



8

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

**"ESTUDIO GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION
DEL TUNEL SALTO-TLAMACO, MUNICIPIO DE TULA
ESTADO DE HIDALGO."**

T E S I S

Qué para obtener el título de:

INGENIERO GEOLOGO

Presenta:

Ernesto García Pérez.

México, D.F. 1981.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

CONTENIDO

I.- INTRODUCCION	1
I-1.- Objetivo del trabajo	2
I-2.- Antecedentes	2
I-3.- Agradecimientos	3
II.- GENERALIDADES	5
II-1.- Localización y Vías de Acceso	5
II-2.- Población y Cultura	5
II-3.- Economía de la Región	6
III.- FISIOGRAFIA	8
III-1.- Orografía	8
III-2.- Hidrografía	9
III-3.- Geomorfología	10
III-4.- Clima y Vegetación	10
IV.- GEOLOGIA	13
IV-1.- Estratigrafía	13

V.- TECTONICA	18
VI.- GEOLOGIA HISTORICA.....	19
VII.- GEOTECNIA	21
VII-1.- Geología Superficial y del Sub suelo a Detalle.....	23
VII-2.- Petrografía	33
VII-3.- Mecánica de Rocas	42
VII-4.- Voladura de Rocas	48
VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFIA	58

I.- INTRODUCCION

A fin de evitar las inundaciones en la ciudad de México, en 1607 el cosmógrafo Enrico Martínez, proyectó y construyó el Tajo de Nochistongo para dar salida a las aguas negras de la ciudad de México. En 1856 se inició la construcción del gran canal de desagüe que lanzó hacia el valle del Mezquital las avenidas de todo el valle de México y los drenajes urbanos, esto permitió en 1904 iniciar la operación -- del Distrito de Riego de Tula, en virtud de que con las aguas de los ríos Tepaji y Tula, se regaba con mucha deficiencia.

Con la finalidad de rehabilitar el Distrito de riego No. 03 el cual comprende una gran extensión del SW del estado de Hidalgo, la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, proyecta la construcción de un canal denominado "Salto-Tlamaco", con el cual se irrigaran 1500 nuevas hectáreas de terreno agrícola, así mismo asegura el abastecimiento de aguas negras y la operación eficiente de la zona de riego en producción de dicho Distrito. Este proyecto se lleva a cabo debido a que la construcción y operación del sistema de drenaje profundo de la ciudad de México que descarga en el río el Salto (Estado de Hidalgo) ha generado la disminución del gasto transportado por el gran canal de desagüe que era su alimentador.

El canal "Salto Tlamaco", en la mayoría de su recorrido será de sección trapezoidal con taludes 1.5:1 y un ancho de plantilla de 3.5 metros, tendrá una longitud de 25,300 metros y estará abasteci

do por las aguas provenientes de la salida del Emisor Central. A lo largo de la trayectoria del canal "Salto-Tlamaco" será necesaria la construcción de diversas estructuras entre las que destaca un túnel, el cual evitará desarrollos topográficos y cortes considerables en roca, localizándose entre las estaciones 6 + 406 y 7 + 127 metros, con una longitud de 721 metros.

I.1.- OBJETIVO DEL TRABAJO

Debido a que la Secretaría de Agricultura y recursos Hidráulicos tiene entre sus programas de trabajo, incorporar una amplia extensión del Estado de Hidalgo al desarrollo agropecuario del país, -- realizó los estudios geotécnicos para la construcción del canal "Salto-Tlamaco".

El enfoque principal del presente estudio es determinar las características geológicas y Geotécnicas para la construcción del Túnel.

Gentilmente los directivos de la Subdirección de Investigación y Desarrollo Experimental, autorizaron al suscrito a presentar los resultados del estudio como tesis profesional para obtener el título de Ingeniero Geólogo en la Universidad Nacional Autónoma de México.

I.2.- ANTECEDENTES

Para la elaboración de este estudio se cuentan con los siguientes antecedentes.

- 1.- Informe geológico exploratorio del proyecto del túnel "Salto-Tlacuaco" (anteriormente se tenía la alternativa de construir 7 Kms. de túnel la cual fue desechada).
- 2.- Estudio geofísico de resistividad para la alternativa de túnel.
- 3.- Estudio fotogeológico.

Los tres realizados por la Subdirección de Geología de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en julio de 1978.

I.3.- AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Ing. Antonio Mosqueda T. Subdirector de la Subdirección de Investigación y Desarrollo Experimental S.A.R.H., por haberme autorizado el acceso a la información de este estudio y la presentación de los resultados como tesis profesional.

Agradezco al Ing. H. Ontiveros T. por el material proporcionado para la elaboración de esta tesis.

Se agradece a los Ings. Hugo Flores y Bernardo Saucedo por su orientación para el desarrollo de la presente tesis.

Mi agradecimiento muy en especial al Ing. Eduardo del Río Muñoz de Cots, Jefe del Departamento de Geotecnia Aplicada a la Cons-

trucción y Director de la presente tesis.

Se agradece a los Ings. Alejandro Guzmán A. y Alejandro Bello B. por haber revisado esta tesis.

Los planes se elaboraron en coordinación con el C. Tobias - Cervantes Maya.

II.- GENERALIDADES

II.1.- LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO

El área del proyecto, se localiza en la porción suroccidental del Estado de Hidalgo, entre las coordenadas geográficas $19^{\circ} 58'$ de latitud norte y $99^{\circ} 17'$ de longitud al oeste del Meridiano de - - Greenwich (determinada gráficamente de la carta Turística, hoja centro I escala 1:100 000 elaborada por Datanal y del plano de la región Hidrológica número 26 elaborado por la S.A.R.H.).

El portal de entrada del proyecto del túnel, se localiza a 1.25 kilómetros en línea recta al SE 42° de la Ciudad Cooperativa -- Cruz Azul y el de salida a 0.75 kilómetros al SE 45° de San Miguel - Vindho.

Se puede llegar de la Ciudad de México, tomando la carretera No. 57 (Autopista México-Querétaro) desviándose a la derecha en el kilómetro No. 68 hacia Tepeji del río hasta Ciudad Cruz Azul. El acceso al portal de entrada se efectúa partiendo de Ciudad Cruz Azul, con rumbo SE por un camino pavimentado sobre el cual se transitan -- 1.5 kilómetros, para continuar a la derecha por una terracería recorriendo medio kilómetro para llegar al portal de entrada.

II.2.- POBLACION Y CULTURA

El canal "Salto-Tlameco" se encuentra entre los municipios de Tepeji del Río, Tula de Allende y Atitalaquia, inicia en la salida del Emisor Central a unos 2 kilómetros al Este de la presa Requena, - pase por Ciudad Cruz Azul, San Miguel Vindhó, la Refinería de Pemex, - Licudora y San Miguel Chipigui descargando en el río Salado al Oeste del poblado de Nápoles en el municipio de Atitalaquia. La gente en esta región como en la mayor parte de la provincia Mexicana es analfabeta y cortés.

Según el censo de 1970 la población en esta región está distribuida de la siguiente forma.

Municipio	Población Total	Pobl.Econ. activa	% Inactiva	% Pobl. que estudia
Tula de A.	38,685	8,862	23.0	77.0
Tepeji del R.	24,139	5,249	21.8	78.2
Atitalaquia	7,149	1,824	25.5	74.5

En general el Estado de Hidalgo, tenía un 37.9 % de analfabetas y un 57.7 % de población económicamente inactiva en 1970.

II.3.- ECONOMIA DE LA REGION

La población económicamente activa, se dedica principalmente a la agricultura, avicultura, ganadería, industria, comercio y servicios.

Según el censo de 1970, el Distrito de Riego No. 03 contaba

con 43, 057 hectáreas regables, y el municipio de Tula con 40, 430 lo que permite considerar esta actividad en primer lugar. El estado de Hidalgo cuenta con cinco cementeras de la que destaca por su importancia la Cooperativa Manufacturera de cemento portland La Cruz Azul, -- ubicada en el municipio de Tula la cual obtiene su materia prima de las calizas cretácicas de la formación el Doctor, tiene una capacidad productiva de 3900 toneladas diarias de cemento. Entre las cinco cementeras dan ocupación a 16,604 personas, lo que permite considerar esta actividad en segundo lugar. El comercio ocupa el tercer lugar -- dentro de las actividades productivas; sin embargo, sólo el 6.4 % de la población se dedica a esta actividad.

III.- FISIOGRAFIA

La zona de estudio, pertenece a la provincia fisiográfica - del Eje Neovolcánico (Alvárez y E. López Ramos 1972), caracterizada - por manifestaciones de actividad volcánica siguiendo la zona de frac- turas que atravieza el país de occidente a oriente.

El Eje Neovolcánico es una cadena montañosa compuesta de co rros, conos volcánicos, mesas y valles rellenos de sedimentos de ori- gen lacustre y aluvión de edad terciaria y cuaternaria. Se divide en- varias estructuras geológicas con una orientación general Este-Oeste.

La zona del túnel se encuentra enclavada en el valle de - - Apaxco el cual tiene una orientación N cambiando más o menos al cen- tro a una orientación NE, es el valle más alto de la zona, se caracte- rize por presentar lomeríos suaves con algunos derrames de basaltos y andesites así como bancos de roca de composición calcárea.

El valle de Apaxco se extiende desde Tequisquiac hacia el - Sur, zona donde el río salado inicia su descenso con fuertes pendien- tes, hasta donde este río confluye aguas abajo con el río Tula hacia- el Norte.

III.1.- OROGRAFIA

Alrededor de la zona de estudio se presentan numerosas ele-

vaciones montañosas. Hacia el Este se encuentran los cerros: Pechitos, Salto (2600 M.S.N.M.) y unas prominencias topográficas utilizadas como bancos de roca de composición calcárea (2350 M.S.N.M.). Hacia el Sur se observan los cerros de Las Casas y El Zapote (2500 M.S.N.M.). Al Norte se encuentra el cerro Xicuco (2150 M.S.N.M.) y el cerro del Astillero (3150 M.S.N.M.). Al Oeste se observa un cambio en la topografía haciéndose más escarpada, encontrándose mesas y cerros de composición basáltica y andesítica. Entre las mesas se tiene: La Cruz, La Campana-Mesa Grande, El Lindero y La Cañada (2250 M.S.N.M.) entre los cerros se tiene El Podrido (2800 M.S.N.M.), Veinte Barrancas, La Campana (2700 M.S.N.M.), Santa Ana, Potrero Grande y El Padregal (2400 M.S.N.M.).

III.2.- HIDROGRAFIA

En la zona predomina un drenaje dendrítico, presentándose a veces radial divergente.

El distrito de riego No. 03 forma parte de la cuenca del río Tula, perteneciente a la región hidrológica No. 26 genéricamente conocida como Alto Pánuco. El río Tula, que posiblemente se constituye el principal formador del río Moctezuma, tiene su nacimiento en el cerro de San Pablo (La Bufa) a una altitud de 3800 metros sobre el nivel del mar, el cual forma parte de la Sierra Cathedral (Partes que del río Pánuco y el río Lerma). Su escurrimiento con una dirección general S-N,-

es controlado por las presas Taxhimay, Requena y Endo.

A la presa Requena descargan sus aguas los ríos Tepaji y El Salto el cual lleva aguas del Emisor Central procedentes del valle de México. De la presa Endo se desprende el canal "Del Centro" controlando su escurrimiento la presa La Peña, la cual es la tercera presa de aguas negras que se encuentra en el estado de Hidalgo.

Hacia el este se encuentra el río Salado, el cual corre por todo el valle de Apaxco.

III.3.- GEOMORFOLOGIA

El relieve está constituido en valles, cerros y mesas. El área se encuentra ubicada dentro de un valle en el cual prevalece una topografía suave.

El diastrofismo ha afectado la zona por medio de movimientos orogénicos, los cuales han generado rasgos fisiográficos de segundo orden como son las cadenas montañosas de los cerros El Podrido, Veinte Barrancas, Santa Ana, La Campana y El Astillero. El intemperismo, la erosión, el transporte y la depositación, generaron rasgos fisiográficos de tercer orden como son las pequeñas cañadas que aquí se observan los ríos Tula y El Salto son los principales agentes erosivos de esta zona.

III.4.- CLIMA Y VEGETACION

El clima en la región según la clasificación de Koppen es - BSkwg que corresponde a seco, estepario, frío, con algunas lluvias en verano y muy pocas en invierno, con una temperatura media anual inferior a los 18°C, siendo la del mes más frío de -7°C.

La temporada de lluvias es de junio a septiembre con una precipitación media anual de 540 a 600 mm (Período de 1955 a 1973 según la carta de Isoyetas anuales publicada por el Instituto de Geografía U.N.A.M.).

La vegetación es escasa, encontrándose generalmente plantas xerófitas, huizaches, nopales, magueyes, cactus, pastizal, matorrales espinosos y bosques. En algunas partes, sobre todo en las más altas se encuentran pinos y encinos.

La región se ha dividido en zonas de riego, temporal, pastizal, matorral espinoso y bosque (Carta de suelos editada por la S.A.-R.H.).

Las zonas de riego, incluye áreas que se irrigan por lo menos una vez durante el ciclo agrícola, mediante el riego de puntao auxiliar o riego completo.

Las zonas de temporal comprenden las áreas que han sido abiertas al cultivo sin contar con riego y se encuentran en explotación, en descenso o bien en abandono.

