

300615



UNIVERSIDAD LA SALLE
ESCUELA DE INGENIERIA 5
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

**"PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
DEL TUNEL
TEPIC-ENTRONQUE SAN BLAS"**

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

JOSE GABRIEL / OLGUIN GOMEZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2002

MEXICO, D. F., [REDACTED]



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mis padres los señores:

Angel Olguin Rosales y
Clara Gómez de Olguin

Mi gratitud para ellos.

A mis hermanos:

Josefina
Juanita
Miguel Angel y
Pedro

A Paty:

Mi agradecimiento por
todo su apoyo para la
elaboración de esta
tesis.

A mis compañeros.

A mis maestros.

En especial al:

Ing. Rafael Bernot Dubois
Por haber aceptado dirigir
esta tesis.

I N D I C E

- - - - -

	Pág.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	6
CAPITULO II ESTUDIO GEOTECNICO.....	10
II.1 Climatología.....	11
II.2 Geomorfología.....	11
II.3 Hidrología.....	12
II.4 Fotogeología.....	12
II.5 Trabajos de exploración y muestreo..	12
II.6 Estudio Geosísmico.....	13
II.7 Sondeos.....	16
II.8 Pruebas de laboratorio.....	19
CAPITULO III SISTEMA DE SOPORTE O REVESTIMIENTO..	27
III.1 Tipos de soporte o revestimiento....	28
A. Ademe de madera.....	28
B. Marcos de acero y retaque de madera.	28
C. Forros de lámina de acero.....	28
D. Anclajes de fricción y de roca.....	29
E. Soporte con concreto lanzado y ancla je de fricción.....	29
F. Dovelas de concreto.....	29
III.2 Selección del sistema de soporte....	30
III.3 Diseño del sistema de soporte o re- vestimiento.....	31
III.3.1 Diseño del patrón de anclaje de fric- ción.....	31

A.	<i>Teoría de Roguinsky.....</i>	31
B.	<i>Método de Rabcewicz.....</i>	32
III.2	<i>Diseño del concreto lanzado.....</i>	34
III.4	<i>Cálculo de la sección de concreto -- y distribución de las anclas.....</i>	34
CAPITULO IV		
IV.1	<i>Portal de entrada y salida.....</i>	40
IV.2	<i>Excavación por medio de explosivos..</i>	41
IV.2.1	<i>Excavación a media sección superior- y banqueo.....</i>	42
IV.2.1.1	<i>Barrenación de la sección superior..</i>	43
A.	<i>Cálculo del diagrama de barrenación- y carga de los barrenos.....</i>	43
A.1	<i>Barreno de piso.....</i>	44
A.2	<i>Barrenos de pared.....</i>	45
A.3	<i>Barrenos de techo.....</i>	46
A.4	<i>La cuña y sus ayudantes.....</i>	46
A.5	<i>Barrenos con salida horizontal.....</i>	49
A.6	<i>Barrenos con salida hacia abajo.....</i>	49
B.	<i>Diagramas de barrenación.....</i>	50
IV.2.1.2	<i>Barrenación de la sección inferior - (banqueo).....</i>	54
A.	<i>Cálculo del diagrama de barrenación- y carga de los barrenos.....</i>	55
B.	<i>Diagrama de barrenación.....</i>	56
IV.2.1.3	<i>Equipo de barrenación.....</i>	58
IV.2.1.3.1	<i>Máquinas perforadoras.....</i>	58
IV.2.1.3.2	<i>Acero y brocas de barrenación.....</i>	64
IV.2.1.3.3	<i>Selección del equipo de barrenación.</i>	66
A.	<i>Cálculo del compresor.....</i>	68
B.	<i>Ciclo de barrenación a sección com- pleta.....</i>	68
C.	<i>Ciclo de barrenación a media sección superior y banqueo.....</i>	70

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

	Pág.
D.	Banqueo..... 72
IV. 2. 1. 4	Carga de explosivos y conexión eléctrica..... 74
IV. 2. 1. 5	Voladura..... 75
IV. 2. 1. 6	Ventilación..... 75
IV. 2. 1. 7	Rezaga..... 78
IV. 2. 2	Excavación a sección completa..... 79
IV. 2. 2. 1	Barrenación de la sección completa.. 79
A.	Cálculo del diagrama de barrenación y carga de los barrenos-..... 79
A. 1	Barrenos de piso..... 80
A. 2	Barrenos de pared..... 80
A. 3	Barrenos de techo..... 81
A. 4	Cuña y ayudantes..... 81
A. 5	Barrenos con salida horizontal..... 82
A. 6	Barrenos con salida hacia arriba... 82
A. 7	Barrenos con salida hacia abajo.... 83
B.	Diagrama de barrenación..... 84
IV. 2. 2. 3	Equipo de barrenación..... 88
IV. 2. 2. 3	Carga de explosivos y conexión eléctrica..... 88
IV. 2. 2. 4	Voladura..... 88
IV. 2. 2. 5	Ventilación..... 88
IV. 2. 2. 6	Rezaga..... 88
IV. 3	Colocación del soporte..... 88
IV. 3. 1	Colocación de las anclas..... 89
IV. 3. 2	Concreto lanzado..... 91
IV. 3. 2. 1	Equipo..... 92
A.	Junco de colocación..... 92
B.	Máquina de lanzado..... 93
B. 1	Máquina de tambor rotatorio..... 93
C.	Boquilla..... 94
D.	Compresor..... 95
E.	Suministro de agua..... 95

	<i>Pág.</i>
F.	Mangueras..... 95
IV.3.2.2	Materiales..... 95
IV.3.2.3	Cuadrilla de lanzado..... 97
IV.3.2.4	Colocación..... 98
IV.3.2.5	Control de calidad..... 101
A.	Muestreo..... 101
B.	Ensayes..... 101
IV.4	Instalaciones provisionales..... 102
IV.4.1	Alumbrado..... 102
IV.4.2	Teléfono..... 102
IV.4.3	Suministro de agua..... 102
CAPITULO V	INSTRUMENTACION..... 106
V.1	Control de deformaciones..... 107
CAPITULO VI	SEGURIDAD..... 111
VI.1	Organización..... 113
CONCLUSIONES 117
BIBLIOGRAFIA 120
ANEXOS.	

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-1

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

México, con una extensión superficial de 1'969,367 Km² exige la explotación racional de sus zonas agrícolas, ganaderas - mineras, costeras, etc., siendo para ello necesario la demanda de mejoras y más eficientes sistemas de comunicación, lo cual, nos conduce a pensar cada vez más en los túneles como parte inherente a las soluciones de los problemas del transporte carretero actual en nuestro país.

En materia de construcciones subterráneas, la definición de un túnel carretero es la vía utilizada para la circulación de vehículos a través del subsuelo natural. Un túnel carretero es la solución subterránea a los problemas de pendientes y trazo que se presentan en algún tramo de la red caminera, a causas de topografías muy accidentadas, aunque siempre se tendrá la alternativa de la solución superficial.

El costo de construcción de un túnel carretero por unidad de longitud es superior al de las soluciones superficiales; esta es la razón por la cual a menudo no se considera esta forma de construcción ó se limita la longitud del túnel. Sin embargo si se tiene en cuenta todas las gamas de aspectos, la solución con túnel puede ser más ventajosa.

El costo de construcción de un túnel ha disminuido en las últimas décadas en virtud de contar en la actualidad con mejores técnicas para el diseño, construcción y equipo que ayudan a incrementar el rendimiento, y por consiguiente, un abatimiento en el costo. Es en este punto donde el procedimiento constructivo juega un papel muy importante ya que una mala elección de este tiene como consecuencia una disminución en el rendimiento, y por lo tanto, un aumento en el costo de la obra.

La idea fundamental de esta tesis es el poder explicar los pasos de que consta un procedimiento constructivo para un tú-

nel carretero de acuerdo al tipo de terreno donde será construido (en este caso roca).

Los pasos de que consta un procedimiento constructivo para túnel en roca, son:

- 1.- El primer paso que se efectúa para la construcción, es el realizar un estudio geotécnico para conocer la naturaleza del terreno donde se va a construir el túnel, para conocer y calcular las posibles dificultades de deslizamiento, espesores de roca firme, la resistencia, etc., que influyen en la elección del proceso constructivo.
- 2.- Una vez realizado en estudio geotécnico se deberá hacer -- una breve descripción del proyecto, el cual debe contener los siguientes puntos:
 - longitud
 - tipo de sección
 - número de carriles
 - altura libre
 - tipo de drenaje
 - especificar si requiere ventilación e iluminación
- 3.- Conociendo la naturaleza del terreno se procede a la selección del sistema de soporte ó revestimiento que debe ir -- acorde con la función para la cual fué diseñado el túnel.
- 4.- Ya elegido el sistema de soporte ó revestimiento se deberá seleccionar el sistema de excavación, que podrá ser a base de explosivos ó por medio de máquinas perforadoras, lo --- cual está en función de la dureza de la roca, longitud y - sección del túnel.
- 5.- Habiéndose efectuado la excavación se procede a soportar ó revestir el túnel. Esta actividad se encuentra íntimamente - ligada con el proceso de excavación, ya que por lo gene-- ral (dependiendo de la calidad de la roca), se coloca el - soporte inmediatamente después de efectuada la excavación.
- 6.- Si el túnel requiere ventilación e iluminación, su instala ción se hará una vez que haya sido colocado el revestimien to definitivo, por lo menos un 50% de la longitud del tú-- nel.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El túnel que se erigió para la elaboración de esta tesis -
fué tomado del departamento de proyecto de túneles carreteros -
de la Dirección General de Carreteras Federales que actualmen-
te se encuentra en estudio en esa Dirección.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

" DESCRIPCION DEL PROYECTO "

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

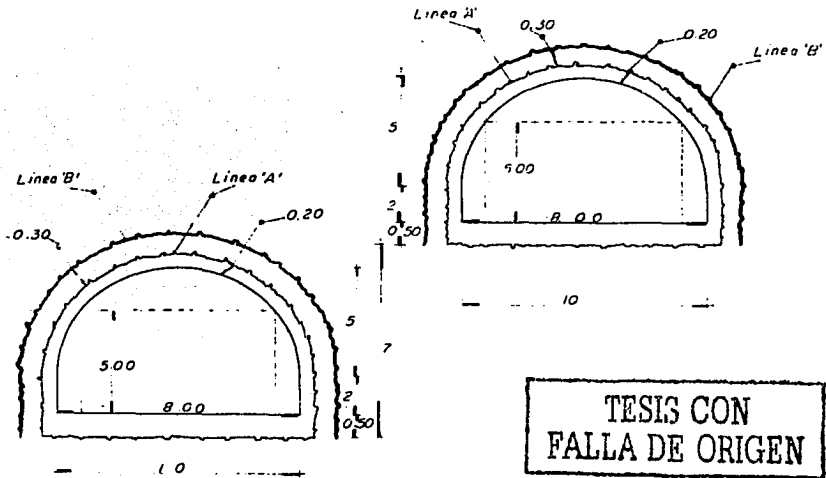
DESCRIPCION DEL PROYECTO

La Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, ha decidido modernizar la actual carretera México-Nogales, en el tramo Tepic-entronque San Blas, mediante la construcción de una autopista con una longitud aproximada de 24.5 Km. y en la cual se construirán dos túneles paralelos con una separación entre ejes de 22 m. y una longitud de 190 m.

TRAZO. - El túnel izquierdo está ubicado entre el cadenamiento 20 + 260 y 20 + 450, y el túnel derecho entre el 20 + 250 y 20 + 440.

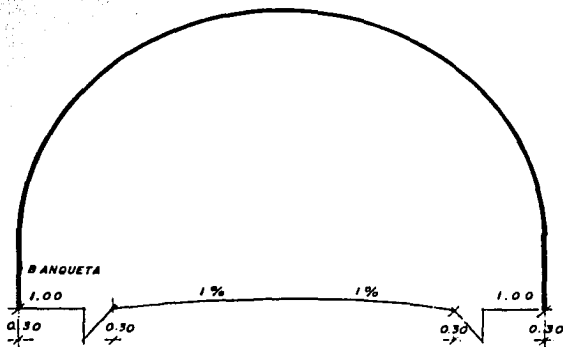
El eje de trazo de la nueva autopista se desarrolla entre los paralelos 21°30' y 21°45' de la latitud norte de los meridianos 104°55' y 105°05' de la longitud Oeste; la localización de dicho trazo, se indica en el plano No.1

CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS DEL TUNEL. - La sección de los túneles es portal, con un ancho de calzada de 8m. con banquetas de 1m. de ancho como acotamiento lateral, una altura de gálibo de 5m. revestidos con concreto lanzado de un espesor de 20cm., las excavaciones se ejecutaron conforme a la sección técnica fijada en el proyecto, cuyas líneas "A" y "B" (fig. No.1) indican:

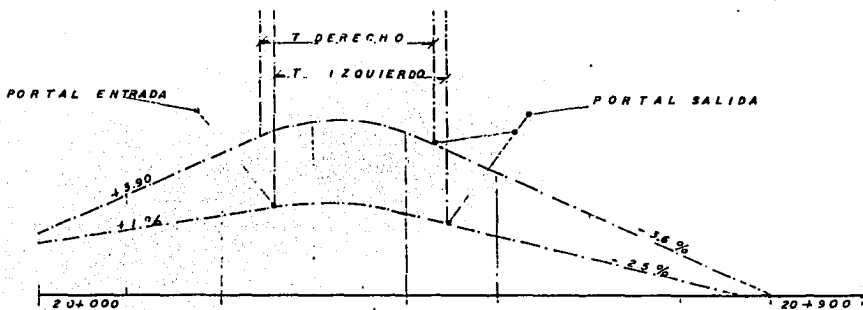


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El drenaje será superficial aprovechando la pendiente transversal que será del 1% descargando en una cuneta longitudinal, como se indica en la siguiente figura.



El túnel derecho tiene una pendiente en el portal de entrada de +3% y -3.6% en el portal de salida, el túnel izquierdo posee una pendiente del +1% en el portal de entrada y -2.5% en el portal de salida, como se muestra en la siguiente figura,



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El acuerdo con los accesos de los túneles se ha efectuado a suficiente distancia de los mismos para que los vehículos lleguen a él ya en régimen disminuyendo de esta manera la aportación de gases,

La ventilación será longitudinal por lo que no es necesario el uso de ductos para la conducción del aire, éste es bombeado hacia dentro del túnel desde uno de los portales, y la perforación completa trabaja como ducto conductor.

El movimiento del aire es ayudado por la acción de pistón producida por el tránsito en un solo sentido.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

ESTUDIO GEOTECNICO

=====

- II.1 CLIMATOLOGIA*
- II.2 GEOMORFOLOGIA*
- II.3 HIDROLOGIA*
- II.4 FOTOGEOLOGIA*
- II.5 TRABAJOS DE EXPLORACION
Y MUESTREO.*
- II.6 ESTUDIO GEOSISMICO*
- II.7 SONDEOS*
- II.8 PRUEBAS DE LABORATORIO.*

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

ESTUDIO GEOTECNICO

Mediante este estudio se pretende dar al ingeniero que realiza la prospección geofísica, una plataforma para programar -- los trabajos a realizar y para interpretar los resultados que obtenga de sus mediciones.

Al mismo tiempo, permitirá al ingeniero centrarse respecto al tipo y magnitud de los problemas más probables que puedan -- presentarse, de manera que utilizando la información geotécnica, pueda desembocar en recomendaciones prácticas para el proyecto y la construcción.

En el estudio geotécnico que aquí se presenta, la mayor -- parte de la información geológica fué proporcionada por el departamento de Geotécnica de la Dirección de Carreteras Federales de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, a cargo del Ing. Alfonso Olvera B., jefe del Departamento a -- quien presento mi más profundo agradecimiento por haberme facilitado el acceso a dicha información

II.1 CLIMATOLOGIA

La zona en estudio presenta un clima tropical tipo Senegales Awa en el cual la temperatura promedio mensual oscila entre 8°C y 40°C para el calor mínimo y máximo respectivamente, -- presentando una temperatura promedio anual de 26°C.

El régimen pluviométrico se presenta con la temperatura de lluvias máximas durante el verano e incluye los meses de junio julio, agosto, septiembre y octubre; la precipitación promedio anual es de 1,600 mm.

La clasificación climática se hizo con base en el sistema-Köppen Geiger.

II.2 GEOMORFOLOGIA

El trazo de los túneles atraviesa una estructura volcánica constituida por una roca ígnea intrusiva de tipo andesítico y -- piroclástico de tipo toba-andesítica, esta formación se encuen

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

tra en una etapa de juventud a madurez y presenta una morfología que varía de tipo montañoso a escarpado, con una altitud máxima de 516 m.

La rasante de los túneles tiene una profundidad máxima, - desde la cima hasta el punto más bajo, de aproximadamente --- 69 m. y 71 m. para el túnel derecho e izquierdo respectivamente, quedando el túnel derecho a una elevación mayor que el túnel izquierdo. En los planos No. 2 y 3 aparece la planta y el perfil de los dos túneles.

II.3 HIDROLOGIA

El terreno objeto de estudio queda ubicado en la región - Hidrológica del Pacífico Centro, la cual se desarrolla en las fracciones de los Estados de Nayarit, Jalisco y Michoacán y - en todo el Estado de Colima.

Queda limitada norte y noroeste por la Cuenca del Río San tiago, al este por la del Lago de Chapala y al sureste con la Cuenca del Río San Blas.

Las corrientes principales en la zona son el río San Blas con una área de cuenca de 138 Km². y cuyos tributarios son - los arroyos, Agua Caliente, Zapotillo, Guaristempa y el Río - Mololoa.

El Río Mololoa tiene toda su cuenca en el Estado de Nayarit y es el principal afluente del Río San Blas; con orígenes en las profundidades de Tepic, fluye siguiendo una dirección - hacia el noroeste y al pasar junto al poblado de Sauta cambia hacia el suroeste, con un curso aproximado de 75 Km hasta su desembocadura en el Océano Pacífico. Sobre este río la CFE -- opera la planta hidroeléctrica de Jumatán, de 940 KW de capacidad.

II.4 FOTOGEOLOGIA

Se realizó la fotogeología del sitio con base a pares estereoscópicos escala 1:25000, anexándose la geología mostrada en el plano No.4

II.5 TRABAJOS DE EXPLORACION Y MUESTREO

Con la finalidad de terminar el perfil, lo teológico y -- las características geomecánicas de las formaciones a traves de las cuales se construirán los túneles, se procedió a realizar un estudio geofísico y sondeos profundos con máquina rotaria de diámetro 11X

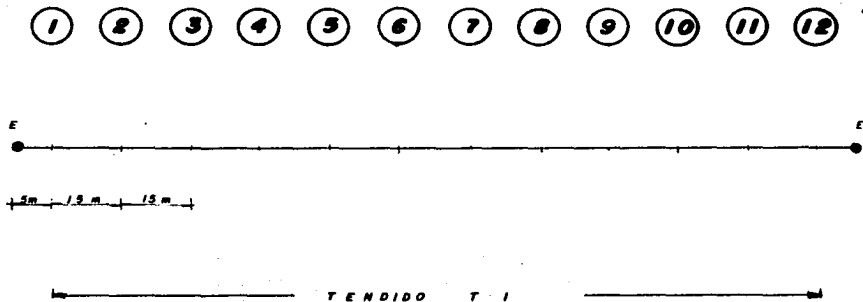
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los trabajos antes mencionados serán descritos detalladamente en los párrafos siguientes.

II.6 ESTUDIO GEOSISMICO

Se realizó un estudio geosismico de refracción por medio de 4 tendidos por túnel, la onda se generó con dinamita colocada en una perforación somera (menor de 1.00 m.), y se instalaron 12 geófonos captadores por tendido cuya separación promedio fué de 15m. como se indica en el siguiente croquis.

- . Punto de explosión
- . Geófono



La distancia entre el punto de explosión y el primer geófono, fué promedio de 5.00 m. y en todos los tendidos se realizaron dos pruebas con la explosión en cada extremo de la línea.

En la siguiente tabla se indica el cadenamiento de cada tendido con su respectiva explosión generadora de las ondas sísmicas.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

TUNEL	TENDIDO (DE Km - A Km)	PUNTO DE EXPLOSION Km.
DERECHO	T-1 (19+980 a 20+145)	E ₁ (19+975) y E ₂ (20+151.7)
DERECHO	T-2 (20+175 a 20+340)	E ₃ (20+170) , E ₄ (20+345) y E ₅ (20+445)
DERECHO	T-3 (20+350 a 20+510)	E ₇ (20+345) , E ₆ (20+498)
DERECHO	T-4 (20+503 a 20+640)	E ₁₀ (20+498) y E ₉ (20+645)
IZQUIERDO	T-8 (20+027 a 20+190)	E ₁₉ (20+022) y E ₂₀ (20+195)
IZQUIERDO	T-5 (20+195 a 20+360)	E ₁₁ (20+190) E ₁₂ (20+365) y E ₁₃ (20+453)
IZQUIERDO	T-6 (20+339.4 a 20+504.4)	E ₁₆ (20+239) E ₁₅ (20+335.4) y E ₁₄ (20+509.4)
IZQUIERDO	T-7 (20+545 a 20+668.5)	E ₁₇ (20+540) y E ₁₈ (20+673.5)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

En el plano 5 y 6 se presentan las gráficas tiempo - distancia obtenidas de cada tendido, correspondientes al túnel derecho e izquierdo respectivamente.

En los mismos planos aparece el perfil litológico para la zona de túneles, correlacionado con los sondeos de la explosión directa.

Del análisis de las gráficas demográficas se detectaron -- las posibles capas litológicas que a continuación se describen:

- . Superficialmente y hasta una profundidad comprendida entre 2 y 6 m. aproximadamente se registraron velocidades de ondas longitudinales que variaron de 200 a 500 m/s. correlacionándose con el suelo residual arcilloso que sobreyace a la roca original.
- . En los tendidos T-1 y T-8 correspondientes al túnel derecho e izquierdo respectivamente, se registraron bajo la capa superficial y en un espesor aproximado de 40m. velocidades de onda de 750 m/seg. relacionándose con una zona de alteración de materiales arcillosos duros y rocas volcánicas - porosas (Tobas Andesíticas)
- . En la zona de túneles subyaciendo a la cobertura superficial y en un espesor variable de 40 a 100 m. se obtuvieron velocidades del orden de 1,500 m/s., correlacionándose con rocas volcánicas vesiculares fracturadas (Tobas poco fracturadas y Andesíticas muy fracturadas).
- . A mayor profundidad se registraron velocidades comprendidas entre 2,500 a 3,800 m/s., relacionándose con rocas volcánicas compactas (andesitas poco fracturadas).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-16

II.7 SONDEOS

Se realizaron 4 sondeos profundos con máquina rotaria de diámetro NX; dichos sondeos se denominaron como S-1, S-2, S-3 y S-4, su cadenamamiento se indica a continuación;

SONDEO	CADENAMIENTO	PROFUNDIDAD
S-1	20 + 317	44 m.
S-2	20 + 440	35 m.
S-3	20 + 350	62 m.
S-4	20 + 395	57 m.

La localización en planta de los sondeos se indica en la figura no. 1 y en los planos 5 y 6 se presenta el perfil litológico de la formación que será atravesada por los túneles.

DESCRIPCION DE LOS SONDEOS

SONDEO S-1

En este sondeo se localizó superficialmente y hasta una profundidad aproximada de 3.00 m. una capa de suelo residual -- constituida por una arcilla - arenosa color café rojizo, plástica y producto del intemperismo de la roca a la que sobreyace: - de 3.00 m. a 23.00 m. aproximadamente aparece una toba - andesítica color rojiza, alterada y porosa, cuyas fracturas están rellenas de jaboncillo, el RQD varió de 22 a 100% obteniéndose un promedio de 66%; intercaladas en esta toba aparecen capas de andesita gris - rojiza muy fracturada, poco alterada y con espesores que van de 60 cm. a 2.00 m.

De 23 m. y hasta la profundidad máxima del sondeo (44m.) - se encontró una roca andesítica color gris rojizo, cuyas fracturas están rellenas con jaboncillo hasta 34 m. de profundidad, la roca aparece vesicular; el RQD varió de 9 a 96% presentando un promedio de 47%.

SONDEO S-2

De 0.0 a 2.00 m. de profundidad aparece una capa de suelo-residual constituida por una arcilla - arenosa color café - rojizo, plástica; subyaciendo a esta capa y hasta 12 m. de profundidad aproximadamente se localiza una andesita color gris - rojiza, poco alterada, vesicular, con un RQD que varía de 44 a - 85% y un promedio de 70%; a continuación y hasta la profundidad máxima del sondeo (35 m.) se presentan intercalados estratos de tobas andesíticas y andesitas en espesores variables, desde -- 50 cm. hasta 4.5 m, las tobas aparecen porosas y alteradas y -

las andesitas vesiculares; en general ambos materiales son de color rojizo y sus fracturas están rellenas de jaboncillo, presentando un RQD promedio de 40%.

SONDEO S-3

De 0.0 a 2.85 m. de profundidad aparece una arcilla resudual, plástica, café - rojiza; subyaciendo a ésta capa y hasta una profundidad aproximada de 15.50 m. aparecen intercaladas andesitas vesiculares y tobas andesíticas muy porosas, en espesores promedio de 4.5 m. de color rojizo, alteradas y con jaboncillo relleno de fracturas; el RQD promedio fué de 43%. De 15.50 a 36.60 m. aparecen también intercaladas andesitas y tobas andesíticas, las andesitas son de color gris - rojizo, poco alteradas, las tobas son de color rojizo, alteradas y bien cementadas en ambos materiales existe jaboncillo relleno de sus fracturas y el RQD promedio fué de 70%. De esta última profundidad y hasta la máxima del sondeo (62 m.) se encontró una andesita color gris - rojiza que en algunas zonas aparece vesicular, poco alterada y en otras muy compacta, en la andesita vesicular sus fracturas se encuentran rellenas con jaboncillo el RQD varía desde 28 a 97% obteniéndose un promedio de 75%.

Cabe aclarar que en este sondeo se obtuvo una buena calidad de roca.

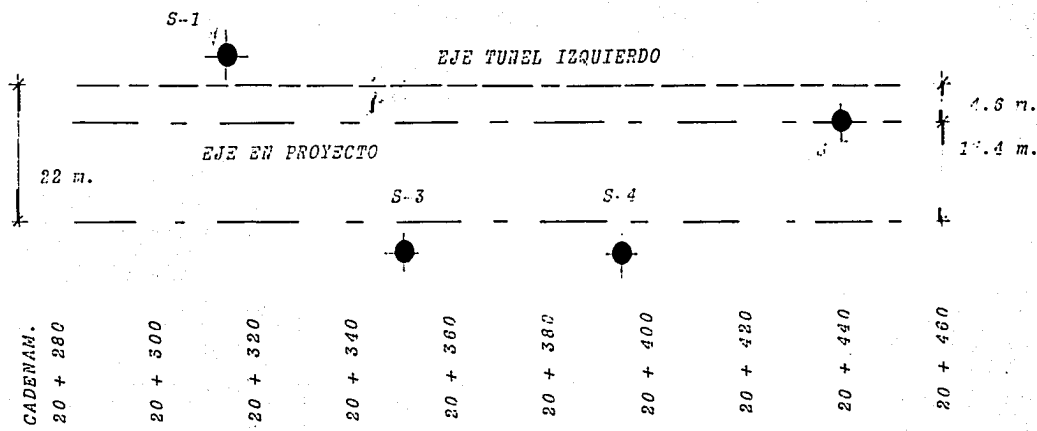
SONDEO S-4

De 0.0 a 40.50 m. aproximadamente aparece una andesita gris - rojiza muy fracturada, alterada y cuyo producto son gravas y fragmentos chicos sub-angulosos, en los primeros 6 m. se presentan muy alterados y empacados en arcilla, el RQD varía de 0 a 66%, obteniéndose un promedio de 20%; intercalada aparece una toba andesítica muy alterada y muy porosa de 34 a 35.50 m. de profundidad. De 40.50 m. y hasta la profundidad máxima del sondeo (57 m.) aparecen intercaladas andesitas vesiculares y tobas andesíticas bien cementadas y poco porosas, en espesores variables de 0.60 a 8.00 m. de color rojizo, alteradas y con jaboncillo relleno de sus fracturas, el RQD promedio fué de 73%.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

SONDEO	CADENAMIENTO	DISTANCIA AL EJE PROYECTO	PROFUNDIDAD
S-1	20 + 317	11.0 m. Izquierdo	44.0 m.
S-2	20 + 440	0.0 --	35.0 m.
S-3	20 + 350	20.0 m. Derecho	62.0 m.
S-4	20 + 400	17.4 m.	57.0 m.



