cebo" (cartucho con estopín correspondiente), retacando firmemente con un "Fainero" de madera; los cartuchos siguientes se colocarán de uno en uno, retacando perfectamente en cada operación, hasta alcanzar la carga especificada.

Se debe tener especial cuidado en que las guías de los estopines no sufran daño alguno durante el retaque.

Las guías de los estopines deben permanecer en "Corto Circuito" hasta el momento de hacer la conexión eléctrica.

4ª Conexiones eléctricas: Consiste en conectar las "Guías" de los estopines entre sí.

Las conexiones deberán hacerse en paralelo, pues de esta manera resulta más fácil detectar una falsa conexión.

Dependiendo del número de guías que se tengan, podrán dividirse en series para posteriormente conectar estas en paralelo. Esto resulta conveniente puesto que al emplear el galvanómetro este no registra ninguna lectura, se desconectan las series y se procede a cambiar cada una de ellas.

Terminada la operación anterior se conecta la línea de la serie en paralelo a la línea troncal, la cual fue probada previamente.

Otra manera de comprobar si las conexiones eléctricas fueron efectuadas en la forma correcta es por medio del OHMETRO, calculando la resistencia total del circuito a comprobarla con este aparato.

Si la lectura registrada varía en más de 5% de la calculada, se tendrá que comprobar físicamente el circuito.

5ª Retiro de equipo y personal: Consiste en retirar el equipo y personal del frente de trabajo hasta una distancia tal que el producto de la voladura no alcance a estos.

6ª Voladura: Esta actividad consiste en hacer estallar las cargas por medio de corriente eléctrica o con explosor.

Si se decide el empleo de corriente eléctrica, se hará por medio de un interruptor, que liga la línea de disparo con la fuente de energía eléctrica, la cual puede ser 440 V. y 220 V.

Para el caso del explosor este será de capacidad adecuada y deberá encontrarse en buenas condiciones. El empleo de éste sistema es más recomendable por razones de seguridad.

7ª Rezaga: Esta actividad consiste en el desalojo del material -- producto de la voladura, empleando el equipo adecuado.

El equipo a emplear será de dos tipos:

- a) Equipo de carga.
- b) Equipo de acarreo.

8ª Movimiento de Equipo y Topografía: Esta actividad se considera desde el momento en que se termina la rezaga del frente de trabajo.

El trabajo de Topografía consiste en la rectificación del trazo y localización de los puntos por barrenar en el frente.

## II EXCAVACION DEL ACCESO PONIENTE.

Se hará en dos partes, la primera a cielo abierto y la comunicación final a la estación por medio de un túnel.

### II.1 EXCAVACION A CIELO ABIERTO.

El proceso de excavación a cielo abierto se hará en tres etapas.

II.1.1. Excavación del suelo para descubrir la roca.

II.1.2. Excavación de la roca del cajón principal.

II.1.2. Excavación para la 2a. rampa del acceso poniente.

II.1.1. Excavación del suelo para descubrir la roca.

En la figura N<sup>o</sup> II.26. se dan las dimensiones del acceso poniente, teniendo 24.4 mts. de largo, por 19 mts. de ancho.

Después de haberse localizado el trazo del perímetro del acceso - poniente, se procederá a excavar los limos, arcillas y arenas -- existentes en las primeras capas, dejando un talud de 0.15 como se indica en la figura II.27, hasta descubrir la roca, esta excavación se hará con un promedio de profundidad de 2.5. mts; que serán suficientes para alcanzar el primer descanso de la primera escalera del acceso, se recomienda que, dado que esta escalera irá apoyada directamente sobre el suelo, es preferible que se deje la pendiente necesaria como se indica en la figura II.27.

Ya descubierta la capa de roca se pasará a la segunda excavación.

II.1.2. Excavación de la roca del cajón principal.

En esta etapa se excavará por medio de explosivos para la extracción de la roca.

Por ser una área bastante grande, se ha dividido la excavación en cuatro voladuras figura II.28, con esto se busca usar tiempo por voladura razonable y poder sacar los volúmenes de roca tronada.

Tenemos dos ejes de simetría (ver figura II.28), los cuales nos divide en cuatro zonas nuestra área por excavar, a estas zonas -- les llamaremos cuadrantes I, II, III, y IV (ver figura II.28).

Los cuadrantes I, II y III son iguales, el cuadrante IV contiene la rampa de la primera escalera del acceso, la cual estará apoyada directamente sobre la roca con una pendiente de 1.73:1.

Por facilidad de construcción, la excavación para alojar la primera escalera, se dejará hasta que se haya terminado la excavación principal a la profundidad de 5.95 mts. con respecto al N.T.N. a una elevación de 61.57 m.

Tenemos cuatro voladuras como se muestra en la figura 11.28 , y - en las figuras II. 29 apoyadas en los cuadrantes referidos ante-

riormente se muestra la plantilla de barrenación con las cuatro voladuras, con la cual se tendrá un avance de 1.15 mts.

### II.1. 2.1. Voladura en el área por excavar en los cuadrantes I, II, III y IV.

#### a) Características de las voladuras.

Profundidad de barrenación	1.495 mts.
Inclinación de barrenos	verticales
Diámetro de barrenación	28mm. (serie 12)
Explosivos	Gelamex 2.
Estopines	M.S.

#### b) Diagrama de barrenación y secuencia de ignición.

El diagrama de barrenación y secuencia de ignición se muestra en las figuras II.29 a, b, aquí se puede observar con detalle las cuatro voladuras anteriormente mencionadas en la figura II.28, en la figura II.30 se detalla la cuña "GRONLUND" que se usará para empezar la excavación.

#### c) Carga de los barrenos para las diferentes voladuras.

Se dan las cargas, para la primera voladura y las cargas correspondientes a la cuña "GRONLUND"; en la tabla I, y en las tablas II, III y IV para la segunda, tercera y cuarta voladura respectivamente.

### II.1.2.2. Profundidad de excavación de la roca del cajón principal.

Se harán tres avances en la roca del cajón principal y se seguirá excavando en la roca por medio de explosivos en avances de -- 1.15 mts., siguiendo las especificaciones del punto anterior.

La plantilla de barrenación y secuencia de ignición será la misma para alcanzar la profundidad de 5.95 mts. con respecto al nivel del terreno natural, figura II.31 y II.32.

### II.1 2.3. Excavación de la roca, en la primera escalera del acceso Poniente.

Ya excavado el cajón principal, como se muestra en la figura II.32 se procederá a excavar la roca que obstruye para asentar la la escalera del acceso poniente, por medio de voladuras.

En ésta zona de escaleras tiene la característica que los barrenos tendrán diferente profundidad, como se muestra en figura II.33.

Esta área se excavará por medio de explosivos haciendo una voladura.

a) Características de la voladura.	
Profundidad de barrenación	variable (ver figura II.33)
Inclinación de los barrenos	verticales
Diámetro de barrenación	38 mm. (serie 12)
Explosivo	Gelamex 2
Estopines	M.S.

El diagrama de barrenación y secuencia de ignición se muestra en - la figura II.33

b) Carga de los barrenos.

Se dan las cargas en la tabla V.

### II.1.3. Excavación para la segunda rampa del acceso poniente.

Esta etapa de excavado, se hará sobre el área en donde se encontrará ubicada la rampa de la 2a. escalera del acceso poniente figura II.31, sobre ésta escalera se hará el cambio de proceso de excavación, de cielo abierto a túnel.

La excavación a cielo abierto tendrá la función de librar la roca y dar una comunicación con el túnel.

En la figura II.34 se aprecian las dimensiones de esta rampa.

En esta etapa de excavación existirá una capa de roca, aproximadamente de 1,30 mts., por lo que será necesario excavar con explosivos.

#### II.1.3.1. Excavación de la roca de la segunda rampa.

a) Características de la voladura.

Profundidad de barrenación	1.70 mts.
Inclinación de barreno	33% (1 a 3)
Diámetro de barrenación	38 mm.
Explosivo	Gelamex 2 (0.150 kg.)
Estopines	M.S.

b) Diagrama de barrenación y secuencia de ignición.

El diagrama de barrenación se muestra en la figura II.36, aquí se observan las tres voladuras que se harán, el detalle de la cuña - "GRONLUND" se ve en la figura II.30

b.1.) Carga de los barrenos para las diferentes voladuras.

b.1.1. Se dan las cargas para la primera voladura y las cargas correspondientes a la cuña "GRONLUND", en la tabla VI.

b.1.2 Segunda voladura para la segunda rampa del acceso poniente.

En la tabla VII, se dan las cargas para la segunda voladura.

b.1.3 Tercera voladura de la segunda rampa del acceso poniente.

En la tabla VIII, se dan las cargas para la tercera voladura.

### II.1.3.2. Profundidad de excavación en la tercera etapa.

Con la excavación en roca se obtiene un avance de 1.30 mts. de -- profundidad, suficientes para librar la roca y encontrar suelo, a una profundidad de 7.50 mts. con respecto al nivel del terreno natural (ver figura II.35) .

Para alcanzar la profundidad de 9.35 mts., que será nuestro nivel de desplante necesitamos excavar 3.40 mts. de suelo limo arenoso, con un talud vertical. Esta excavación se hará por algún método tradicional.

### II.2. Excavación del túnel del acceso poniente de la Estación M.A de Quevedo.

Este túnel tendrá una sección que se muestra en la figura II.37, en este túnel se alojará la rampa de la, 2a. escalera del acceso poniente, de la estación M.A. de Quevedo.

Este túnel se construirá en dos etapas:

- 1a. Etapa. Excavación del túnel horizontal.
- 2a. Etapa. Excavación del túnel inclinado.

La ubicación de estos túneles con la excavación a cielo abierto - se muestra en la figura II.38.

#### 1a. Etapa. Excavación del túnel horizontal.

Esta excavación se iniciará en la colindancia de la sección del - túnel ya construido (ver figura II.39), se hará la excavación en la mitad superior del frente de ataque siguiendo la secuencia de la figura II.40 la cuál presenta un banqueo a la mitad y con una longitud de avance de 2.0 mts.

La excavación del frente de ataque será vertical y se utilizará - maquinaria tipo "ALPINE", "WESTFALIA", o similar.

Para la rezaga del material producto de la excavación, el ademado y colocación de los marcos, tanto para el túnel horizontal como - el inclinado, se seguirán las especificaciones dadas anteriormente.

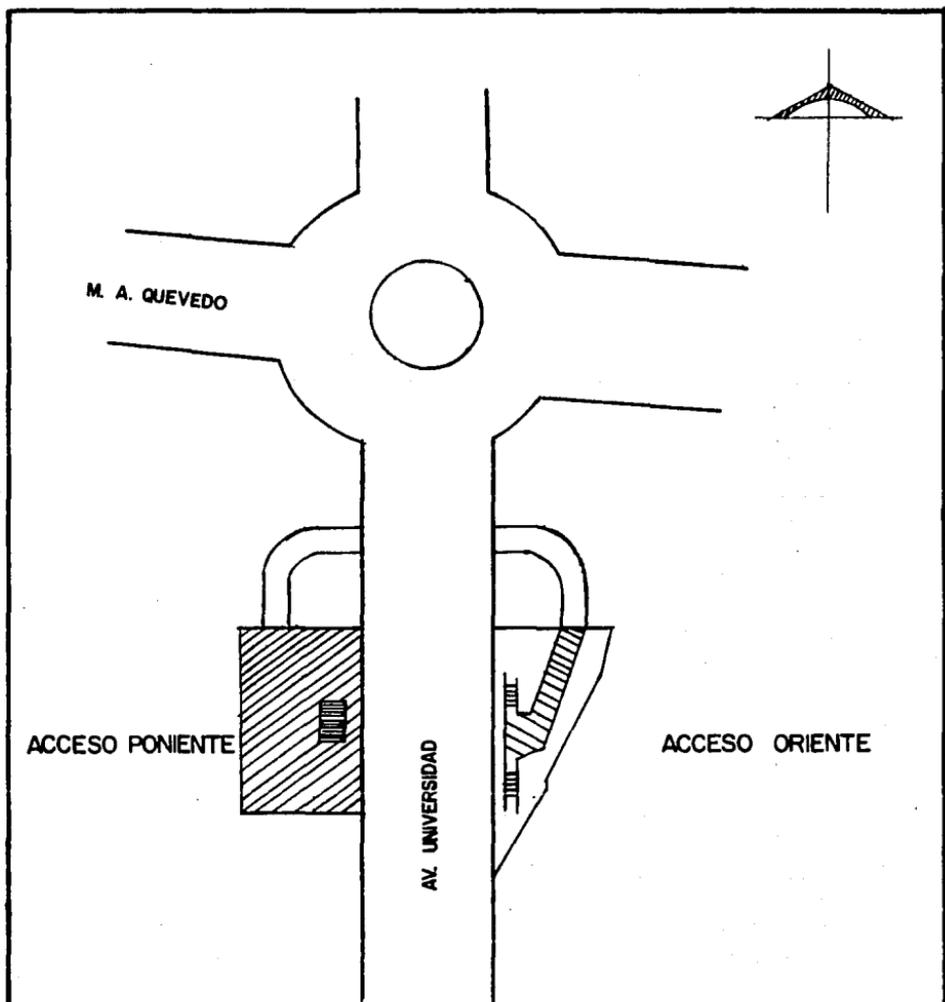
Con la anterior excavación del túnel horizontal llegamos a la excavación del túnel inclinado a 30°.

2a. Etapa. Excavación del túnel inclinado.

Este túnel por su inclinación, no tendrá un ademado metálico, se iniciará la excavación en la mitad superior del frente de ataque siguiendo la secuencia indicada en la figura II.41 la cuál presenta un banqueo a la mitad y con una longitud de avance de 2.5. mts.

En la figura II.41 se observa que los avances 1 y 2 son de transición entre el túnel horizontal y el túnel inclinado.

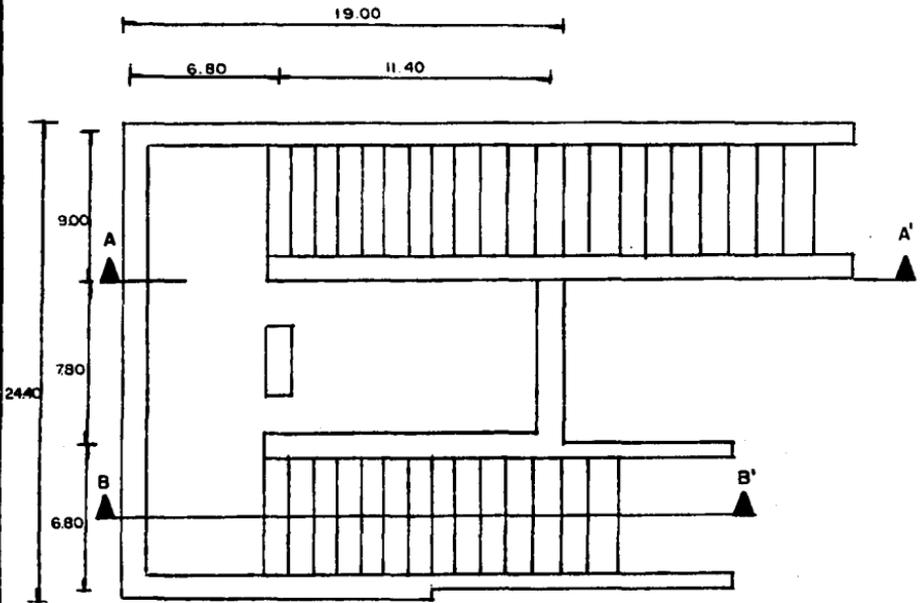
La excavación del frente de ataque será vertical.



**LOCALIZACION DE ACCESOS  
ESTACION M.A. DE QUEVEDO**

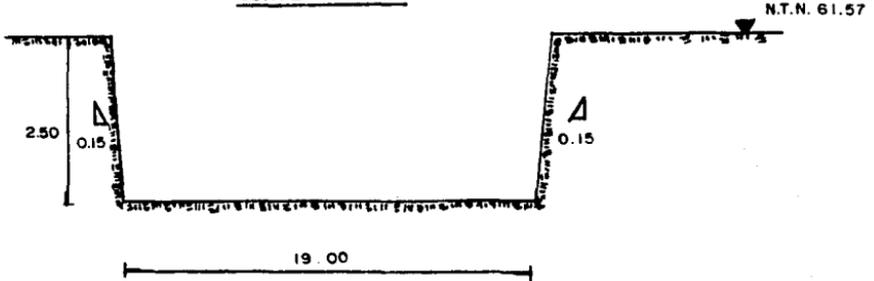
UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II.25

PLANTA



MUROS DE 80 cm. DE ESPESOR

CORTE A-A'

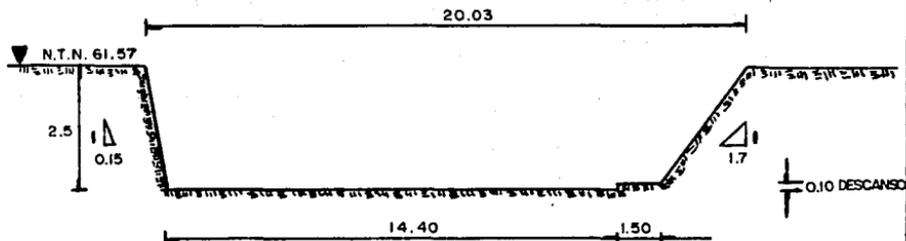


**DIMENSIONES GENERALES ACCESO PONIENTE**

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. II.26

## DIMENSIONES GENERALES

### CORTE B - B'



**NOTA:**

NOTESE QUE EN EL INICIO DE LA EXCAVACION EL TALUD DE LA PARTE NORTE TIENE UNA INCLINACION MAYOR EN VISTA DE QUE CORRESPONDE A LA RAMPA DE LA ESCALERA.

ACOT EN METROS

HOR. 1:50

ESC.

VER. 1:100

UNAM - ENEP ACATLAN

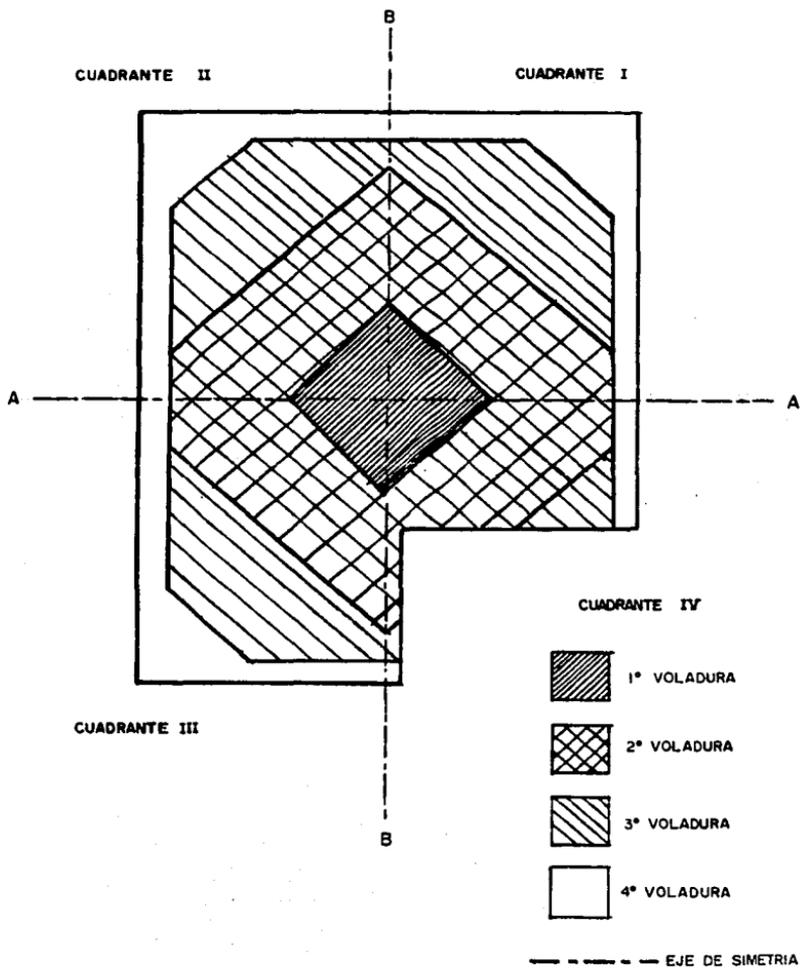
TESIS PROFESIONAL

INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987

FIG. II.27



**ESQUEMA DE VOLADURAS  
ACCESO PONIENTE**

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. II.28

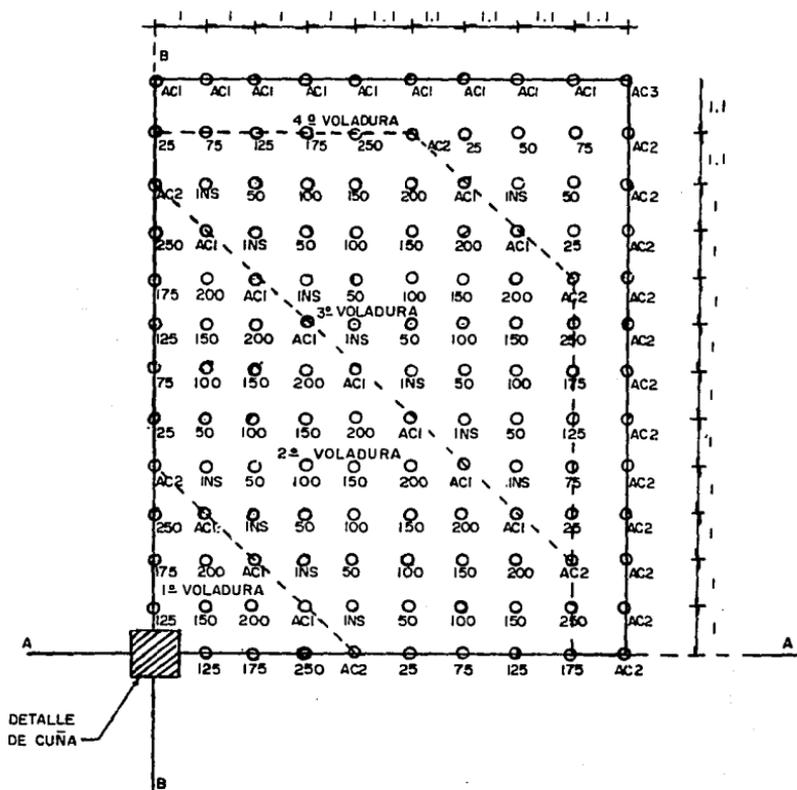


DIAGRAMA DE BARRENACION Y SECUENCIA DE IGNICION PARA LOS CUADRANTES I, II, III; PRIMERO Y SEGUNDO AVANCE DE LA 2ª ETAPA DE EXC.

- BARRENO CARGADO
- EJE DE SIMETRIA
- SEPARACION DE VOLADURAS ESTOPIN EN MS.

UNAM - ENEP ACATLAN

TESIS PROFESIONAL

INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987

FIG. II.29.a

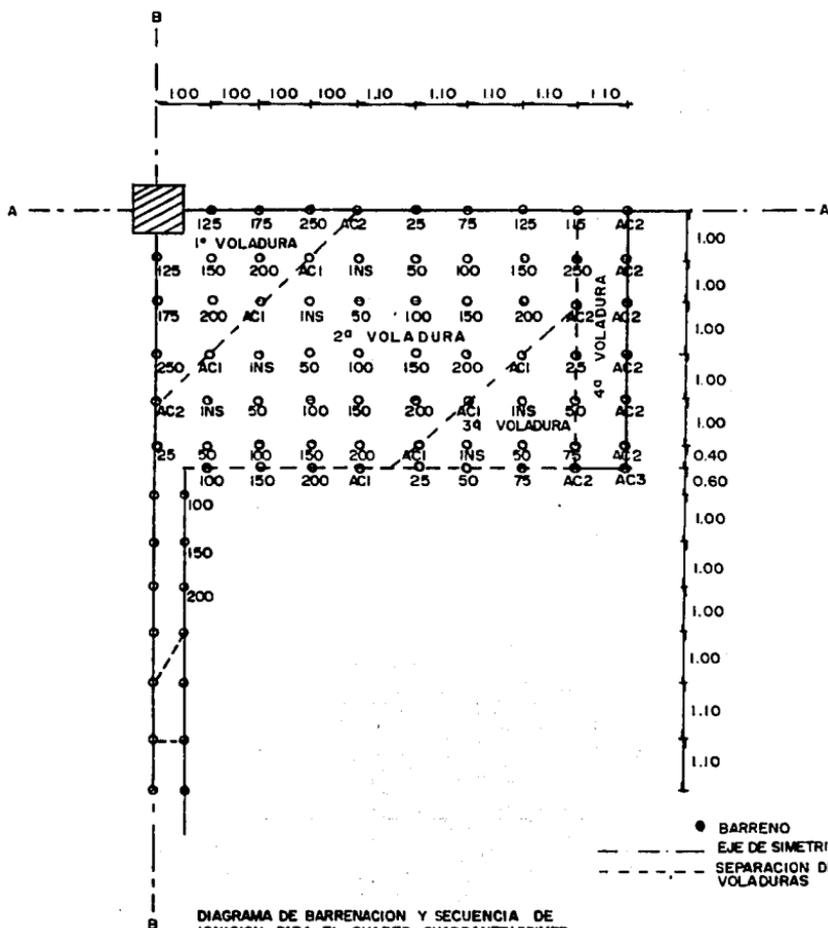
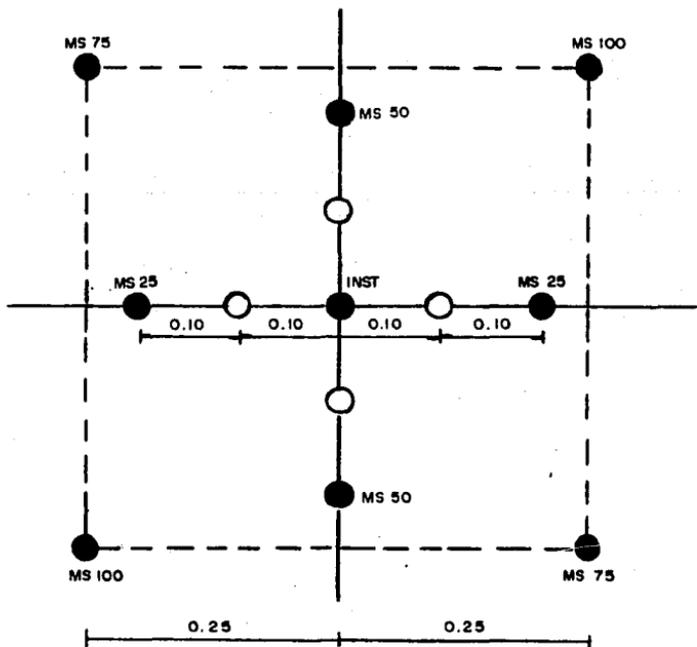


DIAGRAMA DE BARRENACION Y SECUENCIA DE IGNICION PARA EL CUARTO CUADRANTE, PRIMER AVANCE DE 2ª ETAPA DE EXCAVACION.

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. II.29.b

# DETALLE DE CUÑA GRONLUND



○ VACIO  
● CARGADO

ACOTACIONES EN METROS

ESCALA 1:5

UNAM - ENEP ACATLAN

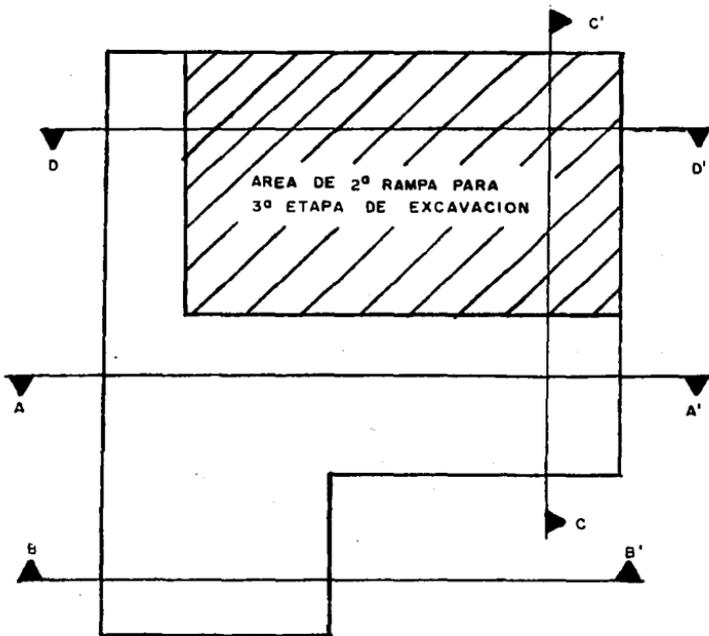
TESIS PROFESIONAL

INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

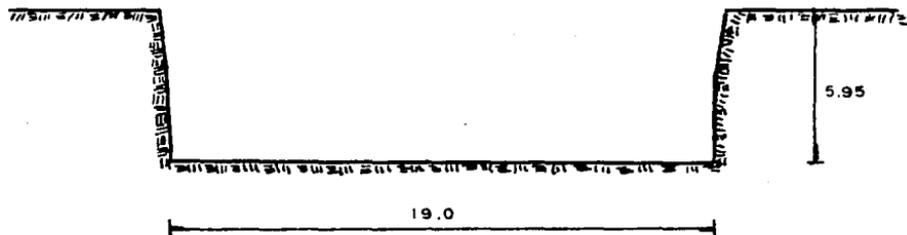
ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.

FIG. II.30



PLANTA

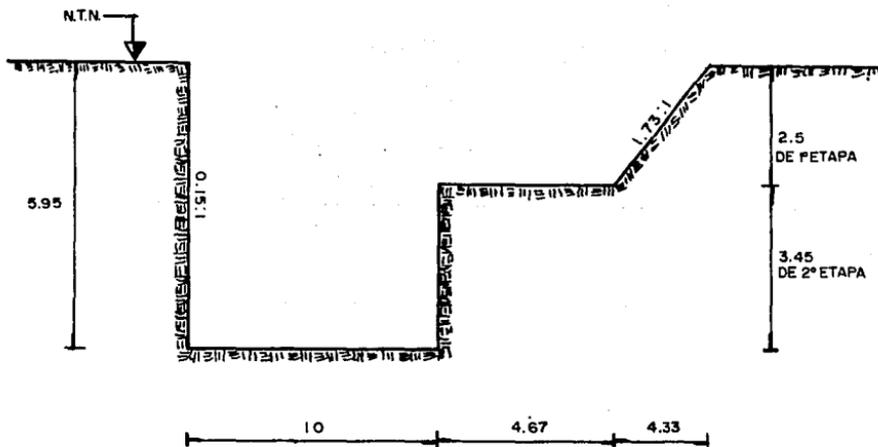
CORTE A-A' PARA 2º ETAPA DE EXCAVACION FINAL



**PROFUNDIDAD DE EXCAVACION DE LA ROCA  
EN EL CAJON PRINCIPAL**

ACOTACIONES EN METROS.

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II.31



CORTE B-B PARA LA SEGUNDA ETAPA DE EXCAVACION DONDE SE ENCUENTRA LA PRIMERA ESCALERA DEL ACCESO PONIENTE.

UNAM - ENEP ACATLAN

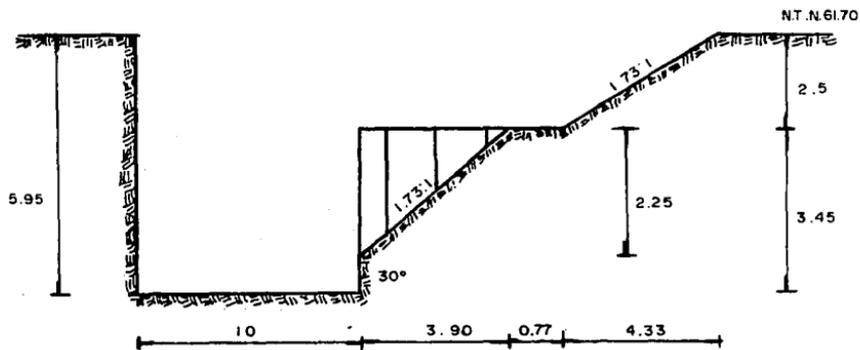
TESIS PROFESIONAL

INGENIERIA CIVIL

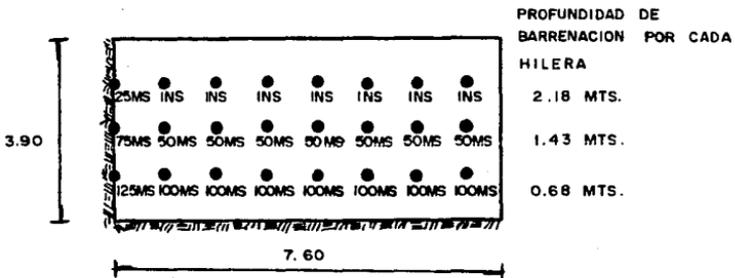
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.

FIG. II.32



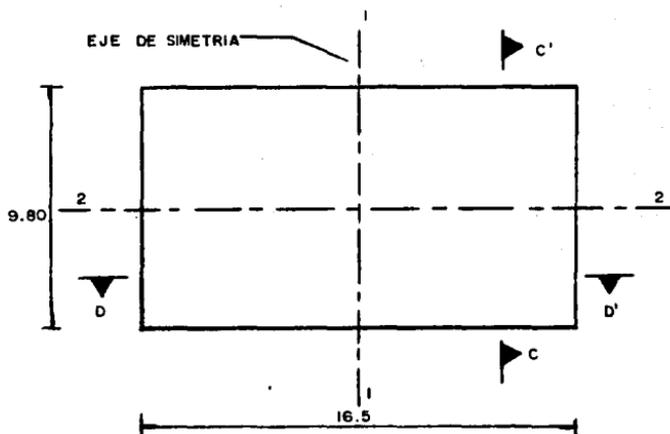
PROFUNDIDAD DE LOS BARRENOS EN LA RAMPA DEL ACCESO PONIENTE



PLANTA DEL AREA POR VOLAR

ACOTACIONES EN METROS.

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II.33

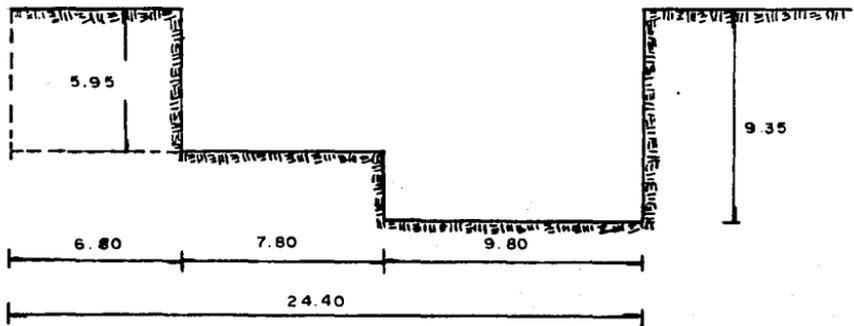


PLANTA DEL AREA POR EXCAVAR EN 3º ETAPA

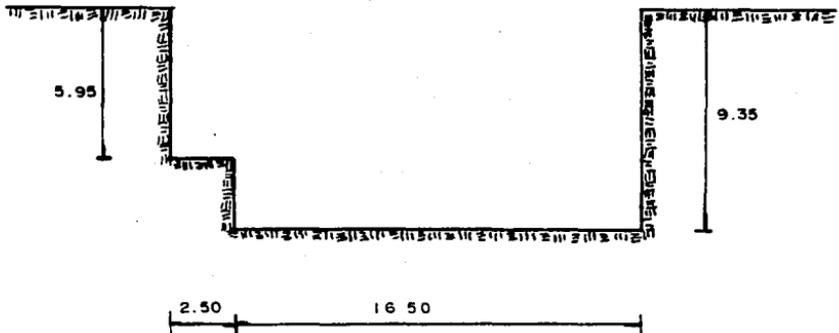
ACOT. METROS  
ESC. 1:20

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II.34

CORTE B-B' PARA 3ª ETAPA DE EXCAVACION



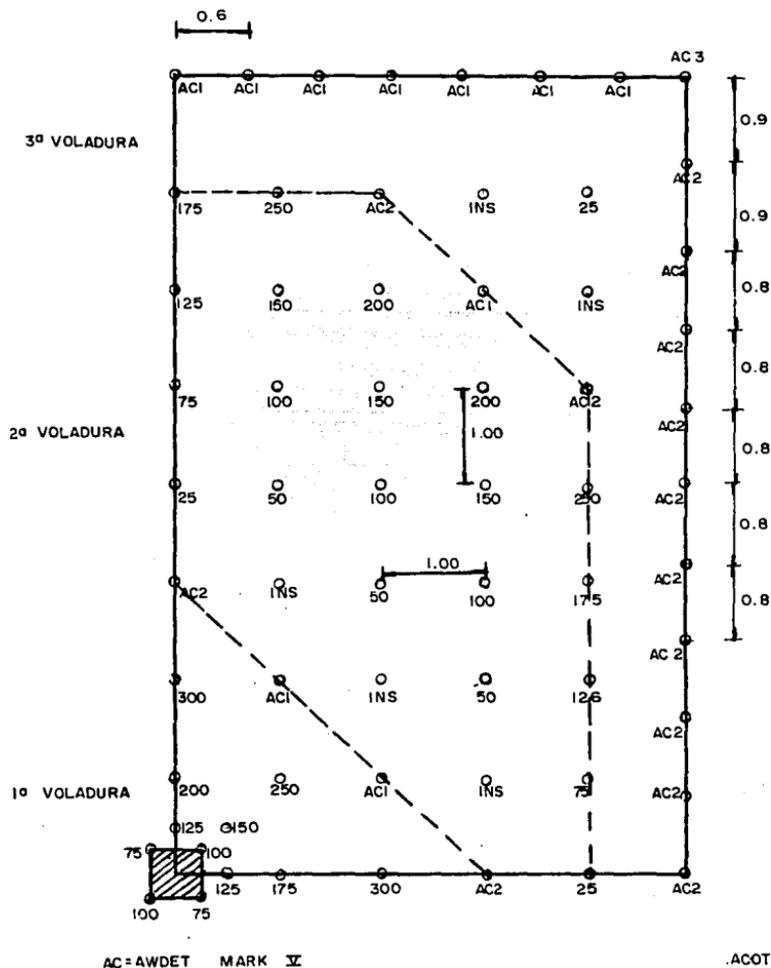
CORTE C-C' PARA 3ª ETAPA DE EXCAVACION



ACOT. METROS

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II.35

# DIAGRAMA DE BARRENACION Y SECUENCIA DE IGNICION PARA LA SEGUNDA RAMPA DE ESCALERAS



UNAM - ENEP ACATLAN

TESIS PROFESIONAL

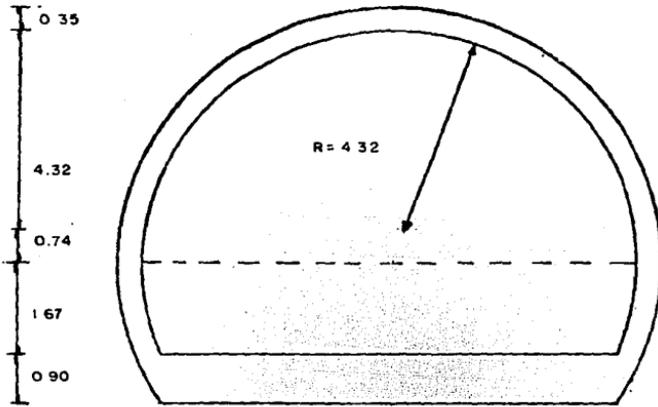
INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.

FIG. II.36

# SECCION DEL TUNEL INCLINADO



ACOTACION EN METROS  
ESCALA S / N

UNAM - ENEP ACATLAN

TESIS PROFESIONAL

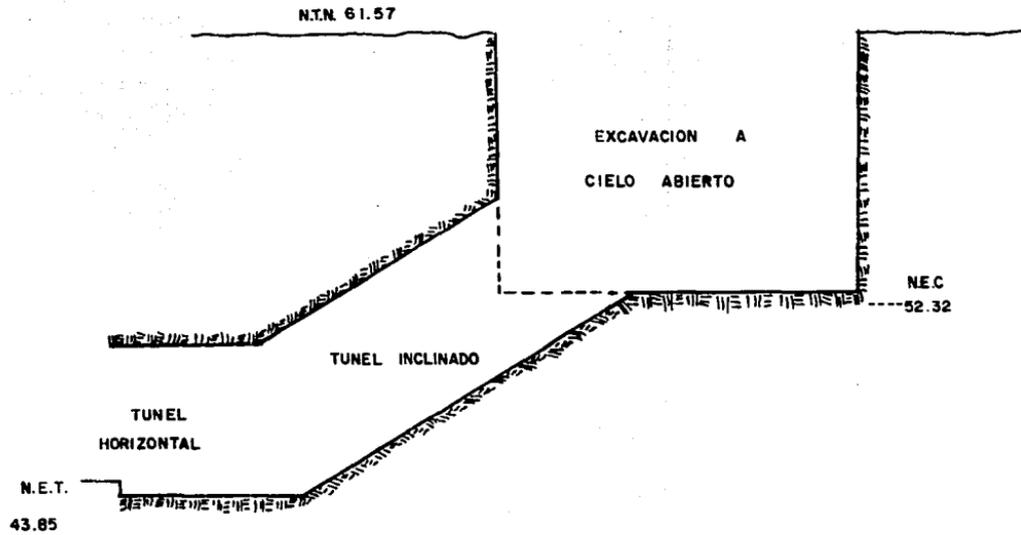
INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1927.

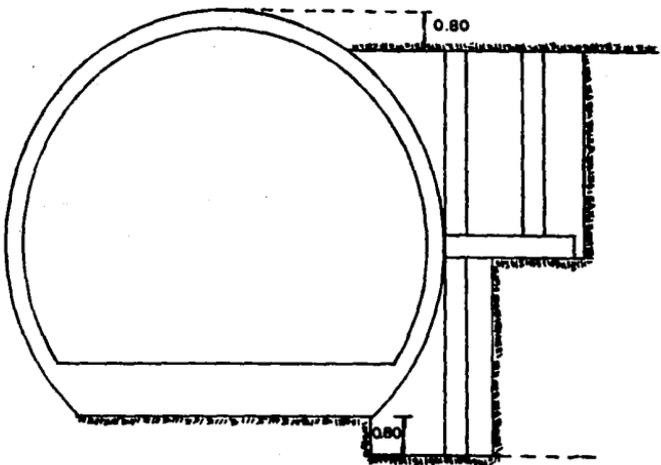
FIG. II.37

UNAM - ENEP ACAPTIAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACAPTIAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II.38



UBICACION DE LAS EXCAVACIONES DEL ACCESO PONIENTE

ACOTACIONES METROS  
ESCALA SIN



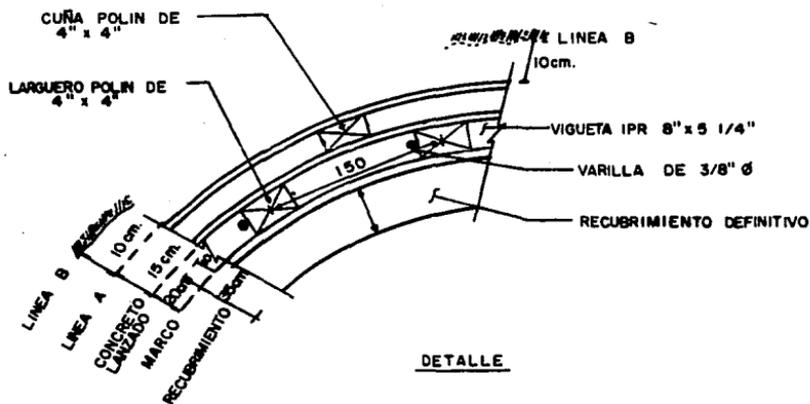
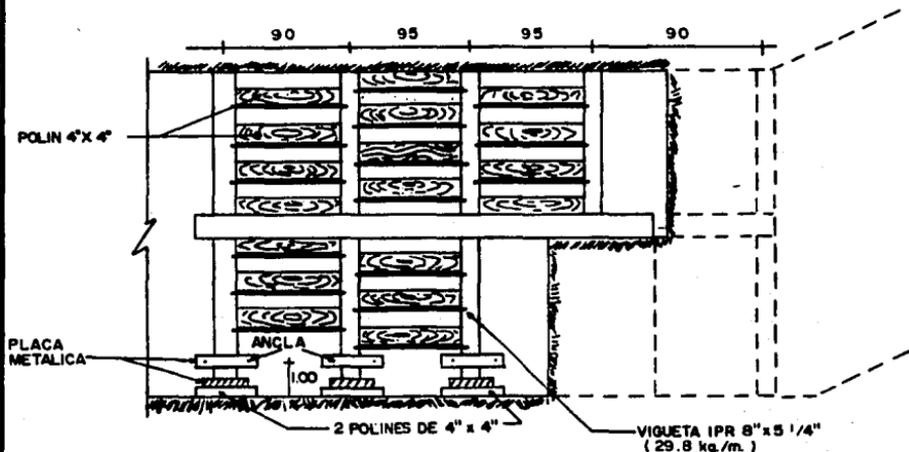
CORTE LONGITUDINAL

DONDE SE OBSERVA EL INICIO DE LA  
EXCAVACION DEL TUNEL HORIZONTAL

ACOTACIONES METROS  
ESCALA: 5 IN

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II. 39

## TRANSICION ENTRE EL TUNEL HORIZONTAL Y EL INCLINADO



DIBUJO SIN ESCALA  
ACOTACIONES EN Cms.