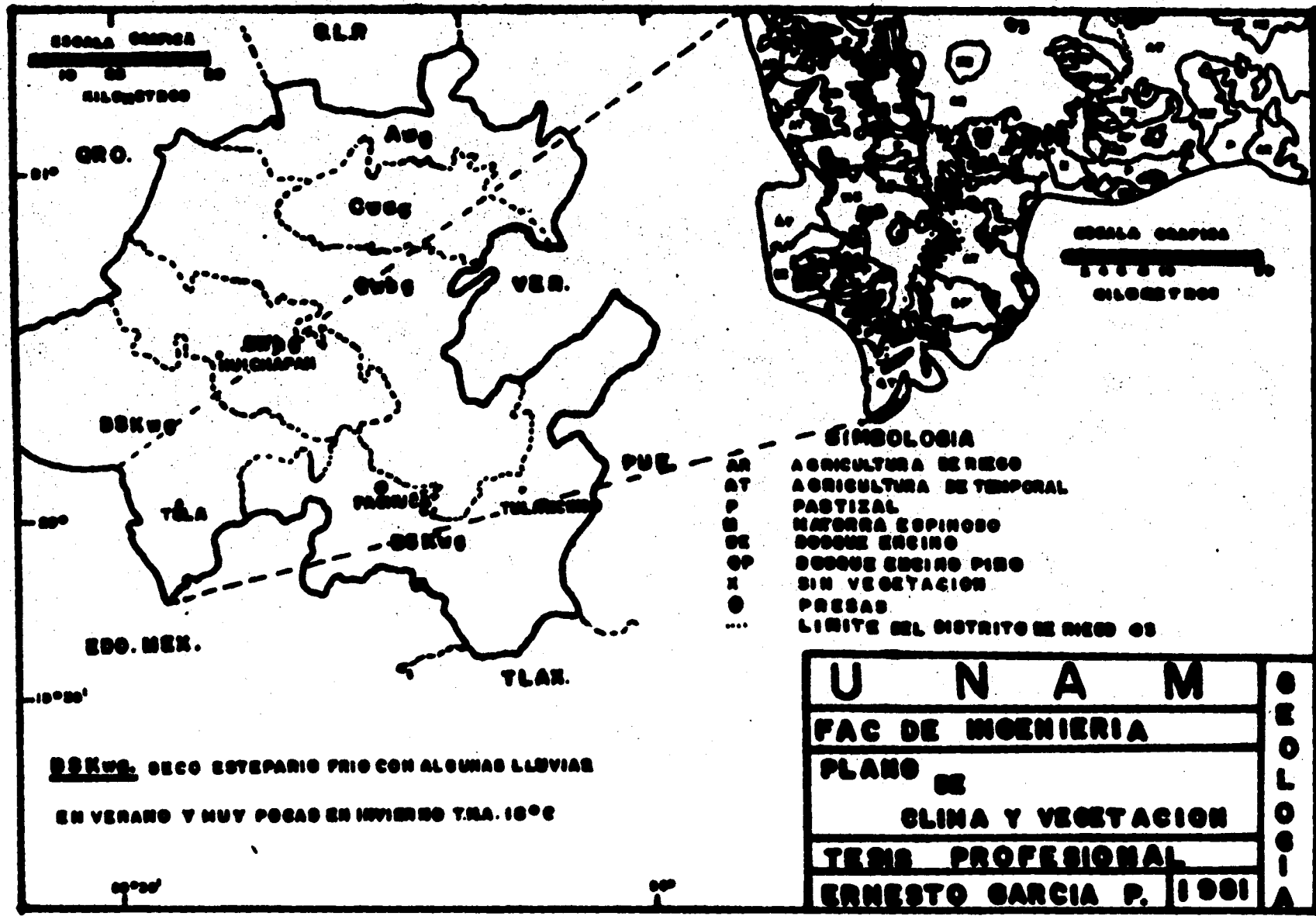
El pastizal incluye los pastos naturales, inducidos o culti

vados.

El matorral espinoso generalmente es vegetación inproductiva y sólo estorba para el cultivo.

El bosque se compone de árboles de encino (*Quercus barbini-vis*) y pino (*Pinus montezumae*) siendo maderables y no maderables.

Los cultivos principales son: maíz, alfalfa, agaves, café - jitomate, trigo, naranja, cebada, árboles frutales etc.



ESCALA GRAFICA
100
KILOMETROS

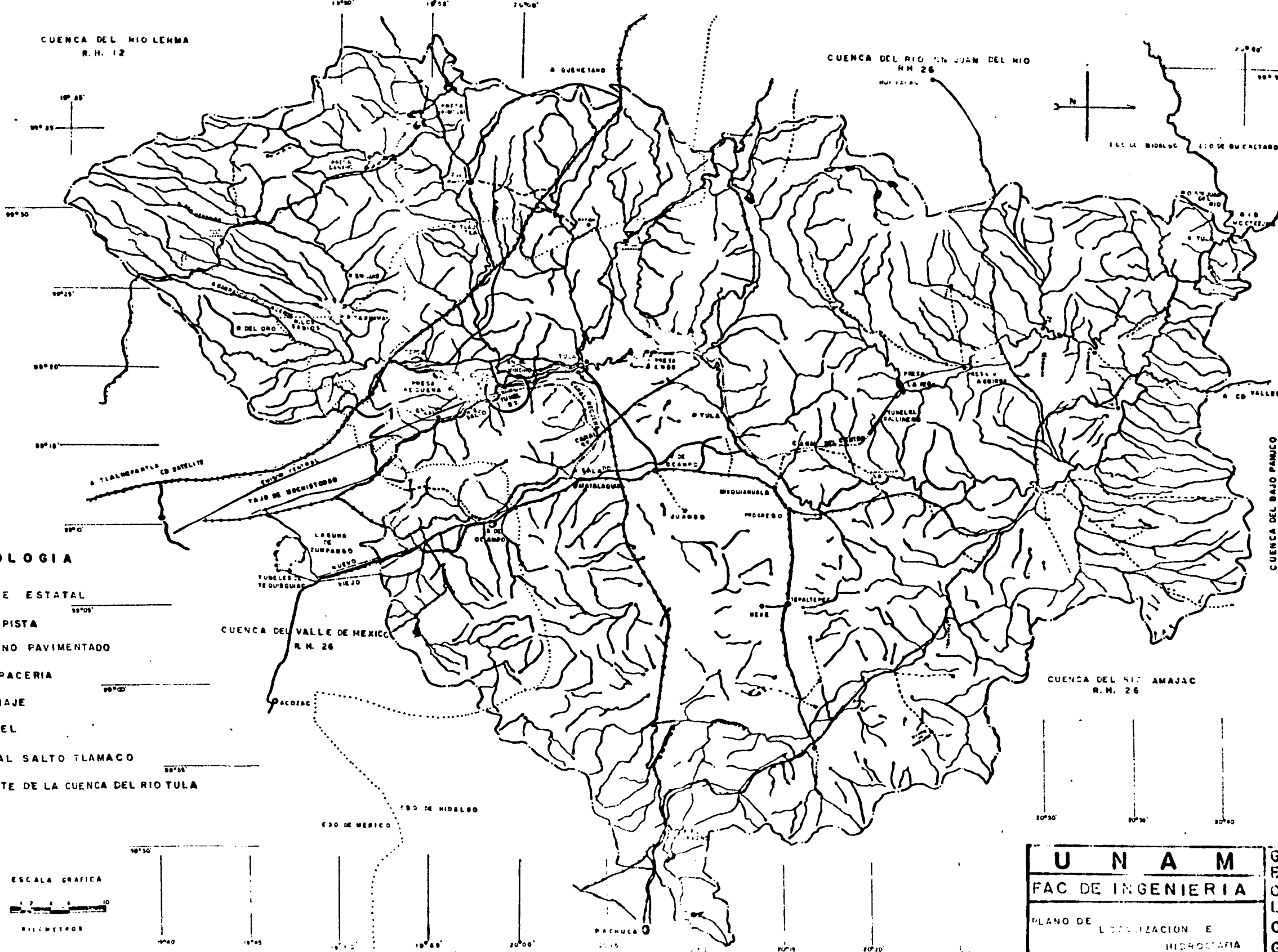
ESCALA GRAFICA
100
KILOMETROS

- SIMBOLOGIA**
- AR AGRICULTURA DE REGO
 - AT AGRICULTURA DE TEMPORAL
 - P PASTIZAL
 - N NATORRA ESPINOSO
 - DE BOSQUE ENCINO
 - OP BOSQUE ENCINO PINO
 - X SIN VEGETACION
 - O PRESAS
 - LIMITE DEL DISTRITO DE REGO DE

BOQUE, SECO ESTEPARIO FRIO CON ALCUNAS LLEVIAS
EN VERANO Y MUY POCAS EN INVIERNO T.M.A. 18°C

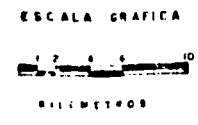
U N A M		G E O L O G I A
FAC DE INGENIERIA		
PLANO DE		
CLIMA Y VEGETACION		
TESIS PROFESIONAL		
ERNESTO GARCIA P. 1981		

REGION HIDROLOGICA No. 26 CUENCA DEL RIO TULA



SIMBOLOGIA

- LIMITE ESTATAL
- AUTOPISTA
- CAMINO PAVIMENTADO
- TERRACERIA
- DRENAJE
- TUNEL
- CANAL SALTO TLAMACO
- LIMITE DE LA CUENCA DEL RIO TULA



U N A M	G E O L O G I A
FAC DE INGENIERIA	
PLANO DE LOCALIZACION E HIDROGRAFIA	
TESIS PROFESIONAL	
ERNESTO GARCIA PEREZ 1981	

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

CANT.	SERIE	PISO	HOJA PACHUCA	SAN PEDRO DE HIDALGO	EL SALTO TLAMACO	
CUAT	RECIENTE Y PLEISTOCENO		ROCAS VOLC. ALUMBR. CAPAS CONOS LACUSTRES CERRILLONES	DEPOSITO LACUSTRE	DEPOSITOS LACUSTRES	
	TERTIARIO	PLIOCENO	ASVIANO	FM. TARASCO VOLCANICO FM. CAS. NAPIRAN EL APPOSITO FM. TALAPO FM. ROCAS FM. ATOTZILCO FM. TARASCO FM. NILO FM. EL GRANDE	FM. TARASCO FM. ATOTZILCO FM. EL GRANDE	FM. TARASCO
		PLAIBANCIANO	FOBA DON QUIXOTE FM. ZUMATE	FOBA DON QUIXOTE FM. ZUMATE Y TEZUANTLA		
MIOCENO		PONTIANO	FM. TEZUANTLA			
		SERRANCIANO	FM. VILLALBA			
		TORTOSIANO	FM. STA. CRYSTINA			
OLIGOCENO		USUALTIANO	FM. REAL DEL N.			
		AGUILARIANO	FM. PACHUCA			
EOCENO		GRATTIANO	FM. CORTAZA			
		RUPELIANO	FM. CANTIANO			
		YONGIANO	GRUPO PACHUCA			
		LUZIANO	GRUPO EL MORRO			
PALEOCENO		AUVERSIANO				
	LEVIANSO					
	COISIANO					
CRETACICO	TRANCETIANO					
	MORTIANO					
	MARSTRICHIANO					
	SUPERIOR	CAMPANIANO				
		SANTONIANO	FM. NEZCALA	FM. NEZCALA	FM. MEXICO	
CONIACIANO						
MEDIO	TURONIANO	FM. ROYAL CHANTIA	FM. ROYAL CHANTIA	FM. ROYAL CHANTIA		
	CENOMANIANO					
	SUPERIOR	FM. EL DOCTOR	FM. EL DOCTOR	FM. EL DOCTOR		
	MEDIO					
JUR	INFERIOR	FM. EL DOCTOR				
	APTIANO					
	SARRENIANO					
	HAUTERIVIANO					
	VALANGNIANO					
	BERRIANO					
	TITONIANO					

IV.- GEOLOGIA

En el área donde se construirá el túnel, afloran rocas sedimentarias e ígneas extrusivas, cuyas edades van del cretácico medio - al reciente.

Según K. Segerstrom en sus trabajos estratigráficos para el estado de Hidalgo (Ver bibliografía), las formaciones que el suscrito observó en el campo, corresponden a las formaciones El Doctor, Taran-go Basaltos del Pleistoceno y Depósitos lacustres y de aluvión. En la columna estratigráfica se muestra la secuencia completa y sólo se pone como referencia ya que no se hizo un estudio estratigráfico regional.

IV.1.- ESTRATIGRAFIA

A continuación se describen las formaciones que afloran en la zona de proyecto, las cuales son extracto del escrito de K. Segerstrom y de mis observaciones en el campo.

Formación El Doctor

La formación El Doctor es la unidad litoestratigráfica más antigua que aflora.

Su localidad tipo se encuentra en el estado de Querétaro a 25 kilómetros al noroeste de Tlanepan Hidalgo.

En la localidad tipo K Segerstrom describe un gran banco de caliza donde distinguió cuatro facies de esta formación:

- 1.- Facies Biostromíferas de aguas someras.
- 2.- Facies conglomeráticas.
- 3.- Facies de capas gruesas de caliza con nódulos de pedernal.
- 4.- Facies de capas delgadas de caliza y pedernal que se depositaron en aguas profundas.

En el área de estudio aflora una caliza color gris claro, - con textura microcristalina a criptocristalina, estratificada poco - fracturada, compacta, se presenta en estratos que varía de 12 cm. a - 1 m. de espesor. De edad probable Cretácico Medio, por lo que tentativamente la correlacionamos con la formación El Doctor.

Esta formación se correlaciona con la formación El Abra de la cuenca de Tampico Mizantla al NW (Banet 1952) y con la formación - Morelos al S (Fries 1956).

Se encuentra en contacto discordante con la formación Tarango.