II.8 PRUEBAS DE LABORATORIO

A las muestras obtenidas de los 4 sondeos profundos se les realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

- Índice de alteración
- Peso volumétrico
- Identificación petrográfica
- Tensión brasileña
- Módulo de elasticidad.

Los resultados de las pruebas de laboratorio se anejan posteriormente, describiendo a continuación cada una de las pruebas antes citadas.

INDICE DE ALTERACION

Consistió en determinar el porcentaje de absorción que presenta el material objeto de estudio, asignándole el calificativo según la tabla siguiente:

<u>% ABSORCION</u>	<u>INDICE DE ALTERACION</u>
0 - 5	Inalterada
5 - 8	Poco alterada
8 - 20	Alterada
20	Muy alterada

En los ensayos efectuados se observó que las tobas andesíticas presentaron mayor grado de alteración.

PESO VOLUMETRICO

Se obtuvo el peso por unidad de volumen de las muestras en sayadas encontrándose que en la andesita vesicular el peso volumétrico varía de 2 a 2.5 t/m³ y en la compacta varió de 2.7 a 2.9 t/m³; en la toba andesítica se observó en general un peso volumétrico mejor, en la toba muy porosa el peso volumétrico -- fué de 1.5 t/m³, en la porosa fué de 1.8 a 2.1 t/m³ y en la poco porosa de 2.2 a 2.5 t/m³.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

IDENTIFICACION PETROGRAFICA

Se realizó el examen megascópico y el microscópico en lámina de cada uno de los siguientes núcleos que se describen a continuación.

SONDEO 1

Muestra 24 (41.00 - 42.50 m.)

" ANDESITA DE AUGITA "

EXAMEN MEGASCOPICO.- Roca de color rojo oscuro, en partes rojo claro y café rojizo, dura, compacta, fracturada que intemperiza en color rojo oscuro y rojo claro.

Las fracturas de diferente potencia y extensión se encuentran rellenas por un material pulverulento de color gris oscuro y gris claro. En algunas partes se observan pequeñas formas pseudodendríticas. Esporádicamente se ven pequeñas cavidades -- irregulares rellenas por un material pulverulento de color rojo oscuro.

EXAMEN MICROSCOPICO.- Roca holocristalina constituida fundamentalmente por una mesostasis de tipo pilotaxítica formada con base en microlitos de plagioclasas sódicas, especialmente andesina en la que se insertan algunos pequeños fenocristales de la misma especie pero con estructura zonal de tipo inverso lo que señala la presencia de un núcleo cálcico que va haciéndose sódico hacia la periferia. Se aprecian pequeños cristales eudrales de augita casi totalmente alterados a iddingsita formado de hecho verdaderos epigenias. El tipo de macla de la andesina es de acuerdo con la ley de la albita. Como minerales accesorios se observan pequeños cristales automorfos de apatita y alguno de esfema. Como minerales de alteración se aprecian escasa clorita, sericita y muy poca epidota. Por reflexión, se observan óxidos de hierro especialmente hematita en su variedad ocre.

CONCLUSIONES.- Tomando en consideración las características tecturales y mineralógicas del material estudiado es posible inferir forme parte de un cuerpo efusivo perteneciente a la familia Andesita - Diorita.

SONDEO 2

Muestra 20 (32.00 - 35.00 m.)

" TOBA HIALOLITICA "

EXAMEN MEGASCOPICO.- Roca de color rojo claro en parte rojo oscuro y café rojizo, dura, medianamente deleznable, ligeramente fracturado, que intemperiza en color café amarillento-

RECIBIENDO CON
FALLA DE ORIGEN

café claro y blanco sucio. Se observan fragmentos de hasta -- 8 cm. de diámetro conformados por un material con estructura vesicular de color rojo obscuro. Algunas vesículas se encuentran rellenas por un material pulverulento de color crema sucio.

EXAMEN MECROSCOPICO. - Roca holocristalina, constituida fundamentalmente por una mesostasis holovítrea en la que se diferencian distribuidos erráticamente en el material hialino algunos "cristalitos" de tipo margarita y longulito. Se aprecian grandes líticos hasta 8 cm. de diámetro de una toba hialocristalina constituida por una mesostasis hialina en la que se insertan microlitos de plagioclasas sódicas especialmente andesina, así como escasos cristales intratelúricos de la misma especie mineralógica aunque con estructura zonal de tipo inverso. Se aprecian numerosas cavidades irregulares de tipo vesicular rellenas por minerales argiláceos, calcita y muy poca clorita.

Por reflexión se observan abundantes óxidos de hierro, especialmente hemática en su variedad ocre.

OBSERVACIONES. - Teniendo en cuenta las características estructurales, texturales y mineralógicas es posible suponer que el material estudiado forma parte de un cuerpo de roca piroclástica perteneciente a la familia Andesita - Diorita.

SONDEO 3

Muestra 18 (26.65 - 29.55 m.)

" TOBA HOLO HIALINA "

EXAMEN MEGASCOPICO. - Roca de color rojo obscuro en partes rojo claro y café rojizo, dura compacta, ligeramente fracturada, que intemperiza en color amarillo claro, café amarillento y amarillo rojizo, se observan pequeños fragmentos de un material con estructura finamente vesicular, estando algunas de las vesículas rellenas por un material de color blanco sucio.

En las zonas alteradas la roca es ligeramente deleznable.

EXAMEN MICROSCOPICO. - Roca de textura holo hialina constituida fundamentalmente por una mesostasis hialina en la que se observan esporádicamente algunos cristaltitos de tipo margarita y longulito.

No se diferencia otro tipo de material aún cuando es fácil apreciar una estructura vesicular en la que se diferencian abundantes materiales de alteración especialmente óxidos de hierro, minerales argiláceos así como clorita y cal.

Esporádicamente se aprecian algunos líticos de diferentes diámetros de una toba andesítica en un estado de alteración bastante avanzado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por reflexión se observan abundantes óxidos de hierro especialmente hematita en su variedad ocre.

OBSERVACIONES.- Dadas las características estructurales, texturales y mineralógicas es posible suponer que el material estudiado forme parte de un cuerpo de roca piroclástica perteneciente a la familia Andesita-Diorita.

SONDEO 3

Muestra 32 (51.65 - 54.05 m.)

" ANDESITA PORFIDICA DE AUGITA "

EXAMEN MEGASCOPICO.- Roca de color gris claro, en partes gris oscuro y gris rojizo, dura, compacta, fracturada, que intemperiza en color amarillo rojizo y rojo claro. Las fracturas se encuentran rellenas por un material pulverulento de color gris oscuro.

Se observan numerosas y pequeñas cavidades irregulares rellenas por un material pulverulento de color café amarillento y rojo claro.

EXAMEN MICROSCOPICO.- Roca holocristalina de textura porfídica constituida fundamentalmente por una mesostasis de tipo pilitaxítica formada con base en microlitos de plagioclasa sódica concretamente andesina en la que se insertan cristales automorfos e hipautomorfos de la misma especie mineralógica pero mostrando la gran mayoría una estructura zonal inversa como consecuencia de la presencia de un núcleo cálcico que va haciéndose sódico hacia la periferia. En menor cantidad se aprecian cristales idiomorfos de augita casi totalmente alterados a iddingsita por lo que realmente configuran verdaderos pseudomorfos. Especialmente alrededor de los fenocristales de andesina y los pseudomorfos de augita es en donde la mesostasis pilotaxítica cambia a traquítica.

Como minerales accesorios se observan pequeños cristales idiomorfos de apatita y muy escasos de magnetita.

Como minerales de alteración se aprecian minerales argiláceos y escasas clorita y calcita.

Por reflexión se observan abundantes óxidos de hierro especialmente la variedad ocre da la hematita.

OBSERVACIONES.- Tomando en cuenta las características texturales y mineralógicas del material estudiado es posible suponer forme parte de un cuerpo de roca efusiva perteneciente a la familia Andesita - Diorita.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- 23

SONDEO 4

Muestra 16 (23.00 - 23.65 m.)

" ANDESITA PORFIDICA DE AUGITA "

EXAMEN MEGASCOPICO. - Roca de color gris oscuro en parte - gris claro, dura, compacta, fracturada, que intemperiza en color café rojizo, rojo claro y rojo oscuro. Las fracturas, de diferente forma y potencia se encuentran rellenas por un material pulverulento de color blanco sucio.

EXAMEN MICOSCOPICO. - Roca holocristalina de textura porfídica constituida básicamente por una mesostasis de tipo pilotaxítica, formada con base en microlitos de plagioclasa sódica, especialmente andesina, en que se insertan algunos fenocristales automorfos de la misma especie mineralógica con una estructura zonal de tipo inverso como consecuencia de un aumento de sodicidad hacia la periferia.

En menor proporción se aprecian cristales automorfos de -- olivino los que originan verdaderas epigenias por su casi absoluta alteración a iddingsita.

Como minerales accesorios se observan pequeños cristales - automorfos de apatita y magnetita.

Como minerales de alteración se aprecian minerales argílicos y escasa sericita y clorita.

Por reflexión se observan abundantes óxidos de hierro especialmente hematita en su variedad ocre.

OBSERVACIONES. - Dadas las características texturales y mineralógicas del material estudiado, es posible inferir forme -- parte de un cuerpo de roca efusivo perteneciente a la familia - Andesita - Diorita.

SONDEO 5

Muestra 33 (51.00 - 52.50 m.)

" TOBA HIALO CRISTALINA "

EXAMEN MEGASCOPICO. - Roca de color rojo claro en parte rojo oscuro y rojo amarillento, medianamente encoherente, que intemperiza en color amarillo rojizo y blanco sucio. Se observan pequeñas fracturas irregulares rellenas por un material pulverulento de color crema amarillento.

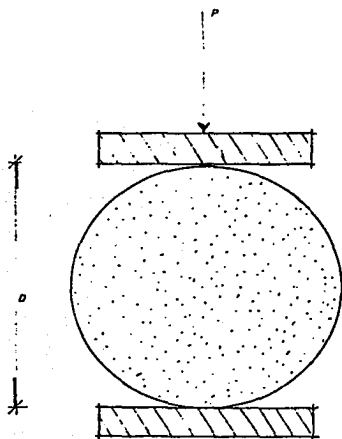
EXAMEN MICOSCOPICO. - Roca constituida fundamentalmente -- por una mesostasis holocristalina en la que se insertan clásticos de plagioclasas sódicas especialmente andesina. Se observa un proceso incipiente de silicificación comprobado por la presen--

cia de cuarzo secundario (calcedonia), los clásticos de plagioclasa muestran una estructura zonal inversa bien definida. En la mesostasis hialina se diferencian algunos cristallitos de tipo triquita.

Por reflexión se observan óxidos de hierro y abundantes minerales argiláceos.

OBSERVACIONES.- Dadas las características texturales y mineralógicas del material estudiado es posible suponer forme parte del equivalente piroclástico de la familia Andesita - Diorita.

TENSION BRASILEÑA.- Consistió en determinar en forma indirecta la resistencia a tensión de los núcleos de roca, los cuales tuvieron una relación de esbeltez aproximadamente de 2, mediante la aplicación de carga al espécimen colocado horizontalmente como se indica en la siguiente figura:



P = carga en Kg.

D = diámetro del núcleo en cm.

H = altura del espécimen en cm.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-25

Se empleo la siguiente fórmula para obtener la tensión de los núcleos de roca:

$$T = \frac{2P}{DH} = (\text{kg/cm}^2)$$

En los ensayos efectuados a la andesita se obtuvieron tensiones mayores de 100 kg/cm² cuando la roca está inalterada y tensiones menores de 100 kg/cm² cuando está alterada, los mayores valores se registraron en los núcleos más compactos. En la toba andesítica aparecen valores inferiores a 50 kg/cm² cuando se presenta alterada.

Se puede inferir que en este tipo de roca cuando se presenta sana, la resistencia a tensión es aproximadamente igual al 10 ó 15% de la resistencia a compresión.

MODULO DE ELASTICIDAD. - Consistió en determinar la relación esfuerzo - deformación.

Se hace la observación de que los mayores módulos de elasticidad se presentaron en la roca andesítica y cuyas resistencias fueron muy variables dependiendo del grado de fracturamiento que presentaba el núcleo, encontrándose valores desde 172 kg/cm² a 1,950 kg/cm², éstos últimos valores corresponden a muestras del sondeo 3, los cuales alcanzaron una alta resistencia, el tipo de falla en la mayoría de los núcleos fué de tipo frágil.

En las tobas andesíticas las resistencias obtenidas en compresión fueron muy bajas y variaron de 40 kg/cm² a 230 kg/cm².

A continuación se presenta la tabla de clasificación de resistencia en función del esfuerzo a compresión:

<u>RESISTENCIA</u>	<u>ESFUERZO (kg/cm²)</u>
Muy alta	2250
Alta	1125 - 2250
Media	550 - 1125
Baja	275 - 550
Muy baja	275

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SISTEMA DE SOPORTE O REVESTIMIENTO
=====

- III.1 TIPOS DE SOPORTE
 - A. ADEME DE MADERA
 - B. MARCOS DE ACERO
 - C. FORROS DE LAMINA DE ACERO
 - D. ANCLAJE DE FRICCIÓN Y DE ROCA
 - E. SOPORTE DE CONCRETO LANZADO (SHOT CRETE)
Y ANCLAJE CON PERNOS DE FRICCIÓN.
 - F. DOVELAS DE CONCRETO
- III.2 SELECCION DEL SISTEMA DE SOPORTE
- III.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE SOPORTE
 - III.3.1 DISEÑO DEL PATRON DE ANCLAJE DE FRICCIÓN
 - A. TEORIA DE ROGUINSKY
 - B. METODO DE RABCEWICZ
 - III.3.2 DISEÑO DEL CONCRETO LANZADO
- III.4 CALCULO DE LA SECCION DEL CONCRETO Y DISTRIBUCION DE LAS ANCLAS

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Una vez realizada la excavación de cualquier túnel, se procede a revestirlo con el objeto de estabilizar la excavación - efectuada y soportar los empujes del terreno, impidiendo la infiltración de agua o para disminuir el coeficiente de rugosidad del terreno excavado, a efecto de conducir líquidos, vehículos ó peatones en el caso de los túneles carreteros, para seguridad de los vehículos y para permitir una mayor retracción de la luz, así como obtener una ventilación más adecuada.

Los sistemas de soporte ó revestimiento pueden dividirse en dos grandes grupos:

- a) Provisionales.- Se dá este nombre a los elementos colocados para mejorar las condiciones de estabilidad de la excavación efectuada mientras se construye una estructura permanente que llene también este propósito y satisfaga los requisitos de acabado interior.

Este sistema se diseña para trabajar temporalmente hasta que no sea colocado el revestimiento definitivo.

- b) Definitivos.- Se conoce así a las estructuras que estabilizan o soportan la excavación durante su vida útil - y además debe cumplir con los requisitos de acabado interior necesarios, los cuales dependen de las funciones del túnel.

III.1 TIPOS DE SOPORTE O REVESTIMIENTO

Existen varios tipos de soporte en la construcción de túneles de tal manera que cumplen con el fin para el cual han sido diseñados. A continuación mencionaremos los diferentes tipos de soporte que se han venido utilizando en la construcción de diferentes tipos de túneles

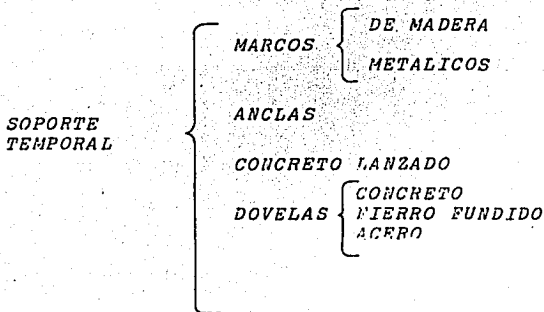
- A.- ADEME DE MADERA.- Este sistema de ademe más que de revestimiento, ha sido utilizado en su gran mayoría en túneles mineros de pequeña sección, así como en algunos túneles de ferrocarril excavados hace mucho tiempo.
- B.- MARCO DE ACERO Y RETACUE DE MADERA.- En los túneles que han sido excavados en rocas razonablemente sana, es una práctica común la colocación de marcos de acero en perfiles "I" y "H" retacados con ademe de madera, de tal manera de evitar el movimiento de material excavado hasta el interior del túnel.
- C.- FORRO DE LAMINA DE ACERO.- Es utilizado en aquellos túneles donde la excavación ha sido realizada por me-

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

dios mecánicos.

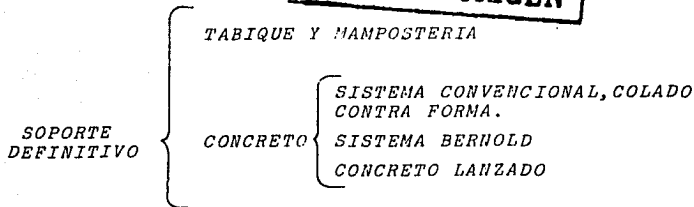
- D.- ANCLAJES DE FRICCION Y DE ROCA. - Si el túnel excavado presenta una condición muy favorable de la roca expuesta y para determinados fines, es conveniente sostener los grandes bloques de roca con anclas de fricción, para evitar el deslizamiento de los bloques hacia el interior del túnel.
- E.- SOPORTE CON CONCRETO LANZADO (SHOT CRETE) Y ANCLAJE - CON PERNOS DE FRICCION. - El concreto lanzado es uno de los recursos modernos para el revestimiento de los túneles. Cumple la función de evitar que el suelo y la roca se intempericen, provocando fallas entre sus bloques o pérdidas de humedad, lo que produce una caída o desprendimiento hacia el interior del túnel. Este procedimiento es utilizado donde la alta rugosidad que presenta el concreto lanzado no afecta los fines para los que el túnel fué proyectado.
- F.- DOVELAS DE CONCRETO. - Este sistema es utilizado cuando la excavación se efectúa en terrenos blandos y la función del túnel será para la conducción de agua a baja velocidad, peatones, drenajes, etc., recurriendo para la excavación a la utilización del escudo, quedando - los anillos formados de dovelas precoladas.

TIPOS DE REVESTIMIENTO O SOPORTE



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-30



III.2 SELECCION DEL SISTEMA DE SOPORTE

Los principales conceptos a considerar en la selección de uno de éstos tipos de soporte son el costo y el tiempo de ejecución, la influencia del tipo de terreno, el valor del soporte del terreno una vez que ha sido excavado, capacidad de sustentación, resistencia al intemperismo, grado de consolidación o fragmentación, etc. Sobre estos factores de selección se puede decir que en general están en el siguiente orden, sin que sea indicativo de su relación costo - tiempo.

Tipo de Soporte	A	B	C	D	E	F
Costo	1	5	4	2	3	6
Tiempo	4	3	5	1	2	6

De acuerdo al estudio geotécnico realizado para la construcción de este túnel, la mayor parte de la excavación se realizará sobre roca con un R.Q.D. 50-75% promedio, lo cual se clasifica como una roca mala y moderadamente intemperizada, por lo cual se propone el sistema de soporte con revestimiento de concreto lanzado, y anclas de fricción.

El uso de concreto lanzado combinado con las anclas de fricción, como sistema de revestimiento o soporte durante la excavación del túnel, proporciona las siguientes ventajas en comparación con los sistemas tradicionales:

- a) Es forzado a entrar en fracturas abiertas, fisuras, grietas o irregularidades en la superficie de la roca.
- b) Impide el drenaje del agua contenido en las fracturas evitando así la intemperización de la roca producida por el agua y el aire.
- c) Provee resistencia apreciable a la caída de bloques de la clave del túnel, colocándolo inmediatamente después de la excavación.

- d) Un espesor entre 15 y 25 cm. proporciona un soporte estructural semejante a un anillo ó a un aro.
- e) La colocación de las anclas antes del concreto mejora -- las condiciones estructurales del material natural, logrando así su autosoporte.

III.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE SOPORTE O REVESTIMIENTO

Debido a que el sistema de soporte o revestimiento del túnel consistirá en anclas de fricción y concreto lanzado, se -- procede al diseño de cada uno.

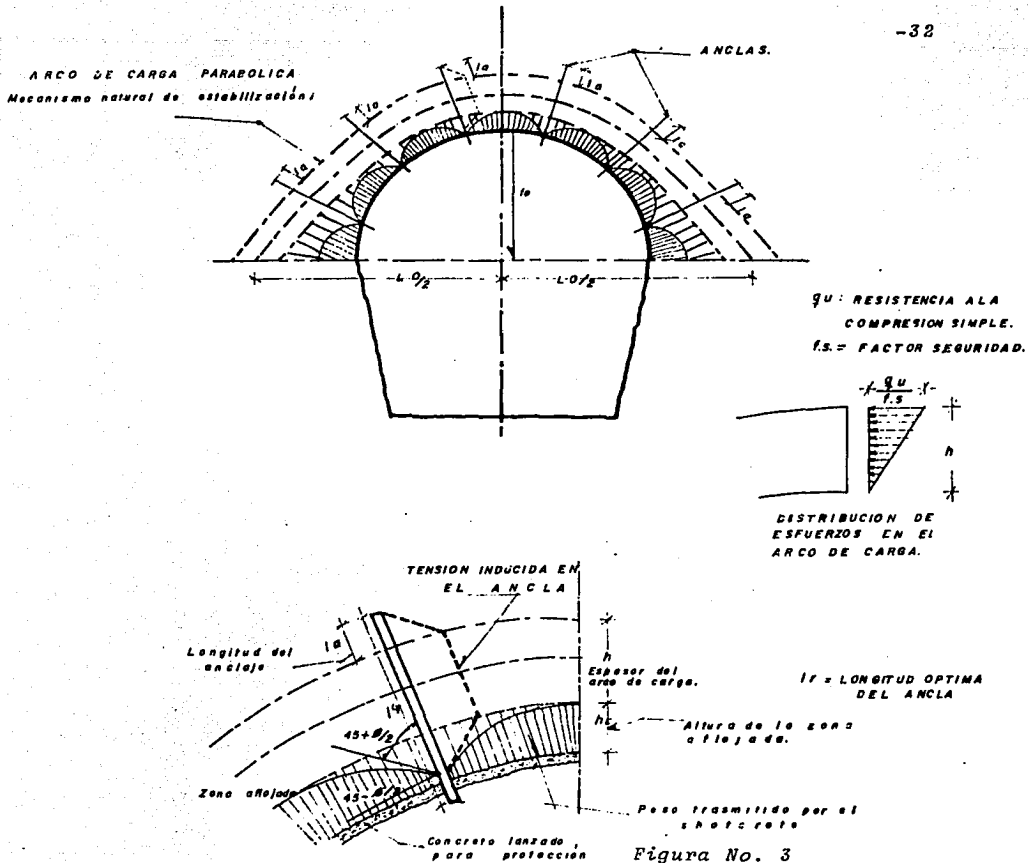
III.3.1 DISEÑO DEL PATRON DE ANCLAJE DE FRICCIÓN

Todos los procedimientos para el diseño de patrones de anclajes están apoyados en la hipótesis fundamental, de que la roca es el principal elemento para el soporte de la excavación que se refuerza con las anclas para uniformizar su comportamiento, y que se protege contra efectos de alteración e inestabilidades locales con elementos exteriores, tales como, en este caso, con concreto lanzado.

Una forma empírica de dar un diseño de patrón de anclaje, es apoyado en experiencias obtenidas en excavaciones donde se ha utilizado estos elementos: de estas observaciones se ha deducido, que la longitud y la separación de las anclas está en función de las dimensiones de la excavación, y usualmente es de $1/3$ y $1/2$ de la máxima dimensión para la longitud y algo similar para la separación: los diámetros de las varillas varían entre $3/4"$ y $1"$.

Actualmente existen dos procedimientos de diseños de sistemas de anclaje, que están enfocados de diferentes formas y de los cuales a continuación se dará una breve descripción:

- A.) **TEORIA DE ROGUINSKY.** -- Este procedimiento considera que dentro de la masa de roca se genera un arco parabólico de carga, que trabaja a compresión solamente soportando las presiones que se inducen alrededor de la excavación. El material que se encuentra por debajo de este arco se afloja y deberá ser soportado por medio de las anclas. Este procedimiento se muestra en la figura -- No.3

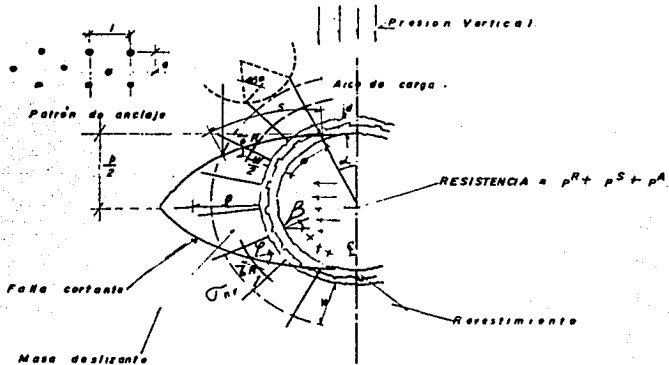


B.) METODO DE RABENHIC. Este procedimiento es de bases - semiempíricas, se estableció de las observaciones de - los modos de fallas en excavaciones donde se han usado anclas inyectadas con una capa de concreto lanzado en la cara de la excavación. El método considera la ocurrencia de fallas por esfuerzos cortantes en la mesa - rocosa, a lo largo de superficies simétricas que obligan a participar en la falla a cualquier otro elemento colocado para el soporte de la excavación.

La resistencia total del sistema se traduce en una presión resistente horizontal, que se define con la capacidad de la roca y de los elementos colocados en el ademe, esta resistencia se relaciona con una presión -

vertical, de acuerdo con los resultados establecidos en modelos a escala reducida, en función de la relación entre el espesor del ademe y las dimensiones de la excavación y del radio de curvatura de ésta. La determinación de las presiones resistentes, generadas por la roca y cada elemento colocado para el soporte de la excavación, se realizan con las fórmulas indicadas en la Fig. A, así como también la distribución considerada de los esfuerzos inducidos en el ancla, que de acuerdo con este procedimiento, son tales que inducen una tensión desde la pared de la excavación hacia la masa rocosa.