UNAM - ENEP ACATLAN

TESIS PROFESIONAL

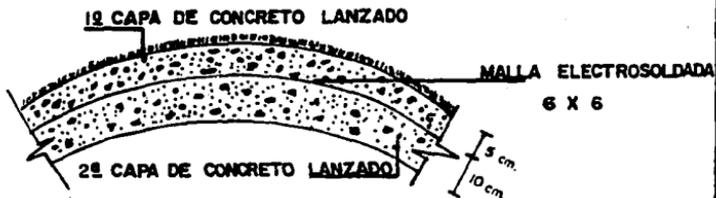
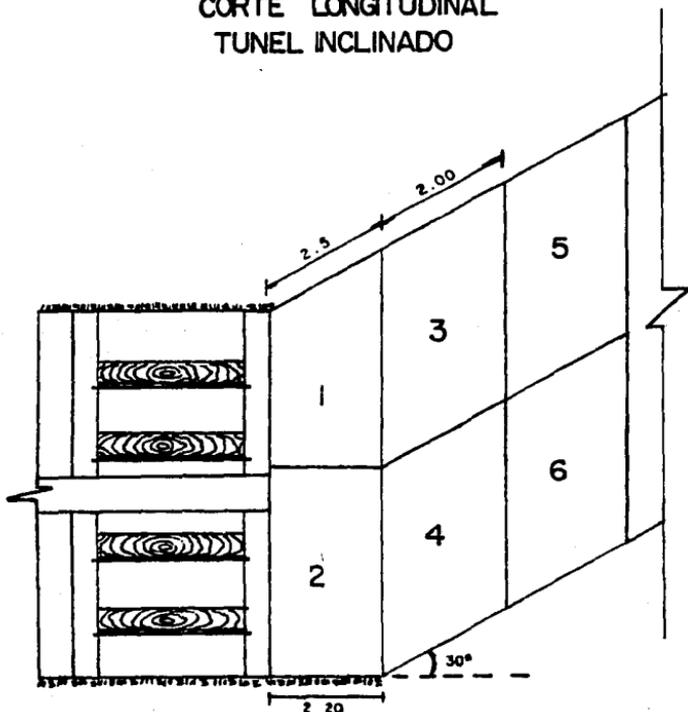
INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987

FIG. II.40

CORTE LONGITUDINAL  
TUNEL INCLINADO



CICLO DE ATAQUE

ACOTACIONES EN METROS  
ESCALA: SIN

UNAM - ENEP ACATLAN

TESIS PROFESIONAL

INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.

FIG. II. 41

T A B L A I

ACCESO PONIENTE

PRIMERA VOLADURA DEL CAJON PRINCIPAL.

TABLA DE CARGA:

DATOS:

AREA = 32.00 m<sup>2</sup>

BARRENACION = 1.50 m.  $\phi$  = 38 mm.

AVANCE POR VOLADURA = 1.15 m.

VOLUMEN POR VOLADURA = 32.00 m<sup>2</sup> · 1.15 m. = 36.80 m<sup>3</sup>.

EXPLOSIVO: GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.150 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8x8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION
			CON RETA QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.		
CUÑA	INST.	1	1	3	4	0.60	0.6	1
CUÑA	MS 25	2	1	3	4	0.60	1.2	1
CUÑA	MS 50	2	1	3	4	0.75	1.5	1/2
CUÑA	MS 75	2	2	3	5	0.75	1.5	1/2
CUÑA	MS 100	2	2	3	5	0.75	1.5	1/3
AYUDANTES	MS 125	4	2	3	5	0.75	3.0	1/3
AYUDANTES	MS 150	4	2	3	5	0.75	3.0	1/3
AYUDANTES	MS 175	4	5	-	5	0.75	3.0	1/3
AYUDANTES	MS 200	8	5	-	5	0.75	6.0	1/3
AYUDANTES	MS 250	4	5	-	5	0.75	3.0	1/6
PARED	AC 1	12	6	-	5	0.9	10.8	1/12
PARED	AC 2	4	6	-	5	0.9	3.6	1/12
		49 + 4 VACIOS					38.7	
		COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{38.7}{36.8} = 1.05 \text{ kg/m}^3$						

T A B L A   I I

ACCESO PONIENTE.

SEGUNDA VOLADURA DEL CAJON PRINCIPAL.

TABLA DE CARGA:

DATOS:

AREA = 1.60 m<sup>2</sup>.

BARRENACION = 1.50 m., Ø - 38 mm.

AVANCE POR VOLADURA - 1.15 m.

VOLUMEN DE VOLADURA = 160 x 1.15 m. = 184.92 m<sup>3</sup>.

EXPLOSIVO = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO - 0.150 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8 x 8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION
			CONCRETO QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.		
INTERIOR	INST.	16	5	-	5	0.75	12.0	1
INTERIOR	MS 25	4	5	-	5	0.75	3.0	1
INTERIOR	MS 50	20	5	-	5	0.75	15.0	1/2
INTERIOR	MS 75	4	5	-	5	0.75	3.0	1/2
INTERIOR	MS 100	25	5	-	5	0.75	18.75	1/3
INTERIOR	MS 125	4	5	-	5	0.75	3.00	1/3
INTERIOR	MS 150	28	5	-	5	0.75	21.00	1/3
INTERIOR	MS 175	4	5	-	5	0.75	3.00	1/3
INTERIOR	MS 200	27	5	-	5	0.75	20.25	1/3
INTERIOR	MS 250	8	5	-	5	0.75	6.00	1/6
PARED	AC 1	26	5	-	5	0.75	19.5	1/12
PARED	AC 2	8	5	-	5	0.75	6.00	1/12
TOTAL		174					130.5	
			COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{130.5}{184.92} = 0.71 \text{ kg/m}^3$					

T A B L A   I I I

ACCESO PONIENTE.

TERCERA VOLADURA DEL CAJON PRINCIPAL.

TABLA DE CARGA.

DATOS:

AREA = 119 m<sup>2</sup>

BARRENACION = 1.50 m.  $\phi$  - 38 mm.

AVANCE POR VOLADURA = 1.15 m.

VOLUMEN POR VOLADURA = 136.85 m<sup>3</sup>.

EXPLOSIVO = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.150 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION
			CON RETA QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.		
INTERIOR	INST.	23	5	-	5	0.75	17.25	1
INTERIOR	MS 25	9	5	-	5	0.75	6.75	1
INTERIOR	MS 50	22	5	-	5	0.75	16.50	1/2
INTERIOR	MS 70	8	5	-	5	0.75	6.00	1/2
INTERIOR	MS 100	15	5	-	5	0.75	11.25	1/3
INTERIOR	MS 125	6	5	-	5	0.75	4.5	1/3
INTERIOR	MS 150	12	5	-	5	0.75	11.00	1/3
INTERIOR	MS 150	6	5	-	5	0.75	4.5	1/3
INTERIOR	MS 200	6	5	-	5	0.75	4.5	1/3
INTERIOR	MS 250	4	5	-	5	0.75	3.00	1/6
PARED	AC 1	6	5	-	5	0.75	4.50	1/12
PARED	AC 2	6	5	-	5	0.75	4.50	1/12
TOTAL		123					94.25	
			COEFICIENTE DE CARGA $\frac{94.25}{136.85} = 0.69 \text{ kg/m}^3$ .					

T A B L A   I V

ACCESO PONIENTE.

CUARTA VOLADURA DEL CAJON PRINCIPAL.

TABLA DE CARGA:

DATOS:

AREA = 88 m<sup>2</sup>.

BARRENACION = 1.50 m.  $\phi$  = 38 mm.

AVANCE POR VOLADURA = 1.15 m.

VOLUMEN POR VOLADURA = 101.20 m<sup>3</sup>.

EXPLOSIVO = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 1.50 kg.

GELAMEX 2 DE 7/8" (BARRENOS PERIMETRALES), PESO POR CARTUCHO = 0.095 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8 x 8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION
			CONCRETA QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.		
INTERIOR	INST.	3	5	-	5	0.75	2.25	1
INTERIOR	MS 25	6	5	-	5	0.75	4.5	1
INTERIOR	MS 50	6	5	-	5	0.75	4.5	1/2
INTERIOR	MS 75	3	5	-	5	0.75	2.25	1/2.
PARED	AC 1	27	1	3	4	0.38	10.26	1/12
PARED	AC 2	41	1	3	4	0.38	15.68	1/12
PARED	AC 3	4	1	3	4	0.38	1.52	1/12
TOTAL							40.86	
			COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{40.86}{101.20} = 0.40 \text{ kg/m}^3$					

T A B L A V

ACCESO PONIENTE.

VOLADURA DE LA ROCA EN LA PRIMERA ESCALERA DEL ACCESO.

DATOS:

AREA = 29.7 m<sup>2</sup>.

BARRENACION = VARIABLE (VER FIGURA 8.2).

AVANCE = VARIABLE (VER FIGURA 8.2).

VOLUMEN POR VOLADURA = 33.5 m<sup>3</sup>.

EXPLOSIVO = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.150 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8 X 8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION
			CON RETA QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.		
INTERIOR	INST.	7	8	-	8	1.2	8.4	1
INTERIOR	MS 25	1	8	-	9	1.2	1.2	1
INTERIOR	MS 50	7	7	-	7	1.05	7.35	1/2
INTERIOR	MS 75	1	7	-	7	1.05	1.05	1/2
INTERIOR	MS 100	7	4	-	4	0.60	4.2	1/3
INTERIOR	MS 125	1	4	-	4	0.60	0.6	1/3
TOTAL		24					22.8	
			COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{22.8}{29.7} = 0.77 \text{ kg/m}^3$ .					

T A B L A VI

ACCESO PONIENTE.

PRIMERA VOLADURA PARA RAMPA DE ACCESO AL TUNEL.

TABLA DE CARGA.

DATOS:

AREA. = 18 m<sup>2</sup>.

BARRENACION = 1.70 m.  $\phi$  = 38 mm.

AVANCE ESTIMADO POR VOLADURA = 1.31 m.

VOLUMEN POR VOLADURA = 23.58 m.

EXPLOSIVO = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.150 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION
			CONCRETA QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.		
CUÑA	INST.	1	1	5	6	0.9	0.9	1
CUÑA	MS 25	2	1	5	6	0.9	1.8	1
CUÑA	MS 50	2	1	5	6	0.9	1.8	1/2
CUÑA	MS 75	2	3	4	7	1.05	2.1	1/2
CUÑA	MS 100	2	3	4	7	1.05	2.1	1/3
AYUDANTE	MS 125	4	3	3	6	0.9	3.6	1/3
AYUDANTE	MS 150	4	3	3	6	0.9	3.6	1/3
AYUDANTE	MS 175	4	7	-	7	1.05	4.2	1/3
AYUDANTE	MS 200	2	7	-	7	1.05	2.1	1/3
AYUDANTE	MS 250	4	7	-	7	1.05	4.2	1/6
AYUDANTE	MS 300	4	7	-	7	1.05	4.2	1/6
PARED	AC 1	8	8	-	8	1.20	9.6	1/12
PARED	AC 2	4	8	-	8	1.20	4.8	1/12
TOTAL		43 + 4 VACIOS					45.00	
			COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{45.0}{23.58} = 1.91 \text{ kg/m}^3$ .					

T A B L A VII

ACCESO PONIENTE.

SEGUNDA VOLADURA, PARA RAMPA DE ACCESO AL TUNEL.

TABLA DE CARGA:

DATOS:

2a. AREA =  $86 \text{ m}^2$ .

BARRENACION =  $1.70 \text{ m } \phi \text{ 38 mm.}$

AVANCE ESTIMADO POR VOLADURA =  $1.31 \text{ m.}$

VOLUMEN POR VOLADURA =  $112.66 \text{ m}^3$ .

EXPLOSIVO = GELAMEX 2 DE  $1 \text{ 1/8"}$

PESO POR CARTUCHO =  $0.150 \text{ kg.}$

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION
			CONCRETA QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.		
INTERIOR	INST.	12	7	-	7	1.05	12.6	1
INTERIOR	MS 25	4	7	-	7	1.05	4.2	1
INTERIOR	MS 50	12	7	-	7	1.05	12.6	1/2
INTERIOR	MS 75	4	7	-	7	1.05	4.2	1/2
INTERIOR	MS 100	12	7	-	7	1.05	12.6	1/3
INTERIOR	MS 125	4	7	-	7	1.05	4.2	1/3
INTERIOR	MS 150	12	7	-	7	1.05	12.6	1/3
INTERIOR	MS 175	4	7	-	7	1.05	4.2	1/3
INTERIOR	MS 200	8	7	-	7	1.05	8.4	1/3
INTERIOR	MS 250	4	7	-	7	1.05	4.2	1/6
PARED	AC 1	4	8	-	8	1.2	4.8	1/12
PARED	AC 2	8	8	-	8	1.2	9.6	1/12
TOTAL		88					94.2	
		COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{94.2}{112.6} = 0.84 \text{ kg/m}^3$ .						

T A B L A    V I I I

ACCESO PONIENTE.

TERCERA VOLADURA, PARA LA RAMPA DE ACCESO AL TUNEL.

TABLA DE CARGA.

DATOS:

3a. AREA = 57.7 m<sup>2</sup>.

BARRENACION = 1.70 m.  $\phi$  = 38 mm.

AVANCE ESTIMADO POR VOLADURA = 1.31 m.

VOLUMEN POR VOLADURA = 75.59 m<sup>3</sup>.

EXPLOSIVO = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.150 kg Y

GELAMEX 2 DE 7/8" (BARRENOS PERIMETRALES).

PESO POR CARTUCHO = 0.095 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8 X 8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION
			CONCRETO QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.		
INTERIOR	INST.	8	7	-	7	1.05	8.4	1
INTERIOR	MS 25	4	7	-	7	1.05	4.2	1
			GELAMEX 2, 7/8" x 8"					
PARED	AC 1	28	1	5	6	0.57	15.96	1/12
PARED	AC 2	40	1	5	6	0.57	22.8	1/12
PARED	AC 3	4	1	5	6	0.57	2.28	1/12
TOTAL		84					53.64	
		COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{53.64}{75.59} = 0.71 \text{ kg/m}^3$ .						

### III. Excavación del acceso oriente.

Se hará en dos etapas, la primera una excavación a cielo abierto y la comunicación final a la estación por medio de la excavación de un túnel.

#### III.1. Excavación a cielo abierto.

##### III.1.1. Excavación de la roca del cajón principal.

En la figura II.42, se dan las dimensiones del acceso oriente -- despues de haberse localizado el trazo del perímetro de la excavación a cielo abierto.

En esta etapa se excavará por medio de explosivos, para la extracción de la roca, se hará en tres avances.

##### III.1.1.1. Voladuras para el primer avance.

Se ha dividido la excavación en cuatro voladuras, como se muestra en la figura II.43, se dividió ésta figura en dos partes, con respecto al eje A-A', para hacer más legible el diagrama de barrenación.

##### A) Características de la voladura.

Profundidad de la barrenación	2.28m.
Inclinación de barrenos.	Verticales
Diámetro de barrenación	38 mm. (serie 12)
Explosivos	Gelamex 2.
Estopines	M.S.

##### B) Diagrama de Barrenación y secuencia de ignición.

El diagrama de barrenación y secuencia de ignición se muestra en las figuras II.44. y II.45, aquí se observa con detalle las cuatro voladuras mencionadas en la figura II.43, en la figura II.46 se detalla la cuña GRONLUND que se usará para empezar la excavación.

##### B.1. Carga de los barrenos para las diferentes voladuras. Primera voladura, para el primer avance.

Se dan las cargas para la primera voladura y la cuña GRONLUND - en la tabla I; y en las tablas II, III y IV para la segunda, tercer y cuarta voladura respectivamente.

##### III.1.1.2. Voladura para el segundo avance.

##### A) Características de voladura.

Profundidad de barrenación	1.62m.
Inclinación de barrenos	Verticales
Diámetro de barrenación	38 mm. (serie 12)
Explosivos	Gelamex 2
Estopines	M.S.

### B. Diagrama de Barrenación y secuencia de ignición.

El diagrama de barrenación y secuencia de ignición se muestra en la figura II.47 y II.48, el diagrama sólo ha variado en la parte de la rampa de entrada.

Detallándose las tres voladuras, en la figura II.46 se detalla - la cuña GRONLUND que se usará para empezar la excavación.

#### B.1. Carga de los barrenos para las diferentes voladuras.

Primera voladura, del segundo avance.

Se dan las cargas para la primera voladura del segundo avance de la cuña GRONLUND en la tabla VI en las tablas VII y VIII, se dan las cargas para la segunda, tercera y cuarta voladura del segundo avance respectivamente.

#### III.1.1.3. Profundidad de la excavación a cielo abierto del primero y segundo avance.

La profundidad de esta excavación será de 5.95m. con taludes verticales como se muestra en la figura II.49, en la cual se pueden observar los dos avances de esta excavación, con la línea punteada se da la inclinación de la rampa.

#### III.1.1.4. Voladura para el tercer avance.

Es la excavación del cajón de la segunda rampa, cuya área se muestra en la figura II.51.

##### A) Características de la voladura.

Profundidad de barrenación	1.62 m.
Inclinación de barrenación	Verticales
Diámetro de barrenación	38 mm.
Explosivos	Gelamex 2
Estopines	M.S.

##### B) Diagrama de barrenación y secuencia de ignición.

El diagrama de barrenación y secuencia de ignición se muestra en la figura II.49, donde se observan las tres voladuras.

La cuña GRONLUND se detalla en la figura II.46.

#### B.1. Carga de barrenos para las diferentes voladuras.

Se dan las cargas para la primera voladura del tercer avance y - de la cuña GRONLUND en la tabla XI, en la tabla XII y XIII se dan las cargas para la segunda y tercer voladura, del tercer avance respectivamente.

#### III.1.1.5. Profundidad de excavación en el tercer avance.

Se llegará a profundidad de 9.5 m., con talud vertical como se muestra en la figura II.53.

A ésta profundidad ya no se encontrará roca, y para alcanzar los 9.58m, se excavará en suelo por métodos tradicionales.

En la figura II.53 se observa lo que se excavará de suelo.

III.1.1.6 Excavación de la roca en la rampa de la primera escalera.

Para dar la pendiente conque se asentará la escalera, se harán barrenos con diferentes profundidades como se observa en la figura II.50

A) Características de voladura.

Profundidad de barrenación	Variable.
Inclinación de los barrenos.	Verticales.
Diámetro de barrenación.	38 mm (serie 12)
Explosivos	Gelamex 2
Estopines	M.S.

B) Diagrama de barrenación y secuencia de ignición.

El diagrama de barrenación y secuencia de ignición se muestra en la figura II.50 en la cual solo se muestra una rampa de una escalera de las dos que se muestran en la figura II.25, ya que estas son iguales.

B.1.) Carga de los barrenos de las diferentes voladuras.

Se dan las cargas en las tablas IX y X para la primer voladura en la rampa de la primera escalera y segunda voladura en la rampa de la primera escalera respectivamente.

Con lo anterior se termina la etapa de excavación a cielo abierto y se procederá a excavar el túnel de comunicación a la estación M.A. de Quevedo bajo las siguientes especificaciones.

III.2. Excavación del túnel del acceso oriente de la estación - Miguel Angel de Quevedo.

Este túnel tendrá una sección como la que se muestra en la figura II.54, éste túnel alojará la rampa de la segunda escalera -- del acceso oriente de la estación M.A. de Quevedo.

Este túnel se construirá en dos etapas.

- 1a. Etapa. Excavación del túnel horizontal.
- 2a. Etapa. Excavación del túnel inclinado.

La ubicación de estos túneles con la excavación a cielo abierto se muestra en la figura II.55.

1a. Etapa, excavación del túnel horizontal.

Esta excavación se iniciará por el interior de la estación. Por las características especiales de este túnel que se une a la estación con un ángulo de 30° (ver figura II.56); nos da una sección en el inicio del túnel horizontal mayor que la mostrada en la figura II.54.

Por lo anterior se pondrá un emportalamiento y una trabe de borde.

Antes de iniciar la excavación del túnel horizontal deberá colocarse una mayor estabilidad en el terreno al inicio de la excavación del túnel. El procedimiento para la colocación de las anclas se describe a continuación, ver figura II.56.

A.- Se realizarán perforaciones de 1 1/4" de diámetro en la parte media superior de la sección del túnel horizontal. Estas perforaciones servirán para alojar a las anclas y se hará con una profundidad de 3.0 m. de distancia, su ubicación estará dada por la división de la sección en 12 ángulos de 15° cada uno ver figura II.56, las anclas seguirán el eje a 30° del túnel horizontal.

B.- Una vez realizadas las perforaciones se deberán colocar las varillas de 1" de diámetro y posteriormente se procederá a inyectar con una lechada en una proporción de dos partes de cemento por una de agua y una presión de 4Kg/cm<sup>2</sup>.

C.- Cuando se hayan colocado todas las anclas, se procederá a excavar el área correspondiente a la sección del túnel; una vez descubierta ésta área, se construirá una trabe de borde en todo el perímetro del túnel, como se muestra en la figura II.57.

La excavación del frente de ataque será en la mitad superior siguiendo la secuencia de la figura II.53 la cual presenta un banquete a la mitad y con una longitud de avance de 2.0m.

La excavación del frente de ataque será vertical.

La excavación se hará hasta que la clave del túnel horizontal alcance el cambio de dirección de la clave del túnel inclinado figura II.58.

Rezaga del material producto de la excavación.

Conforme se vaya atacando el frente de la excavación el material rezagado se irá depositando en vagonetas, ya sea directamente ó a través de un cargador frontal mediante una tolva. Se transportará el material hasta la lumbrera donde se procederá a vaciarlo en tolvas receptoras ó extraerlos hasta la superficie mediante una torre de manteo.

#### ADEMADO.

Con objeto de soportar las cargas producto de la excavación, será necesario colocar un sistema de ademado provisional constituido por concreto lanzado y marcos de acero, cuyo proceso de estructuración es el siguiente.

#### Colocación del concreto lanzado.

El concreto lanzado se irá aplicando conforme se vayan descubriendo tramos de 2.0m. de longitud, en cada una de las secciones de ataque se irá colocando una malla electrosoldada del tipo 6x6 #6 luego se aplicará una primera capa de concreto de 5cm de espesor.

### Colocación de marcos.

Colocada la primera capa de concreto lanzado se procederá a instalar los marcos convencionales, estos marcos irán perpendiculares al eje del túnel, los marcos se colocarán hasta donde principie la clave del túnel inclinado, a 30° ver figura II.58.

### 2a. Etapa. Excavación del túnel inclinado.

Este túnel por su inclinación no convendrá ponerle un ademado metálico, se iniciará la excavación en la mitad superior indicada en la figura II.59, longitud de avance de 2.0 m.

En la figura II.59 se observa que los avances 1 y 2 son transición entre el túnel horizontal y el inclinado.

La excavación del frente de ataque será vertical.

En la terminación del túnel inclinado se encontrará con un poco de roca, la cual se necesitará quitar por medio de uno o dos barrenos con explosivos.

### Rezaga.

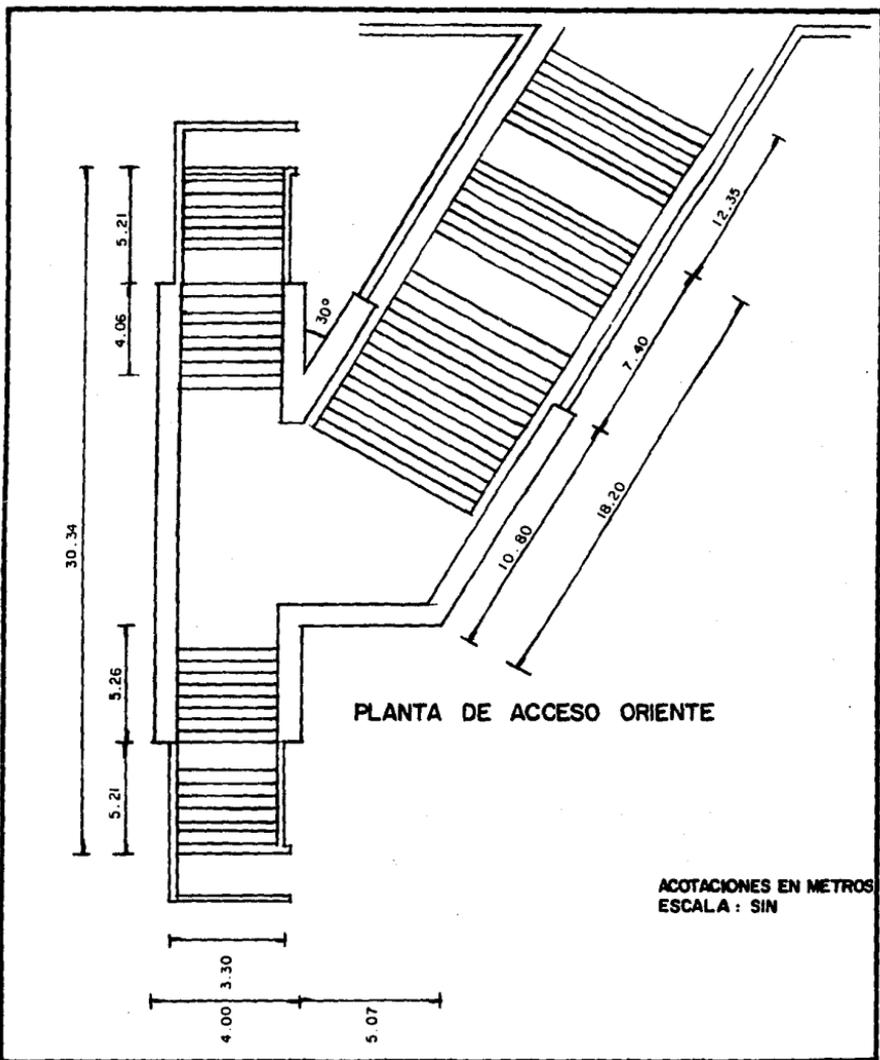
Para la rezaga del material producto de la excavación de este túnel, se seguirán las especificaciones dadas para el túnel horizontal.

### Ademado.

El ademado será por medio de concreto lanzado, el cual se hará en dos partes.

a) Conforme se vayan descubriendo tramos de dos metros de longitud en cada una de las secciones de ataque, se deberá ir colocando una malla electrosoldada del tipo 6x6 6/6 e inmediatamente después lanzar una primera capa de concreto de 5 cm. de espesor.

Cuando la primera capa de concreto lanzado haya fraguado, inmediatamente se deberá colocar una segunda capa de 10 cm. de espesor, quedando así constituido el recubrimiento provisional de 15 cm, de espesor como se indica en la figura II.59.



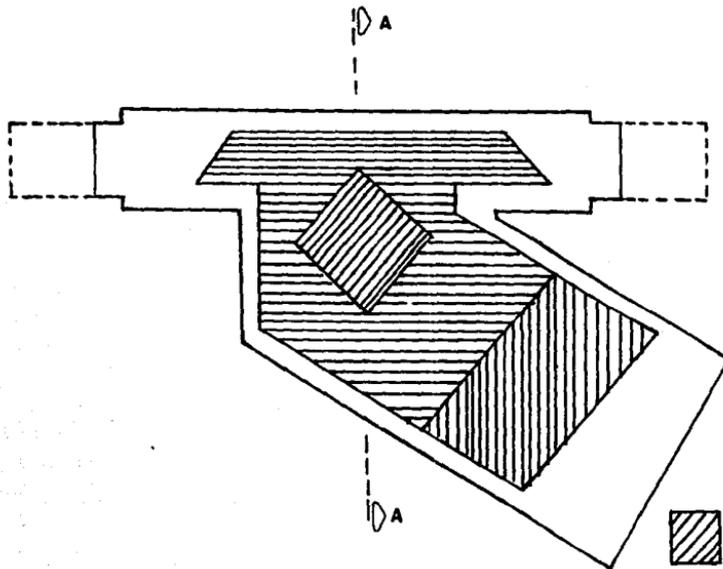
UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II.42

UNAM - ENEP ACATLAN  
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

TESIS PROFESIONAL  
ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987

INGENIERIA CIVIL  
FIG. II.43

ACCESO ORIENTE



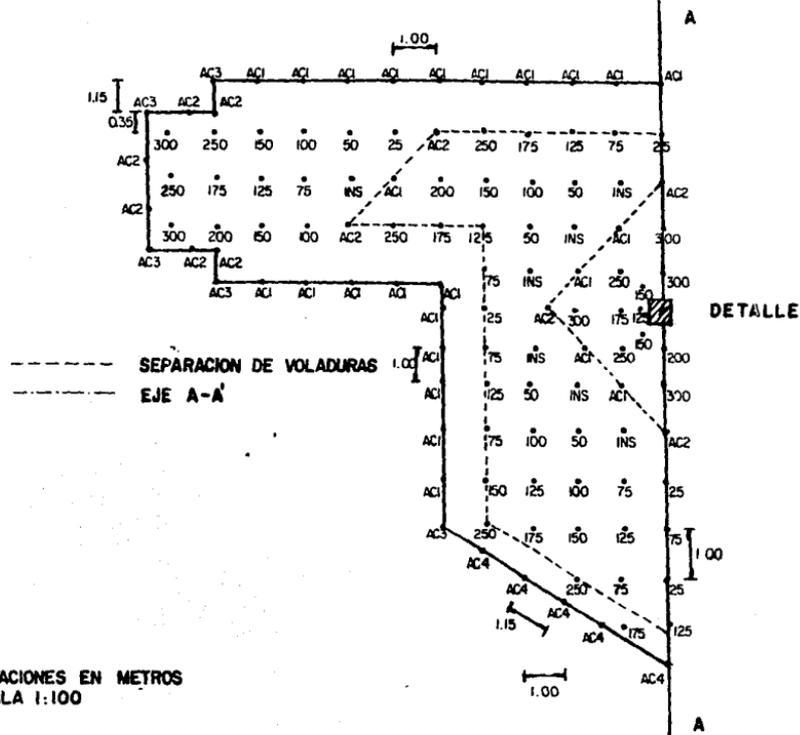
ESQUEMA DE VOLADURAS PARA  
EL PRIMER AVANCE

ACOTACIONES EN METROS  
ESCALA : 1 : 200

SIMBOLOGIA

-  PRIMERA VOLADURA
-  SEGUNDA VOLADURA
-  TERCERA VOLADURA
-  CUARTA VOLADURA

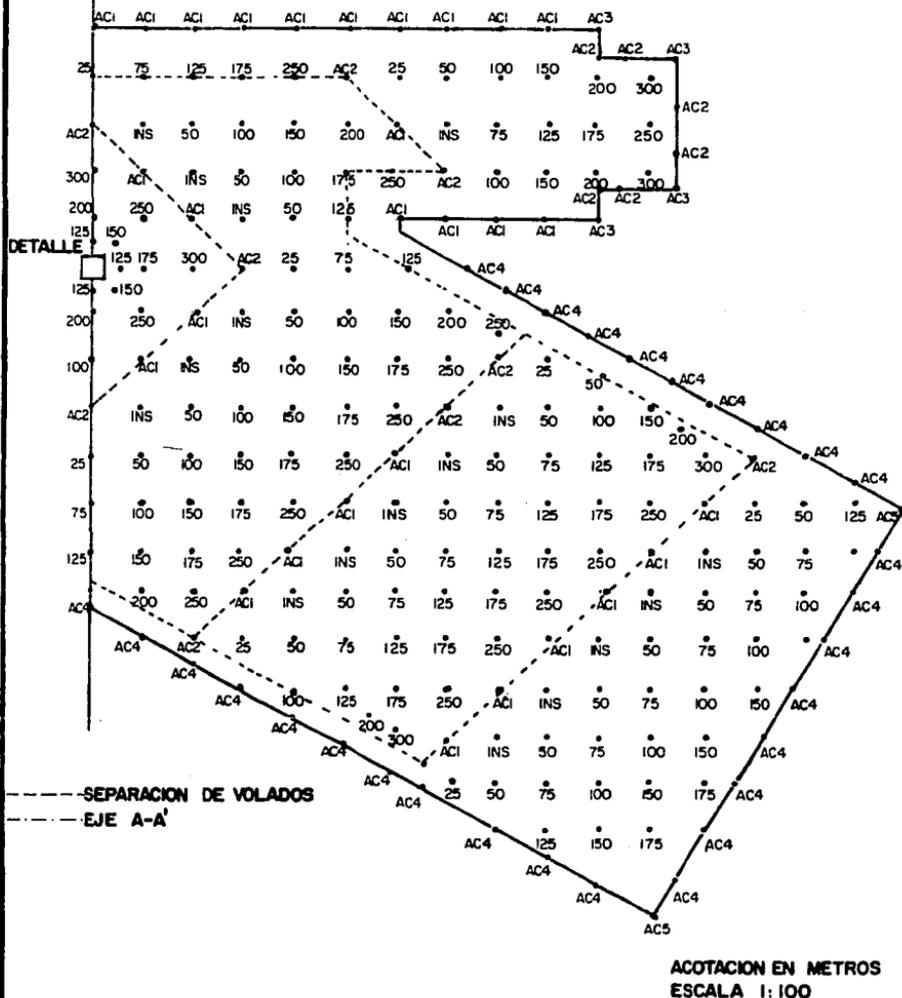
# DIAGRAMA DE BARRENACION PARA EL PRIMER AVANCE



ACOTACIONES EN METROS  
ESCALA 1:100

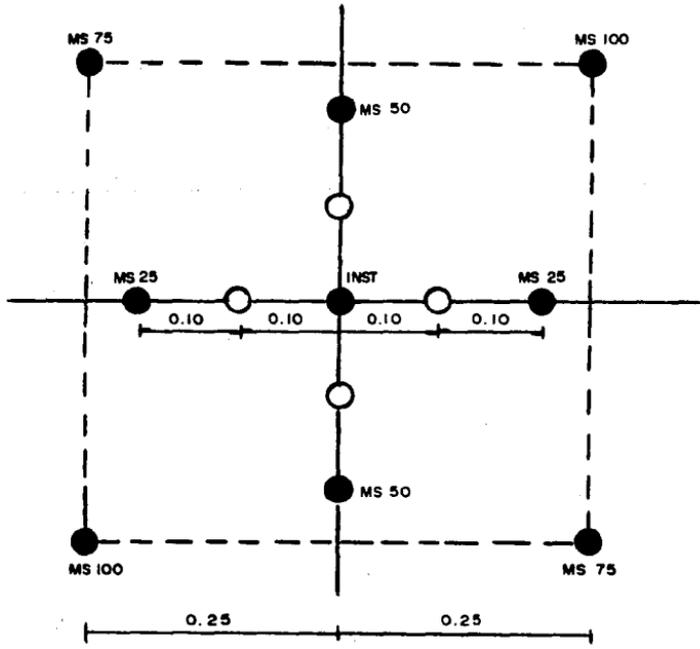
UNAM - ENEP ACANTIAN	TESTIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACANTIAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II-44

# DIAGRAMA DE BARRENACION PARA EL PRIMER AVANCE



UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. II.45

# DETALLE DE CUÑA GRONLUND



○ VACIO  
● CARGADO

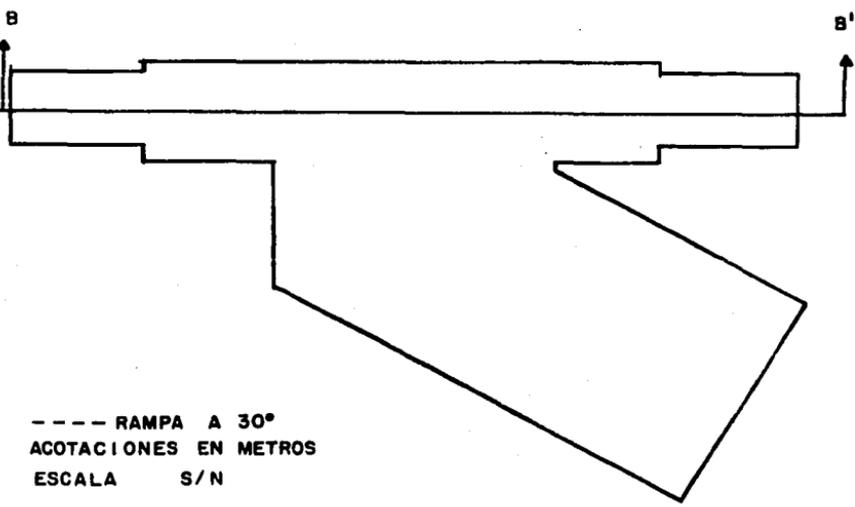
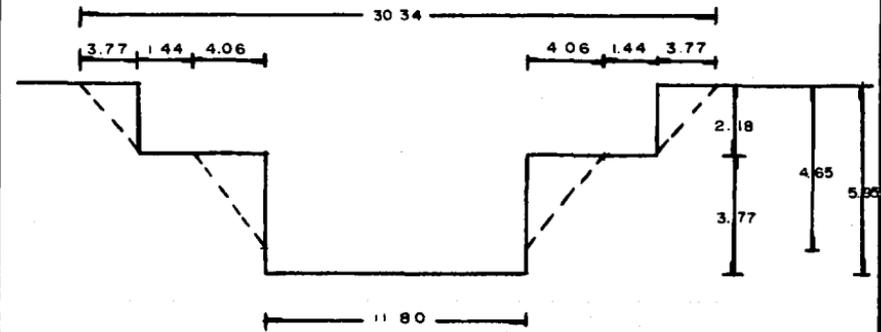
ACOTACIONES EN METROS  
ESCALA 1 5

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	LEGISLERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. II.46





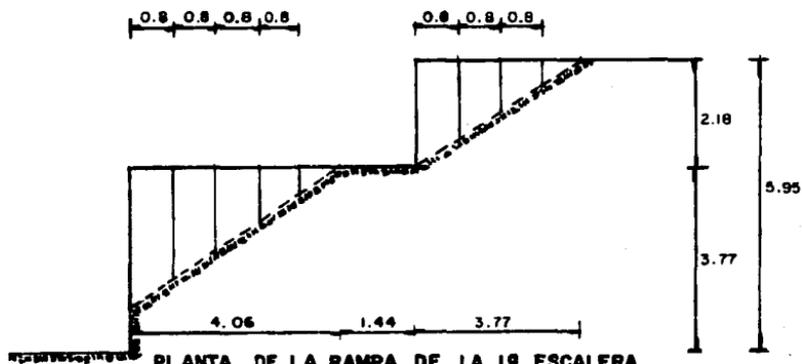
PROFUNDIDAD DE EXCAVACION DEL 1º Y 2º AVANCE  
CORTE B-B'



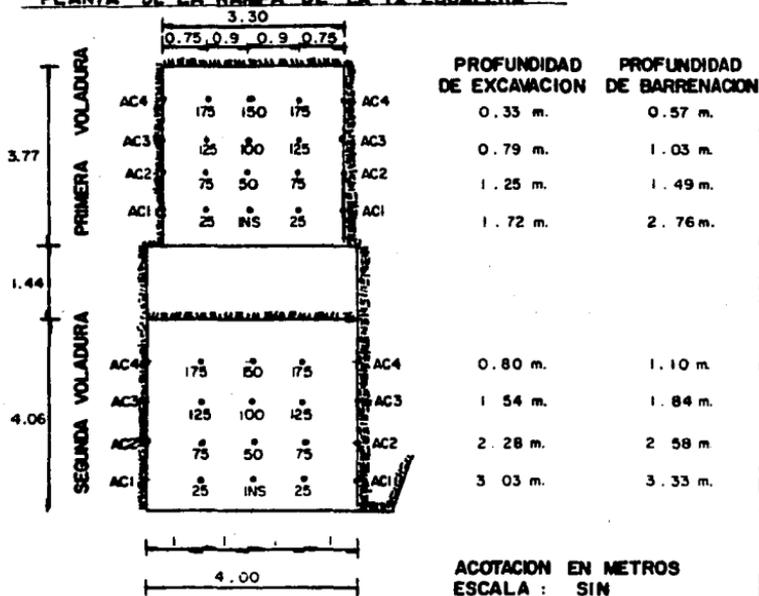
----- RAMPA A 30°  
ACOTACIONES EN METROS  
ESCALA S/N

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARICA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. II.49

PERFIL DE LA RAMPA DE LA 12 ESCALERA



PLANTA DE LA RAMPA DE LA 12 ESCALERA



UNAM - ENEP ACATLAN

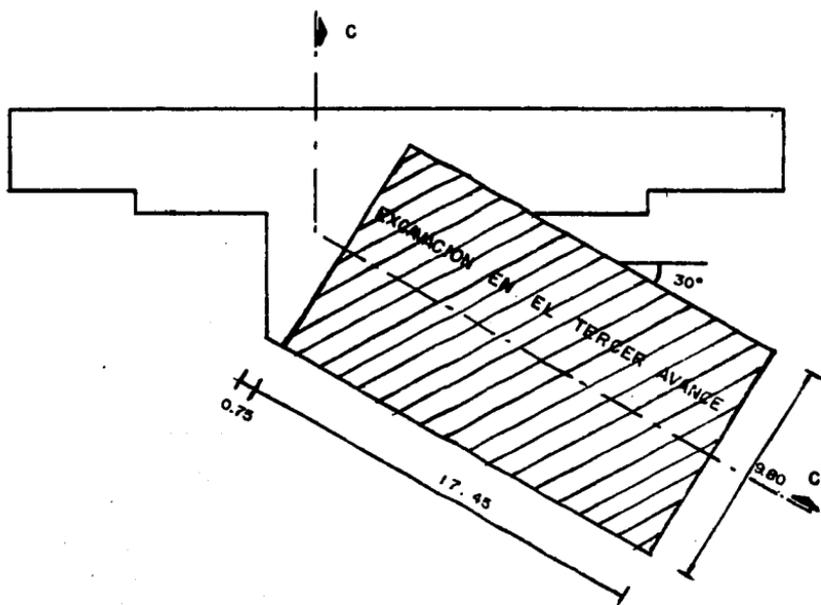
TESIS PROFESIONAL

INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987

FIG. II.50

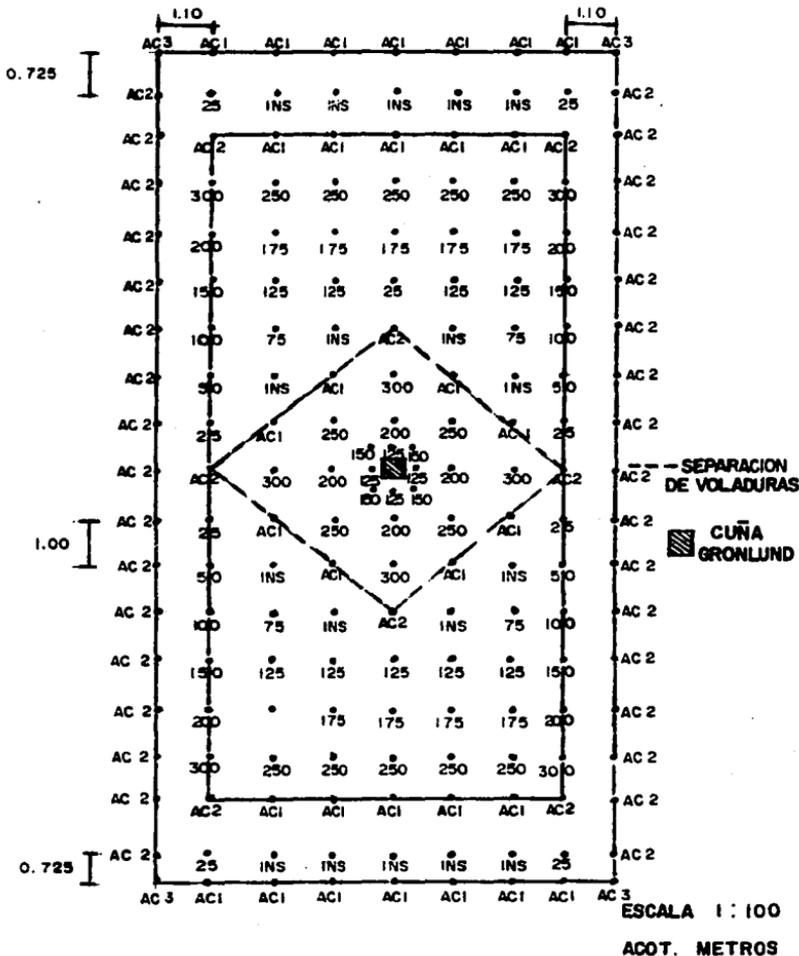


UBICACION DE LA EXCAVACION EN EL 3° NIVEL

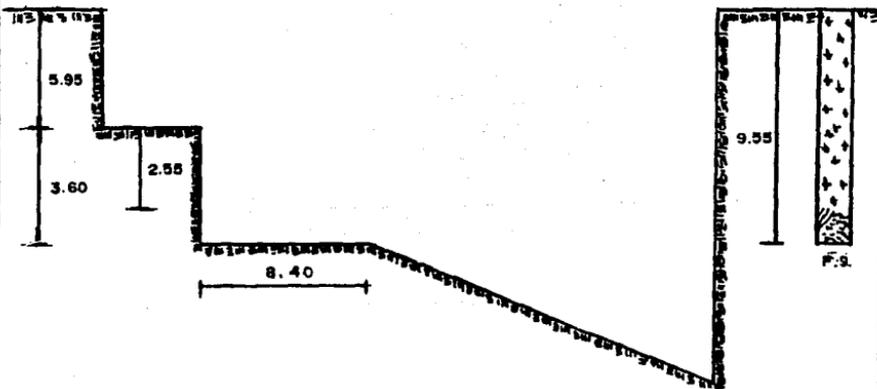
ESCALA 1:200  
ACOT. METROS

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II.51

# DIAGRAMA DE BARRENACION DEL 3º AVANCE



UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II.52



### CORTE LONGITUDINAL C-C' DEL 3º AVANCE

NOTA: CON ESTE TERCER AVANCE EN LA EXCAVACION A CIELO ABIERTO SE LOGRA ATRAVESAR LA ROCA

#### SIMBOLOGIA



ROCA



ARCILLA



ARENA



LIMO



FIN DE SONDEO

SIN ESCALA  
ACOT. METROS

UNAM - ENEP ACATLAN

TESIS PROFESIONAL

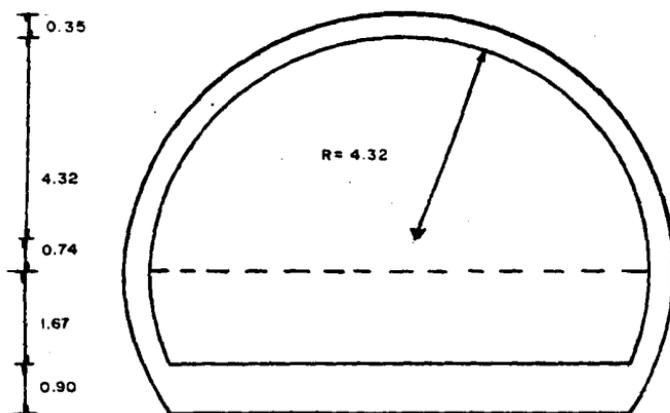
INGENIERIA CIVIL

TOPIAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.