Nota.- En la práctica de instrumentación Geológica, la formación El Doctor que describe K Segerstrom en Zimapan e Ixmiquilpan - estado de Hidalgo se identificó como las formaciones Tamaulipas Inferior, Horizontes Otates y Tamaulipas Superior; en este trabajo no se pudo establecer si la formación El Doctor que aquí se considera parte

nece a las formaciones anteriores, en virtud que en los sondeos y en los afloramientos no se encontró ningún horizonte arcilloso por lo que se dá por aceptada la clasificación de Segerstrom.

Formación Tarango.

La formación Tarango aflora en el SW del estado de Hidalgo. Consiste en depósitos de clásticos de relleno aluvial y lacustre, con lentes de caliza lacustre ampliamente dispersos y localmente cubiertas o intercaladas con corrientes de basalto. Se divide en dos grandes grupos:

- 1.- Rellenos de valles antiguos que están siendo erosionados activa y profundamente por los ríos Tula, Amajac, Mezquitlán y sus afluentes, así como por los ríos y arroyos que están disectando áreas marginales de la cuenca de México.
- 2.- Depósitos más modernos que cubren el piso de la cuenca de México y otros valles grandes que se están acumulando en lugar de estar se erosionando.

La localidad tipo de la formación Tarango se encuentra en la cuenca de México a 4 kilómetros al SW de Mixcoac D.F. en donde afloran tobas, brechas, gravas volcánicas de origen fluvial y delgadas capas de pomez todas ligeramente endurecidas.

En el tajío de Nochistongo se exponen espesores de la forma-

ción Tarango de 30 a 40 metros.

En el valle de Mezquital se presentan espesores hasta de 400 metros.

En la zona de construcción del túnel se presenta una unidad de tobas depositadas en un medio acuoso con una variación de colores de café claro a verde, arcillo-arenosas separandolas en ocasiones un horizonte brechoide, seno, compacto de clastos subredondeados de composición volcánica y calcárea con espesores de 1 a 6 metros. Se le asigna edad probable del Plioceno Astiano, por su forma de planicie madura por lo que se correlaciona con la formación Tarango.

Se encuentra en contacto discordante debajo de los basaltos pleistocénicos.

Basaltos del Pleistoceno.

Los basaltos de los valles de Tula y Alfajayucan son claramente de edad Post-Tarango, forma mesas o terrazas angostas cuyas superficies son la de valles antiguos que fueron erosionadas, las corrientes presentan abundantes fenocristales de plagioclasas de tamaño minúsculo y con escasos fenocristales de olivino, debieron ser bastante fluidos, pues son uniformemente delgadas (Con espesores de 4 a 10-metros a lo largo del río Tula) cubriendo grandes extensiones.

En nuestra zona de estudio aflora al este de la presa Requ

na en donde se formaron basaltos columnares con espesores observables hasta de unos 15 metros.

Este basalto no es cortado por el canal ni el túnel.

Sobre la formación Tarango y basaltos del Pleistoceno, se observan pequeños espesores de sedimentos aluviales y suelo.

V.- TECTONICA

El Eje Neovolcánico al cual pertenece nuestra zona de estudio, se encuentra dividido en varias estructuras con una orientación general Este-Oeste no observándose esta orientación cuando se estudian las estructuras particulares.

Nuestra zona de estudio se encuentra enclavada en el Valle de México limitada al norte por los fuertes plegamientos de la Sierra Madre Oriental al sur por los complejos precámbricos de la meseta de Oaxaca y al E y W por los valles de Toluca y Puebla.

El valle de México está caracterizado por presentar vulcanismo en medio de grandes llanuras lacustres pliocénicas, observándose que la actividad volcánica se concentra en grandes fracturas con dirección NE-SW y NW-SE.

La zona del túnel se encuentra en un valle en el cual la de formación es por fallas normales, pero lejos se observan bloques debilmente ladeados. Alrededor de la zona del túnel se presenta una serie de fracturamiento con fallas de tipo normal y vertical.

A unos metros del portal de salida pasa una falla de tipo normal la cual se infirió. Debido a que no pasa por la zona del túnel este no afectará su estructura. (Ver Sección Geológica).

VI.- GEOLOGIA HISTORICA

El hecho que en nuestra zona de estudio aflora la formación- El Doctor nos indica que en el período del Albiano, esta región estuvo alejada de las tierras emergidas.

Los últimos depósitos marinos cercanos a la zona pertenecen a las formaciones Chicontepac al N y Mezcala al S las cuales se componen de sedimentos tipo Flysch marino de origen postorogénico que nos marca el final de la era Mesozoica y el inicio de las pulsaciones de la orogenia Laramide que se continúa hasta fines del Eoceno, o sea el Cenozoico, ocasionando que estas formaciones fueran plegadas y afalladas, dando lugar a relieves altos, cuencas estructurales y principios de actividad volcánica.

El vulcanismo se manifestó mediante la extrusión de lavas correspondientes al grupo Pachuca, acompañada de afallamientos secundarios que dieron origen a cuencas estructurales.

Este vulcanismo cesó a fines del Mioceno, poco tiempo después durante un período de erosión y depositación de tipo lacustre, se presentó una nueva etapa volcánica originando las formaciones tobáceas Don Guinyo y Zumate.

A principios del Plioceno, nuevamente disminuye la actividad volcánica, depositándose materiales tobáceos en un ambiente acuoso mezclados con clásticos de origen ígneo erosionado de las formaciones

preexistentes dando lugar a las tobas lacustres del Grupo San Juan.

A mediados del Plioceno surge un cambio notable consistente en la extravasación de lavas máficas de centros esparcidos en toda la región. Esta nueva actividad volcánica también produjo cerros elevados separados por cuencas más bajas, de tal forma que la región siguió un relleno considerable y alturas grandes sobre el nivel del mar. A la vez parece que el clima se hizo más árido y empezaron a acumularse las formaciones Tarango y Atotonilco El Grande.

La formación Tarango nos indica que hubo derrames esporádicos de basalto.

En la era cuaternaria se manifestó nuevamente actividad volcánica con derrames de basaltos hacia el sur de la Ciudad de México, tapando los desagües y produciendo lagos o charcos efímeros, registrándose una erosión activa que removió gran parte de los sedimentos pliocénicos de las formaciones Tarango y Atotonilco El Grande y que aún continúa siendo responsables de la topografía actual.

Al finalizar el Holoceno, aparecen grandes migraciones humanas desarrollándose en nuestro país sorprendentes culturas.

VII.- GEOTECNIA

De todas las áreas de construcción, la de obras subterráneas son posiblemente las que presentan más problemas técnicos.

Va desde tiempos muy antiguos, el hombre ha construido túneles para diferentes fines que van desde la obtención de minerales, conducción de agua potable, comunicación terrestre etc.

El túnel más antiguo es el construido en la antigua Babilonia, hace mas o menos 4,000 años, por la Reyna Semiramis, en tiempos de Nabucodonozor. Este túnel pasó por debajo del río Eufrates, comunicando el palacio real con el templo de Júpiter. Su longitud se estimó en un Kilómetro y su sección fué rectangular de 3.6 metros de altura por 4.5 metros de ancho.

Durante milenios se construyeron diversas obras subterráneas con métodos rudimentarios, y fué hasta 1857 en que se inició la construcción del túnel Mont Cenis entre Francia e Italia de 13,444 m de longitud y fué donde por primera vez se estableció el ciclo de:

- 1.- Perforación.
- 2.- Carga y detonación.
- 3.- Ventilación.
- 4.- Rezaga.

El túnel se construyó excavando primero la parte central inferior y posteriormente las partes laterales y superficiales.

En nuestro país también se han construido diversidad de túneles para diferentes usos tales como túneles ferroviarios, carrete - ros, obras hidráulicas, plantas hidroeléctricas, drenaje, el metro - etc.

Para iniciar la construcción del túnel, nos apoyamos en diversos estudios tales como geológicos, topográficos etc. los cuales - los primeros nos permiten estimar anticipadamente las estructuras - geológicas presentes en el terreno, tales como fallas o diaclasas que de no determinarse oportunamente, pueden presentar hundimientos y destrucción de la obra debido a la intensidad de los esfuerzos cortantes

Con la topografía y geología podremos hacer un estudio geomorfológico en el cual determinaremos estructuras superficiales, así mismo hasta qué profundidad se continúan.

Como nuestro túnel se construye en rocas sedimentarias lacus - tres, tendremos cuidado en observar la distribución de las presiones, así como determinar contactos y otras discontinuidades. Esta información servirá para la selección de los procedimientos de excavación y dará guías para el diseño del revestimiento.

La Geohidrología nos permitirá estimar con anticipación el orden de magnitud de manejo de aguas subterráneas que se presentará - durante la excavación del túnel favoreciendo el tomar las medidas necesarias para contar oportunamente con los equipos necesarios para - extraer esos caudales y tomar las soluciones geotécnicas necesarias -

para lograr el avance programado en la excavación.

La aportación de la Mecánica de Rocas en la construcción del túnel, nos permitirá hacer los diseños tanto del revestimiento provisional como del definitivo, dependiendo de las condiciones estructurales y resistencia del terreno. En este aspecto es de incalculable utilidad el contar con mediciones, que permitan conocer con exactitud las deformaciones que sufra el terreno posterior a la etapa de excavación del túnel. Esta información se adiciona a los datos geológicos para confirmar o corregir, en su caso, los resultados de los diseños obtenidos, logrando con ésto una mayor seguridad durante el período de construcción y en muchos casos una economía en el soporte definitivo.

El control de la voladura, estará determinado por los aspectos geológicos y las condiciones físicas que se presentan en las rocas a excavar.

A continuación se describen detalladamente los estudios realizados en la zona de proyecto.

VII. 1.- GEOLOGIA SUPERFICIAL Y DEL SUBSUELO A DETALLE

La litología superficial a lo largo del trazo, está constituida por dos tipos de roca, los cuales están cubiertos por delgadas capas de suelo y depósitos aluviales. A continuación se describen los afloramientos a lo largo del trazo superficial túnel y del canal.

K i l ó m e t r o s		D e s c r i p c i ó n
0 + 000	1 + 100	Toba color café, arenosa de grano fino - cubierta por una capa delgada de suelo.
1 + 100	2 + 220	Toba color verde arcillosa, parcialmente cubierta por suelo.
2 + 200	3 + 000	Toba color café.
3 + 630	12 + 600	Toba color café. (Zona donde se encuentra el proyecto del túnel).
12 + 600	13 + 350	Caliza color gris claro, alterada y frac- turada de coloraciones rojizas externas, con fracturas rellenas de calcita.
13 + 350	23 + 750	Toba color café.
23 + 750	24 + 850	Caliza color crema, compacta, sana de - textura microcristalina.
24 + 850	25 + 300	Toba color café.

En la zona del trazo del túnel se levantó un plano geológico superficial a detalle en el cual se observaron tobas de color café que varían de claras a semiobscuras con una variación en su textura, pasando de arenosas de grano fino a arenosas de grano grueso. En un pozo a cielo abierto se detectó una toba color crema, calcárea, compacta, cubierta por una gruesa capa de suelo y caliche comprendiendo un tramo de 35 metros de la estación 7 + 070 a la 7 + 105. Se hicieron más exploraciones a lo largo del canal, omitiéndose en este trabajo, ya que se restringe a la zona del túnel únicamente.

La exploración en el subsuelo a lo largo del trazo del túnel es llevada a cabo utilizando una perforadora de rotación Longyear - No. 34 con una broca de diámetro NX y consistió en la perforación de cinco pozos con recuperación de muestras, siendo clasificadas petrológicamente por la brigada de exploración geológica de la residencia regional de Qro., dependiente del departamento de Geotecnia Aplicada a la Construcción.

No se hizo una reclasificación por no contar con las cajas de núcleos, por lo que la transcribo a continuación con algunas modificaciones.

Exploración I

Estación	6 + 360
Elevación	2,110.00 metros.
Profundidad	23.55 metros.

Profundidad en metros		Descripción
De	A	
0.00	0.44	Suelo limoso color café claro
0.44	3.50	Toba arenosa de grano fino, color café, alterada en pequeños trozos.
3.50	4.00	Material brechoide, sano, compacto, de clastos grandes, subredondeados de --- composición calcárea; predominando <u>so</u>

		bre la toba.
4.00	8.50	Toba color crema, sana, compacta, con fracturas rellenas de calcita. Presenta en ocasiones clastos muy pequeños, subarredondados de composición calcárea y tobácea.
8.50	15.30	Material brechoide, sano duro, compacto con clastos de composición calcárea y basáltica, subredondeados, empacados en material tobáceo.
15.50	15.85	Material brechoide con clastos subredondeados de composición calcárea, empacados en material tobáceo.
15.85	23.55	Toba color verde, suave, alterada, teniendo tramos semicompactos y fracturada de 15.30 a 17.60 metros; suave y fragmentada de 17.60 a 20.75 metros; semicompacta y poco fracturada de 20.75 a 23.55 metros.

No se abatíó el nivel de espejo del agua de prueba. El porcentaje de recuperación de las muestras extraídas fué de 87.68%, con una longitud recuperada de 20.65 metros. El índice de calidad de la roca es regular 54.88% .

Exploración II

Estación	6 + 560
Elevación	2,121.60 metros
Profundidad	30.00 metros

Profundidad en metros		Descripción
De	A	
0.00	12.60	Toba arenosa de grano fino, color café, alterada, en tramos suaves, fracturada, teniendo un tramo semicompacto de 2.80 metros a 3 metros.
12.60	19.20	Toba color crema, compacta, poco fracturada.
19.20	19.75	Material brechoide con clastos subredondeados cementado por carbonato de calcio predominando el material tobáceo sobre el calcáreo.
19.75	26.00	Toba color crema, compacta, sana muy dura. Presenta en ocasiones clastos muy pequeños subredondeados de composición calcárea y tobácea.
26.00	29.20	Material brechoide duro, con clastos muy pequeños subredondeados de composición calcárea y tobácea.