La aplicación de cualquiera de ambos métodos de una excavación subterránea donde se requiera el uso de anclas, no varía considerablemente uno de otro en sus resultados aunque las consideraciones técnicas son radicalmente distintas.



$$p^S = \frac{c \cdot \sqrt{c}}{\sin(\frac{1}{2} \alpha)}$$

$$p^A = \frac{AB \cdot l \cdot b}{a \cdot t} \cdot \frac{A \cos \beta}{(b/2)}$$

$$p^R = \frac{5 \cdot \sqrt{R} \cos \psi}{b/2} \cdot \frac{5 \cdot n^R \sqrt{R} \cos \psi}{b/2}$$

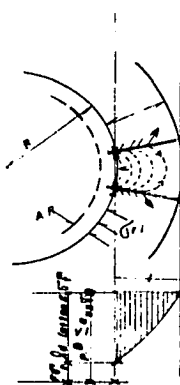


Figura No. 4

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.3.2 DISEÑO DEL CONCRETO LANZADO

El diseño de mezclas para concreto lanzado se basa en experiencias previas y en tanteos que se realizan sobre páneces de prueba.

La cantidad de agua que debe emplearse, debe ser un poco menor que aquélla con la que comienza a oaccionarse disgregación del concreto ya lanzado.

El contenido de cemento se determina con base a la relación agua-cemento que debe satisfacer para alcanzar la resistencia especificada. La relación inicial cemento-agregados, -- por peso, varía entre 1 ; 3 y 1 ; 5 ; la óptima se determina experimentalmente en función a la resistencia compresión y el rebote observado.

Se propone la siguiente dosificación para la mezcla del -- concreto lanzado en el revestimiento de este túnel, haciendo -- la aclaración. que deberá compararse con los resultados del laboratorio obtenidos para mantenerla o variarla según sea el caso.

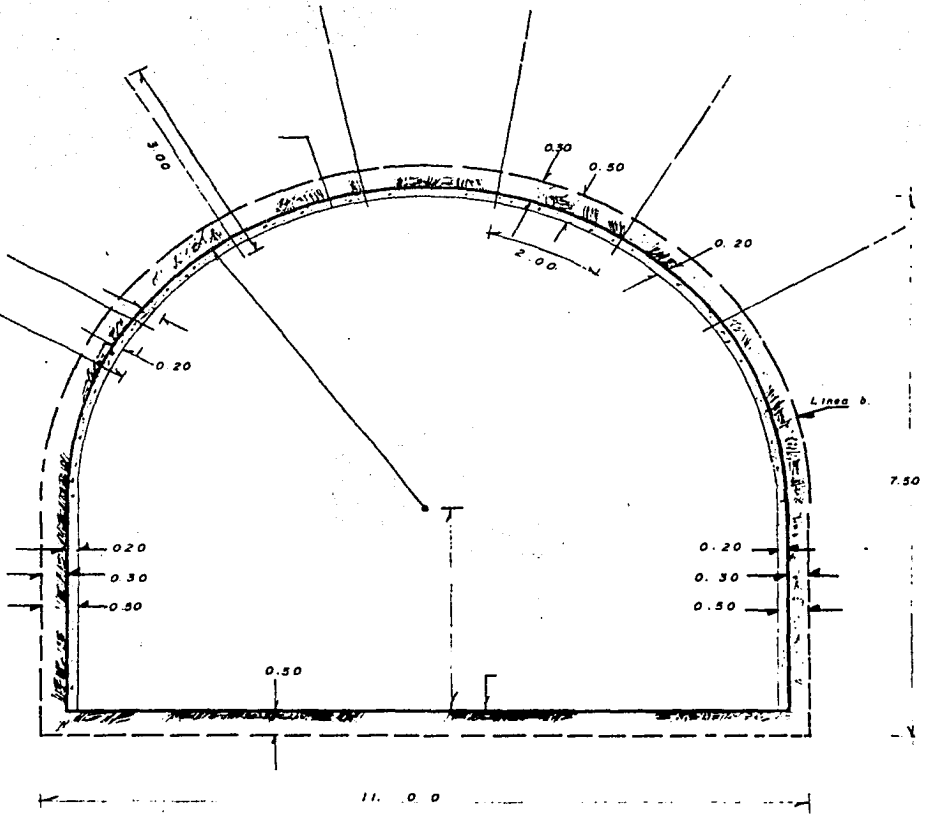
- Contenido de cemento: 380 kg. por m³.
- Relación de agua-cemento: 0.4
- Tamaño máximo de agregado: 3/4" sugiriendo utilizar grava natural en lugar de triturada para reducir los efectos abrasivos en el equipo y la tubería.
- Módulo de finura de la arena: entre 2.4 y 3.2

III.4 CALCULO DE LA SECCION DE CONCRETO Y DISTRIBUCION DE LAS ANCLAS.

- El espesor del concreto lanzado será de 20 cm.
- Longitud de las varillas: 1/3 por 10m. = 3.00 m.
- Separación: 1/3 por 7 m. = 2.00 m.
- Separación de aureolas: 2.00 m.
- Refuerzo : se reforzará con malla electrosoldada de 1/8" ϕ y con una abertura de 2 por 2" .

En la figura 5 se muestra la distribución del anclaje y el espesor del concreto lanzado.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Anclas de $3/4"$ ϕ , 3.00 m. de longitud, 4,200 kg. por cm^2 de límite elástico del acero de las varillas, colocadas en barrenos de $1\ 3/8"$ ϕ rellenos con cementante.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura No. 5

CAPITULO IV
=====

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

" SELECCION Y FASES DEL METODO DE CONSTRUCCION "

- IV. 1 PORTAL DE ENTRADA Y SALIDA
- IV. 2 EXCAVACION POR MEDIO DE EXPLOSIVOS
- IV. 2. 1 EXCAVACION A MEDIA SECCION SUPERIOR Y BANQUEO.
 - IV. 2. 1. 1 BARRENACION DE LA SECCION SUPERIOR
 - A. CALCULO DEL DIAGRAMA DE BARRENACION Y CARGA DE LOS BARRENOS
 - A. 1 BARRENOS DE PISO
 - A. 2 BARRENOS DE PARED
 - A. 3 BARRENOS DE TECHO
 - A. 4 LA CUÑA Y SUS AYUDANTES
 - A. 5 BARRENOS CON SALIDA HORIZONTAL
 - A. 6 BARRENOS CON SALIDA HACIA ABAJO
 - B. DIAGRAMAS DE BARRENACION
 - IV. 2. 1. 2 BARRENACION DE LA SECCION INFERIOR - (BANCO).
 - A. CALCULO DEL DIAGRAMA DE BARRENACION Y CARGA DE LOS BARRENOS.
 - B. DIAGRAMA DE BARRENACION
 - IV. 2. 1. 3 EQUIPO DE BARRENACION
 - IV. 2. 1. 3. 1 MAQUINAS PERFORADORAS
 - IV. 2. 1. 3. 2. ACERO Y BROCAS DE BARRENACION
 - IV. 2. 1. 3. 3. SELECCION DEL EQUIPO DE BARRENACION
 - A. CALCULO DEL COMPRESOR
 - B. CICLO DE BARRENACION A SECCION COMPLETA.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

-38

- C. CICLO DE BARRENACION A MEDIA SECCION SUPERIOR Y BANQUEO.
- D. BANQUEO.
- IV. 2. 1. 4 CARGA DE EXPLOSIVOS Y CONEXION ELECTRICA.
- IV. 2. 1. 5 VOLADURA.
- IV. 2. 1. 6 VENTILACION.
- IV. 2. 1. 7 REZAGA
- IV. 2. 2 EXCAVACION A SECCION COMPLETA
- IV. 2. 2. 1 BARRENACION DE LA SECCION COMPLETA
 - A. CALCULO DEL PATRON DE BARRENACION Y-CARGA DE LOS BARRENOS
 - A. 1 BARRENOS DE PISO
 - A. 2 BARRENOS DE PARED
 - A. 3 BARRENOS DE TECHO
 - A. 4 CUÑAS Y AYUDANTES
 - A. 5 BARRENOS CON SALIDA HORIZONTAL
 - A. 6 BARRENOS CON SALIDA HACIA ARRIBA
 - A. 7 BARRENOS CON SALIDA HACIA ABAJO
 - B. DIAGRAMAS DE BARRENACION
- IV. 2. 2. 2 EQUIPO DE BARRENACION
- IV. 2. 2. 3 CARGA DE EXPLOSIVOS Y CONEXION ELECTRICA
- IV. 2. 2. 4 VOLADURA
- IV. 2. 2. 5 VENTILACION
- IV. 2. 2. 6 REZAGA
- IV. 3 COLOCACION DEL SOPORTE
- IV. 3. 1. COLOCACION DE LAS ANCLAS
- IV. 3. 2 CONCRETO LANZADO
 - IV. 3. 2. 1 EQUIPO
 - A. JUMBO DE COLOCACION
 - B. MAQUINA DE LANZADO
 - B. 1 MAQUINA DE TAMBOR ROTATORIO
 - C. BOQUILLA

- D. COMPRESOR
- E. SUMINISTRO DE AGUA
- F. MANGUERAS
- IV. 3. 2. 2 MATERIALES
- IV. 3. 2. 3 CUADRILLA DE LANZADO
- IV. 3. 2. 4 COLOCACION
- IV. 3. 2. 5 CONTROL DE CALIDAD
- A. MUESTREO
- B. ENSAYES
- IV. 4 INSTALACIONES PROVISIONALES
- IV. 4. 1 ALUMBRADO
- IV. 4. 2 TELEFONO
- IV. 4. 3 SUMINISTRO DE AGUA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-40

En túneles, más que en cualquier otra obra de ingeniería, el diseño determina el método de construcción y viceversa. Es decir, hay una alta dependencia entre los dos, pero además, -- por ser obras que están enteramente encerradas en un ambiente natural al que se tiene poco ó ningún acceso de antemano, su construcción depende de la reacción de ese ambiente, la cual, en gran medida, se va conociendo conforme se manifiesta y no antes.

El saber sobre qué tipo de terreno se realizará la construcción del túnel, es uno de los principales factores en la selección del método constructivo.

El método constructivo que se propone para la construcción de este túnel (el cual se hará sobre roca), consistirá en excavación a base de explosivos: ésta se dividirá en:

- a) A media sección superior y banqueo
- b) A sección completa

En la siguiente tabla se resumen los cadenamientos en los cuales se podrá emplear cada uno de estos procedimientos de construcción.

TUNEL	CADENAMIENTO	METODO CONSTRUCTIVO
Derecho	20 + 250 - 20 + 320	Explosivos a media sección
Derecho	20 + 320 - 20 + 370	Explosivos a sección completa
Derecho	20 + 370 - 20 + 440	Explosivos a media sección
Isquierdo	20 + 280 - 20 + 450	Explosivos a media sección

IV.1 PORTAL DE ENTRADA Y SALIDA

Para la construcción del portal de entrada (ó salida), considerando que la roca se encuentra fracturada y alterada, se deberá excavar el terreno natural a cielo abierto con taludes laterales y de frente de 3/4 : 1: dichos taludes podrán variarse según la estabilidad que manifieste el material al efectuarse la excavación. El frente de la excavación deberá tener una altura de 8 m. sobre la clave del túnel.

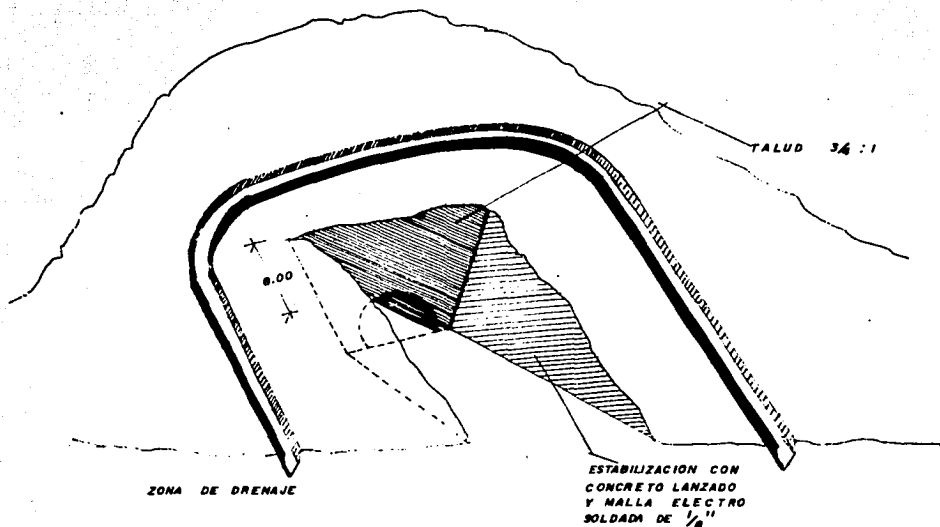
Una vez realizada la excavación a cielo abierto, se procederá a amacizar la zona alrededor del portal por medio de concreto lanzado y malla electrosoldada de 1/8" de diámetro y con una abertura de 2 por 2", para posteriormente excavar la sección del túnel por alguno de los métodos de construcción que --

anteriormente se mencionaron.

El trabajo de excavación a cielo abierto se realizara cor-
tando capas desde la superficie hasta el nivel de rasante de
los túneles, empleando tractores D-8 y traxcavos 955-L descar-
ga lateral.

Se construirán contra cunetas en los portales de entrada-
salida de los túneles para evitar el flujo de agua sobre los
accesos que ocasionaría una falta de visibilidad para los vehé-
culos a la entrada o salida de los túneles y un posible blo-
queo por arrastre de material

En la fig. 6 se indica la forma en que deberá llevarse a
cabo la excavación.



IV.2 EXCAVACION POR MEDIO DE EXPLOSIVOS

El arranque de la excavación de un túnel por medio de ex-
plosivos, se realiza perforando la roca en el frente de dicho
túnel mediante una serie de barrenos en los que se coloca el
explosivo, juntamente con la mecha detonante o los detonadores
eléctricos. Los barrenos y su orden de encendido se disponen
según un plan previamente proyectado que determina cómo rompe-
rá la roca.

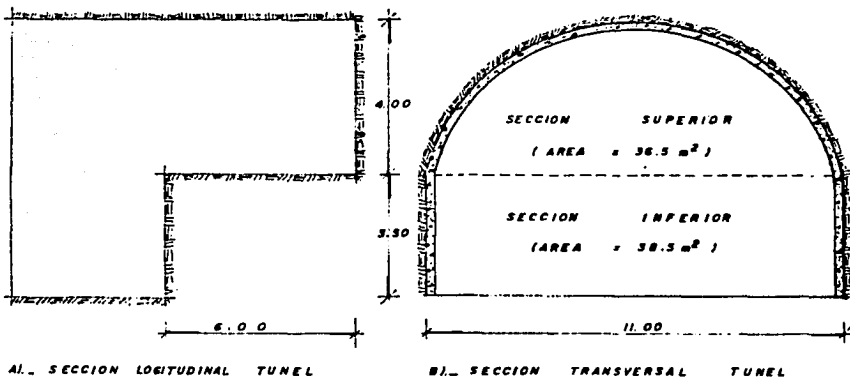
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los primeros barrenos tienden a crear un vacío hacia al cual se vuela sucesivamente el resto de la roca. Esta abertura se denomina "el cuele", la cual, es la llave que abre la roca hasta una profundidad que depende de la forma y éxito del mismo disponiéndose sus barrenos en una serie de cuñas en abanico o según modelo cónico o cilíndrico.

Las siguientes fases de la voladura repartidas en el espacio restante, deberán proyectarse para obtener el contorno deseado de la roca remanente, sin alterarla y con toda su firmeza.

IV.2.1. EXCAVACION A MEDIA SECCION SUPERIOR Y BANQUEO

Este procedimiento se deberá realizar en roca de mala calidad indicado anteriormente. El método consiste en excavar la sección del túnel en forma parcial, primero excavando la sección superior dejando un banco de 3.5 m. de altura y 6 m. de longitud, anclando y revestiendo con concreto lanzado inmediatamente después de efectuada la excavación y posteriormente excavando la sección inferior como se indica en la Fig. 7.



EXCAVACION A MEDIA SECCION.

Figura No. 7

CON
FALLA DE ORIGEN

IV. 2. 1. 1 BARRENACION DE LA SECCION SUPERIOR

Las barrenaciones normalmente se nombran por el tipo de cuña que utiliza para abrirlas, por ejemplo: una barrenación con cuña quemada ó una barrenación con cuña en "V", etc.

El tipo de cuña empleada, la longitud de la barrenación y el número de barrenos por disparo, depende del tamaño del frente que se esté atacando y de la dureza del material que se debe romper.

Es imposible mostrar barrenaciones específicas que satisfaga todas las condiciones que se encontrarán bajo tierra. Al -- trabajar un frente puede ser necesario cambiar el diagrama de barrenación varias veces de acuerdo a las condiciones que se -- presenten durante el proceso de la excavación

La práctica usual al hacer barrenaciones es barrenar la cuña de tal manera que rompa aproximadamente 6" más que el resto de la barrenación. Esto proporciona más alivio en el fondo del barreno facilitando que el resto de los barrenos rompan hasta el fondo.

La barrenación se hará con barrenos de 31 mm. de diámetro-- con una profundidad de barrenación de 3.20 m.

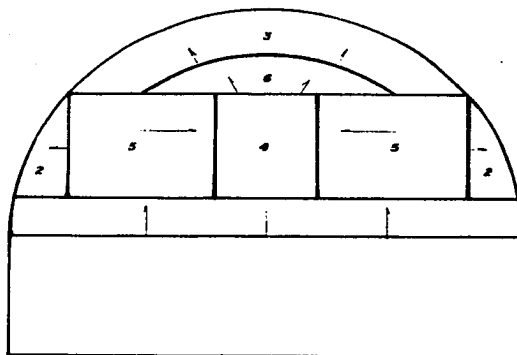
A. CALCULO DEL DIAGRAMA DE BARRENACION Y CARGA DE LOS BARRENOS.

La secuencia de cálculo que se utilizará para la distribución de los barrenos de la sección superior es la siguiente:

- 1.- Barrenos de piso
- 2.- Barrenos de pared
- 3.- Barrenos de techo
- 4.- Cuña con ayudante
- 5.- Barrenos con salida horizontal
- 6.- Barrenos con salida hacia abajo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la fig. 8 puede apreciarse la distribución de la secuencia del cálculo.



A.1 BARRENOS DE PISO

El lugar de la cuña depende de los barrenos de piso y por eso se calcularán primero.

----- DATOS PARA BARRENOS DE PISO -----

DIAMETRO DEL BARRENO.	PROFUNDIDAD DEL BARRENO.	BORDO	ESPACIAMIENTO	CARGA DE FONDO		CARGA DE COLUMNA		TACO
				kg	kg/m	kg	kg/m	
mm	m	m	m	kg	kg/m	kg	kg/m	m
31	3.20	0.90	0.95	1	0.95	1.30	0.65	0.20

- La desviación es de 0.10 m. para máquinas de pierna.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Bordo - desviación = $0.90 - 0.10 = 0.80$ m.
- Espaciamiento según tabla = 0.95 m.
- Distribución en el ancho del túnel = $\frac{11}{0.95} = 12$
- Espaciamiento real = $\frac{11}{12} = 0.9$
- Carga de fondo = 1.0 kg.
- Carga de columna = 1.30 kg.

A.2 BARRENOS DE PARED

DATOS PARA BARRENOS DE PARED								
DIAMETRO - DEL BARRENO	PROFUNDIDAD DEL BARRENO	BORDO	ESPACIAMIENTO	CARGA DE FONDO	CARGA DE COLUMNA	TACO		
mm	m	m	m	kg	kg/m	kg	kg/m	m
31	3.20	0.80	0.95	0.50	0.95	0.90	0.40	0.40

- Bordo - desviación = $0.80 - 0.10 = 0.70$ m.
- Espaciamiento según tabla = 0.95 m que se distribuye en la altura de la pared menos la zona del piso = $3 - 080 = 2.20$ m.
- Número de espacios = $\frac{2.20}{0.95} = 2.31$ se tomará 3 para tener una distribución más uniforme.
- Espaciamiento = $\frac{2.20}{3} = 0.80$

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

A.3 BARRENOS DE TECHO
D A T O S P A R A B A R R E N O S D E T E C H O

DIAMETRO - DEL BARRENO.	PROFUNDIDAD DEL BARRENO	BORDO	ESPACIAMIENTO	CARGA DE FONDO		CARGA DE COLUMNNA		TACO
mm	m	m	m	kg	kg/m	kg	kg/m	m
31	3.20	0.80	0.95	0.50	0.95	0.70	0.30	0.40

- Bordo - desviación = $0.80 - 0.10 = 0.70$
- Espaciamiento = 0.95 que se distribuye en el arco del techo que tiene una longitud aproximada de 8.20 m.
- Número de espacios = $\frac{8.20}{0.85} = 9$
- Número de espaciamientos = $\frac{8.20}{9} = 0.92$
- Carga de fondo = 0.50 kg.
- Carga de columna = 070 kg.

A.4 LA CUÑA Y SUS AYUDANTES

Se propone emplear en la excavación un "cuele con barrenos paralelo tipo cilíndrico" con dos barrenos centrales de 76 mm. de diámetro, para la sección superior.

El uso de este tipo de cuele ofrece las siguientes ventajas :

a) Todos los barrenos tienen la misma longitud. Esto vale especialmente para jumbos con pistolas que no tienen rotación reversible, lo que hace la extracción ó el cambio de la barra muy tardado.

b) Los brazos pueden trabajar independientemente y se puede distribuir la barrenación entre los demás brazos.

c) Con los brazos con paralelidad automática se obtiene -- una barrenación perfecta solamente vigilando el emboquillado.

d) Como el diagrama de barrenación coincide en la superficie y en el fondo, es más fácil instruir al perforista.

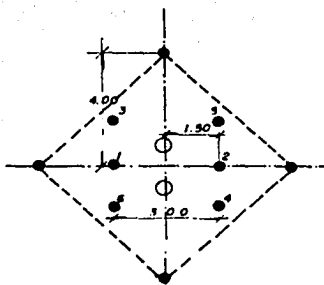
e) Usando el mismo equipo de barrenación, las cuñas paralelas son iguales para todos los avances y todas las áreas de los túneles. Esto simplifica el entrenamiento de los perforistas.

La base para el cálculo de una cuña cilíndrica es la relación entre el diámetro del barreno central y distancia y carga del primer barreno cargado.

Relaciones Básicas para el Cálculo de Cuñas Cilíndricas.

Diámetro del barre					
no central (mm)	50	2 x 57	75	83	100
<hr/>					
Diámetro del barre no cargado (mm)	concentración de cargas (kg/m).				
31	0.20	0.30	0.30	0.35	0.40
37	0.25	0.35	0.35	0.40	0.45
45	0.30	0.42	0.42	0.50	0.55
<hr/>					
Máxima distancia					
\bar{a} mm	90	150	130	145	175

Patrón del cálculo

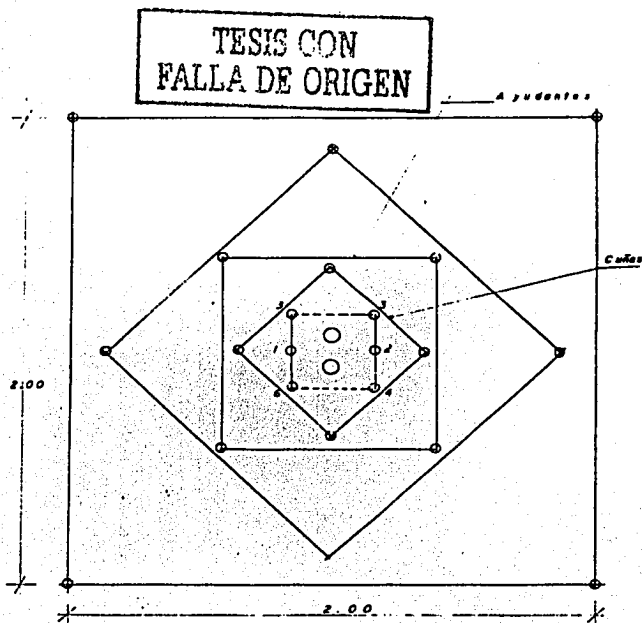


TRIE CON FALLA DE ORIGEN

cuña cilíndrica con dos barrenos vacíos de 75 mm de diámetro

Para barrenación hasta 3.0 m.

Figura No. 9



Para poder aplicar el código de carga de banco es necesario tener una apertura lo suficientemente grande para que los barrenos tengan salida libre: en este caso, se optó por una apertura de 2 por 2 m.

Garga de la cuña con ayudantes.

En los 6 barrenos de cuña se colocará una carga de fondo de 0.1 kg. y una carga de columna de 0.75 kg. con la concentración de 0.25 kg. por m.

Los ayudantes tendrán la siguiente carga:

<u>Número de barrenos.</u>	<u>Carga de fondo (kg)</u>	<u>Carga de columna (kg)</u>
4	0.25	0.85
4	0.45	0.90
4	0.75	1.00
4	1.00	0.85

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- 49

A. 5 BARRENOS CON SALIDA HORIZONTAL

DATOS CON SALIDA HORIZONTAL

DIAMETRO - DEL BARRENO.	PROFUNDIDAD DEL BARRENO	BORDO	ESPACIAMIENTO	CARGA DE FONDO		CARGA DE COLUMNAS		TACO
m	m	m	m	kg	kg/m	kg	kg/m	m
31	3.20	0.90	0.95	1.0	0.95	0.85	0.50	0.50

- Número de espacios = $\frac{2.00}{0.95} = 2$

- Número de espaciamientos = $\frac{2}{2} = 1$

A. 6 BARRENOS CON SALIDA HACIA ABAJO

DATOS CON SALIDA HACIA ABAJO

DIAMETRO - DEL BARRENO.	PROFUNDIDAD DEL BARRENO	BORDO	ESPACIAMIENTO.	CARGA DE FONDO		CARGA DE COLUMNAS		TACO
m	m	m	m	kg	kg/m	kg	kg/m	m
31	3.20	0.85	1.10	1.0	0.95	0.85	0.50	0.45

Estos barrenos se colocarán en el espacio que queda libre.

- Número de espacios = 6

- Número de espaciamientos = 0.87

D. DIAGRAMAS DE BARRENACION
CURA CON AYUDANTES

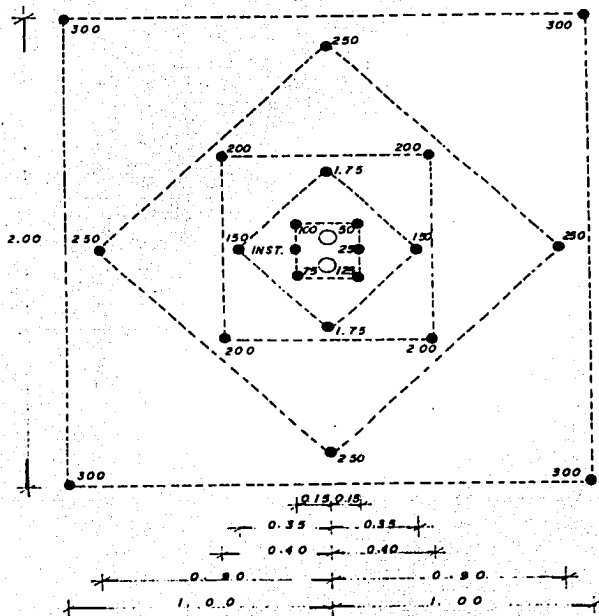


Figura No. 10

Nota. anotaciones en metros
+ barrenos centrales de 76 mm de diámetro

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- 57

Sección Superior

- 1.- Barrenos de piso.
- 2.- Barrenos de pared.
- 3.- Barrenos de techo
- 4.- Cuna y ayudantes
- 5.- Ayudantes salida horizontal
- 6.- Ayudantes salida hacia abajo.