FIG. II.53

## SECCION DEL TUNEL INCLINADO



ACOTACION EN METROS  
ESCALA S / N

UNAM - ENEP ACATLAN

TESIS PROFESIONAL

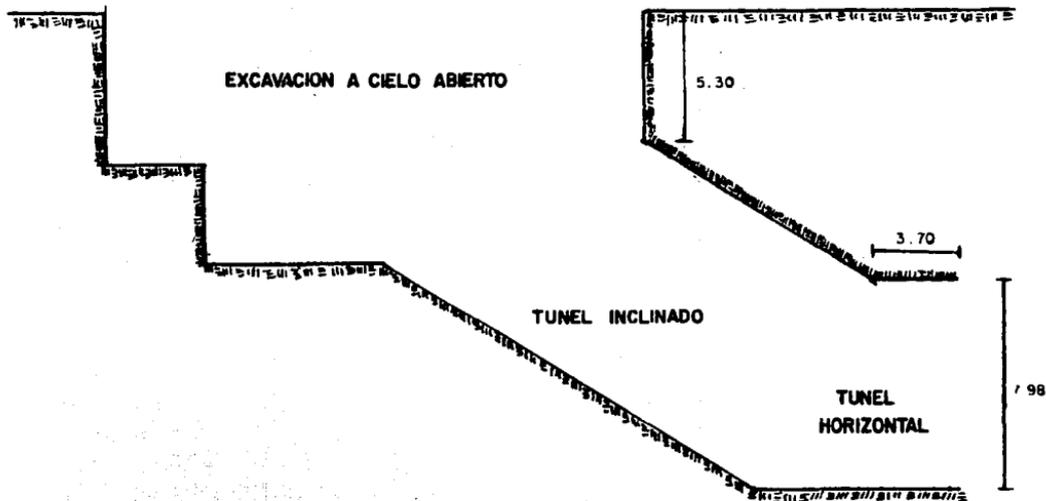
INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.

FIG. II.54

# UBICACION DE LOS TUNELES CON LA EXCAVACION A CIELO ABIERTO



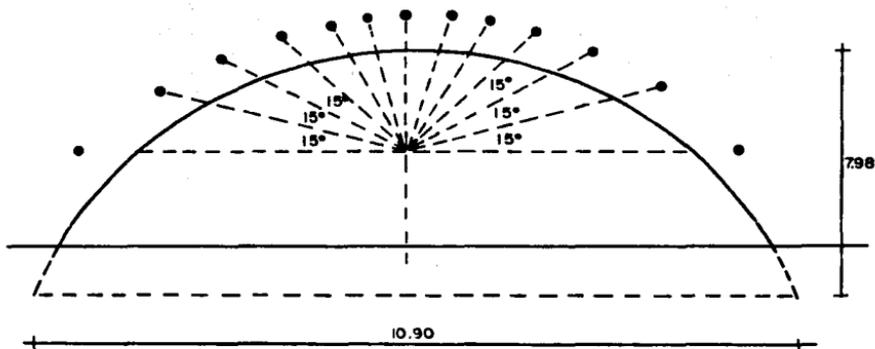
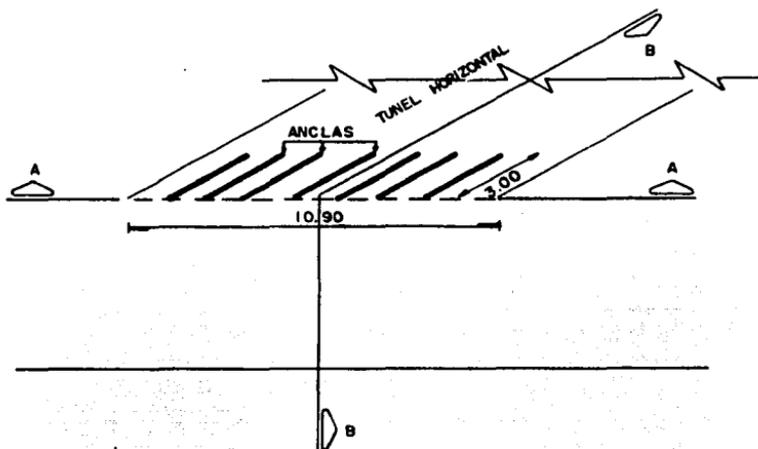
ACOTACION EN METROS  
ESCALA : SIN

UNAMI - EMBP ACATLAN  
TORRES DE LA CRUZ GARCIA

TESIS PROFESIONAL  
ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.

INGENIERIA CIVIL  
FIG. II.55

UBICACION DEL INICIO DE LA EXCAVACION DEL TUNEL HORIZONTAL



CORTE A - A'

ACOT. En m.  
ESC. SIN

UNAM - ENEL ACATLAN

TESIS PROFESIONAL

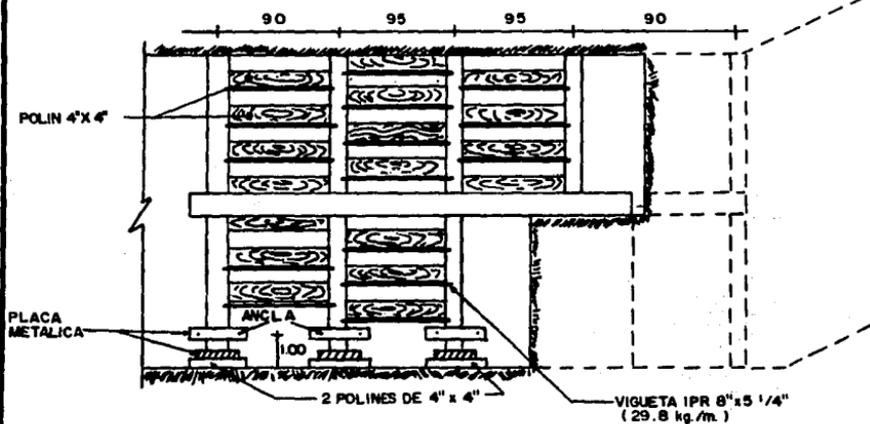
INGENIERIA CIVIL

TURAS DE LA CRUZ GARCIA

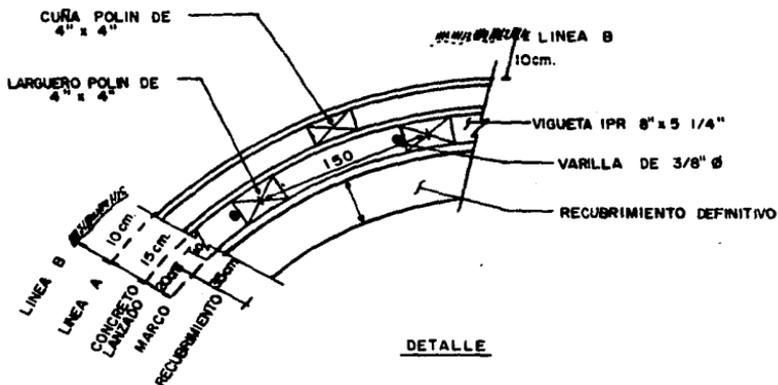
ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.

FIG. II.56

## TRANSICION ENTRE EL TUNEL HORIZONTAL Y EL INCLINADO



CORTE LONGITUDINAL



DETALLE

DIBUJO SIN ESCALA  
ACOTACIONES EN Cms.

UNAM - ENEP ACATLAN

TESIS PROFESIONAL

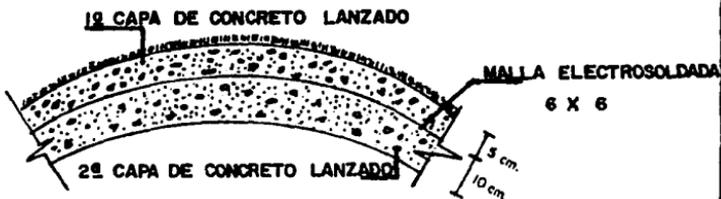
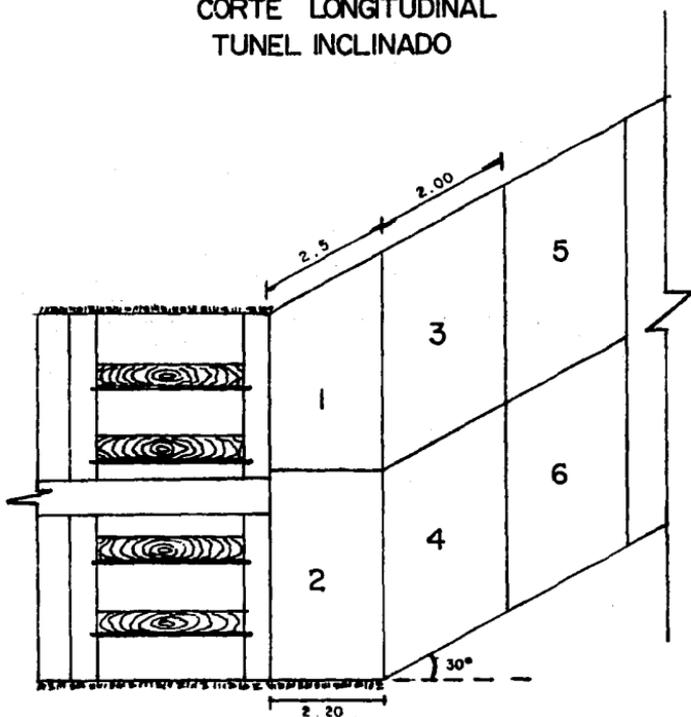
INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.

FIG. II.58

CORTE LONGITUDINAL  
TUNEL INCLINADO



CICLO DE ATAQUE

ACOTACIONES EN METROS  
ESCALA: SIN

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. II.59

T A B L A I

ACCESO ORIENTE.

PRIMER AVANCE, PRIMER VOLADURA.

TABLA DE CARGA.

DATOS:

AREA =  $18 \text{ m}^2$ .

BARRENACION =  $2.28 \times \phi = 38 \text{ mm}$ .

AVANCE ESTIMADO POR VOLADURA = 1.98 m.

VOLUMEN POR VOLADURA =  $18 \text{ m}^2 \times 1.98 = 35.64 \text{ m}^3$ .

EXPLOSIVOS = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.150 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION
			CONCRETA QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.		
CUÑA	INST.	1	1	2	3	0.45	0.45	1
CUÑA	MS 25	2	1	2	3	0.45	0.90	1
CUÑA	MS 50	2	1	2	3	0.45	0.90	1/2
CUÑA	MS 75	2	3	1	4	0.60	1.20	1/2
CUÑA	MS 100	2	3	1	4	0.60	1.20	1/3
AYUDANTE	MS 125	4	3	1	4	0.60	2.40	1/3
AYUDANTE	MS 150	4	3	1	4	0.60	2.40	1/3
AYUDANTE	MS 175	2	4	-	4	0.60	1.20	1/3
AYUDANTE	MS 200	2	4	-	4	0.60	1.20	1/3
AYUDANTE	MS 250	4	4	-	4	0.60	2.40	1/6
AYUDANTE	MS 300	4	4	-	4	0.60	2.40	1/6
PARED	AC 1	8	4	-	4	0.60	4.90	1/12
PARED	AC 2	4	4	-	4	0.60	2.40	1/12
TOTAL		41 + 4 VACIOS					23.95	
			COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{23.95 \text{ kg}}{35.64 \text{ m}^3} = 0.67 \text{ kg/h}^3$ .					

T A B L A   I I

ACCESO ORIENTE.

PRIMER AVANCE, SEGUNDA VOLADURA.

TABLA DE CARGA.

DATOS:

AREA = 87 m<sup>2</sup>.

BARRENACION = 2.28m,  $\phi$  = 38 mm.

AVANCE ESTIMADO POR VOLADURA = 1.98 m.

VOLUMEN POR VOLADURA = 87 x 1.98 = 172.26 m<sup>3</sup>.

EXPLOSIVO = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.150 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8x8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION
			CONCRETA QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.		
INTERIOR	INST.	12	4	-	4	0.60	7.20	1
INTERIOR	MS 25	4	4	-	4	0.60	2.40	1
INTERIOR	MS 50	12	4	-	4	0.60	7.20	1/2
INTERIOR	MS 75	6	4	-	4	0.60	3.60	1/2
INTERIOR	MS 100	11	4	-	4	0.60	6.60	1/3
INTERIOR	MS 125	7	4	-	4	0.60	4.20	1/3
INTERIOR	MS 150	10	4	-	4	0.60	6.00	1/3
INTERIOR	MS 175	11	4	-	4	0.60	6.60	1/3
INTERIOR	MS 200	4	4	-	4	0.60	2.40	1/3
INTERIOR	MS 250	13	4	-	4	0.60	7.80	1/6
PARED	AC 1	7	4	-	4	0.60	4.20	1/12
PARED	AC 2	6	4	-	4	0.60	3.60	1/12
TOTAL		103					61.80	
		COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{61.80 \text{ kg}}{172.26 \text{ m}^3}$					0.36 kg/m <sup>3</sup> .	

T A B L A    I I I

ACCESO ORIENTE.

PRIMER AVANCE, TERCERA VOLADURA.

TABLA DE CARGA.

DATOS:

AREA = 45.5 m<sup>2</sup>.

BARRENACION = 2.28 m.,  $\phi$  = 38 mm.

AVANCE ESTIMADO POR VOLADURA = 1.98 m.

VOLUMEN POR VOLADURA = 45.5 m<sup>2</sup>. x 1.98 = 90.09 m<sup>3</sup>.

EXPLOSIVO = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.150 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION
			CONCRETA QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.		
INTERIOR	INST.	5	4	-	4	0.6	3.0	1
INTERIOR	MS 25	2	4	-	4	0.6	1.2	1
INTERIOR	MS 50	7	4	-	4	0.6	4.2	1/2
INTERIOR	MS 75	5	4	-	4	0.6	3.0	1/2
INTERIOR	MS 100	2	4	-	4	0.6	1.2	1/3
INTERIOR	MS 125	6	4	-	4	0.6	3.6	1/3
INTERIOR	MS 150	1	4	-	4	0.6	0.6	1/3
INTERIOR	MS 175	6	4	-	4	0.6	3.6	1/3
INTERIOR	MS 200	2	4	-	4	0.6	1.2	1/3
INTERIOR	MS 250	5	4	-	4	0.6	3.0	1/6
INTERIOR	MS 300	2	4	-	4	0.6	1.2	
PARED	AC 1	6	4	-	4	0.6	3.6	1/12
PARED	AC 2	2	4	-	4	0.6	1.2	1/12
TOTAL		51					30.60	
		COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{30.60}{90.09}$ kg = 0.34 kg/m <sup>3</sup> .						

T A B L A    I V

ACCESO ORIENTE.

PRIMER AVANCE, CUARTA VOLADURA.

TABLA DE CARGA.

DATOS:

AREA = 110 m<sup>2</sup>.

BARRENACION = 2.28 m.,  $\phi$  = 38 mm.

AVANCE ESTIMADO POR VOLADURA = 1.98 m.

VOLUMEN POR VOLADURA = 1.98 m x 110 = 217.8 m<sup>3</sup>.

EXPLOSIVO = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.150 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8 X 8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION	
			CON RETA QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.			
INTERIOR	INST.	7	4	-	4	0.60	4.2	1	
INTERIOR	MS 25	4	4	-	4	0.60	2.4	1	
INTERIOR	MS 50	9	4	-	4	0.60	5.4	1	
INTERIOR	MS 75	8	4	-	4	0.60	4.8	1/2	
INTERIOR	MS 100	9	4	-	4	0.60	5.4	1/3	
INTERIOR	MS 125	4	4	-	4	0.60	2.4	1/3	
INTERIOR	MS 150	8	4	-	4	0.60	4.8	1/3	
INTERIOR	MS 175	4	4	-	4	0.60	2.4	1/3	
INTERIOR	MS 200	4	4	-	4	0.60	2.4	1/3	
INTERIOR	MS 250	2	4	-	4	0.60	1.2	1/6	
INTERIOR	MS 300	4	4	-	4	0.60	2.4	1/6	
			GELAMEX 2 7/8" x 8"						
PARED	AC 1	34	1	-	4	0.38	12.92	1/12	
PARED	AC 2	11	1	-	4	0.38	4.18	1/12	
PARED	AC 3	8	1	-	4	0.38	3.04	1/12	
PARED	AC 4	34	1	-	4	0.38	12.92	1/12	
PARED	AC 5	2	1	-	4	0.38	0.76	1/12	
TOTAL		152					71.62		
		COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{71.62 \text{ kg.}}{217.8 \text{ m}^3}$ = 0.33 kg/m <sup>3</sup> .							

T A B L A   V

ACCESO ORIENTE.

SEGUNDO AVANCE, PRIMERA VOLADURA.

TABLA DE CARGA.

DATOS:

AREA = 18 m<sup>2</sup>.

BARRENACION = 1.62 m.,  $\phi$  = 38 mm.

AVANCE ESTIMADO POR VOLADURA = 1.32 m.

VOLUMEN POR VOLADURA = 18 m<sup>2</sup>. x 1.32 = 23.76 m<sup>3</sup>.

EXPLOSIVO = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO 0.150 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8x8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION
			CONCRETA QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.		
CUNA	INST.	1	1	2	3	0.45	0.45	1
CUNA	MS 25	2	1	2	3	0.45	0.90	1
CUNA	MS 50	2	1	2	3	0.45	0.90	1/2
CUNA	MS 75	2	1	2	3	0.45	0.90	1/2
AYUDANTES	MS 100	2	2	1	3	0.45	0.90	1/3
AYUDANTES	MS 125	4	2	1	3	0.45	1.80	1/3
AYUDANTES	MS 150	4	2	1	3	0.45	1.80	1/3
AYUDANTES	MS 175	2	3	-	3	0.45	0.90	1/3
AYUDANTES	MS 200	2	3	-	3	0.45	0.90	1/3
AYUDANTES	MS 250	4	3	-	3	0.45	1.80	1/6
AYUDANTES	MS 300	4	3	-	3	0.45	1.80	1/6
PARED	AC 1	8	3	-	3	0.45	3.60	1/12
PARED	AC 2	4	3	-	3	0.45	1.80	1/12
TOTAL		41 + 4 VACIOS					18.45	
			COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{18.45 \text{ kg.}}{23.76 \text{ m}^3} = 0.78 \text{ kg/m}^3$ .					

T A B L A VI

ACCESO ORIENTE.

SEGUNDO AVANCE, SEGUNDA VOLADURA.

TABLA DE CARGA.

DATOS:

AREA = 85 m<sup>2</sup>.

BARRENACION = 1.62 m.,  $\phi$  = 38 mm.

AVANCE ESTIMADO POR VOLADURA = 1.32 m.

VOLUMEN POR VOLADURA = 85 m<sup>2</sup>. x 1.32 = 112.20 m<sup>3</sup>.

EXPLOSIVO = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.150 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8 X 8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION
			CON RETA QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.		
INTERIOR	INST.	12	3	-	3	0.45	5.40	1
INTERIOR	MS 25	4	3	-	3	0.45	1.80	1
INTERIOR	MS 50	12	3	-	3	0.45	5.40	1/2
INTERIOR	MS 75	6	3	-	3	0.45	2.70	1/2
INTERIOR	MS 100	11	3	-	3	0.45	4.95	1/3
INTERIOR	MS 125	7	3	-	3	0.45	3.15	1/3
INTERIOR	MS 150	10	3	-	3	0.45	4.5	1/3
INTERIOR	MS 175	11	3	-	3	0.45	4.95	1/3
INTERIOR	MS 200	4	3	-	3	0.45	1.80	1/3
INTERIOR	MS 250	10	3	-	3	0.45	4.50	1/6
INTERIOR	MS 300	2	3	-	3	0.45	0.90	1/6
PARED	AC 1	5	3	-	3	0.45	2.25	1/12
PARED	AC 2	2	3	-	3	0.45	0.90	1/12
TOTAL		96					43.20	
			COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{43.20 \text{ kg.}}{112.20 \text{ m}^3} = 0.39 \text{ kg/m}^3$ .					

T A B L A VII

ACCESO ORIENTE.

SEGUNDO AVANCE, TERCERA VOLADURA.

TABLA DE CARGA.

DATOS:

AREA = 45 m<sup>2</sup>.

BARRENACION = 1.62 m.,  $\phi$  = 38 mm.

AVANCE ESTIMADO POR VOLADURA = 1.32 m.

VOLUMEN POR VOLADURA - 45 m<sup>2</sup> x 1.32 m. = 59.4 m<sup>3</sup>.

EXPLOSIVO = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.150 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8x8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION
			CONCRETA QUE	SIN CONCRETA QUE	CART.	KG.		
INTERIOR	INST.	5	3	-	3	0.45	2.25	1
INTERIOR	MS 25	2	3	-	3	0.45	0.90	1
INTERIOR	MS 50	6	3	-	3	0.45	2.70	1/2
INTERIOR	MS 75	5	3	-	3	0.45	2.25	1/2
INTERIOR	MS 100	2	3	-	3	0.45	0.90	1/3
INTERIOR	MS 125	6	3	-	3	0.45	2.70	1/3
INTERIOR	MS 150	1	3	-	3	0.45	0.45	1/3
INTERIOR	MS 175	6	3	-	3	0.45	2.70	1/3
INTERIOR	MS 200	2	3	-	3	0.45	0.90	1/3
INTERIOR	MS 250	5	3	-	3	0.45	2.25	1/6
INTERIOR	MS 300	2	3	-	3	0.45	0.90	1/6
PARED	AC 1	5	3	-	3	0.45	2.25	1/12
PARED	AC 2	2	3	-	3	0.45	0.90	1/12
TOTAL		49					22.05	
			COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{22.05 \text{ kg.}}{59.4 \text{ m}^3} = 0.37 \text{ kg/m}^3$ .					

T A B L A VIII

ACCESO ORIENTE.

SEGUNDO AVANCE, CUARTA VOLADURA.

TABLA DE CARGA.

DATOS:

AREA = 80 m<sup>2</sup>.

BARRENACION = 1.62 m.,  $\phi$  = 38 mm.

AVANCE ESTIMADO POR VOLADURA = 1.32 m.

VOLUMEN POR VOLADURA = 80 m<sup>2</sup>. x 1.32 m = 105.60 m<sup>3</sup>.

EXPLOSIVO = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.150 kg.

GELAMEX 2 de 7/8" (BARRENOS PERIMETRALES)

PESO POR CARTUCHO = 0.095 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION	
			CONCRETA QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.			
INTERIOR	INST.	6	3	-	3	0.45	2.70	1	
INTERIOR	MS 25	2	3	-	3	0.45	0.90	1	
INTERIOR	MS 50	7	3	-	3	0.45	3.15	1/2	
INTERIOR	MS 75	6	3	-	3	0.45	2.70	1/2	
INTERIOR	MS 100	6	3	-	3	0.45	2.70	1/3	
INTERIOR	MS 125	2	3	-	3	0.45	0.90	1/3	
INTERIOR	MS 150	4	3	-	3	0.45	1.80	1/3	
INTERIOR	MS 175	2	3	-	3	0.45	0.90	1/3	
			GELAMEX 2 7/8" x 8"						
PARED	AC 1	12	1	2	3	0.29	3.48	1/12	
PARED	AC 2	11	1	2	3	0.29	3.19	1/12	
PARED	AC 3	4	1	2	3	0.29	1.16	1/12	
PARED	AC 4	34	1	2	3	0.29	9.86	1/12	
PARED	AC 5	2	1	2	3	0.29	0.58	1/12	
TOTAL		98					34.02		
			COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{34.02 \text{ kg.}}{105.60 \text{ m}^3} = 0.32 \text{ kg/m}^3$ .						

T A B L A IX

ACCESO ORIENTE.

PRIMERA VOLADURA DE LA ROCA EN LA ESCALERA DEL ACCESO.

DATOS:

AREA = 12.44 m<sup>2</sup>.

BARRENACION = VARIABLE (VER FIG. NO. 7.1).

AVANCE = VARIABLE 1.09 m.

VOLUMEN DE VOLADURA = 13.56 m<sup>3</sup>.

EXPLOSIVOS = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.15 kg.

GELAMEX 2 DE 7/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.095.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8 x 8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION	
			CONCRETO QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.			
INTERIOR	INST.	1	5	-	5	0.75	0.75	1	
INTERIOR	MS 25	2	5	-	5	0.75	1.50	1	
INTERIOR	MS 50	1	3	-	3	0.45	0.45	1/2	
INTERIOR	MS 75	2	3	-	3	0.45	0.45	1/2	
INTERIOR	MS 100	1	2	-	2	0.30	0.30	1/3	
INTERIOR	MS 125	2	2	-	2	0.30	0.60	1/3	
INTERIOR	MS 150	1	1	-	1	0.15	0.15	1/3	
INTERIOR	MS 175	2	1	-	1	0.15	0.30	1/3	
			GELAMEX 2 7/8" x 8"						
PARED	AC 1	2	1	4	5	0.48	0.96	1/12	
PARED	AC 2	2	1	2	3	0.29	0.58	1/12	
PARED	AC 3	2	1	1	2	0.19	0.38	1/12	
PARED	AC 4	2	1	-	1	0.095	0.19	1/12	
TOTAL		20					6.61		
			COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{6.61 \text{ kg.}}{13.56 \text{ m}^3} = 0.49 \text{ kg/m}^3$ .						

T A B L A X

ACCESO ORIENTE.

SEGUNDA VOLADURA DE LA ROCA EN LA ESCALERA DEL ACCESO.

DATOS:

AREA = 16.24 m<sup>2</sup>.

BARRENACION = VARIABLE (VER FIG.NO. 7.1).

AVANCE = VARIABLE 1.88 m.

VOLUMEN POR VOLADURA = 30.61 m<sup>3</sup>.

EXPLOSIVOS = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.15 kg.

GELAMEX 2 DE 7/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.095 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8 x 8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION	
			CON RETA QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.			
INTERIOR	INST.	1	6	-	6	0.9	0.90	1	
INTERIOR	MS 25	2	6	-	6	0.9	1.80	1	
INTERIOR	MS 50	1	5	-	5	0.75	0.75	1/2	
INTERIOR	MS 75	2	5	-	5	0.75	1.50	1/2	
INTERIOR	MS 100	1	4	-	4	0.60	0.60	1/3	
INTERIOR	MS 125	2	4	-	4	0.60	1.20	1/3	
INTERIOR	MS 150	1	2	-	2	0.30	0.30	1/3	
INTERIOR	MS 175	2	2	-	2	0.30	0.60	1/3	
			GELAMEX 2 7/8" x 8"						
PARED	AC 1	2	1	5	6	0.57	1.24	1/12	
PARED	AC 2	2	1	4	5	0.48	0.96	1/12	
PARED	AC 3	2	1	3	4	0.38	0.76	1/12	
PARED	AC 4	2	1	1	2	0.19	0.38	1/12	
TOTAL		20					10.99		
			COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{10.99 \text{ kg.}}{30.61 \text{ m}^3} = 0.36 \text{ kg/m}^3$ .						



T A B L A   X I I

ACCESO ORIENTE.

TERCER AVANCE, SEGUNDA VOLADURA.

TABLA DE CARGA.

DATOS:

AREA = 77.21 m<sup>2</sup>.

BARRENACION = 1.62 m.,  $\phi$  = 38 mm.

AVANCE ESTIMADO POR VOLADURA = 1.32 m.

VOLUMEN POR VOLADURA = 77.21 m<sup>2</sup> x 1.32 m = 101.92 m<sup>3</sup>.

EXPLOSIVO = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO - 0.150 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION	
			CONCRETO QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.			
INTERIOR	INST.	8	3	-	3	0.45	3.60	1	
INTERIOR	MS 25	6	3	-	3	0.45	2.70	1	
INTERIOR	MS 50	4	3	-	3	0.45	1.80	1/2	
INTERIOR	MS 75	4	3	-	3	0.45	1.80	1/2	
INTERIOR	MS 100	4	3	-	4	0.45	1.80	1/3	
INTERIOR	MS 125	8	3	-	3	0.45	3.60	1/3	
INTERIOR	MS 150	4	3	-	3	0.45	1.80	1/3	
INTERIOR	MS 175	10	3	-	3	0.45	4.50	1/3	
INTERIOR	MS 200	4	3	-	3	0.45	1.80	1/3	
INTERIOR	MS 250	10	3	-	3	0.45	4.50	1/6	
INTERIOR	MS 300	4	3	-	3	0.45	1.80	1/6	
PARED	AC 1	10	3	-	3	0.45	4.50	1/12	
PARED	AC 2	4	3	-	3	0.45	1.80	1/12	
TOTAL		80					36.00		
		COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{36.00 \text{ kg.}}{101.92 \text{ m}^3} = 0.35 \text{ kg/m}^3$ .							

T A B L A    X I I I

ACCESO ORIENTE.

TERCER AVANCE, TERCERA VOLADURA.

TABLA DE CARGA.

DATOS:

AREA = 57.95 m<sup>2</sup>.

BARRENACION = 1.62 m,  $\phi$  = 38 mm.

AVANCE ESTIMADO POR VOLADURA = 1.32 m.

VOLUMEN POR VOLADURA = 57.95 m<sup>2</sup> x 1.32 m = 76.49 m<sup>3</sup>.

EXPLOSIVO = GELAMEX 2 DE 1 1/8"

PESO POR CARTUCHO = 0.150 kg.

GELAMEX 2 7/8" (BARRENOS PERIMETRALES).

PESO POR CARTUCHO = 0.095 kg.

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	NUMERO DE BARRENOS	CARGA POR BARRENO GELAMEX 2, 1 1/8 x 8"				CARGA TOTAL	FACTOR DE REDUCCION
			CONCRETA QUE	SIN RETA QUE	CART.	KG.		
INTERIOR	INST.	10	3	-	3	0.45	4.5	1
INTERIOR	MS 25	4	3	-	3	0.45	1.80	1
			GELAMEX 2 7/8" x 8"					
PARED	AC 1	14	1	2	3	0.29	4.06	1/12
PARED	AC 2	34	1	2	3	0.29	9.86	1/12
PARED	AC 3	4	1	2	3	0.29	1.16	1/12
TOTAL		66					21.38	
			COEFICIENTE DE CARGA = $\frac{21.38 \text{ kg}}{76.49 \text{ m}^3} = 0.28 \text{ kg/m}^3$ .					

## CAPITULO III.

GENERACION DE ALTERNATIVAS.A.- DIFERENTES ALTERNATIVAS DE EXCAVACION.1.- METODOS CONVENCIONALES DE EXCAVACION DE TUNELES.DEFINICION DE TUNEL.

Es un conducto subterráneo artificial o natural que establece una comunicación entre dos puntos, para que puedan transportarse por él; carga, pasaje, fluido, mineral, o para prestar otros servicios.

CLASIFICACION DE TUNELES..

De acuerdo a su utilización, los túneles se pueden clasificar de la siguiente manera:

CLASIFICACION DE LOS TUNELES	}	1ª Para Conducción de fluidos.	Aª Agua Potable.
			Bª Aguas Residuales.
			Cª Aguas de Riego.
			Dª Agua para Generación de Energía - Eléctrica.
		2ª Para Comunicación vial.	
		3ª Sub-Fluviales o Sub-Marinos.	
		4ª Para Actividad Minera.	
		5ª Para Otros Servicios.	

METODOS CONVENCIONALES.

Se conoce el nombre de "Métodos Convencionales de Excavación de Túneles" aquellos procedimientos y criterios que se han venido utilizando con mayor frecuencia en la tunelización -- usando para ello; explosivos, cargadores frontales, dragas, taladros neumáticos, brazos excavadores, jumbos de barrenación, vagonetas, etc.

Existen diversos métodos para construir túneles, dependiendo de la longitud, sección transversal, equipo disponible, de la función y sobre todo de las características del subsuelo,

### LOS METODOS CONVENCIONALES SE PUEDEN CLASIFICAR EN:

- 1º Ataque a sección completa.
- 2º Ataque a media sección.
- 3º Método del túnel piloto.

Los métodos anteriormente mencionados se pueden utilizar tanto en roca, como en suelos compactos.

#### 1.- ATAQUE A SECCIÓN COMPLETA.

Este método consiste en ir perforando todo el frente o cara del túnel. Los túneles pequeños cuyas dimensiones no excede de 3mts. de diámetro, se perforan siempre con este método. Los grandes túneles en roca con frecuencia se perforan con el procedimiento de ataque en toda la cara, con lo cual se hacen los barrenos proyectados para la sección completa y se detonan simultáneamente o con retardos para obtener el mejor corte y acción de la dinamita. La popularidad del método ha ido en aumento en la perforación de grandes túneles, debido al desarrollo de las perforadoras montadas en plataformas -- llamadas "jumbo".

#### 2.- ATAQUE A MEDIA SECCION.

Este procedimiento, también conocido como método de banqueo o de terrazas, consiste en hacer la perforación de la porción superior de la sección del túnel y detonarla antes de hacer la perforación y detonación de la parte inferior, se hace como si fuera una excavación a cielo abierto.

En los casos en que el túnel es excavado en roca sana homogénea, y lo suficientemente firme para que la bóveda se sostenga sin necesidad de ademes, la parte superior de la excavación se llevará con un adelanto de una barrenación con respecto a la detonación próxima anterior del banco.

Cuando por las características del terreno se hace posible que ocurran desprendimientos de la bóveda y es necesario ademar la sección, entonces el frente superior se puede adelantar mucho respecto al banco, e ir aprovechando éste para apoyar los ademes de la bóveda.

#### 3.- METODO DEL TUNEL PILOTO.

Este método es utilizado generalmente en túneles de grandes -- secciones y consiste en perforar un túnel pequeño a través de toda una porción de la longitud del túnel definitivo, antes de terminar de excavar todo un tramo predeterminado.

El túnel piloto, dependiendo de su posición con respecto a la sección total del túnel principal, puede ser central, lateral, inferior o superior.

El empleo del método del túnel piloto en las excavaciones - subterráneas tiene ciertas ventajas y desventajas.

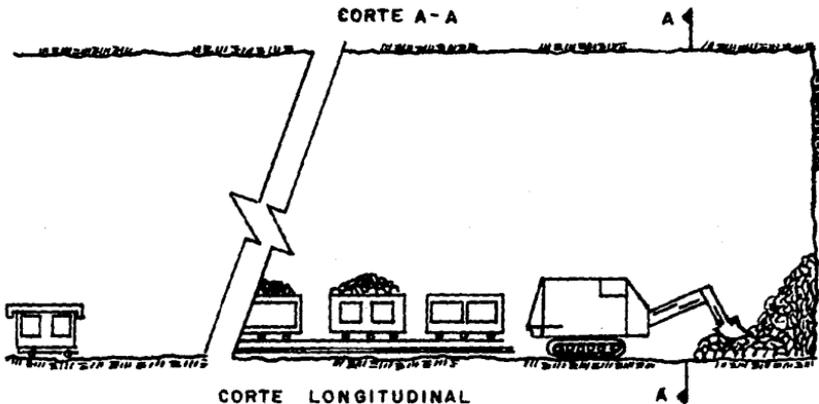
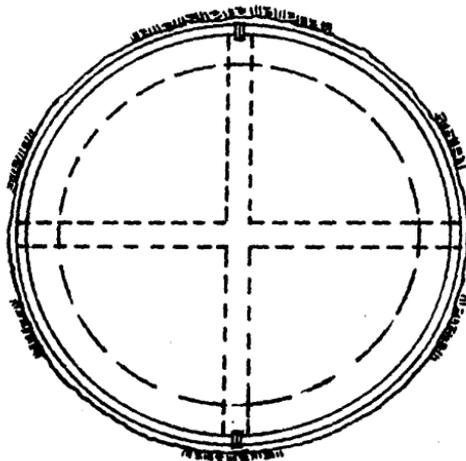
Entre las ventajas podemos mencionar las siguientes:

- 1.- Cualquier zona de material inestable, o de grandes filtraciones de agua, se descubrirán antes de la perforación de la sección completa, permitiendo así que se tomen las precauciones y soluciones convenientes antes de excavar el túnel en su sección completa.
- 2.- El túnel piloto ayudará a la ventilación del túnel en las operaciones subsecuentes.
- 3.- La cantidad total de explosivos se podrá reducir, por la experiencia obtenida en la perforación del túnel piloto.
- 4.- Si el túnel piloto es lateral, puede facilitar la instalación del ademe para sostener la bóveda, sobre todo en aquellos casos en el que el túnel se excava en roca fisurada o fracturada.

Entre las desventajas podemos resumir las siguientes:

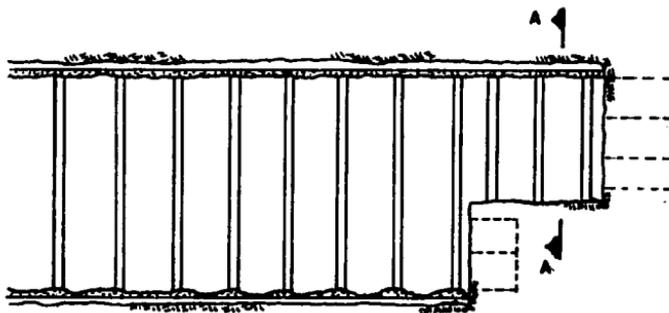
- 1.- La excavación de la sección completa del túnel principal tendrá que demorarse hasta terminar el túnel piloto.
- 2.- El costo de la perforación y rezaga del material del túnel piloto será elevado debido a que la mayor parte del trabajo, -- tiene que hacerse a mano en vez de utilizar maquinaria.

Las figuras siguientes muestran los métodos convencionales de excavación en túneles.

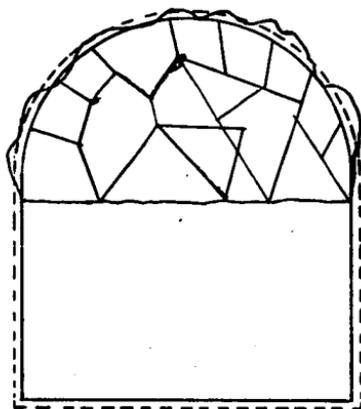


EXCAVACION A SECCION COMPLETA

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. III.1



CORTE LONGITUDINAL



CORTE A-A

EXCAVACION A MEDIA SECCION

UNAM - ENEP ACATLAN

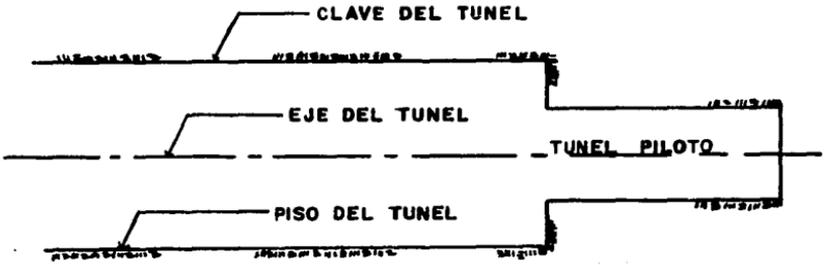
TESIS PROFESIONAL

INGENIERIA CIVIL

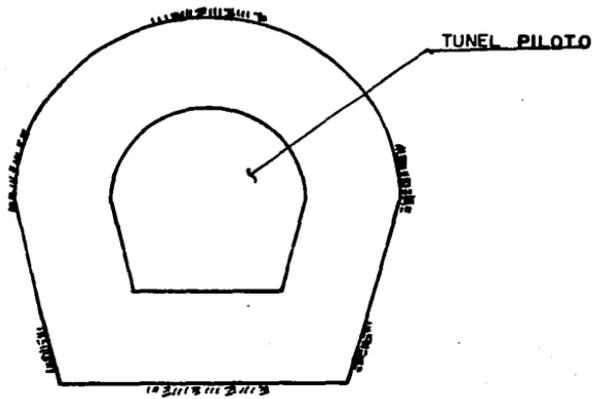
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.

FIG. III.2



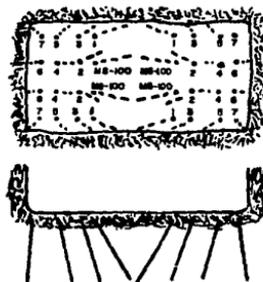
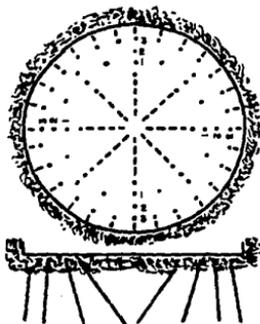
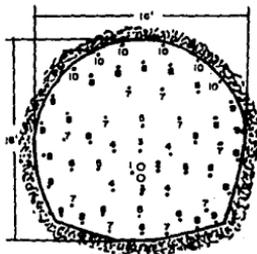
PERFIL



CORTE

EXCAVACION CON TUNEL PILOTO

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. III.3



Ejemplos de Trazos  
de Perforación.

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOYAS DE LA CRUZ GARICA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. III.4

PROCESO CONSTRUCTIVO.

La excavación de túneles en roca por medio de los métodos convencionales como ya se dijo, requieren del uso de explosivos, para lo cual se realizan las siguientes operaciones:

- 1- Instalación y principio de la barrenación.
- 2- Carga y detonación de los explosivos.
- 3- Ventilación y remoción de los gases.
- 4- Razaga.
- 5- Abatimiento del nivel freático en el caso de que sea necesario.
- 6- Instalación del ademe en parades y bóvedas, en el caso de que el terreno lo requiera.

Si el material por excavar es de los clasificados como rocas blandas o suelos duros, donde el uso de los explosivos muchas veces es innecesario o inadecuado, las operaciones de barrenación, carga y detonación de los explosivos se suprimen. La excavación se realiza entonces mediante máquinas de pluma, topos o simplemente pistolas neumáticas. En tales condiciones la ventilación no formará parte del ciclo de excavación ya que será independiente de cada avance.

INSTALACION Y PRINCIPIO DE LA BARRENACION.

El primer paso de la etapa constructiva será la instalación de -- nuestra maquinaria y equipo en donde se determine, siendo en este caso a la entrada del túnel. Cuando el túnel va hacer de una longitud relativamente corta, de unos cuantos cientos de metros, la perforación, se puede realizar desde una sola entrada. Por el contrario, si el túnel es largo, de varios kilómetros de longitud, puede ser ventajoso hacer aberturas intermedias tales como lumbreas, para tener varios frentes de ataque.

Posteriormente a la instalación de la maquinaria y equipo, se localiza la posición de las perforaciones que se harán en la cara del túnel, y se procede a la barrenación de los mismos. La posición de las perforaciones, también conocido como trazo de la perforación, tiene por objeto el de romper el mayor volumen de roca con la menor cantidad de explosivos y el menor número de barrenos. El trazo para producir óptimos resultados variará con diferentes factores, tales como el tamaño del túnel, la profundidad de los barrenos, el tipo de explosivo usado, la clase de roca y el método de montaje de los taladros. En la figura III-4 se dan unos ejemplos de trazos de perforación.

Una marca de pintura en el lugar donde se desea barrenar ayudará a la más rápida colocación de los taladros en su posición.

Las barrenaciones normalmente se nombran por el tipo de cuña que se utiliza para abrirla, por ejemplo, una barrenación con cuña - en V o una barrenación con cuña quemada.

La cuña es una abertura, generalmente en el centro de la cara, - que se necesita para avanzar en cualquier frente, y es importantísimo en cualquier excavación de túneles, ya que sin una buena - cuña los barrenos no se pueden romper con efectividad. Existen en general, tres tipos de cuñas.

- 1.- La cuña en ángulo dentro de las que destacan la cuña -- triangular, la de abanico y la cuña piramidal.
- 2.- La cuña quemada o fragmentada.
- 3.- Combinación de las otras dos.

En la figura III.5 se muestran algunos tipos de cuñas:

#### CARGA Y DETONACION DE LOS EXPLOSIVOS.

La operación de carga consiste en colocarse en los barrenos perforados en la cara del túnel, un explosivo hasta la profundidad requerida, el resto del barreno deberá llenarse con retagues. -- El retaque consiste en utilizar arena, trocitos de piedra o algún otro material inerte, con el fin de confinar la energía del explosivo para aumentar la efectividad de la explosión.

La detonación es aquella acción que se realiza para hacer explotar la carga depositada dentro de un barreno. Comúnmente se - - acostumbra detonar varias cargas al mismo tiempo; para lo cual - se pueden usar circuitos en serie, paralelo o en serie paralelo. Los explosivos pueden hacerse detonar con electricidad, mediante detonantes instantáneos o de acción retardada, o con cañuela primacord. Es recomendable hacer detonar primero la zona de transición alrededor de la primera, y finalmente los agujeros exteriores que formarán el contorno del túnel.

Tanto hombres como equipo deben retirarse a una distancia lo suficientemente adecuada para no ser dañados por la explosión.



CUÑA EN DOBLE V



CUÑA MARTILLO



CUÑA EN V

TIPOS DE CUÑAS

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. III.5

VENTILACIÓN Y REMOCIÓN DE POLVOS.

Después de cada explosión y aún durante todo el tiempo de trabajo, se hace necesario ventilar un túnel por varias razones, siendo las siguientes las principales:

- a) Para sacar los polvos producidos en la barrenación, de tonación, rezaga y otras operaciones.
- b) Para sacar los gases tóxicos producidos por la explosión.
- c) Para proporcionar aire fresco a los obreros.

La ventilación mecánica se realiza, por lo general, por medio de abanicos impulsados con motores eléctricos, los cuales tienen la particularidad de inyectar aire fresco al túnel o sacar el polvo y el aire viciado.