29.20	29.50	Toba color crema, sana, compacta, muy dura, presenta en ocasiones ciastos - muy pequeños subredondeados de composición calcárea y tobáceas.
29.50	30.00	Toba de color verde suave, muy fracturada.

El nivel del espejo del agua descendió a una profundidad de 7.11 metros.

El porcentaje de recuperación de las muestras extraídas fue de 70.56%, con una longitud recuperada de 21.17 metros. El índice de calidad de la roca es malo 32.90%.

Exploración III

Estación	6 + 780
Elevación	2,130.80 metros
Profundidad	39.00 metros

Profundidad en metros		Descripción
De	A	
0.00	9.50	Toba limosa y arenosa, de grano muy fino color café, muy suave, fracturada, con vesículas rellenas de calcita.
9.50	12.70	Caliza lacustre margosa color café ama-

		rillante algo alterada. De 11.20 a --- 12.70 se encuentra fracturada.
12.70	19.90	Toba color café, arenosa de grano fino - de suave a semicompecta.
19.90	32.10	Toba color crema, compacta, sana, muy du ra, presenta en ocasiones clastos muy pe queños subredondeados de composición cal cárea y tobáceas, suave.
32.10	33.30	Toba color café, arenosa de grano fino - suave, fracturada.
33.30	36.60	Material brechoide de clastos subredon - deados de composición calcárea y tobá - cea.
36.60	38.00	Toba color café, arenosa de grano fino - suave.
38.00	39.00	Toba color crema, sana, dura.

El nivel del espejo del agua descendió a una profundidad -
de 17.02 metros.

El porcentaje de recuperación de las muestras extraídas -
fue de 57.05% con una longitud recuperada de 22.25 metros. El índice
de calidad de la roca es malo 37.36%.

Exploración IV

Estación 7 + 000
Elevación 2,122.40 metros
Profundidad 27.00 metros

Profundidad en metros		Descripción
De	A	
0.00	0.40	Depósitos de talud.
0.40	4.00	Muestra de canal. De composición arenosa y calcárea.
4.00	4.50	Toba color crema, calcárea, compacta - sana.
4.50	7.70	Toba color café claro, arenosa de grano fino, fracturada.
7.70	9.50	Toba color crema, calcárea, compacta, - sana presentando en ocasiones clastos muy pequeños, subredondeados de composición calcárea y tabécea suave.
11.70	21.00	Toba color crema, calcárea, compacta - sana.
21.00	24.00	Toba color café claro, arenosa de grano fino Fracturada.
24.00	27.00	Toba color crema, calcárea, compacta, - sana presenta clastos grandes de la misma composición, que debido a lo es-

porédicos que se encuentran se le agru
pó dentro de esta toba.

El nivel de espejo del agua descendió a una profundidad de
5.80 metros

El porcentaje de recuperación de las muestras extraídas --
fué de 73.03 % con una longitud recuperada de 19.72 metros. El índi
ce de calidad de la roca es regular 55.21 %.

Exploración V

Estación	7+120
Elevación	2,110.00 metros
Profundidad	17.00 metros

Profundidad en metros		D e s c r i p c i ó n
De	A	
0.00	4.50	Toba color café, arenosa de grano fino fragmentada.
4.50	9.20	Toba color crema, calcárea, compacta - sana.
9.20	11.60	Toba color café claro, arenosa de grano fino. Semicompacta.
11.60	12.80	Toba color crema, calcárea, compacta, - sana.
12.80	17.00	Toba color verde, arcillosa, muy suave

fragmentada.

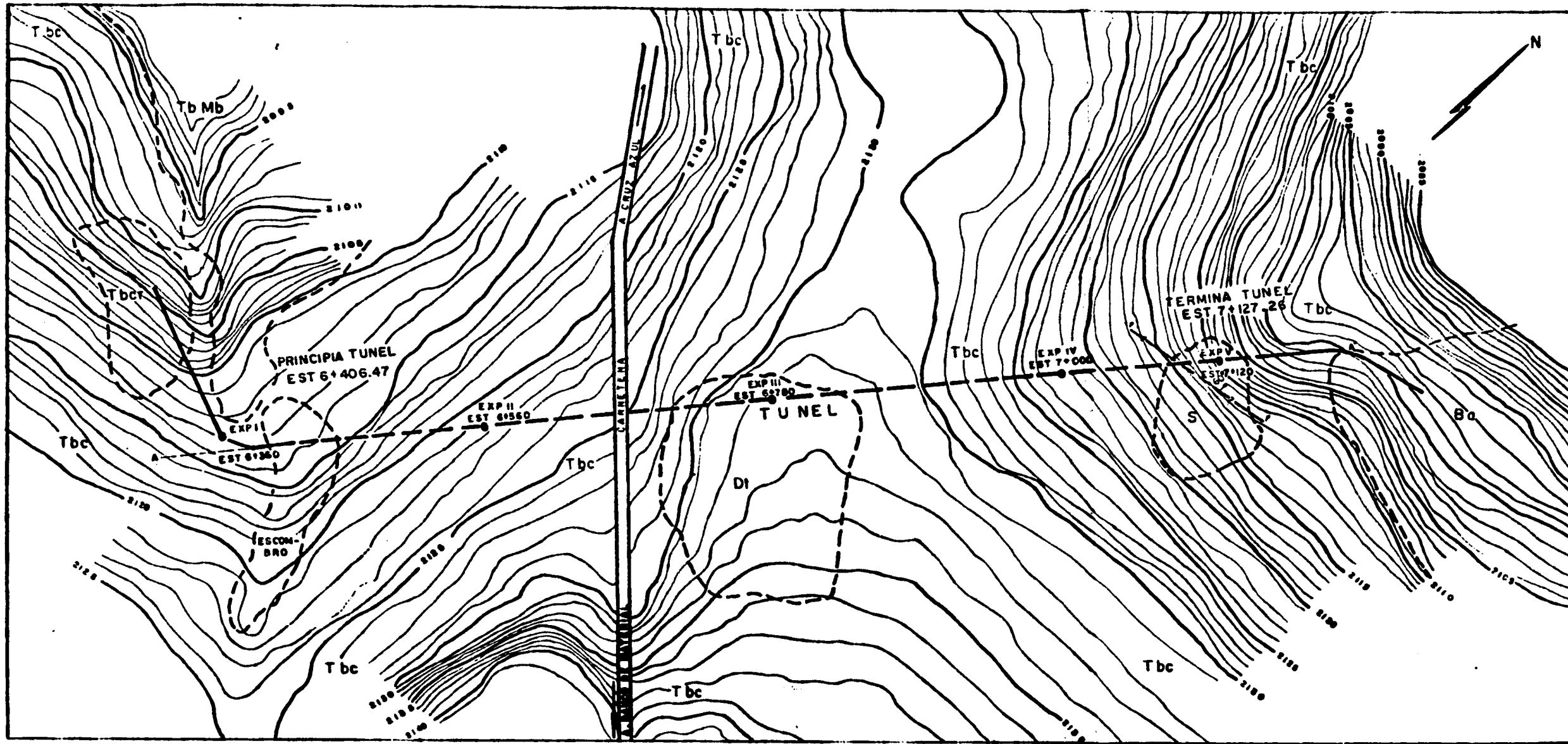
El nivel de espejo del agua descendió a una profundidad de 10.00 metros.

El porcentaje de recuperación de las muestras extraídas - - fué de 55.88%, con una lóngritud recuperada de 9.50 metros. El índice de calidad de la roca es malo 32.07%.

Geológicamente la zona presenta tres unidades litológicas: Una toba color café y crema de composición variada, la cual a veces - se encuentra compacta y sana y en otras ocasiones alterada y disgrega ble, una brecha sedimentaria generalmente sana y compacta y por últi mo una toba color verde que se interperiza rápidamente al contacto - con el aire (Ver sección Geológica). Los contactos de estas unidades son poco uniformes.

La zona se encuentra poco afallada encontrándose solo una - falla de tipo normal la cual se infirió. Con los estudios realizados no se localizó ninguna fracture de consideración (Ver plano Geológico a semi-detalle y sección Geológica).

No se localizó el nivel freático hasta la profundidad donde se construirá el túnel.



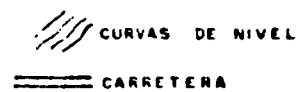
**SIMBOLOS CONVENCIONALES
GEOLOGICOS**

S	SUELO	Ba	BLOQUES DE BASALTO EMPACADOS EN MATERIAL TOBACEO
Dt	DEPOSITO DE TALUD		CONTACTO GEOLOGICO
Tbcr	TOBA COLOR CREMA		FALLA INFERIDA NORMAL
Tbc	TOBA COLOR CAFE	●	POZO EXPLORATORIO
Tb Mb	ALTERNANCIA DE TOBA CREMA CON MATERIAL BRECHOIDE DE FRAGMENTOS SUBREDONDEADOS		

ESCALA GRAFICA

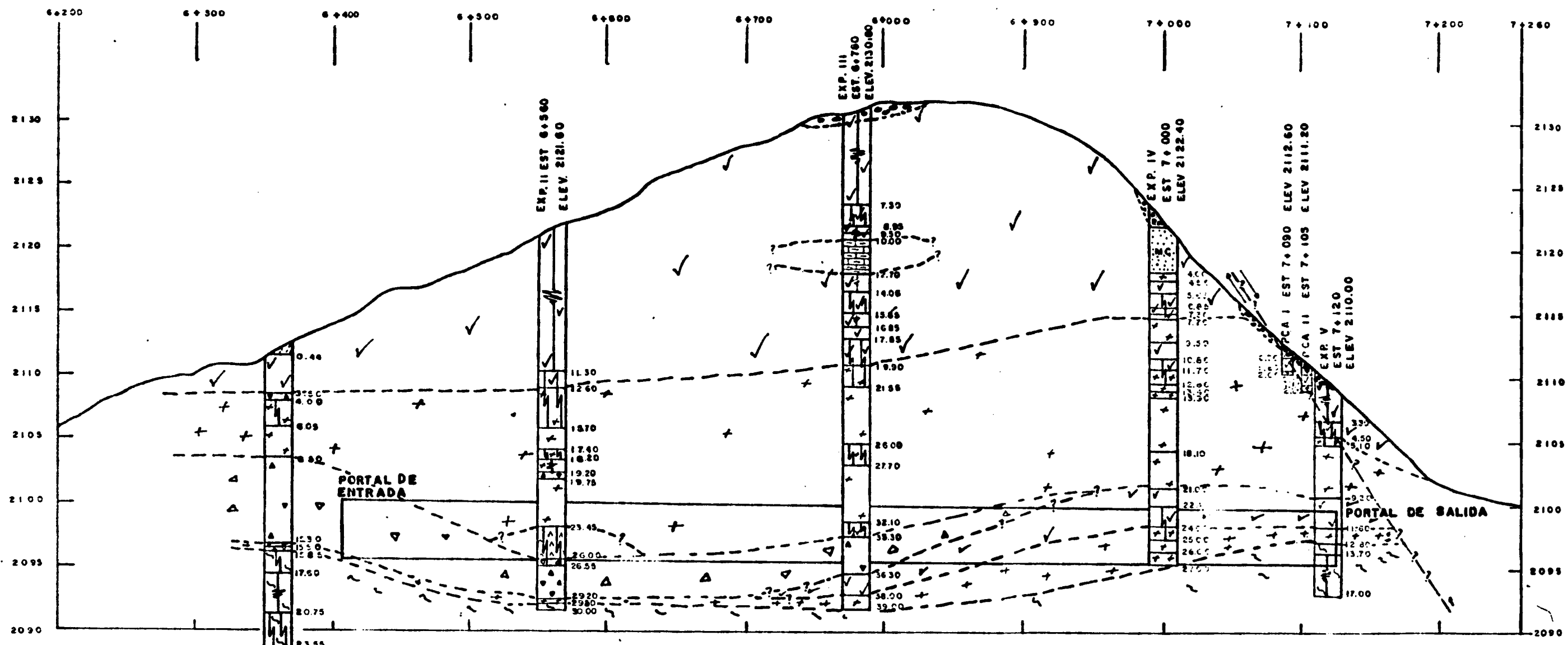


SIMBOLOS TOPOGRAFICOS



Topografía calculada del plano No 1020 titulado "Cruce Principal Salto Tamayo", elaborada por la residencia de Magisterio S. Mga.

U N A M	G E O L O G I A
FAC DE INGENIERIA	
PLANO GEOLOGICO SUPERFICIAL A SEMIDETALLE	
TESIS PROFESIONAL HELESTO GARCIA PEREZ 1901	



- | | | | | | |
|--|---------------------|--|----------------------|--|----------------------------|
| | SUELO | | TOBA COLOR VERDE | | ROCA MUY FRACTURADA |
| | DEPOSITO DE TALUD | | CALIZA MARGOSA | | ROCA FRAGMENTADA |
| | TOBA COLOR CAFE | | TOBA VITROCRISTALINA | | CONTACTO GEOLOGICO |
| | HORIZONTE BRECHOIDE | | MUESTRA DE CANAL | | CONTACTO GEOLOGICO POSIBLE |
| | TOBA COLOR CREMA | | ROCA FRACTURADA | | FALLA INFERIDA NORMAL |

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

U N A M		G E O L O G I A
FAC. DE INGENIERIA		
PERFIL DE EXPLORACIONES Y SECCION GEOLOGICA		
TESIS PROFESIONAL		
ERNESTO GARCIA PEREZ 1981.		