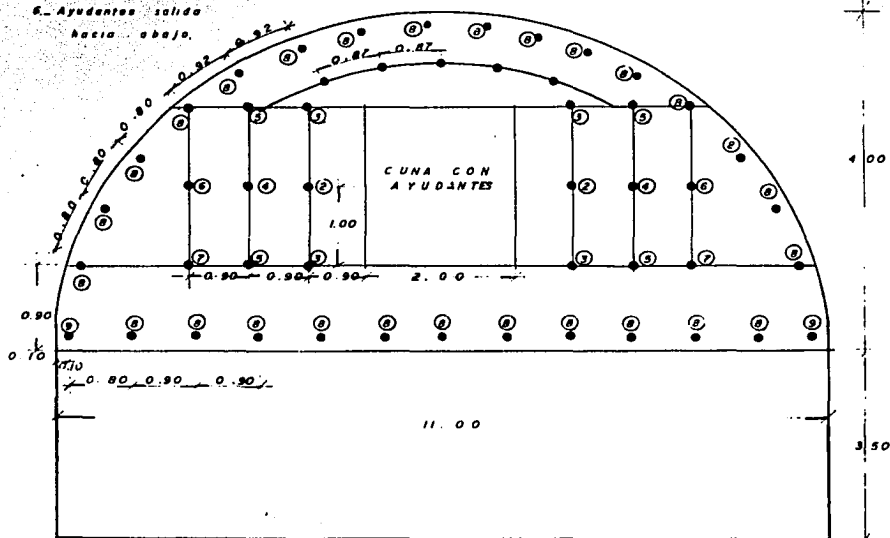


Figura No. 11

Nota.- Las distancias en metros.
Los números encerrados en círculos indican la secuencia de perforación.

DATOS DE CARGA DE LA CUÑA Y AYUDANTES

=====

TIPO DE BARREÑO	ESTOPIÓN No.	PROFUNDIDAD	NÚMERO DE BARRENOS	CARGA-DE FONDO(kg)	CARGA-DE CUÑA(kg)	CARGO-POR BARREÑO(kg)	CARGA TOTAL (kg)
Cuña	Instantáneo	3.20	1	0.10	0.75	0.85	0.80
Cuña	ms(25 - 125)	3.20	5	0.10	0.75	0.85	4.25
Ayudante	ms(150 - 175)	3.20	4	0.25	0.85	1.10	4.40
Ayudante	ms(200)	3.20	4	0.45	0.90	1.35	5.40
Ayudante	ms(250)	3.20	4	0.75	1.00	1.75	7.00
Ayudante	ms(300)	3.20	4	1.00	0.85	1.85	7.40
			--- 22				----- 23.90 kg

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Tabla No. 1

DATOS DE CARGA DE BARRENOS SECCION SUPERIOR

=====

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN no.	ESPACIA MIENTO TEORICO (E)	NUMERO DE ESPACIOS $N=Long/E$	ESPACIA MIENTO PRACTICO $N=Long/N$	No. DE BARRE NOS	BORDO (m)	CARGA DE FONDO (kg)	CARGA DE COLUMNA (kg)	TACO (m)	CARGA TOTAL (kg)
Piso	Ac 8 y 9	0.95	12	0.90	13	0.90	1.00	1.0	0.20	29.30
Pared	Ac 8	0.95	3	0.80	8	0.80	0.50	0.90	0.40	11.20
Techo	Ac 8	0.95	9	0.92	8	0.80	0.50	0.70	0.40	9.60
Cuña y ayudantes					22		0.50			
Ayudantes con salida horizontal	Ac 2 x 7	0.95	2.00	1.00	16	0.90	1.00	0.85	0.45	29.60
Ayudantes con salida hacia abajo	Ac 7	1.10	6	0.87	5	0.85	1.00	0.85	0.45	9.25
					----- 72					----- 118.85

Tabla No. 2

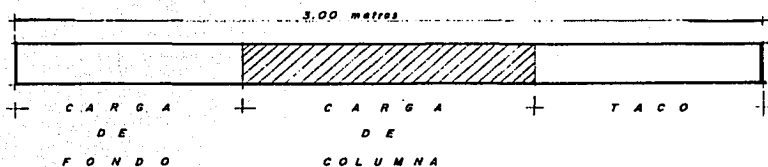
**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-54

- Area de sección superior = 36.5 m^2
- Avance estimado por voladura = $0.90 \times 3.20 = 2.90 \text{ m}$.
- Volúmen por voladura = $36.5 \times 2.90 = 105.85 \text{ m}^3$.
- Coeficiente de carga = $\frac{118.85}{105.85} = 1.10 \text{ kg/m}^3$.
- Coeficiente de barrenación = $\frac{72 \times 3.20}{105.85} = 2.17 \text{ m/m}^3$.

La distribución de barreno se hará de la siguiente forma:



IV.2.1.2. BARRENACION DE LA SECCION INFERIOR (BANCO)

Como anteriormente se mencionó, el banco tendrá una altura de 3.5 m. y una longitud de 6 m. con una barrenación de cara al banco de 32 mm. de diámetro. Este tipo de barrenación tiene las siguientes ventajas con respecto a la barrenación de piso:

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- 55

- Se utiliza el mismo equipo que se utilizó para la barrenación de la sección superior.
- Para efectuar la barrenación de piso se tendrían que -- utilizar perforadoras sobre orugas (trac drill). Se ve restringido por la altura libre de la sección superior que es de 4.5 m al centro y el brazo del trac drill tiene una altura de 5.46 m. para poder efectuar una barrenación vertical.
- El aplicar una barrenación de piso para el banqueo ocasionaría tener tiempos muertos con respecto a la utilización del jumbo de barrenación, lo que tendría como repercusión una elevación en el costo de equipo, por lo cual se sugiere utilizar una barrenación de cara al -- banco.

A. CALCULO DEL DIAGRAMA DE BARRENACION Y CARGA DE LOS BARRERENOS.

Una separación práctica es la tomada de la siguiente fórmula:

$$V_{\text{práctica}} = V_{\text{max}} (1 - 0.03 k)$$

$$V_{\text{práctica}} = 1.50 [1 - 0.03 (3.50)] = 1.50 (0.895) = 1.34 \text{ m.}$$

$$\text{No. de espacios} = \frac{\text{longitud}}{1.34} = 2.60 = 3.00$$

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- 5 6

$$\text{Espaciamiento práctico.} = \frac{3.50}{3} = 1.16 = 1.00$$

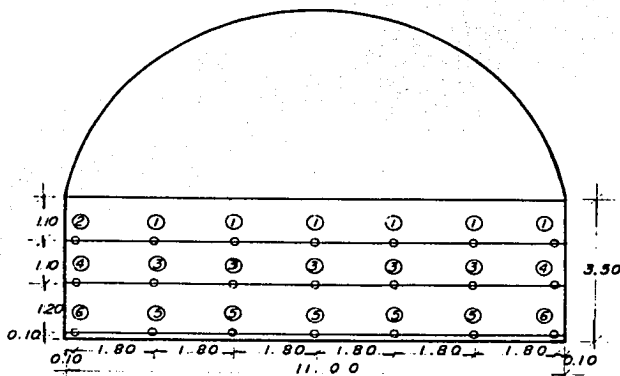
$$\text{Espaciamiento horizontal.} = E = 1.25 \times 1.50 = 1.80$$

$$\text{No. de espaciamentos.} = \frac{11}{1.80} = 6.00$$

DATOS PARA BARRENO DE BANCO

DIAMETRO DEL BARRE	CARGA DE FONDO		CARGA DE COLUMNA		BORDO MÁXIMO	TACO
	kg	kg/m	kg	kg/m	m	m
32	1.00	2.00	0.40	1.00	1.50	1.50
32	1.15	2.30	0.45	1.20	1.50	1.50

B. DIAGRAMA DE BARRENACION



Nota.-Anotaciones en metros.

Se disparará primeramente la parte principal de una hilera e inmediatamente después los barrenos de los extremos, para cada barreno individual la construcción es la misma, Los barrenos encerrados en círculo indican la secuencia de ignición.

Figura No.12

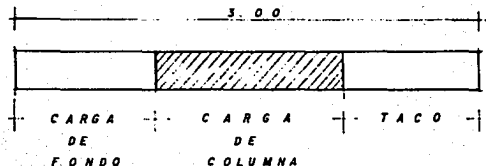
DATOS DE CARGA DE LOS BARRENOS DE LA SECCION INFERIOR

=====

TIPO DE BARRENO	DIAMETRO D' BARRE- NO. mm.	BORDO MAXI- MO v(m)	BORDO PRAC- TICO. V'(m)	ESPA- CIAMI ENTO. E(m)	No.DE BARRE NO.	CARGA DE FONDO kg	CARGA DE - kg/m	CARGA DE COLUMNA kg	CARGA DE kg/m	CARGA TOTAL kg
1a.hilera 1y2	32	1.5	1.20	1.80	7	2.00	1.00	1.00	0.40	21.00
2a.hilera 3y4	32	1.5	1.20	1.80	7	2.30	1.20	1.00	0.45	24.50
3a.hilera 5y6	32	1.5	1.20	1.80	7	2.30	1.20	1.00	0.45	24.50
										70.00

tabla No. 3

DISTRIBUCION DE CARGA POR BARRENO



- Area de la seccion inferior = 38.5 m²
- Avance estimado por voladura = 0.90 x 6.00 = 5.40 m.
- Volúmen por voladura = 38.50 x 5.40 = 207.90 m³.
- Coeficiente de carga = $\frac{70}{207.90} = 0.40 \text{ kg/m}^3$
- Coeficiente de barrenación = $\frac{70 \times 6}{207.90} = 202 \text{ m/m}^3$

TESTIG CON FALTA DE ORIGEN

IV. 2. 1. 3 EQUIPO DE BARRENACION

Por barrenación se entiende la horadación del terreno practicada por medio de herramientas, manuales y/o mecánicas, con la finalidad de hacer horadaciones destinadas a alojar explosivos.

IV. 2. 1. 3. 1 MAQUINAS PERFORADORAS

Los diversos tipos de máquinas perforadoras que usualmente se emplean en trabajos de barrenación, que entre otros factores son elegidas de acuerdo con la dureza, tenacidad y compacidad de las rocas, se pueden clasificar de la siguiente manera:

A. Perforación por Percusión.

A. 1 Perforadoras de percusión por cable o pulseta.

A. 2 Perforadoras de percusión con pistón.

A. 3 Perforadoras neumáticas de martillo o taladro de percusión que incluye las rotatorias de percusión, pudiendo ser operadas manualmente o por medio de mecanismos especiales.

B. Perforación por Rotación.

B. 1 Perforadoras rotatorias con herramienta (broca) abrasivas.

C. Perforadoras por Fusión.

A continuación se describirán cada uno de los equipos de perforación.

A. 1. Este tipo de perforadoras realizan su trabajo por medio de una pesada barrena unida a un vástago y a un encastre giratorio suspendido de la máquina por medio de un cable que se encuentra en su extremo opuesto parcialmente enrollado en un tambor.

Las perforadoras de cable o pulseta según sea el tipo de trabajo al que se destinen, se suele montar en patines, semirremolques de dos ruedas o remolques tirados por un camión.

Este tipo de perforadoras solo se puede emplear en perforaciones verticales y en diámetro de 6 a 12", donde el volumen de roca es muy grande que justifique su costosa adquisición.

A. 2 Estas perforaciones operan por medio de una línea de perforación formada por una tubería hueca, la que se mueve en forma recíproca a la par del pistón de la perforadora, llevando a su extremo inferior montada la correspondiente barrena con insertos de carburo de tungsteno.

En las perforaciones neumáticas de percusión directa con pistón, por lo general son autopropulsadas, equipadas con monturas de orugas o sobre ruedas. Este tipo de perforadoras -

tienen un campo de aplicación muy limitada ya que solo son -- aplicadas en barrenaciones muy profundas y en rocas suaves.

En ningún caso conviene aplicarlas en barrenos meno-- res de 20 m. y a diámetros menores del orden de 6".

A.3 El elemento básico de las perforadoras neumáticas de - martillo de percusión es un pistón que se mueve en forma reci- procante dentro del cilindro de la perforadora, golpeando en - cada ciclo completo el sanco de acero de barrenación. La ener- gía es transmitida por el acero de barrenación hasta la roca - en el fondo del barreno fragmentándola en pequeñas partículas - que son desalojadas del agujero por medio de una corriente de - aire o de aire y agua, que son inyectadas desde la perforadora - a través de un conducto coaxial interior en el acero de barre- nación llamada conducto de barrenación o soplado.

La broca realiza un continuo cincelado en el fondo del barreno, ya que es impulsada por un movimiento giratorio su- - friendo un desplazamiento angular en cada ciclo completo del - pistón de la perforadora, con lo cual se logra que los filos - de la barrena golpeen diferente en cada golpe sucesivo. Para - obtener un rendimiento óptimo en la barrenación, la broca debe estar en contacto con el fondo del barreno antes de recibir el impacto siguiente, el contacto se consigue ya sea por acción - manual o mecánica. Después de cada golpe, la corriente de aire o aire y agua, limpiarán el frente extrayendo los fragmentos - de roca.

Cualquier tipo de perforadora o martillo de percusión- neumática consta esencialmente de los siguientes mecanismos:

- a) Mecanismos de percusión
- b) Mecanismos de rotación
- c) Sistema de circulación para limpieza y extracción - del corte del barreno.
- d) Dispositivo de empuje.

A continuación se dará una breve explicación de estos- mecanismos:

a) La cantidad de roca que puede ser perforada por una broca de tamaño fijo, en un tiempo unitario, es directamente - proporcional a la cantidad de energía transmitida por el pis- - tón al correspondiente acero de barrenación, por lo cual se de - duce que deberá existir una cierta proporcionalidad entre la - energía transmitida por el pistón y el diámetro del acero de ba - rrenación y de la correspondiente broca, con el fin de que es- - tos sean capaces de resistir a los esfuerzos que se han sometí - do por el efecto de percusión.

b) Como anteriormente se mencionó, las brocas y el ace - ro de barrenación deben tener un movimiento rotatorio destina - do a que en cada impacto subsecuente, los filos de la broca -

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

-60

ataquen una superficie fresca en la roca, con la finalidad de tener un avance más efectivo. Actualmente existen dos sistemas generalizados para impartir dichos movimientos de rotación.

Uno de ellos es aprovechar el movimiento recíproco de del propio pistón de la perforadora, y el otro de montar un dispositivo auxiliar constituido por un motor neumático.

c) A medida que los filos de la roca van golpeando el fondo del barreno, dejan partículas de roca triturada suelta - que debe ser inmediatamente removida con la finalidad de mantener siempre limpia el área de impacto, permitiendo así un efectivo contacto entre la broca y la roca asegurando un mayor rendimiento.

Por lo general, la limpieza del fondo de los barrenos se realiza de dos formas; una, por medio de un chorro de aire que es lanzado contra el fondo del barreno a alta presión con lo cual se remueven las partículas de roca fragmentadas trayéndolas hacia fuera del barreno, este sistema es aplicable en barrenaciones a ciclo abierto donde no se poseen problemas de ventilación. La segunda forma es a base de una mezcla de aire y agua, y se aplica solo en trabajos de perforación de túneles, minas y en general, donde se posee poca ventilación.

Si la barrenación es en seco o en húmedo, el fluido de limpieza o soplado se inyecta desde la propia perforadora y a través de un conducto central coaxial de que se encuentra dotado todo el acero de barrenación hasta conectar con la broca, la que es dotada de conductos que descargan el aire o agua lanzándolo directamente contra el frente de barrenación.

d) Con la finalidad de mantener la broca en constante contacto con el frente de ataque en el fondo del barreno, a efecto de garantizar una correcta presión y un adecuado rendimiento, es necesario que las perforadoras impartan un empuje axial y constante al acero de barrenación, lo cual puede hacerse, bien manualmente, cuando la ligereza de las perforadoras lo permita, o por medio de mecanismos automáticos comúnmente llamados "motor alimentador de empuje" para el caso de perforadoras más pesadas.

Actualmente se utilizan perforadoras alimentadas -- por los siguientes procedimientos de empuje que son:

d.1 Manual.- Es llevado a cabo en perforadoras de mano, las cuales están básicamente diseñadas para operarse manualmente, por lo que la fuerza de empuje es la suma de los componentes del peso de las mismas coaxial al eje del barreno más la fuerza de empuje que aplica el operador de la perforadora. Las perforadoras de mano se clasifican de la siguiente manera:

a) Muy ligeras.- Cuyos pesos son de 30 a 40 libras, se utiliza en trabajos de moneo, anclaje y laboreo en mi

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

67

nas. Su aplicación es económica para practicar barrenaciones - de 1.5m a 2.5m de profundidad y $7/8"$ a $1"$ de diámetro.

b) Ligeras.- Cuyos pesos son de 41 a 54 libras por lo general se utilizan en los trabajos de barrenación de - piso, barrenación secundaria para afine, moneo, etc. Su aplica - ción es económica para perforaciones de 8m como máximo y em - pleando acero de barrenación de $7/8"$ a $1"$ de diámetro.

c) Madianas.- Cuyos pesos varían entre 55 y 64 libras, se utilizan en barrenaciones de bancos a cielo abierto en construcciones de carreteras, presas, etc.

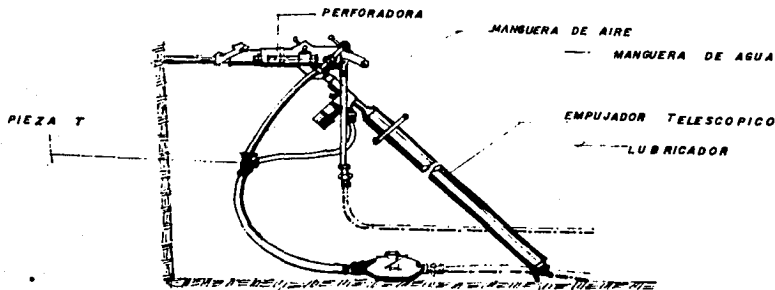
d) Pesadas.- Cuyos pesos son de 65 libras o - más, para perforación manual de hasta 7.6m como máximo, emplean - do acero de $1\ 1/4"$ diámetro o mayor. Este tipo de perforado - ra es comunmente empleada montándola sobre un dispositivo ali - mentador de empuje en trabajos de túneles.

Por lo general, las perforadoras de mano se emplean en perforaciones a cielo abierto donde no existen proble - mas de ventilación. En trabajos de barrenación subterránea - como es el caso de los túneles, las perforadoras se equipan - con mangueras conectadas a una fuente de suministro de agua, - para poder barrenar en húmedo, lanzando una corriente de aire - y agua mezclados, al fondo del barreno con fines de limpieza - del mismo, y para evitar el polvo derivado de la extracción de las partículas de roca.

d.2 Mecánicos.- Estos se dividen en:

a) Mecanismos alimentadores de empuje telescó - pico.- Este tipo de mecanismos generalmente está formado por - una barra que aloja un pistón que se desplaza dentro de su co - rrespondiente cilindro, suministrando así, en forma automática tanto la fuerza de empuje necesaria como el movimiento genéri - co que va haciendo avanzar a la perforadora montada sobre los - mismos, en la medida que progresa la horadación de un barreno.

En la sig. figura, se muestra una perforado - ra de mano montada sobre una pierna de empuje telescópico;



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-62

Las piernas telescópicas tienen una amplia aplicación de trabajos de túneles en minería, ya que con las mismas se les dá una gran versatilidad a las perforaciones manuales obteniéndose con ella rendimientos muy satisfactorios sin ningún incremento apreciable en los consumos de aire. Por otra parte, las piernas se les puede apoyar directamente sobre el piso natural o las plataformas de jumbos, lo cual constituye una ventaja. Otra de las ventajas de las perforadoras montadas sobre dispositivos de empuje telescópico es que puede barrenar empleando acero seccional equipado con brocas intercambiables, bien sea del tipo de uso múltiple o con insertos de carburo de tungsteno, puesto que la fuerza de empuje de los dispositivos de empuje resulta adecuada para estos tipos de broca con las mismas es posible emplear tramos de acero seccional de mayor longitud, con lo que se gana en rendimientos reduciendo los tiempos perdidos en maniobras, lo cual resulta de primordial importancia en túneles en los que la economía va asociada con la rapidez de operación.

d.3 Mecanismos alimentadores formados por un motor neumático y un tornillo sobre un mástil.- Por lo general las perforadoras neumáticas de columna (Drifters) son las que se encuentran montadas sobre un mástil, conjuntamente con su motor neumático de empuje y un tornillo que transmite el movimiento haciendo avanzar o retroceder la perforadora a lo largo del popio mástil.

Este tipo de mecanismos de alimentación tiene su más amplio campo de aplicación en las perforaciones de tipo horizontal.

Las perforadoras de columna son máquinas bastante pesadas, adecuadas para perforar a grandes diámetros y barrenaciones profundas, empleando acero seccional y de brocas intercambiables con insertos de carburo de tungsteno, teniendo una longitud de avance muy grande que permite la utilización de secciones de acero de barrenación muy largas, con lo que se tiene reducción en los tiempos perdidos en maniobras y por consecuencia un incremento en los rendimientos. Son especialmente aptas para barrenaciones en túneles donde se requiere una alta densidad de explosivos en los barrenos, a fin de obtener una roca bien fragmentada que pueda ser fácilmente rezagada con las excavadoras relativamente pequeñas que cabe en los reducidos espacios que suele haber en las excavaciones subterráneas.

Las perforadoras de columna básicamente se clasifican por el tipo de alimentador y por el diámetro del pistón percusor.

Por motor de alimentación:

- Neumático con mecanismo de tornillo.
- Neumático con mecanismo de cadena.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-63

Por diámetro de pistón:

- Ligeras: diámetros hasta de 3½"
- Medianas: diámetros de 4" a 4½"
- Pesadas: diámetros de 5" y mayores

En trabajos de túneles, cuando se trate de barrenar secciones muy grandes, es conveniente montar las perforadoras de columna sobre carros de barrenación llamados "jumbos"; en los que se puede montar un buen número de pistolas -- con lo que se obtiene un gran rendimiento en los trabajos de barrenación. Este tipo de jumbos, por lo general, se utiliza en trabajos a sección completa obteniéndose grandes ahorros en tiempos y costos.

d.4 Mecanismos alimentadores formados por un motor neumático y una cadena montada sobre un mástil.- Este tipo de perforadoras son una variedad de las perforadoras de columna, aunque su uso más generalizado se encuentra montando el mástil correspondiente sobre el chasis de un remolque dotado de ruedas o de orugas; en éste último caso autopropulsores.

Los pistones montados sobre ruedas se emplean principalmente en trabajos, en bancos y canteras donde se requieren barrenos de diámetro de 2" a 4" y de 10 a 15m de profundidad.

Las perforadoras montadas sobre orugas son máquinas muy pesadas diseñadas fundamentalmente para trabajos de barrenación muy profunda a diámetros de 3" o mayores. Son máquinas muy versátiles gracias a la amplitud de movimientos de que les dotan los pistones neumáticos que accionan a la articulación del mástil de perforación.

B. Perforación de rotación.

Las perforadoras rotatorias neumáticas se emplean en obras muy grandes para barrenar en roca suave a grandes diámetros cuando se requiere obtener rocas grandes, sin restricciones en su grado de fragmentación. Normalmente son máquinas autopropulsadas que realizan la perforación por medio de una tubería suspendida desde el mástil y conectada a su respectiva compresora por mangueras y un encastre giratorio, los que en su extremo inferior llevan montada una barra que normalmente es de tipo tri cónicos de roles giratorios para el interior de la tubería de perforación, se inyecta el aire que sirve como medio enfriador de la herramienta y como limpiador expulsando al exterior del barreno las partículas obtenidas en el corte.

B.1 Perforadoras rotatorias con herramientas abrasivas.

Las perforadoras diamante con motor de gasolina o -- neumático, son los más utilizados en trabajos de perforación -- empleando brocas de acero con insertos de diamante, las que --

gracias a un movimiento rotatorio realizan la perforación por abrasión a la roca.

En este tipo de perforadoras, el corte se extrae en algunos casos por medio de una corriente de lodos y en otros, por medio de tubos muestreadores.

Las perforadoras de diamante, debido a su elevado -- costo de operación, especialmente en lo que respecta al consumo de brocas, prácticamente no se emplean en trabajos de barrenación, siendo su principal campo de operación los trabajos de exploración geológica y las perforaciones para el inyectado de roca en cimentaciones.

C. Perforadoras por Fusión.

Las perforadoras por fusión realizan el trabajo de perforación o barrenación por medio de un instantáneo calentamiento de la roca en el frente de trabajo, calentamiento que se realiza por fusión, proporcionando el calor necesario a partir de la combustión de una tubería de hierro en forma de oxígeno, en algunos casos mezclado con gas hidrógeno. En otras máquinas el calentamiento de las rocas se realiza atacándola directamente por medio de un chorro de gas a alta velocidad y en estado de ignición.

La perforación por fusión tiene su campo de aplicación en las perforaciones de pozos petroleros, donde se han registrado rendimientos de 9m/hora en roca como tactionita; 6m/hora en perforación de 9" de diámetro de granito.

IV.2.1.3.2 ACERO Y BROCAS DE BARRENACION.

La barrenación con perforadoras neumáticas de pistón reciprocante se realiza empleando barras de acero sometidas a tratamientos especiales (térmicos de carburación), los que se clasifican de la siguiente manera:

- Acero integral.
- Acero hueco de barrenación.
- Acero seccional.

Cualesquiera que sea el tipo de acero, en el extremo inferior de la "sarta de barrenación", se encuentra montada la correspondiente broca que es la que directamente ataca el fondo del barreno.

A continuación se hará una breve descripción de los diferentes tipos de acero.

Acero Integral. - Está formado por una sola pieza en la que se encuentran incorporados, todos los elementos de la "sarta de barrenación". El acero integral de barrenación es empleado para barrenos con diámetros hasta de 1 3/4", principalmente con máquinas perforadoras de mano y en menor escala con perfo-

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-65

radoras equipadas con mecanismos alimentadores de empuje. La mayoría del acero integral es fabricado con brocas tipo cincel con insertos de carburo de tungsteno y con un zanco equipado con cuello o collar que tiene la finalidad de apoyar firmemente en el broquero y porta herramientas.

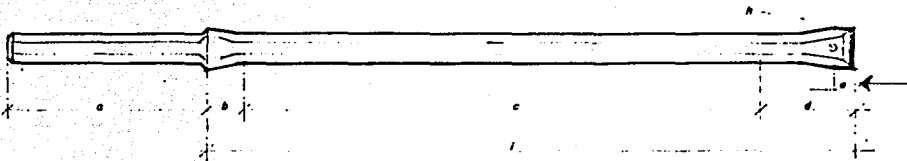
El acero integral se fabrica en secciones hexagonal, cuadrada, plana y redonda, siendo el hexagonal el de mayor demanda.