Dependiendo del sentido del aire, la ventilación se puede realizar mediante tres procesos:

- 1.-) Introducción del aire fresco.
- 2.-) Aspiración o extracción del aire viciado.
- 3.-) Proceso combinado.

El primero de ellos consiste en inyectar aire fresco al túnel desde la superficie hasta el frente de ataque, durante todo el tiempo el aire comienza a fluir a través del túnel hasta el portal o entrada acarreado con él polvo y gases.

El segundo proceso consiste en absorber aire viciado y polvo por medio de un ducto, con uno de sus extremos colocado entre 25 ó 30 mts. del frente de trabajo, ocasionando que haya un flujo de aire fresco hacia dentro del túnel por el portal. La ventaja que este método tiene es la de sacar más rápidamente el aire viciado del lugar de trabajo.

El tercer método consiste en inyectar aire fresco al frente del túnel durante las operaciones de barrenación y rezaga y, extraer el aire viciado durante la carga y voladura.

El volumen de aire requerido para la ventilación de un túnel variará con el número de trabajadores que se encuentren dentro del mismo, con la frecuencia de las explosiones, con el método para controlar el polvo, con el número de máquinas que consumen aire comprimido dentro del túnel, con las condiciones geológicas y con las dimensiones del túnel.

En lo referente a control de polvos, existen varios métodos para limpiar la cantidad de polvo en el aire de un túnel, incluyendo los siguientes:

- 1.- Empleo de agua en vez de aire comprimido para limpiar los barrenos.
- 2.- Empleo de un capuchón al vacío ajustado alrededor del taladro y pegado a la pared de la roca para recibir el polvo que produce la barrenación.
- 3.- Buena ventilación del espacio cercano al frente de -- trabajo, de preferencia por el método de extracción, después de cada tronada.
- 4.- Mantener húmedos los escombros durante la rezaga.

#### REZAGA.

La rezaga es la operación consistente en cargar el material producto de la excavación para sacarlo de un túnel. Fundamentalmente, la rezaga se extrae del túnel en tres pasos:

- 1.- Carga del material tronado en el frente de ataque.
- 2.- Transporte del material del frente a la lumbrera.
- 3.- Manteo o elevación del material del fondo de la lumbrera a la superficie.

El primer paso puede hacerse a mano, con palas mecánicas, rezaga doras o con cargadores de tractor, la carga a mano está limitada a túneles pequeños y pilotos, en donde la reducción de espacio no permite el empleo de maquinaria mayor.

Si la ventilación es un problema serio, no es recomendable el empleo de unidades con motor de gasolina o diesel.

El segundo paso consiste en transportar el material cargado en el primer paso, hasta la lumbrera. El transporte se realiza por medio de vagonetas de vía angosta, tiradas por una locomotora. Si el túnel no requiere de lumbreras, el escombros se puede sacar directamente en camiones, con lo que se elimina el tercer paso de la operación.

El manteo consiste en elevar por una lumbrera los escombros depositados automáticamente por las vagonetas en los botes de manteo o SKIPS, los cuales llevan el material a la superficie de la lumbrera y ahí la depositan en una tolva de rezaga, hasta donde llegan los camiones encargados de transportar los escombros a los tiraderos.

### ABATIMIENTO DEL NIVEL FREATICO.

En la tunelización, el control de agua consiste, primordialmente, en dos operaciones: evitar la penetración de cantidades excesivas de agua, y sacar el agua que penetra.

La primera operación consiste en realizar un "tratamiento de impermeabilización", o sea, inyectar a presión mezcla de cemento o de productos químicos en el frente de la excavación.

Las inyecciones tienen por objeto obturar las fisuras de la roca a fin de disminuir la frecuencia de agua hacia el túnel o lumbre ra, según el caso, y se realizan principalmente cuando las aportaciones de agua son de tal importancia que retrasan el ciclo de excavación o le impiden continuar.

La segunda operación consiste en construir sumideros o galerías de bombeo horizontalmente, el agua se eleva hasta la superficie por el bombeo vertical.

El agua que fluye a través de las capas del terreno que se está perforando está sujeta a variaciones, por lo que su estimación es imprecisa.

Una buena medida para determinar la existencia de agua, consiste en taladrar agujeros a mayor profundidad que los barrenos.

### ADEMADO DEL TUNEL.

El ademado es la operación consistente en colocar soportes en un túnel con el objeto de resistir las presiones que le son transmitidas por el terreno, mientras se coloca el revestimiento definitivo. El ademe se hace necesario cuando la excavación se realiza en materiales que presentan problemas de estabilidad.

Son la clase y condición física del subsuelo donde se realiza la perforación y las dimensiones de la sección excavada, los factores que determinan el tipo y extensión del ademado.

MARCOS.

El ademado a base de marcos destaca por su facilidad de colocación y por su versatilidad. Los marcos pueden ser metálicos o de madera y su elección dependerá básicamente del punto de vista económico.

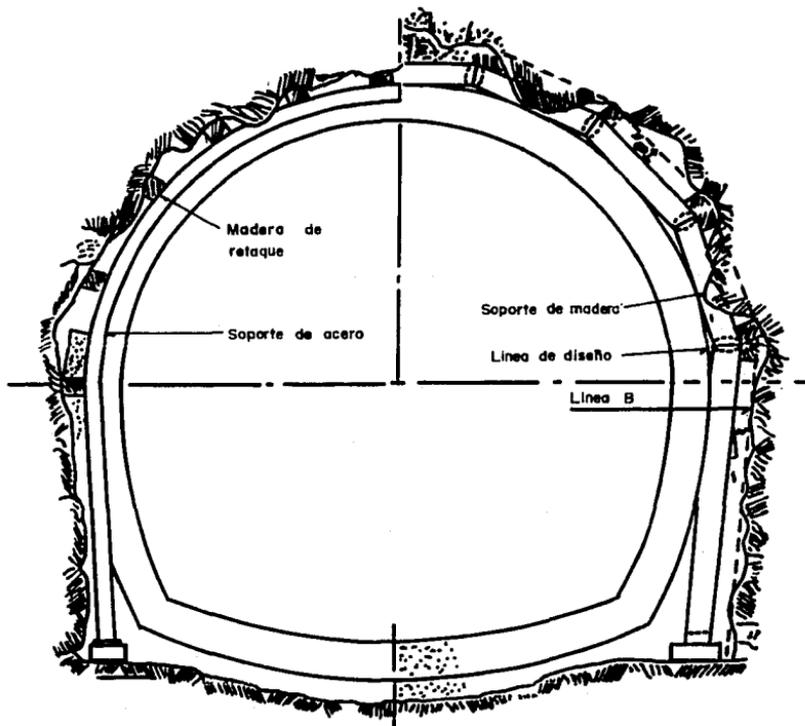
Las ventajas de las secciones metálicas sobre las de madera son:

- a) Mayor ligereza, rapidez en la colocación y más económicas.
- b) Menor sección de excavación.
- c) Menor volumen de concreto.
- d) Suplen al acero de refuerzo en el revestimiento definitivo.
- e) Ocupa menor espacio en el túnel.

La figura III 6. muestra una comparación entre el ademado a base de marcos de acero o madera.

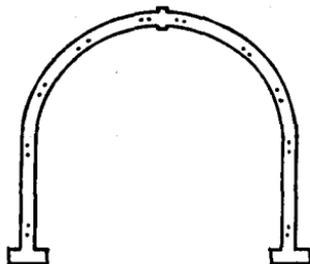
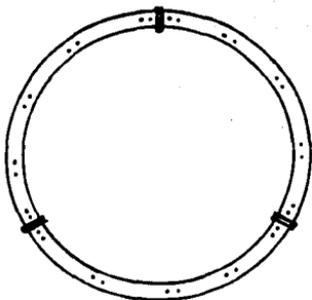
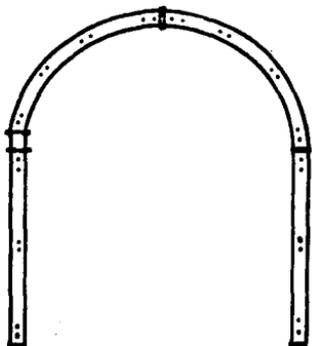
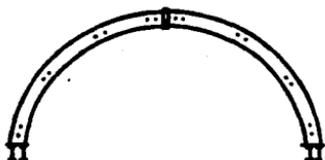
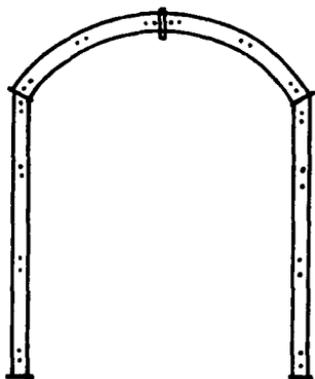
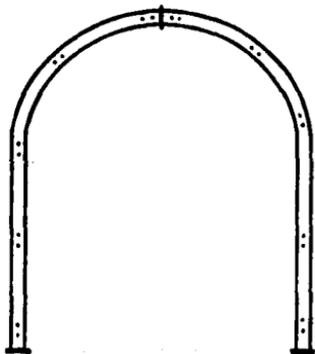
Los marcos deben colocarse en línea y nivel, de acuerdo al proyecto al terminar la limpia de la rezaga, antes de iniciar la barrenación siguiente. Es una práctica el retacar con madera el espacio entre el terreno natural y la pared inferior del marco, para evitar que el subsuelo se mueva hacia el ademe. El retaque se amaciza con cuñas.

Los segmentos de los marcos metálicos se ligan entre sí con tornillos y soldadura; los de madera se unen con clavos. Los principales tipos de marcos se muestran en la figura III 7.



COMPARACION ENTRE EL ADEMADO  
A BASE DE MARCOS DE ACERO O MADERA

UNAM - ENEF ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. III.6



TIPOS DE MARCOS

UNAM - ENEP ACATLAN

TESIS PROFESIONAL

INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987

FIG. III.7

CONCRETO LANZADO.

Este es un sistema empleado principalmente como soporte temporal en excavaciones en suelos y rocas blandas; debido a la poca uniformidad en los espesores y a la rugosidad en la superficie, es poco empleado como revestimiento definitivo.

Existen dos procedimientos para aplicar el concreto lanzado; el de mezcla seca y el de mezcla húmeda.

El procedimiento de mezcla seca es el más empleado para aplicar --- concreto lanzado de agregado grueso, particularmente en obras subterráneas. Consiste en una revoltura de agregados poco húmedos, y cemento, que es alimentada a una máquina lanzadora, de la cual se envía en un chorro de aire a presión a través de una manguera y proyectada neumáticamente a alta velocidad sobre la superficie por recubrir.

El agua de hidratación se añade en la boquilla, inmediatamente antes de la expulsión. La cantidad de agua la regula manualmente el lanzador. Los aditivos en polvo se añaden en la mezcla seca cuando éste se alimenta a la máquina lanzadora; si se usan aditivos líquidos, éstos se mezclan con el agua de hidratación antes de llegar a la boquilla de expulsión.

El proceso de mezcla seca se indica en los siguientes pasos:

- 1.- Los materiales (cemento y agregados húmedos) se revuelven en una mezcladora o en un gusano.
- 2.- La mezcla obtenida se introduce en un alimentador mecánico especial.
- 3.- Posteriormente pasa a la tubería o manguera alimentadora por una rueda de alimentación o distribuidor.
- 4.- La mezcla es transportada por aire comprimido a través de la manguera hasta una boquilla de salida; ésta tiene fijado en el interior un tubo múltiple perforado por el que circula la agua a presión que ha de mezclarse con los otros materiales.
- 5.- La mezcla final es lanzada por la boquilla a alta velocidad sobre la superficie que se está tratando.

El segundo procedimiento es aquel en que se mezclan todos los materiales, incluyendo el agua, antes que entren en la tubería.

Tienen la ventaja de poder llevar un control rígido de la relación agua-cemento de la revoltura. Pero el agregado del concreto no debe ser mayor de 3/8"

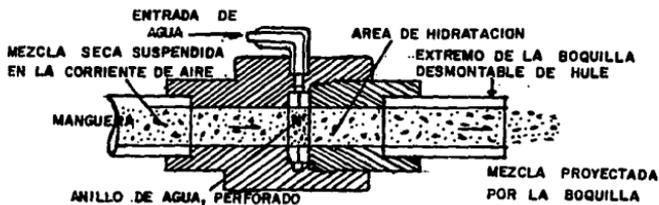
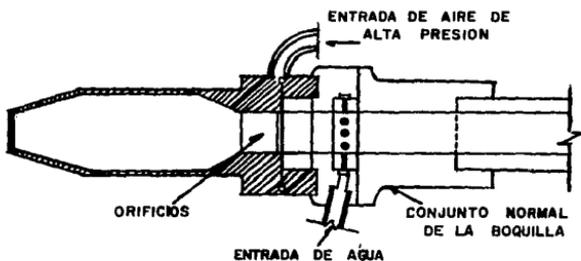
Es recomendable este método para emplearse en los accesos de pequeñas dimensiones a minas, pues en su mayor parte están secos; y cuando se cuenta con operadores poco capacitados.

Este proceso consiste en los siguientes pasos:

- 1.- Cantidades medidas de agregados, cemento y agua se revuelven en una mezcladora convencional.
- 2.- Se introduce la mezcla resultante en la cámara del equipo alimentador.
- 3.- De ahí es conducido neumáticamente a través de una manguera a la boquilla.
- 4.- En la boquilla se inyecta aire adicional para incrementar la velocidad y mejorar la trayectoria del chorro.

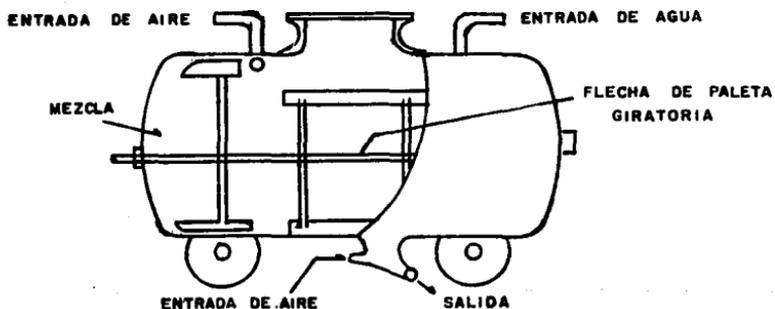
Las figuras III.8 Y III.9 nos muestran los tipos de boquilla que se pueden utilizar en el lanzado del concreto por los métodos en seco y húmedo.

### BOQUILLA TIPICA IMPULSORA

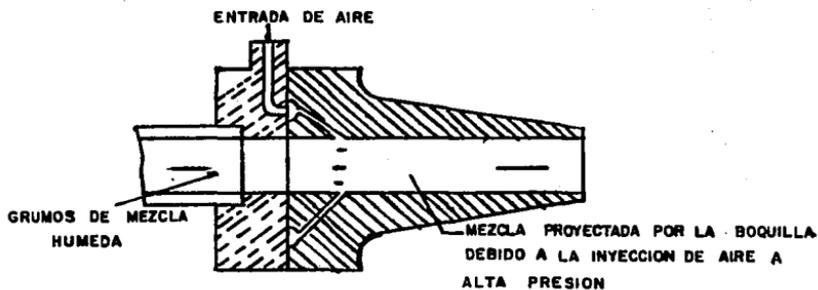


### BOQUILLA TIPICA DE MEZCLADO SECO

UNAH - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. III.8



**LANZADORA**



**BOQUILLA**

**LANZADORA Y BOQUILLA TIPICAS PARA  
MEZCLA HUMEDA**

UNAM - ENEP ACATLAN

TESIS PROFESIONAL

INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987

FIG. III.9

ANCLAS.

El perno de anclaje o perno de roca, es un soporte temporal relativamente nuevo, consiste en colocar los pernos seleccionados con canales de fierro siguiendo un patrón previamente establecido, comprimiendo la roca antes de que empiece a sufrir deformaciones.

No hay un método general para calcular un sistema de anclaje, por lo que para cada caso se analiza el mecanismo de cada falla de la roca y se determina el número de anclas necesarias de acuerdo al patrón de barrenación más conveniente en función de la resistencia de los pernos.

El sistema de anclaje se usa, generalmente, cuando la roca es competente. Su colocación debe ser inmediatamente después de realizar la excavación.

## 2). Excavación con Máquinas Rozadoras.

Estas máquinas También llamadas de Pluma, básicamente consisten en un aparato autopropulsado, mediante motores eléctricos, que posee una pluma oscilante en todas direcciones en cuyo extremo se encuentra un cortador; el material desprendido cae en una charola de donde es empujado por unos brazos móviles hacia una banda transportadora. De ésta última, puede pasar a un sistema de carga de vagonetas o bien a otro tipo de rezagadora.

Debido a su peso, las máquinas pueden clasificarse en tres clases.

- a) Superpesadas: con peso de 70 - 90 toneladas.
- b) Pesadas: pesan entre 30 - 60 toneladas.
- c) De Peso Medio: Su peso varía entre 20 - 30 toneladas.

Dependiendo del cortador las tuneleadoras de pluma pueden ser de dos tipos:

1). Cortador Tipo Fresa.- El cortador es cilíndrico o cónico y gira sobre el eje mismo de la pluma, ejerciendo la fuerza de corte hacia los lados, por lo que no se usa el peso total de la máquina en el ataque.

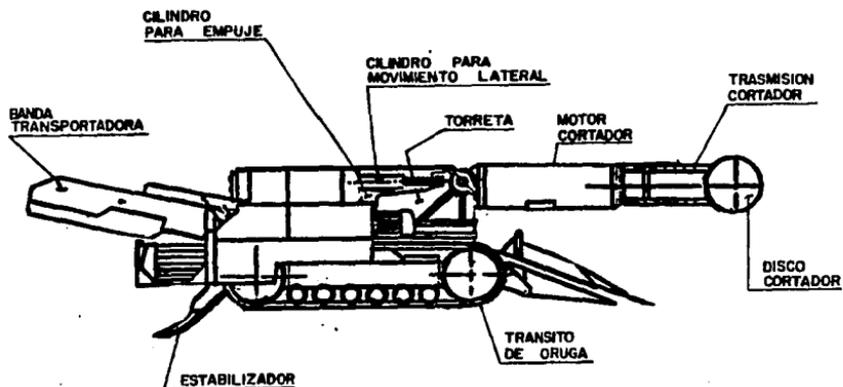
Se recomienda cuando se trata de atacar estratos delgados o muy delgados. Cuando la roca es relativamente dura la máquina necesita ser empujada lateralmente con gatos especiales. El cortador de fresa arroja los trozos cortados en el frente hacia los lados lo que complica el acarreo de la rezagadora hacia la banda transportadora.

2). Cortador desgarrador.- El eje del cortador es normal al eje de la pluma, por lo que el peso total de la máquina puede utilizarse para efectuar el ataque; además, un 80% del material excavado es arrojado a la charola o dejado en la banda transportadora. Se recomienda para atacar estratos gruesos o muy gruesos.

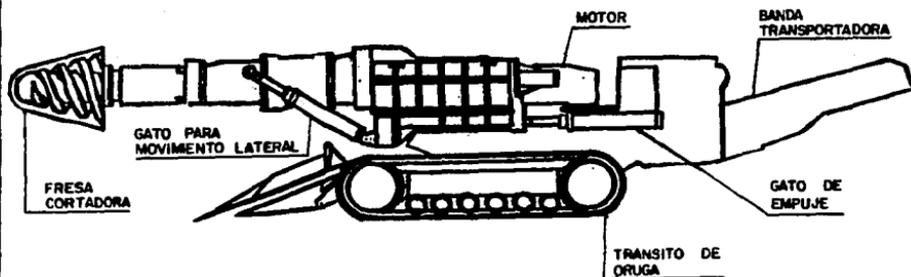
Tanto el cortador de fresa como el desgarrador, producen polvo durante el ataque; este problema aún no se ha resuelto en forma satisfactoria ya que no puede colocarse una pantalla que aisle el frente y aunque la pluma tiene en el extremo un colector de polvo es necesaria una excelente ventilación.

En términos generales, este tipo de máquinas de pluma son recomendables a usarse en rocas con resistencia al corte muy baja, cuando se trata de atacar estratos delgados o muy delgados, o en aquellos estratos formados por suelos compactos.

En la figura III.10 se muestran las máquinas de tipo rozadoras.



**CORTADOR TIPO DESGARRADOR**



**CORTADOR TIPO FRESA**

**TUNELERAS DE PLUMA**

UNAN - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TORRES DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. III.10

### 3.- EXCAVACION CON TOPO MECANICO.

#### CARACTERISTICAS DE LOS TOPOS MECANICOS.

Un topo consta básicamente de un cuerpo metálico muy robusto que se atraca contra las paredes de la excavación por medio de gatos hidráulicos, una cabeza giratoria con un número variable de cortadores troncocónicos que giran sobre su propio eje y un sistema de gatos que generan y mantienen la presión de los cortadores de la cabeza giratoria sobre el frente que está atacando figura -- III 11.

El giro de la cabeza se efectúa bajo la acción de motores eléctricos que actúan sobre una corona ligada a la cabeza por medio de una flecha que pasa a través del cuerpo, en cada empuje el avance es de 55 a 60 cm.

Los cortadores, que son soportados por la cabeza giratoria, presionan contra el frente, girando sobre su eje y produciendo un corte en el mismo. La roca se rompe cuando el esfuerzo producido por el filo de un cortador excede al de ruptura de la roca. El producto del corte ó rezaga, está constituido por lajas y, dependiendo del tipo de roca, de un gran porcentaje de finos. Unos raspadores que están colocados delante de los cortadores perimetrales impiden la acumulación del material suelto, principalmente en el piso del túnel y conducen la rezaga hacia los cangilones de que está provista la cabeza, depositándola en una banda transportadora ubicada en la parte superior del topo, que la conduce hasta la zona de carga a las vagonetas o camiones, detrás del topo.

Para prevenir daños al sistema de extracción de rezaga suele instalarse una rejilla protectora que gira junto con la cabeza y -- que sólo permite el paso de tamaños de roca que pueda asimilar el sistema. Los cortadores sobresalen de ésta rejilla más ó menos. 3 cm.

Para evitar en lo posible que el polvo llegue a la consola de -- control, la cabeza giratoria se aísla del cuerpo del topo mediante una pantalla y se rocía constantemente agua sobre el frente -- con el fin de disminuir la dispersión del polvo.

El polvo se extrae por medio de un ciclón. El volumen de aire movido es de 25,000 p.c.m., aproximadamente.

Los cortadores son considerados los elementos más importantes de la máquina.

Los cortadores pueden tener 1, 2 y hasta 7 pistas cortantes por lo que en el frente se tienen una serie de circunferencias de -- corte, separadas 2, 3, 5 ó más cms.

Los cortadores pueden ser de dos tipos, a saber:

- 1.- Cortadores con anillos lisos, con endurecimiento superficial.
- 2.- Cortadores con insertos de carburo de tungsteno.

En ambos casos el cuerpo del cortador troncocónico, de acero forjado, con dureza Rockwell 450, se monta en una flecha que gira sobre baleros sostenidos por silletas sujetas a la cabeza giratoria del topo.

En el tipo de cortador con anillos, éstos pueden estar forjados, formando una sola pieza con el cuerpo del cortador ó --- bien pueden ser colocados en ésta a presión asegurándolos con puntos de soldadura. El número de anillos es variable, generalmente de 1 a 5 pero en cualquier caso su sección es triangular y el filo cortante se endurece superficialmente hasta alcanzar una dureza de 62 Rockwell.

Estos cortadores de anillo o disco se ven y operan como un -- cortador contra la cara de la roca que hace saltar esquirlas a ambos lados, se usan principalmente en rocas suaves o en -- circunferencias interiores de rocas medias ó duras.

Los cortadores con insertos de carburo de tungsteno pueden a su vez ser de dos clases: dentados, con insertos grandes, ó con botones pequeños de carburo de tungsteno. Estos cortadores causan la fractura creando esfuerzos concentrados muy altos con la punta del diente ó del botón, las hileras de dientes ó botones varían entre 2 y 7.

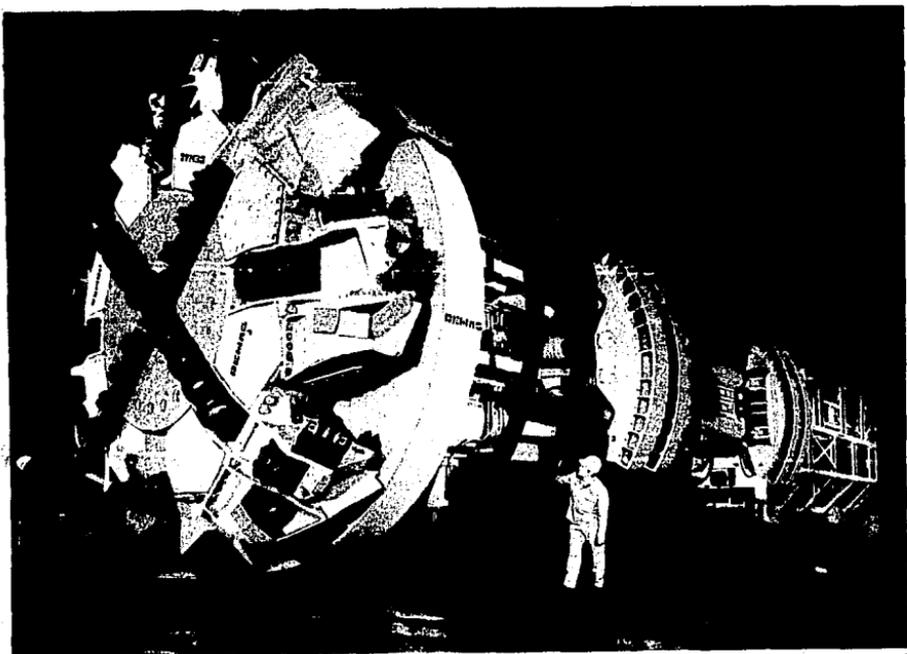
De los 23 cortadores los que ocupan la posición más crítica son los 4 de la periferia, ya que son los que trabajan a mayor velocidad lineal; deben intercambiarse con los de posiciones interiores para aprovecharlos por igual hasta el término de su vida útil.

Aproximadamente a 10 mts. de la parte posterior del topo es posible instalar una estructura con brazos hidráulicos, llamada "dovelero", que se utiliza para colocar los segmentos precó lados del revestimiento del túnel; en esta forma puede llevarse el revestimiento a 20 mts. del frente, más o menos.

Además se dispone de motores para las bombas del sistema hidráulico que acciona los gatos de empuje y atraque, y los motorreductores de las bandas, así como un motor para la bomba de agua.

Toda la estructura que soporta la banda transportadora larga, así como el erector de dovelas, transformadores, soldadoras, etc., es arrastrada por el topo cuando éste se mueve para ser colocado en posición de atacar.

La energía eléctrica es conducida en 4160 volts hasta dos transformadores instalados en el topo, uno lo reduce a 440 volts. para alimentar los motores del mismo y el otro la reduce a 110 -- volts. para la iluminación del remolque con la banda y para el uso de herramientas eléctricas.



UNAM - ENEP ACATLAN

TESIS PROFESIONAL

INGENIERIA CIVIL.

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987

FIG. III. 11

## B) ALTERNATIVAS DE REZAGA

## 1.- VIA.

Antiguamente la rezaga de los túneles se sacaba en pequeños carritos sobre rieles tirados por hombres o acémilas. Estos pequeños -- carritos han sido reemplazados por carros más grandes, como las vagonetas de vía angosta tiradas por locomotoras.

Cuando se saca el escombro en vagones, se requieren vías. Para esto se tienden rieles relativamente ligeros para una vía angosta, con frecuencia de 24 a 36 pulgadas de ancho. Para un túnel largo es necesario proporcionar una vía doble para que puedan salir los carros cargados al mismo tiempo que entran los carros vacíos. Como el ancho de un vagón para rezaga es, por lo común el doble del ancho de la vía; el ancho de la vía se limita a una distancia ligeramente menor que la cuarta parte del ancho del túnel. La carga del riel, expresada en libras por yarda, debe ser lo suficientemente pesada para evitar un coleo objeccionable entre las durmientes de apoyo, al pasar sobre ellos la locomotora con los vagones cargados. Así mismo si se van a utilizar los mismos rieles para toda clase de acarreo, incluyendo madera, acero de refuerzo, y concreto para cubrir la parte interior, se justificará un gasto considerable al colocar los rieles sobre una buena base. La baja resistencia al rodamiento, más la libertad de un costo de mantenimiento excesivo y una producción reducida, debida a descarrilamiento de los vagones, depende en gran parte del empleo de una buena vía.

Se utilizan varios tipos y tamaños de vagones para sacar la rezaga de los túneles. La capacidad puede expresarse en pies o yardas cúbicas. En general, el mayor tamaño que pueda emplearse en un túnel será el más económico, ya que los vagones grandes reducen el tiempo que se pierde en cambiar de vagón en las operaciones de carga.

Los vagones comunmente utilizados se construyen con lados artículados en la parte superior, y con cerrojos en la parte inferior para facilitar la descarga.

Existen tres tipos de locomotoras eléctricas para el acarreo de es combro en túneles, el de trole, el de batería y una combinación de trole con batería. Los tres tipos pueden encontrarse con varios -- pesos y para operar sobre diferentes anchos de vía.

La locomotora de tipo trole es relativamente fácil de operar, pero requiere un cable de trole sin aislamiento, que puede interferir, con otras operaciones y que representa una fuente de peligro en po tencia para los obreros. También es necesario conectar a tierra -- los rieles que funcionan como un circuito de retorno para la co--- rriente eléctrica.

La locomotora de tipo batería funciona a partir de un grupo de acu muladores montados directamente sobre la locomotora. Estos acumuladores deben impulsar una locomotora durante un espacio de 8 horas después del cual tienen que volverse a cargar, maniobra que necesita de otras 8 horas. Si la locomotora tiene que operar más de 8 -- horas por día, es necesario proporcionar cuando menos dos juegos - de acumuladores para que puedan utilizarse mientras se está cargando el otro.

La locomotora del tipo combinado de trole y batería, es satisfactoria para utilizarse en una obra en donde se necesita hacer aca---- rreos adentro y fuera del túnel. Las baterías se emplean adentro - del túnel y el trole afuera. Si la operación con el trole es lo suficientemente largo, las baterías pueden recargarse completamente en cada viaje redondo.

El tamaño de la locomotora está indicado por su peso, expresado en toneladas. Si tiene la suficiente potencia para patinar las ruedas motrices al estar sobre rieles de acero secos, el máximo esfuerzo, de tracción será igual al producto del peso por el coeficiente de tracción entre las ruedas y el riel. El coeficiente de fricción -- usualmente estará entre 0.2 y 0.25, así, una locomotora de ocho toneladas debe proporcionar un esfuerzo de tracción de cuando menos  $16,000 \text{ lb} \times 0.2 = 3,200 \text{ lb}$ .

## 2.- BANDA.

Los sistemas de transportadores de banda se emplean extensamente en el campo de la construcción, en donde con frecuencia proporcionan el método más satisfactorio y económico para manejar y transportar materiales, tales como tierra, arena, grava triturada, minerales, cemento, concreto, etc. Debido al continuo flujo de materiales a relativamente grandes velocidades, los transportadores de banda tienen altas capacidades.

Las partes esenciales de un sistema de transportador de banda incluyen una banda continua, rodillos, una unidad motriz, poleas motrices y de arrastre, equipos para subir, y una estructura de apoyo. Pueden incluirse accesorios adicionales cuando sean necesarios o aconsejables.

Una banda sinfin para transportar materiales a una distancia corta puede ser una unidad portátil o una instalación permanente.

Cuando se utiliza un sistema de transportador de banda para llevar materiales a distancias considerables, hasta varios kilómetros en unos casos, el sistema deberá consistir en un número de escalones diferentes ya que existe un límite de longitud máxima de la banda. Cada escalón es una unidad transportadora completa que descarga su carga en la parte posterior de la siguiente unidad. Este sistema puede operar en cualquier terreno siempre y cuando las pendientes no se excedan de las permisibles para las cuales el material particular pueda ser transportada.

## 3.- OTRAS ALTERNATIVAS DE REZAGA.

Dentro de este punto se analizarán como otras alternativas de rezaga, los métodos por medio de camión y tractores. Por su sistema de rodamiento, el transporte puede realizarse sobre -- orugas y sobre neumáticos.

En cuanto a su descarga, la unidades de acarreo pueden ser:

- Con descarga por el fondo
- Con descarga trasera
- Con descarga lateral
- Con descarga frontal

En cuanto a su desplazamiento, pueden ser:

- De autopropulsión
- De remolque

Las características ó variables que deben tenerse presentes -- para el rendimiento de los equipos de acarreo, se enlistan en la siguiente tabla.

TIPO DEL EQUIPO	CONDICIONES FISICAS DEL TRABAJO	MATERIALES POR TRANSPORTARSE.	LIMITACIONES DE LA MAQUINA.	METODO DE OPERACION
Motoescrapas, camiones, tractores, etc.	<p>Longitud de recorrido.</p> <p>Tipo de superficie: lodoso, duro, suave, arenoso, rocoso, escabroso.</p> <p>Pendientes de recorrido.</p> <p>Condiciones climatéricas.</p> <p>Proximidad y abastecimiento de combustibles y refacciones.</p>	<p>Tipo del material: arena, grava, roca, arcilla.</p> <p>Tamaño del material.</p> <p>Peso volumétrico.</p> <p>Abundamiento del material.</p> <p>Pegajoso ó fácil en la carga.</p>	<p>Capacidad de carga.</p> <p>Velocidad.</p> <p>Maniobrabilidad en diferentes caminos y condiciones del tiempo.</p> <p>Potencia del motor.</p> <p>Tipo de transmisión.</p> <p>Tipo del mecanismo de descarga.</p> <p>Impacto de la carga.</p>	<p>Número de unidades.</p> <p>Sistema de carga.</p> <p>Capacidad del equipo de carga.</p> <p>Velocidad de carga.</p> <p>Desperdicio, terraplen.</p> <p>Descarga en montones ó en capas.</p> <p>Localización de accesos -- rampas y caminos.</p>

En los trabajos de caminos, el continuo cambio de distancias de acarreo obliga a la correspondiente variación en el número de unidades; causa primaria provocadora del desequilibrio entre las unidades de acarreo y el equipo de carga. Aquí el constructor alivia su inversión y encuentra la solución parcial del problema mediante la renta de camiones, forma común, generalizada en los trabajos de acarreo de materiales.

El meollo del problema es mantener constantemente equilibrado el número de unidades de acarreo con el del equipo de carga. Este es un problema difícil que se motiva por el número reducido de vehículos de transporte ó por operaciones impropias de ellos. Se infiere, por tanto, que un equipo de carga podrá rendir el máximo de producción si se cuenta con un número suficiente de unidades de acarreo.

Para el balanceo ó equilibrio entre las unidades de acarreo y los equipos de carga, ha de tenerse presente:

- a) El número de unidades de acarreo varía en forma casi directa, con las distancias de acarreo. Como éstas sufren grandes variaciones, resulta muy difícil alcanzar un equilibrio perfecto.
- b) Para llegar al punto económico del equilibrio, es necesario contar con la facilidad de poder conseguir ó retirar los vehículos de acarreo, según las necesidades de trabajo.
- c) Como regla práctica puede aceptarse que: El número de unidades ó camiones de transporte debe ser aquél que motive en ellos, de cuando en cuando, pérdidas de tiempo igual a las que, por espera, pueda perder el cargador.

En cuanto al uso del equipo de acarreo, deben tenerse presente las recomendaciones que se tabulan en el cuadro siguiente:

TIPO	VENTAJAS	TIEMPO	LIMITACIONES	CAMINO
Camiones	Su fácil movilidad.  Su adaptación a varios tipos de camiones.	Dificultad al rodamiento con lluvia y lodo.	Facilidad de manejo en todos los tipos, dependiendo del diseño de la caja.	Requiere superficies con mantenimiento.  Pendientes adecuadas.
Tractores sobre neumáticos y remolques.	Altas velocidades en las reversas.  Movilidad eficiente.  Velocidad media de recorrido.  Descargas lateral, trasera, o por el fondo.  Operación en tándem para recorridos largos.  Radio de vuelta reducido.	Dificultad al rodamiento con lluvia y lodo.	Facilidad de manejo en todos los tipos, dependiendo del diseño de la caja.	Requiere superficies con mantenimiento.  Pendientes adecuadas.

La selección del equipo puede establecerse reuniendo los requisitos de las diferentes variables, pero la idea primordial al escoger los diferentes equipos de acarreo es que éstos estén relacionados, tanto en la eficiencia combinada como en los costos, con el equipo de ataque y carga disponible.

El ciclo de los equipos de acarreo está integrado por:

Tiempos Fijos. { Carga  
Descarga  
Vueltas

**Tiempos Variables**

{ Recorrido lleno  
{ Recorrido vacfo  
{ Velocidades correspondientes

C A P I T U L O    I V

## V A L U A C I O N    D E    A L T E R N A T I V A S

Esta tarea exige precisar las "ventajas y desventajas" de la asignación de recursos a un fin dado. En otras palabras, se debe establecer cuáles son los patrones de comparación que se van a utilizar y cómo se podrán medir.

Existen fundamentalmente dos criterios de evaluación: el privado o del empresario y el social. El primero se hace en función del interés individual, considerando tan solo los efectos indirectos del proyecto, la utilidad y empleando los precios del mercado. En cambio el criterio social atiende a los efectos indirectos, además de que al realizarse con el empleo de los precios de mercado, requiere la consideración de costos sociales. Esta distinción debe tomarse en cuenta al aplicar los métodos de evaluación que se presentan en seguida.

METODO DEL VALOR PRESENTE.

El valor presente es el valor de dinero en el instante cero, cualquier ingreso o desembolso en dicho instante se incorpora al análisis con su valor inicial. A estos costos iniciales se les agrega el valor presente de pagos futuros. Cuando los pagos son de la forma de una anualidad, el valor presente se calcula con el factor de actualización para una serie uniforme. Los pagos aislados se trasladan al instante cero usando el factor singular de actualización.

EVALUACION POR INCREMENTOS DE INVERSION.

Un problema de evaluación generalmente involucra varios cursos alternos de acción. Algunas de las alternativas pueden eliminarse por representar una inversión obviamente superior a la requerida por otras alternativas similares. Otras son eliminadas por falta de fondos, de personal o del equipo requerido para llevarlas a cabo. Si las restantes alternativas tienen en esencia el mismo nivel de inversión y un esquema semejante de flujo de dinero, entonces la mejor es aquella que esté asociadas con el valor presente mínimo.

ANALISIS BENEFICIO. - COSTO.

Desde un punto de vista social interesa lograr el máximo de la producción total con el mínimo de recursos empleados. Así el criterio de la rentabilidad del capital se ve transformado en el criterio de Beneficios-Costos. Un costo atribuible a una iniciativa es, en su sentido más amplio, el sacrificio en la riqueza o pérdida en el poder de consumo que se deriva de la combinación de recursos cuyo uso está implícito.

El análisis Beneficio- Costo se aplica generalmente a diseños propuestos, sobre los cuales el ejecutivo no tiene otra acción que

aceptarlos o rechazarlos. Esto lo lleva a cabo mediante comparaciones directas de costos y beneficios medidos en las mismas unidades (pesos generalmente). En el caso en que resulten beneficios que no pueden ser reducidos a un común denominador, el análisis consiste en identificar el costo mínimo para un mismo nivel de efectividad.

1.- DETERMINACION DE COSTOS.

Para poder determinar los costos de la obra, será necesario -- realizar las actividades siguientes:

A) CUANTIFICACION DE VOLUMENES DE OBRA.

A.1 VOLUMENES DE EXCAVACION.

A.2 VOLUMENES DE CONCRETO.

A.3 TONELADAS DE ACERO.

B) ESTUDIO DEL SALARIO.

C) ESTUDIO DEL EQUIPO.

C.1 OBTENCION DE RENDIMIENTOS DE EQUIPO.

C.2 OBTENCION DE COSTOS HORARIOS DE EQUIPO.

D) PROGRAMA DE OBRA.

E) ANALISIS DE COSTOS.

E.1 PRIMERA ALTERNATIVA.

E.2 SEGUNDA ALTERNATIVA.

**A) CUANTIFICACION DE VOLUMENES DE OBRA**

A.1

VOLUMENES DE EXCAVACION.1.- LUMBRERAS.LUMBRERA ORIENTE.

- Longitud = 28.60 m.
- Area de la lumbrera =  $\frac{\pi \times (11)^2}{4} = 95 \text{ m}^2$ .
- Volumen =  $28,60 \text{ m} \times 95 \text{ m}^2 = 2717 \text{ m}^3$  en banco.

LUMBRERA PONIENTE.

- Longitud = 28,60 m.
- Area =  $95 \text{ m}^2$ .
- Volumen =  $2717 \text{ m}^3$  en banco.

2.- TUNELES DE ANDEN:TUNEL ORIENTE.

- Longitud = 154.65 m.
- Area de la sección =  $64.952 \text{ m}^2$ .
- Volumen =  $10,044.83 \text{ m}^3$  en banco.

TUNEL PONIENTE.

- Volumen =  $10,044.83 \text{ m}^3$  en banco.

3.- TUNEL DE UNION ENTRE LAS LUMBRERAS ORIENTE Y PONIENTE.

- Longitud = 52.87 m.
- Area de la sección =  $109.23 \text{ m}^2$ .
- Volumen =  $5775.00 \text{ m}^3$  en banco.

4.- CONTRA - TUNELES.CONTRA TUNEL ORIENTE.

- Longitud = 15.00 m.
- Area de la sección =  $89.15 \text{ m}^2$ .
- Volumen =  $1337.25 \text{ m}^3$ .

CONTRA TUNEL PONIENTE.

- Volumen =  $1337.25 \text{ m}^3$ .

5.- TUNELES DE DISTRIBUCION.TUNEL ORIENTE.

- Longitud = 50.00 m.
- Area de la sección = 29.95 m<sup>2</sup>.
- Volumen = 1497.5 m<sup>3</sup>.

TUNEL PONIENTE.

- Longitud = 50.00 m.
- Area de la sección = 29.95 m<sup>2</sup>.
- Volumen = 1497.5 m<sup>3</sup>.

6.- TUNELES DE SUBESTACION.TUNEL ORIENTE.

- Longitud = 21.35 m.
- Area de la sección = 29.95 m<sup>2</sup>.
- Volumen = 639.4 m<sup>3</sup>.

TUNEL PONIENTE.

- Volumen = 639.4 m<sup>3</sup>.

7.- TUNEL DE CUARTO TECNICO.

- Longitud = 10.35 m.
- Area de la sección = 29.95 m<sup>2</sup>.
- Volumen = 310.00 m<sup>3</sup>.

8.- ACCESOS.PONIENTE.

- L=24.4 m. B=19 m. A=463.6 m<sup>2</sup>.
- Excavación del suelo para llegar a la roca.  
h= 2.5 m.  
v= 2.5 m. x 463.6 m<sup>2</sup> = 1159 m<sup>3</sup>.
- Volumen de la Roca:  
Se dan los volúmenes parciales por voladura en las tablas de carga correspondientes.  
Volumen total de la Roca = 708.41 m<sup>3</sup>.
- Volumen de excavación del suelo para llegar al inicio del -- túnel.  
A= 161.7 m<sup>2</sup>.  
h= 2.1 m.  
v= 339.6 m<sup>3</sup>.

- Volumen de Túnel  
 $A = 58.6 \text{ m}^2$ .  
 $L = 20.8 \text{ m}$ .  
 $V = 1219 \text{ m}^3$ .

ORIENTE.

- Excavación a cielo abierto (Roca).  
 Se dan los volúmenes parciales por voladura en las tablas de carga correspondientes.
- Volumen total de la Roca =  $1063.10 \text{ m}^3$ .
- Excavación del Túnel.  
 $A = 58.6 \text{ m}^2$ .  
 $L = 19.3 \text{ m}$ .  
 $V = 1131 \text{ m}^3$ .

**A.2 VOLUMENES DE CONCRETO**

$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  para elementos estructurales  
 $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  para concreto lanzado.  
 $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  en plantillas.

1.- BROCAL.

En un metro de brocal se tiene un volumen de concreto ---  
 igual a:

$$V 1 = 250 \times 60 \times 100 = 1.5 \text{ m}^3.$$

$$V 2 = 210 \times 65 \times 100 = \frac{1.37 \text{ m}^3}{2.87 \text{ m}^3}.$$

Como se tiene por dentro y por fuera.

$$V = 5.74 \text{ m}^3.$$

$$\text{Perímetro} = \pi \times D = \pi \times 11 = 34.55 \text{ m}.$$

$$\text{Por lo tanto } V. \text{ total} = 34.55 \times 5.74 \text{ m}^3 = 198.3 \text{ m}^3.$$

2.- LUMBERA.

DATOS.

$$B = 0.25 \text{ m}.$$

$$A = 95.00 \text{ m}^2.$$

$$L = 28.60 \text{ m}.$$

$$e1 = 1.00 \text{ m}.$$

$$D = 11.00 \text{ m}.$$

$$e2 = 0.20 \text{ m}.$$

$$p = 33.62 \text{ m}.$$

$$b = 0.15 \text{ m}.$$

Donde

$A =$  Area,  $B =$  Espesor del revestimiento definitivo,  $b =$  Espesor concreto lanzado,  $e1 =$  Espesor de losa,  $e2 =$  Espesor plantilla,  $L =$  Longitud,  $D =$  Diámetro y  $p =$  Perímetro.