VII.2.- PETROGRAFIA

Se mandaron siete muestras a laminación, de las cuales algunas se encontraban muy alteradas, por lo que para obtener su lámina -- delgada fué necesario "cocer" la muestra. La muestra del sondeo V por su grado avanzado de alteración, no fué posible laminarse.

En casi todas las muestras predomina un alto grado de alteración a excepción de el material brechoide que se encuentra sano y -- compacto. Es de suponerse que las condiciones de sedimentación no variaron mucho, siendo de origen lacustre con capas de productos piro-- clásticos procedentes de aparatos volcánicos cercanos.

El material brechoide nos indica que en estos lagos hubo -- transporte por ríos y la procedencia de los sedimentos era cercana de -- bido al grado de angulosidad que presenta la muestra. A la vez hubo -- cenizas volcánicas que se depositaron, formando capas lenticulares y mezclándose con sedimentos calcáreos que se estaban depositando, formando sedimentos de composición muy variada. Posteriormente al irse -- secando los lagos hubo compactación y el agua percoló por las fisuras y poros alterándose a través del tiempo y en forma diferencial la ro -- ca.

Al construir el túnel, es importante considerar el análisis -- anterior, ya que observando los diferentes grados de alteración y com -- posición es posible determinar problemas técnicos no considerados en -- los estudios exploratorios previos. Esto nos permitirá tomar las medi

das geotécnicas necesarias para iniciar la construcción del túnel.

A continuación se muestran los estudios petrográficos que se desarrollaron para esta tesis.

ESTUDIO PETROGRAFICO

Sondeo I Prof. 6.90-7.50 metros

Proyecto.- Túnel Salto-Tlamaco.

Estado.- Hidalgo.

DESCRIPCION MEGASCOPIA

Color Café rosado.

**Estructura..... Fanerítica, muy blanda y disgregable al presionarse -
con la mano.**

**Min. Observables. Carbonato de calcio, calcita, cuarzo, minerales ferro
magnesianos y fragmentos de roca muy alterados.**

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura..... Microcristalina.

**Mineralogía La matriz se encuentra compuesta por carbonato de -
calcio y Oxido de Hierro (Hematita), presenta cristales enhedrales y angulosos de cuarzo y feldespatos -
cristales de calcita, pirite y hematita y algunos ferromagnesianos muy alterados no identificables. La -
muestra se encuentra muy alterada.**

Origen..... Lacustre.

Clasificación.... Toba híbrida de matriz calcárea muy alterada.

ESTUDIO PETROGRAFICO

Sondeo I Perf. 14.50-15.30

Proyecto.- Túnel Salto-Tlanaco

Estado.- Hidalgo.

DESCRIPCION MEGASCOPIA

Color..... Café claro a gris oscuro.
Estructura..... Clástica con fragmentos de roca calcárea e ígnea,-
dentro de estos fragmentos se observa carbonato de
calcio, cristales de calcita, cuarzo y algunos fe-
rromagnesianos.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura..... Clástica.
Mineralogía..... Compuesta principalmente por fragmentos de roca --
calcárea de textura microcristalina con fragmentos
de calcita y cuarzo. Otros presentan una textura -
biogénica con moldes de fósiles muy alterados --
no identificados. Se observan también fragmentos -
de roca, angulosos, de composición ígnea con textura
equigranular observándose fragmentos de cuarzo y -
feldespatos algo alterados.

Se observan también fragmentos sueltos de cuarzo, calcedonia, calcita, feldespatos y óxidos de hierro todos empastados en una matriz de composición calcárea.

Origen..... Lacustre de aguas someras.

Clasificación..... Brecha sedimentaria poco alterada.

E S T U D I O P E T R O G R A F I C O

Sondeo I prof. 16.60-18.90

Proyecto.- Túnel Salto-Tlamaco

Estado.- Hidalgo

DESCRIPCION MEGASCOPICA

Color Amarillo verdoso (Muy alterado).

Estructura..... Afanítica con presencia de grietas.

Min. Observables. Carbonato de calcio.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura Microcristalina.

Mineralogía Carbonato de calcio, calcita muy alterada cristales de cuarzo, hematita y minerales arcillosos.

Origen..... Lacustre.

Clasificación Toba híbrida de matriz calcárea muy alterada.

ESTUDIO PETROGRAFICO

Sondeo II Prof. 23.45-26.55

Proyecto.- Túnel Salto-Tlamaco

Estado.- Hidalgo

DESCRIPCION MEGASCOPICA

Color..... Café claro.

Estructura..... Piroclástica muy desgregable.

Min. Observables.. Fragmentos de roca y minerales arcillosos (La roca está muy alterada).

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura..... Piroclástica.

Mineralogía..... Cuarzo, feldespatos potásico (Orteclasa) plagioclasas sódica (Albita) fragmentos de roca muy alterados, ferromagnesianos muy alterados, óxidos de hierro y vidrio volcánico.

Origen..... Volcánico sedimentado en un medio acuoso.

Clasificación..... Toba vitrocristalina muy alterada.

ESTUDIO PETROGRAFICO

Sondeo III Prof. 9.50-12.70

Proyecto.- Túnel Salto-Tlameco

Estado.- Hidalgo

DESCRIPCION MEGASCOPIA

Color..... Café amarillento.

**Estructura..... Fanerítica con presencia de cavidades algunas re--
llenas con intercrecimiento de calcita.**

Min. Observables.. Carbonato de calcio, calcita y óxidos de fierro.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura..... Microcristalina.

**Mineralogía..... Carbonato de calcio, calcita muy alterada, crista-
les de hematita y pirita. Presenta material arcii-
lloso.**

Origen..... Lacustre.

Clasificación..... Caliza margosa alterada.

ESTUDIO PETROGRAFICO

Sondeo IV Prof. 18-19

Proyecto.- Túnel Salto-Tlamaco

Estado.- Hidalgo.

DESCRIPCION MEGASCOPIA

Color..... Café cremoso.

Estructura..... Fanerítica con fragmentos grandes de calcita.

Min. Observables.. Carbonato de calcio, vetillas y cavidades rellenas de calcita y algunos fragmentos de ferromagnesios.

DESCRIPCION MICROSCOPICA

Textura..... Clástica.

Mineralogía..... Matriz formada por carbonato de calcio, cristales anhedrales de calcita, fragmentos de roca, cristales de cuarzo y feldespatos (Algunos se encuentran redondeados), pirita y hematita en pocas cantidades.

Origen..... Lacustre y volcánica.

Clasificación..... Toba híbrida con matriz calcárea poco alterada.

VII.3.- MECANICA DE ROCAS

La Geología y la Mecánica de Rocas, tienen su punto de afinidad máximo al estudiar un macizo rocoso. La primera estudia su origen, tipo de roca etc.; para la segunda es de vital importancia el considerar la continuidad o discontinuidad del macizo rocoso para así clasificarlo y conocerlo elaborando sus estudios adecuados.;

Los estudios de mecánica de rocas se basan principalmente en dos propiedades importantes de la roca, como son: la resistencia a la compresión simple y el módulo de elasticidad.

La resistencia a la compresión simple, es la fuerza requerida para romper una muestra que esté sometida a carga axial y no se encuentre sujeta a esfuerzos horizontales. Esta resistencia por lo general, es mayor en una roca que se encuentra en el subsuelo y menor cuando se presenta expuesta a la superficie, situación que se presentará al hacer la excavación. A partir de la resistencia a la compresión simple y a la geometría de la muestra se obtiene la resistencia a la tensión.

El módulo de elasticidad se obtiene mediante una gráfica de esfuerzo-deformación y con ella se pueden determinar las propiedades elásticas o plásticas de la roca.

Otro factor que nos permite tener una idea de las condiciones de la roca es el índice de calidad de la roca (R Q D Rock Quality Designation) el cual se basa en la recuperación modificada del núcleo

que a su vez depende indirectamente del número de fracturas, del grado de cohesión y alteración del macizo rocoso. El RQD se obtiene considerando los tramos de núcleo de longitud igual o superior a los 10-centímetros en estado compacto.

En las tablas VII.3.-1, 2 y 3 se puede observar las variaciones del RQD obtenidas en los cinco sondeos. En el capítulo anterior se muestra la litología de los sondeos.

Según se observa en el corte geológico del tema anterior,-- analizado desde el punto de vista de mecánica de rocas, en nuestra zona a partir del terreno natural, de elevación variable entre 2112----2131 y 2110 metros con respecto al nivel medio del mar (Ver sección geológica), se detectó una toba color café y crema, con intercalaciones de arena en la parte superior del estrato, donde se observó ligera alteración; hacia la parte media del estrato, la toba se encontró un poco fracturada y con incrustaciones de partículas clásticas gruesas en la parte inferior. En este material se tuvieron recuperaciones hasta del 100 % y los valores de RQD variaron desde 0 % en la parte superior del estrato hasta 45 % en promedio en el resto del mismo.

Subyaciendo a la toba café antes descrita, se presenta un horizonte brechoide con espesor variable entre 8.00 y 12.80 metros -- con intercalaciones de toba café compacta; el valor de la recuperación llegó en este depósito hasta 100 % y el RQD alcanzó valores entre 71 % y 85 % en promedio. Este material no se encontró en el sondeo 5, en su lugar se detectó una toba café compacta con muchas inter

calaciones de material elástico grueso y con un valor de RQD de 77 %.

Bajo el horizonte brechoide en los pozos 1 a 4, y bajo la toba café en el pozo 5 se encontró un depósito de toba verde poco compacta y fácilmente alterable, con un valor de RQD igual al 29 %.

No se encontró el nivel freático en ningún sondeo, por lo que éste posiblemente se localiza por debajo del piso del túnel, o no haya nivel.

Trabajos de Laboratorio.- En el laboratorio de Mecánica de Rocas de la Subdirección de Investigación y Desarrollo Experimental de la S.A.R.H., se ensayaron un total de 25 muestras procedentes de los cinco sondeos distribuidas como sigue: siete muestras del sondeo 1, cinco del sondeo 2, seis del sondeo 3, cuatro del sondeo 4 y tres del sondeo 5 (Ver tabla VII.3.-4).

Además de determinar el peso volumétrico seco de cada muestra, los ensayos a que se sometieron éstas fueron los siguientes:

Pruebas de compresión simple sobre 19 muestras.

Pruebas de Tensión sobre 12 muestras.

En lo que se refiere a las pruebas de compresión simple, se hicieron éstas sobre especímenes cilíndricos cortados en el laboratorio de tal forma que su relación de esbeltez fuese mayor de 2.5, se hizo una gráfica (que no se presenta en esta tesis) de esfuerzo-deformación y se determinó el valor del módulo de elasticidad.

Para determinar el valor de los esfuerzos de tensión se en-

sayaron los especímenes con la prueba Brasileña, que es una prueba in directa en la que el esfuerzo de tensión se obtiene a partir de la re sistencia a la compresión y la geometría de la muestra. Estos resulta dos se pueden observar en la tabla VII.3.-4.

El peso volumétrico de la toba café varió en el rango de - 1.223 a 1.870 Ton/m³ llegando ocasionalmente a valores mayores de - 2 Ton/m³, en lo que se refiere a pruebas mecánicas, este material tu vo una resistencia a la compresión simple entre 29 y 47 Kg/cm² alcan zando excepcionalmente valores mayores de 100 Kg/cm², en muestras con poca alteración y su resistencia a la tensión varió entre 2 y 13 --- Kg/cm² (Ver tabla VII.3.-4).

El horizonte brechoide que subyace a la toba café presentó - valores más favorables en estos ensayos, el peso volumétrico resultó en el rango de 1.811 a 2.466 Ton/m³, la resistencia a la compresión - simple varió entre 140 y 346 Kg/cm², siendo ocasionalmente menor de - 50 Kg/cm² o mayor de 500 Kg/cm², en muestras que presentaban diagrega ción y muestras bien cimentadas respectivamente; la resistencia a la tensión tomó valores entre 25 y 42 Kg/cm².

En el último material encontrado en los sondeos solamente - se ensayó una muestra a la compresión simple, y su resistencia fué de 16.5 Kg/cm², se trata de un material tobáceo color verde que se loca lizó bajo el horizonte brechoide y cuyo peso volumétrico fué de 1.644 Ton/cm³.

Concluyendo se observa que hay tres formaciones bien definidas: Una toba café poco alterada con arena y partículas gruesas clásicas que se encuentra a partir de la superficie del terreno, subyaciendo a esta toba se encuentra un material brechoide con buena compactación y valores altos de resistencia, al final se presenta un depósito de toba verde fácilmente alterable y poco resistente.

La densidad de discontinuidades es muy baja perteneciendo a la clase DR 1 de la familia de discontinuidades subhorizontales (Propuesto por la comisión de clasificación de los macizos rocosos de la sociedad Internacional de Mecánica de Rocas).

Con los resultados obtenidos, se procedió a calcular el arco de trabajo mínimo para autosoportar la excavación. Estos cálculos se efectuaron en la sección de Ingeniería Civil del Departamento de Geotecnia Aplicada a la Construcción de acuerdo a la teoría del Ingeniero A. Bello M., obteniéndose las siguientes conclusiones:

- 1.- La toba verde al perder humedad se altera muy rápido, perdiendo resistencia, por lo que tan pronto se terminen las operaciones de amacize y rezagado, se debe cubrir con concreto lanzado con un espesor estimado de 4 centímetros.
- 2.- Con las pruebas efectuadas se determinó la zona por ademar para los siguientes cadenamientos.