Tiene las siguientes ventajas:

- El diámetro de la broca puede desgastarse hasta llegar a tener un diámetro igual al del vástago del acero, lo que tiene como consecuencia que el acero puede continuar utilizándose -- aún en el caso de que el diámetro de la broca se haya reducido hasta un diámetro igual al del vástago de la barra; que el diámetro del barrenado no requiere ser aumentado para dejar un apreciable espacio anular entre sus paredes y el diámetro del vástago del acero, como ocurre en brocas de tipo intercambiable, -- en que el diámetro del barrenado es mucho mayor que el del acero que se pueden realizar barrenos con diámetros menores, lo que significa que, a una misma capacidad de perforadora, sostendrán mayores rendimientos, reduciendo por lo tanto el costo unitario por metro de barrenación.

- El acero integral es mucho más fácil de extraer del barrenado, incluso en aquellos casos en que queda parcialmente atrapado en el mismo.

En la siguiente figura se muestran las partes que forman una barrena de acero integral, con broca tipo cincel.



a.- espiga o zanco
b.- cuello o collar.
c.- vástago
d.- broca.

e.- inserción de metal duro
h.- conducto de ventilación y circulación
i.- largo de la barrena.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- 66

Acero Hueco Seccional de Barrenación. - Por acero hueco seccional de barrenación se entiende barras de acero huecas dotadas de rosca en cada uno de sus extremos, su aplicación es con veniente en barrenaciones en rocas duras, barrenos muy profundos, preferentemente de grandes diámetros y muy especialmente en perforadoras equipadas con motor neumático de alimentación.

Acero Seccional. - Con la aparición de brocas con insertos de carburo de tungsteno, así como máquinas perforadoras neumáticas del tipo de pistón recíprocante, cada vez más pesadas y equipadas con poderosos motores alimentadores, la técnica de la barrenación se revolucionó, ya que la barrenación a grandes profundidades, que antes era exclusivamente realizada por perforadoras de diamante, se vio desplazada por las perforadoras neumáticas pesadas obteniéndose trabajos y resultados mucho más económicos.

El empleo del acero seccional tiene las siguientes ventajas y desventajas:

- Es posible barrenar económicamente a grandes profundidades y diámetros.

- Es posible realizar excavaciones abatiendo notablemente los precios unitarios, cuando se trabajan bancos de gran altura con barrenos de gran diámetro en los que se puede alojar un mayor contenido de explosivos.

- El rendimiento disminuye entre mayor es el número de secciones empleadas en un barrenó.

- El costo unitario por unidad de longitud para una misma profundidad es mayor empleando acero seccional que el integral lo cual solo puede ser compensado en barrenaciones a grandes profundidades.

- Se reduce la necesidad de personal muy especializado, ya que las perforadoras que utilizan acero seccional pueden ser efectivamente operadas por personal sometido a un corto entrenamiento.

IV. 2. 1. 3. 3 SELECCION DEL EQUIPO DE BARRENACION

La selección del equipo de barrenación adecuado reside en procurar la máxima economía en los trabajos, pero existen numerosos factores que afectan la selección, entre los que se destacan los siguientes:

- a) La topografía del terreno.
- b) La profundidad de los barrenos, pues en tanto más profundos sean, más pesadas deberán ser las perforadoras.
- c) La dureza y tenacidad de la roca.
- d) El grado de fracturamiento y de cimentación de la roca, del que dependerá la posibilidad de caídos dentro del barrenó.
- e) Volúmen de barrenación.
- f) Sitio donde se realizarán los trabajos de barrenación.

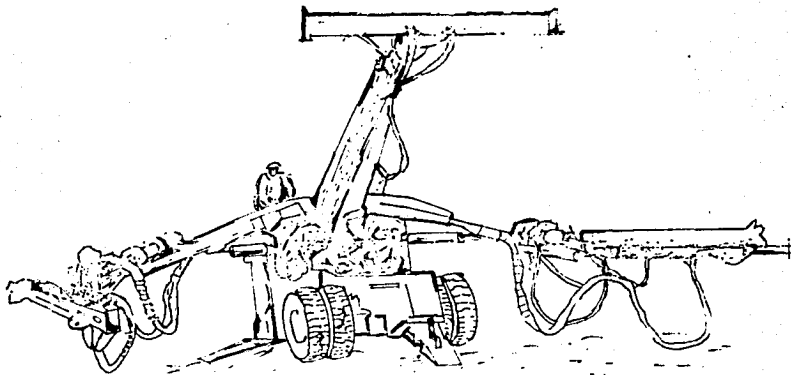
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-67

Cada obra en particular requiere de un cuidadoso estudio para determinar el equipo de barrenación más adecuado, con el cual se pueden conducir las operaciones al menor tiempo y - costo posible.

Se propone emplear el siguiente equipo para el trabajo de barrenación de este túnel:

a) Un jumbo de barrenación tipo pórtico con tres brazos en los cuales se encuentran montadas perforadoras neumáticas - (SFH 123), como las que se muestran en la siguiente figura.



b) Un compresor de 900 (pcm), montado sobre cuatro ruedas motor diesel y de 280 hp. equipado con mangueras de 1" de diámetro, que trabajarán a una presión de 150 lb/pulg². El cálculo de la capacidad del compresor se muestra en el análisis - del ciclo de barrenación.

c) El acero de barrenación será acero integral hexagonal marca (COROMANT), serie 12 de 1 1/4 de diámetro, con broca de inserto de carburo de tungsteno tipo cincel de 32mm. de diámetro con una longitud de 3,200mm. en el ataque a sección completa y media sección, y de 6,400mm. en el banqueo.

La barrenación se hará en húmedo para evitar el polvo producido por la fragmentación de la roca.

El movimiento de este jumbo en el frente de barrenación se hará empleando el equipo de carga que se utiliza para la rezaga, levantándolo por la parte posterior y rodándolo hacia delante o hacia atrás, según sea requerido.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- 68

Para justificar la selección de este equipo se analizarán los ciclos de barrenación por el ataque a sección completa y a media sección superior y banqueo.

A) CALCULO DEL COMPRESOR

Cálculo de la capacidad requerida del compresor, para alimentar tres pistolas neumáticas tipo (SFH 123), para perforación en húmedo.

Para barrenación en húmedo se requiere de 218 pcm por pistola a una presión de trabajo 80 psi.

Factores de corrección.

K_1 = por presión de trabajo.

Se supone que las perforadoras entregan el aire a igual a la óptima de operación por lo tanto $K_1 = 1.00$

K_2 = corrección por uso.

Se estima un valor de 1.05, para las perforadoras dentro del periodo del vida económico.

K_3 = factor de diversidad.

Puesto que las perforadoras tienen un mecanismo de avance automático, se tiene un grado de utilización del 90%, - por lo tanto $K_3 = .90$

K_4 = pérdidas de aire en la conducción.

Puesto que se tiene una longitud de conducción corta (190 m), se toma un factor de 1.05

$$\text{Consumo total} = 218 \text{ pcm} \times 3 \times 1.00 \times 1.05 \times 0.90 \times 1.05 = 649 \text{ pcm}$$

Un compresor de 600 pcm no sería suficiente para satisfacer las necesidades del frente de excavación; por otra parte uno de 900 pcm, resultaría sobrado, aunque podría ser empleado conectándole motores pequeños cuya necesidad siempre se presenta en túneles como; barrenación secundaria para afine, anclaje etc.

B) CICLO DE BARRENACION A SECCION COMPLETA.

Datos:

$$\text{Volumen de roca por voladura} = 217.5 \text{ m}^3.$$

$$\text{Avance por voladura} = 2.70 \text{ m}$$

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-69

Equipo.- Jumbo de Barrenación con 3 brazos, con perforadoras neumáticas (SFH 123), acero de barrenación integral de 1 1/4" de diámetro, con broca tipo cincel de 32 mm. de diámetro.

Cargador sobre orugas 955(cat)

Camiones de volteo de 7 m³, con motor diesel.

Cálculo de Barrenación.

La voladura tiene 86 barrenos de 32 mm. más dos de 3", - con estas máquinas cada barreno de 3" corresponde a 5 barrenos de 32 mm. por lo tanto:

Número de barrenos = 86 + 10 = 96 barrenos

*Número de barrenos por brazo = $\frac{96}{3} = 32$ barrenos por --
brazo.*

Las perforadoras neumáticas SFH 123 tienen un rendimiento aproximado de 2 minutos por metro lineal en rocas medianas- como lo es la andesita.

Tiempo por barreno = 3m x 2 min./m = 6 min. por barreno

Tiempo de barrenación = 32 x 6 = 192 min.

Topografía = 20 min.

Meter y sacar jumbo = 30 min.

Carga.- se suponen 4 pobladores de los cuales cada poblador carga un barreno en 2 - minutos, por lo tanto:

Tiempo de carga = 86/4 = 22 barrenos/p x 2 min. 44 min.

Conexión y disparo = + 20 min.

Total: 306 min.

Tiempo en horas = 5.5 hr.

Ventilación = .5 hr. 30 min.

Rezaga.

Volumen a rezagar = 217.5 x 1.4 = 304.5 m³

Capacidad del cucharón 3 yd³ = 2.3 m³

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-70

Factor de carga en roca fragmentada = 85%

Volumen por ciclo = $2:3 \times 85\% = 1.95 \text{ m}^3$

Número de ciclo para cargar un camión de $7\text{m}^3 =$

$$\frac{7 \text{ m}^3}{1.95} = 3.6 \text{ ciclos.}$$

Tiempo por ciclo = $3.6 \times 42 \text{ min.} = 1.5 \text{ min.}$ por lo tanto 1.5----- 7m^3

50 min.----- X

$$X = 350/1.5 = 233 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

Tiempo de rezaga = $\frac{304.5 \text{ m}^3}{233 \text{ m}^3/\text{hr}} = 1.3 \text{ hr.} \times 60 \text{ min.} = 78 \text{ min.}$

Meter y sacar cargador = 10 min.

Tiempo de reserva = 20 min.

Tiempo total de rezaga = 108 min.

Tiempo en horas = 1.8 hr.

Tiempos muertos = .7 hr.

Tiempo total ciclo = 8 hr. 480 min.

C) CICLO DE BARRENACION A MEDIA SECCION SUPERIOR Y BANQUEO.

A media sección superior:

Volumen de roca por voladura = 166 m^3

Avance por voladura = 2.70 m

Equipo.- Se utilizará el mismo equipo que se usó en el ataque a sección completa.

Cálculo de la Barrenación.

La voladura tiene 70 barrenos de 32 mm. más dos de 3", - con estas máquinas cada barreno de 3" corresponde a 5 barrenos de 32 mm. por lo tanto:

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-71

No. de barrenos = 70 = 10 = 80 barrenos

No. de barrenos por brazo = $\frac{80}{3} = 27$

Tiempo por barreno = 6 min.

Tiempo de barrenación = 27 x 6 = 142 min.

Topografía = 20 min.

Meter y sacar jumbo = 30 min.

Carga.- Se suponen 4 pobladores de los-
cuales cada poblador carga un -
barreno en 2 min., por lo tanto:

Tiempo de carga = $.70/4 = 17.5 \times 2$ min. 35 min.

Conexión y disparo 15 min.

Tiempo total de barrenación: 242 min.

Tiempo en horas = 4.0 hrs.

Ventilación = .5 hrs. 30 min.

Rezaga.

Volumen por rezagar = $166 \times 1.4 = 232 \text{ m}^3$

Capacidad del cargador = $233 \text{ m}^3 / \text{hr.}$

Tiempo de rezaga = $\frac{232}{233} = 1.00 \text{ hr.} \times 60$ 60 min.

Meter y sacar cargador = 10 min.

Tiempo de reserva = 20 min.

Tiempo total en la rezaga: 90 min.

Tiempo en horas = 1.5 hrs.

Tiempo de colocación soporte = 2 hrs.

Tiempo total ciclo: 8 hrs.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

-72

D) BANQUEO

Volumen de roca por voladura = 207.90 m^3

Avance por voladura = 5.40 m

Equipo.- Se empleará el mismo equipo que se empleó en el ataque a media sección superior, a excepción de la longitud del acero de barrenación que en este caso será de 6,400 mm.

Cálculo de la barrenación.

La voladura tiene 21 barrenos de 32 mm. de diámetro.

No. de barrenos por brazo = $21/3 = 7$ barrenos por brazo

Tiempo por barreno = $6 \text{ m} \times 2 \text{ min.} = 12 \text{ min./barreno.}$

Tiempo de barrenación = 12×7 84 min.

Topografía = 20 min.

Meter y sacar jumbo = 30 min.

Carga.- Se suponen 4 pobladores de los cuales cada una carga un barreno en 5 min.

No. de barrenos por poblador = $21/4 = 5.25$

Tiempo de carga $5.25 \times 5 =$ 26 min.

Conexión y disparo = 20 min.

Tiempo total de barrenación: 180 min.

Tiempo en horas = 3.0 hrs,

Ventilación = 5. hrs. 30 min.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Rezaga.

Volumen por rezagar = $207.90 \times 1.4 = 291.00 \text{ m}^3$

Capacidad del cargador = $232 \text{ m}^3/\text{hr}$

Tiempo de rezaga = $\frac{291}{232} = 1.25 \times 60 = 75 \text{ min.}$

Meter y sacar cargador = 10 min.

Tiempo de reserva = 20 min.

Tiempo total de rezaga: 105 min.

Tiempo en horas = 1.75 hrs.

Colocación soportes = 2.5 hrs.

Tiempo total ciclo: 8 hrs.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-74

IV.2.1.4 CARGA DE EXPLOSIVOS Y CONEXION ELECTRICA

La carga de los barrenos con explosivos es una operación altamente calificada que debe reclamar nuestra atención no solo en su eficiencia técnica sino también por consideraciones de seguridad, y por una correcta distribución del explosivo.

Una vez realizada la barrenación de la sección superior se procede a la limpieza del barreno con aire comprimido utilizando "el solpador"; en caso de presentarse derrumbes dentro de los barrenos se usarán "las cuchillas" para desalojarlos.

Si llegase a presentarse filtraciones de agua en los barrenos, éstos deberán ademarse con tubos de plástico y posteriormente introducir la carga de explosivos, que en este caso, por presentarse agua se recomienda utilizar gelatina extra (40%) del mismo diámetro que la gelatina no.2

La carga se efectuará de la siguiente manera: en el primer cartucho que se insertará colocado el estopín del número correspondiente de acuerdo al diagrama, con su extremo apuntando hacia la boca del barreno como se muestra en la fig. no.12

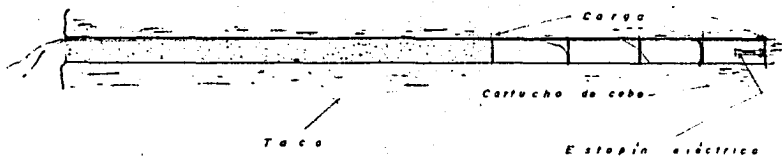


Figura No. 12

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-75

No se insertarán más de dos cartuchos al mismo tiempo, para así obtener la máxima densidad de carga, retacando firmemente con un faínero de madera los cartuchos siguientes.

Al efectuar la carga de esta forma ofrece varias ventajas: la carga puede retirarse y el barreno limpiarse si se encuentra alguna obstrucción menor en el cargado, también asegura -- que el cebo (cartucho con estopín) no se separe de la carga al salir los alambres del estopín durante la colocación del taco.

El consumo de dinamita se efectuará con Gelamez No.2 (40%) de 1" ó 1 1/8 de la CME (Dupont).

Para detonar la dinamita se usarán estopines eléctricos tipo MS y Acudet Mark B, con alambre de 10" de longitud.

La conexión se efectuará en series paralelas que posee la gran ventaja de disparar un gran número de estopines sin una gran cantidad de corriente.

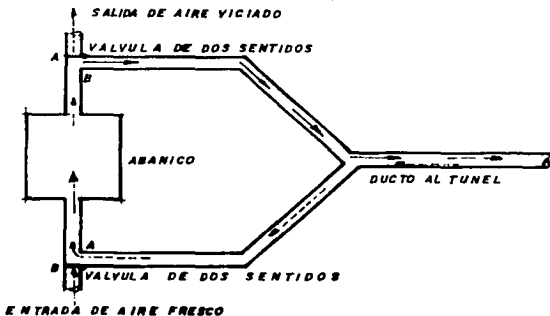
La caída de voltaje requerida es de 220 volts., por lo cual, para la detonación se recomienda usar una máquina explosora de SS-1000.

IV.2.1.5 VOLADURA

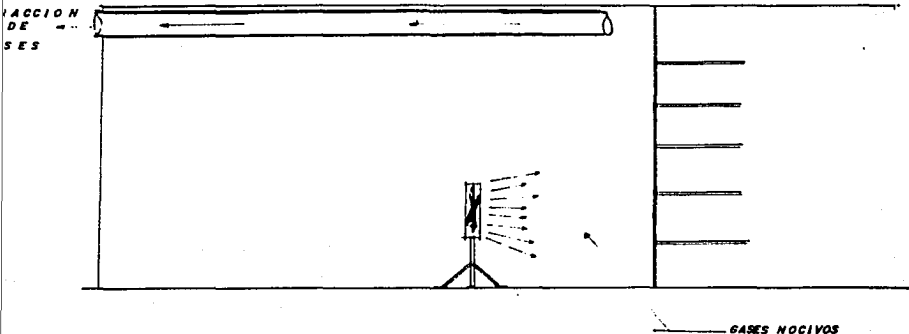
Previamente a la voladura se deberá retirar todo el personal del frente, y el equipo con el cual se efectuó la barrenación, y deberá ser colocado a una distancia adecuada para que no sea afectado por el disparo; se proponen 30 m. del frente.

IV.2.1.6 VENTILACION

Las instalaciones se diseñaron para permitir la operación del sistema de ventilación por inyección de aire fresco durante las operaciones de barrenación y rezago, y extracción de -- aire durante la carga y voladura; el regreso del flujo se podrá llevar a cabo por medio de un arreglo de ducto y válvula -- como se indica en la siguiente figura.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Al inyectar aire fresco en el túnel se dejará escapar cerca del frente de trabajo y a medida que fluya a través del túnel hasta el portal de acceso, acarreará con él el polvo y los gases. Al utilizar este método de extracción, el polvo y el aire viciados son absorbidos por el ducto cerca del frente de trabajo ocasionando que haya así un flujo de aire fresco hacia dentro del túnel por el portal. El uso de este método tiene la ventaja de sacar más rápidamente el aire viciado de los espacios ocupados por los obreros y que cualquier cambio de ventilación podrá ser controlado.

A continuación se hará el análisis de la cantidad de aire necesaria.

- a) Requerimiento de aire para el personal.- Se calcula con $1.5 \text{ m}^3/\text{min.}$, por persona, y se supone que la plantilla completa en el frente está formada por 15 personas.

$$\text{Requerimiento de aire} = 15 \times 1.5 = 22.5 \text{ m}^3/\text{min.}$$

- b) *Requerimiento de aire durante la voladura.- Se considera un consumo de 240 kg de explosivos en este frente.*

t = tiempo de ventilación = 30 min.

Q = consumo de explosivos = 240 kg.

Requerimiento de aire = $36 (Q/T) = 36 (240/30) =$

288 m³/min.

Se calcula con cuatro motores(diesel) con una potencia de 75 hp. cada una.

Se necesita 2.5 m³/min de aire fresco por hp.

Requerimiento de aire = $4 \times 2.5 \times 75 = 750 \text{ m}^3/\text{min}.$

Se dimensiona la ventilación para el equipo diesel y el personal, ó para los pasos de la voladura. En este caso predomina el equipo de diesel y el personal, con 22.5 -- m³/min. más 750 m³/min. comparado con 288 m³/min. de la voladura.

Por la altura sobre el nivel del mar se aplica el factor de 1.55

Requerimiento dimensionado = $772.5 \times 1.55 = 1200 \text{ m}^3/\text{min}$

Diámetro del tubo de ventilación.- Para evitar turbulencias excesivas y pérdidas altas por fugas y fricción se limita la velocidad del aire en el tubo a 20 m/seg.

Para $V = 20 \text{ m/seg}.$

$$d = 0.25 \sqrt{q} = 0.25 \sqrt{1200/60} = 1.12 \text{ m.}$$

Se escoge un diámetro de 1.20 m. y ventiladores de 2 x 25 hp. cada uno.

El extremo de la tubería debe mantenerse a unos 30 m. - del frente y protegido con una rejilla para evitar que se introduzcan las piedras de la voladura.

ANÁLISIS CON MÉTODO DE ORIGEN

IV.2.1.7 REZAGA

Una vez realizada la tronada de la sección superior y --- habiendo transcurrido un tiempo mínimo de 30 minutos, se procede a cargar el material producido de la voladura, para lo cual se propondrán dos alternativas.

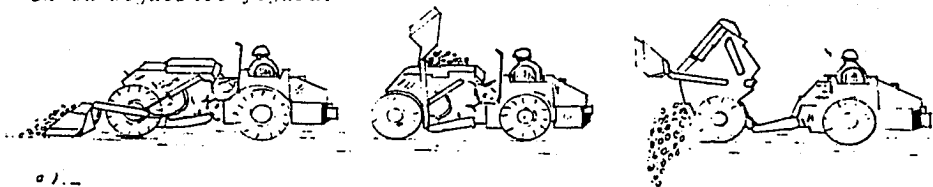
Alternativa No.1. - La rezaga se podrá efectuar con un cargador 955 - L sobre orugas, el cual descargará sobre camiones de volteo (motor diésel) de 7 m³ de capacidad, los cuales contarán con un libradero adecuadamente localizado en el interior del túnel; para facilitar la labor de carga y transporte deberán entrar en reversa.

Alternativa No.2. - Debido a que la longitud del túnel es - relativamente corta (190 mts.), se puede utilizar el método de carga-transporte-descarga (LHID), el cual ha constituido un avance positivo en la mecanización de las labores subterráneas ya que poseen facilidad de maniobra en corto espacio, y rapidez de desplazamiento.

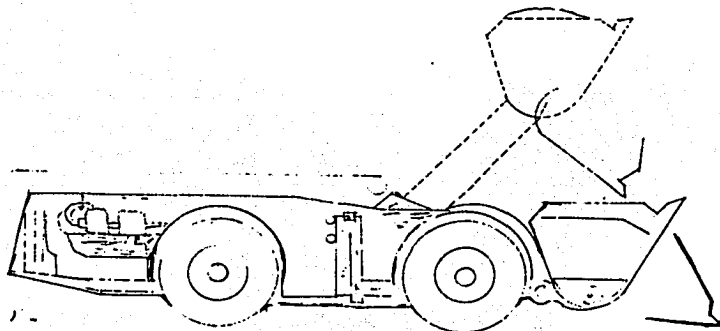
Existen dos tipos de cargadores - transportadores:

- a) Las que utilizan el cucharón para cargar el material en una caja propia, transportándolo en ella.
- b) Máquinas que realizan el transporte sobre el mismo cucharón de carga.

Los dos tipos de cargadores - transportadores se muestran en la siguiente figura.



a) -



b) -

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-79

IV.2.2. EXCAVACION A SECCION COMPLETA

Este método es excavar a sección completa, y será probable en roca sana, según la tabla No.1

IV.2.2.1 BARRENACION DE LA SECCION COMPLETA

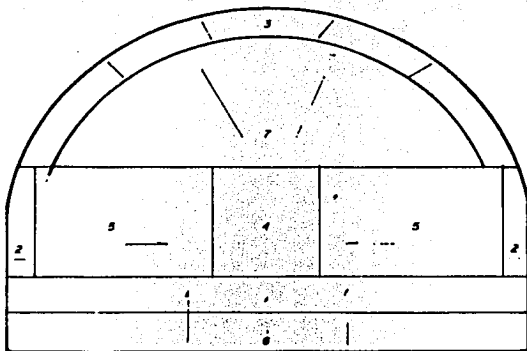
La barrenación se hará con barrenos de 31 mm. de diámetro, con una profundidad de barrenación de 3.20 mts. usando un cuele con barrenos paralelos tipo cilíndrico, con dos barrenos centrales de 75 mm. de diámetro sin carga.

A.- CALCULO DEL DIAGRAMA DE BARRENACION Y CARGA DE LOS BARRENOS.

La secuencia de cálculo que se utilizará para la distribución de los barrenos de la sección completa será la siguiente:

- 1.- Barrenos de piso
- 2.- Barrenos de pared
- 3.- Barrenos de techo
- 4.- Cuña y ayudantes
- 5.- Ayudantes salida horizontal
- 6.- Ayudantes salida hacia arriba
- 7.- Ayudantes salida hacia abajo.

En la figura No. 13 puede observarse la distribución de la secuencia de cálculo.



ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

ANÁLISIS CON CANTIDAD DE ORIGEN

-80

A.1 BARRENOS DE PISO

El lugar de la cuña depende de los barrenos de piso y por eso se calcularán primero.

DATOS PARA BARRENOS DE PISO								
DIAMETRO - DEL BARRENO.	PROFUNDIDAD DEL BARRENO	BORDO	ESPACIAMIENTO	CARGA DE FONDO	CARGA DE COLUMNA	TACO		
mm	m	m	m	kg	kg/m	kg	kg/m	m
31	3.20	.90	.95	1.00	.95	1.30	.65	.20

- La desviación de 0.03 m para máquinas de brazos

- Bordo - desviación = 0.90 - 0.10 = 0.97 m.

- Espaciamiento según tabla = 0.95

- Distribución en el ancho del túnel = $\frac{11}{0.95} = 12$

- Espaciamiento real = $\frac{11}{12} = 0.9$

- Carga de fondo = 1.0 kg

- Carga de columna = 1.30 kg

A.2 BARRENOS DE PARED

DATOS PARA BARRENOS DE PARED								
DIAMETRO - DEL BARRENO.	PROFUNDIDAD DEL BARRENO	BORDO	ESPACIAMIENTO	CARGA DE FONDO	CARGA DE COLUMNA	TACO		
mm	m	m	m	kg	kg/m	kg	kg/m	m
31	3.20	.80	0.95	0.5	0.95	0.90	0.40	0.40

El bordo en este caso está dado por las dimensiones de la cuña que son de 2 x 2 m.

- Espaciamiento según tabla = 0.95
- Distribución vertical = $\frac{2}{0.95} = 2.1$ se toma el valor de 2
- Espaciamiento real = $\frac{2}{2} = 1.00$
- Carga de fondo = 0.5 kg.
- Carga de columna = 0.90 kg

A.3 BARRENOS DE TECHO

DATOS PARA BARRENOS DE TECHO								
DIAMETRO DEL BARRENO	PROFUNDIDAD DEL BARRENO	BORDO	ESPACIAMIENTO	CARGA DE FONDO		CARGA DE COLUMNA		TACO
mm	m	m	m	kg	kg/m	kg	kg/m	m
31	3.20	0.80	0.95	0.50	0.95	0.70	0.30	0.40

- Espaciamiento según tabla = 0.95 que se distribuye en el arco del techo que tiene una longitud aproximada de 14.00 m.
- Distribución en el arco = $\frac{14}{0.95} = 95$
- Carga de fondo = .50 kg.
- Carga de columna = 0.70 kg

A.4 CUÑA Y AYUDANTES

Se utilizará la misma cuña que se usó para la excavación de la sección superior, la cual es una cuña con barrenos paralelos tipo cilíndrico, con dos barrenos centrales de 76 mm. de diámetro y vacíos.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- 82

A.5 BARRENOS CON SALIDA HORIZONTAL

DATOS PARA BARRENOS CON SALIDA HORIZONTAL

DIAMETRO DEL BARRENO	PROFUNDIDAD DEL BARRENO	BORDO	ESPACIAMIENTO	CARGA DE FONDO	CARGA DE COLUMNA	TACO
mm	m	m	m	kg	kg/m	m
31	3.20	.90	0.95	1.00	0.95	0.85

- Espaciamiento según tabla = 0.95
- Distribución horizontal = $\frac{4.50}{0.95} = 4.7$ se toma el valor de 5.0
- Espaciamiento real = $\frac{4.5}{5} = .90$
- Distribución vertical = $\frac{2.0}{0.95} = 2.1$ se toma el valor de 2
- Espaciamiento práctico = $\frac{2.0}{2.0} = 1.0$
- Carga de fondo = 1.00 kg
- Carga de columna = 0.85

A.6 BARRENOS CON SALIDA HACIA ARRIBA

Normalmente se introduce la cuña directamente sobre el borde de los barrenos de piso, pero con la sección de portal es más conveniente cubrir la cuña a otro bordo.