## 1) Concreto lanzado.

$$V = 33.62 \text{ m} \times 0.15 \text{ m} \times 28.60 \text{ m} = 144.2 \text{ m}^3.$$

## 2) Plantilla.

$$V = 0.20 \text{ m} \times 89.92 \text{ m}^2 = 18 \text{ m}^3.$$

## 3) Revestimiento definitivo.

$$V = 0.25 \text{ m} \times 28.60 \text{ m} \times 33.62 \text{ m} = 240.4 \text{ m}^3.$$

## 4) Losa de fondo.

$$B = 1.00 \text{ m}.$$

$$A = 89.92 \text{ m}^2.$$

Por lo tanto.

$$V = 90 \text{ m}^3$$

## 5) Trabe de borde.

$$p = 24.89$$

$$B = 20 \text{ Cm}.$$

$$L = 80 \text{ Cm}.$$

$$V = 0.80 \text{ m} \times 0.20 \text{ m} \times 24.89 \text{ m} = 3.98 \text{ m}^3.$$

$$V \text{ Total } 18 \text{ m}^3 + 240.4 \text{ m}^3 + 90 \text{ m}^3 = 352.38 \text{ m}^3.$$

$$\text{Como son dos lumbreras} = 704.76 \text{ m}^3.$$

3.- TUNEL DE UNION.

## 1.- Concreto Lanzado.

## 1.1 Medio Círculo.

$$b = 0.15\text{m}. \quad p = 13.57\text{m}. \quad L = 53\text{m}.$$

$$V = 0.15\text{m}. \times 13.57\text{m}. \times 53\text{m}. = 108 \text{ m}^3.$$

## 1.2 Muros.

$$b = 0.15\text{m}. \quad h = 5.86\text{m}. \quad L = 53\text{m}.$$

$$V = 0.15\text{m}. \times 5.86\text{m}. \times 53\text{m}. = 47 \text{ m}^3.$$

$$V \text{ Total } 47 \text{ m}^3 \times 2 = 94 \text{ m}^3.$$

$$V \text{ Total Concreto Lanzado} = 202 \text{ m}^3.$$

## 2.- Revestimiento definitivo.

## 2.1 Medio círculo.

$$B = 0.40 \text{ m}. ; p = 13.57\text{m}. ; L = 53\text{m}.$$

$$V = 0.40\text{m}. \times 13.57\text{m}. \times 53\text{m}. = 287.7 \text{ m}^3.$$

## 2.2 Muros.

$$B=0.40 \text{ m.}; \quad H=5.86 \text{ m.}; \quad L=53 \text{ m.}$$

$$V=0.40 \text{ m} \times 5.86 \text{ m} \times 53 = 124.2 \text{ m}^3$$

$$VT=124.2 \text{ m}^3 \times 2 = 248.4 \text{ m}^3.$$

## 2.3 Losa.

$$B=0.90 \text{ m.}; \quad a=10.20 \text{ m.}; \quad L=53 \text{ m.}$$

$$V=0.90 \text{ m} \times 10.20 \text{ m} \times 53 = 486.5 \text{ m}^3.$$

$$\text{Gran Total} = 1022.6 \text{ m}^3.$$

## 4.- TUNEL DE ANDEN.

## Datos.

$$A = 64.952 \text{ m}^2 \quad B = 0.15 \text{ m.} \quad a = 6.32 \text{ m.}$$

$$L = 154.65 \text{ m.} \quad e1 = 0.75 \text{ m.} \quad b = 0.20 \text{ m.}$$

$$B = 0.35 \text{ m.} \quad \underline{e2 = 0.10 \text{ m.}}$$

$$D = 9.10 \text{ m.} \quad r = 4.67 \text{ m.}$$

Ancho de piso

$$l = 6.96 \text{ m.}$$

$$p = 29.342 \text{ m.}$$

$$p = 22.382 = \text{perímetro de los muros.}$$

## 1) Concreto lanzado.

$$V = 0.15 \text{ m} \times 22.38 \text{ m} \times 154.65 \text{ m} = 519.2 \text{ m}^3.$$

## 2) Revestimiento definitivo.

$$V = 0.35 \text{ m} \times 22.38 \text{ m} \times 154.65 \text{ m} = 1211.4 \text{ m}^3.$$

## 3) Andén.

$$V = 6.32 \times 0.20 \text{ m} \times 154.65 = 295.50 \text{ m}^3.$$

## 4) Losa de piso.

$$V = 6.96 \text{ m} \times 0.90 \times 154.65 = 968.73 \text{ m}^3.$$

5) Total = 2375.63 m<sup>3</sup>.

$$\text{Como son dos túneles} = 4751.25 \text{ m}^3.$$

## 5.- TUNELES DE DISTRIBUCION.

## Datos.

$$B = 0.35 \text{ m.} \quad b = 0.15 \text{ m.}$$

$$D = 6.70 \text{ m.} \quad p = P. \text{ medio círculo} = 10.52 \text{ m.}$$

$$l = \text{long. losa} = 6.70 \quad e1 = 0.80 \text{ m.}$$

$$L = 50 \text{ m.} \quad e2 = 0.10 \text{ m.}$$

$$h = \text{altura de muros} = 1.94 \text{ m.}$$

- 1) **Concreto Lanzado.**
  - 1.1) **Medio Círculo.**  
 $V=0.15 \text{ m} \times 10.52 \text{ m} \times 50 \text{ m} = 78.9 \text{ m}^3$
  - 1.2) **Muros.**  
 $V=(0.15 \text{ m} \times 1.94 \text{ m} \times 50 \text{ m}) \times 2 = 29.1 \text{ m}^3$   
**Total concreto lanzado = 108.0 m<sup>3</sup>**
  
- 2) **Revestimiento definitivo.**
  - 2.1) **Medio Círculo.**  
 $V=0.35 \text{ m} \times 10.52 \text{ m} \times 50 \text{ m} = 184.1 \text{ m}^3$
  - 2.2) **Muros.**  
 $V=(0.35 \text{ m} \times 1.94 \text{ m} \times 50 \text{ m}) \times 2 = 69.7 \text{ m}^3$   
**Total revestimiento definitivo = 253.8 m<sup>3</sup>**
  
- 3) **Losa de piso.**  
 $V=0.80 \text{ m} \times 6.70 \text{ m} \times 50 \text{ m} = 268 \text{ m}^3$   
**V. Total = 521.8 m<sup>3</sup>**  
**Como son dos túneles = 1043.6 m<sup>3</sup>**

#### 6.- TUNELES DE SUBESTACION.

L=21.35 m.

- 1) **Concreto Lanzado.**
  - 1.1) **Medio Círculo.**  
 $V=0.15 \text{ m} \times 10.52 \text{ m} \times 21.35 \text{ m} = 33.69 \text{ m}^3$
  - 1.2) **Muros.**  
 $V=(0.15 \text{ m} \times 1.94 \text{ m} \times 21.35 \text{ m}) \times 2 = 12.43 \text{ m}^3$   
**Total = 46.12 m<sup>3</sup>**
  
- 2) **Revestimiento definitivo.**
  - 2.1) **Medio Círculo.**  
 $V=0.35 \text{ m} \times 10.52 \text{ m} \times 21.33 \text{ m} = 78.61 \text{ m}^3$
  - 2.2) **Muros.**  
 $V=(0.35 \text{ m} \times 1.94 \text{ m} \times 21.35 \text{ m}) \times 2 = 28.99 \text{ m}^3$   
**Total = 107.60 m<sup>3</sup>**
  
- 3) **Losa de piso.**  
 $V= 0.80 \text{ m} \times 6.70 \text{ m} \times 21.35 \text{ m} = 114.44 \text{ m}^3$   
**V Total = 222.04 m<sup>3</sup>**  
**Como son dos túneles= 444.08 m<sup>3</sup>**

## 7.- TUNEL DE CUARTO TECNICO.

L=10.35 m.

## 1) Concreto Lanzado.

## 1.1) Medio Círculo.

$$V=0.15m \times 10.52m \times 10.35m = 16.33 m^3$$

## 1.2) Muros.

$$V=(0.15m \times 1.94m \times 10.35m) \times 2 = 6.02 m^3$$

$$\text{Total} = 22.35 m^3$$

## 2) Revestimiento definitivo.

## 2.1) Medio Círculo.

$$V=0.35m \times 10.52m \times 10.35m = 38.11 m^3$$

## 2.2) Muros.

$$V=(0.35m \times 1.94m \times 10.35m) \times 2 = 14.055 m^3$$

$$\text{Total} = 52.165 m^3$$

## 3) Losa de piso.

$$V=0.80m \times 6.70m \times 10.35m = 55.48 m^3$$

$$V. \text{ Total} = 107.65 m^3$$

## 8.- ACCESO PONTEVIE.

Volumen entre los ejes 7-9 y H-F

## 1) Plantilla:

$$\text{Espesor} = 0.10m., \text{ Area} = 112.6 m^2$$

$$V= 11.26 m^3.$$

## 2) Losas, Muros y Trabes.

Primer rampa de escalera e= 0.50m. L=11.6m. B=6.80m.

$$V= 33,64 m^3.$$

Segunda rampa de escalera y descanso e= 0.7m. L=11.69m.

$$B= 6.80m. \quad V=55.64 m^3.$$

Volumen entre los ejes 5-7 y H-E

## 1) Plantilla:

$$e= 0.10m. \quad \text{Area} = 99.28 m^2 \quad V=99.30 m^3.$$

## 2) Losas.

$$e= 0.70m. \quad L=14.60m. \quad B=6.80m.$$

$$A=99.28m^2. \quad V=(99.28m^2 \times 0.70m) \times 2$$

$$V= 139 m^3. \text{ losa superior e inferior.}$$

- 3) Muros  $h=3.50m$   $L=14.60m$   $A=51.1 m^2$   
 $V= 51.1 m^2 \times 0.70 m = 35.77 m^3$   
 Volumen entre los ejes 7-9 y F-E

- 1) Plantilla.  
 $e= 0.10m.$   $A=88.92$   $V= 8.9 m^3.$
- 2) Losas.  
 $e= 0.70m.$   $A=88.92 m^2$   
 $V=(88.92 \times 0.70) \times 2 = 124.5 m^3$  Losa superior e inferior.
- 3) Muros.  
 $e= 0.70m.$   $L=38.4m.$   $h=3.50m.$   
 $V=94.10 m^3.$   
 Volumen entre los ejes E-B y 5-9

- 1) Plantilla.  
 $e=0.10m.$   $A=164m^2.$   $V=16.4 m^3.$
- 2) Losas.  
 $e=0.70m.$   $A=164m^2.$   
 $V=(0.70m. \times 164m^2) \times 2 = 229.6 m^3.$  losa superior e inferior.
- 3) Muros.  
 $e=0.70m.$   $L=12.72m.$   $h=2.70m.$   
 $V=24 m^3.$   
 Volumen de concreto en túnel.

- 1) Concreto Lanzado.  
 $e=0.15m.$   $L=28.80m.$   $P=13.57m.$   
 $V=58.62 m^3.$
- 2) Revestimiento definitivo.  
 $e=0.70m.$   $L=20.80m.$   $P=13.57m.$   
 $V= 197.58 m^3.$   
 $V. Total = 933.83 m^3.$

9.- ACCESO ORIENTE.

Volumen de las escaleras norte y sur. corte D-D

- 1) Plantilla.  
 $e=0.10m.$   $L=34.3m.$   $B=3.30m.$   
 $V=11.32 m^3.$

- 2) Losas de rampa de escaleras  
 $V=3.30m. \times 0.45m. \times 34.3m. = 51m^3.$
- 3) Losas (superior e inferior)  
 $e1 = 0.70m. \quad e2=0.40m., \quad L1=27.36m., \quad L2=13.81m., \quad B=3.30m.$   
 $V1 =63.20m^3.$   
 $V2 =18.23m^3. \quad Vt= 81.43m^3.$
- 4) Muros.  
 $e1=0.70m., \quad e2=0.40m. \quad L1=36.62m., \quad L2=27.62m.$   
 $h=3.50m.$   
 $V1=89.72 m^3.$   
 $V2=38.67 m^3. \quad Vt=128.39m^3.$   
 Volumen de concreto en túnel corte E-E

- 1) Concreto Lanzado.  
 $e= 0.15m. \quad L=38.36m. \quad P=13.57m.$   
 $V=78.10m^3.$
- 2) Revestimiento definitivo y losas.  
 $e=0.80m. \quad L=38.36m. \quad P=13.57m.$   
 $Vt=416.44m^3.$

A.3 TONELADAS DE ACERO. 171

$$f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$$

1.- BROCAL VER FIGURA IV.1

ELEMENTO: BROCAL

a), Varillas en el Plano.

1.- Nº de la varilla.

# 6

2.- Area de acero de la varilla.

$$2.87 \text{ cm}^2$$

3.- Espaciamiento entre varillas.

15 cm

4.- Número de varillas que caben en un metro ó en la sección del elemento.

6.66 Varillas

5.- Area total de las varillas.

$$19.13 \text{ cm}^2$$

6.- Longitud de la varilla.

$$5.85 \text{ m} \times 2 = 11.70 \text{ m.}$$

7.- Volumen de la varilla.

$$0.0223821 \text{ m}^3 \times 2 = 0.0447642$$

8.- Densidad del Acero = 7800 Kg/m<sup>3</sup>

9.- Toneladas de Acero.  $\frac{7.8 \text{ Ton}}{\text{m}^3} \times 0.0447642 \text{ m}^3 = 0.350 \text{ Ton}$

b), Varillas perpendiculares al Plano.

1.- Nº de la varilla.

# 4

2.- Area de acero de la varilla.

$$1.27 \text{ cm}^2$$

3.- Espaciamiento entre varillas.

25 cm

4.- Número de varillas que caben en un metro ó en la sección del elemento.

$$\frac{460 \text{ cm}}{25} = 18.4 \text{ varillas}$$

5.- Area total de las varillas.

$$21.368 \text{ cm}^2$$

6.- Longitud de la varilla.

100 cm.

7.- Volumen de la varilla.

$$0.002137 \text{ m}^3 \times 2 = 0.004274$$

8.- Densidad del Acero = 7800 Kg/m<sup>3</sup>

9.- Toneladas de Acero.  $\frac{7.8 \text{ Ton}}{\text{m}^3} \times 0.004274 \text{ m}^3 = 0.333372 \text{ Ton}$

10.- Total toneladas de acero en toda la sección.

$$0.350 \text{ ton} + 0.333 = 0.6833 \text{ ton}$$

## 2.- LINDERA VER FIGURA IV.2

## ELEMENTO: Muros

## a), Varillas en el Plano.

1.- Nº de la varilla.

# 4

2.- Area de acero de la varilla.

 $1.27 \text{ cm}^2$ 

3.- Espaciamiento entre varillas.

20 cm.

4.- Número de varillas que caben en un metro  $\phi$  en la sección del elemento.

5 varillas

5.- Area total de las varillas.

 $(1.27 \text{ cm}^2 \times 5 \text{ varillas}) \times 2 \text{ lechos} = 12.7 \text{ cm}^2$ 

6.- Longitud de la varilla.

28.00 m.

7.- Volumen de la varilla.

 $J.036322 \text{ m}^3$ 8.- Densidad del Acero =  $7800 \text{ Kg/m}^3$ 9.- Toneladas de Acero.  $7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.036322 \text{ m}^3 = 0.283 \text{ ton}$ 

## b), Varillas perpendiculares al Plano.

1.- Nº de la varilla.

# 4

2.- Area de acero de la varilla.

 $1.27 \text{ cm}^2$ 

3.- Espaciamiento entre varillas.

20 cm

4.- Número de varillas que caben en un metro  $\phi$  en la sección del elemento. $\frac{2860}{20} = 143$ 

5.- Area total de las varillas.

 $(1.27 \text{ cm}^2 \times 143 \text{ varillas}) \times 2 \text{ lechos} = 363.2 \text{ cm}^2$ 

6.- Longitud de la varilla.

100 cm.

7.- Volumen de la varilla.

 $J.03632 \text{ m}^3$ 8.- Densidad del Acero =  $7800 \text{ Kg/m}^3$ 9.- Toneladas de Acero.  $7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.03632 \text{ m}^3 = 0.283 \text{ ton}$ 

10.- Total toneladas de acero en toda la sección.

 $0.283 \text{ ton} + 0.283 \text{ ton} = 0.566 \text{ ton}$

**ELEMENTO: LOSA DE PISO****a), Varillas en el Plano.**

- 1.- Nº de la varilla.  
2#6
- 2.- Area de acero de la varilla.  
 $2.07 \text{ cm}^2$
- 3.- Espaciamiento entre varillas.  
20 cm
- 4.- Número de varillas que caben en un metro  $\phi$  en la sección del elemento.  
 $\frac{100}{20} = 5$  varillas
- 5.- Area total de las varillas.  
 $2.37 \text{ cm}^2 \times 5 = 14.35 \text{ cm}^2 \times 2 = 28.7 \text{ cm}^2$
- 6.- Longitud de la varilla.  
10.70 m
- 7.- Volumen de la varilla.  
 $28.7 \text{ cm}^2 \times 10.70 \text{ cm} = 30709 \text{ cm}^3 = 0.030709 \text{ m}^3$
- 8.- Densidad del Acero =  $7800 \text{ Kg/m}^3$
- 9.- Toneladas de Acero.  $7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.030709 \text{ m}^3 = 0.23953 \text{ ton.}$

**b), Varillas perpendiculares al Plano.**

- 1.- Nº de la varilla.  
2 # 6
- 2.- Area de acero de la varilla.  
 $2.37 \text{ cm}^2$
- 3.- Espaciamiento entre varillas.  
20 cm.
- 4.- Número de varillas que caben en un metro  $\phi$  en la sección del elemento.  
 $\frac{100}{20} = 5$  varillas.
- 5.- Area total de las varillas.  
 $2.87 \text{ cm}^2 \times 5 = 14.35 \text{ cm}^2 \times 2 = 28.7 \text{ cm}^2$
- 6.- Longitud de la varilla.  
10.70 m.
- 7.- Volumen de la varilla.  
 $28.7 \text{ cm}^2 \times 10.70 \text{ cm} = 30709 \text{ cm}^3 = 0.030709 \text{ m}^3$
- 8.- Densidad del Acero =  $7800 \text{ Kg/m}^3$
- 9.- Toneladas de Acero.  $7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.030709 \text{ m}^3 = 0.23953 \text{ ton}$
- 10.- Total toneladas de acero en toda la sección.  
 $0.23953 + 0.23953 = 0.47906 \text{ ton.}$

3.- CRABE DE BORDE VER FIGURA IV.2  
ELEMENTO: TRASE DE BORDE

a), Varillas en el Plano.

- 1.- Nº de la varilla.  
# 4
- 2.- Area de acero de la varilla.  
1.27 cm<sup>2</sup>.
- 3.- Espaciamiento entre varillas.  
20 cm.
- 4.- Número de varillas que caben en un metro  $\phi$  en la sección del elemento.  
5 varillas
- 5.- Area total de las varillas.  
6.35 cm<sup>2</sup>.
- 6.- Longitud de la varilla.  
80 cm x 2 lechos = 160 cm.
- 7.- Volumen de la varilla.  
0.001016 m<sup>3</sup>
- 8.- Densidad del Acero = 7800 Kg/m<sup>3</sup>
- 9.- Toneladas de Acero.  $7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.001016 \text{ m}^3 = 0.008 \text{ ton.}$

b), Varillas perpendiculares al Plano.

- 1.- Nº de la varilla.
  - 1).- 9 # 6
  - 2).- 3 # 4
- 2.- Area de acero de la varilla.
  - 1).- 17.22 cm<sup>2</sup>
  - 2).- 3.31 cm<sup>2</sup>
- 3.- Espaciamiento entre varillas.  
variable
- 4.- Número de varillas que caben en un metro  $\phi$  en la sección del elemento.  
9 del # 6                      3 del # 4
- 5.- Area total de las varillas.  
21.03 cm<sup>2</sup>
- 6.- Longitud de la varilla.  
100 cm.
- 7.- Volumen de la varilla.  
0.002103 m<sup>3</sup>.
- 8.- Densidad del Acero = 7800 Kg/m<sup>3</sup>
- 9.- Toneladas de Acero.  $7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.002103 \text{ m}^3 = 0.0164 \text{ ton}$
- 10.- Total toneladas de acero en toda la sección.  
0.008 ton + 0.0164 ton = 0.0419 ton.

4.- TUNEL DE UNION VER FIGURA IV.3  
ELEMENTO: MEDIO CIRCULO

a), Varillas en el Plano.

1.- Nº de la varilla.

2#6

2.- Area de acero de la varilla.

$$2.37 \text{ cm}^2 \times 2 = 5.74 \text{ cm}^2$$

3.- Espaciamiento entre varillas.

15 cm.

4.- Número de varillas que caben en un metro ó en la sección del elemento.

6.67 varillas

5.- Area total de las varillas.

$$5.74 \text{ cm}^2 \times 6.67 \times 2 \text{ (ambos lechos)} = 76.57 \text{ cm}^2.$$

6.- Longitud de la varilla.

13.57 m.

7.- Volumen de la varilla.

$$76.57 \text{ cm}^2 \times 1357 \text{ cm} = 103 \ 907.6 \text{ cm}^3$$

$$V = 0.103 \ 9076 \text{ m}^3.$$

8.- Densidad del Acero = 7800 Kg/m<sup>3</sup>

9.- Toneladas de Acero. = 7.8 ton/m<sup>3</sup> x 0.103 9076 m<sup>3</sup> = 0.810 ton.  
C.A. = 0.810

b), Varillas perpendiculares al Plano.

1.- Nº de la varilla.

#4

2.- Area de acero de la varilla.

$$1.27 \text{ cm}^2$$

3.- Espaciamiento entre varillas.

30 cm.

4.- Número de varillas que caben en un metro ó en la sección del elemento.

$$\frac{13.57 \text{ m}}{0.30 \text{ m}} = 45.23 \text{ varillas}$$

5.- Area total de las varillas.

$$1.27 \text{ cm}^2 \times 45.23 = 57.45 \text{ cm}^2$$

6.- Longitud de la varilla.

100 cm.

7.- Volumen de la varilla.

$$57.45 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm} \times 2 \text{ (ambos lechos)} =$$

$$V = 0.11148 \ 926 \text{ m}^3$$

8.- Densidad del Acero = 7800 Kg/m<sup>3</sup>

9.- Toneladas de Acero. = 7.3 ton/m<sup>3</sup> x 0.111 48926 m<sup>3</sup> = 0.0896 ton.

10.- Total toneladas de acero en toda la sección.

$$0.810 + 0.0896 = 0.399 \text{ toneladas.}$$

## ELEMENTO: MUROS

## a), Varillas en el Plano.

- 1.- Nº de la varilla.  
# 5
- 2.- Area de acero de la varilla.  
 $1.95 \text{ cm}^2$
- 3.- Espaciamiento entre varillas.  
20 cm.
- 4.- Número de varillas que caben en un metro  $\phi$  en la sección del elemento.  
 $\frac{100 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} = 5 \text{ varillas}$
- 5.- Area total de las varillas.  
 $1.95 \text{ cm}^2 \times 5 \text{ varillas} \times 2 \text{ (ambos lechos)} \times 2 \text{ (ambos muros)} =$   
 $V = 39 \text{ cm}^2$
- 6.- Longitud de la varilla.  
566 cm.
- 7.- Volumen de la varilla.  
 $V = 39 \text{ cm}^2 \times 566 \text{ cm} = 22072 \text{ cm}^3$   
 $V = 0.022072 \text{ m}^3$
- 8.- Densidad del Acero =  $7800 \text{ Kg/m}^3$
- 9.- Toneladas de Acero.  $7.8 \text{ ton/m}^3 \times 0.022072 \text{ m}^3 = 0.172 \text{ ton.}$

## b), Varillas perpendiculares al Plano.

- 1.- Nº de la varilla.  
# 5
  - 2.- Area de acero de la varilla.  
 $1.95 \text{ cm}^2$ .
  - 3.- Espaciamiento entre varillas.  
20 cm.
  - 4.- Número de varillas que caben en un metro  $\phi$  en la sección del elemento.  
 $\frac{566 \text{ cm}}{20 \text{ cm}} = 28.3 \text{ varillas}$
  - 5.- Area total de las varillas.  
 $1.95 \text{ cm}^2 \times 28.3 \text{ varillas} \times 2 \text{ (ambos lechos)} \times 2 \text{ (ambos muros)} =$   
 $218.4 \text{ cm}^2$
  - 6.- Longitud de la varilla.  
100 cm
  - 7.- Volumen de la varilla.  
 $V = 218.4 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm} = 21840 \text{ cm}^3$   
 $V = 0.021840 \text{ m}^3$
  - 8.- Densidad del Acero =  $7800 \text{ Kg/m}^3$
  - 9.- Toneladas de Acero.  $7.8 \text{ ton/m}^3 \times 0.02184 = 0.170 \text{ ton.}$
- 10.- Total toneladas de acero en toda la sección.  
 $0.172 \text{ ton} + 0.170 \text{ ton} = 0.342 \text{ ton.}$

## ELEMENTO: LOSA DE PISO

## a), Varillas en el Plano.

- 1.- Nº de la varilla.  
2 # 8                      1 # 4
- 2.- Area de acero de la varilla.  
5.07 cm<sup>2</sup>                      1.27 cm<sup>2</sup>
- 3.- Espaciamiento entre varillas.  
20 cm.                      20 cm.
- 4.- Número de varillas que caben en un metro  $\phi$  en la sección del elemento.  
5 varillas                      5 varillas
- 5.- Area total de las varillas.  
5.07 cm<sup>2</sup> x 2 x 5 varillas = 50.7 cm<sup>2</sup>                      1.27 cm<sup>2</sup> x 5 varillas = 6.35 cm<sup>2</sup>
- 6.- Longitud de la varilla.  
944 cm                      944 cm
- 7.- Volumen de la varilla.  
50.7 cm<sup>2</sup> x 944 cm = 47860.3 cm<sup>3</sup> = 0.04766000 m<sup>3</sup>  
6.35 cm<sup>2</sup> x 944 cm = 5994.4 cm<sup>3</sup> = 0.0059944 m<sup>3</sup>
- 8.- Densidad del Acero = 7800 Kg/m<sup>3</sup>                      0.0059944 m<sup>3</sup>                      TOTAL
- 9.- Toneladas de Acero.                      7.3  $\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$  x 0.0536552 = 0.419 ton

## b), Varillas perpendiculares al Plano.

- 1.- Nº de la varilla.  
# 4                      E # 3
- 2.- Area de acero de la varilla.  
1.27 cm<sup>2</sup>                      0.71 cm<sup>2</sup>
- 3.- Espaciamiento entre varillas.  
25 cm.                      10 cm
- 4.- Número de varillas que caben en un metro  $\phi$  en la sección del elemento.  
38 varillas                      90 estribos
- 5.- Area total de las varillas.  
48.26 cm<sup>2</sup>                      64.00 cm<sup>2</sup>
- 6.- Longitud de la varilla.  
100 cm.  
104.1 cm x estribos x 90 estribos = 9369 cm.
- 7.- Volumen de la varilla.  
48.26 cm<sup>2</sup> x 100 cm = 4826 cm<sup>3</sup> = 0.004826 m<sup>3</sup>  
64.00 cm<sup>2</sup> x 9369 cm = 5986791 cm<sup>3</sup> = 0.5986791 m<sup>3</sup> total = 0.6035051 m<sup>3</sup>
- 8.- Densidad del Acero = 7800 Kg/m<sup>3</sup>
- 9.- Toneladas de Acero.  
 $\frac{7.8 \text{ ton}}{\text{m}^3}$  x 0.6035051 m<sup>3</sup> = 4.71 ton.
- 10.- Total toneladas de acero en toda la sección.  
0.419 ton + 4.71 ton = 5.13 ton.

## ELEMENTO: ANCLAS DEL MURO EN MUESCA Y LOSA

## a), Varillas en el Plano.

- 1.- Nº de la varilla.  
# 8
- 2.- Area de acero de la varilla.  
 $5.07 \text{ cm}^2$ .
- 3.- Espaciamiento entre varillas.  
20 cm.
- 4.- Número de varillas que caben en un metro ó en la sección del elemento.  
5 varillas
- 5.- Area total de las varillas. (muesca y losa)  
 $5.07 \text{ cm}^2 \times 5 \times 2 = 50.7 \text{ cm}^2$  en un lado
- 6.- Longitud de la varilla.  
80 cm.
- 7.- Volumen de la varilla.  
 $5.7 \text{ cm}^2 \times 80 \text{ cm} \times 2$  (lados) =  $8112 \text{ cm}^3 = V = 0.008112 \text{ m}^3$ .
- 8.- Densidad del Acero =  $7800 \text{ Kg/m}^3$
- 9.- Toneladas de Acero.  $7.8 \text{ ton/m}^3 \times 0.008112 \text{ m}^3 = 0.06327 \text{ ton}$ .

$$\text{T.A.} = 0.0327 \text{ ton.}$$

## b), Varillas perpendiculares al Plano. (No Hay)

- 1.- Nº de la varilla.
  - 2.- Area de acero de la varilla.
  - 3.- Espaciamiento entre varillas.
  - 4.- Número de varillas que caben en un metro ó en la sección del elemento.
  - 5.- Area total de las varillas.
  - 6.- Longitud de la varilla.
  - 7.- Volumen de la varilla.
  - 8.- Densidad del Acero =  $7800 \text{ Kg/m}^3$
  - 9.- Toneladas de Acero.
- 10.- Total toneladas de acero en toda la sección.

## 5.- TUNEL DE ANDEN VER FIGURA IV.4

## ELEMENTO: CIRCULO,

## a), Varillas en el Plano.

1.- Nº de la varilla.

2 # 6

2.- Area de acero de la varilla.

2.87 cm<sup>2</sup>

3.- Espaciamiento entre varillas.

20 cm.

4.- Número de varillas que caben en un metro ó en la sección del elemento.

5 varillas.

5.- Area total de las varillas.

2.37 cm<sup>2</sup> X 5 varillas X 2 = 28.7 cm<sup>2</sup>

6.- Longitud de la varilla.

2934.2 cm.

7.- Volumen de la varilla.

2934.2 cm X 28.7 cm<sup>2</sup> = 84211.54 cm<sup>3</sup> = 0.08421154 m<sup>3</sup>8.- Densidad del Acero = 7800 Kg/m<sup>3</sup>

9.- Toneladas de Acero.

 $\frac{7.8 \text{ ton.}}{m^3} \times 0.008421154 \text{ m}^3 = 0.660 \text{ ton.}$ 

## b), Varillas perpendiculares al Plano.

1.- Nº de la varilla.

# 4

2.- Area de acero de la varilla.

1.27 cm<sup>2</sup>

3.- Espaciamiento entre varillas.

30 cm.

4.- Número de varillas que caben en un metro ó en la sección del elemento.

 $\frac{2934.2}{30} = 97.81 = 98 \text{ varilla.}$ 

5.- Area total de las varillas.

1.27 cm<sup>2</sup> X 98 varillas = 124.21 cm<sup>2</sup>

6.- Longitud de la varilla.

100 cm.

7.- Volumen de la varilla.

124.21 cm<sup>2</sup> X 100 cm = 12421 cm<sup>3</sup> = 0.012421 m<sup>3</sup>8.- Densidad del Acero = 7800 Kg/m<sup>3</sup>

9.- Toneladas de Acero.

 $\frac{78. \text{ ton.}}{m^3} \times 0.012421 \text{ m}^3 = 0.097 \text{ ton.}$ 

10.- Total toneladas de acero en toda la sección.

0.660 ton + 0.097 ton = 0.757 ton.

## ELEMENTO: ANDEN,

## a), Varillas en el Plano.

- 1.- Nº de la varilla.  
2 # 3
- 2.- Area de acero de la varilla.  
 $0.71 \text{ cm}^2$
- 3.- Espaciamiento entre varillas.  
30 cm      20 cm.
- 4.- Número de varillas que caben en un metro  $\phi$  en la sección del elemento.  
3.3. varillas                      5,0 varillas.
- 5.- Area total de las varillas.  
 $0.71 \text{ cm}^2 \times 3.3 \text{ varillas} = 2.34 \text{ cm}^2$        $0.71 \text{ cm}^2 \times 5 \text{ varillas} = 3.55 \text{ cm}^2$ .
- 6.- Longitud de la varilla.  
432 cm      200 cm
- 7.- Volumen de la varilla.  
 $0.00204336 \text{ m}^3$        $0.00346336 \text{ m}^3$   
 $0.00142000 \text{ m}^3$
- 8.- Densidad del Acero =  $7800 \text{ Kg/m}^3$
- 9.- Toneladas de Acero.  
 $\frac{7.8 \text{ ton}}{\text{m}^3} \times 0.00346336 \text{ m}^3 = 0.027 \text{ ton}$ .

## b), Varillas perpendiculares al Plano.

- 1.- Nº de la varilla.  
2 # 3
- 2.- Area de acero de la varilla.  
 $0.71 \text{ cm}^2$
- 3.- Espaciamiento entre varillas.  
35 cm.
- 4.- Número de varillas que caben en un metro  $\phi$  en la sección del elemento.  
 $\frac{432 \text{ cm} + 200 \text{ cm.}}{35 \text{ cm.}} = 18.06 \text{ varillas}$
- 5.- Area total de las varillas.  
 $0.71 \text{ cm}^2 \times 18.06 \text{ varillas} = 25.64 \text{ cm}^2$
- 6.- Longitud de la varilla.  
100 cm.
- 7.- Volumen de la varilla.  
 $0.002564 \text{ m}^3$
- 8.- Densidad del Acero =  $7800 \text{ Kg/m}^3$
- 9.- Toneladas de Acero.  
 $\frac{7.8 \text{ ton}}{\text{m}^3} \times 0.002564 \text{ m}^3 = 0.020$
- 10.- Total toneladas de acero en toda la sección.  
 $0.027 \text{ ton} + 0.020 \text{ ton} = 0.047 \text{ ton}$ .

**ELEMENTO: LOSA DE PISO.****a), Varillas en el Plano.**

1.- Nº de la varilla.

# 8                      2#6                      #4

2.- Area de acero de la varilla.

5.07 cm<sup>2</sup>                      2.87 cm<sup>2</sup>                      1.25 cm<sup>2</sup>

3.- Espaciamiento entre varillas.

20 cm.      20 cm.      20 cm.

4.- Número de varillas que caben en un metro ó en la sección del elemento.

5 varillas      5 varillas      5 varillas.

5.- Area total de las varillas.

25.35 cm<sup>2</sup>                      28.70 cm<sup>2</sup>                      6.35 cm<sup>2</sup>

6.- Longitud de la varilla.

2/3 (6.96 m)                      1/2 (6.96m)                      6.96 m.

7.- Volumen de la varilla.

J.00117624m<sup>3</sup>, 0.0099876m<sup>3</sup>, 0.0044196m<sup>3</sup>      total = 0.0261696 m<sup>3</sup>8.- Densidad del Acero                      = 7800 Kg/m<sup>3</sup>

9.- Toneladas de Acero.

 $\frac{7.8 \text{ ton}}{m^3} \times 0.0261696 \text{ m}^3 = 0.204 \text{ ton.}$ **b), Varillas perpendiculares al Plano.**

1.- Nº de la varilla.

# 4                      E # 3

2.- Area de acero de la varilla.

1.27 cm<sup>2</sup>      0.71 cm<sup>2</sup>

3.- Espaciamiento entre varillas.

23 cm.      20 cm.

4.- Número de varillas que caben en un metro ó en la sección del elemento.

30.26 Varillas                      100.00 Estribos

5.- Area total de las varillas.

1.27 cm<sup>2</sup> X 30.26 varillas = 38.43 cm<sup>2</sup>      0.71 cm<sup>2</sup> X 100 estribos = 71.0 cm<sup>2</sup>

6.- Longitud de la varilla.

100 cm.      90 cm. por estribo: total = 90 00 cm.

7.- Volumen de la varilla.

0.003843 m<sup>3</sup>      total.      0.642843 m<sup>3</sup>  
0.639000 m<sup>3</sup>8.- Densidad del Acero                      = 7800 Kg/m<sup>3</sup>

9.- Toneladas de Acero.

 $\frac{7.8 \text{ ton}}{m^3} = 0.642843 \text{ m}^3 = 5.01 \text{ ton.}$ 

10.- Total toneladas de acero en toda la sección.

0.204 ton + 5.01 ton = 5.214 ton.

6.- TUNEL DE DISTRIBUCION , SUBESTACION Y/O CTO. TECNICO.  
VER FIGURA IV.5

ELEMENTO: MEDIO CIRCULO.

a), Varillas en el Plano.

1.- Nº de la varilla.

$$2 \# 4 \quad 1 \# 6$$

2.- Area de acero de la varilla.

$$1.27 \text{ cm}^2 \times 2 = 2.54 \text{ cm}^2 \quad 2.87 \text{ cm}^2 = 2.87 \text{ cm}^2 \quad \text{Total} = 5.41 \text{ cm}^2$$

3.- Espaciamiento entre varillas.

$$24 \text{ cm.} \quad 24 \text{ cm.}$$

4.- Número de varillas que caben en un metro ó en la sección del elemento.

$$\frac{100 \text{ cm}}{24 \text{ cm}} = 5 \text{ varillas.}$$

5.- Area total de las varillas.

$$5.41 \text{ cm}^2 \times 5 = 27.05 \text{ cm}^2.$$

6.- Longitud de la varilla.

$$P = \frac{\pi \times 6.70}{2} = 1052 \text{ cm.}$$

7.- Volumen de la varilla.

$$27.05 \text{ cm}^2 \times 1052 \text{ cm} = 28456.6 \text{ cm}^3 = 0.0284566 \text{ m}^3$$

8.- Densidad del Acero = 7800 Kg/m<sup>3</sup>

9.- Toneladas de Acero.

$$\frac{7.8 \text{ ton}}{\text{m}^3} \times 0.0284566 \text{ m}^3 = 0.222 \text{ ton.}$$

b), Varillas perpendiculares al Plano.

1.- Nº de la varilla.

$$2 \# 4$$

2.- Area de acero de la varilla.

$$1.27 \text{ cm}^2 \times 2 = 2.54 \text{ cm}^2$$

3.- Espaciamiento entre varillas.

$$20 \text{ cm.}$$

4.- Número de varillas que caben en un metro ó en la sección del elemento.

$$\frac{1052}{20} = 52.62 \text{ varillas.}$$

5.- Area total de las varillas.

$$2.54 \text{ cm}^2 \times 52.62 = 133.65 \text{ cm}^2$$

6.- Longitud de la varilla.

$$100 \text{ cm.}$$

7.- Volumen de la varilla.

$$133.65 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm} = 13365 \text{ cm}^3 = 0.013365 \text{ m}^3$$

8.- Densidad del Acero = 7800 Kg/m<sup>3</sup>

9.- Toneladas de Acero.

$$\frac{7.8 \text{ ton}}{\text{m}^3} \times 0.013365 = 0.104 \text{ ton.}$$

10.- Total toneladas de acero en toda la sección.

$$0.222 \text{ ton} + 0.104 \text{ ton} = 0.326 \text{ ton.}$$

**ELEMENTO: MUROS****a), Varillas en el Plano.**

- 1.- Nº de la varilla.  
1 # 6      2 # 4
- 2.- Area de acero de la varilla.  
 $2.87 \text{ cm}^2$      $2.54 \text{ cm}^2$     Total =  $5.41 \text{ cm}^2$
- 3.- Espaciamiento entre varillas.  
24 cm.    24 cm.
- 4.- Número de varillas que caben en un metro ó en la sección del elemento.  
4 varillas.
- 5.- Area total de las varillas.  
 $5.41 \text{ cm}^2$  X 4 X 2 ( muros ) =  $43.28 \text{ cm}^2$
- 6.- Longitud de la varilla.  
194 cm.
- 7.- Volumen de la varilla.  
 $43.28 \text{ cm}^2$  X 194 cm =  $8396.32 \text{ cm}^3$  =  $0.00839632 \text{ m}^3$
- 8.- Densidad del Acero      =  $7800 \text{ Kg/m}^3$
- 9.- Toneladas de Acero.  
 $\frac{7.8 \text{ ton}}{\text{m}^3}$  X  $0.00839632 \text{ m}^3$  = 0.066 ton.

**b), Varillas perpendiculares al Plano.**

- 1.- Nº de la varilla.  
2 # 4
- 2.- Area de acero de la varilla.  
 $1.27 \text{ cm}^2$  X 2 =  $2.54 \text{ cm}^2$ .
- 3.- Espaciamiento entre varillas.  
40 cm.
- 4.- Número de varillas que caben en un metro ó en la sección del elemento.  
 $\frac{194 \text{ cm}}{40 \text{ cm}} = 4.85$  varillas = 5.
- 5.- Area total de las varillas.  
 $2.54 \text{ cm}^2$  X 5 X 2 ( ambos muros ) =  $25.4 \text{ cm}^2$
- 6.- Longitud de la varilla.  
100 cm.
- 7.- Volumen de la varilla.  
 $25.4 \text{ cm}^2$  X 100 cm =  $2540 \text{ cm}^3$  =  $0.002540 \text{ m}^3$
- 8.- Densidad del Acero      =  $7800 \text{ Kg/m}^3$
- 9.- Toneladas de Acero.  
 $\frac{7.8 \text{ ton}}{\text{m}^3}$  X  $0.002540 \text{ m}^3$  = 0.020 ton.
- 10.- Total toneladas de acero en toda la sección.  
 $0.066 \text{ ton} + 0.020 = 0.086 \text{ ton}.$

## ELEMENTO: LOSA DE PISO.

## a), Varillas en el Plano.

1.- Nº de la varilla.

2 # 6, # 4, 10 # 3

2.- Area de acero de la varilla.

$$5.74 \text{ cm}^2 + 1.27 \text{ cm}^2 + 7.10 \text{ cm}^2 = 14.09 \text{ cm}^2$$

3.- Espaciamiento entre varillas.

17 cm 24 cm. 24 cm.

4.- Número de varillas que caben en un metro ó en la sección del elemento.

5.9 varillas = 6 4.0 varillas 4.0 varillas

5.- Area total de las varillas.

$$14.09 \text{ cm}^2 \times 14 \text{ varillas} = 197.26 \text{ cm}^2$$

6.- Longitud de la varilla.

670 cm 670 cm 1450 cm. total 2790 cm.

7.- Volumen de la varilla.

$$197.26 \text{ cm}^2 \times 2790 \text{ cm} = 550355.4 \text{ cm}^3 = 0.5503554 \text{ m}^3$$

8.- Densidad del Acero = 7800 Kg/m<sup>3</sup>

9.- Toneladas de Acero.

$$\frac{7.8 \text{ ton}}{\text{m}^3} \times 0.5503554 \text{ m}^3 = 4.292 \text{ ton.}$$

## b), Varillas perpendiculares al Plano.

1.- Nº de la varilla.

2 # 4

2.- Area de acero de la varilla.

$$1.27 \text{ cm}^2 \times 2 = 2.54 \text{ cm}^2$$

3.- Espaciamiento entre varillas.

25 cm.

4.- Número de varillas que caben en un metro ó en la sección del elemento.

$$\frac{670 \text{ cm}}{25 \text{ cm}} = 26.3 \text{ varillas} \approx 27$$

5.- Area total de las varillas.

$$2.54 \text{ cm}^2 \times 27 = 68.58 \text{ cm}^2$$

6.- Longitud de la varilla.

100 cm.

7.- Volumen de la varilla.

$$68.58 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm} = 6858 \text{ cm}^3 = 0.006858 \text{ m}^3$$

8.- Densidad del Acero = 7800 Kg/m<sup>3</sup>

9.- Toneladas de Acero.

$$\frac{7.8 \text{ ton}}{\text{m}^3} \times 0.006858 \text{ m}^3 = 0.054 \text{ ton.}$$

10.- Total toneladas de acero en toda la sección.

$$4.292 \text{ ton} + 0.054 \text{ ton} = 4.346 \text{ ton.}$$

## ACCESO PONIENTE, VER FIGURA IV.6 A LA IV.8

Primer rampa de escaleras corte 6-6

1.- Varillas en el plano.

2 Varillas # 4 a 25.

Número de varillas que caben en 6.8m. (ancho de la escalera)

$$\frac{680 \text{ cm}}{25 \text{ cm}} = 27.2 = 54.4 \text{ varillas.}$$

Longitud de las varillas = 23.29m.

Area de la varilla = 1.27 cm<sup>2</sup>.

$$V = (1.27 \text{ cm}^2 \times 2329 \text{ cm}) 54.4 = 160 905.95 \text{ cm}^3.$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.16090595 \text{ m}^3 = 1.255 \text{ ton.}$$

2.- Varillas perpendiculares al plano.

2 Varillas # 6 a 15.

$$\text{Número de varillas que caben en } 23.29 \text{ m} = \frac{2329 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 155.2 \text{ varillas.}$$

155.2X2= 310.4 Varillas.

Longitud de la varilla = 6.0m.

Area de la varilla = 2.87 cm<sup>2</sup>.

$$V = (2.87 \text{ cm}^2 \times 680 \text{ cm}) 310.4 = 605 776.64 \text{ cm}^2$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.60577664 \text{ m}^3 = 4.725 \text{ ton.}$$

Acero entre los ejes 5-7 y H-B

LOSAS.

1.- Varillas en el plano.

4 Varillas # 6 a 15.

Número de varillas que caben en 23.60m (longitud entre los ejes H-B)

$$\frac{2360 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 157.3 \text{ varillas} \times 4 = 629.2$$

Longitud de la varilla = 11.08m.

Area de la varilla = 2.87 cm<sup>2</sup>.

$$V = (2.87 \text{ cm}^2 \times 1108 \text{ cm}) \times 629.2 + 2000 830.8 \text{ cm}^3$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 2.0008308 \text{ m}^3 = 15.61 \text{ ton.}$$

## 2.- Varillas perpendiculares al plano.

4 Varillas del # 6 a 15.

Número de las varillas que caben en el ancho de la sección.

$$\frac{1108 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 73.8 \times 4 \text{ varillas} = 295.2.$$

Longitud de la varilla = 23.60m.

Area de la varilla =  $2.87 \text{ cm}^2$ .

$$V = (2.87 \text{ cm}^2 \times 2360 \text{ cm}) 295.2 = 1999448.6 \text{ cm}^3$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 1.999 \ 448.6 \text{ m}^3 = 15.60 \text{ ton.}$$

MUROS

## 1.- Varillas en el plano.

2 Varillas del # 6 a 15.

Número de varillas que caben en la longitud del muro.

$$\frac{2360 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 157.3 \times 2 \text{ varillas} = 314.6 \text{ varillas.}$$

Longitud de la varilla = 3.50m.