Cadenamiento	Tipo de Adema
6 + 406 al 6 + 500	Marcos metálicos los primeros 40 me-

tros y concreto lanzado los siguientes 54 metros.

6 + 500 al 6 + 700

Concreto lanzado.

6 + 700 al 6 + 940

Es posible que se necesiten marcos metálicos de sección H - 6 con una separación de 1 metro de centro a centro.

6 + 940 al 7 + 127

Marcos metálicos los últimos 40 metros y concreto lanzado el resto.

3.- Anclas. Para bloques que presenten inestabilidad, usar anclas de tensión y para material fracturado deberán emplearse anclas de fricción.

Indice de calidad de la roca obtenido de los cinco sondeos en la zona de túnel (El Salto Tlaxaco Edo. de Hgo.)

Sondeo No. 1					Sondeo No. 2				
Profundidad De	R Q D A	%	Tamos de 10 cm. o más	Recup Muest	Profundidad De	R Q D A	%	Tamos de 10 cm. o más	Recup. Muest.
0 - 1.4	0		0	100%	0 - 0.80	0		0	44%
1.40- 2.40	15		1	40%	0.80- 1.70	0		0	17%
2.40- 3.20	26		2	75%	1.70- 3.30	32		3	56%
3.20- 3.65	0		0	67%	3.30- 5.70	0		0	0%
3.65- 5.55	73		4	79%	5.70- 6.30	0		0	33%
5.55- 6.05	68		2	100%	6.30- 7.30	57		3	100%
6.05- 6.90	86		4	100%	7.30- 8.30	25		2	100%
6.90- 7.50	88		2	100%	8.30- 9.50	22		2	100%
7.50- 8.70	92		2	100%	9.50-11.30	19		2	100%
8.70- 9.90	100		1	100%	11.30-14.35	53		9	100%
9.90-10.10	0		0	0%	14.35-15.70	21		2	81%
10.10-12.30	88		3	100%	15.70-16.10	0		0	50%
12.30-15.30	100		4	100%	16.10-17.40	69		1	69%
15.30-16.70	68		3	100%	17.40-19.20	47		4	100%
16.60-18.90	49		8	93%	19.20-20.45	74		4	80%
18.90-20.50	21		3	69%	20.45-23.45	56		6	68%
20.50-23.55	59		6	80%	23.45-26.50	77		12	80%
					26.50-28.00	38		4	53%
					28.00-29.50	44		2	53%
					29.50-30.00	24		1	40%
El Indice de calidad de la roca (promedio) es regular 54.88%					El Indice de calidad de la roca (promedio) es malo 32.90%				

TABLA VII-3.1

Sondeo No. 3										
Profundidad	R Q D	Tramos de 10	Recup	Profundidad	R Q D	Tramos de 10	Recup			
De A	%	cm. o más	Muest	De A	%	cm. o más	Muest			
0 - 7.30	0	0	0%	27.70-29.60	58	4	63%			
7.30- 7.70	33	1	87%	29.60-30.60	89	2	90%			
7.70- 8.10	88	2	100%	30.60-31.00	55	2	55%			
8.10- 8.95	94	4	88%	31.00-32.10	75	2	91%			
8.95-9.50	0	0	0%	32.10-33.30	63	3	83%			
9.50-10.00	0	0	40%	33.30-34.15	60	3	70%			
10.00-10.50	30	1	50%	34.15-35.60	0	0	24%			
10.50-11.20	41	2	57%	35.60-36.60	0	0	0%			
11.20-12.70	21	3	30%	36.60-38.00	16	1	25%			
12.70-13.80	0	0	91%	38.00-39.00	51	2	45%			
13.80-15.85	14	2	49%	El índice de calidad de la roca (promedio) es malo 37.36%						
15.85-16.35	34	1	100%							
16.35-16.85	0	0	0%							
16.85-17.85	29	2	45%							
17.85-18.70	46	3	76%							
18.70-19.75	0	0	86%							
19.75-20.35	57	1	100%							
20.35-21.55	77	5	100%							
21.55-22.75	80	4	100%							
22.75-23.40	26	1	57%							
23.40-25.00	26	2	50%							
25.00-26.00	30	2	30%							
26.00-27.70	40	5	53%							

TABLA VII-3.2

Sondeo No. 4					Sondeo No. 5				
Profundidad De	A	R Q D %	Tramos de 10 cm. o más	Recup. Muest.	Profundidad De	A	R Q D %	Tramos de 10 cm. o más	Recup. Muest.
0		0	0	0%	0 - 1.00		0	0	25%
4.00-	4.60	23	1	25%	1.00-	1.70	0	0	0%
4.60-	5.20	33	2	50%	1.70-	2.70	0	0	30%
5.20-	5.65	56	2	89%	2.70-	3.30	17	1	58%
5.65-	6.85	0	0	0%	3.30-	3.90	48	2	50%
6.85-	7.30	56	2	78%	3.90-	4.50	38	1	42%
7.30-	8.00	100	3	100%	4.50-	5.10	0	0	67%
8.00-	8.60	55	1	100%	5.10-	6.30	65	3	100%
8.60-	9.80	76	3	83%	6.30-	8.10	96	5	100%
9.80-	10.80	80	4	100%	8.10-	11.15	86	6	65%
10.80-	11.30	34	1	100%	11.15-	12.80	61	5	100%
11.30-	12.80	43	5	70%	12.80-	13.70	16	1	44%
12.80-	14.35	90	5	37%	13.70-	14.90	12	1	42%
14.35-	17.40	89	14	92%	14.90-	17.00	10	1	47%
17.40-	20.40	84	11	87%					
20.40-	22.20	57	3	83%					
22.20-	23.40	46	4	100%					
23.40-	25.00	65	5	81%					
25.00-	27.00	67	4	70%					
El Índice de calidad de la roca (promedio) es regular 55.21%					El Índice de calidad de la roca (promedio) es malo 32.07%				

TABLA VII-3.3

Ensayes realizados en el laboratorio de Mecánica de Rocas a las muestras de roca procedentes de la zona del túnel (El Salto-Tlamaco, Hgo.)

Sondeo No.	Muestra No.	Profundidad mts.	Descripción del material	Peso Vol.seco s, T/m ³	Resist.Comp.Simple qu, Kg/cm ²	Módulo de Elasticidad E, Kg/cm ²	Res. a Ten. To, Kg/cm ²
1	1	2.40- 3.20	Toba café	2.108	108.629	19 000	13.83
1	2	6.05- 6.90	Horizonte Brechoide	1.763	41.280	14 200	-----
1	2	8.70- 9.90	" "	2.397	345.960	99 000	-----
1	3	9.90-12.30	" "	2.496	- - - -	- - - -	42.20
1	4	9.90-12.30	" "	1.813	172.070	58 000	-----
1	4	12.30-15.30	" "	2.102	288.350	116 000	-----
1	5	18.90-20.50	Toba color verde	1.644	16.530	2 000	-----
2	1	17.40-19.20	Horizonte Brechoide	2.039	271.356	115 000	37.17
2	4	17.40-19.20	" "	1.811	27.255	4 900	-----
2	6	20.45-23.45	" "	2.051	139.810	50 000	-----
2	7	20.45-23.45	" "	2.145	- - - -	- - - -	34.41
2	10	26.55-28.00	" "	2.383	179.281	95 000	-----
3	1	7.70- 8.10	Toba color café	1.483	43.560	10 200	-----
3	1	13.80-15.85	Toba color café	1.275	- - - -	- - - -	5.86
3	1	20.35-21.50	Toba color café	1.223	29.043	5 500	-----
3	2	27.70-29.60	Toba color café	1.339	- - - -	- - - -	2.05
3	2	27.70-29.60	Toba color café	1.786	- - - -	- - - -	9.58
3	3	29.60-30.60	Toba color café	1.810	110.787	31 800	11.84
4	1	7.30- 8.00	Toba color café	1.490	46.780	11 400	-----
4	2	13.73-13.91	Horizonte Brechoide	2.017	345.050	137 000	-----
4	3	15.91-16.12	Horizonte Brechoide	2.163	- - - -	- - - -	24.82
4	4	19.17-19.35	Horizonte Brechoide	2.222	602.640	117 500	-----
5	1	5.10- 6.30	Toba con mat.clást.	1.936	157.662	30 000	20.53
5	2	8.10-11.15	" "	1.980	218.930	61 500	10.99
5	3	11.15-12.80	" "	1.864	84.176	16 400	11.70

TABLA VII-3.4

VII.4.- VOLADURA DE ROCAS

La voladura de rocas es un proceso a seguir a manera de poder fraccionar las formaciones rocosas.

Existen varios tipos de voladuras como son: en bancos, túneles, cámaras subterráneas, submarinas y voladuras especiales en metales, tierra, hielo, raíces de árboles, demolición de edificios, presión de agua etc. En esta tesis solo trataremos la voladura del túnel mediante el cálculo de la plantilla de barrenación y la cantidad de explosivos necesarios para la construcción del túnel.

Las voladuras se llevan a cabo mediante la formación de --- plantillas de barrenación, las cuales se elaboran en función de la litología de las rocas.

Mediante los estudios petrológicos, petrográficos y estructurales, estamos en capacidad de poder determinar el equipo de barrenación a usarse, así como la cantidad de explosivos para el desprendimiento de la roca. Las tablas VII.1,2, y 3 nos auxilian en la determinación de equipo de perforación y tipo de perforación a utilizar según la litología de la roca. Estas tablas se usan para bancos de roca siendo su mención en esta tesis como un punto de referencia.

El uso de explosivos en la voladura de rocas está determinado por la composición de la roca, diámetro de barreno, profundidad de la barrenación y granulometría del producto final.

Los explosivos son aquellos que se descomponen por detonación mediante un proceso extremadamente rápido, violento e instantáneo. Los explosivos comerciales se conocen comúnmente con el nombre de "dinamita" hay en uso varios tipos y cada uno se subdivide en diversas clases. Cada tipo y cada clase difiere de los demás en una o más de sus características o propiedades. Algunas de las propiedades más importantes son: la potencia, la densidad, la velocidad, la resistencia al agua y a los gases como producto de la detonación; así como la duración, temperatura y volumen de la flama. Las medidas del cartucho de dinamita y el papel del cartucho influyen en algunas de esas propiedades, especialmente en la producción de gases.

Al seleccionar una dinamita para una finalidad determinada, y sobre todo tratándose de operaciones subterráneas, deben tenerse en cuenta muchos factores. Las consideraciones más importantes deben versar sobre el material que va a volarse, su densidad, dureza, estructura, etc. el grado de fragmentación que se desea, la humedad o sequedad de los barrenos: la cantidad de ventilación de los trabajos subterráneos, y si hay o no gases o polvo combustible. En cada voladura se presenta una combinación de estas condiciones; de aquí que deba seleccionarse una dinamita que reúna las propiedades adecuadas y que esté empaquetada correctamente.

En la voladura de túneles las cargas son mayores que en las de banco a cielo abierto debido a:

1.- Desviación de la perforación.

- 2.- Necesidades de proceso y esponjamiento.
- 3.- Inclinación de los barrenos.
- 4.- Cooperación entre barrenos adyacentes.
- 5.- Influencia de la gravedad según la ubicación de los mismos.

Para determinar la carga de los barrenos es necesario tener cuidado para no dañar la forma del túnel, ya que un error en la carga puede o bien no cumplir con el objetivo o excederse produciendo una sobre excavación.

Para la voladura de roca de nuestro túnel propongo usar una sección de barrenación tipo portal la cual se distribuye como se indica en la figura VII.1 .

El cuele y ayudantes son los primeros barrenos que se realizan los cuales tienden a crear un vacío, hacia el cual se vuela sucesivamente el resto de la roca. Esta abertura es la llave que abre la roca hasta una profundidad que depende de la forma y éxito del mismo, disponiéndose los barrenos en una serie de cuña.

El cuele usado en el cálculo de la plantilla para el túnel Salto-Flemaco fué un cuele cilíndrico el cual tiene las siguientes características:

- 1.- Dos barrenos centrales de gran diámetro vacíos y varios barrenos normales en sus proximidades que se detonan en sucesión.
- 2.- Cuando las cargas explosivas del primero, segundo y siguientes -

barrenos detonan, la roca arrandada es lanzada fuera del cuele y esto se abre progresiva y uniformemente en toda su longitud.

3.- El avance es efectivo y solo queda limitado por la desviación -- de los barrenos.

Para calcular el número aproximado de barrenos que debe llevar la plantilla de barrenación del túnel, se hace mediante unas gráficas en las que se considera el área del túnel, el diámetro del barrero y la dureza de la roca.

El túnel a construir tiene una área de 25 m², considerando la línea A de proyecto, usando la serie 11 de acero integral para barrenar y usando las gráficas se tiene que se se deben tener cuando menos 52 barrenos más los barrenos de techo (Ver gráfica VII.1).

A continuación se da el procedimiento para el cálculo de las cargas para la plantilla de barrenación, así como el material y equipo usado.

1.- Tipo de Explosivo.

Explosivo	Potencia %	Velocidad m/s	Densidad Gr/cm ³	Gases Toxicos
Gelamex 1	60	3990	1.28	Muy pocos
Duramex G	25	2710	1.00	Pocos

El explosivo Gelamex 1 se usara para la carga de fondo y el

Duramex G para la carga de columna y al suelo.

2.- Estopines Eléctricos.