Con la cuña más arriba se obtiene la ventaja de que existe más distancia hacia las paredes, permitiendo así oscilar con la cuña más al centro.

DATOS PARA BARRENOS CON SALIDA HACIA ARRIBA

DIAMETRO DEL BARRENO	PROFUNDIDAD DEL BARRENO	BORDO	ESPACIAMIENTO	CARGA DE FONDO	CARGA DE COLUMNA	TACO
mm	m	m	m	kg	kg/m	m
31	3.20	0.90	0.95	1.00	0.95	0.85

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-83

- Espaciamiento según tabla = 0.95
- Distribución en lo ancho del túnel = $\frac{11.00}{0.95} = 12$
- Espaciamiento real = $\frac{11.00}{12.00} = .91$
- Carga de fondo = 1.00 kg.
- Carga de columna = 0.85 kg.

A.7 BARRENOS CON SALIDA HACIA ABAJO

DATOS PARA BARRENOS CON SALIDA HACIA ABAJO

DIAMETRO - DEL BARRENO	PROFUNDIDAD DEL BARRENO	BORDO	ESPACIAMIENTO	CARGA DE FONDO	CARGA DE COLUMNA	TACO		
mm	m	m	m	kg	kg/m	kg	kg/m	m
31	3.20	0.85	1.10	1.00	0.95	0.85	0.50	0.45

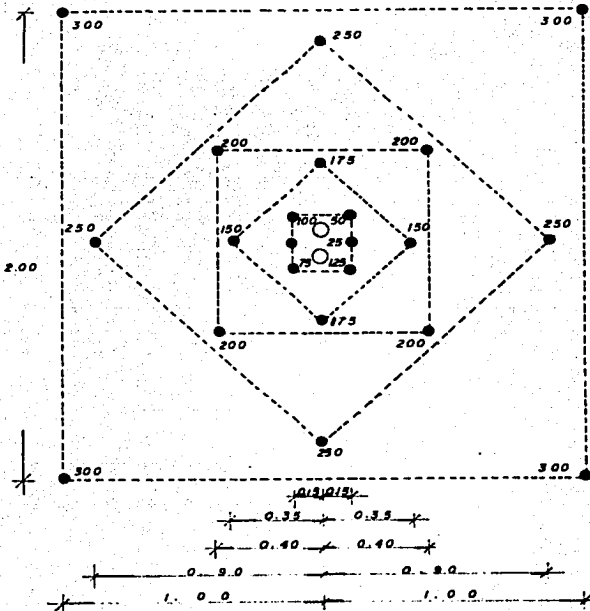
El arco de los ayudantes con salida hacia abajo deberá separarse de los barrenos de techo 0.80 cm. que es el bordo indicado para los barrenos de techo.

- Espaciamiento según tabla = 1.10 que se distribuye en lo largo del arco, que tiene una longitud aproximada de -- 10 m.
 - Distribución en el arco = $\frac{10}{1.10} = 9.00$
 - Espaciamiento real = $\frac{10}{9.00} = 1.10$; se tomará un espaciamento de 1.00 para obtener una distribución más uniforme de los barrenos.
- A partir de la hilera de la parte superior de la cuña se formarán hileras a cada 0.85 que es el bordo indicado.
- Espaciamiento según tabla = 1.10
 - Distribución = $\frac{8.00}{1.10} = 7.20$; se toma el valor de 7.00

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- Espaciamiento real = $\frac{8.00}{5.6} = 1.40$; se tomará el valor de 1.15 para obtener una distribución más uniforme.

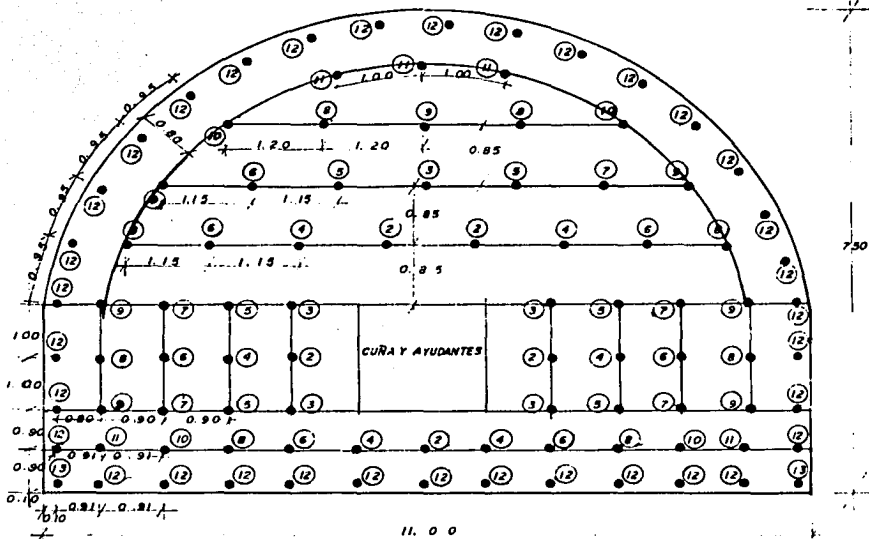
B. DIAGRAMAS DE BARRENACION
Cuña y ayudantes.



Nota.- Acotaciones en metros
Barrenos centrales de 76 mm. de diámetro vacíos.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Sección completa



SECUENCIA DE CALCULO

1. barrenos de piso
2. barrenos de pared
3. barrenos de techo
4. cuña y ayudantes
5. ayudantes salida horizontal.
6. ayudantes salida hacia arriba
7. ayudantes salida hacia abajo.

Figura No. 13

Nota. Anotaciones en metros
Los números encerrados en círculos indican la secuencia de ignición.

DATOS DE CARGA DE LA CUÑA Y AYUDANTES

TIPO DE BARRENO	ESTOPIN No.	PROFUN- DIDAD.	NUMERO DE BA- RRENO	CARGA- DE FON- DO. kg	CARGA DE COLUMNA kg	CARGA POR BARRENO kg	CARGA TOTAL kg
Cuña	Instantáneo	3.20	1	0.10	0.75	0.85	0.80
Cuña	ms(25 - 125)	3.20	5	0.10	0.75	0.85	4.25
Ayudante	ms(150 - 175)	3.20	4	0.25	0.85	1.10	4.40
Ayudante	ms(200)	3.20	4	0.45	0.90	1.35	5.40
Ayudante	ms(250)	3.20	4	0.75	1.00	1.75	7.00
Ayudante	ms(300)	3.20	4	1.00	0.85	1.85	7.40
			22				29.30 kg

Tabla No. 1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DATOS DE CARGA DE BARRENOS SECCION COMPLETA

BARRENOS	BORDO	(E)	(N)	(E)	NUMERO	CARGA DE		CARGA DE		TACO (m)	TOTAL kg
		ESPACIA- MIENTO TEORICO	NUMERO D' ESPACIOS N=LONG E	ESPACIA- MIENTO E=LONG N	DE BARRE- NOS	kg	kg/m	kg	kg/m		
Piso 12 y 13	0.90	0.95	12	0.91	13	1.00	0.95	1.30	0.65	0.20	29.9
Pared 12	0.80	0.95	2	0.95	3	0.50	0.95	0.90	0.40	0.40	8.4
Techo 12	0.80	0.95	15	0.95	14	0.50	0.95	0.70	0.30	0.40	16.80
Cuña											29.30
Ayudantes salida hor. 2 a 9	0.90	0.95	2	1.0	3	1.00	0.95	0.85	0.50	0.45	44.40
Ayudantes salida hacia arriba 2 a 12	0.90	0.95	12	0.91	13	1.00	0.95	0.85	0.50	0.45	24.05
Ayudantes salida hacia abajo 2 a 11	0.85	1.10	7 6 4	1.15 1.15 1.20	8 7 5	1.00	0.95	0.85	0.50	0.45	42.55

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Area de la sección = 75 m^2 .

Avance estimado por voladura = $.90 \times 3 = 2.70$

Volumen por voladura = $75 \times 2.7 = 217.5 \text{ m}^3$.

Coefficiente de carga = $\frac{95.4}{217.5} = 90 \text{ kg/m}^3$.

Coefficiente de barrenación = $\frac{195.4 \times 3}{217.5} = 2.69 \text{ m/m}^3$.

Tabla No. 5

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- 88

IV.2.2.2 EQUIPO DE BARRENACION

Se usará el mismo equipo que se utilizó para la excavación a media sección y banqueo.

IV.2.2.3 CARGA DE EXPLOSIVOS Y CONEXION ELECTRICA

Se deberán seguir las mismas recomendaciones indicadas en el procedimiento de excavación con explosivos a media sección y banqueo.

IV.2.2.4 VOLADURA

Se deberán seguir las mismas recomendaciones indicadas en el procedimiento de excavación con explosivos a media sección y banqueo.

IV.2.2.5 VENTILACION

Se deberán seguir las mismas instrucciones dadas para el procedimiento de excavación con explosivos a media sección y banqueo.

IV.2.2.6 REZAGA

Se usará el mismo equipo propuesto para la rezaga del material usado en la excavación con explosivos a media sección y banqueo.

IV.3 COLOCACION DEL SOPORTE

Como anteriormente se mencionó, el sistema de soporte consiste en anclas de fricción tipo GS-A 3/4" F combinado con concreto lanzado (shot creta) y malla de alambroón de 1/8" de diámetro y con aberturas de 2 x 2" para detener algún desprendimiento de piedras pequeñas.

El soporte se colocará inmediatamente después de retirar el material producto de la rezaga correspondiente a la sección superior colocando primeramente las anclas y después el concreto lanzado.

Inmediatamente después del banqueo se colocará el resto de las anclas de acuerdo al patrón de anclaje y se terminarán de revestir las paredes con concreto lanzado; lo anterior se lleva a cabo en el procedimiento de excavación a media sección su

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

perior y banqueo.

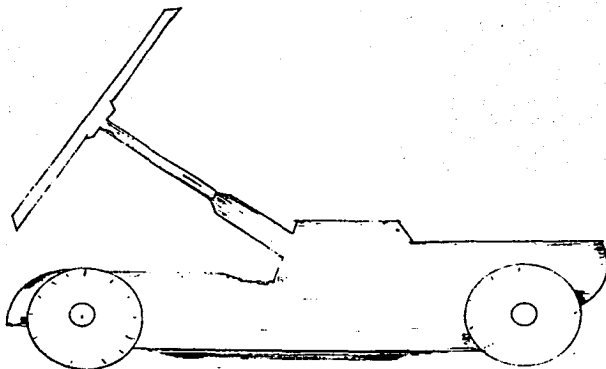
En cuanto a la colocación del soporte en el procedimiento de excavación a sección completa, después de efectuar la resaca del material, se procederá a colocar las anclas y la malla revistiéndolo posteriormente con concreto lanzado.

IV.3.1. COLOCACION DE LAS ANCLAS

Para la colocación de las anclas se deberá contar con el siguiente personal y equipo:

a) La brigada de anclaje constará de 1 perforista, 1 ayudante de perforista y 2 personas para su instalación.

b) El equipo será un jumbo de anclaje como se indica en la siguiente figura:

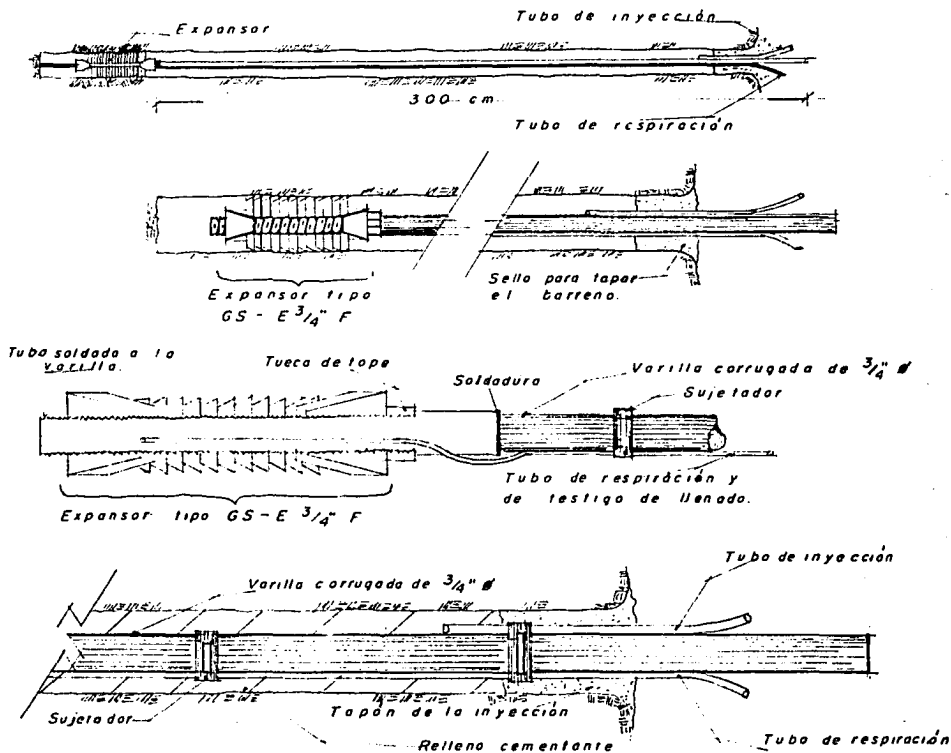


J U M B O D E A N C L A J E .

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

El barreno donde se alojará el ancla constará de una longitud de 3.00 m. y 1 5/8" de diámetro, el ancla será centrada en el barreno y rellena con un material cementante que puede ser mortero de cemento, lechada de cemento ó resinas cementantes. Las anclas GS-F deberán ser colocadas con morteros de cemento.

La distribución de los barrenos de anclaje se hará de acuerdo al patrón de anclaje diseñado en el Capítulo III y la forma de colocación de las anclas de muestra en la fig.14



Modelo Típico de Anclas de Fricción.

Figura No.14

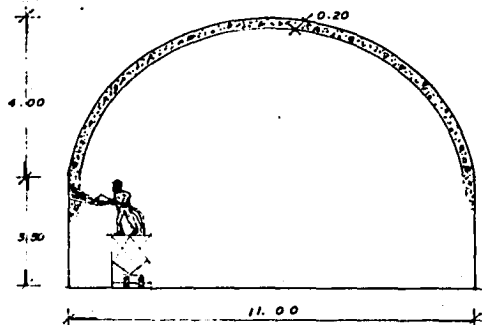
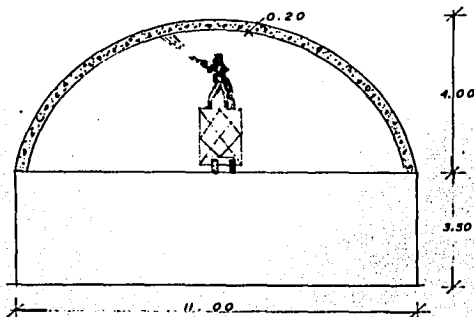
FESIS CON FALLA DE ORIGEN

-91

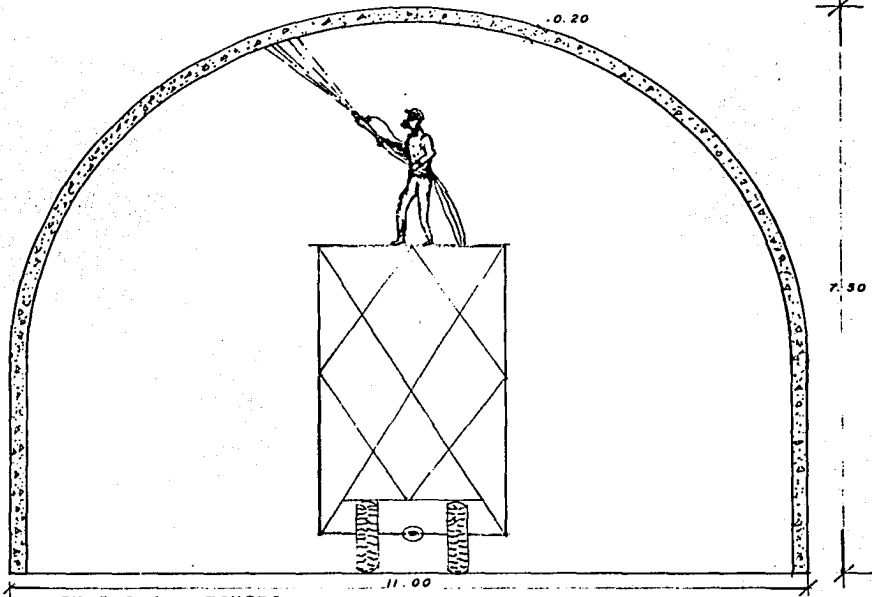
IV.3.2. CONCRETO LANZADO

El revestimiento definitivo consistirá en concreto lanzado (shot crete) con un espesor de 20 cm. y reforzado con malla de alambón de 1/8" de diámetro y con aberturas de 2 x 2".

Cuando la excavación se efectuó a sección superior y banco, el recubrimiento se efectuará en dos partes, primero la sección superior que consta de la clave y paredes; y segundo la parte inferior después de haber retirado el banco como se indica en la siguiente figura.



En el caso de la excavación a sección completa, el concreto lanzado se colocará en una sola parte uniformemente recubriendo paredes y clave como se indica en la siguiente figura.



IV. 3. 2. 1. EQUIPO

El equipo que se utilizará para la aplicación del concreto-anzado estará formado de la siguiente manera; Jumbo de colocación, máquina lanzadora, compresor de aire y una fuente de abastecimiento de agua, por lo cual requiere una área de trabajo -- muy pequeña.

A. JUMBO DE COLOCACION

En túneles de más de 6 m. de altura se requiere de una plataforma de lanzado para la colocación del concreto ya que la -- distancia óptima entre la superficie de contacto y la boquilla- es de 1 m. la cual no podría respetarse sin el uso de esta plataforma. Existen jumbos especialmente diseñados para que se pueda estar rezagando mientras que desde la plataforma superior se está lanzando; esto acelera notablemente los ciclos de trabajo- al poder trasladar parcial o enteramente las actividades de colocación, de soporte y de rezaga.

Para la colocación del concreto lanzado en este tunel se -- usará una plataforma independiente al jumbo de barrenación.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

A continuación describiremos cada una de las máquinas que forman el equipo para la aplicación del concreto lanzado.

B. MAQUINA DE LANZADO

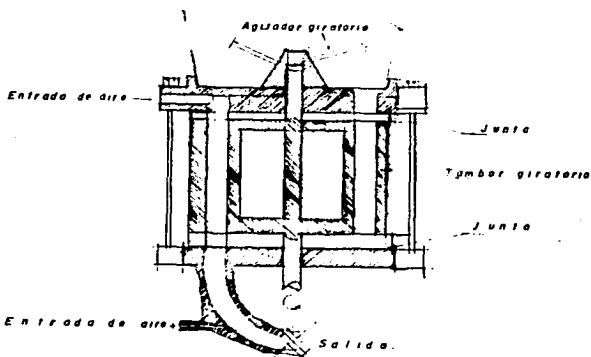
La máquina de concreto lanzado es un mecanismo que suministra una determinada cantidad de material granular, en una corriente de aire a presión. El suministro de material debe ser proporcionado en forma regular a un ritmo acorde con el trabajo requerido.

El material debe llegar a la boquilla de lanzamiento en una forma continua y con una velocidad adecuada. Las máquinas de uso más común son las de doble cámara y las de tambor rotatorio; para el lanzamiento de concreto en este túnel se propone la máquina de tambor rotatorio.

B.1 MAQUINA DE TAMBOR ROTATORIO

Es una máquina que consta de: 1 tolva de carga, 1 tambor horizontal con varios compartimientos en sus extremos que gira entre la base y una placa superior fija, y la tubería de descarga. El material es introducido a la tolva que se encuentra a presión atmosférica, donde un agitador mecánico lo disgrega y lo empuja a los compartimientos, a través de la perforación de alimentación. El tambor girando asesta el material y en su camino cada compartimiento recibe, por arriba, una corriente de aire a presión que los expulsa del compartimiento y lo coloca en la tubería flexible, por donde circula otra corriente de aire que conduce el material a la boquilla lanzadora. Esta máquina asegura una conducción continua del material a pesar de que la tolva de carga se encuentre abierta y sin presión.

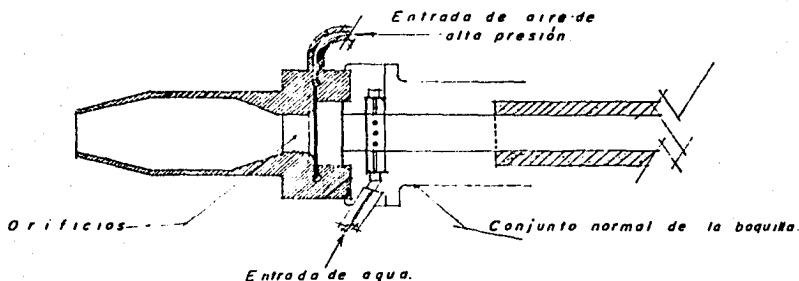
En la siguiente figura se muestra las partes que conforman una máquina lanzadora de tambor rotatorio.



C. BOQUILLA

El funcionamiento de la boquilla es convertir la corriente entrante de material mezclado en seco, en mortero humedecido - que transite a suficiente velocidad para ser dirigido con exactitud a un punto específico, a cierta distancia, donde producirá un impacto sobre la superficie y se quedará ahí pegado. El mezclado íntimo del agua y los agregados en la boquilla se conoce con el nombre de hidratación, la presión usual es de 1kg/cm^2 mayor que la presión de aire en la tubería flexible a la altura de la boquilla.

Las boquillas varían mucho en su diseño y no deberán de intercambiarse entre uno y otro tipo de máquina. La boquilla que se utilizará para lanzar concreto en este túnel será de tipo impulsor como se muestra en la fig. 15 que contiene un suministro adicional de aire, las boquillas de este tipo reducen el porcentaje de rebote, incrementan el rendimiento y mejoran los resultados a un costo ligeramente incrementado por el consumo de aire.



Boquilla tipo impulsor.

Figura No. 15

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

D. COMPRESOR

Los compresores que se utilicen deben proporcionar el suficiente volúmen de aire a la presión correcta; ésta no debe presentar fluctuaciones, el aire suministrado a la lanzadora deberá estar seco y libre de aceite porque de lo contrario ocasionará que el vapor de agua se condense dentro de la lanzadora - tapándola al adherirse gradualmente tapas de cemento

El compresor a usarse deberá de tener una capacidad mínima de 700 l/min., la presión normal de funcionamiento se medirá - con un manómetro colocado cerca de la salida y deberá ser de - 240 a 280 k /m².

E. SUMINISTRO DE AGUA

El agua suministrada llegará a una válvula instalada en la boquilla a través de una línea ligera flexible de alta presión.

Siempre que sea posible esta línea se deberá conectar directamente a la alimentación principal.

F. MANGUERAS

Todas las mangueras deberán ser de alta presión. Las mangueras para material serán antiestáticas, se requiere un mínimo de 30 m. de longitud de manguera, como longitud mínima para asegurar una "alimentación" confiable a la boquilla.

El diámetro de las mangueras de conducción de material será de 64 mm. (2 1/2"). La demanda de aire variará de 6 a 17 m³/min.

IV.3.2.2 MATERIALES

Los materiales que se utilizarán para producir concreto -- lanzado son practicamente los mismos que se emplean para producir concreto convencional, sus diferencias se encuentran en la granulometría requerida para los agregados y en el uso de aditivos super acelerantes.

a) Cemento.- Se empleará cemento Portland normal tipo 1.

b) Agua.- El agua a emplearse no deberá contener materiales que inhiban la hidratación del cemento, ni -

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- 96

materias que produzcan un efecto determinante en la resistencia del concreto.

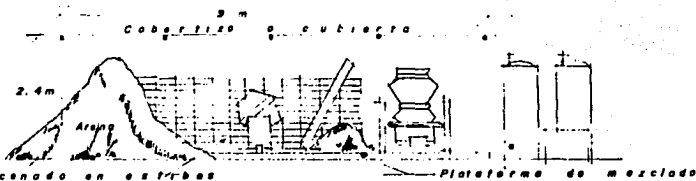
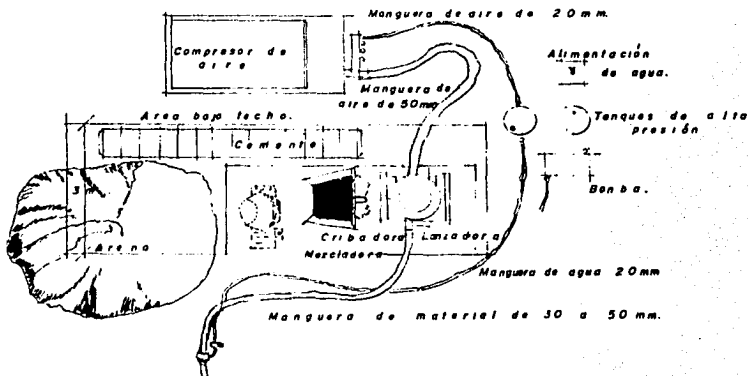
c) **Agregados.** - Los agregados deberán cumplir con todos los requisitos mencionados en la forma ASTM C.33 a excepción de lo relativo a granulometría, ya que ésta afecta considerablemente el flujo de la mezcla a través de la tubería, la hidratación del material en la boquilla, la adhesión del material a la superficie y el rebote.

El módulo de finura para la arena será entre 2.40 a 3.20, el tamaño máximo de agregado será de 19.10 mm. (3/4"). La mezcla contendrá el 60% de arena y el 40% de grava.

d) **Aditivos.** - Se usará cloruro de sodio como acelerante para obtener un fraguado más rápido de concreto -- (desarrollo acelerado de resistencias a edades tempranas), otro de los motivos para usar aditivo acelerante es el poder aplicar capas más gruesas en una sola pasada.

Nunca deberá usarse el cloruro de sodio en cantidades mayores de el 2% en escama o 1.50 por peso del cemento. El aditivo se deberá mezclar con el agua que se usará para la fabricación del concreto.

La distribución del material y equipo dentro del túnel para la producción del concreto lanzado se muestra en la sig. figura.