Area de la varilla =  $2.87 \text{ cm}^2$ .

$$V = (2.87 \text{ cm}^2 \times 350 \text{ cm}) 314.6 = 316015.7 \text{ cm}^3,$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.3160137 \text{ m}^3 = 2.46 \text{ ton.}$$

## 2.- Varillas perpendiculares al plano.

2 Varillas del # 4 a 25.

Número de varillas que caben en la altura del muro.

$$\frac{350 \text{ cm}}{25 \text{ cm}} = 14 \times 2 = 28 \text{ varillas.}$$

Longitud de la varilla = 23.60m.

Area de la varilla =  $1.27 \text{ cm}^2$ ,

$$V = (1.27 \text{ cm}^2 \times 2360 \text{ cm}) \times 28 = 83921.6 \text{ cm}^3.$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.0839216 \text{ m}^3 = 0.654 \text{ ton.}$$

Acero entre los ejes 7-9 y B-E

LOSAS.

Varillas en el plano.

2 Varillas del # 4 a 15.

2 Varillas del # 6 a 15.

Número de varillas que caben en 9m. (longitud entre los ejes B-E)=

$$\frac{900 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 60 \times 2 \text{ varillas} = 120 \text{ varillas.}$$

Para las varillas del 4 y del 6.

Longitud de las varillas; 11.40m para las varillas del número 4 y

16.40m para las varillas del número 6.

Area de las varillas;  $1.27 \text{ cm}^2$  y  $2.87 \text{ cm}^2$  para las del número 4 y 6 respectivamente.

$$V = (1.27 \text{ cm}^2 \times 1140 \text{ cm}) \times 120 = 173 \ 736 \text{ cm}^3.$$

$$V = (2.87 \text{ cm}^2 \times 1 \ 640 \text{ cm}) \times 120 = 564816 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen Total} = 738552 \text{ cm}^3$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.738552 \text{ m}^3 = 5 \ 76 \text{ ton.}$$

Varillas perpendiculares al plano.

4 Varillas del # 6 a 15

$$\text{En la losa superior caben } \frac{1140 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 76 \times 2 = 152 \text{ varillas.}$$

$$\text{En la losa de piso caben } \frac{1640 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 109 \times 2 = 218 \text{ varillas.}$$

Longitud de las varillas = 9.0m.

Area de las varilla =  $2.87 \text{ cm}^2$ .

$$V = (2.87 \text{ cm}^2 \times 900) \times 218 = 955 \ 710 \text{ cm}^3.$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.955 \ 710 \text{ m}^3 = 7,45 \text{ ton.}$$

MUROS

## 1.- Varillas en el plano.

4 Varillas del # 6 a 15.

Número de varillas que caben 9.0m =  $\frac{900\text{cm}}{15\text{cm}} = 60 \times 4 = 240$  varillas.

Longitud de la varilla 6.50m (ambos muros)

Area de la varilla 2.87 cm<sup>2</sup>V = (2.87 cm<sup>2</sup> X 650 cm) 240 = 447720 cm<sup>3</sup>.7.8  $\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$  X 0.447720 m<sup>3</sup> = 3.3 ton.

## 2.- Varillas perpendiculares al plano.

4 Varillas del # 4 a 25.

8 Varillas del # 10.

Número de varillas que caben en 6.50m (altura de los muros).

 $\frac{50\text{cm}}{25\text{cm}} = 26 \times 4 = 104$  varillas.

Longitud de las varillas = 9.0 m.

Area de las varillas; 1.27 cm<sup>2</sup> para la del número 4 y 7.94 cm<sup>2</sup> para la del número 10.V = (1.27 cm<sup>2</sup> X 900) X 104 = 118872 cm<sup>3</sup>.V = (7.94 cm<sup>2</sup> X 900) X 8 = 57168 cm<sup>3</sup>.Volumen Total = 176 040 cm<sup>3</sup>7.8  $\frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$  X 0.17604m<sup>3</sup> = 1.4 ton.

Gran Total de Acero = 58.40 ton.

Túnel. = 86.64 ton.

## ACCESO ORIENTE VER FIGURA IV.9 A LA IV.14

## ESCALERAS NORTE Y SUR (CORTE D-D).

LOSAS.

## 1.- Varillas en el plano.

2 Varillas # 4a 25

Número de Varillas que caben en 3.50m (ancho de la escalera).

$$\frac{350 \text{ cm.}}{25 \text{ cm.}} = 14 \times 2 \text{ Varillas} = 28 \times 2 \text{ Rampas de escaleras} = 56 \text{ Varillas}$$

Longitud de desarrollo de las escaleras = 23.62m

Area de la varilla =  $1.27 \text{ cm}^2$ .

$$V = (1.27 \text{ cm}^2 \times 2362 \text{ cm}) \times 56 = 167 \text{ 985.4 cm}^3,$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.167 \text{ 9854 m}^3 = 1.3 \text{ ton.}$$

## 2.- Varillas Perpendiculares en el plano.

2 Varillas # 6 a 15

Número de Varillas que caben en 23.62m =  $157.4 \times 2 = 314.8 \times 2$  rampas  
=  $314.8 \times 2 = 629.6$  Varillas .

Longitud de la Varilla = 3.50m.

Area de la Varilla =  $2.87 \text{ cm}^2$ .

$$V = (2.87 \text{ cm}^2 \times 350 \text{ cm}) \times 629.6 = 623 \text{ 433.2 cm}^3.$$

$$7.6 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} = \times 0.6234332 \text{ m}^3 = 4.93 \text{ ton.}$$

TOTAL ACERO EN LOSAS = 6. 23 ton.

MUROS.

Muros en la primer rampa.

## 1.- Varillas en el plano.

2 Varillas # 6 a 25 y 2 Varillas del # 4 a 15.

Número de Varillas que caben en 3.90m X 2 muros = 7.8m.

$$\frac{780 \text{ cm.}}{25 \text{ cm.}} = 31. \text{ Varillas y } \frac{780 \text{ cm.}}{15 \text{ cm.}} = 52 \text{ Varillas.}$$

Longitud de la Varilla = 1.40 m. promedio.

190

Area de las varillas =  $2.87 \text{ cm}^2$  y  $1.27 \text{ cm}^2$  respectivamente.

$$V = (2.87 \text{ cm}^2 \times 140 \text{ cm}) \times 31.2 = 12536.2 \text{ cm}^3.$$

$$V = (1.27 \text{ cm}^2 \times 140 \text{ cm}) \times 52 = 20893.6 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen total} = 33\,429.8 \text{ cm}^3$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.0334298 = 0.26 \text{ ton.}$$

## 2.- Varillas perpendiculares al plano.

4 Varillas # 3 a 20 .

Número de varillas que caben en 1.40m ( altura promedio del muro).

$$\frac{140}{20} = 7 \times 4 = 28 \text{ Varillas.}$$

Longitud de la varilla = 7.80m.

Area de la varilla =  $0.71 \text{ cm}^2$ .

$$V = (0.71 \text{ cm}^2 \times 780 \text{ cm}) \times 28 = 15506.4 \text{ cm}^3$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.015\,506\,4 \text{ m}^3 = 0.120 \text{ ton.}$$

Muros. en la segunda rampa.

## 1.- Varillas en el plano.

4 Varillas # 6 a 15.

Número de varillas que caben 7.44 m X 2 Muros = 14.88m

$$\frac{1488 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 99 \times 4 = 396 \text{ Varillas}$$

Longitud de la varilla = 1.40m promedio.

Area de la varilla =  $2.87 \text{ cm}^2$

$$V = (2.87 \text{ cm}^2 \times 140 \text{ cm}) \times 396 = 147\,747.6 \text{ cm}^3.$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.1477476 \text{ m}^3 = 1.152 \text{ ton.}$$

## 2.- Varillas perpendiculares al plano.

4 Varillas # 4 a 25.

Número de varillas que caben en 1.40 m (altura promedio del muro).

$$\frac{140}{25} = 5.6 \times 4 = 22.4.$$

Longitud de la varilla = 14.88m.

Area de la varilla =  $1.27 \text{ cm}^2$ .

$$V = (1.27 \text{ cm}^2 \times 1488 \text{ cm}) \times 22.4 = 42330.6 \text{ cm}^3.$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.0423306 \text{ m}^3 = 0.33 \text{ ton}.$$

Total toneladas en muros = 1.863 ton.

Como el acero de los muros se calculó en una sola escalera, este resultado hay que multiplicarlo por dos, ya que son aproximadamente simétricos  $1.863 \text{ ton} \times 2 = 3.726 \text{ ton}$ .

Cajón entre los ejes 6 - 8 y N-P

LOSAS.

1.- Varillas en el plano.

4 Varillas # 4 a 25 .

Número de varillas que caben en 3.50 m ( ancho del cajón).

$$\frac{350 \text{ cm}}{25 \text{ cm}} = 14 \times 4 = 56 \text{ Varillas.}$$

Longitud de las varillas = 21 m ( longitud de la losa superior e inferior).

Area de la varilla =  $1.27 \text{ cm}^2$ .

$$V = (1.27 \text{ cm}^2 \times 2100 \text{ cm}) \times 56 = 149352 \text{ cm}^3.$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} = 0.149352 \text{ m}^3 = 1.165 \text{ ton}.$$

2.- Varillas perpendiculares al plano.

4 Varillas # 6 a 15.

Número de varillas que caben el 21 m (longitud de las losas).

$$\frac{2100 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 140 \times 4 = 560 \text{ varillas.}$$

Longitud de la varilla = 3.50m.

Area de la varilla =  $2.87 \text{ cm}^2$ .

$$V = (2.87 \text{ cm}^2 \times 350 \text{ cm}) \times 560 = 562520 \text{ cm}^3.$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} = 0.562520 \text{ m}^3 = 4.4 \text{ ton}.$$

Total de acero en losas = 5.565 ton.

MURO.

## 1.- Varillas en el plano.

2 Varillas # 6 a 15.

Número de varillas que caben en 21 m. ( longitud del muro ).

$$\frac{2100 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 133.3 \times 2 = 166.6$$

Longitud de la varilla = 3. 50 m.

Area de la varilla =  $2.87 \text{ cm}^2$ .

$$V = (2.87 \text{ cm}^2 \times 350 \text{ cm}) 166.6 = 167 \ 349.7 \text{ cm}^3$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.167 \ 3497 \text{ m}^3 = 1.31 \text{ ton.}$$

## 2.- Varillas perpendiculares al plano.

2 Varillas # 4 a 25.

Número de varillas que caben en 3.50 m (altura del muro).

$$\frac{350 \text{ cm.}}{25 \text{ cm}} = 14 \times 2 = 28 \text{ Varillas.}$$

Longitud de la varilla = 21 m.

Area de la varilla =  $1.27 \text{ cm}^2$ 

$$V = (1.27 \text{ cm}^2 \times 2100 \text{ cm}) 28 = 74676 \text{ cm}^3.$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.074 \ 676 \text{ m}^3 = 0.582 \text{ ton.}$$

Total de acero en muros = 1. 892 ton.

Acero en el cajón antes de llegar al túnel ( Corte E-E).

LOSAS.

## 1.- Varillas en el plano.

4 Varillas # 6 a 15.

Número de varillas que caben en 9.0m (ancho del cajón).

$$\frac{900 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 60 \times 4 = 240 \text{ Varillas.}$$

Longitud de la varilla = 13. 73 m.

Area de la varilla =  $2.87 \text{ cm}^2$ .

$$V = (2.87 \text{ cm}^2 \times 1373 \text{ cm}) 240 = 945 \ 722.4 \text{ cm}^3.$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.945 \ 722 \ 4 \text{ m}^3 = 7.3 \text{ ton.}$$

## 2.- Varillas perpendiculares al plano.

4 Varillas # 4 a 15.

Número de varillas que caben en 13.73m (largo del cajón).

$$\frac{1373 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 91.5 \times 4 = 366 \text{ varillas.}$$

Longitud de la varilla = 9.0m.

Area de la varilla = 2.87 cm<sup>2</sup>.

$$V = (2.87 \text{ cm}^2 \times 900 \text{ cm}) \times 366 = 945378 \text{ cm}^3.$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.945378 \text{ m}^3 = 7.4 \text{ ton.}$$

Total de Acero en losas = 14.70 ton.

Muros (Perpendiculares a los ejes 22 y 23).

## 1.- Varillas en el plano.

6 Varillas # 6 a 15.

Número de varillas que caben en 9.0m ( longitud de los muros).

$$\frac{900 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} = 60 \times 6 = 360 \text{ Varillas.}$$

Longitud de las varillas ( altura de los muros ) = 7.50 m.

Area de la varilla = 2.87 cm<sup>2</sup>.

$$V = (2.87 \text{ cm}^2 \times 750 \text{ cm}) \times 360 = 774900 \text{ cm}^3.$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.7749 \text{ m}^3 = 6.0 \text{ ton.}$$

## 2.- Varillas perpendiculares al plano.

6 Varillas # 4 a 25.

Número de varillas que caben en 7.50m ( altura de los muros).

$$\frac{750 \text{ cm}}{25 \text{ cm}} = 30 \times 6 = 180 \text{ varillas.}$$

Longitud de la varilla ( longitud de los muros ) = 9.0m.

Area de la varilla = 1.27 cm<sup>2</sup>.

$$V = (1.27 \text{ cm}^2 \times 900 \text{ cm}) \times 180 = 205740 \text{ cm}^3.$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.205740 \text{ m}^3 = 1.6 \text{ ton.}$$

Muros ( en los ejes 22 y 23 ).

4 Varillas # 6 a 15.

4 Varillas # 4 a 25.

Número de varillas que caben el 13.73m ( longitud del muro ) y en 6.0m ( altura del muro ).

$$\frac{1373 \text{ cm}}{15 \text{ cm}} \times 4 = 366 \text{ varillas del \# 6}$$

$$\frac{600 \text{ cm}}{25 \text{ cm}} = 24 \times 4 = 96 \text{ varillas del \# 4.}$$

Longitud de las varillas; 6.0m para las varillas del # 6 y 13.73m para las varillas del # 4.

Area de las varillas;  $2.87 \text{ cm}^2$  y  $1.27 \text{ cm}^2$  para las del número 6 y 4 respectivamente.

$$V = (2.87 \text{ cm}^2 \times 600 \text{ cm}) 366 = 630, 252 \text{ cm}^3.$$

$$V = (1.27 \text{ cm}^2 \times 1373 \text{ cm}) 96 = 167 396 \text{ cm}^3.$$

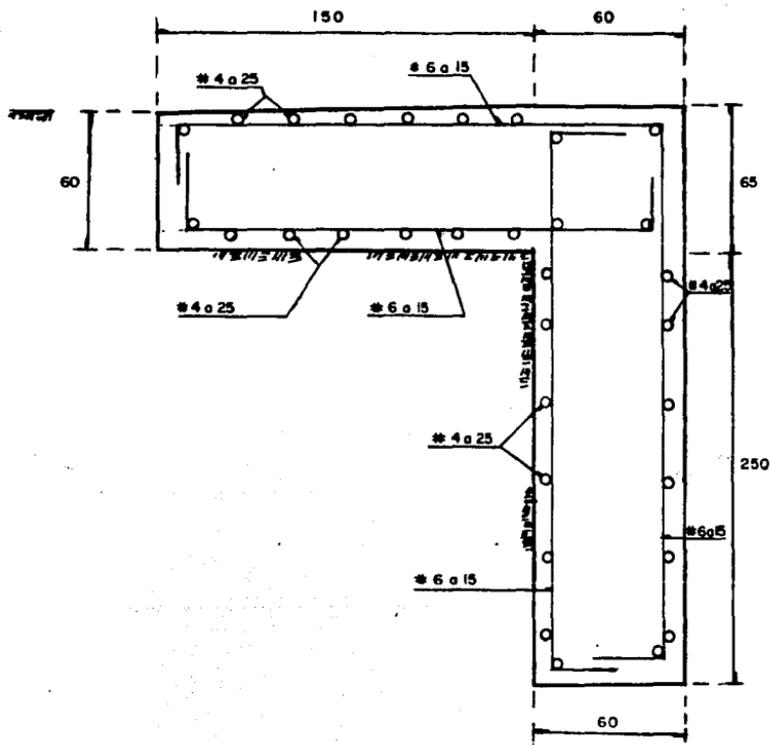
$$\text{Volumen total} = 797 648 \text{ cm}^3.$$

$$7.8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times 0.797648 \text{ m}^3 = 6.22 \text{ ton.}$$

Total de acero en muros = 13.82 ton.

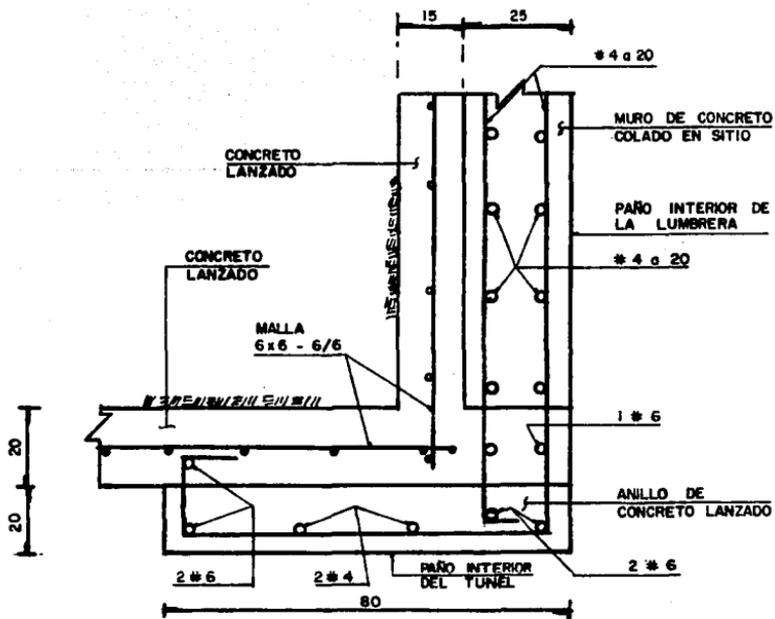
Total de acero en todo el acceso = 45. 933 ton.

Túnel = 86.64 ton.



**CORTE DEL BROCAL**

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. IV.1



TRABE DE BORDE DE  
LUMBRERA CON EL TUNEL  
(SECCION TRANSVERSAL)

UNAM - EMEP ACATLAN

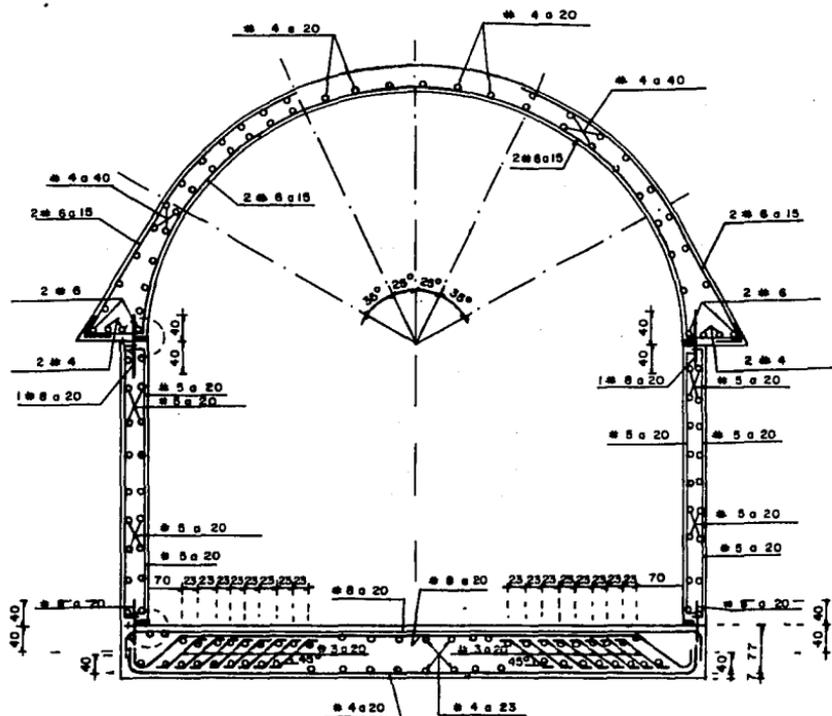
TESIS PROFESIONAL

INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.

FIG. IV.2



SECCION TRANSVERSAL  
TUNEL DE UNION

UNAM - ENEM ACATLAN

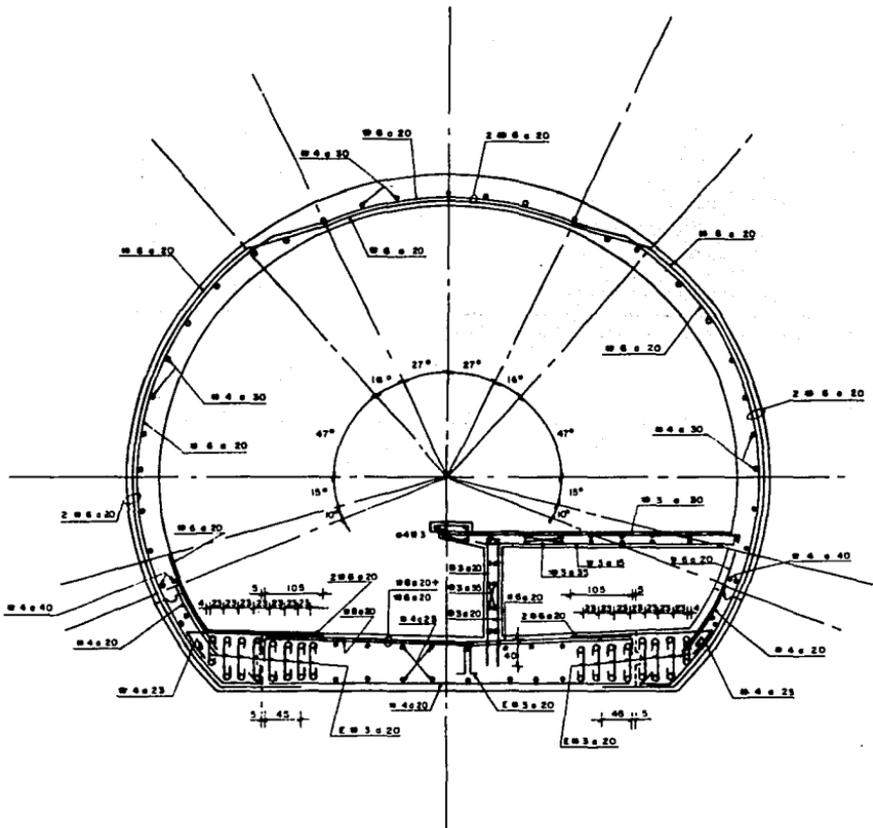
TESIS PROFESIONAL

INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

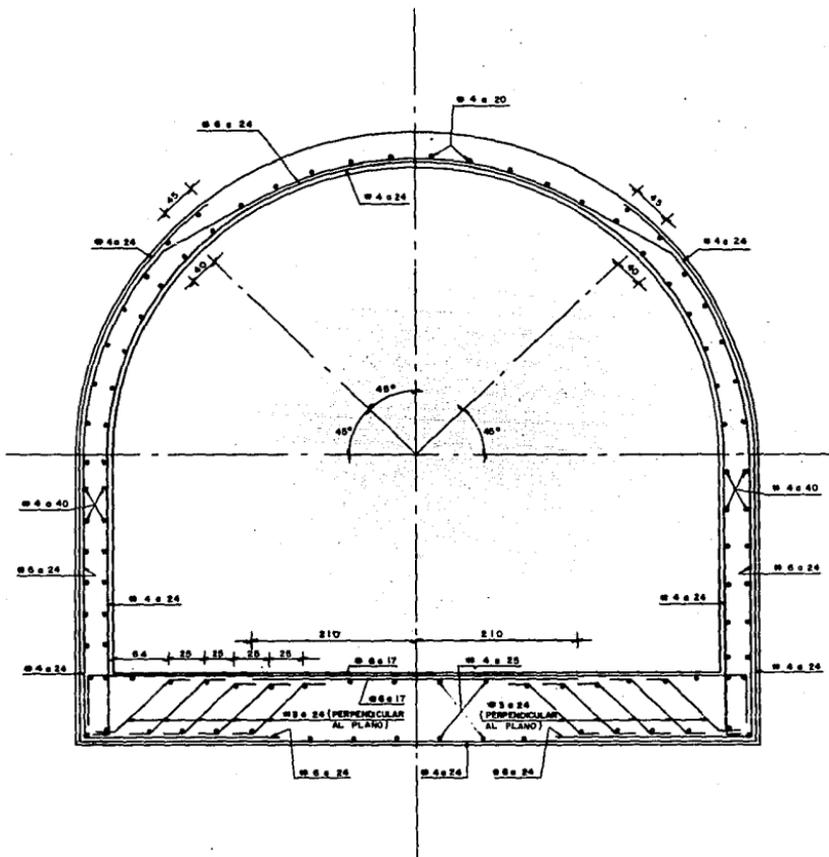
ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987

FIG. IV.3



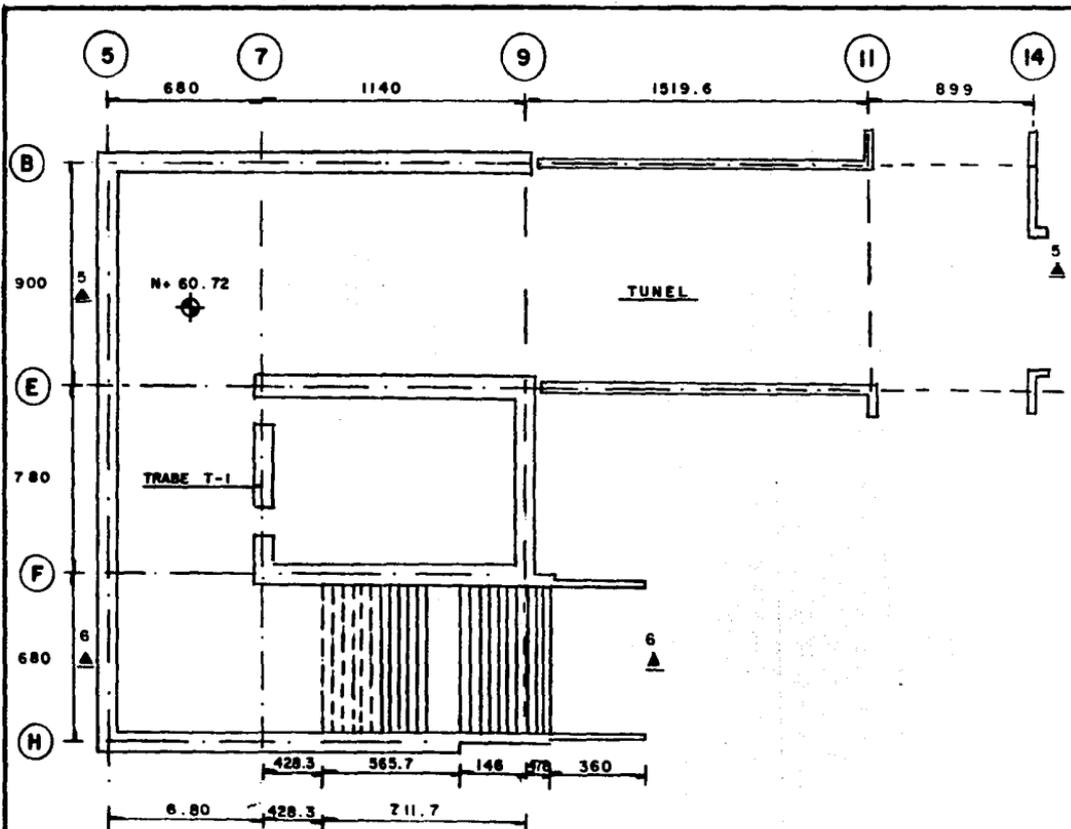
**SECCION TRANSVERSAL  
TUNEL DE ANDEN**

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987	FIG. IV.4



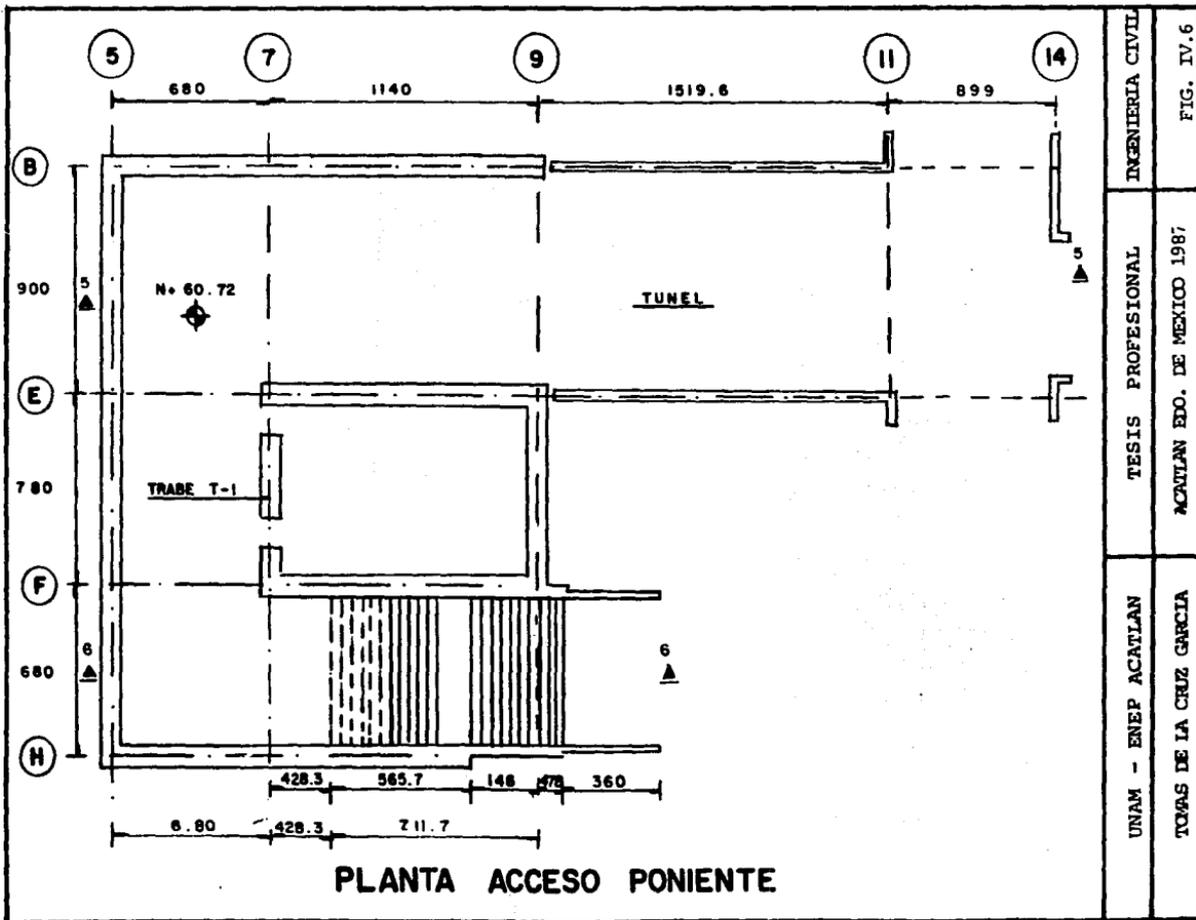
TUNEL DE DISTRIBUCION, SUBESTACION  
Y CUARTO TECNICO

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. IV.5



**PLANTA ACCESO PONIENTE**

UNAM - ENEP ACATLÁN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMÁS DE LA CRUZ GARCÍA	ACATLÁN EDO. DE MÉXICO 1987	FIG. IV.6

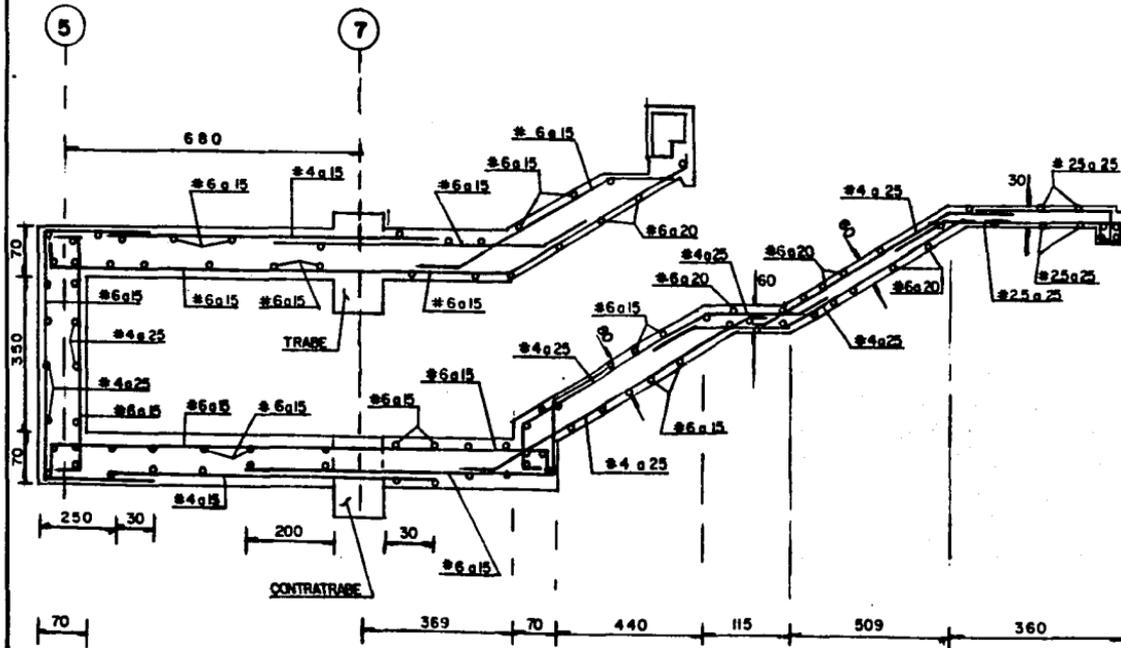


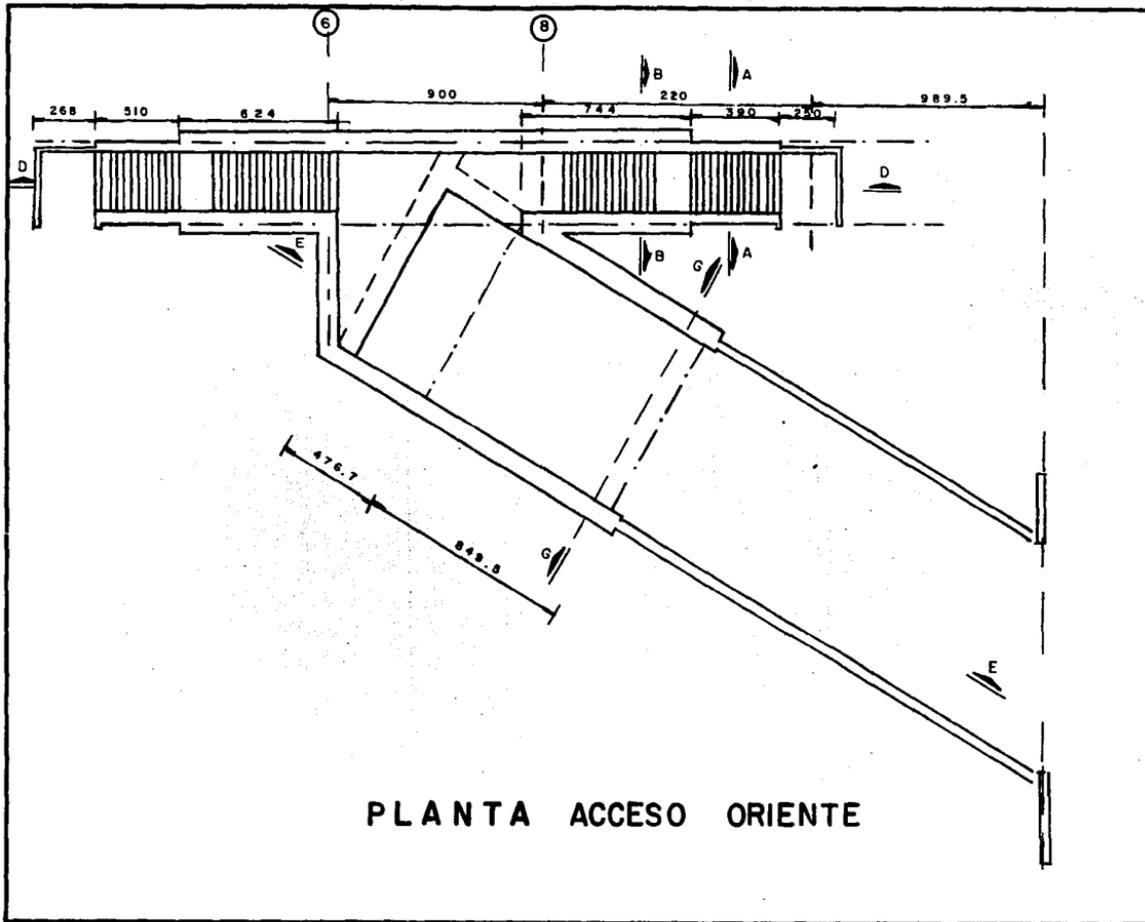
UNAM - ENEP ACATLAN	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987
	FIG. IV.6



# CORTE 6 - 6 (ARMADO Y DIMENSIONES GENERALES)

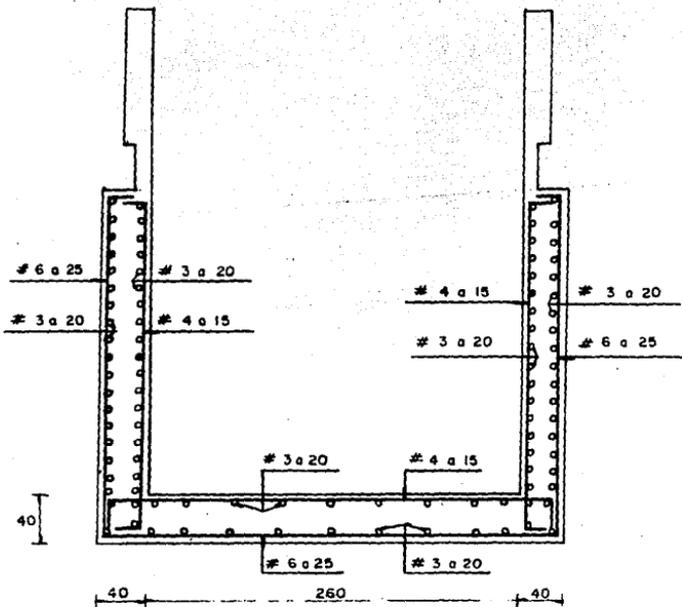
ACCESO PONIENTE





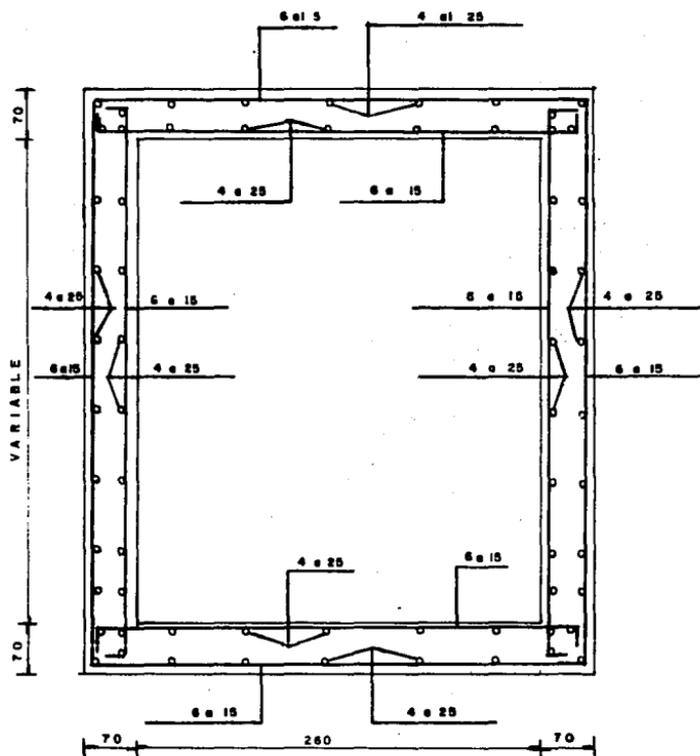
PLANTA ACCESO ORIENTE

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN ETO. DE MEXICO 1987.	FIG. IV.9



ACCESO ORIENTE  
CORTE A-A

UNAM - ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL	INGENIERIA CIVIL
TOMAS DE LA CRUZ GARCIA	ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.	FIG. IV.10



ACCESO ORIENTE  
CORTE B-B

UNAM - ENEP ACATLAN

TESIS PROFESIONAL

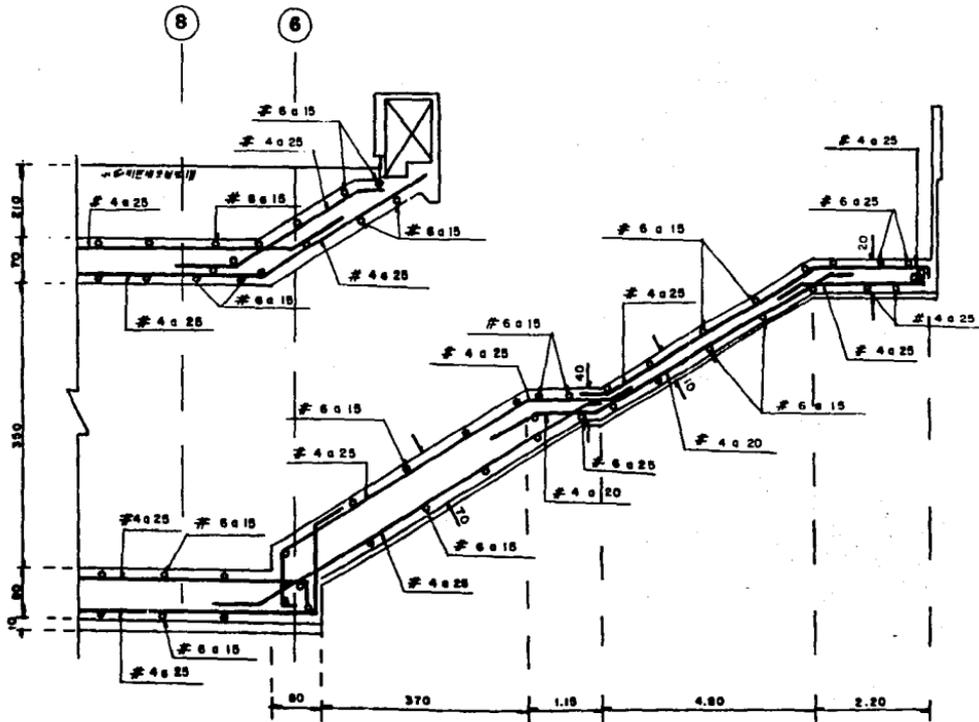
INGENIERIA CIVIL

TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987

FIG. IV.11

# ACCESO ORIENTE



CORTE D-D (ARMADO)

UNAM - ENEP ACATLAN  
 TOMAS DE LA CRUZ GARCIA

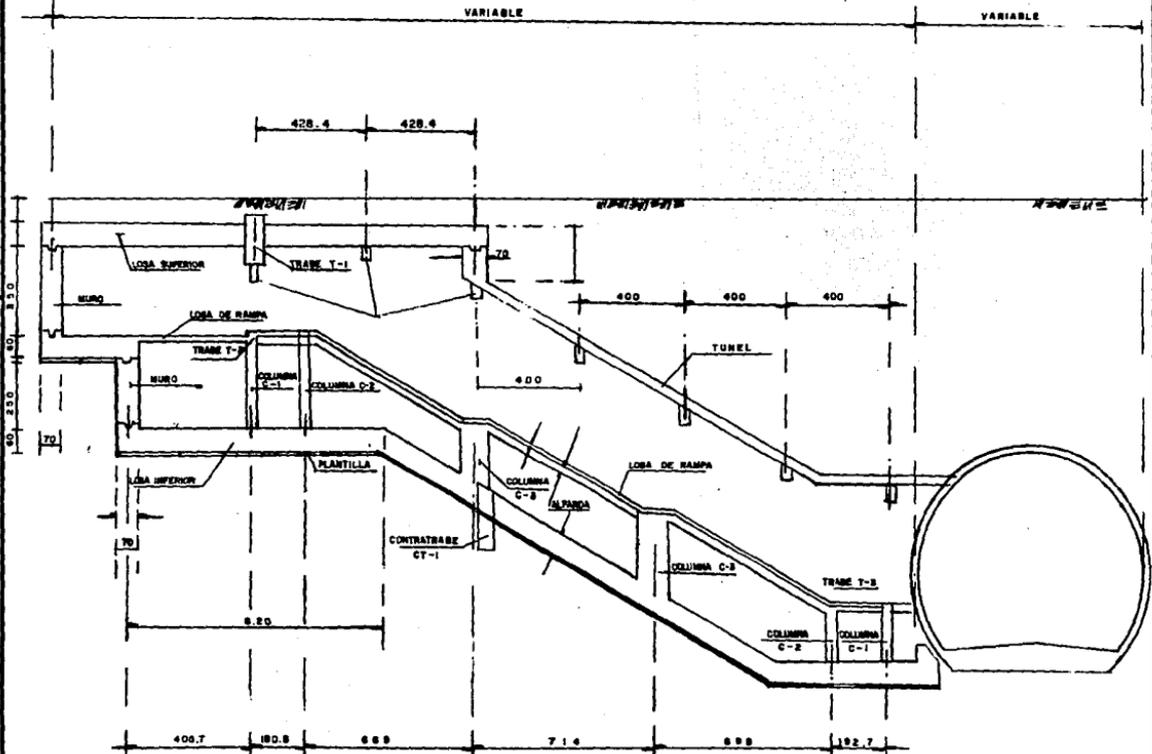
TESIS PROFESIONAL

INGENIERIA CIVIL

ACATLAN EDO. DE MEXICO 1987.