Tipo	Número	Tiempo Nominal en Mili-Segundos	Cantidad us_ da por Paga.
	1	25	1
	2	50	1
Estopines	3	75	1
de	4	100	1
Retardo	5	125	1
	6	150	2
Mili-Segundos	7	175	2
	8	200	2
	9	250	2
	10	300	4

	1	500	4
Estopines	2	1,000	6
Acudet	3	1,600	6
	4	2,300	6
Mark	5	3,000	7
V	6	3,800	3
	7	4,600	2
	8	5,500	7
	9	6,400	7

Estopín Instantaneo	Inst.	0	1

Se usarán un total de 66 estopines por cada voladura que se lleve a cabo.

3.- Tipo de Barrenación.

Barrenación con perforadoras con pierna, usando barrenos de la serie 11 de acero integral el cual consta de las siguientes longitudes y diámetros.

Diámetro	Longitud
31 mm.	3.20 m.
32 mm.	2.40 m.
33 mm.	1.60 m.
34 mm.	0.80 m.

Cálculo de la plantilla.

Gustafson establece tablas para el cálculo para diferentes diámetros y profundidades de barrenación, tanto para el cuello como -- para los demás barrenos (Ver bibliografía)

Las tablas VII.4 y VII.5 nos dan los datos de las cargas y las figuras VII.2 y VII.3 nos muestra la distribución de barrenos para la plantilla de la voladura.

La simbología usada es la siguiente:

Bordo (B)..... Distancia de la cara libre a la línea de barrenación.

- Espaciamiento** Distancia entre barrenos.
- Long. de la carga de fondo.** Distancia del fondo del barreno hasta -
donde se inicia la longitud de la carga-
de fondo.
- Carga de fondo** Cantidad de explosivo que lleva la long.
de la carga de fondo.
- Long. carga de columna** Distancia tomada donde termina la carga-
de columna hasta donde se inicia el taco.
- Carga de columna (Cc)**..... Cantidad de explosivo que lleva la long.
de la carga de columna.
- Taco**..... Distancia entre el término de la long. -
de la carga de columna hasta el final -
del barreno, no lleva explosivo, se reta
ca con arcilla.
- L** Longitud entre los barrenos centrales -
del cuele.
- O** Diámetro de barrenos.
- A** Línea de proyecto.
- B** Línea de sobre excavación.

Con la plantilla elaborada, se espera un avance real por voladura de 2.88 metros de profundidad y un volumen de 103 m^3 de rezaga-considerando un factor de abundamiento de 1.3 (Ver tabla VII. 6).

Los barrenos de baja carga específica deberán cargarse como se observa en la figura VII.4 amarrando los cartuchos de explosivo ---

en una vara de carrizo y uniendolos con mecha prima-cord.

El taco se debe llenar con arcilla. La conexión de los estopines debe ser en serie paralelo, usando una máquina explosora modelo 350 de Atlas de México.

Para iniciar el portal de entrada y de salida es necesario emplear la técnica del precorte para no dañar la estructura de la roca. (Ver bibliografía)

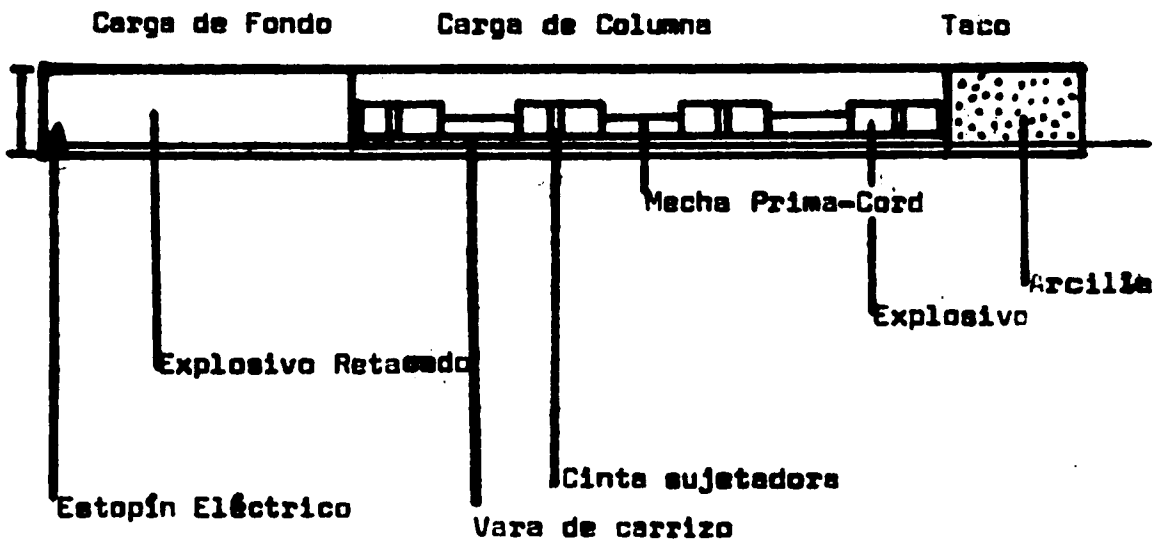
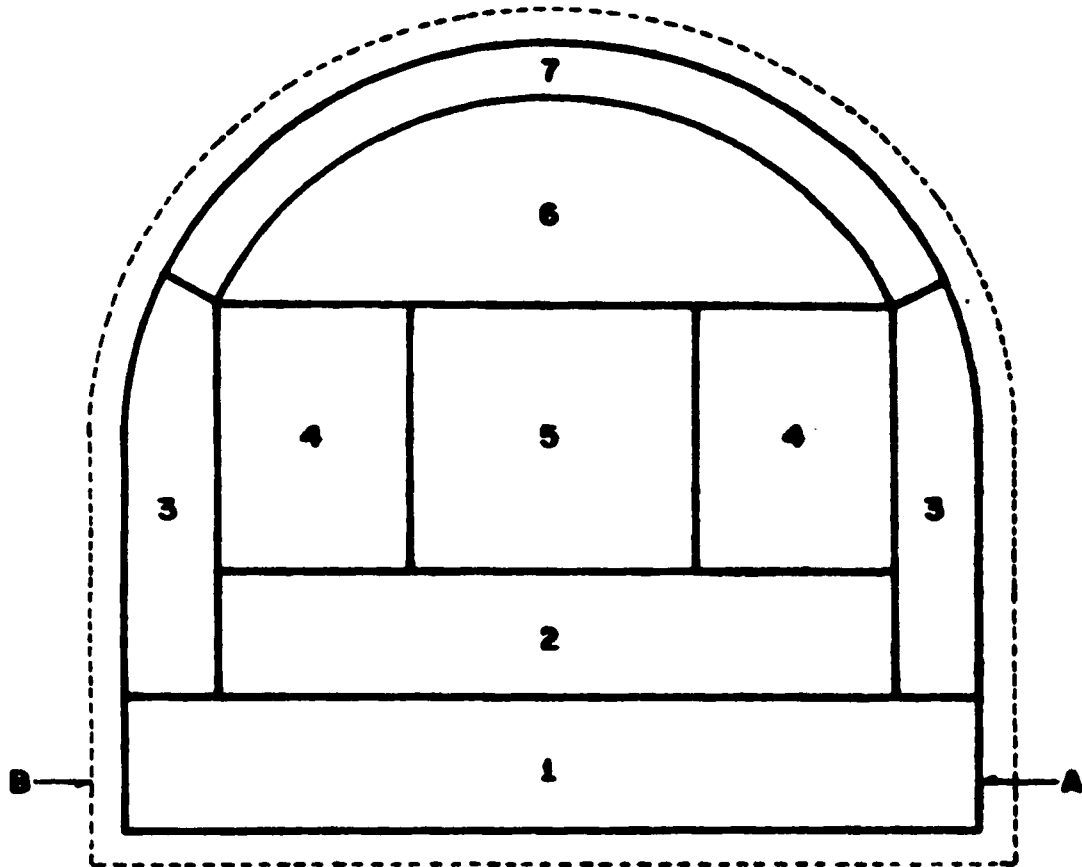


Fig. VII-4.- Distribución de cargas en un barrano.

PLANTILLA SECCION PORTAL



- 1- Barrenos de piso.
- 2- Barrenos con salida hacia arriba.
- 3- Barrenos de pared.
- 4- Barrenos con salida horizontal.
- 5- Cuele y ayudantes.
- 6- Barrenos con salida hacia abajo.
- 7- Barrenos de techo. (Smooth Blasting).
- A- Línea de proyecto.
- B- Sobre excavación.

**CALCULO DE CARGA Y DISTRIBUCION DE LOS BARRENOS
PARA LA PLANTILLA DE BARRENACION**

$\beta = 3\text{mm}$ Prof=3.2m(P)	B A R R E N O S					
	DE PISO	DE SALIDA HACIA ARRIBA	DE SALIDA HORIZONTAL	DE SALIDA HACIA ABAJO	DE PARED	DE TECHO Smooth Blasting
(B) Bordo (m) (de tablas)	0.9	0.9	0.85	0.85	0.50	0.80
(E) Espesamiento (m) (de tablas)	0.95	0.95	0.95	1.10	0.70	0.95
No. de Espacios $\frac{\text{Long.}}{E}$	5.6 ≈ 7	5.6 ≈ 7	1.47 ≈ 2	4.1 ≈ 4	2	7
Espesamiento Práctico (E') $E' = \frac{\text{Long.}}{\text{No. Espacios}}$	0.88	0.88	0.7	1.1	0.7	0.9
No. de Barrenos No. E+1	7	7	3 Per Línea	5	3 Per Línea	8
Long. Carga de Fondo (m) (Lcf)	P/3 1.1	P/3 1.1	P/3 1.1	P/3 1.1	P/6 0.50	0.50
Carga de Fondo (Cf) (Tablas)	No. 1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50
	$\frac{Lcf}{E}$ 0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Long. Carga Columna (m) Prof. - (Lcf + Bordo)	1.90	1.65	1.65	1.65	2.3	2.3
Carga de Columna (Cc)	No. 1.30	0.85	0.85	0.85	0.90	0.70
	$\frac{Lcf}{E}$ 0.65	0.50	0.50	0.50	0.40	0.30
Teco (m) (Tablas)	0.20	0.45	0.45	0.45	0.4	0.4
Carga Específica $\frac{Cf + Cc}{\text{No. E} + 1}$ (0.99)	1.01	0.81	1.08	0.69	0.45	0.57

Tabla VII. 4

CALCULO DE CARGAS PARA EL CUELE
(Explosivo Gelamez I)

	Carga Práxima B = 0.7 x 2 d Control	1º Cuadrado B = 11 cms.	2º Cuadrado B = 17 cms.	3º Cuadrado B = 35 cms.	4º Cuadrado B = 60 cms.
1 Carga de Fondo (Kg.)	0.1	0.25	0.5	0.80	0.4
2 Concentración de Carga (Kg/m)	0.25	0.30	0.35	0.5	0.3
3 Longitud de la Carga de Columna (m).	3.0	2.95	2.50	2.1	2.60
4 Carga de Columna (Kg)	0.75	0.885	0.875	1.15	0.78
5 Carga de Cada Barreno (Kg)	0.85	1.135	1.375	2.95	1.18
6 Teco (cm)	10	10	20	30	20

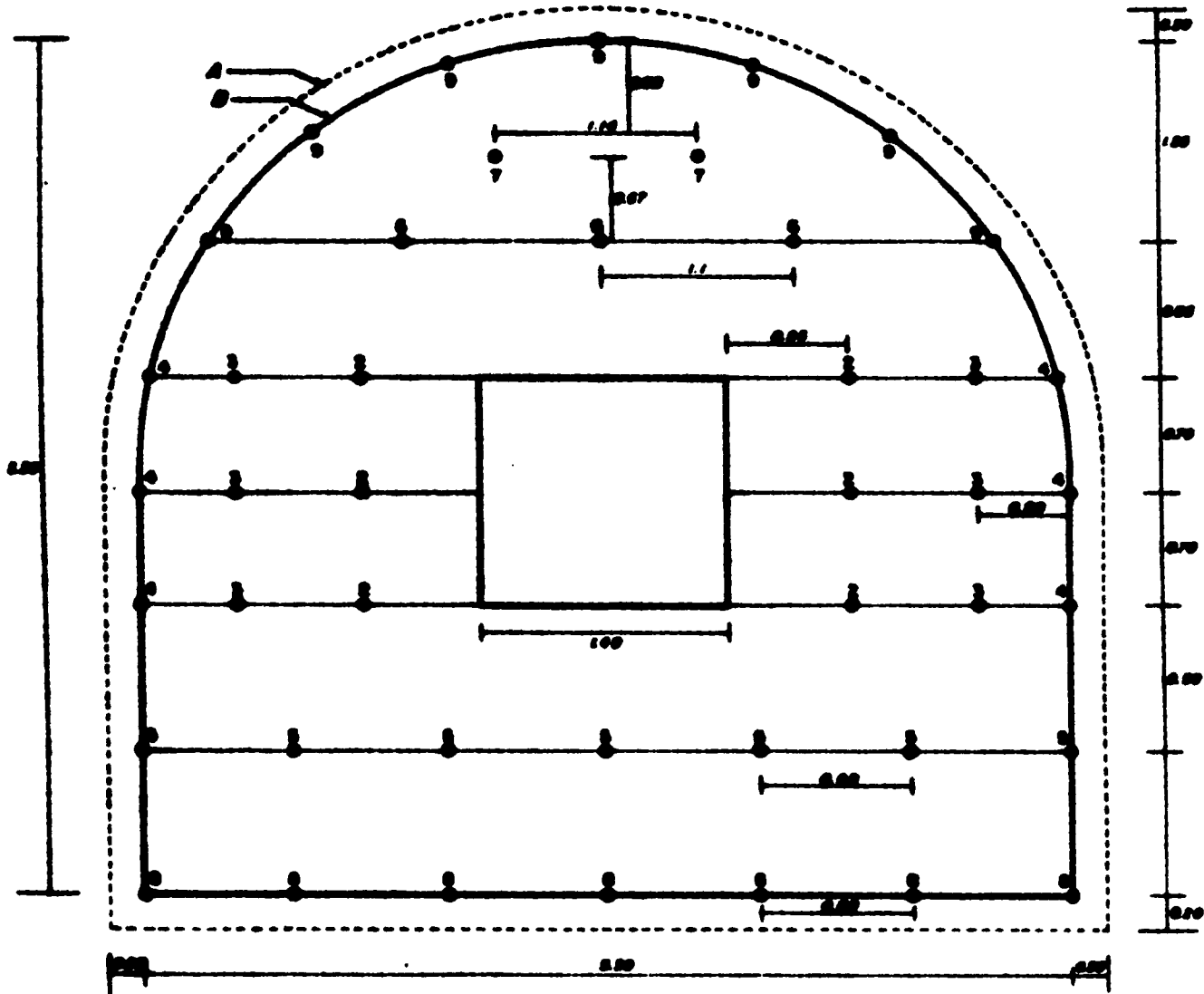
NOTAS:

La carga de fondo, la concentración de carga y la longitud de la carga de la columna se tomaron de las tablas de GUSTAFSSON.