Cemento almacenado en estibas

Plataforma de mezclado

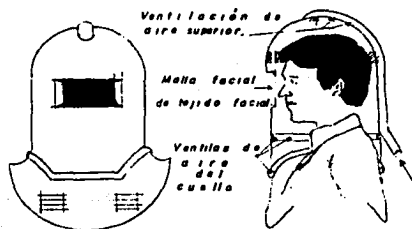
IV. 3. 2. 3 CUADRILLA DE LANZADO

La calidad que alcance el concreto lanzado está influenciado por la habilidad de la cuadrilla que lo coloque, por lo que es necesario que el personal que integra la cuadrilla, reciba entrenamiento, adquiera experiencia en este campo y sea aprobada su aptitud antes de participar en la colocación del concreto.

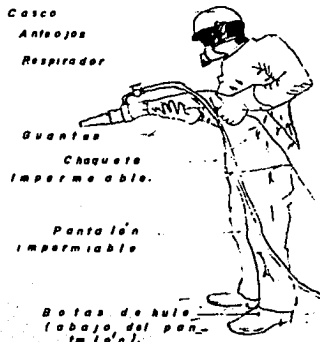
La cuadrilla está integrada de :

- a) 1 lanzador
- b) 1 operador de chiflón
- c) 1 operador de la lanzadora
- d) 1 operador de la mezcladora
- e) 1 sobrestante
- f) 4 peones que ayudan al movimiento de mangueras; colocar andamios, mezclado, etc.

El personal que estará en contacto con el polvo y el rebote se le proporcionará equipo para su protección que consiste de casco, anteojos, respirador, guantes y un traje impermeable como se muestra en la fig. No. 16



CASCO DE VENTILACION
FORZADA



LANZADOR CON ROPA Y EQUIPO
ADECUADOS.

Figura No. 16

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- 98

IV.3.2.4 COLOCACION

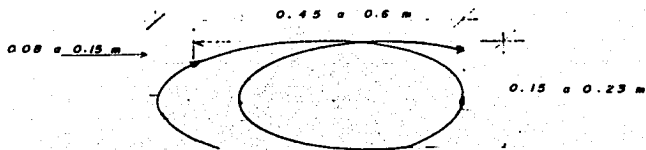
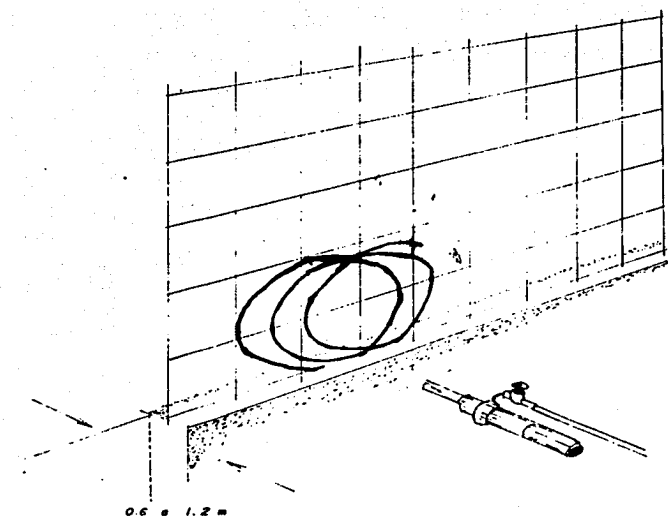
Para la colocación del concreto lanzado se revisarán previamente los siguientes pasos:

- a) Se revisará que los tubos estén vacíos conectados directamente al suministro de aire equipado con un manómetro de presión para checar la presión de trabajo.
- b) Los tubos deberán conectarse sin dobleces y con la mayor cantidad de curvas posibles para permitir un flujo libre del material.
- c) Examinar el abanico producido afuera de la punta de la boquilla por el dispositivo de distribución de agua, -- con el aire comprimido que pasa a través de la boquilla a la máxima presión de trabajo.
- d) Deberá sopletarse con un soplete de aire-agua para humedecer la superficie de contacto.

Habiendo checado cada una de las indicaciones anteriores, -- se procede a la colocación de la siguiente manera. El lanzador mantendrá la boquilla hacia abajo con el suministro de agua -- completamente abierto, al llegar el flujo del material se regulará el suministro de agua y se dirigirá el chorro hacia la zona de trabajo, regulando posteriormente el agua conforme se vaya necesitando, manteniendo la boquilla entre 0.6 y 1.2 m. -- de la superficie de trabajo y moviéndola rítmicamente en una serie de vueltas de lado a lado y de arriba hacia abajo como -- se muestra en la fig. No. 18 con el objeto de lograr un trabajo uniforme durante el lanzado.

Al presentarse alguna irregularidad en la alimentación del material, ó un adelgazamiento de la corriente, deberá desviarse la boquilla de la zona de trabajo hasta que la alimentación se normalice.

En caso de que se desviara súbitamente el flujo del material de la boquilla, indicando un bloqueo parcial ó desgaste -- en la punta de la boquilla, ó que el "abanico" de agua sea así métrico, deberá detenerse el trabajo y la parte defectuosa deberá limpiarse ó ser reparada.



Uso correcto de la boquilla.

AREA DE ORIGEN

Figura No. 17

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

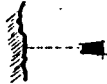
-100

A continuación se mostrarán algunas técnicas para la colocación del concreto.

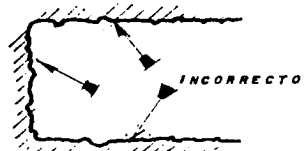
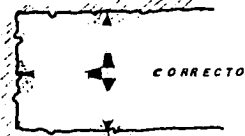
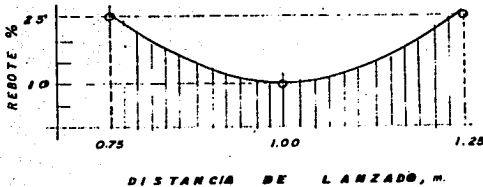
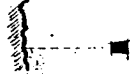
MUY CERCA



CORRECTO



MUY LEJOS



IV. 3. 2. 5 CONTROL DE CALIDAD

Los diversos métodos empleados para analizar la calidad -- del concreto lanzado no son muy diferentes de aquellos que se usan para analizar el concreto normal a excepción de la prueba para el concreto endurecido.

A. MUESTREO

El muestreo del concreto lanzado se efectuará de la siguiente manera: labrando cubos o prismas de páncales de prueba-- obtenidas durante el lanzado; el muestreo se efectúa utilizando charolas o artesas en forma de un tronco de pirámide de base rectangular (60 x 60 cm) y altura (10 cm). Estas serán de madera y se colocarán contra la superficie sobre la que se está lanzando el concreto, de tal manera que se llene de concreto de las mismas características y en las mismas condiciones de compactación, del que queda adherido a la pared o techo del túnel.

B. ENSAYES

Para la verificación de la calidad del concreto lanzado, -- se requiere en primer lugar, ensayos de resistencia a la compresión simple en especímenes cilíndricos o cúbicos.

Otros ensayos que deberán realizarse con los de peso específico y observación de agua como medidas del grado de compactación logrado.

La adherencia en túneles es base de primordial importancia cuando el concreto lanzado se utiliza para revestimiento y la prueba consiste en jalar la losa de concreto lanzado, de 10 -- días de edad de la pared y arrancar con ella un pedazo de pared, entonces este demuestra que la adherencia del concreto -- lanzado es mayor que la de la base, lo que se logra con frecuencia. Si ocurre una ruptura clara en la interfase, el jalón de falla se registra por medio de un tensómetro unido a un cable de malacate; el tensómetro medirá la resistencia a la adherencia, la cual deberá ser superior a 1N/mm^2 para que el valor de la adherencia sea aceptable como fin estructural. En la siguiente figura se muestra la prueba de adherencia.

IV.4 INSTALACIONES PROVISIONALES

IV.4.1. ALUMBRADO

Durante el periodo de construcción del túnel, será necesaria la instalación de alumbrado permanente en las zonas de transición para permitir un tránsito de personal y equipo seguro durante las actividades de la construcción y una iluminación más intensa en el frente de la barrenación.

Las instalaciones en el frente de barrenación deberán retirarse durante la voladura y volver a colocarse en el siguiente ciclo de barrenación.

Las instalaciones eléctricas estarán formadas de la siguiente forma:

- a) Zona de transición.- Será instalada en los costados del túnel y estará formada por una conexión en serie por focos de 100 wts. separados a cada 2 m.*
- b) Frente de barrenación.- Se necesitará que la iluminación sea más intensa que en la zona de transición para permitir la adecuada localización de los barrenos, y estará formada por dos lámparas de tripie con lámparas fluorescentes "cline" de 250 wts. de capacidad.*

IV.4.2. TELEFONO

Se instalará una línea telefónica en el interior del túnel con la cual se tendrá comunicación con el exterior, para en caso necesario solicitar todo aquello que se requiera en el interior del túnel sin necesidad de salir al exterior.

IV.4.3 SUMINISTRO DE AGUA

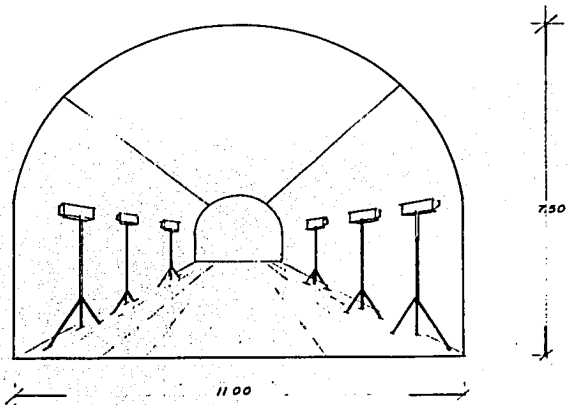
Se instalará un tanque con una capacidad de 8,000 l, para el almacenamiento de agua, la cual se suministrará para los trabajos de barrenación y fabricación del concreto lanzado.

El tanque se instalará a 8 m. sobre la curva del túnel y el agua será bombeada desde la parte inferior para que después baje por gravedad.

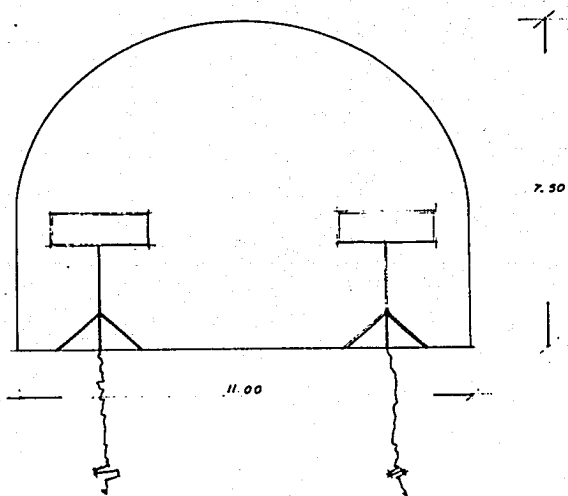
En las siguientes figuras se indica la forma de colocación de las instalaciones.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

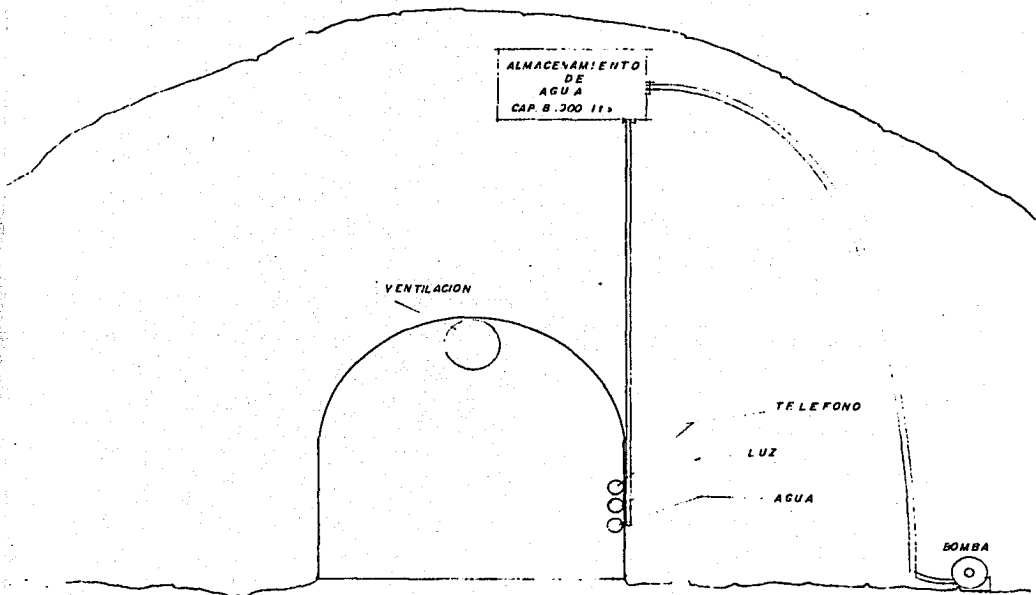
ALUMBRADO EN ZONA DE TRANSICION.



ALUMBRADO EN EL FRETE DEL TRABAJO.



INSTALACION DEL SUMINISTRO DE AGUA.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

"INSTRUMENTACION "

V.1 CONTROL DE DEFORMACIONES

Se propone instrumentar los túneles con el propósito de verificar y controlar el funcionamiento de los sistemas de soporte colocados durante la excavación y a la vez coleccionar información que permita refinar el conocimiento de las propiedades del material en que se ejecutará la excavación y establecer o mejorar los procedimientos de cálculo de estabilidad de la excavación y la interacción entre la roca y los diferentes tipos de ademe.

Las mediciones que se hagan durante la construcción, pueden servir para verificar si el diseño es el adecuado y puede señalar los puntos de corrección donde se detecten las fallas en los arcos.

Las mediciones que se efectuarán comprenderán los siguientes conceptos:

V.1 CONTROL DE DEFORMACIONES

La medición de las deformaciones que se presenten durante la excavación tiene el propósito fundamental de verificar que los desplazamientos de la masa del subsuelo además de estabilicen con el tiempo y solo permanezca el progreso debido al efecto viscoso del material.

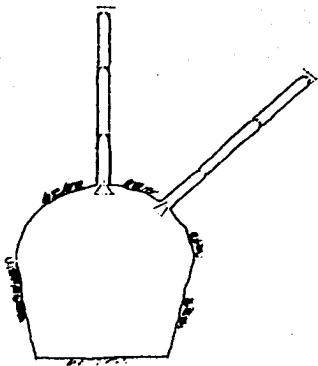
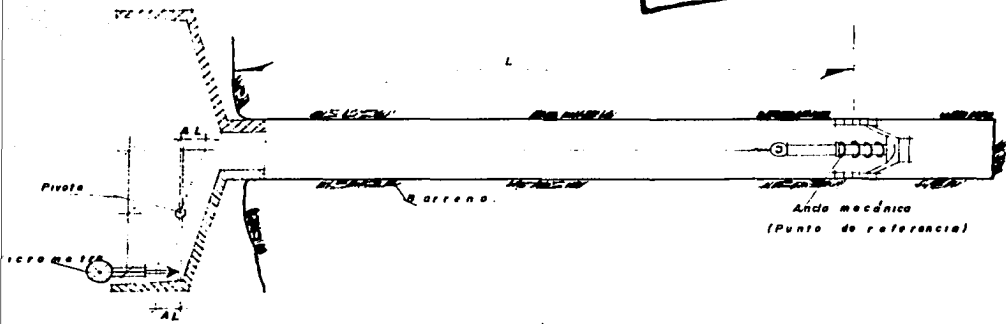
Una velocidad de desplazamiento alto es indicativa de inestabilidad y por tanto de la necesidad de reforzar el sistema de ademe haciéndolo más robusto o numeroso, para disminuir las acciones sobre cada elemento del soporte.

Las mediciones se efectuarán a través de extensómetros que se instalarán en barrenos de 4" de diámetro. Básicamente los extensómetros consisten en dispositivos que se fijan en las paredes del barreno y se registran las variaciones de su distancia a la roca del mismo.

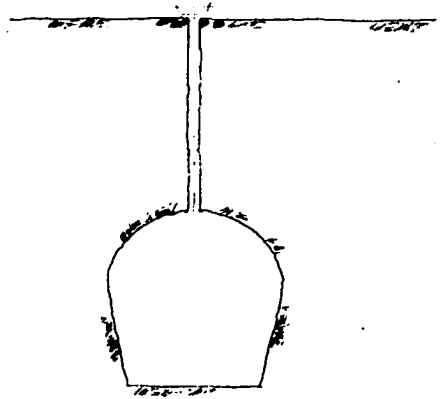
Los extensómetros se colocarán por fuera de la excavación anticipadamente para poder registrar los desplazamientos desde antes que la excavación alcance la sección donde están colocados y por dentro para registrar los desplazamientos durante la colocación del soporte.

En la fig. 19 se mostrará la forma en que deben colocarse los extensómetros.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



INTERIOR



EXTERIOR

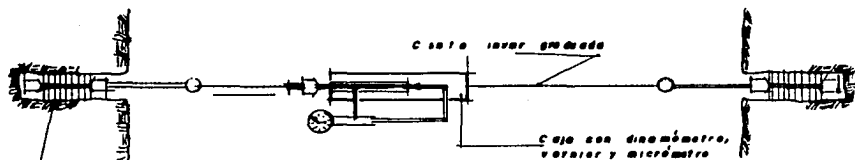
Солнцезащитный экран.

Figura No. 18

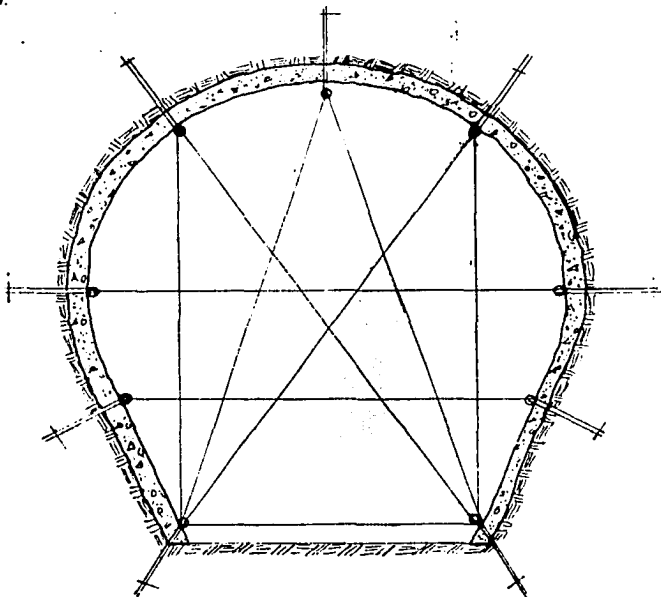
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

-109

Para constatar la estabilización de los desplazamientos, - se medirán las distancias entre puntos fijos a las paredes --- usando longímetros de precisión como se indica en la siguiente figura.



LONGIMETRO DE PRECISION (LECTURA EN 0.001).



CUERDAS MEDIDAS PARA REGISTRO DE ESTABILIZACION DE DESPLAZAMIENTO.

Los desplazamientos esperados durante la excavación pueden calcularse usando los procedimientos de las teorías de la elasticidad y plasticidad, pero el juicio sobre el grado de estabilidad acusado por la velocidad de los desplazamientos solo puede establecerse en base en observaciones previas realizadas en los mismos materiales u otros similares.

Una velocidad de desplazamiento nula indica un alto grado de estabilidad y velocidades menores de 5 mm por día son indicativas de una estabilidad aceptable, si la deformación total registrada no excede de 10 mm.

En la siguiente tabla se indican los cadenamientos de las secciones a instrumentos:

TUNEL	CADENAMIENTO	INSTRUMENTACION
Isquierdo	20 + 317	Extensómetros y longímetros de precisión
Isquierdo	20 + 440	Extensómetros y longímetros de precisión
Derecho	20 + 350	Extensómetros y longímetros de precisión
Derecho	20 + 395	Extensómetros y longímetros de precisión

" SEGURIDAD "

VI.1 ORGANIZACION

SEGURIDAD

En la construcción de túneles más que en cualquier otra --- obra de ingeniería, la seguridad juega un papel muy importante, ya que es en este tipo de obra donde se tiene el mas alto índice de accidentes por unidad de obra construída. El promedio de muertes por km de túnel construído era en 1983 de 1.4 muertos. Lo anterior nos da una idea de la importancia de tener un buen equipo y personal de seguridad durante la construcción.

En este capítulo se dará en forma esquemática como se debe organizar un equipo de seguridad para túneles.

VI.1 ORGANIZACION

Se deberá contar con los siguientes departamentos:

- a) Comité Ejecutivo de Seguridad.- Estará formado por:
- Gerente de Construcción.
 - Asesor técnico de la empresa.
 - Jefe del departamento de seguridad.

El mencionado Comité tendrá las siguientes funciones:

- Vigilar que se siga la política de seguridad de la empresa; proponer el cambio de éstas cuando sea preciso y recomendar nuevas políticas.
- Investigar la causa de accidentes y obtener las medidas necesarias con el propósito de que no se repitan.
- Ordenar que se suspenda la ejecución de algún trabajo que implique riesgos para los trabajadores, hasta que se observen las medidas preventivas.

- b) Departamento de Seguridad.- Tendrá las siguientes funciones:

- Elaborar un programa para la prevención de accidentes.
- Establecer directrices para instruir y adiestrar en seguridad a los trabajadores.
- Vigilar que se cumplan las normas de seguridad.
- Llevar las estadísticas, determinar índices de frecuencia y gravedad.

- c) Comisión Mixta de Seguridad e Higiene.- Estará formada por representantes de la empresa contratista y de los trabajadores; sus funciones son las siguientes:

- Supervisar que los lugares de trabajo sean higiénicos.
- Vigilar que se cumplan las medidas preventivas dictadas por el Comité Ejecutivo de Seguridad.
- Celebrar sesiones por lo menos una vez al mes, en la que se señalen las deficiencias encontradas en materia de higiene y seguridad, de la cual se levante un acta cuya copia será enviada a la Dirección del Trabajo y a

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Previsión Social.

d) *Supervisores de Seguridad.* - Se asignará por lo menos un supervisor de seguridad por frente de trabajo y desempeñará las siguientes funciones.

- Vigilar que se cumplan las disposiciones contenidas en el reglamento de seguridad de la empresa.
- Realizar inspección diaria de los frentes de trabajo -- que tiene asignados.
- Elaborar un reporte diario que se entrega al superintendente de la obra y a la Jefatura del departamento de seguridad que deberá contener todo lo relacionado con las actividades ejecutadas durante el turno de trabajo.

e) *Instrucción.* - Todos los trabajadores recibirán frecuentemente instrucciones para la prevención de accidentes, -- las cuales se darán por lo menos una vez al mes.

Quando se contrate un trabajador, la persona encargada de ello determinará el grado de experiencia de dicha persona en el trabajo para el cual ha sido contratada y la instruirá sobre los peligros del trabajo y sobre la relación de sus labores dentro de las condiciones de seguridad.

Una de las actividades que mayor riesgo tiene de provocar accidentes durante la construcción del túnel es la del manejo de explosivos por lo cual se darán unas normas de seguridad a seguir durante el transporte, almacenamiento y carga de éstos.

a) *Transporte de Explosivos.* Para el transporte de explosivos se cumplirán con todas las disposiciones legales, federales, estatales y locales.

Para el transporte de explosivos se deberán tener las siguientes precauciones:

- El vehículo que se utilice para el transporte de explosivos deberá estar en buenas condiciones de trabajo y equipado con piso de madera o metal que no produzca chispas, con redillas y extremos suficientemente largos para prevenir que los explosivos se caigan. Todo el sistema eléctrico deberá estar aislado para evitar un corto circuito.
- Nunca se deberá transportar explosivos con motores inflamables o corrosivos.
- La carga y descarga se hará cuidadosamente evitando arrojarlas fuera del camión.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- 115

- La entrega del explosivo siempre se hará en el polvo rfn.
- El operador del vehículo debe asegurarse que los explosivos estén separados de detonadores o estopines cuando esté permitido transportarlo en el mismo vehículo.

a.1) Transporte del explosivo en el interior del túnel.

- Los explosivos se transportarán en cajas o paquetes adecuados. Se utilizará un camión para explosivos -- cuando deban transportarse 45 Kg. o más de una sola vez al interior del túnel.
- El camión para el transporte de explosivos en el túnel estará construido especialmente para ese fin y tendrá compartimientos separados para la dinamita y los estopines.
- Solo se transportará la cantidad necesaria de explosivos que se requiera para el turno.
- Nunca se bajarán al mismo tiempo explosivos y estopines.
- No se abrirá ninguna caja de explosivos con herramientas metálicas que produzcan chispas.
- Los detonadores y explosivos que sobren después de terminarse la varga se deberán regresar inmediatamente a su lugar adecuado de almacenamiento.

b) Almacenamiento.- El lugar de almacenamiento se denomina polvorín y deberá ubicarse y construirse de acuerdo a los reglamentos estatales, federales y locales.

Durante el almacenamiento se deberán tomar las siguientes precauciones:

- Nunca se almacenarán fulminantes o estopines eléctricos con dinamita en el mismo polvorín.
- El uso del polvorín debe ser explosivo para el almacenamiento de explosivos y nunca deberá almacenarse ningún otro material.

c) Perforación y carga de explosivos. Deberá atenderse a las siguientes indicaciones:

- Debe examinarse la roca antes de barrenarla, golpearla o romperla y asegurarse de que la operación se pueda realizar sin peligros de los explosivos que todavía pueda contener.
- Antes de iniciarse las operaciones de carga, todos los circuitos eléctricos deberán retirarse a una distancia segura del frente.
- Las lámparas para iluminación del frente que se usen durante las operaciones de carga deberán tener cubierta metálica.
- La carga no se iniciará sino hasta después de haber terminado toda la barrenación y después de limpiar o soplar todos los barrenos.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

-116

- d) *Voladura.* - *Se atenderán las siguientes indicaciones:*
- *Nunca se disparará una voladura sin tener señal positiva de la persona responsable, misma que ya se ha asegurado que todos los explosivos sobrantes estén en un lugar seguro, todas las personas y vehículos a una distancia prudente o bajo protección suficiente y de que sea dado un señalamiento adecuado.*
 - *No deberá regresarse al área de la voladura hasta haber pasado 30 minutos.*
 - *Nunca barrene o recoga una carga de explosivos que ha fallado.*

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**C O N C L U S I O N E S

Quando durante el estudio del proyecto geométrico de una carretera se selecciona la alternativa de construcción de un túnel para librar un maciso rocoso que se presenta durante su línea de trazo, es necesario que la planeación del procedimiento constructivo de este se apoye en las técnicas de más recientes desarrollo para evitar el establecimiento de sobrediseños innecesarios y costosos, como lo muestra la experiencia y el análisis de construcción de túneles en el pasado .

Una mala planeación del proceso constructivo de cualquier otra obra de ingeniería, es posible corregirse durante el periodo de ejecución, cosa que no puede hacerse en la construcción de túneles, ya una mala selección de proceso constructivo de estos lleva al fracaso; por ejemplo, el tener que cambiar el trazo de un túnel carretero por haber efectuado un mal estudio geotécnico no solo tiene como consecuencia el cambio del túnel, sino también todos los trabajos ejecutados en la construcción de la carretera que precede a este. He ahí la gran importancia que se tiene al planear el procedimiento constructivo antes de la ejecución y no durante el periodo de esta. Lo anterior no era posible en el pasado debido a que no se poseían las técnicas adecuadas y la construcción de obras subterráneas pasaron a ser obras de azar.