FIG. IV.12

# ACCESO ORIENTE



CORTE E-E

UNAM - ENEP ACATLÁN  
TOWNS DE LA CRUZ GARCÍA

TESIS PROFESIONAL  
ACATLÁN EDO. DE MÉXICO 1987.

INGENIERÍA CIVIL  
FIG. IV.13



## RESUMEN DE VOLUMENES DE OBRA Y COSTOS.

ELEMENTO	EXCAVACION (M <sup>3</sup> )	CONCRETO (M <sup>3</sup> )	ACERO (TON.)
BROCALES	198	198	47
LUMBRERA ORIENTE	2717	352	36
LUMBRERA PONIENTE	2717	352	36
TUNEL ANDEN ORIENTE	10045	2376	931
TUNEL ANDEN PONIENTE	10045	2376	931
TUNEL DE UNION	5775	1023	340
TUNEL DE DISTRIBUCION ORIENTE	1498	522	238
TUNEL DE DISTRIBUCION PONIENTE	1498	522	238
TUNEL DE SUBESTACION ORIENTE	639	222	102
TUNEL DE SUBESTACION PONIENTE	639	222	102
TUNEL CUARTO TECNICO	310	108	49
ACCESO ORIENTE	1131	767	145
ACCESO PONIENTE	3426	1128	133
T O T A L .	40638	10168	3328
C O S T O S .	\$ 60'094,394	\$ 84'822,433	\$ 230'073,173
% CON RESPECTO AL COSTO TOTAL	16.02	22.63	61.35

B) ESTUDIO DEL SALARIOIMPORTANCIA.

Es necesario hacer notar la importancia de un estudio de salarios cuidadoso y correcto ya que los resultados de este estudio repercuten -- directamente en cada uno de los análisis de nuestro presupuesto, y de haber incurrido en algún error aquí, lo arrastraríamos a través de -- todo el presupuesto.

SALARIO BASE.

Es el que asigna la Comisión Nacional de Salarios Mínimos a cada una de las especialidades que tienen consideradas, y el que le asigna la Industria de la Construcción a las que no lo están

FACTOR.

Este factor es el que se debe aplicar al salario base para obtener -- el salario real correspondiente, y ha sido obtenido de la siguiente manera.

SALARIO.

Para el cálculo del factor consideraremos el salario base igual a la unidad (1.00).

PERCEPCION ANUAL.

Es lo que percibe realmente el trabajador en un año, es decir el salario base por el número de días del año. Si se toma en cuenta que -- hay un año bisiesto cada cuatro años, quedaría:

$$\begin{aligned} \text{Percepción anual} &= 1.00 \times 365.25 \\ &= 365.25 \end{aligned}$$

PRIMA VACACIONAL.

Según el artículo de la Ley Federal del Trabajo "Los trabajadores -- tendrán derecho a una prima no menor del veinticinco por ciento de -- los salarios correspondientes durante el período de vacaciones (sien -- do seis días las vacaciones mínimas).

$$\begin{aligned} \text{Prima vacacional} &= 1.00 \times 6 \times 0.25 \\ &= 1.50 \end{aligned}$$

GRATIFICACION ANUAL.

Según la Ley Federal del Trabajo en su Artículo 87 "Los trabajadores -- tendrán derecho a un aguinaldo anual que deberá pagarse antes del -- día veinte de diciembre, equivalente a quince días de salario cuando -- menos.

$$\begin{aligned} \text{Gratificación anual} &= 1.00 \times 15 \\ &= 15.00 \end{aligned}$$

TOTAL DEVENGADO ANUAL.

Es simplemente la suma de los resultados anteriores.

$$\begin{aligned} \text{Total devengado anual} &= 365.25 + 1.50 + 15.00 \\ &= 381.75 \end{aligned}$$

CUOTA I. M. S. S.

Para la Industria de la Construcción se definieron los siguientes porcentajes sobre el total devengado:

Para el peón (salario mínimo)	= 19.6875 %
Para salarios superiores al mínimo	= 15.9375 %
Cuota IMSS salario mínimo	= 381.75 x 0.196875
	= 75.16
Cuota IMSS salarios superiores	= 381.75 x 0.159375
	= 60.84

IMPUESTO SOBRE EL PRODUCTO DEL TRABAJO

Se paga el 1 % sobre el total devengado

$$\begin{aligned} \text{Impuesto Sobre el Producto del Trabajo} &= 381.75 \times 0.01 \\ &= 3.81 \end{aligned}$$

GUARDERIA I. M. S. S.

Se paga el 1 % sobre la percepción anual, es decir, no grava, ni prima vacacional ni gratificación anual.

$$\begin{aligned} \text{Guarderia} &= 365.25 \times 0.01 \\ &= 3.65 \end{aligned}$$

CUOTA INFONAVIT.

Se pagará el 5 % sobre el salario integrado (total devengado).

$$\begin{aligned} \text{Cargo infonavit} &= 381.75 \times 0.05 \\ &= 19.09 \end{aligned}$$

DIAS LABORADOS.

Es la diferencia entre los días de calendario pagados y los días no laborables.

Días no Laborables

Domingos	52
1° de Enero	1
5 de Febrero	1
21 de Marzo	1
1° de Mayo	1
16 de Septiembre	1
1° de Dic. de c/6 años	0.17
25 de Diciembre	1
Vacaciones mínimas	6

Días de costumbre	3
Días de enfermedad	3
Mal tiempo	3
	<hr/>
Suma	74.17

Días pagados	=	365.25
Días laborados	=	365.25 - 74.17
	=	291.08

En base a los datos obtenidos anteriormente podremos calcular los factores de acuerdo a las necesidades o condiciones que tengamos establecidas.

Factor para el salario mínimo.

Total devengado	381.75
Cuota IMSS	75.16
ISPT	3.81
Guardería	3.65
Cuota infonavit	19.09
	<hr/>
Suma	483.46

Días laborados	=	291.00
Factor	=	483.46 / 291.08
	=	1.661

Factor para salarios superiores.

Total devengado	381.79
Cuota IMSS	60.84
ISPT	3.81
Guardería	3.65
Cuota infonavit	19.09
	<hr/>
Suma	469.14

Días laborados	=	291.08
Factor	=	469.14 / 291.08
	=	1.612

Podemos presentar en forma resumida esta tabla de factores.

Salario mínimo	1.661
Salarios superiores	1.612

### SALARIO REAL.

Es el salario que se ocupará dentro de los análisis de precios, y resulta de multiplicar el salario base por el factor correspondiente.

$$\text{Salario real} = \text{Salario Base} \times \text{Factor}$$

**C) ESTUDIO DEL EQUIPO**

C.1 OBTENCION DE RENDIMIENTOS DE EQUIPO.ESTIMACION DEL RENDIMIENTO DE UNA  
RETROEXCAVADORA DE 1.5 yd<sup>3</sup>.

## TIEMPO DE CICLO.

Carga = 10 seg.  
 Maniobras = 15 seg.  
 Descarga = 5 seg.

Tiempo Total de Ciclo = 30 seg.  
 Capacidad del Cucharón = 1.13 m<sup>3</sup>.  
 Factor de Abundamiento = 1.2  
 Relación del volumen cargado al  
 volumen nominal del cucharón. = 0.85  
 Factor del cucharón con respecto  
 al material que se excava. = 0.85

$$R = \frac{3600 \text{ seg. / hr} \times 1.13 \text{ m}^3 \times 0.85 \times 0.85}{30 \text{ seg.} \times 1.2} = 81.64 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

$$R = 81.64 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

ESTIMACION DEL RENDIMIENTO DE UN CARGADORFRONTAL DE 3 1/2 y d<sup>3</sup>

## TIEMPO DE CICLO.

## 1.- Sin recorrido.

Carga =	0.4 minutos
Maniobras =	0.3 minutos
Descarga =	0.3 minutos

Tiempo Total de Ciclo	=	1.0 minuto.
Factor de Abundamiento	=	1.20
Eficiencia	=	80 %

$$R = \frac{60 \text{ min./hr.} \times 2.676 \text{ m}^3 \times 0.8}{1 \text{ min.} \times 1.2} = 107.04 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$R = 107.04 \text{ m}^3 / \text{hr.}$$

## 2.- Con Recorrido

$$R = \frac{60 \text{ min./hr.} \times 2.676 \text{ m}^3 \times 0.8}{2 \text{ min.} \times 1.2} = 53.52 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$R = 53.52 \text{ m}^3 / \text{hr.}$$

ESTIMACION DEL RENDIMIENTO DE UNA DRAGA CON CUCCHARON DE ALMEJADE 2.5 y d<sup>3</sup>

## 1.- Excavación Manteo y Descarga.

TIEMPO DE CICLO.

Tiempo Fijos promedio para este material = 60 seg.

Tiempo Variables = 20 seg.

Tiempo total de ciclo = 80 seg.

Factor de abundamiento = 1.2

Eficiencia de la maquina = 0.75

Angulo de giro (optimo) 90°

Factor de llenado del cucharon = 0.90

$$R = \frac{3600 \text{ seg./hr.} \times 1.91 \text{ m}^3 \times 0.75 \times 0.90}{80 \text{ seg.} \times 1.2} = 48.35 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

## 2.- Unicamente Manteo y Descarga.

Tiempo de Ciclo = 40 seg.

Factor de llenado del Cucharón = 1.0

$$R = \frac{3600 \text{ seg./hr.} \times 1.91 \text{ m}^3 \times 0.75}{40 \text{ seg.} \times 1.2} = 107.44 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

ESTIMACION DEL RENDIMIENTO DE UN CAMION DE VOLTEO DE 6 m<sup>3</sup>.

1.- Con un rendimiento de la draga de 48.35 m<sup>3</sup>/hr.

Tiempos Fijos

$$\text{Tiempo de Carga} = \frac{6 \text{ m}^3}{48.35 \text{ m}^3/\text{hr}} \times 60 \text{ min./hr.} = 7.4 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo de descarga} = 1.0 \text{ min.}$$

Tiempos Variables

A una distancia de 4 km. con una velocidad media de 30 km./hr.

$$\text{Ida mas Vuelta} = \frac{8 \text{ km.} \times 60 \text{ min./hr.}}{30 \text{ km./hr.}} = 16 \text{ min.}$$

Tiempo Total de Ciclo = 24.4 min.

$$R = \frac{60 \text{ min./hr.} \times 6 \text{ m}^3 \times 0.8}{24.4 \text{ min.} \times 1.2} = 9.84 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$\text{Número de Camiones} = \frac{T. C. Camión}{T. Carga de un Camión. 7.4 \text{ min.}} = \frac{24.4 \text{ min.}}{7.4 \text{ min.}} = 3.3 = 4 \text{ Camiones}$$

2.- Con un rendimiento de la draga de 107.44 m<sup>3</sup>/hr.

$$\text{Tiempo de Carga} = \frac{6 \text{ m}^3}{107.44 \text{ m}^3/\text{hr.}} \times 60 \text{ min./hr.} = 3.35 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo de Descarga} = 1.0 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempos Variables} = 16.0 \text{ min.}$$

Tiempo total de Ciclo = 20.35 min.

$$R = \frac{60 \text{ min./hr.} \times 6 \text{ m}^3 \times 0.8}{20.35 \text{ min.} \times 1.2} = 11.80 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$\text{Número de Camiones} = \frac{20.35}{3.35} = 6.07 = 6 \text{ Camiones}$$

3.- Con un rendimiento de cargador de  $107.04 \text{ m}^3/\text{hr.}$

$$\text{Tiempo de Carga} = \frac{6 \text{ m}^3}{107.04 \text{ m}^3/\text{hr.}} \times 60 \text{ min./hr.} = 3.36 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo de Descarga} = 1.00 \text{ min}$$

Tiempos Variables

A una distancia de 150 m. con una velocidad media de 10 km./hr.

$$\text{Ida mas Vuelta} = \frac{0.300 \text{ km.} \times 60 \text{ min./hr.}}{10 \text{ km./hr.}} = 1.8 \text{ min.}$$

$$\text{Tiempo total de Ciclo} = 6.16 \text{ min.}$$

$$R = \frac{60 \text{ min./hr.} \times 6 \text{ m}^3 \times 0.8}{6.16 \text{ min.} \times 1.2} = 23.38 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

$$\text{Número de Caminos} = \frac{6.16 \text{ min.}}{1.8 \text{ min.}} = 3.4 \text{ Camiones} = 4 \text{ Camiones}$$

DRAGA SOBRE ORUGAS IS-118 CUCHARON DE ALMETA 2.5. Y 3D <sup>3</sup> DE CAP. MOTOR DIESEL 120 H.P		
CONCEPTO	OPERACION	COSTO HORARIO
<b>I CARGOS FIJOS</b>		
1.- Depreciación		
$D = \frac{V_a - V_r}{V_e}$	$( 24,942,916 + 240,000 ) - 4,940,583$	1 666.86
	12,000	
2.- Interes de la inversión		
$\frac{I=V_a + V_r}{2 Ha} \times i$	$\frac{24'942,916 + 4'940,583}{2 \times 2000} \times 0.15$	1 120.63
3.- Seguros		
$S = \frac{V_a + V_r}{2 Ha} \times s$	$\frac{24'942,916 + 4,940,583}{2 \times 2000} \times 0.025$	186.77
4.- Almacenamiento		
A= K.D.		
5.- Mantenimiento		
M= Q.D	$M = 1 \times 1 666.86$	1 666,86
<b>TOTAL CARGOS FIJOS</b>		<b>4641.12</b>
<b>II CONSUMOS</b>		
1.- Combustible		
$E = C Pe$	$26 \times 0.1514 \times 120 \times 0.8$	377.89
2.- Lubricantes		
$L = a Pe$	$( \frac{100 + 0.0035 \times 120 \times 0.8}{100} ) \times 360 =$	480.96
<b>TOTAL CONSUMOS.</b>		<b>858.85</b>
<b>III OPERACION</b>		
$o = \frac{\$/tur. Op \times 300 tur./año}{2000 hr/año}$	$\frac{2,045.63 \times 300}{2000}$	306.84
<b>COSTO HORARIO TOTAL</b>		<b>5 806.8</b>

## ROMPEDORA NEUMATICA ING. - RAND. PD - 8

CONCEPTO	OPERACION	COSTO HORARIO
<b>I CARGOS FIJOS</b>		
1.- Depreciación		
$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{94,500 - 9450}{7,700}$	11.05
2.- Interes de la inversión		
$\frac{I=Va + Vr}{2 Ha} Xi$	$\frac{94 500 + 9450}{2 (1 100 )} \times 0.15$	7.10
3.- Seguros.		
$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} \times S$	$\frac{94 500 + 9450}{2 ( 1 100 )} \times 0.025$	1.18
4.- Almacenamiento		
A= K.D.		
5.- Mantenimiento		
M= Q.D.	M= 1 x 11.05	11.05
<b>TOTAL CARGOS FIJOS</b>		<b>30.38</b>
<b>II CONSUMOS</b>		
1.- Lubricantes		
L= a Pe	0.05 X 360	18.00
<b>III OPERACION</b>		
$O = \frac{\$/tur. op. \times 300 Tur./año}{2000 Hr / año}$	$\frac{816 \times 300}{2000}$	122.4
<b>COSTO HORARIO TOTAL.</b>		<b>170.78</b>

## LANZADORA DE CONCRETO ALIVA 240

CONCEPTO	OPERACION	COSTO HORARIO
<b>I. CARGOS FIJOS</b>		
1.- Depreciación. $D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{2'422,800 - 484,560}{6000}$	323.04
2.- Interés de la inversión. $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} \times i$	$\frac{2'422,800 + 484,560}{1\ 2000} \times 0.15$	36.34
3.- Seguros $S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} \times S$	$\frac{2\ 422,800 + 484\ 560}{12\ 000} \times 0.025$	6.06
4.- Almacenamiento A = K.D.		
5.- Mantenimiento M = Q. D.	M = 1.0 x 323.04	323.04
<b>TOTAL DE CARGOS FIJOS</b>		<b>688.50</b>
<b>II CONSUMOS</b>		
1 Lubricantes L = a pe	0.05 x 360	18.00
<b>III OPERACION</b>		
0 = \$/tur. op. x 300 tur/año 2000 hrs/año	$\frac{3567.33 \times 300}{2000}$	535.10
<b>COSTO HORARIO TOTAL</b>		<b>1 241.58</b>

CARGADOR FRONTAL ( TRAXCAVO ) 95 - B 95 H.P		
CONCEPTO	OPERACION	COSTO HORARIO
<b>I CARGOS FIJOS</b>		
1.- Depreciación		
D= $\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{4' 340,000 - 634,000}{6000}$	617.67
2.- Interes de la inversión.		
I= $\frac{Va + Vr}{2 Ha} \times i$	$\frac{4'340,000 + 634,000}{2 ( 1200 )} \times 0.15$	310.88
3.- Seguros		
S= $\frac{Va + Vr}{2 Ha} \times S$	$\frac{4'340,000 + 634,000}{2 ( 1200 )} \times 0.025$	51.81
4.- Almacenamiento		
A = K. D		
5.- Mantenimiento		
M= Q.D.	M= 1 x 617.67	617.67
<b>TOTAL CARGOS FIJOS</b>		<b>1598.00</b>
<b>II CONSUMOS</b>		
1.- Combustible		
E= C Pe	26 x 0.1514 x 95 x 0.8	299.17
2.- Lubricantes		
L= a Pe	$( \frac{60}{100} + 0.0035 \times 95 \times 0.8 ) 360$	311.76
<b>TOTAL CONSUMOS</b>		<b>610.93</b>
<b>III OPERACION</b>		
$0 = \frac{\$}{tur. op.} \times 300 \frac{tur}{año}$	$\frac{3647.93 \times 300}{2000}$	306.84
2000 hr/año	2000	
<b>COSTO HORARIO TOTAL</b>		<b>2515.77</b>

## MALACATE DIESEL 3 TON., INCLUYE TORRE DE MANTEO. 30 H.P.

CONCEPTO	OPERACION	COSTO HORARIO
<b>I CARGOS FIJOS</b>		
1.- Depreciación		
$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{8,630,000 - 1726\ 000}{9000}$	767.11
2.- Interés de la inversión.		
$I = \frac{Va + Vr}{2\ Ha} \times i$	$\frac{8\ 630,000 + 1726\ 000}{2\ (1285)}$	604.44
3.- Seguros		
$S = \frac{Va + Vr}{2\ Ha} \times S$	$\frac{8\ 630,000 + 1726\ 000}{2\ (1285)} \times 0.025$	100.74
4.- Almacenamiento		
A = K.D.		
5.- Mantenimiento		
M = Q.D.	$M = 1 \times 767.11$	767.11
<b>TOTAL CARGOS FIJOS</b>		<b>2239.40</b>
<b>II CONSUMOS</b>		
1.- Combustible		
E = C Pe	$26 \times 0.1514 \times 30 \times 0.8$	94.47
2.- Lubricantes		
L = a Pe	$(\frac{40}{100} + 0.0035 \times 30 \times 0.8) 360$	3486.24
<b>TOTAL DE CONSUMOS</b>		<b>3580.71</b>
<b>III OPERACION</b>		
$O = \frac{\$/tur. \text{ op} \times 300\ tur/año}{2000\ hr/año}$	$\frac{1965.028 \times 300}{2000}$	294.75
<b>COSTO HORARIO TOTAL</b>		<b>6114.86</b>

## EXCAVADORA WESFALIA 235

CONCEPTO	OPERACION	COSTO HORARIO
<b>I CARGOS FIJOS</b>		
1.- Depreciación D= $\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{20,000,000 - 4,000,000}{6,000}$	2 666.67
2.- Interes de la inversión. I= $\frac{Va + Vr}{2 Ha} \times i$	$\frac{20,000,000 + 4,000,000}{2 (6000)} \times 0.15$	300.00
3.- Seguros S= $\frac{Va + Vr}{2 Ha} \times s$	$\frac{20,000,000 + 4,000,000}{2 (6000)} \times 0.025$	50.00
4.- Almacenamiento A=K.D.		
5.- Mantenimiento M= Q.D.	M= 1 x 2 666.67	2 666.67
<b>TOTAL DE CARGOS FIJOS</b>		<b>5 683.34</b>
<b>II CONSUMOS</b>		
Energía eléctrica	155 kw/hr. x 10 \$/kw	1 550.00
<b>III OPERACION</b>		
$\frac{C}{O} = \frac{\$/tur. Op.}{2000 hr/año} \times 300 tur/año$	$\frac{2045.63 \times 300}{2000}$	547.19
<b>TOTAL COSTO HORARIO</b>		<b>7780.53</b>

## RETROEXCAVADORA CATERPILLAR MOD. 235 195 H.P.

CONCEPTO	OPERACION	COSTO HORARIO
<b>I CARGOS FIJOS</b>		
1.- Depreciación		
$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{16'996,000 - 1'699,500}{11200}$	1365.67
2.- Interes de la Inversión.		
$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} \times i$	$\frac{16'995,000 + 1'699,500}{2 (11200)} \times 0.15$	125.19
3.- Seguros		
$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} \times s.$	$\frac{16'995,000 + 1'699,500}{2 (11200)} \times 0.025$	20.84
4.- Almacenamiento		
A= K.D.		
5.- Mantenimiento		
M= Q.D	M= 1365.67 x 1	1365.67
<b>TOTAL CARGO FIJOS</b>		<b>2767.37</b>
<b>II CONSUMOS</b>		
1. - Combustible		
E= C Pe	$26 \times 0.1514 \times 195 \times 0.8$	614.10
2.- Lubricantes	$(\frac{100}{100} \times 0.0035 \times 195 \times 0.8) \times 360$	556.10
<b>TOTAL CONSUMOS</b>		<b>1170.66</b>
<b>III OPERACION</b>		
$O = \frac{\$/tur. op. \times 300 tur./año.}{2000 Hr /año}$	$\frac{2,045.63 \times 300}{2000}$	306.84
<b>COSTO HORARIO TOTAL</b>		<b>4244.87</b>

## COMPRESOR INGERSOLL - RAND, DR - 250 105 H.P.

CONCEPTO	OPERACION	COSTO HORARIO
<b>I CARGOS FIJOS</b>		
1.- Depreciación D= $\frac{Va - Vr}{Ve}$	$\frac{1,757,000 - 175,700}{11200}$	141.19
2.- Interés de la Inversión I= $\frac{Va + Vr}{2 Ha} \times i$	$\frac{1,757,000 + 175,700}{2 (11200)} \times 0.15$	12.94
3.- Seguros S= $\frac{Va + Vr}{2 Ha} \times S$	$\frac{1,757,000 + 175,700}{2 (11200)} \times 0.025$	2.16
4.- Almacenamiento A= K.D		
5.- Mantenimiento M= Q.D	M = 1 x 141.19	141.19
<b>TOTAL CARGOS FIJOS</b>		<b>297.48</b>
<b>II CONSUMOS</b>		
1.- Combustible E= C Pe	55x0.2274x105x0.8	1050.60
2.- Lubricantes I= A Pe	$(\frac{20}{100} + 0.0095 \times 160 \times 0.8) 360$	509.70
<b>TOTAL CONSUMOS</b>		<b>1560.30</b>
<b>III OPERACION</b>		
$0 = \$ \frac{\text{tur.op} \times 300 \text{ tur./año}}{2000 \text{ hr/año}}$	$\frac{1797.33 \times 300}{2000}$	269.60
<b>COSTO HORARIO TOTAL</b>		<b>2127.40</b>

CAMION DE VOLTEO F - 600 CAPACIDAD 6 M <sup>3</sup> 160 H P		
CONCEPTO	OPERACION	COSTO HORARIO
<b>I CARGOS FIJOS</b>		
1.- Depreciación		
$D = \frac{(va-VLL) - Vr}{Ve}$	$\frac{(985,300 - 53\ 112) - 98,530}{12,000}$	69.50
2.- Interes de la inversión		
$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} \times i$	$\frac{985,300 + 98530}{4\ 000} \times 0.15$	40.60
3.- Seguros		
$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} \times s$	$\frac{985,300 + 98530}{4000} \times 0.025$	6.80
4.- Almacenamiento		
A= K. D		
5.- Mantenimiento		
M= Q. D	M= 1 x 69.50	69.50
<b>TOTAL CARGOS FIJOS</b>		<b>186.40</b>
<b>II CONSUMOS</b>		
1.- Combustible		
E= C Pe	26 x 0.227 x 160 x 0.8	756.80
2.- Lubricantes		
L= a Pe	$\left( \frac{8}{100} + 0.0095 \times 160 \times 0.8 \right) 360$	466.56
3.- Llantas		
VII	<u>53,112</u>	2.95
HV	18,000	
<b>TOTAL CONSUMOS</b>		<b>1226.31</b>
<b>III OPERACION</b>		
$O = \frac{\$/tur, Op. \times 300 tur./año}{200 hr/año}$	$\frac{1965.03 \times 300}{2000}$	294.76
<b>COSTO HORARIO TOTAL</b>		<b>1707.50</b>

## D) PROGRAMA DE OBRA

En este punto se muestran en forma desglosada, las tablas con las cantidades de obra, la fuerza de trabajo que se requiere para dar un cierto rendimiento y la duración -- en días que resulta de aplicar el rendimiento al volumen total de la obra, para cada uno de los elementos que forman la estación. Posteriormente se muestran los programas de barras de las lumbreras, del túnel de unión, túneles de andén, túneles de distribución, subestación, cuarto técnico y de los accesos. En los programas de los túneles de distribución, subestación y cuarto técnico, se observan dos barras de duración, la primera es para un procedimiento de excavación con máquina rozadora y el -- revestimiento de los túneles en forma convencional, la segunda es para un procedimiento de excavación a mano -- y el revestimiento de éstos con concreto lanzado. En -- seguida se muestra el programa global de la estación, indicando la secuencia de ataque de cada uno de los elementos de la misma.

## PROGRAMA DE OBRA LUMBRERA

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	FUERZA DE TRABAJO	DURACION (DIAS)
Limpia y trazo	m <sup>2</sup> .	90.00	45m <sup>2</sup> /jor.	1 Brigada	2.00
Excavación de Brocal	m <sup>3</sup> .	99.00	50m <sup>3</sup> /jor.	1 Cabo + 10 Peones	2.00
Armado de Brocal	ton.	23.41	5 ton./jor.	5 of.+10 ayud.	4.70
Colado de Brocal	m <sup>3</sup> .	198.40	25m <sup>3</sup> /hr.	1.5 of.+6 peo.+2 hibradoristas.	1.50
Excavación Lumbrera 2.5 m.	m <sup>3</sup> .	237.60	48.35m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.61
Barrenación y Limpia de Barreno	ml.	330.00	17.7m/hr.	2 of. + 2 ayud.	2.50
Carga y Detonación	Kg.	176.80	Voladura/jor.	1 of.+ 1 ayud.	1.00
Rezaga	m <sup>3</sup> .	199.50	48.35m <sup>3</sup> /hr.	1 op.+ 1 ayud.	0.50
Excavación Lumbrera 2 m.	m <sup>3</sup> .	190.00	48.35m <sup>3</sup> /hr.	1 op.+ 1 ayud.	0.50
Primera capa concreto lanzado	m <sup>3</sup> .	3.50	10 m <sup>3</sup> /hr.	1 op.+ 1 ayud.	0.04
Colocación Malla	m <sup>2</sup> .	69.00	50 m <sup>2</sup> /hr.	1 of. + 2 ayud.	0.17
Segunda capa concreto lanzado	m <sup>3</sup> .	6.87	10 m <sup>3</sup> /hr.	1 op.+ 1 ayud.	0.09
Colado de Plantilla	m <sup>3</sup> .	18.00	20 m <sup>3</sup> /hr.	1.5 of.+ 6 peones	0.11
Armado Losa de Piso	ton.	5.27	5 ton./jor.	5 of.+ 10 ayud.	1.05
Colado Losa de Piso	m <sup>3</sup> .	90.00	20 m <sup>3</sup> /hr.	1.5 of.+ 6 peones	0.56
Armado de Muros.	ton.	16.17	4 ton./jor.	5 of.+ 10 ayud.	4.04
Habitado cimbra deslizante	pza.	1.00	2 jor./cimbra	1 of.+ 6 peones	2.00
Colados de muros.	ml.	28.60	60 cm/hr.	1 of.+ 2 vibradoristas + 5 peones.	6.00

## PROGRAMA DE OBRA TUNEL DE UNION

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	FUERZA DE TRABAJO	DURACION (DIAS)
Emportalamiento	pza.	1.00	Emportalamiento/ jor.	1 of. + 2 ayud.	1.00
Excavación Trabe de Borde	m <sup>3</sup> .	0.16	4 m <sup>3</sup> /jor.	0.1 Cabo + 1 peon	0.04
Armado Trabe de Borde	ton.	0.62	0.5 ton./jor.	1.5 of. + 3 ayud.	1.20
Colado Trabe de Borde	m <sup>3</sup> .	0.16	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.04
Excavación 1er. Banqueo	m <sup>3</sup> .	109.00	20 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.68
Rezaga	m <sup>3</sup> .	109.00	53.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 peon	0.25
Primera capa concreto lanzado	m <sup>3</sup> .	2.03	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.50
Colocación Malla	m <sup>2</sup> .	40.71	50 m <sup>2</sup> /hr.	1 of. + 2 ayud.	0.08
Segunda capa concreto lanzado	m <sup>3</sup> .	4.07	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	1.02
Armado 1er. Banqueo	ton.	45.30	4.0 ton./jor.	5 of. + 10 ayud.	11.30
Colado 1er. Banqueo	m <sup>3</sup> .	287.30	10 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 2 ayud.	3.40
Excavación 3m. 2º Banqueo	m <sup>3</sup> .	109.00	20 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.68
Rezaga	m <sup>3</sup> .	109.00	53.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 peon	0.25
Primera capa concreto lanzado	m <sup>3</sup> .	0.88	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.22
Colocación Malla	m <sup>2</sup> .	18.30	50 m <sup>2</sup> /hr.	1 of. + 2 ayud.	0.05
Segunda capa de concreto lanzado	m <sup>3</sup> .	1.76	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 1 ayud.	0.50
Armado 2º Banqueo	ton.	39.50	4.0 ton./jor.	5 of. + 10 ayud.	10.00
Colado 2º Banqueo	m <sup>3</sup> .	124.10	10 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 2 ayud.	1.55
Excavación 3 m. 3er. Banqueo	m <sup>3</sup> .	109.00	20 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.68

## PROGRAMA DE OBRA TUNEL DE UNION

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	FUERZA DE TRABAJO	DURACION (DIAS)
Rezaga	m <sup>3</sup> .	109.00	53.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 peon	0.25
Primera capa concreto lanzado	m <sup>3</sup> .	0.88	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.20
Colocación Malla	m <sup>2</sup> .	18.96	50 m <sup>2</sup> /hr.	1 of. + 2 ayud.	0.05
Segunda capa concreto lanzado	m <sup>3</sup> .	1.76	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.50
Armado 3er. Banqueo	ton.	39.5	4.0 ton./jor.	5 of. + 10 ayud.	10.00
Colado 3er. Banqueo	m <sup>3</sup> .	103.70	10 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 2 ayud.	1.30
Armado losa de piso	ton.	271.20	8 ton./jor.	10 of. + 20 ayud.	34.00
Colado losa de piso	m <sup>3</sup> .	1022.60	10 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	12.80

## PROGRAMA DE OBRA TUNEL DE ANDEN

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	FUERZA DE TRABAJO	DURACION ( DIAS )
Emportalamiento	pza.	7.00	Emporta./jornada	1 of. + 2 ayud.	1.00
Excavación trabe de borde	m <sup>3</sup>	0.16	4 m <sup>3</sup> /jor.	0.1 cabo + 1 peon	0.04
Armado trabe de borde	ton.	0.62	0.51/ton./jor.	1.5 of. + 3 ayud.	1.20
Colado trabe de borde	m <sup>3</sup>	0.16	0.50 m <sup>3</sup> /jor.	1 op. + 1 ayud.	0.04
Excavación primer banqueo	m <sup>3</sup>	130.00	20 m <sup>3</sup> /jor.	1 op. + 1 ayud.	0.80
Rezaga	m <sup>3</sup>	130.00	53.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 peon	0.30
Fijación de Anclas	pza.	7.00	Emporta./jornada	1 of. + 2 ayud.	1.00
Primer capa concreto lanzado	m <sup>3</sup>	1.12	0.5 m <sup>3</sup> /jor.	1 op. + 1 ayud.	0.28
Colocación de Malla	m <sup>2</sup>	29.34	50.0 m <sup>2</sup> /jor.	1 of. + 2 ayud.	0.07
Segunda capa de concreto lanzado	m <sup>3</sup>	2.24	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.56
Excavación segundo banqueo	m <sup>3</sup>	130.00	20 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.80
Rezaga	m <sup>3</sup>	130.00	53.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 perador	0.30
Primera capa concreto lanzado	m <sup>3</sup>	1.12	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.28
Colocación de Malla	m <sup>3</sup>	29.34	50.0 m <sup>2</sup> /hr.	1 of. + 2 ayud.	0.07
Segunda capa de concreto lanzado	m <sup>3</sup>	2.24	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.56
Armado sección del túnel	ton.	117.34	4 ton./jor.	5 of. + 10 ayud.	29.34
Cimbrado de la sección	m <sup>2</sup>	34 61	160 m <sup>2</sup> /jor.	4 of. + 8 ayud.	21.63
Colado de la sección del túnel y fra- gado.	m <sup>3</sup>	1211.20	15.0 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 6 peones	20.00
Armado losa de piso	ton.	808.17	12 ton./jor.	10 of. + 20 ayud.	67.30
Colado losa de piso.	m <sup>3</sup>	968.73	10 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	12.10
Cimbrado de andén	m <sup>2</sup>	1290.00	150 m <sup>2</sup> /jor.	2 of. + 2 ayud.	8.60
Armado de enadén	ton.	7.30	2.0 ton./jor.	2.5 of. + 5 ayud.	4.00
Colado de andén	m <sup>3</sup>	295.50	10 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 2 peones	3.70

PROGRAMA DE OBRA TUNEL DE DISTRIBUCION, SUBESTACION Y/O CUARTO TECNICO

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	FUERZA DE TRABAJO	DURACION (DIAS)
Preparación para alojar anclas	m <sup>l</sup>	300.00	Emporta./jornada	2 of. + 2 ayud.	1.00
Colocación de anclas	ton.	0.27	0.274 ton./jor.	2 of. + 2 ayud.	1.00
Lechada para fijar anclas	m <sup>3</sup>	0.15	0.152 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	1.00
Excavación primer banqueo	m <sup>3</sup>	35.26	8.0 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.55
Rezaga primer banqueo	m <sup>3</sup>	42.31	64.22 m <sup>3</sup> /hr.	1 operador	0.08
Primera capa concreto lanzado	m <sup>3</sup>	1.05	0.50 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.26
Colocación de malla	m <sup>2</sup>	21.04	50.0 m <sup>2</sup> /hr.	1 of. + 2 ayud.	0.05
Segunda capa concreto Lanzado	m <sup>3</sup>	2.10	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.53
Excavación segundo banqueo	m <sup>3</sup>	24.64	8.0 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.39
Razaga segundo banqueo	m <sup>3</sup>	29.57	64.22 m <sup>3</sup> /hr.	1 operador	0.06
Primera capa concreto Lanzado	m <sup>3</sup>	0.39	0.50 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.10
Colocación malla	m <sup>2</sup>	7.76	50.0 m <sup>2</sup> /hr.	1 of. + 2 ayud.	0.02
Segunda capa de concreto lanzado	m <sup>3</sup>	0.78	0.50 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.20
Armado de la sección del túnel	ton.	20.60	4.0 ton./jor.	5 of. + 10 ayud.	5.20
Cimbrado sección del túnel	m <sup>2</sup>	720.00	80 m <sup>2</sup> /jor.	2 of. + 2 ayud.	9.00
Colado sección del túnel y fraguado	m <sup>3</sup>	253.80	15.0 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	2.12
Armado losa de piso	ton.	217.30	4 ton./jor	5 of. + 10 ayud.	54.25
Colado losa de piso	m <sup>3</sup>	268.00	15.0 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	2.23

## PROGRAMA DE OBRA ACCESO ORIENTE

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	FUERZA DE TRABAJO	DURACION (DIAS)
<u>EXCAVACION A CIELO ABIERTO.</u>					
Primer avance (trazo)	m <sup>2</sup>	260.50	150 m <sup>2</sup> /jor.	1 top. + 2 cad.	1.73
Barrenación y limpia de barrenos	ml.	800.28	44.25 m/hr.	5 of. + 5 ayud.	2.26
Carga y detonación	kg.	187.67	voladura/jor.	1 cuadrilla	1.00
Rezaga	m <sup>3</sup>	670.54	64 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	1.31
Segundo avance trazo	m <sup>2</sup>	228.00	150 m <sup>2</sup> /jor.	1 top. + 2 cad.	1.52
Barrenación y limpia de barrenos	ml.	466.56	44.25m/hr.	5 of. + 5 ayud.	1.31
Carga y detonación	kg.	125.72	voladura/jor.	1 cuadrilla	1.00
Rezaga	m <sup>3</sup>	391.25	64 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.76
Voladura rampas de escalera trazo	m <sup>2</sup>	28.84	150 m <sup>2</sup> /jor.	1 top. + 2 cad.	0.19
Barrenación y limpia de barrenos	ml.	43.60	8.85m/hr.	1 of. + 1 ayud.	0.62
Carga y detonación	kg.	17.60	voladura/jor.	1 cuadrilla	1.00
Rezaga	m <sup>3</sup>	57.42	64 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.11
Tercer avance trazo	m <sup>2</sup>	147.16	150 m <sup>2</sup> /jor.	1 top. + 2 cad.	1.00
Barrenación y limpia de barrenos	ml.	309.42	44.25 m/hr.	5 of. + 5 ayud.	0.87
Carga y detonación	kg.	75.93	voladura/jor.	1 cuadrilla	1.00
Rezaga	m <sup>3</sup>	262.82	64 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.51
Excavación del túnel trazo	m <sup>2</sup>	58.95	150 m <sup>2</sup> /jor.	1 top. + 6 cad.	0.40
Emportalamiento	Pza.	13.00	4 Hrs./emporta.	1 of. + 1 ayud.	0.50
Excavación trabe de borde	m <sup>3</sup>	0.16	4 m <sup>3</sup> /jor.	0.1 cabo + 1 peon	0.04
Armado trabe de borde	ton.	0.61	0.5 ton./jor.	1.5 of. + 3 ayud.	1.22
Colado trabe de borde	m <sup>3</sup>	0.61	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 1 ayud.	0.04
Excavación primer banqueo	m <sup>3</sup>	29.95	8 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.47
Rezaga	m <sup>3</sup>	35.94	64 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.07
Primera capa concreto lanzado	m <sup>3</sup>	0.68	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 1 ayud.	0.17
Colocación de malla	m <sup>2</sup>	27.14	50 m <sup>2</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.07

## PROGRAMA DE OBRA ACCESO ORIENTE

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	FUERZA DE TRABAJO	DURACION (DIAS)
Segunda capa concreto lanzado	m <sup>3</sup>	1.36	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.34
Excavación segundo banqueo	m <sup>3</sup>	29.95	8 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.47
Rezaga	m <sup>3</sup>	35.94	64 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.07
Primera capa concreto lanzado	m <sup>3</sup>	0.68	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.17
Colocación malla	m <sup>2</sup>	27.14	50 m <sup>2</sup> /hr.	1 of. + 1 ayud.	0.07
Segunda capa concreto lanzado	m <sup>3</sup>	1.36	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.34
Armado del túnel (clave y muros)	ton.	9.22	1.7 ton./jor.	5 of. + 10 ayud.	5.42
Cimbrado del túnel.	m <sup>2</sup>	261.93	80 m <sup>2</sup> /jor.	2 of. + 4 ayud.	2.27
Colado de clave, muros y fraguado	m <sup>3</sup>	97.27	15 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	2.00
Armado de losa de piso	ton.	83.87	4 ton./hor.	5 of. + 10 ayud.	21.00
Cimbrado losa de piso	m <sup>2</sup>	5.36	50 m <sup>2</sup> /jor.	1 of. + 1 ayud.	0.11
Colado losa de piso	m <sup>3</sup>	103.45	15 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	0.90
<u>ESTRUCTURACION A CIELO ABIERTO.</u>					
Armado losa de piso	ton.	10.70	4 ton./jor.	5 of. + 10 ayud.	5.36
Colado losa de piso	m <sup>3</sup>	40.72	15 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	0.34
Armado de muros	ton.	15.71	3 ton./jor.	5 of. + 10 ayud.	5.24
Cimbrado de muros	m <sup>2</sup>	224.84	100 m <sup>2</sup> /jor.	2 of. + 2 ayud.	2.25
Colado de muros	m <sup>3</sup>	107.87	15 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	0.90
Armado de rampas de escalera	ton.	6.23	3 ton./jor.	5 of. + 10 ayud.	2.10
Colado de rampas	m <sup>3</sup>	50.94	15 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	0.42
Armado de muros de escaleras	ton.	3.73	3 ton./jor.	5 of. + 10 ayud.	1.24
Cimbrado muros de escaleras	m <sup>2</sup>	50.63	50 m <sup>2</sup> /jor.	1 of. + 1 ayud.	1.01
Colado de muros	m <sup>3</sup>	20.52	15 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	0.17
Cimbrado losa de techo	m <sup>2</sup>	197.00	200 m <sup>2</sup> /jor.	4 of. + 4 ayud.	1.00
Armado losa de techo	ton.	10.13	4 ton./jor.	5 of. + 10 ayud.	2.53
Colado losa de techo	m <sup>3</sup>	40.72	15 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 10 ayud.	0.34

## PROGRAMA DE OBRA ACCESO PCNIENTE

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	FUERZA DE TRABAJO	DURACION (DIAS)
Limpia y trazo	m <sup>2</sup>	463.60	150 m <sup>2</sup> /jor.	1 topogra. + 6 cad.	3.00
Excavación del suelo para llegar a la roca y rezaga	m <sup>3</sup>	1159.00	81.64 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	1.70
Primer avance trazo	m <sup>2</sup>	463.60	150 m <sup>2</sup> /jor.	1 topogra. + 6 cad.	3.10
Barrenación y limpia de barrenos	m1	503.70	44.25 m./hr.	5 of. + 5 ayud.	1.40
Carga y detonación	kg.	204.31	voladura/jor.	1 cuadrilla	1.00
Rezaga	m <sup>3</sup>	597.44	64 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	1.17
Voladura de la primera y segunda rampa de escaleras trazo	m <sup>2</sup>	191.40	150 m <sup>2</sup> /jor.	1 topogra. + 6 cad.	1.00
Barrenación y limpia de barrenos	m1	313.10	44.25 m./hr.	5 of. + 5 ayud.	0.90
Carga y detonación	kg.	215.60	voladura/jor.	1 cuadrilla	1.00
Rezaga	m <sup>3</sup>	320.89	64 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.63
Excavación para llegar al inicio del túnel y rezaga.	m <sup>3</sup>	339.60	54 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.80
Colado de plantilla	m <sup>3</sup>	12.80	15 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	0.11
Excavación del túnel trazo	m <sup>2</sup>	58.95	150 m <sup>2</sup> /hr.	1 topogra. + 6 cad.	0.40
Emportalamiento	pza.	13.00	4 hrs./emporta.	1 of. + 1 ayud.	0.50
Excavación trabe de borde	m <sup>3</sup>	0.16	4 m <sup>3</sup> /jor.	0.1 cabo + 1 peon	0.04
Armado trabe de borde	ton.	0.61	0.5 ton./jor.	1.5 of. + 3 ayud.	1.22
Colado trabe de borde	m <sup>3</sup>	0.61	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 1 ayud.	0.04
Excavación primer banqueo	m <sup>3</sup>	29.95	8.0 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.47
Rezaga	m <sup>3</sup>	35.94	64 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.07
Primera capa concreto lanzado	m <sup>3</sup>	0.68	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.17
Colocación de malla	m <sup>2</sup>	27.14	50 m <sup>2</sup> /hr.	1 of. + 1 ayud.	0.07
Segunda capa concreto lanzado	m <sup>3</sup>	1.36	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.34
Excavación segundo banqueo	m <sup>3</sup>	29.95	8 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.47
Rezaga	m <sup>3</sup>	35.94	64 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.07

## PROGRAMA DE OBRA ACCESO PONIENTE

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	RENDIMIENTO	FUERZA DE TRABAJO	DURACION ( DIAS )
Primera capa concreto lanzado	m <sup>3</sup>	0.68	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.17
Colocación de malla	m <sup>2</sup>	27.14	50 m <sup>2</sup> /hr.	1 of. + 2 ayud.	0.07
Segunda capa concreto lanzado	m <sup>3</sup>	1.36	0.5 m <sup>3</sup> /hr.	1 op. + 1 ayud.	0.34
Armado de túnel (clave y muros)	ton.	10.71	1.7 ton./jor.	3 of. + 10 ayud.	6.30
Cimbrado del túnel	m <sup>2</sup>	261.93	80 m <sup>2</sup> /jor.	2 of. + 4 ayud.	3.30
Colado de clave y muros (fraguado)	m <sup>3</sup>	104.84	10 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	3.00
Armado losa de piso	ton.	90.40	5 m <sup>2</sup> ton./jor.	5 ofs. + 10 ayud.	18.00
Cimbrado losa de piso	m <sup>2</sup>	5.36	50 m <sup>2</sup> /jor.	1 of. + 1 ayud.	0.11
Cola losa de piso	m <sup>3</sup>	111.48	15 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	0.93
<u>ESTRUCTURACION A CIELO ABIERTO.</u>					
Armado losas de piso	ton.	22.21	5 ton./jor.	5 of. + 10 ayud.	4.50
Colado losas de piso	m <sup>3</sup>	256.60	15 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	2.10
Armado de muros	ton.	8.00	3 ton./jor.	5 of. + 10 ayud.	2.70
Cimbrado de muros	m <sup>2</sup>	271.90	100 m <sup>2</sup> /jor.	2 of. + 2 ayud.	2.70
Colado de muros	m <sup>3</sup>	153.87	15 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	1.00
Armado rampa de escalera	ton.	5.98	5 ton./jor.	5 of. + 10 ayud.	1.20
Colado rampas de escalera	m <sup>3</sup>	89.28	15 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	0.40
Armado muros de escalera	ton.	3.73	3 ton./jor.	5 of. + 10 ayud.	1.20
Cimbrado muros de escalera	m <sup>2</sup>	50.63	50 m <sup>2</sup> /jor.	1 of. + 1 ayud.	1.00
Colado muros de escalera	m <sup>3</sup>	20.62	15 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	0.20
Cimbrado losa de techo	m <sup>2</sup>	463.60	200 m <sup>2</sup> /jor.	4 of. + 4 ayud.	2.30
Armado losa de techo	ton.	22.21	4 ton./jor.	5 of. + 10 ayud.	5.60
Colado losa de techo	m <sup>3</sup>	256.60	15 m <sup>3</sup> /hr.	1 of. + 5 peones	2.10