La carga de columna se calculó multiplicando la concentración de carga y la longitud de la carga de columna.

La carga total del barreno, se obtuvo sumando la carga de fondo y la carga de columna.

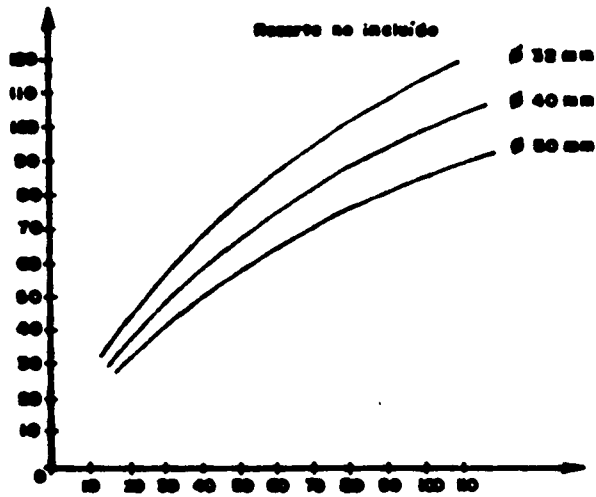
PLANTILLA DEL TUNEL



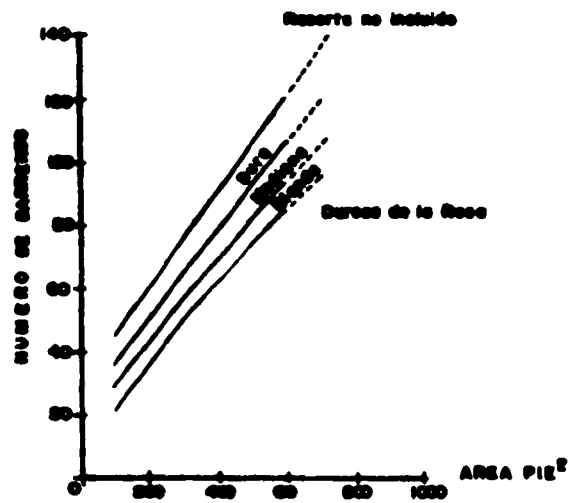
Los barrenos del tiempo 7 son conocidos como Tres Bolillo.
 No existe ninguna regla para colocarlos.

Fig. VII-2

Número de Barrenos Para Diferentes Secciones de Túnel



CONSIDERANDO EL DIAMETRO DEL BARRENO



CONSIDERANDO LA DUREZA DE LA ROCA

Gráfico VII. 1

**TABLA VII.1 DUREZA Y ABRASIVIDAD EN ALGUNAS ROCAS SEDIMENTARIAS
(BANCOS DE ROCAS)**

	ABRASIVA Y DURA	ABRASIVA MENOS DURA	ABR. DESMENUZABLE	NO ABRASIVA DURA	NO ABR. SUAVE
NOMBRE DE LA ROCA	<p>CONGLOMERADO ORTOCUARCITICO</p>	<p>CALIZA CON IMPUREZAS SILICEAS</p> <p>CONGLOMERADO</p>	<p>ARENISCA</p>	<p>CALIZA</p>	<p>LUTITA</p>
BARRENACION SUGERIDA	<p>PERFORADORAS PESA DAS DE PERCUSION</p>	<p>PERFORADORAS MEDIA NAS O PESADAS DE - PERCUSION</p> <p>PERFORADORAS ROTATI VAS PESADAS</p>	<p>PERFORADORAS ROTATIVAS LI GERAS</p>	<p>PERFORADORAS ME DIANAS O PESADAS DE PERCUSION</p> <p>PERFORADORAS DEN TRO DEL BARRENO PERFORADORAS RO TATIVAS PESADAS</p>	<p>PERFORADORAS ROTATIVAS</p> <p>PERFORADORAS DE PIERNA</p>

**TABLA VII. 2 DUREZA Y ABRASIVIDAD EN ALGUNAS ROCAS IGNEAS
(BANCOS DE ROCA)**

	ABRASIVAS	INTERMEDIAS	MENOS ABRASIVAS	DESCOMPUESTAS
NOMBRE DE LA ROCA.	GRANDIORITA	DIORITA DE CUARZO	DIORITA	
	GRANITO	GABRO DE OLIVINO	GABRO	GRANITO ALTERADO
	RIOLITA	BASALTO DE OLIVINO	ANDESITA BASALTO TRAQUITA	BASALTO ALTERADO
BARRERACION SUGERIDA.	<ul style="list-style-type: none"> - PERFORADORAS MANUALES PESADAS (PERFORACIONES DE PEQUEÑO DIAMETRO) - PERFORADORAS CON BRAZOS HIDRAULICOS (Ø 50 - 102 MM, Ø 2" - 4") - PERFORADORAS DENTRO DEL BARRENO (Ø 102 - 150 MM, Ø 4" - 6") - PERFORADORAS ROTATIVAS PESADAS (Ø 150 MM, Ø 6") PERFORADORA DE PIERNA. 	<ul style="list-style-type: none"> - PERFORADORAS MANUALES - PERFORADORAS CON BRAZO HIDRAULICO - PERFORADORAS DENTRO DEL BARRENO - PERFORADORAS ROTATIVAS 	<ul style="list-style-type: none"> - DESGARRADORAS - PERFORADORAS ROTATIVAS - PERFORADORAS DE PERCU- SION SERAN NECESARIAS - SI APARECE ROCA SANA. 	

MINERAL O ROCA	DUREZA EN LA ESCALA DE MOHS	O B S E R V A C I O N E S
DIAMANTE	10.0	Raya cualquier metal, excepto a otro diamante.
ZAFIRO	9.0	Raya la mayor parte de los metales.
TOPACIO	8.0	
CIRCON	7.5	
CUARZO	7.0	No es rayado por el acero.
ORTOCLASA	6.0	Raya los cristales de ventana.
MAGNETITA	5.5	
ESQUISTO	5.0	Puede ser rayado por navaja de acero.
APATITA	5.0	
FLUORITA	4.0	Puede ser rayado con el cuchillo.
DOLOMITA	3.5	
CALCITA	3.0	Puede ser rayada por una moneda de cobre.
GALENA	2.5	
YESO	2.0	Puede ser rayada con la uña.
TALCO	1.0	Marca los tejidos.

TABLA VII. 3

TABLA VII.6 PROPIEDADES DE ALGUNAS ROCAS

TIPO DE ROCA		NOMBRE DE LA ROCA	PESO ESPECIFICO	FACTOR DE ABUNDAMIENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESION Kg / cm ²
IGNEAS	INTRUSIVAS	DIORITA	2.65-2.85	1.5	1700-3000
		GABRO	2.85-3.2	1.6	2600-3500
		GRANITO	2.7	1.6	2000-3500
	EXTRUSIVAS	ANDESITA	2.7-2.9	1.6	3000-4000
		BASALTO	2.8-3.0	1.5	2500-4000
		RIOLITA	2.4-2.7	1.5	1200
		TRAQUITA	2.7	1.5	3300
SEDIMENTARIAS	CONGLOMERADO	2.6	1.5	1400	
	ARENISCA	2.5	1.5	1600-2550	
	LUTITA	2.6-2.7	1.35	700	
	DOLOMITA	2.7-2.9	1.6	1500-2000	
	CALIZA ROCA CALCAREA	2.6 1.5-2.6	1.55 1.-1.6	1200 300-1000	
METAMORFICAS	GNEISS	2.7	1.5	1400-3000	
	MARMOL	2.5-2.7	1.6	1000-2000	
	CUARCITA	2.7	1.55	1600-4200	
	ESQUISTOS	2.7	1.6	600-4000	
	SERPENTINA	2.6	1.4	300-1500	
	PIZARRA	2.7-2.8	1.5	1500	

VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los estudios Geotécnicos de: Geología Superficial y del Subsuelo, Petrográficos y Mecánica de Rocas, nos permiten conocer las - condiciones que prevalecen tanto en la superficie como en el subsuelo donde se construirá el túnel. Así mismo nos permite estimar el cálculo para la plantilla de barrenación para la voladura de rocas, lo que nos induce a las siguientes conclusiones:

- 1.- Se conoce la litología de la roca por donde pasará el túnel, así como sus características físicas.
- 2.- No se presentan problemas estructurales de consideración.
- 3.- No se detecta la presencia de acuíferos, indicándonos que posiblemente no se tendrá agua durante la construcción.
- 4.- Se lograron determinar los parámetros necesarios para conocer los problemas de estabilidad o inestabilidad que pudieran presentarse durante la construcción.
- 5.- Las construcciones que hay en la superficie a lo largo del trazado del túnel no tendrán influencia sobre éste.
- 6.- Las vibraciones de los explosivos no causarán daños a la construcciones de la zona

Con las conclusiones antes expuestas se manifiesta que es--

posible la construcción del túnel, para lo cual se dan las siguientes recomendaciones:

- 1.- Como el túnel va a cortar parte de la toba verde y ésta al deshidratarse se intemperiza rápidamente, es conveniente cubrirlos inmediatamente con concreto lanzado con un espesor estimado de 4 cm.
- 2.- Con los estudios de Mecánica de Rocas se observa que algunas zonas del túnel son estables sin ademe, por lo que es conveniente hacer pruebas con concreto lanzado, protegiendo la pared del túnel con una malla anclada según las condiciones del terreno, para ver la posibilidad de usarse como ademe definitivo, usando marcos metálicos solo en las partes donde la roca se desprenda fácilmente.
- 3.- Usar marcos metálicos los primeros y últimos 40 metros como medida de seguridad.
- 4.- Usar la plantilla de barrenación aquí propuesta, llevando una bitácora para ver el comportamiento del material y poder hacer variaciones adecuadas.
- 5.- Usar la técnica de voladura de precorte para los portales de entrada y de salida.

Nota.- Las recomendaciones que aquí se dan, son propias del autor y pueden o no concordar con las de la S.A.R.H.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- D. P. Krinine - W.R. Judd: "Principios de Geología y Geotecnia para Ingenieros (1975)".
- 2.- F. J. Pettijohn "Rocas Sedimentarias (1976)".
- 3.- C. R. Longwell y R.F. Flint "Geología Física (1965)".
- 4.- E. López Ramos "Geología de México-Tomo III (1978)".
- 5.- Instituto de Geología UNAM "III Congreso Latino Americano de -- Geología El Eje Neovolcánico Transmexicano (1976)".
- 6.- Kenneth Segerstrom "Geología del SW del Estado de Hidalgo (1961)".
- 7.- Carl Fries Jr "Resumen de la Geología de la Hoja - Pachuca, Estado de Hidalgo".
- 8.- Luis Vietez "Construcción de Túneles (1979)".
- 9.- Comisión de Clasificación de Los Macizos Rocosos - (S.I.M.R.) "Recomendaciones para describir los Macizos Rocosos".
- 10.- Rune Gustafsson "Técnica Susca de Voladura de Rocas- (1977)".
- 11.- U. Langefors y B. Kihlstrom "Técnica Moderna de Voladura de Rocas (1976)".
- 12.- Du. Pont. "Manual para el uso de Explosivos - (1973)".
- 13.- J. Rogelio Alvarez "Enciclopedia de México Tomo III - (1978)".

- 14.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos "Carta de uso del Suelo del Estado de Hidalgo (1976)".
- 15.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos "Proyecto de Zonas de Riesgo (1971)".
- 16.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos "Región Hidrológica parcial No. 26 - Cuenca del Río Tula (1971)".
- 17.- Organismo de la Comisión Nal. Irrigación de México. "La Irrigación en México (1931)".
- 18.- Vázquez Z. José "Estudio Geohidrológico de una porción central del Estado de Hidalgo (Tesis Profesional 1977)".
- 19.- Fidel Cedillo R. "Estudio Geohidrológico de los valles de Tecozautla-Muichapan Estado de Hidalgo (Tesis Profesional 1976)".
- 20.- María L. Pérez V. "Estudio Geográfico del Estado de Hidalgo (Tesis Profesional 1971)".
- 21.- José L. Naidobro LL. y Javier Rodríguez Z. "Apuntes de clases de voladura de Rocas y Construcción de Túneles Div. de Estudios de Posgrado F.I. UNAM - (1980-1981)".
- 22.- Detenal "Cartas Topográficas F14-C88, F14-C89, E14-A18 y E14-A19".