Las más recientes técnicas de procedimientos constructivos para túneles prometen mayores abatimientos de los costos relativos en el futuro, como es el caso de la utilización de concreto lanzado y anclas de fricción para la estabilización de la excavación, ya que esta es una de las actividades que mayor costo representan durante la construcción, la cual se ha visto abatida notablemente. Sin embargo, para asegurar que se avanza entre límites razonables de seguridad y economía, se requiere fomentar el adecuado análisis y verificación de comportamiento de las ---

construcciones en realización o por realizar.

Con el objeto de fortalecer las bases en que se apoyan los valores asignados a los factores de selección de alternativas de procedimientos de construcción de túneles carreteros, es recomendable resumir los costos incurridos en la construcción de éstos con el fin de facilitar su interpretación estadística para construcciones posteriores:

Actualmente en México, solo existen construidas y en operación dos túneles carreteros y seis en proyecto, los cuales se enumeran a continuación:

Túneles en Operación:

- 1.- Chicoasen.- Localizado en el estado de Chiapas que se encuentra dentro del trazo del camino San Fernando-Chicoasen, que fue construido para dar un acceso más expedito a materiales, equipo y personal hacia el proyecto hidroeléctrico de Chicoasen.
- 2.- Ogarrio.- Localizado en el estado de San Luis Potosí en el camino entronque Federal San Tiburcio-Real del 14, se construyó en 1770 como túnel ferroviario y posteriormente se adaptó a túnel carretero.

Túneles en Proyecto:

- 1.- Acapulco Via Puerto Marquez, en el Estado de Guerrero.
- 2.- Loma Larga, en el Estado de Nuevo León.
- 3.- Tepic-Entronque San Blas, en el Estado de Nayarit.
- 4.- Córdoba-Veracruz, en el Estado de Veracruz.
- 5.- México-Toluca, en el Estado de México.
- 6.- Buenavista-Iguala, en el Estado de Guerrero.

Lo anterior nos indica que actualmente, la construcción de -
túneles carreteros se encuentra en una etapa de desarrollo, por-
lo cual se abre un amplio campo de desarrollo profesional para -
el Ingeniero Civil.

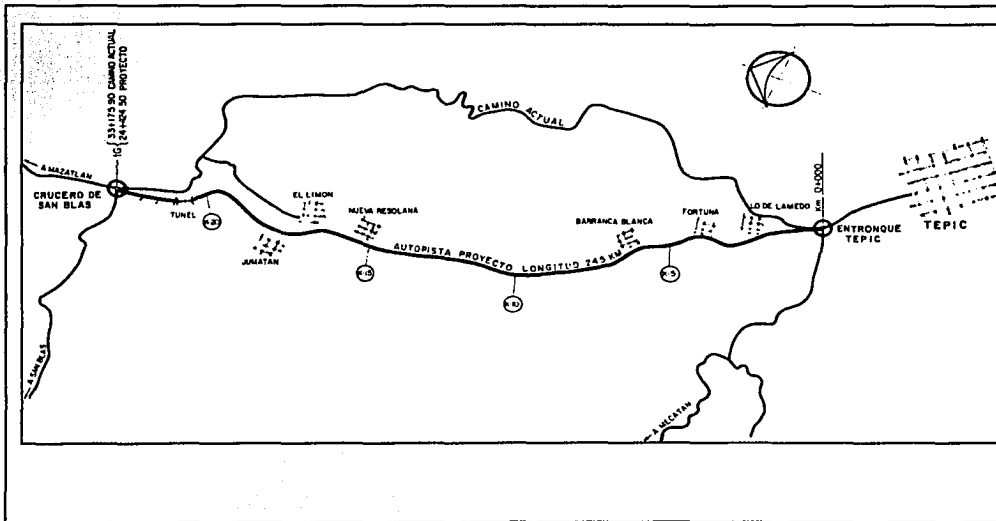
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

-120

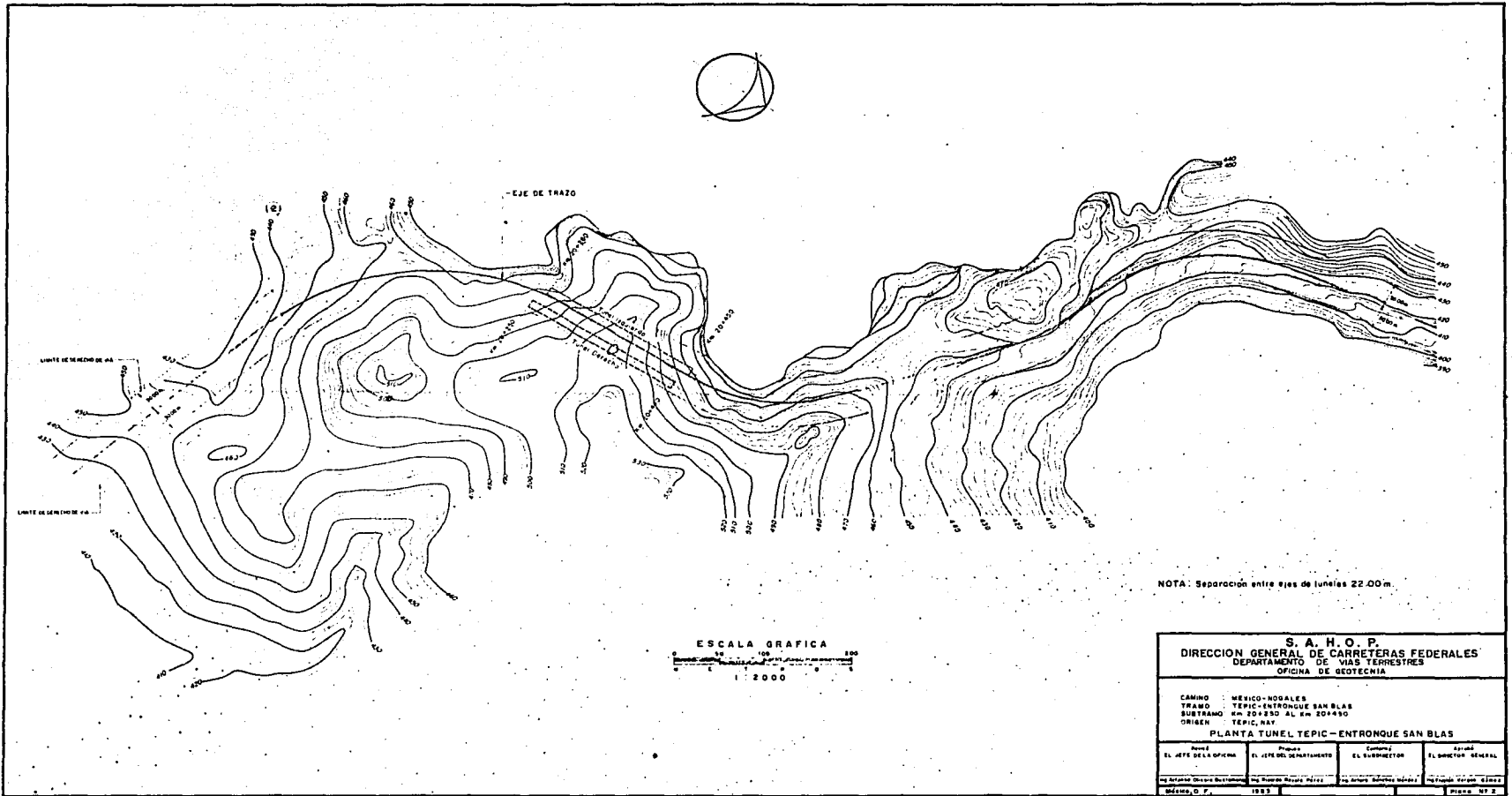
BIBLIOGRAFIA

- 1.- DIVISION DE EDUCACION CONTINUA, Diseño y Construcción de Túneles, México, D.F.
Facultad de Ingeniería de la UNAM, 1983.
- 2.- DU PONT, Manual para el uso de Explosivos. México, D.F. -
Compañía Editorial Continental, S.A. (Octubre, 1973).
- 3.- LANGFORS ULF, Voladura de Rocas. España
Urmo, S.A. de Ediciones, 1976.
- 4.- PARKER ALBERT, Planing and Estimation Underground Cons-
truction.
- 5.- PEURIFOY R.L., Métodos Planamiento y Equipos de Cons-
trucción. México, D.F.
Ed. Diana, 1981
- 6.- RICO RODRIGUEZ ALFONSO, La Ingeniería en suelos de las
Vías Terrestres. Tomo III. México, D.F.
Ed. Trillas, 1977
- 7.- RYAN T.F. Concreto Lanzado. México, D.F.
IMCYC, 1980.
- 8.- SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS, Manual sobre el cál-
culo de Precios Unitarios de Trabajos de Construcciones.
1a. Edición. México, D.F.
Sarh, 1963.
- 9.- SZECHY, The Art of Tunneling.
Ed. Akademiai Kiado, 1970.
- 10.- TUSA, Memorias Técnicas del Drenaje Profundo, D.F.



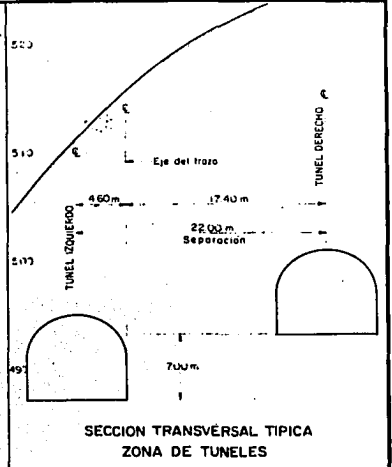
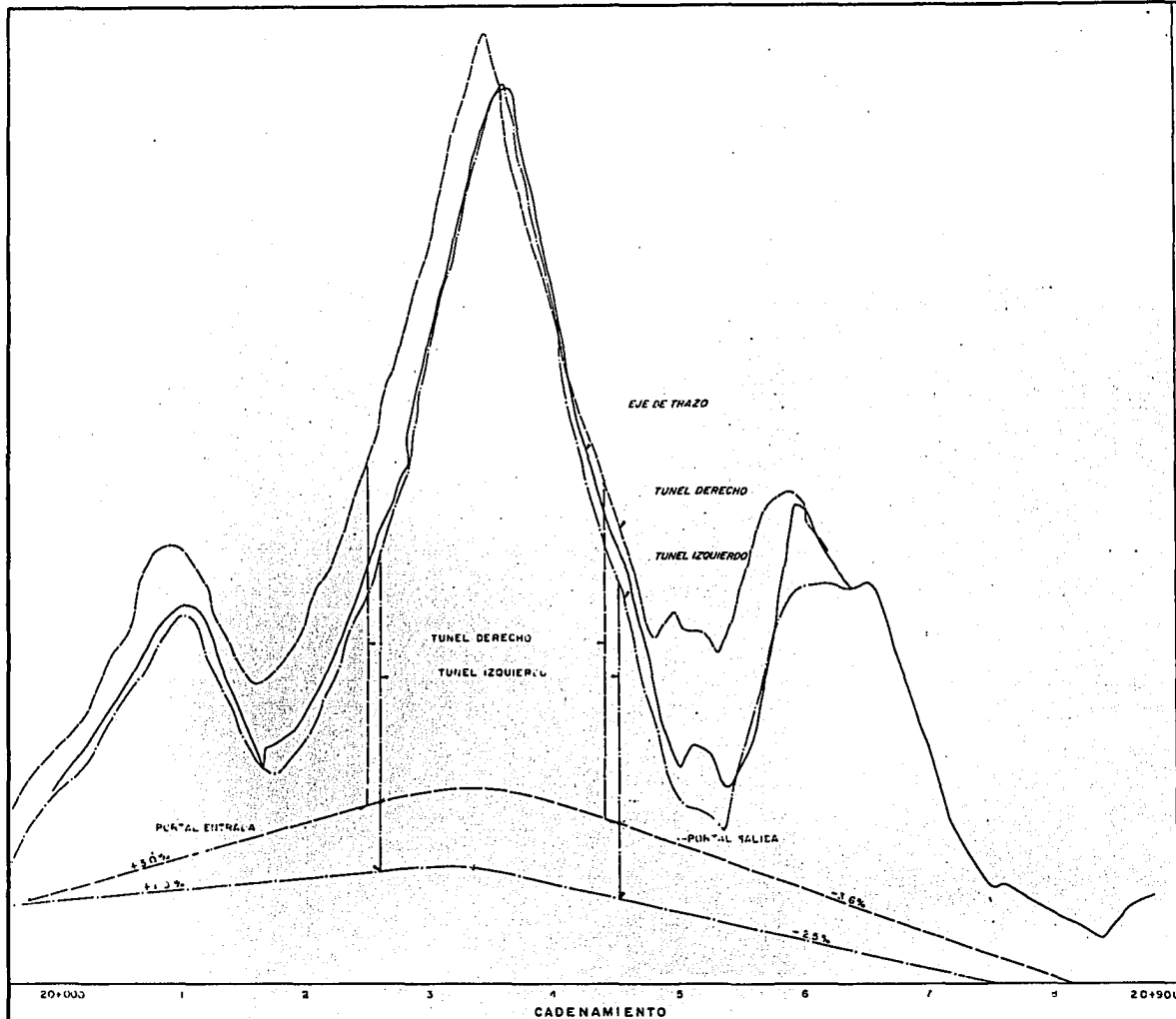
S. A. H. O. P. DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES DEPARTAMENTO DE VIAS TERRESTRES OFICINA DE GEOTECNIA			
CAMINO : MEXICO - NOBALES TRAMO : TEPIC - ENTRONQUE SAN BLAS SUB TRAMO: KM 20+850 AL KM 20+450 ORIGEN : TEPIC, NAY.			
CROQUIS DE LOCALIZACION TUNEL TEPIC-ENTRONQUE SAN BLAS			
Nombre EL JEFE DE OFICINA	Puesto EL JEFE DE DEPARTAMENTO	Cargo EL SUBDIRECTOR	Firma EL DIRECTOR GENERAL
Fecha de Emision 1983	Lugar TEPIC, NAY.	Proyecto TUNEL TEPIC-ENTRONQUE SAN BLAS	Escala 1:50,000
México, D. F.			Plano No 1

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



S. A. H. O. P. DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES DEPARTAMENTO DE VIAS TERRESTRES OFICINA DE GEOTECNIA			
CAMINO MEXICO-NOGALES TRAMO TEPIC-ENTRONQUE SAN BLAS SUBTRAMO KM 20+850 AL KM 20+450 ORIGEN TEPIC, NAY.			
PLANTA TUNEL TEPIC-ENTRONQUE SAN BLAS			
Diseñó EL JEFE DE LA OFICINA	Planeó EL JEFE DEL DEPARTAMENTO	Construyó EL SUBDIRECTOR	Supervisó EL DIRECTOR GENERAL
<small>ING. ANTONIO OSORIO BUSTAMANTE</small>	<small>ING. RAFAEL RIVERA PEREZ</small>	<small>ING. ANTONIO SALAZAR SANCHEZ</small>	<small>ING. FRANCISCO TERAN GONZALEZ</small>
<small>México, D. F.</small>		<small>1953</small>	<small>PLANTA No. 2</small>

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

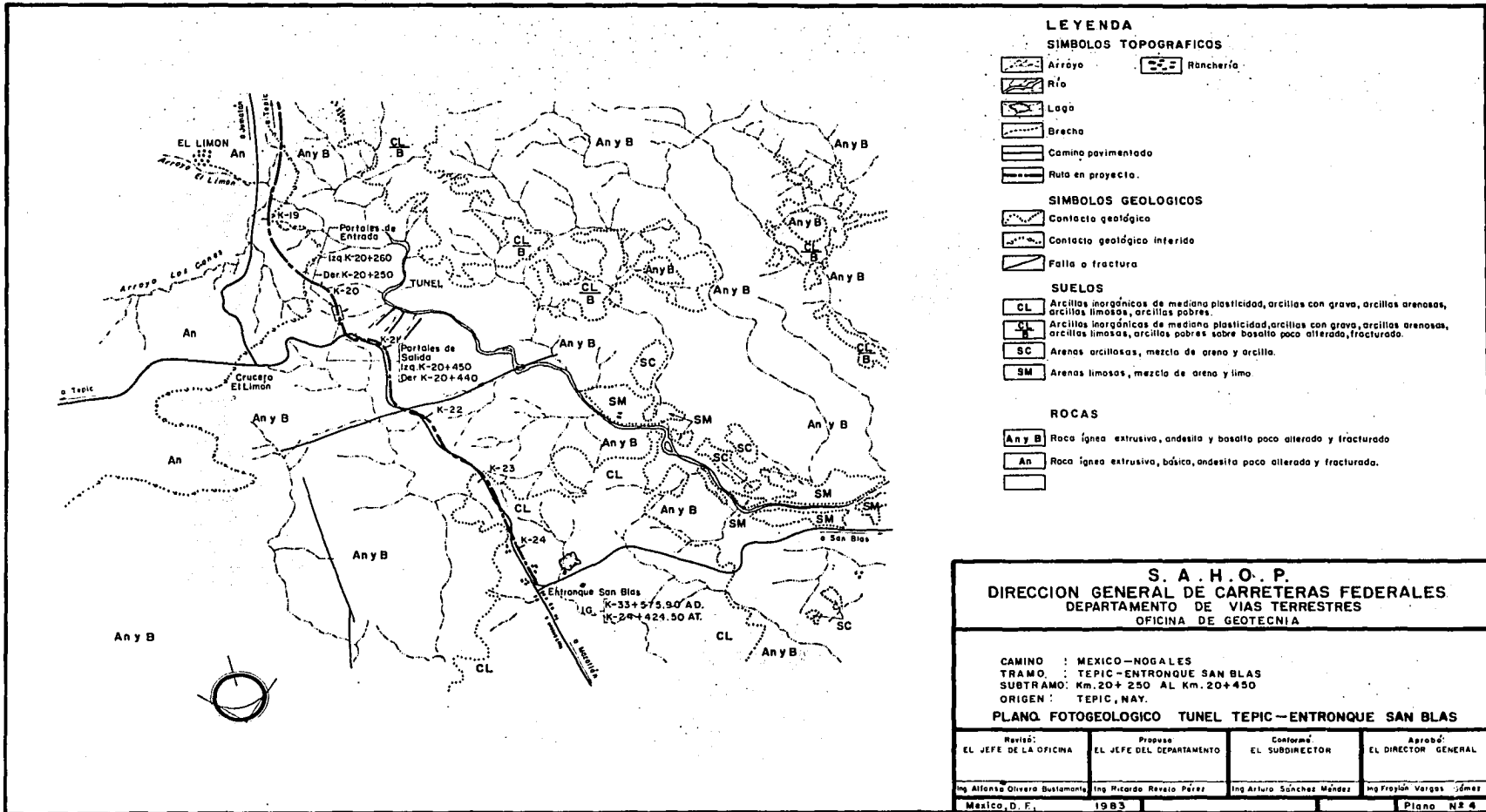


20+000 1 2 3 4 5 6 7 8 20+900
CADENAMIENTO

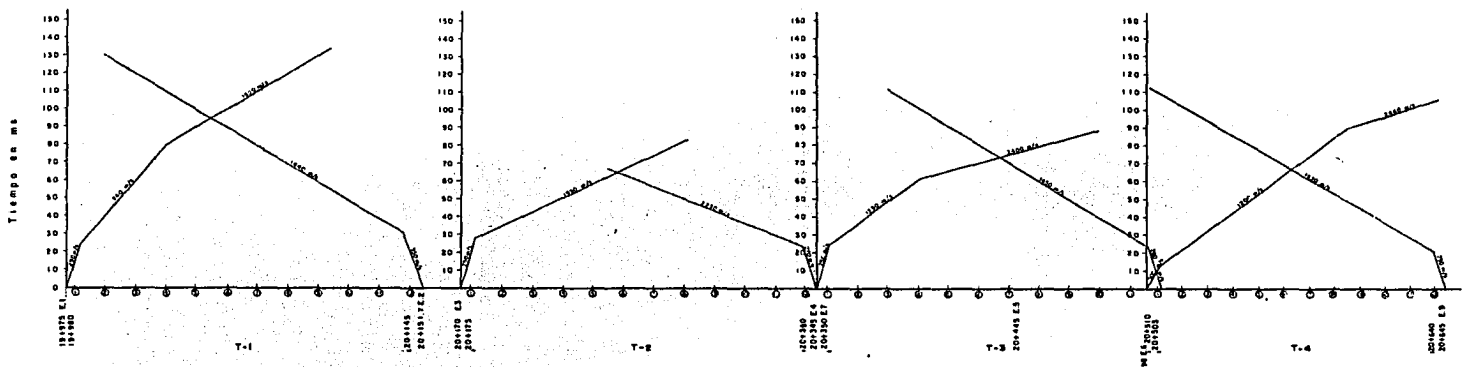
ESC. HOR. 1:2000
VER. 1:200

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

S. A. H. O. P. DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES DEPARTAMENTO DE VIAS TERRESTRES OFICINA DE GEOMETRIA			
CAMINO	MEXICO-HOGALES		
TRAMO	TEPIC-ENTRONQUE SAN BLAS		
SUBTRAMO	EN 20+250 AL EN 20+450		
UNIDAD	TEPIC, NAY		
PERFIL TUNEL TEPIC-ENTRONQUE SAN BLAS			
BOYER	PROYECTO	ESTUDIO	REVISOR
EL JEFE DE LA OFICINA	EL JEFE DEL DEPARTAMENTO	EL SUBDIRECTOR	EL DIRECTOR GENERAL
ING. ANTONIO DOMESTICO	ING. ENRIQUE GARCIA	ING. ENRIQUE GARCIA	ING. ENRIQUE GARCIA
México, D.F.	1951		Hoja N.º 3



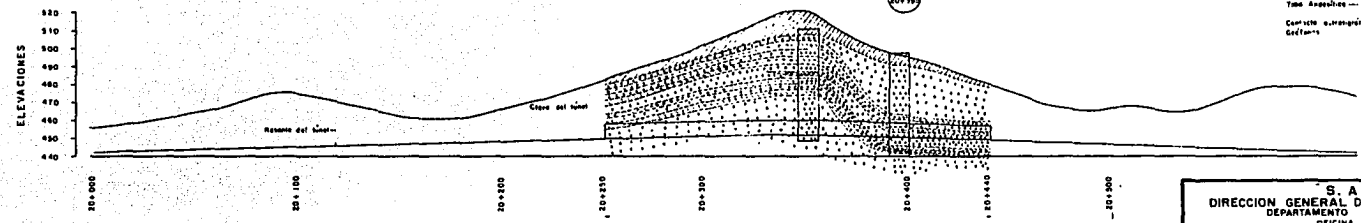
TESIS CON FALLA DE ORIGEN



CADENAMIENTO

LEYENDA

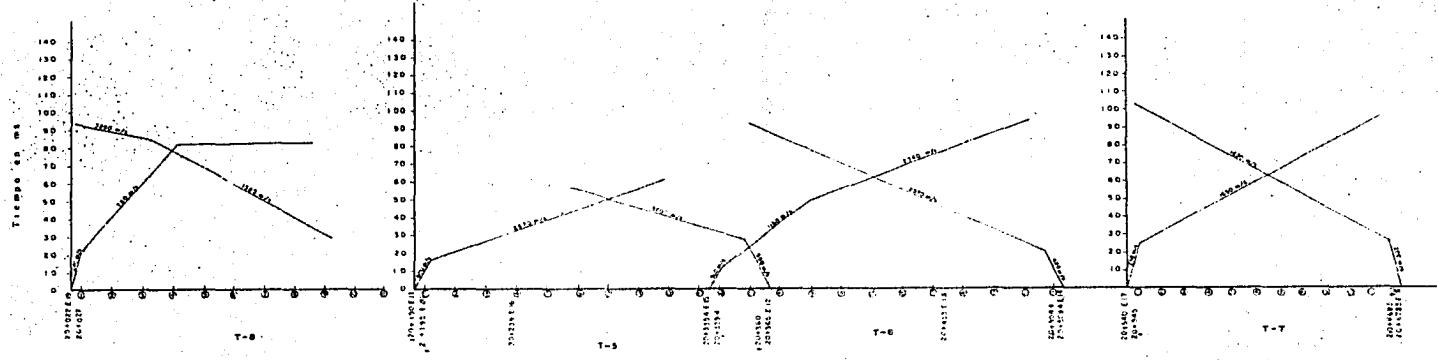
- Arco
- Amesite
- Tubo Apagados
- Carpeta ultramáfica
- Gneiss



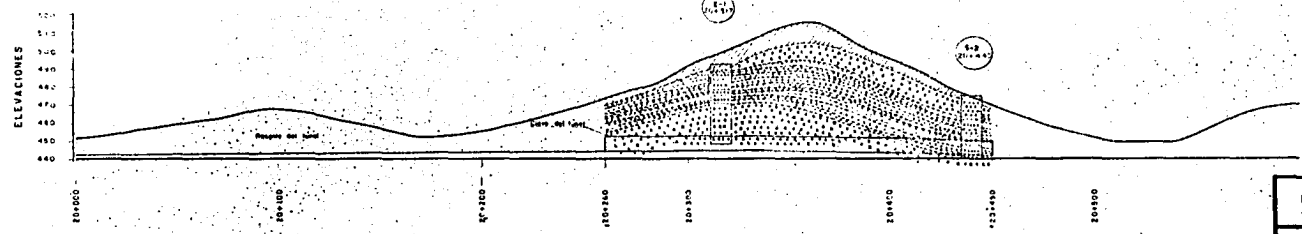
TUNEL DERECHO
CADENAMIENTO

S. A. H. O. P. DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES DEPARTAMENTO DE VIAS TERRESTRES OFICINA DE GEOTECNIA			
CAMINO	MEXICO-MOCTEZUMA	TIPO	TUPIC-ENTRONQUE SAN BLAS
SUBTRACC	20+250 AL 20+450	ORIGEN	TUPIC, NAT
DEMOCRONICAS Y PERFIL LITOLOGICO TUNEL DERECHO TUPIC-ENTRONQUE SAN BLAS			
El JEFE DE LA OFICINA	El JEFE DEL DEPARTAMENTO	El SUPERVISOR	El DIRECTOR GENERAL
El Encargado de la Oficina	El Encargado del Departamento	El Encargado del Supervisado	El Encargado del Director General
México, D. F.	1983	Plano 25-2	

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN








CADENAMIENTO



TUNEL IZQUIERDO
CADENAMIENTO

LEYENDA

- Al-lino 
- Adosado 
- Tubo metálico 
- Cantónes estrografos 
- Señales 

S. A. M. O. P.
DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS FEDERALES
DEPARTAMENTO DE VIAS TERRESTRES
OFICINA DE GEOTECNIA

CAMINO: MEXICO-BUENAVISTA
TRAMO: TEPIC-ENTRONQUE SAN BLAS
SUBTRAMO: Km 20+350 AL Km 20+450
ORIGEN: TEPIC, DAT

DEMOCRONICAS Y PERFIL LITOLOGICO
TUNEL IZQUIERDO TEPIC-ENTRONQUE SAN BLAS

Escala: 1:1000	Escala: 1:1000	Escala: 1:1000	Escala: 1:1000
Elaborado: []	Revisado: []	Comprobado: []	Asesorado: []

MEXICO, D. F. 1963 FOLIO: 126

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**