PROGRAMA DE OBRA LUBRERA

C O N C E P T O	M E S E S											
	1			2			3					
1.- Limpia y trazo	■											
2.- Excavación de brocal	■											
3.- Armado de brocal	■	■	■									
4.- Colado de brocal		■										
5.- Excavación de lumbrera 2.5 m.		■										
6.- Barrenación y limpia de barrenos		■	■									
7.- Carga y detonación			■									
8.- Rezaga			■									
9.- Excavación y revestimiento primario			■	■	■	■						
10.- Colado de Plantilla						■						
11.- Armado losa de piso						■						
12.- Colado losa de piso						■						
13.- Habilitado cimbra deslizante.						■						
14.- Armado de muros							■	■				
15.- Colado de muros							■	■				





PROGRAMA DE OBRA TUNEL DE DISTRIBUCION

C O N C E P T O	M E S E S						
	1	2	3	4	5	6	7
1.- Emportalamiento.	■						
2.- Excavación, rezaga y revestimiento primario 1er. banqueo.	■	■					
3.- Excavación, rezaga y revestimiento primario 2do. banqueo.			■				
4.- Armado de la sección del túnel.			■				
5.- Cimbrado de la sección del túnel.			■				
6.- Colado de la sección del túnel.			■				
7.- Armado losa de piso.				■	■	■	
8.- Colado losa de piso.							■

PROGRAMA DE OBRA TUNEL DE SUBESTACION

C O N C E P T O	M E S E S														
	1			2			3								
1.- Emportalamiento	■	■													
2.- Excavación, rezaga y revestimiento primario 1er. banqueo	■	■	■	■	■	■									
3.- Excavación, rezaga y revestimiento primario 2do. banqueo				■	■	■	■	■	■						
4.- Armado de la sección del túnel						■	■	■	■						
5.- Cimbrado de la sección del túnel						■	■	■	■						
6.- Colado de la sección del túnel						■	■	■	■						
7.- Armado losa de piso							■	■	■	■	■	■			
8.- Colado losa de piso										■	■	■	■	■	■

PROGRAMA DE OBRA TUNEL DE CUARTO TECNICO

C O N C E P T O	M E S E S												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1.- Emportalamiento	■	■											
2.- Excavación rezaga y revestimiento primario 1er. banqueo	■	■	■	■									
3.- Excavación, rezaga y revestimiento primario 2do. banqueo			■	■									
4.- Armado de la sección del túnel			■	■	■								
5.- Cimbrado de la sección del túnel			■	■	■	■							
6.- Colado de la sección del túnel					■	■							
7.- Armado losa de piso						■	■	■					
8.- Colado losa de piso								■	■				



PROGRAMA DE OBRA ACCESO PONIENTE

C O N C E P T O	M E S E S			
	1	2	3	
1.- Limpia y trazo	■			
2.- Excavación del suelo para llegar a la roca y rezaga	■			
3.- Primer avance de excavación en roca	■			
4.- Segundo avance de excavación en roca	■			
5.- Excavación para llegar al nivel del túnel	■			
6.- Colado de plantilla	■			
7.- Excavación del túnel trazo	■			
8.- Enportalamiento y trabe de borde	■			
9.- Excavación y concreto lanzado primer banqueo	■	■		
10.- Excavación y concreto lanzado segundo banqueo	■	■		
11.- Armado clave y muros		■		
12.- Cimbrado del túnel		■		
13.- Colado clave y muros		■		
14.- Armado losa de piso			■	
15.- Colado losa de piso			■	
ESTRUCTURACION DE LA EXCAVACION A CIELO ABIERTO				
16.- Armado losas de piso		■		
17.- Colado losas de piso		■		
18.- Armado de muros		■		
19.- Cimbrado de muros		■		
20.- Colado de muros		■		
21.- Armado rampas de escaleras		■		
22.- Colado rampas de escaleras		■		
23.- Armado de muros en escaleras		■		
24.- Cimbrado muros en escaleras		■		
25.- Colado de muros en escaleras		■		
26.- Cimbrado losa de techo		■		
27.- Armado de losa de techo		■		
28.- Colado losa de techo		■		



**E) ANALISIS DE COSTOS**

**E.1 PRIMERA ALTERNATIVA**

## ANALISIS DE COSTOS : LUMBRERA

C O N C E P T O	U	CANTIDAD	C . U .	I M P O R T E
1.- Excavación. Incluye; excavación con martillo neumático, carga con traxcavo, mantéo con draga y mano de obra.	M <sup>3</sup>	2,717.00	\$ 324.10	\$ 880,579.70
2.- Concreto Lanzado. Incluye; concreto, lanzadora y mano de obra.	M <sup>3</sup>	144.20	\$ 4,507.43	\$ 202,951.41
3.- Malla Electrosoldada. Incluye; Malla y mano de obra.	M <sup>2</sup>	988.35	\$ 215.30	\$ 212,791.76
4.- Colado de Plantilla. Incluye; Mano de Obra, concreto y herramien ta.	M <sup>3</sup>	18.00	\$ 5,706.83	\$ 102,724.94
5.- Armado Losa de Piso Incluye; Acero de refuerzo, alambre, mano - de obra y herramienta.	Ton.	5.27	\$ 72,640.00	\$ 382,812.80
6.- Colado Losa de Piso. Incluye; concreto, mano de obra y herramien ta.	M <sup>3</sup>	90.00	\$ 7,943.84	\$ 714,945.60
7.- Armado de Muros. Incluye; Acero de refuerzo, alambre, mano - de obra y herramienta.	Ton.	11.50	\$ 84,940.00	\$ 976,810.00
8.- Colado de Muros. Incluye; Concreto, mano de obra y cimbra - deslizante.	M <sup>3</sup>	240.40	\$ 26,630.80	\$ 5'440,444.30
			SUMA	\$ 8'914,060.50

## ANALISIS DE COSTOS : TUNEL DE UNION

C O N C E P T O	U	CANTIDAD	C . U .	I M P O R T E
1.- Emportalamiento. Incluye; Perforación, materiales y mano de obra.	Pza.	1.00	\$ 7,034.77	\$ 7,034.77
2.- Trabe de Borde. Incluye; Excavación, armado, colado, mano de obra y herramienta.	Pza.	1.00	\$ 20,997.67	\$ 20,997.67
3.- Excavación. Incluye; Excavación con alpine y mano de obra.	M <sup>3</sup>	8,449.50	\$ 402.36	\$ 3'399,740.80
4.- Rezaga. Incluye; Acarreo hasta la lumbrera y mano de obra.	M <sup>3</sup>	8,449.50	\$ 53.52	\$ 452,217.24
5.- Malla Electrosoldada. Incluye; Material, mano de obra y herramienta.	M <sup>2</sup>	1,340.37	\$ 215.30	\$ 288,581.66
6.- Concreto Lanzado. Incluye; Lanzadora, concreto y mano de obra.	M <sup>3</sup>	202.00	\$ 4,507.43	\$ 910,500.86
7.- Armado del Túnel. Incluye; Acero, mano de obra y herramienta.	Ton.	340.18	\$ 76,296.51	\$ 25'954,547.00
8.- Revestimiento Definitivo. Incluye; Concreto, mano de obra y equipo.	M <sup>3</sup>	1,022.60	\$ 4,507.43	\$ 4'609,297.90
			SUNA	\$ 35'642,918.00

## ANALISIS DE COSTOS : TUNELES DE ANDEN

C O N C E P T O	U	CANTIDAD	C. U.	IMPORTE
1.- Emportalamiento. Incluye; Materiales, mano de obra y equipo.	Pza.	4.00	\$ 7,034.77	\$ 28,139.10
2.- Tabre de Borde. Incluye; Excavación, armado, colado y mano de obra.	Pza.	4.00	\$ 20,997.67	\$ 83,990.68
3.- Excavación. Incluye; Excavación con alpine y mano de obra.	M <sup>3</sup>	20,089.66	\$ 402.36	\$ 8'083,275.60
4.- Rezaga. Incluye; Acarreo hasta la lumbrera y mano de obra.	M <sup>3</sup>	20,089.66	\$ 53.52	\$ 1'075,198.60
5.- Malla Electrosoldada. Incluye; Material, mano de obra y herramienta.	M <sup>2</sup>	6,922.75	\$ 215.30	\$ 1'490,468.10
6.- Concreto Lanzado. Incluye; Lanzadora, concreto y mano de obra.	M <sup>3</sup>	1,038.40	\$ 4,507.43	\$ 4'680,515.30
7.- Armado del Túnel. Incluye; Acero y mano de obra.	Ton.	1,861.40	\$ 76,296.51	\$142'020,000.00
8.- Cimbrado de Túnel. Incluye; Cimbra, mano de obra y herramienta.	M <sup>2</sup>	6,938.42	\$ 1,391.24	\$ 9'653,007.40
9.- Revestimiento Definitivo. Incluye; concreto, mano de obra y equipo.	M <sup>3</sup>	4,751.26	\$ 7,986.99	\$ 37'948,266.00
			SUMA	\$205'060,000.00

## ANALISIS DE COSTOS : TUNELES DE DISTRIBUCION

C O N C E P T O	U	CANTIDAD	C . U .	I M P O R T E
1.- Exportamiento. Incluye; Perforación, mano de obra y - material.	Pza.	2.00	\$ 7,034.77	\$ 14,079.54
2.- Excavación. Incluye; Excavación con alpino y mano de obra.	M <sup>3</sup>	2,995.00	\$ 402.36	\$ 1'205,068.20
3.- Rezaga. Incluye; Acarreo hasta la lumbreira y - mano de obra.	M <sup>3</sup>	2,995.00	\$ 53.52	\$ 160,292.40
4.- Malla Electrosoldada. Incluye; Material, mano de obra y he- rramienta.	M <sup>2</sup>	1,440.00	\$ 215,30	\$ 310,032.00
5.- Concreto Lanzado. Incluye; Lanzadora, concreto y mano de obra.	M <sup>3</sup>	216.00	\$ 4,507.43	\$ 973,604.88
6.- Armado de Túnel. Incluye; Acero, alambre y mano de --- obra.	Ton.	475.80	\$ 76,296.51	\$ 36'301,879.00
7.- Cimbra de Túnel. Incluye; cimbra, mano de obra y herra- mienta.	M <sup>2</sup>	720.00	\$ 1,391.24	\$ 1'001,692.80
8.- Revestimiento Definitivo. Incluye; Concreto, mano de obra y --- equipo.	M <sup>3</sup>	1,043.60	\$ 7,986.99	\$ 8'335,222.80
			SUMA	\$ 48'301,872.00

## ANALISIS DE COSTOS : TUNELES DE SUBESTACION

C O N C E P T O	U	CANTIDAD	C. U.	IMPORTE
1.- Emportalamiento. Incluye; Perforación, material y mano de obra.	Pza.	2.00	\$ 7,034.77	\$ 14,069.54
2.- Excavación Incluye; Excavación con alpine y mano de obra.	M <sup>3</sup>	1,278.90	\$ 402.36	\$ 514,578.20
3.- Rezaga. Incluye; Acarreo hasta la lumbrera y mano de obra.	M <sup>3</sup>	1,278.90	\$ 53.52	\$ 68,446.73
4.- Malla Electrosoldada. Incluye; Material y mano de obra.	M <sup>2</sup>	614.90	\$ 215.30	\$ 132,387.97
5.- Concreto Lanzado. Incluye; Lanzadora concreto y mano de obra.	M <sup>3</sup>	92.24	\$ 4,507.43	\$ 415,765.34
6.- Armado de Túnel. Incluye; Acero y mano de obra.	Ton.	203.17	\$ 76,296.51	\$ 15'501,161.00
7.- Cimbrado de Túnel. Incluye; Cimbra, mano de obra y herramienta.	M <sup>2</sup>	307.46	\$ 1,391.24	\$ 427,750.65
8.- Revestimiento Definitivo. Incluye; Concreto, mano de obra y — equipo.	M <sup>3</sup>	444.10	\$ 7,986.99	\$ 3'547,022.30
			SUMA	\$ 20'621,182.00

## ANALISIS DE COSTOS : TUNEL DE CUARTO TECNICO

C O N C E P T O	U	CANTIDAD	C. U.	IMPORTE
1.- Emportalamiento. Incluye; Perforación, mano de obra y equipo.	Pza.	1.00	\$ 7,034.77	\$ 7,034.77
2.- Excavación. Incluye; Excavación con alpine y mano de obra.	M <sup>3</sup>	310.00	\$ 402.36	\$ 124,731.60
3.- Rezaga. Incluye; Acarreo hasta la lumbrera y mano de obra.	M <sup>3</sup>	310.00	\$ 53.52	\$ 16,591.20
4.- Malla Electrosoldada. Incluye; Material y mano de obra.	M <sup>2</sup>	149.00	\$ 215.30	\$ 32,079.70
5.- Concreto Lanzado. Incluye; Lanzadora, concreto y mano de obra.	M <sup>3</sup>	22.35	\$ 4,507.43	\$ 100,741.06
6.- Armado de Túnel. Incluye; Acero y mano de obra.	Ton.	49.25	\$ 76,296.51	\$ 3'757,603.10
7.- Cimbra de Túnel. Incluye; Cimbra, mano de obra y herramientas.	M <sup>2</sup>	149.04	\$ 1,391.24	\$ 207,350.41
8.- Revestimiento Definitivo. Incluye; Concreto, mano de obra y equipo.	M <sup>3</sup>	107.65	\$ 7,986.99	\$ 859,799.47
			SUMA	\$ 5'105,931.30

## ANALISIS DE COSTOS : ACCESO ORIENTE

C O N C E P T O	U	CANTIDAD	C . U .	IMPORTE
1.- Trazo. Incluye; Caldra, hilos, alquiler de instrumentos, topografo y cadeneros.	M <sup>2</sup>	664.50	\$ 15.00	\$ 9,967.50
2.- Excavación con Explosivos. Incluye; Barrrenación carga y detonación, materiales y mano de obra.	M <sup>3</sup>	1,382.00	\$ 624.95	\$ 863,680.90
3.- Rezaqa. Incluye mano de obra y equipo.	M <sup>3</sup>	1,382.00	\$ 50.60	\$ 69,929.20
<u>EXCAVACION DEL TUNEL</u>				
4.- Emportalamiento. Incluye; Material, mano de obra y equipo.	Pza.	1.00	\$ 7,034.77	\$ 7,034.77
5.- Trabe de Borde. Incluye; Excavación, amado, colado, mano de obra y herramienta.	Pza.	1.00	\$ 20,997.67	\$ 20,997.67
6.- Excavación. Incluye; Excavación con alpine y mano de obra.	M <sup>3</sup>	1,131.00	\$ 402.36	\$ 455,069.16
7.- Rezaqa. Incluye; Acarreo hasta la lumbrera y mano de obra.	M <sup>3</sup>	1,131.00	\$ 53.52	\$ 60,531.12
8.- Concreto Lanzado. Incluye; Lanzadora, concreto y mano de obra.	M <sup>3</sup>	78.10	\$ 4,507.43	\$ 352,030.28
9.- Malla Electrosoldada. Incluye; Material, mano de obra y herramienta.	M <sup>2</sup>	524.16	\$ 215.30	\$ 112,851.64
10.- Amado de Túnel. Incluye; Material y mano de obra.	Ton.	93.09	\$ 76,296.51	\$ 7'102,442.10

## ANALISIS DE COSTOS : ACCESO ORIENTE

C O N C E P T O	U	CANTIDAD	C. U.	IMPORTE
11.- Cimbado de Túnel. Incluye; Cimbra, mano de obra y herramienta.	M <sup>2</sup>	254.00	\$ 1,391.24	\$ 353,374.96
12.- Colado de Túnel. Incluye; Concreto, mano de obra y — equipo.	M <sup>3</sup>	416.44	\$ 7,896.99	\$ 3'288,622.50
<u>ESTRUCTURACION A CIELO ABIERTO</u>				
13.- Colado de Plantillas.	M <sup>3</sup>	11.32	\$ 5,706.83	\$ 64,601.32
14.- Armado de la Estructura a Cielo Abierto. Incluye; Material, mano de obra y equipo.	Ton.	46.50	\$ 76,296.51	\$ 3'547,787.70
15.- Cimbado. Incluye; Cimbra, clavos, mano de obra.	M <sup>2</sup>	472.47	\$ 950.00	\$ 448,846.50
16.- Colado. Incluye; Material, mano de obra y herramienta.	M <sup>3</sup>	260.82	\$ 7,943.84	\$ 2'071,912.30
			SUPA	\$ 18'829,680.00

## ANALISIS DE COSTOS : ACCESO PONIENTE

C O N C E P T O	U	CANTIDAD	C . U .	IMPORTE
1.- Trazo.	M <sup>2</sup>	463.60	\$ 15.00	\$ 6,954.00
2.- Primera excavación. Incluye; Mano de obra, equipo y rezaga.	M <sup>3</sup>	1,159.00	\$ 50.60	\$ 58,645.40
3.- Trazo:excavación con explosivos.	M <sup>2</sup>	655.00	\$ 15.00	\$ 9,825.00
4.- Excavación con explosivos.	M <sup>3</sup>	918.33	\$ 624.95	\$ 573,910.33
5.- Rezaga. Incluye; Mano de obra y equipo.	M <sup>3</sup>	918.33	\$ 50.60	\$ 46,467.50
6.- Segunda excavación y rezaga. Incluye; Mano de obra y equipo.	M <sup>3</sup>	339.60	\$ 50.60	\$ 17,183.76
<u>ENCAVACION DEL TUNEL</u>				
7.- Emportalamiento.	Pza.	1.00	\$ 7,034.77	\$ 7,034.77
8.- Trabe de Borde.	Pza.	1.00	\$ 20,997.67	\$ 20,997.67
9.- Excavación.	M <sup>3</sup>	1,219.00	\$ 402.36	\$ 490,476.84
10.- Rezaga.	M <sup>3</sup>	1,219.00	\$ 53.52	\$ 65,240.88
11.- Malla Electrosoldada.	M <sup>2</sup>	524.16	\$ 215.30	\$ 112,851.64
12.- Concreto Lanzado.	M <sup>3</sup>	58.62	\$ 4,507.43	\$ 264,225.54
13.- Armado de Túnel.	Ton.	101.11	\$ 76,296.51	\$ 7'714,340.10
14.- Cimbrao de Túnel.	M <sup>2</sup>	391.00	\$ 1,391.24	\$ 543,974.84
15.- Revestimiento definitivo. (colado).	M <sup>3</sup>	197.58	\$ 7,896.99	\$ 1'560,287.30
<u>ESTRUCTURACION A CIELO ABIERTO</u>				
16.- Colado de plantilla	M <sup>3</sup>	135.86	\$ 5,706.83	\$ 775,329.92

## ANALISIS DE COSTOS : ACCESO PONIENTE

C O N C E P T O	U	CANTIDAD	C . U .	I M P O R T E
17.- Armado de la estructura a cielo abierto.	Ton.	62.13	\$ 76,296.51	\$ 4'740,302.10
18.- Cimbrado.	M <sup>2</sup>	786.13	\$ 950.00	\$ 746,823.50
19.- Colado.	M <sup>3</sup>	736.25	\$ 7,943.84	\$ 5'848,652.20
			S U M A	\$ 23'603,523.00

**E.2 SEGUNDA ALTERNATIVA**

## ANALISIS DE COSTOS : LUMBRERA

C O N C E P T O	U	CANTIDAD	C . U .	I M P O R T E
1.- Excavación. Incluye; excavación con martillo neumático, carga con trascavo, mantón con draga y mano de obra.	M <sup>3</sup>	2,717.00	\$ 324.10	\$ 880,579.70
2.- Concreto Lanzado. Incluye; concreto, lanzadora y mano de obra.	M <sup>3</sup>	144.20	\$ 4,507.43	\$ 202,951.41
3.- Malla Electrosoldada. Incluye; Malla y mano de obra.	M <sup>2</sup>	988.35	\$ 215.30	\$ 212,791.76
4.- Colado de Plantilla. Incluye; Mano de Obra, concreto y herramienta.	M <sup>3</sup>	18.00	\$ 5,706.83	\$ 102,724.94
5.- Armado Losa de Piso Incluye; Acero de refuerzo, alambre, mano de obra y herramienta.	Ton.	5.27	\$ 72,640.00	\$ 382,812.80
6.- Colado Losa de Piso. Incluye; concreto, mano de obra y herramienta.	M <sup>3</sup>	90.00	\$ 7,943.84	\$ 714,945.60
7.- Armado de Muros. Incluye; Acero de refuerzo, alambre, mano de obra y herramienta.	Ton.	11.50	\$ 84,940.00	\$ 976,810.00
8.- Colado de Muros. Incluye; Concreto, mano de obra y cimbra deslizante.	M <sup>3</sup>	240.40	\$ 26,630.80	\$ 5,440,444.30
			SUMA	\$ 8,914,060.50

## ANALISIS DE COSTOS : TUNEL DE UNION

C O N C E P T O	U	CANTIDAD	C . U .	IMPORTE
1.- Emportalamiento. Incluye; Perforación, materiales y mano de obra.	Pza.	1.00	\$ 7,034.77	\$ 7,034.77
2.- Trabe de Bordo. Incluye; Excavación, armado, colado, mano de obra y herramienta.	Pza.	1.00	\$ 20,997.67	\$ 20,997.67
3.- Excavación. Incluye; Excavación con alpine y mano de obra.	M <sup>3</sup>	8,449.50	\$ 402.36	\$ 3'399,740.80
4.- Rezaga. Incluye; Acarreo hasta la lumbrera y mano de obra.	M <sup>3</sup>	8,449.50	\$ 53.52	\$ 452,217.24
5.- Malla Electrosoldada. Incluye; Material, mano de obra y herramienta.	M <sup>2</sup>	1,340.37	\$ 215.30	\$ 288,581.66
6.- Concreto Lanzado. Incluye; Lanzadora, concreto y mano de obra.	M <sup>3</sup>	202.00	\$ 4,507.43	\$ 910,500.86
7.- Armado del Túnel. Incluye; Acero, mano de obra y herramienta.	Ton.	340.18	\$ 76,296.51	\$ 25'954,547.00
8.- Revestimiento Definitivo. Incluye; Concreto, mano de obra y equipo.	M <sup>3</sup>	1,022.60	\$ 4,507.43	\$ 4'609,297.90
			SUNA	\$ 35'642,918.00

## ANALISIS DE COSTOS : TUNELES DE ANDEN

C O N C E P T O	U	CANTIDAD	C. U.	IMPORTE
1.- Bportalamiento. Incluye; Materiales, mano de obra y equipo.	Pza.	4.00	\$ 7,034.77	\$ 28,139.10
2.- Trabe de Borde. Incluye; Excavación, armado, colado y mano de obra.	Pza.	4.00	\$ 20,997.67	\$ 83,990.68
3.- Excavación. Incluye; Excavación con alpino y mano de obra.	M <sup>3</sup>	20,089.66	\$ 402.36	\$ 8'083,275.60
4.- Rezaga. Incluye; Acarreo hasta la lumbrera y mano de obra.	M <sup>3</sup>	20,089.66	\$ 53.52	\$ 1'075,198.60
5.- Malla Electro soldada. Incluye; Material, mano de obra y herramienta.	M <sup>2</sup>	6,922.75	\$ 215.30	\$ 1'490,468.10
6.- Concreto Lanzado. Incluye; Lanzadora, concreto y mano de obra.	M <sup>3</sup>	1,038.40	\$ 4,507.43	\$ 4'680,515.30
7.- Armado del Túnel. Incluye; Acero y mano de obra.	Ton.	1,861.40	\$ 76,296.51	\$ 142'020,000.00
8.- Cimbrado de Túnel, Incluye; Cimbra monolítica, mano de obra y herramienta.	M <sup>3</sup>	6,938.42	\$ 1,572.13	\$ 10'908,098.00
9.- Revestimiento Definitivo. Incluye; Concreto, mano de obra y equipo.	M <sup>3</sup>	4,751.26	\$ 7,986.99	\$ 37'948,266.00
			SUMA	\$ 206'320,000.00

## ANALISIS DE COSTOS : TUNELES DE DISTRIBUCION

C O N C E P T O	U.	CANTIDAD	C. U.	IMPORTE
1.- Emportalamiento. Incluye; Perforación, mano de obra y material.	Pza.	2.00	\$ 7,034.77	\$ 14,079.54
2.- Excavación. Incluye; Excavación con martillo neumático y mano de obra.	M <sup>3</sup>	2,995.00	\$ 171.39	\$ 513,313.05
3.- Rozaga. Incluye; Acarreo hasta la lumbrera y mano de obra.	M <sup>3</sup>	2,995.00	\$ 53.52	\$ 160,292.40
4.- Malla Electrosoldada. Incluye; Material, mano de obra y herramienta.	M <sup>2</sup>	1,440.00	\$ 215.30	\$ 310,032.00
5.- Concreto Lanzado. Incluye; Lanzadora, concreto y mano de obra.	M <sup>3</sup>	216.00	\$ 4,507.43	\$ 973,604.88
6.- Armado de Túnel. Incluye; Acero, alambre y mano de obra.	Ton.	41.20	\$ 76,296.51	\$ 3'143,416.20
7.- Revestimiento Definitivo con Concreto Lanzado (Clave y Muros). Incluye; Lanzadorá, concreto y mano de obra.	M <sup>3</sup>	607.60	\$ 4,507.43	\$ 2'738,714.50
8.- Armado Losa de piso.	Ton.	434.60	\$ 76,296.51	\$ 33'158,463.00
9.- Colado Losa de piso.	M <sup>3</sup>	436.00	\$ 7,986.99	\$ 3'482,327.60
			SUMA	\$ 44'498,243.00

## ANALISIS DE COSTOS : TUNELES DE SUBESTACION

C O N C E P T O	U.	CANTIDAD	C. U.	IMPORTE
1.- Emportalamiento. Incluye; Perforación, material y mano de obra.	Pza.	2.00	\$ 7,034.77	\$ 14,069.54
2.- Excavación. Incluye; Excavación con martillo neumático y mano de obra.	M <sup>3</sup>	1,278.90	\$ 171.39	\$ 219,190.67
3.- Rezaga. Incluye; Acarreo hasta la lumbrera y mano de obra.	M <sup>3</sup>	1,278.90	\$ 53.52	\$ 68,446.73
4.- Malla Electrosoldada. Incluye; Material y mano de obra.	M <sup>2</sup>	614.90	\$ 215.30	\$ 132,387.97
5.- Concreto Lanzado. Incluye; Lanzadora concreto y mano de obra.	M <sup>3</sup>	92.24	\$ 4,507.43	\$ 415,765.34
6.- Armado de Tínel. Incluye; Acero y mano de obra.	Ton.	17.60	\$ 76,296.51	\$ 1'342,818.60
7.- Revestimiento definitivo con concreto Lanzado (Clave y Muros). Incluye; Lanzadora, concreto y mano de obra.	M <sup>3</sup>	258.00	\$ 4,507.43	\$ 1'162,916.90
8.- Armado Losa de Piso.	Ton.	185.60	\$ 76,296.51	\$ 14'160,632.00
9.- Colado Losa de Piso.	M <sup>3</sup>	186.10	\$ 7,986.99	\$ 1'486,378.80
			SUMA	\$ 19'002,606.00

## ANALISIS DE COSTOS : TUNEL DE CUARTO TECNICO

C O N C E P T O	U.	CANTIDAD	C. U.	IMPORTE
1.- Emportalamiento. Incluye; Perforación, mano de obra y equipo.	Pza.	1.00	\$ 7,034.77	\$ 7,034.77
2.- Excavación. Incluye; Excavación con martillo neumático y mano de obra.	M <sup>3</sup>	310.00	\$ 171.39	\$ 53,131.00
3.- Rezaga. Incluye; Acarreo hasta la lumbrera y mano de obra.	M <sup>3</sup>	310.00	\$ 53.52	\$ 16,591.20
4.- Malla Electrosoldada. Incluye; Material y mano de obra.	M <sup>2</sup>	149.00	\$ 215.30	\$ 32,079.70
5.- Croncreto Lanzado. Incluye; Lanzadora, concreto y mano de obra.	M <sup>3</sup>	22.35	\$ 4,507.43	\$ 100,741.06
6.- Armado de Túnel. Incluye; Acero y mano de obra.	Ton.	4.26	\$ 76,296.51	\$ 325,023.13
7.- Revestimiento Definitivo con concreto Lanzado. (Clave y Muros). Incluye; Lanzadora, concreto y mano de obra.	M <sup>3</sup>	52.20	\$ 4,507.43	\$ 235,287.85
8.- Armado Losa de Piso.	Ton.	44.98	\$ 76,296.51	\$ 3'431,817.00
9.- Colado Losa de Piso.	M <sup>3</sup>	55.45	\$ 7,986.99	\$ 442,878.60
			SUMA	\$ 4'644,583.30

## ANALISIS DE COSTOS : ACCESO ORIENTE

C O N C E P T O	U	CANTIDAD	C . U .	IMPORTE
1.- Trazo. Incluye; Calidra, hilos, alquiler de instrumentos, topografo y cadeneros.	M <sup>2</sup>	664.50	\$ 15.00	\$ 9,967.50
2.- Excavación con Explosivos. Incluye; Barrnación carga y detonación, materiales y mano de obra.	M <sup>3</sup>	1,382.00	\$ 624.95	\$ 863,680.90
3.- Rezaga. Incluye; mano de obra y equipo.	M <sup>3</sup>	1,382.00	\$ 50.60	\$ 69,929.20
<u>EXCAVACION DEL TUNEL</u>				
4.- Emportalamiento. Incluye; Material, mano de obra y equipo.	Pza.	1.00	\$ 7,034.77	\$ 7,034.77
5.- Trabe de Borde. Incluye; Excavación, armado, colado, mano de obra y herramienta.	Pza.	1.00	\$ 20,997.67	\$ 20,997.67
6.- Excavación. Incluye; Excavación con alpine y mano de obra.	M <sup>3</sup>	1,131.00	\$ 402,36	\$ 455,069.16
7.- Rezaga. Incluye; Acarreo hasta la lumbrera y mano de obra.	M <sup>3</sup>	1,131.00	\$ 53.52	\$ 60,531.12
8.- Concreto Lanzado. Incluye; Lanzadora, concreto y mano de obra.	M <sup>3</sup>	78.10	\$ 4,507.43	\$ 352,030.28
9.- Malla Electrosoldada. Incluye; Material, mano de obra y herramienta.	M <sup>2</sup>	524.16	\$ 215.30	\$ 112,851.64

## ANALISIS DE COSTOS : ACCESO ORIENTE

C O N C E P T O	U	CANTIDAD	C . U .	I M P O R T E
10.- Armado de Túnel. Incluye; Material y mano de obra	Ton.	93.09	\$ 76,296.51	\$ 7'102,442.10
11.- Colado de Túnel con concreto lanzado. Incluye; Lanzadora, concreto y mano - de obra.	M <sup>3</sup>	416.44	\$ 4,507.43	\$ 1'877,074.10
<u>ESTRUCTURACION A CIELO ABIERTO.</u>				
12.- Colado de Plantillas.	M <sup>3</sup>	11.32	\$ 5,706.83	\$ 64,601.32
13.- Armado de la Estructura a Cielo Abierto. Incluye; Material, mano de obra y -- equipo.	Ton.	46.50	\$ 76,296.51	\$ 3'547,797.70
14.- Cimbrado. Incluye; Cimbra, clavos y mano de obra.	M <sup>2</sup>	472.47	\$ 950.00	\$ 448,846.50
15.- Colado. Incluye; Material, mano de obra y he- rramienta.	M <sup>3</sup>	460.82	\$ 7,943.84	\$ 2'071,912.30
			SUMA	\$ 17'064,756.00

## ANALISIS DE COSTOS : ACCESO PONIENTE

C O N C E P T O	U	CANTIDAD	C. U.	IMPORTE
1.- Trazo.	M <sup>2</sup>	463.60	\$ 15.00	\$ 6,954.00
2.- Primera excavación. Incluye; Mano de obra, equipo y rezaga.	M <sup>3</sup>	1,159.00	\$ 50.60	\$ 58,645.40
3.- Trazo excavación con explosivos.	M <sup>2</sup>	655.00	\$ 15.00	\$ 9,825.00
4.- Excavación con explosivos.	M <sup>3</sup>	918.33	\$ 624.95	\$ 573,910.33
5.- Rezaga. Incluye; Mano de obra y equipo	M <sup>3</sup>	918.33	\$ 50.60	\$ 46,467.50
6.- Segunda excavación y rezaga. Incluye; Mano de obra y equipo.	M <sup>3</sup>	339.60	\$ 50.60	\$ 17,183.76
<u>EXCAVACION DEL TUNEL.</u>				
7.- Enportalamiento.	Pza.	1.00	\$ 7,034.77	\$ 7,034.77
8.- Trabe de Borde.	Pza.	1.00	\$ 20,997.67	\$ 20,997.67
9.- Excavación.	M <sup>3</sup>	1,219.00	\$ 402.36	\$ 490,476.84
10.- Rezaga.	M <sup>3</sup>	1,219.00	\$ 53.52	\$ 65,240.88
11.- Malla Electrosoldada.	M <sup>2</sup>	524.16	\$ 215.30	\$ 112,851.64
12.- Concreto Lanzado.	M <sup>3</sup>	58.62	\$ 4,507.43	\$ 264,225.54
13.- Armado de Túnel.	Ton.	101.11	\$ 76,296.51	\$ 7'714,340.10
14.- Revestimiento definitivo con concreto Lanzado.	M <sup>3</sup>	197.58	\$ 4,507.43	\$ 890,578.02
<u>ESTRUCTURACION A CIELO ABIERTO.</u>				
15.- Colado de plantilla.	M <sup>3</sup>	135.86	\$ 5,706.83	\$ 775,329.92
16.- Armado de la estructura.	Ton.	62.13	\$ 76,296.51	\$ 4'740,302.10

## ANALISIS DE COSTOS : ACCESO PONIENTE

C O N C E P T O	U	CANTIDAD	C . U .	IMPORTE
17.- Cimbrado.	M <sup>2</sup>	786.13	\$ 950.00	\$ 746,823.50
18.- Colado.	M <sup>3</sup>	736.25	\$ 7,943.84	\$ 5'848,652.20
			<b>SUMA</b>	<b>\$ 23'389,839.00</b>

## 2.- DETERMINACION DE LA INVERSION.

## 1.- COSTO DIRECTOS.

ELEMENTO	COSTO 1a. ALTERNATIVA	COSTO 2a. ALTERNATIVA
LUMBRERA	\$ 17'828,121.00	\$ 17'828,121.00
TUNEL DE UNION	\$ 35'642,918.00	\$ 35'642,918.00
TUNELES DE ANDEN	\$ 205'060,000.00	\$ 206'320,020.00
TUNELES DE DISTRIBUCION	\$ 48'301,872.00	\$ 43'668,910.00
TUNELES DE SUBSTACION	\$ 20'621,182.00	\$ 18'648,158.00
TUNEL DE CUARTO TECNICO	\$ 5'105,931.30	\$ 4'524,006.00
ACCESO PONIENTE	\$ 23'603,523.00	\$ 23'389,839.00
ACCESO ORIENTE	\$ 18'829,680.00	\$ 17'064,756.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 374'990,000.30</b>	<b>\$ 367'090,000.00</b>

## 2.- COSTOS INDIRECTOS.

COSTO DIRECTO	100.00
ADMINISTRACION CENTRAL	5.42
ADMINISTRACION DE OBRA	13.43
	<hr/>
	118.85
IMPREVISTOS (3%)	x 1.03
	<hr/>
	122.41
UTILIDAD (10%)	x 1.1
	<hr/>
	134.65
I.V.A. (15%)	x 1.15
	<hr/>
	154.85
FACTOR DE INDIRECTOS	1.5485

## 3.- PRECIO DE VENTA O PRECIO ALZADO.

## A) PRIMERA ALTERNATIVA.

\$ 580'672,015.00

## B) SEGUNDA ALTERNATIVA.

\$ 568'438,865.00

## 3.- OTROS PARAMETROS IMPORTANTES.

Dentro de este punto, es importante mencionar el Factor Inflación como un parámetro importante dentro de la construcción de cualquier obra de ingeniería.

La inflación es la elevación sostenida del nivel general de los precios, debido a la disminución del poder adquisitivo de la moneda.

Por eso en épocas inflacionarias las tasas de interés y las ventas fijas tienden a aumentar como protección contra la inflación.

Tomando en consideración este parámetro, se muestra a continuación un análisis de como afecta la inflación en la construcción de la obra que se estudia.

PRIMERA ALTERNATIVA:

$$F = P (1+i)^n$$

TASA DE INFLACION 6% MENSUAL

MES	$(1+i)^n$	PROGRAMA DE PAGOS DE LA INVERSION.	VALOR QUE ALCANZA LA INVERSION DESPUES DE n PERIODOS AL INTERES i
1	1.06	\$ 8'494,413	\$ 9'004,077
2	1.1236	\$ 9'781,252	\$ 10'990,215
3	1.1910	\$ 17'888,977	\$ 21'305,772
4	1.2625	\$ 12'579,968	\$ 15'882,210
5	1.3382	\$ 9'394,563	\$ 12'571,804
6	1.4185	\$ 22'566,403	\$ 32'010,443
7	1.5036	\$ 22'563,403	\$ 33'926,333
8	1.5938	\$ 25'676,314	\$ 40'922,909
9	1.6895	\$ 26'437,763	\$ 44'666,601
10	1.7908	\$ 33'432,585	\$ 59'871,073
11	1.8983	\$ 40'247,409	\$ 76'401,653
12	2.0122	\$ 38'653,415	\$ 77'778,402
13	2.1329	\$ 33'331,432	\$ 71'092,611
14	2.2609	\$ 33'331,432	\$ 75'359,035
15	2.3965	\$ 33'331,432	\$ 79'878,777
16	2.5403	\$ 44'712,791	\$ 113'583,903
17	2.6927	\$ 45'842,295	\$ 123'439,547
18	2.8543	\$ 17'689,859	\$ 50'492,164
19	3.0256	\$ 15'430,849	\$ 46'687,576
20	3.2071	\$ 19'365,252	\$ 62'106,299
21	3.3995	\$ 25'568,667	\$ 86'920,683
22	3.6035	\$ 23'784,673	\$ 85'708,069
23	3.8197	\$ 6'799,586	\$ 25'972,379
24	4.0489	\$ 6'799,586	\$ 27'530,844
25	4.2918	\$ 6'799,580	\$ 29'182,463
TOTAL			\$ 1313'285,842

SEGUNDA ALTERNATIVA:

$$F = P (1+i)^n$$

TASA DE INFLACION 6% MENSUAL

MES	(1+i) <sup>n</sup>	PROGRAMA DE PAGOS DE LA INVERSION.	VALOR QUE ALCANZA LA INVERSION DESPUES DE n PERIODOS AL INTERES i.
1	1.0600	\$ 8'494,413	\$ 9'004,077
2	1.1236	\$ 9'781,252	\$ 10'990,215
3	1.1910	\$ 17'888,977	\$ 21'305,772
4	1.2625	\$ 12,579,968	\$ 15'882,210
5	1.3382	\$ 9,394,563	\$ 12'571,804
6	1.4185	\$ 22'647,339	\$ 32'125,250
7	1.5036	\$ 22'647,339	\$ 34'052,539
8	1.5938	\$ 25'798,007	\$ 41'116,864
9	1.6895	\$ 26'600,214	\$ 44'941,062
10	1.7908	\$ 32'929,750	\$ 58'970,596
11	1.8983	\$ 39'259,305	\$ 74'525,939
12	2.0122	\$ 37'655,045	\$ 75'769,482
13	2.1329	\$ 32'842,267	\$ 70'049,271
14	2.2609	\$ 32'842,267	\$ 74'253,081
15	2.3935	\$ 32'842,267	\$ 78'607,966
16	2.5403	\$ 44'709,797	\$ 113'576,297
17	2.6927	\$ 45'710,571	\$ 123'084,855
18	2.8543	\$ 17'255,874	\$ 49'253,441
19	3.0256	\$ 15'254,325	\$ 46'153,486
20	3.2071	\$ 18'193,556	\$ 58'257,586
21	3.3995	\$ 23'134,339	\$ 78'645,185
22	3.6035	\$ 21'530,079	\$ 77'583,640
23	3.8197	\$ 6'147,391	\$ 23'481,189
24	4.0489	\$ 6'147,391	\$ 24'890,171
25	4.2918	\$ 6'147,391	\$ 26'383,379
TOTAL			\$ 1275'475,357

C A P I T U L O   V

## S E L E C C I O N   Y   C O N T R O L

## 1.- SELECCION:

De las diferentes alternativas de excavación para túneles que estoy proponiendo, seleccioné de el método convencional, el procedimiento de martillo neumático, así como el método de excavación con máquina rozadora.

Esta decisión se debió a la longitud de los túneles de la estación, a el ataque del frente de excavación en forma de banqueos que se especifican y por el tipo de estratos que se localizan en esta zona, -- los cuales están formados por suelos muy compactos.

El método de excavación por medio del topo mecánico, es empleado -- cuando el material por atacar está formado por una roca competente y de buena calidad para autosoportarse y cuando el túnel por exca-- var es de una longitud considerablemente grande.

Por estas razones y porque el costo inicial de la inversión es muy alto, el método de excavación por medio del topo mécano se puede -- descartar en el caso del estudio en cuestión.

## 2.- CONTROL:

El control de la construcción de la estación se llevará a cabo me-- diante el programa de obra, que consiste en adjudicar el costo de -

cada actividad a la barra de duración. Este costo y duración se distribuirán linealmente, con lo cual podremos obtener un costo y un avance semanal, así como una erogación mensual programada, para cada una de las actividades. Por lo tanto si hacemos un corte semanal del avance real de la obra y lo comparamos con el programado, estaremos en condiciones de determinar si la obra va adelantada o atrasada, tanto en ejecución como en erogaciones.

Los avances reales de la obra (terminada) los tendrá que elaborar tanto la supervisión como la constructora, con el fin de llevar a cabo una conciliación de los mismos para que a la hora de cobrar -- las erogaciones mensuales, no existan diferencias entre las que estima la supervisión y las de la constructora.

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Del presente trabajo se derivan las siguientes conclusiones.

- 1.- Al planear una estación ó Línea del Metro, se debe evitar un grán número de afectaciones para no perjudicar a zonas con estratos sociales bajos. Además que de estas afectaciones de pende que el costo se eleve ó minimice.
- 2.- La ubicación de la estación debe ser tal que la captación de usuarios, se pueda realizar de la misma zona de influencia, - captación perpendicular por medio de la transportación colec tiva de superficie, así como de provocar que la estación sea usada racionalmente a cualquier hora del día por corredores de actividades económica, comercial y de servicios.
- 3.- El método convencional de excavación de túneles puede ser -- aplicado en la denominada zona de lomas y es recomendable bá sicamente, en estratos que presentan una gran resistencia al corte. El ataque de los frentes del túnel, puede realizarse a sección completa, media sección o con túnel piloto.
- 4.- El método de excavación por medio del topo mecánico, es empleado cuando el estrato por atacar está formado por roca -- competente y de buena calidad para autosoportarse y además - que el túnel por excavar sea de una longitud considerablemen te grande, para que pueda recuperarse la inversión inicial.
- 5.- El método de excavación con máquina rozadora, es aplicable - en la zona de lomas y en aquellos estratos formados por suelos compactos, ó en rocas con resistencia al corte muy bajo. Es recomendable usar este método en áreas habitadas donde se tratan de evitar las explosiones, pues las vibraciones que - producen podrían dañar las edificaciones, como es el caso de la Ciudad de México.

- 6.- De las diferentes alternativas de excavación es preciso - eliminar aquellas que presenten una inversión obviamente superior a las restantes, y de estas, la mejor es aquella que esté asociada con el valor presente mínimo, siempre - y cuando tengan en esencia el mismo nivel de inversión y un esquema semejante de flujo de dinero.

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

- Peña Baez José A.  
Mena Cordova Francisco J.
- Excavación de Túneles en la Ciudad de México.  
Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Acatlán U.N.A.M. - - 1980.
- Escanero González Luis A.
- Acueducto Río Colorado - Tijuana  
Construcción de los Túneles 2 y 3 Facultad de Ingeniería, - - - U.N.A.M. 1979.
- Peurifoy R. L.
- Métodos, Planeamiento y Equipos de Construcción Editorial Diana, 1978.
- González Melendez Raul
- Costos y Materiales  
Costos y Materiales, S.A.
- Gómez Vega Jaime F.
- Técnicas Financieras para la Evaluación de Proyectos de Ingeniería.
- Uriegas Torres Carlos
- Análisis Económico de Proyectos de Ingeniería.  
Centro de Educación Continua - U.N.A.M., Facultad de Ingeniería División de Estudios Superiores.
- Suarez Salazar
- Costo y Tiempo en Edificación -- Editorial Limusa, 1980.

D.D.F., COVITUR, ISTME

Especificaciones Generales para la construcción de la estación Miguel Angel de Quevedo - de la línea 2 sur,

México, 1981.

Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

Costos y Procedimientos de Construcción en las Vías Terrestres.